

PEKERJAAN DASAR TEKNIK MESIN

**Sepriandi Parningotan
Muh. Setiawan Sukardin
Yanti
Cahyo Wibowo
Iman Pradana A. Assagaf
Masbin Dahlan
Muh. Nurul Haq Amaluddin
Tungga Bhimadi Karya
Enni Sulfiana
Wenny Marthiana
Fatkur Rachmanu
Fahmy Rinanda Saputri
Nur Fuadah**



GET PRESS INDONESIA

PEKERJAAN DASAR TEKNIK MESIN

Penulis :

Sepriandi Parningotan
Muh Setiawan
Yanti
Cahyo Wibowo
Iman Pradana A. Assagaf
Masbin Dahlan
Muh. Nurul Haq Amaluddin
Tungga Bhimadi Karyasa
Enni Sulfiana
Wenny Marthiana
Fatkur Rachmanu
Fahmy Rinanda Saputri
Nur Fuadah

ISBN :

Editor : Ari Yanto., M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni,S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Oktober 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadirat Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Pekerjaan Dasar Teknik Mesin ini.

Buku ini membahas Pengantar Teknik Mesin, Alat dan Perangkat Teknik Mesin, Membaca dan Memahami Gambar Teknik, Mesin Pemotong dan Pemroses Material, Pekerjaan Las dan Pengelasan, Pekerjaan Bubut dan Penggunaan Mesin Bubut, Pekerjaan Milling dan Penggunaan Mesin Milling, Penggunaan Mesin Gerinda dan Pekerjaan Gerinda, Pekerjaan Kekuatan Material, Perawatan dan Perbaikan Mesin, Pemodelan dan Simulasi Teknik Mesin, Robotika dan Automasi, Etika dan Keselamatan Kerja dalam Teknik Mesin.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xx
BAB 1 PENGANTAR TEKNIK MESIN	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Sejarah dan Perkembangan Teknik Mesin	2
1.3 Rekayasa Mesin dan Klasifikasi Bahan Material.....	4
1.4 Career Paths	8
DAFTAR PUSTAKA	13
BAB 2 ALAT DAN PERANGKAT TEKNIK MESIN	15
2.1 Pendahuluan.....	15
2.2 Landasan Kerja Bangku.....	16
2.3 Mesin Potong (Cutting).....	18
2.4 Plasma Cutting	19
2.5 Mesin Bor	21
2.6 Tap	23
2.7 Gerinda	28
DAFTAR PUSTAKA	30
BAB 3 MEMBACA DAN MEMAHAMI GAMBAR TEKNIK...33	
3.1 Pendahuluan.....	33
3.2 Gambar Teknik sebagai Bahasa	34
3.3 Persyaratan Gambar Teknik.....	35
3.3.1 Ukuran Kertas Dan Tata Letak Lembar Gambar	35
3.3.2 Peralatan Gambar	37
3.3.3 Garis Simbolis.....	37
3.4 Proyeksi	39
3.4.1 Proyeksi Piktorial	39
3.4.2 Proyeksi Aksonometri	40
3.4.3 Gambar Perspektif.....	41
3.4.4 Proyeksi Ortogonal.....	42

3.5 Gambar Potongan dan Arsiran	45
3.5.1 Gambar Potongan	45
3.5.2 Jenis Penyajian Gambar Potongan	46
3.5.3 Arsiran	50
3.6 Penunjukan Ukuran	51
DAFTAR PUSTAKA	55
BAB 4 MESIN PEMOTONG DAN PEMROSES MATERIAL..	57
4.1 Pendahuluan	57
4.2 Pemotongan	58
4.3 Klasifikasi pemotongan material logam	59
4.3.1 Fero (besi)	59
4.3.2 Material Non Ferous (bukan logam)	61
4.4 Alat Pemotong	61
4.4.1 Alat Potong Mekanis	61
4.4.2 Alat potong thermal	68
4.4.3 Alat potong abrasive	75
4.4.4 Alat potong kombinasi mekanis-thermal-kimia	77
4.5 Finishing	92
4.6 Penutup	95
DAFTAR PUSTAKA	96
BAB 5 PEKERJAAN LAS DAN PENGELASAN	97
5.1 Pendahuluan	97
5.2 Alat Pelindung Diri	98
5.3 Alat Bantu Pengelasan	101
5.4 Posisi Pengelasan	102
5.4.1 Posisi Pengelasan Fillet pada plat	104
5.4.2 Posisi Pengelasan Groove pada pelat	105
5.4.3 Posisi Pengelasan Groove pada pipa	106
5.5 Pekerjaan Pengelasan	108
5.6.1 Pekerjaan Pengelasan Posisi Fillet	111
5.6.2 Pekerjaan Pengelasan Posisi Groove	112
DAFTAR PUSTAKA	115

BAB 6 PEKERJAAN BUBUT DAN PENGGUNAAN

MESIN BUBUT	117
6.1 Pendahuluan.....	117
6.2 Pengenalan Pekerjaan Bubut.....	117
6.2.1 Pengertian dasar tentang pekerjaan bubut	118
6.2.2 Sejarah perkembangan pekerjaan bubut	118
6.2.3 Peran pekerjaan bubut dalam industri modern.....	119
6.3 Jenis Mesin Bubut	120
6.3.1 Mesin Bubut Bench (Mesin Bubut Mini)	120
6.3.2 Mesin Bubut Speed (Mesin Bubut Kayu)	121
6.3.3 Mesin Bubut Standar	122
6.3.4 Mesin Bubut dalam Ruang (Tool Room Lathe)	122
6.3.5 Mesin Bubut Capstan dan Turret.....	123
6.3.6 Mesin Bubut Turret Sadel	124
6.3.7 Mesin Bubut Ringan (Portable Lathe).....	124
6.3.8 Mesin Bubut Sedang (Medium Lathe)	125
6.3.9 Mesin Bubut Meja Panjang (Long Bed Lathe)	126
6.3.10 Mesin Bubut Centre Lathe	127
6.3.11 Mesin Bubut Facing Lathe.....	127
6.4 Komponen Utama Mesin Bubut.....	128
6.4.1 Kepala Tetap / Headstock.....	129
6.4.2 Tuas atau Handle	129
6.4.3 Cekam/Chuck.....	130
6.4.4 Kepala lepas (Tailstock)	131
6.4.5 Rumah Pahat (Toolpost)	131
6.4.6 Eretan	132
6.4.7 Alas mesin atau bad atau relnya.....	134
6.4.8 Berulir dan Poros Polos / Otomatis.....	135
6.5 Jenis-Jenis Proses Pembubutan.....	135
6.6 Jenis Pahat Mesin Bubut dan Fungsinya.....	138
6.6.1 Pahat bubut rata	138
6.6.2 Pahat bubut sisi.....	139
6.6.3 Pahat bubut potong.....	139

6.6.4 Pahat bubut ulir luar dan dalam	139
6.6.5 Pahat alur	140
6.6.6 Pahat bubut bentuk.....	140
6.6.7 Pahat chamfeer	140
6.6.8 Pahat bubut rata.....	140
6.6.9 Pahat bubut facing.....	140
6.6.10 Pahat alur dalam.....	141
6.7 Parameter pada proses pembubutan.....	141
6.8 Proses Bubut Dasar.....	142
6.8.1 Pemasangan pahat bubut.....	142
6.8.2 Pembubutan Permukaan Benda Kerja (Facing)	144
6.8.1 Pembubutan/Pembuatan Lubang Senter.....	148
6.8.3 Pembubutan Lurus/Rata.....	154
6.8.4 Pembubutan Tirus (Taper).....	157
6.8.5 Pembubutan Alur (<i>Groove</i>).....	160
6.8.6 Pembubutan Bentuk (Profil).....	164
6.8.7 Pemotongan Pada mesin Bubut (<i>Cutting off</i>)	165
6.8.8 Pembubutan Ulir Pada Mesin bubut.....	169
DAFTAR PUSTAKA.....	180
BAB 7 PEKERJAAN MILLING DAN PENGGUNAAN	
MESIN MILLING	181
7.1 Pendahuluan	181
7.2 Klasifikasi Proses Pemesinan Milling	183
7.2.1 Milling Periperal (<i>Peripheral Milling</i>).....	183
7.2.2 Milling muka (<i>Face. Milling</i>)	183
7.2.3 Milling jari (<i>End Milling</i>).....	184
7.3 Metode Proses Milling.....	184
7.3.1 Milling Naik (<i>Up Milling</i>).....	185
7.3.2 Milling Turun (<i>Down Milling</i>).....	185
7.4 Jenis Mesin Milling.....	187
7.5 Parameter Pemesinan Milling.....	190
7.6 Geometri Pisau Milling	192
7.7 Tools untuk Memegang Pisau Milling.....	195

7.7 Alat Pencekam Benda Kerja Mesin Milling	197
7.8 Bagian Dasar Proses Milling	199
7.9 Pembuatan BendaKerja dengan Mesin Milling.....	199
7.9.1 Proses Milling Datar/Rata.....	200
DAFTAR PUSTAKA	204
BAB 8 PENGGUNAAN MESIN GERINDA DAN	
PEKERJAAN MENGGERINDA.....	205
8.1 Pendahuluan.....	205
8.2 Pahat Mesin Gerinda.....	209
8.3 Parameter Pemotongan Mesin Gerinda.....	222
DAFTAR PUSTAKA	230
BAB 9 PEKERJAAN KEKUATAN MATERIAL.....	231
9.1 Sifat-sifat material	231
9.2 Tegangan (Stress).....	234
9.3 Regangan (Strain).....	235
9.4 Modulus Elastisitas	237
9.5 Rasio Poisson	238
9.6 Regangan Lateral.....	240
DAFTAR PUSTAKA	242
BAB 10 PERAWATAN DAN PERBAIKAN MESIN	243
10.1 Pendahuluan	243
10.2 Strategi Kegiatan Pemeliharaan	243
10.3 Kegiatan Pemeliharaan Mesin.....	245
10.4 Cara Peningkatan Pemeliharaan Mesin	249
10.5 Perencanaan dan Penjadwaan Kegiatan Pemeliharaan	251
10.6 Tenaga Pemeliharaan	256
10.6.1 Teknisi Pemeliharaan.....	256
10.6.2 Tenaga Maintenance Engineer	257
10.7 Penutup.....	261
DAFTAR PUSTAKA	262
BAB 11 PEMODELAN DAN SIMULASI TEKNIK MESIN	265
11.1 Pendahuluan	265
11.2 Komputer sebagai alat bantu	266

11.3 Metode pendekatan berupa perhitungan metode elemen hingga (FEA) dan metode volume hingga (VOF)	271
11.4 Pengenalan Sekilas Beberapa Perangkat Lunak.....	273
11.4.1 Autodesk.....	273
11.4.2 Dassault Systemes.....	274
11.4.3 Siemens	274
11.4.4 WildFire/ PTC.....	275
11.4.5 Ansys	275
11.5 Pemodelan dan simulasi sebagai CAM	275
DAFTAR PUSTAKA.....	280
BAB 12 ROBOTIKA DAN AUTOMASI	281
12.1 Pengantar Robotika dan Automasi	281
12.1.1 Definisi Robotika dan Automasi.....	281
12.1.2 Sejarah perkembangan Robotika dan Automasi....	284
12.1.3 Peran Penting dalam Dunia Industri dan Teknologi	285
12.2 Jenis-jenis Robot dan Aplikasi.....	285
12.3 Teknologi dan Robotika	289
12.3.1 Transduser	289
12.3.2 Sensor	290
12.3.2 Aktuator	293
12.4 Automasi dan Industri	296
12.4.1 Otomatisasi Proses Manufaktur: Penggunaan Robot dalam Produksi dan Perakitan	296
12.4.2 Sistem Kendali Otomatis: Pengendalian Mesin dan Proses Produksi	298
12.4.3 Otomatisasi Gudang dan Rantai Pasokan	301
12.5 Transformasi Industri 4.0	303
12.6 Masa Depan Robotika dan Automasi.....	304
12.7 Penelitian seputar Robotika	305
DAFTAR PUSTAKA.....	307

BAB 13 ETIKA DAN KESELAMATAN KERJA DALAM	
TEKNIK MESIN	309
13.1 Defenisi etika.....	309
13.2 Keselamatan Kerja	313
13.2.1 Defenisi keselamatan kerja	313
13.2.2 Fungsi dan Tujuan keselamatan kerja.....	314
13.2.3 Prinsip dan pentingnya keselamatan kerja	315
13.2.4 Landasan hukum	319
13.2.5 Keselamatan kerja dalam Teknik Mesin	320
DAFTAR PUSTAKA	332
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Klasifikasi Bahan Teknik.....	6
Gambar 2.1. Landasan dan bagian-bagiannya	16
Gambar 2.2. Dudukan Landasan dari batang pohon kayu pejal.....	17
Gambar 2.3. Ragum dan bagian-bagiannya.	17
Gambar 2.4. Mesin potong <i>Scroll saw/fretsaw</i>	19
Gambar 2.5. Diagram Sederhana Unit Cutting Plasma tipe Kecil	20
Gambar 2.6. Prinsip kerja mesin bor.....	22
Gambar 2.7. Diagram Mesin Bor Pilar	22
Gambar 2.8. Jenis-jenis mata bor (a) <i>Twist Drill</i> (b) <i>Forstner Bit</i> (c) <i>Hole Saw</i>	23
Gambar 2.9. Satu set Tap yang digunakan pada pembuatan ulir dalam terdiri dari ; (a) Tap <i>Taper</i> (b) Tap <i>intermediate</i> (c) Tap <i>Plug</i>	24
Gambar 2.10. Tipe Pemegang Tap (a) tipe Amerika (b) tipe bar (c) tipe Chuck).....	26
Gambar 2.11. Tahapan proses pembuatan ulir dalam pada material pejal	27
Gambar 2.12. Mesin Gerinda Silinder	28
Gambar 3.1. Sumber kebisingan dalam ucapan dan gambar	34
Gambar 3.2. Etiket Gambar	36
Gambar 3.3. Proyeksi perspektif.....	39
Gambar 3.4. Proyeksi Aksonometri	40
Gambar 3.5. Tiga jenis proyeksi aksonometri.....	41
Gambar 3.6. Proyeksi perspektif.....	42
Gambar 3.7. Proyeksi ortografis	43
Gambar 3.8. Proyeksi sudut pertama sebuah braket	44
Gambar 3.9. Proyeksi sudut ketiga sebuah braket	44

Gambar 3.10.	Gambar potongan.....	45
Gambar 3.11.	Gambar potongan.....	46
Gambar 3.12.	Tampilan Setengah Bagian	47
Gambar 3.13.	Gambar potongan bagian offset	47
Gambar 3.14.	(a) Gambar potongan bagian yang berputar (b) Gambar potongan bagian yang berputar.....	48
Gambar 3.15.	Bagian yang Dihapus.....	49
Gambar 3.16.	Bagian Sebagian atau Rusak.....	50
Gambar 3.17.	Jenis Arsiran	50
Gambar 3.18.	Penunjukan Ukuran.....	51
Gambar 3.19.	Ukuran Parallel.....	52
Gambar 3.20.	Ukuran Bertingkat	52
Gambar 3.21.	Ukuran Gabungan	53
Gambar 3.22.	Ukuran Diameter	53
Gambar 3.23.	Ukuran Radius	54
Gambar 4.1.	Berbagai urutan dalam pemrosesan material sesuai dengan jenis manufakturnya	58
Gambar 4.2.	Pemotongan adalah bagian dari mengurangi atau menghilangkan bagian material yang tidak diperlukan	59
Gambar 4.3.	Pemotongan logam menggunakan mesin bubut.....	62
Gambar 4.4.	Mesin potong besi (<i>cut off machine</i>)	63
Gambar 4.5.	Mesin potong besi circular	64
Gambar 4.6.	Contoh jenis mata potong dan mesin gergaji circular untuk memotong aluminium	65
Gambar 4.7.	Material besi bulat dengan diameter 100mm sedang dipotong menggunakan <i>band saw</i> (mesin gergaji pita/sabuk).....	66
Gambar 4.8.	Hasil pemotongan dengan <i>band saw</i>	67

Gambar 4.9. Material yang telah dipotong menggunakan <i>band saw</i> selanjutnya dilakukan proses pembubutan.....	67
Gambar 4.10. <i>Portable Multi-Purpose Oxy Fuel Cutting Machine</i>	68
Gambar 4.11. Mesin potong CNC , (a) unit mesin, (b) <i>head cutter</i> , (c) detail <i>head cutter</i> las dengan <i>lase beam</i>	70
Gambar 4.12. Tahap pertama membuat program pola pemotong dari komputer	72
Gambar 4.13. Tahap kedua melataskan material di atas meja potong dan menentukan titik nol.....	72
Gambar 4.14. Hasil pemotongan menggunakan mesin CNG <i>plasma cutter</i>	73
Gambar 4.15. Pelat yang sudah dipotong kemudian dilakukan proses bending (tekuk)	73
Gambar 4.16. Proses pembentukan panel melalui proses pengelasan.....	74
Gambar 4.17. Hasil pemotongan menggunakan <i>CNC laser Cctting</i>	74
Gambar 4.18. <i>CNC plasma cutter</i> untuk memotong material dalam bentuk profil dan pipa dalam berbagai bentuk.....	75
Gambar 4.19. Prinsip kerja mesin pemotong dengan sistem semprotan air tekanan tinggi.	76
Gambar 4.20. Jenis pompa yang digunakan pada mesin <i>water jet abration</i>	76
Gambar 4.21. Seleksi proses tergantung pada material dan bentuk. Artribute material digunakan untuk menentukan kritesia dalam melakukan seleksi proses.....	78
Gambar 4.22. Produk besi hot rolled	80

Gambar 4.23. Proses <i>spinning</i> alat rumah tanggak berbahan <i>stainless steel</i>	81
Gambar 4.24. Proses pemintalan panas (<i>hot spinning</i>) dalam pembuatan tabung gas <i>CNG</i> type 1 dengan material besi.....	82
Gambar 4.25. Proses <i>hot spinning</i> dalam proses pembuatan proyektil peluru meriam.	82
Gambar 4.26. Proses <i>bending</i>	83
Gambar 4.27. Proses <i>bending, drawing/press, cutting</i>	84
Gambar 4.28. Bulk forming process	85
Gambar 4.29. Tahap 1-Pemotogan lembaran plat menjadi bentuk lingkaran dan pembentukan jari jari ,menggunakan mesin <i>pond</i>	86
Gambar 4.30. Tahap-2 perarataan permukaan bahan menggunakan mesin bubut.....	87
Gambar 4.31. Hasil pelat ang telah dibubut permukaannya.....	87
Gambar 4.32. Pelat yang telah diratakan kemudian dijadikan satu sesuai dengan kapasitas mesin milling untuk dilakukan pembuatan profil roda gigi rantai.....	88
Gambar 4.33. Proses pemesinan yaitu pembuatan profile roda gigi rantai menggunakan mesin milling.....	88
Gambar 4.34. Proses pembuatan lobang poros dan lubang baut.....	89
Gambar 4.35. Proses <i>hardening</i> menggunakan <i>oven</i>	89
Gambar 4.36. Serbuk besi.....	90
Gambar 4.37. Urutan proses pembentukan dengan <i>powder metallurgy</i>	91
Gambar 4.39. Proses <i>finishing</i> dengan pelapisan <i>powder coating</i>	95

Gambar 6.25. Pemasangan ketinggian pahat bubut.....	142
Gambar 6.26. Pemasangan pahat bubut tidak setinggi sumbu senter.....	143
Gambar 6.27. Pemasangan pahat bubut terlalu panjang.....	144
Gambar 6.28. Pemasangan pahat bubut terlalu panjang.....	145
Gambar 6.29. Pemasangan pahat bubut terlalu panjang.....	145
Gambar 6.30. Pembubutan permukaan start pahat bubut	146
Gambar 6.31. Pembubutan permukaan.....	147
Gambar 6.32. Pembubutan permukaan diawali dari luar bagian kanan benda kerja	147
Gambar 6.33. Pembubutan lubang senter pada permukaan ujung benda kerja	148
Gambar 6.34. Fungsi lubang senter bor sebagai dudukan senter putar dan pengarah pengeboran.....	149
Gambar 6.35. Mengatur kesepustan sumbu dengan alat bantu batang pengetes dan dial indikator.....	150
Gambar 6.36. Mengatur kesepustan sumbu senter dengan mempertemukan kedua ujung senter.....	150
Gambar 6.37. Mengatur kesepustan sumbu senter dengan mempertemukan kedua ujung senter.....	151
Gambar 6.38. Permukaan benda kerja harus benar-benar rata sebelum pembuatan lubang senter.....	152
Gambar 6.39. Putaran mesin bubut harus berlawanan dengan arah jarum jam.....	153

Gambar 6.40. Dimensi bor senter (centre drill) dan hasil pembubutan lubang senter bor	154
Gambar 6.41. Pembubutan lurus dengan cekam mesin.....	155
Gambar 6.42. Pembubutan lurus, benda kerja ditahan dengan senter putar.....	155
Gambar 6.43. Pembubutan lurus benda kerja ditahan dengan senter putar dan tengahnya ditahan dengan <i>steady rest</i>	156
Gambar 6.44. Pembubutan lurus diantara dua senter	156
Gambar 6.45. Pembubutan tirus.....	157
Gambar 6.46. Pembubutan tirus dengan membentuk pahat pahat bubut.....	158
Gambar 6.47. Pembubutan tirus dengan menggeser eretan atas.....	159
Gambar 6.48. Pembubutan tirus dengan menggeser kedudukan kepala lepas	159
Gambar 6.49. Pembubutan tirus dengan menggunakan perlengkapan tirus.....	160
Gambar 6.50. Pengaluran dengan berbagai posisi	161
Gambar 6.51. Pemasangan pahat alur	162
Gambar 6.52. Pengaluran benda kerja dengan pengikatan cekam mesin	163
Gambar 6.53. Pengaluran benda kerja dengan pendukung senter putar.....	164
Gambar 6.54. Pembubutan profil dengan gerakan pahat.....	164
Gambar 6.55. Pembubutan profil dengan pahat bubut bentuk.....	165
Gambar 6.56. Geometri Pahat potong.....	166
Gambar 6.57. Geometri Pahat potong.....	167
Gambar 6.58. Proses pemotongan benda kerja berukuran pendek	168

Gambar 6.59. Pemotongan benda kerja berukuran panjang.....	169
Gambar 6.60. Menahan benda kerja sebelum dipotong dengan <i>steady rest</i>	169
Gambar 6.61. Pembubutan ulir dengan cara tegak lurus.....	171
Gambar 6.62. Pembubutan ulir dengan cara memiringkan eretan atas	172
Gambar 6.63. Metoda pemotongan ulir dengan cara zig-zag	172
Gambar 6.64. Arah pemotongan ulir kanan dan kiri.....	173
Gambar 6.65. Kedalaman pemotongan ulir metris	174
Gambar 6.66. Kedalaman pemotongan ulir metris	174
Gambar 6.67. Pemotongan ulir dalam dengan pahat mata potong satu & majemuk.....	175
Gambar 6.68. Pemasangan benda kerja.....	176
Gambar 6.69. Pembubutan benda kerja yang akan di ulir	176
Gambar 6.70. Pemasangan benda kerja.....	177
Gambar 6.71. Melakukan pemakanan ulir	177
Gambar 6.72. Memeriksa kisar ulir	178
Gambar 6.73. Melakukan pemakanan ulir	179
Gambar 7.1. Gerakan dan komponen dari (a) Mesin Milling vertical tipe <i>column and knee</i> dan (b) Mesin Milling horizontal tipe <i>column and knee</i>	181
Gambar 7.2. Mesin milling <i>turret</i> vertikal horisontal	182
Gambar 7.3. Klasifikasi proses milling : (a) milling <i>peripheral</i> , (b) <i>face milling</i> (c) <i>end milling</i>	183
Gambar 7.4. (a)Milling naik (<i>up milling</i>) dan (b) milling turun (<i>down milling</i>).....	184
Gambar 7.5. Pahat milling identik bentuk beberapa pahat bubut.....	186

Gambar 7.6. Jenis bentuk pisau milling untuk Mesin Milling horizontal dan vertical	186
Gambar 7.7. Mesin Milling tipe <i>column</i> and <i>knee</i>	188
Gambar 7.8. Mesin Milling tipe <i>bed</i>	188
Gambar 7.9. Mesin milling tipe khusus (<i>special</i> <i>purposes</i>) Mesin milling dengan 2 buah spindel	189
Gambar 7.10. Mesin Milling CNC tipe bed	190
Gambar 7.11. Arah alur pisau milling	192
Gambar 7.12. konstruksi pisau milling	192
Gambar 7.13. Geometri pisau milling selubung HSS	193
Gambar 7.14. Standar ISO cutter untuk milling	194
Gambar 7.15. Pisau milling dengan sisipan dipasang pada tempat pisau yang sesuai	195
Gambar 7.16. Skema gambar arbor Mesin Milling	196
Gambar 7.17. (a) Kolet pegas (b) kolet solid	196
Gambar 7.18. (a) diameter collet, (b) colletsolid	196
Gambar 7.19. <i>offse tboring head</i>	197
Gambar 7.20. (a) <i>plain vise</i> , (b) Ragum universal	198
Gambar 7.21. <i>dividing head</i> untuk membuat variasi bentuk	199
Gambar 7.22. Gambar skema proses milling vertikal dan milling horisontal.	199
Gambar 7.23. Milling rata	200
Gambar 7.24. Tipe pencekaman benda kerja	201
Gambar 7.25. Variasi proses milling 1	202
Gambar 7.26. Variasi proses milling 2	203
Gambar 8.1. Mesin Gerinda Datar, dari Hadi dan Tatang (2013)	209

Gambar 8.2.	a. Roda Gerinda Lurus. b. Roda Gerinda Silinder. c. Roda Gerinda Tirus Satu Sisi. d. Roda Gerinda Tirus Dua Sisi. e. Roda Gerinda Pengurangan Satu Sisi. f. Roda Gerinda Pengurangan Dua Sisi. g. Roda Gerinda Mangkuk Lurus. h. Roda Gerinda Mangkuk Kerucut. i. Roda Gerinda Piring. J. Roda Gerinda Piring Gergaji. k Roda Gerinda Tanpa Senter. l. Roda Gerinda Tanpa tangkai dan dengan Tangkai. M. Roda Gerinda Khusus.....	211
Gambar 8.3.	Lokasi ditempatkan penunjuk Identifikasi pahat gerinda dan ukurannya	222
Gambar 10.1.	Perkembangan Strategi <i>Maintenance</i>	245
Gambar 10.2.	Konsep Kegiatan Pemeliharaan.....	246
Gambar 11.1	.Contoh Gambar 2D	268
Gambar 11.2.	Contoh Gambar 3D	269
Gambar 11.3.	Hubungan CAD, CAM, Sistem Bisnis secara Komputer	270
Gambar 11.4.	Keluasan Pembahasan CIM, CAD,CAM	271
Gambar 11.5.	Contoh Tampilan MasterCAM.....	276
Gambar 11.6.	Gambar Contoh CN 235	277
Gambar 11.7.	Gambar Contoh FEA pada sayap pesawat terbang.....	278
Gambar 11.8.	Contoh CFD pada pesawat terbang.....	279
Gambar 12.1.	Contoh antarmuka manusia-mesin	283
Gambar 12.2.	Robot line tracker.....	287
Gambar 12.3.	Layanan Operasi Bedah Robotik Jarak Jauh	288
Gambar 12.4.	Robot ASIMO.....	289
Gambar 12.5.	Transduser dengan masukan dan keluaran listrik	290

Gambar 12.6. Sistem Senso	r291
Gambar 12.7. Jenis-jenis Sensor	292
Gambar 12.8 Penelitian seputar robotika	306
Gambar 13.1. Bagan Keselamatan Kerja	314
Gambar 13.2. Pekerja yang memahami bahaya pekerjaan	316
Gambar 13.3. Rambu-rambu keselamatan kerja	317
Gambar 13.4. sirkulasi komponen keselamatan dan kesehatan kerja dalam lingkungan kerja	320
Gambar 13.5. Pelindung Tubuh	326
Gambar 13.6 Pelindung kaki	326
Gambar 13.7. Pelindung kepala	327
Gambar 13.8. Pelindung mata	328
Gambar 13.9. Helm untuk las dan pelindung pekerjaan gerinda	328
Gambar 13.10. Pelindung tangan	329
Gambar 13.11. Pelindung tangan	329
Gambar 13.12. Pelindung tangan	330
Gambar 13.13. Sabuk Pengaman	330
Gambar 13.14. Cara pemakaian sabuk pengaman	331

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ukuran Ulir dan Diameter Lubang	25
Tabel 3.1. Ukuran Kertas Gambar Seri A0.....	35
Tabel 3.2. Jenis Garis	38
Tabel 4.1. Spesifikasi mesin potong circular	64
Tabel 4.2. Spesifikasi <i>blander beaver</i> , mesin potong api	68
Tabel 4.3. Spesifikasi CNG <i>Plasma Cutter</i>	69
Tabel 4.4. Konsumsi listrik pada laser <i>cutting</i> dengan CO ₂	71
Tabel 6.1. Kecepatan Potong Bahan	141
Tabel 8.1. Sifat fisika dan kimia gerinda dari Cubic Boron Nitride dibandingkan Intan.....	218
Tabel 11.1. Beberapa Perbandingan Merk dan Kelas Kegunaan <i>Software</i>	277

BAB 1

PENGANTAR TEKNIK MESIN

Oleh Sepriandi Parningotan

1.1 Pendahuluan

Ilmu teknik yang berkaitan dengan penerapan prinsip fisika dalam menganalisis, merancang, memproduksi, dan merawat sistem mekanik dikenal dengan nama Teknik Mesin atau Teknik Mekanik. Pengetahuan ini memerlukan pemahaman yang mendalam tentang prinsip-prinsip utama dalam bidang ilmu mekanika, kinematika, teknik material, termodinamika, dan energi. Seseorang yang ahli dalam bidang teknik mesin umumnya disebut sebagai insinyur (teknik mesin). Mereka menggunakan pengetahuan dalam ilmu teknik ini untuk merancang dan menganalisis produksi kendaraan, pesawat, pabrik industri, peralatan, serta mesin industri dan lainnya. Teknik mesin, yang dikenal secara internasional sebagai Mechanical Engineering, adalah bidang keilmuan yang mempelajari prinsip-prinsip dasar fisika untuk analisis, desain, manufaktur, dan pemeliharaan sistem mekanik. Ilmu ini mencakup sejumlah cabang keilmuan yaitu mekanika, ilmu material, kinematika, termodinamika dan energi. Secara umum, teknik mesin mencakup desain dan konstruksi mekanik, proses dan sistem manufaktur, konversi energi, material, dan metalurgi. (Aminatus dkk, 2023)

Pengetahuan tentang mekanika telah ditemukan dalam catatan masyarakat kuno dan abad pertengahan di berbagai negara di seluruh dunia. Archimedes (287 SM-212 SM) dikenal sebagai bapak ilmu fisika eksperimental, karyanya sangat dipengaruhi mekanika dalam tradisi Barat. Heron dari Alexandria (c. 10-70 M) berhasil menciptakan mesin uap awal. Pada zaman kuno di Cina,

seorang pria bernama Zhang Heng yang berusia 78 tahun terkenal karena prestasinya. Zhang Heng (78. -139 M) membuat sebuah perubahan pada jam air dan menemukan seismometer, sedangkan pada masa 200-265 M, Ma Jun berhasil menciptakan sebuah kereta yang dilengkapi dengan roda gigi diferensial. (Jonathan Wickert dan Kemper Lewis, 2012)

1.2 Sejarah dan Perkembangan Teknik Mesin

Teknik mesin mulai berkembang sebagai ilmu pengetahuan setelah terjadinya Revolusi Industri di Eropa pada abad ke-18. Kemudian pada abad ke-19 semakin berkembang seiring dengan berkembangnya ilmu fisika. Teknik mesin menjadi semakin canggih dan para insinyur saat ini berkembang di bidang material komposit, mekatronik, dan nanoteknologi. Ilmu ini juga dikaitkan dengan teknik penerbangan, teknik sipil, teknik elektro, teknik perminyakan, dan teknik kimia.

Pembuat jam dan insinyur Tiongkok abad pertengahan, Su Song (1020–1101 M) memasukkan mekanisme escapement ke dalam menara jam astronomi, dua abad sebelum pemicu muncul pada jam abad pertengahan di Eropa, dan dunia menyadari rantai transmisi listrik tak berujung pertama. . Tahun-tahun antara abad ke-7 dan ke-15, era Zaman Keemasan Islam, mencatat kontribusi luar biasa para penemu Islam di bidang teknologi mekanik. Al-Jazari, yang menulis buku terkenal tahun “Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices” pada tahun 1206 dan merancang banyak desain mekanik. Ia juga berjasa menciptakan perangkat mekanis yang saat ini membentuk mekanisme yang sangat mendasar seperti poros engkol dan poros bubungan. Al-Jaziri juga dianggap sebagai penemu robotika, menciptakan kapal yang bergerak secara otomatis menggunakan mekanisme gerak fluida. Kemajuan besar dalam dasar-dasar teknik mesin terjadi di Inggris pada abad ke-17, ketika Sir Isaac Newton merumuskan tiga hukum gerak Newton dan mengembangkan kalkulus. Newton awalnya

enggan mempublikasikan metode dan hukumnya selama bertahun-tahun, namun akhirnya dibujuk oleh rekan-rekannya seperti Sir Edmund Halley. Penemuan Newton merupakan penemuan besar dan membawa banyak manfaat bagi seluruh umat manusia, meskipun penemuannya masih relevan hingga saat ini.

Pada awal abad ke-19 di Inggris, Jerman dan Skotlandia, perkembangan peralatan mesin memungkinkan teknik mesin berkembang sebagai bidang teknik yang terpisah, dengan penyediaan mesin dan manufaktur motor yang memfasilitasi kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan ini. Asosiasi profesional insinyur mesin pertama di Inggris didirikan pada tahun 1847 sebagai Institution of Mechanical Engineers, tiga puluh tahun setelah insinyur sipil mendirikan perkumpulan pertama yang disebut Institution of Civil Engineers. Di benua Eropa, Johann Von Zimmermann (1820-1901) mendirikan pabrik mesin milling pertama di Chemnitz (Jerman) pada tahun 1848. Di Amerika Serikat, American Society of Mechanical Engineers (ASME) didirikan pada tahun 1880 dan menjadi organisasi teknik profesional ketiga setelah American Society of Civil Engineers (1852) dan American Institute of Mining Engineers (1871). Sekolah pertama di Amerika Serikat yang menawarkan pendidikan teknik adalah Akademi Militer Amerika Serikat pada tahun 1817, institusi yang sekarang dikenal sebagai Universitas Norwich pada tahun 1819, dan Institut Politeknik Rensselaer pada tahun 1825. Pendidikan teknik mesin selalu didasarkan pada landasan yang kuat dalam matematika dan sains. Teknik mesin mulai berkembang sebagai ilmu pengetahuan setelah terjadinya revolusi industri di Eropa pada abad ke 18. Kemudian pada abad ke 19 terus berkembang mengikuti perkembangan ilmu fisika. Teknik mesin menjadi lebih kompleks dan para insinyur kini memperluas bidangnya ke bidang komposit, mekatronik, dan nanoteknologi. Ilmu ini juga berkaitan dengan teknik penerbangan, teknik sipil,

teknik elektro, teknik perminyakan, dan teknik kimia. (Paul H. Wright, 2005)

1.3 Rekayasa Mesin dan Klasifikasi Bahan Material

Ilmu yang diperoleh pada Pengantar Teknik Mesin akan menjadi pendukung pembentukan kepribadian profesional pribadi insinyur. Soft skill dan hard skill sangat diperlukan sebagai acuan standar saat bekerja sebagai insinyur mesin, dibidang permesinan termasuk kemampuan penelitian pengetahuan teknis dasar seperti sains dan teknik. Selain itu juga bisa menerapkan ilmu-ilmu sosial dan psikologi sosial sebagai model terapan dari perilaku rekayasa kemanusiaan. (Sunardi, 2014)

Ilmu & teori dasar yg wajib dikuasai seorang insinyur permesinan mencakup mekanika, thermodinamika, system kelistrikan, dan teknik rekayasa permesinan. Teori dasar tadi meliputi Science yg membahas Ilmu Fisika, Kimia dan Matematika, Engineering Science, Applied Engineering, & Humanities and Social Science. Ilmu-ilmu dasar ini dibutuhkan sang insinyur buat bisa bekerja secara professional dalam bidang yg ditekuninya yakni teknik mesin. (Sunyoto, 2008)

Ilmu rekayasa permesinan melibatkan material sebagai komponen penting yang dapat diperoleh dari alam. Ilmu material mempelajari hubungan antara struktur material dengan sifat yang dimilikinya. Sedangkan teknologi material mempelajari korelasi struktur, desain dan rekayasa untuk menghasilkan sifat material baru sesuai kebutuhan. Material dapat diklasifikasikan menjadi 5 kelompok diantaranya logam dan paduannya, keramik dan kaca, polimer dan plastik, semikonduktor dan komposit. (Sugiyanto, 2017)

Setiap insinyur yang berkecimpung dalam bidang keteknikan, misal operator mesin, ahli teknik, maupun pembuat desain, seharusnya mempunyai pengetahuan yang memadai mengenai bahan-bahan yang berhubungan dengan pekerjaan

mereka sehari-hari. Bagi mereka, memiliki pengetahuan tersebut, mereka tahu bagaimana memperlakukan bahan-bahan yang akan digunakan dengan sebaik-baiknya serta memanfaatkan dan menghindari penggunaan bahan yang berbahaya. Mereka mengerti bahan apa yang harus dipakai untuk suatu maksud tertentu serta dapat mencari alternatif bahan pengganti dan sebagainya. Material teknik mempunyai berbagai macam bentuk, ada yang berbentuk padat, cair atau gas. Keadaan beberapa bahan juga dapat berubah pada suhu tertentu (padat, cair, gas). Bahan teknik pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu sebagai berikut.

1. Bahan Logam

Sifat-sifat umum bahan logam, yaitu :

- a. Penghantar listrik atau panas yang baik,
- b. Dapat dibentuk dengan proses panas dan dingin,
- c. Mempunyai tegangan tarik tinggi.

2. Bahan Non Logam

a. Bahan Keramik

Sifat-sifat umum bahan keramik, yaitu :

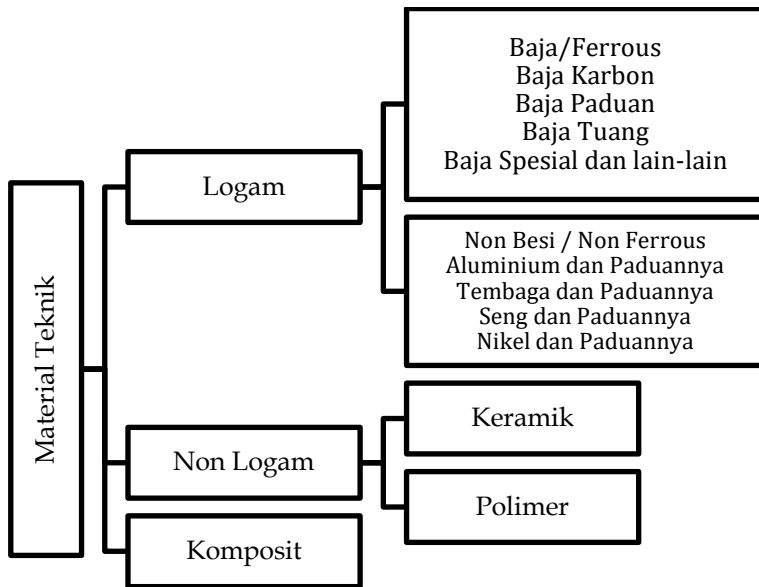
- 1) Tidak baik untuk penghantar listrik dan panas,
- 2) Sulit untuk dibentuk.

b. Bahan Polimer (Plastik)

- 1) Tidak baik untuk penghantar listrik dan panas,
- 2) Memiliki titik leleh yang rendah.

3. Bahan Komposit

Komposit merupakan campuran beberapa bahan (misalnya keramik dengan polimer).



Gambar 1.1. Klasifikasi Bahan Teknik
(Sumber : Arif Yuniarto dan Ady Purnama, 2018)

Pada era perkembangan teknologi saat ini, teknik mesin pada umumnya lebih dominan memerlukan bahan yang terbuat dari logam dan paduannya terutama logam ferrous yang memegang peranan sangat penting, tetapi bahan-bahan lainya juga tidak bisa diabaikan. Bahan nonlogam juga biasa digunakan karena bahan tersebut mempunyai sifat unik yang tidak dimiliki bahan logam. Perkembangan teknologi juga memerlukan penggantian logam dengan bahan lain seperti plastik, yang banyak digunakan dalam pembuatan mesin, bahan keramik, misalnya digunakan dalam berbagai bahan abrasif, pemotong gunting, batu tahan api, dan lain-lainnya. Perkembangan material logam non-ferrous mengalami kemajuan yang sangat pesat, kuantitas besi dan baja yang diproduksi semakin jelas dan kualitasnya semakin tinggi. Namun perkembangan teknologi juga mengharuskan penggunaan berbagai logam non-ferrous seperti tembaga, aluminium, seng-

nikel dan lain-lain. Misalnya saja penggunaan material untuk mengembangkan teknologi maju yang memerlukan sifat kekuatan tinggi seperti penambahan serat grafit, serat kaca dan beberapa serat logam lainnya. Penemuan berbagai jenis serat dapat mendorong munculnya berbagai jenis material komposit, yang merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki sifat berbeda dan menghasilkan material dengan sifat yang lebih baik dibandingkan material awal lainnya. Komposit dapat dibuat dari kombinasi logam dan keramik, logam dan plastik, keramik dan plastik dan lain-lain.

Memilih bahan yang tepat untuk kebutuhan tidaklah sulit, asalkan tidak disertai dengan berbagai persyaratan, seperti kemudahan memperolehnya, kemudahan pengolahannya atau dalam pengolahannya hingga menghasilkan kualitas sesuai spesifikasi dan harga low wall. Sebenarnya prinsip pemilihan material sangat sederhana, cukup memperhatikan sifat-sifat yang dibutuhkan oleh desain konstruksi serta sifat dan fungsi material yang dapat digunakan. Namun masih terdapat kesulitan dalam menentukan persyaratan, mungkin informasi material yang tersedia tidak lengkap atau informasi properti material tidak lengkap. Sekalipun informasinya lengkap, tidak ada satu dokumen pun yang dapat memenuhi seluruh persyaratan. Dalam hal ini perlu dilakukan pemilihan baru dengan mengurangi kembali persyaratan untuk memperoleh pilihan yang optimal. Biasanya, persyaratan yang dibutuhkan oleh desain bangunan mencakup sifat-sifat berikut.

1. Sifat mekanik meliputi: Kegetasan atau brittleness, Ketangguhan atau toughness, Kekuatan atau strength, Keuletan atau ductility, Kekakuan atau stiffness, Elastisitas atau elasticity, Kelenturan atau resilience, dan Kelunakan atau malleability.
2. Sifat fisik seperti konduktivitas termal, konduktivitas listrik, ekspansi termal, ukuran dan struktur mikro.

3. Sifat kimia seperti: Tahan korosi, aktif terhadap bahan kimia dan zat lainnya.

Faktor lain yang juga harus dipertimbangkan saat mendesain adalah :

1. Teknologi yang tersedia untuk mengolah bahan-bahan tersebut hingga menjadi produk siap pakai..
2. Faktor ekonomi seperti: harga bahan baku produk, biaya produk, harga bahan baku dan biaya lainnya.
3. Ketersediaan bahan baku seperti jika bahan baku tersedia di pasar lalu di mana seseorang bisa mendapatkan jumlah bahan baku yang tersedia.

Proses pemilihan material seringkali dapat disederhanakan, misalnya dengan mempersempit area pemilihan, memprioritaskan material yang biasa digunakan untuk konstruksi serupa. Misalnya dalam teknik permesinan, baja karbon akan mendapat prioritas utama (karena dalam konstruksi orang sering menggunakan baja karbon sehingga mudah ditemukan dan relatif murah), jadi jika baja karbon tidak memenuhi persyaratan, coba pertimbangkan untuk menggunakan yang lain. bahan, seperti baja, paduan, besi cor, paduan non-ferrous.

1.4 Career Paths

Sekarang kita telah memperkenalkan bidang teknik mesin dan beberapa hal kontribusi paling penting bagi profesi ini, di bawah ini kita beralih ke pilihannya karir di mana insinyur mesin masa depan menghadapi tantangan masalah global, sosial dan lingkungan di seluruh dunia. Karena begitu banyak industri yang mempekerjakan insinyur mesin, maka profesi tersebut Tidak ada deskripsi pekerjaan universal untuk ini. Insinyur mesin bisa bekerja sebagai desainer, peneliti, dan direktur teknologi untuk

perusahaan tersebut, dari startup kecil hingga perusahaan multinasional besar. Untuk memberi Anda gambaran tentang beragam kemungkinan, Insinyur mekanik dapat:

1. Merancang dan menganalisis komponen, material, modul, atau sistem apa pun. untuk mobil generasi berikutnya
2. Merancang dan menganalisis alat kesehatan, termasuk alat bantu. penyangga disabilitas, peralatan bedah dan diagnostik, prostesis dan organ buatan.
3. Merancang dan menganalisis sistem pendingin, pemanas dan pendingin udara yang efisien.
4. Merancang dan menganalisis sistem pembuangan daya dan panas untuk berbagai perangkat komputasi dan jaringan seluler.
5. Merancang dan menganalisis sistem transportasi perkotaan dan keselamatan kendaraan yang progresif.
6. Merancang dan menganalisis bentuk energi berkelanjutan yang lebih sederhana.
7. Merancang dan menganalisis sistem eksplorasi ruang angkasa generasi mendatang.
8. Merancang dan menganalisis sistem produksi revolusioner dan Jalur perakitan otomatis untuk berbagai barang konsumsi.
9. Memimpin tim insinyur pengembangan yang beragam. Platform produk global, peluang pelanggan, mengidentifikasi pasar, dan produk.
10. Memberikan layanan konsultasi kepada berbagai industri termasuk Manufaktur bahan kimia, plastik dan karet; produksi minyak dan batu bara; produk komputer dan elektronik; produksi pangan dan minuman; percetakan dan penerbitan; membutuhkan; dan penyedia layanan.
11. Pekerjaan pelayanan publik pada instansi pemerintah seperti: Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional, Departemen Pertahanan, Institut Standar dan Teknologi

Nasional, Badan Perlindungan laboratorium penelitian lingkungan dan nasional.

12. Mengajar matematika, fisika, sains atau teknik di tingkat sekolah menengah, perguruan tinggi atau universitas.
13. Mengejar karir yang berarti di bidang hukum, kedokteran, pekerjaan sosial, bisnis, penjualan atau Keuangan.

Secara historis, insinyur mesin dapat mengambil jalur teknis atau jalur manajemen. dalam karirnya. Namun, batas-batas antara jalur-jalur tersebut menjadi semakin kabur proses pengembangan produk baru membutuhkan pengetahuan tidak hanya mengacu pada masalah teknis, tetapi juga ekonomi, ekologi, pelanggan dan produksi. Apa yang sebelumnya dilakukan di perangkat yang berlokasi di Sekarang lokasi identik dengan pengetahuan teknik pusat dilaksanakan oleh tim yang tersebar secara global dengan memanfaatkan keahlian teknis. di berbagai wilayah, proses yang hemat biaya, peluang pertumbuhan global, dan akses terhadap teknologi terdepan.

Saat ini terdapat lowongan pekerjaan dengan judul "*Mechanical Engineer*" mencakup berbagai judul berbeda yang mencerminkan perubahan sifat profesi. Misalnya, semua pekerjaan berikut memerlukan gelar insinyur mesin (diambil dari situs karir terkemuka) untuk peluang karir:

1. Insinyur produk
2. Insinyur sistem
3. Insinyur manufaktur
4. Konsultan energi terbarukan
5. Insinyur Aplikasi
6. Insinyur Aplikasi Produk
7. Insinyur Alat Mekanik
8. Insinyur pengembangan proses
9. Kepala teknisi
10. Insinyur penjualan

11. Desainer
12. Insinyur tenaga listrik
13. Insinyur pengemasan
14. Insinyur elektromekanis
15. Insinyur perencanaan pabrik
16. Insinyur mesin
17. Insinyur Efisiensi Energi
18. Insinyur Mekatronik
19. Insinyur penangkapan proyek
20. Insinyur pabrik

Selain pengetahuan dan keterampilan teknis yang diperlukan, diperlukan pula penguasaan pekerjaan, pertahankan pekerjaan dan tingkatkan karier didasarkan pada serangkaian kemampuan yang sekilas tampak mungkin tampaknya tidak teknis. Insinyur mekanik harus mampu mengambil inisiatif menyelesaikan tugas kerja, menemukan jawaban atas masalah secara efisien dan Jika berhasil, mengambil tanggung jawab tambahan. Tinjauan singkat tentang posisi tersebut, teknik di setiap situs pekerjaan menunjukkan bahwa pemberi kerja sangat menekankan keterampilan komunikasi seorang insinyur mesin dari berbagai latar belakang dan dalam segala bentuk media lisan dan tulisan. Faktanya, perusahaan yang ingin mempekerjakan insinyur biasanya memikirkannya komunikasi efektif sebagai kualitas non-teknis terpenting bagi calon insinyur. Alasannya sangat sederhana: para insinyur bekerja di setiap tahap pengembangan produk mesin bekerja dengan banyak orang: atasan, kolega, pemasaran, manajemen, pelanggan, investor dan pemasok. Kemampuan seorang insinyur menganalisis dan menjelaskan konsep teknis dan bisnis dengan jelas hubungan yang baik dengan rekan kerja sangatlah penting. Lagipula, jika kamu memiliki kemajuan teknologi yang luar biasa dan inovatif, namun mereka tidak mampu mewujudkannya dengan meyakinkan

menyampaikan gagasan itu kepada orang lain, kemungkinan besar idemu tidak akan diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Tahir dan Sirama. 2023. Pengantar Elemen Mesin Jilid I. Yogyakarta : Jejak Pustaka.
- Aminatus, dkk. 2023. Pengantar Teknik Mesin. Padang : PT Global Eksekutif Teknologi.
- Arif Yunianto dan Ady Purnama. 2018. Dasar Perancangan Teknik Mesin. Jakarta : PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Ashby, M., & Cebon, D. 2007. Teaching engineering materials: The CES EduPack. Retrieved June 1, 2015, from http://web.mit.edu/course/3/3.225/refs/Teaching_Engineering_Materials.pdf
- Jonathan Wickert dan Kemper Lewis. 2012. An Introduction to Mechanical Engineering Third Edition. United States of America : Cengage Learning, from https://books.google.co.id/books?id=RagJAAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Paul H. Wright. 2005. *Pengantar Engineering edisi Ketiga*. Jakarta : PT Erlangga.
- Sugiyanto. 2017. REKAYASA MESIN UNTUK INDUSTRI KECIL PAKAN TERNAK UNGGAS DI KLATEN. Prosiding SNATIF (pp. 857-861). Kudus: Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.
- Sunardi, S. M. 2014. Pengantar Teknik Mesin. Cilegon: Untirta.
- Sunyoto. 2008. Teknik Mesin Industri. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

BAB 2

ALAT DAN PERANGKAT TEKNIK MESIN

Oleh Muh. Setiawan Sukardin

2.1 Pendahuluan

Alat dan perangkat teknik mesin merupakan induk dari industri permesinan yang banyak diaplikasikan pada industri rekayasa untuk menghasilkan produk. Lingkup Industri mesin perkakas sesuai Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI) merupakan KBLI 28221. Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI 28221) menjadi kelompok Industri Mesin/Peralatan Perkakas Mesin untuk Pengerjaan Logam (Kemenperin, 2014). Produk dari industri mesin perkakas merupakan produk strategis sebab mesin-mesin ini dibutuhkan, terutama di industri manufaktur berbasis logam. Mesin perkakas ini diantaranya; (1) mesin bubut, (2) mesin freis, (3) mesin skrap, (4) mesin bor (5) mesin gerinda, (6) mesin gergaji, (7) mesin potong, (8) mesin tekuk, (9) mesin press (Kemenperin, 2014).

Jenis- jenis mesin di atas dapat dioperasikan dengan kontrol mekanis atau kontrol elektronik dengan menggunakan program (*software*), seperti mesin CNC (*Computer Numerical Control*) (Potnuru Srikar, 2022).

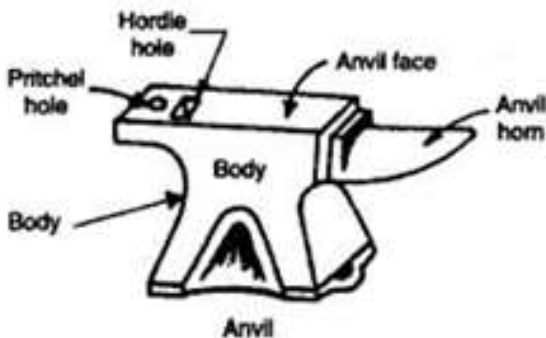
Alat permesinan adalah sejenis alat penunjang dalam industri manufaktur. Ditinjau dari tahapan prosesnya, alat permesinan dikelompokkan sebagai berikut :

1. Mesin perkakas dasar, diantaranya; (a) mesin potong (*cutting machine*), (b) mesin press (*press machine*),

- (c) mesin pons (*pons machine*), (d) mesin lipat (*bending machine*), (e) mesin tempa (*forging machine*).
2. Mesin perkakas lanjut, diantaranya; (a) mesin bor (*drilling machine*), (b) mesin bubut (*lathe machine*) (c) mesin frais (*milling machine*), (d) mesin skrap (*shaping machine*).
 3. Mesin perkakas finishing, diantaranya; (a) mesin gerinda (*grinding machine*), (b) mesin kilap (*polishing machine*), (c) mesin asah halus (*lapping machine*) (Kemenperin, 2014).

2.2 Landasan Kerja Bangku

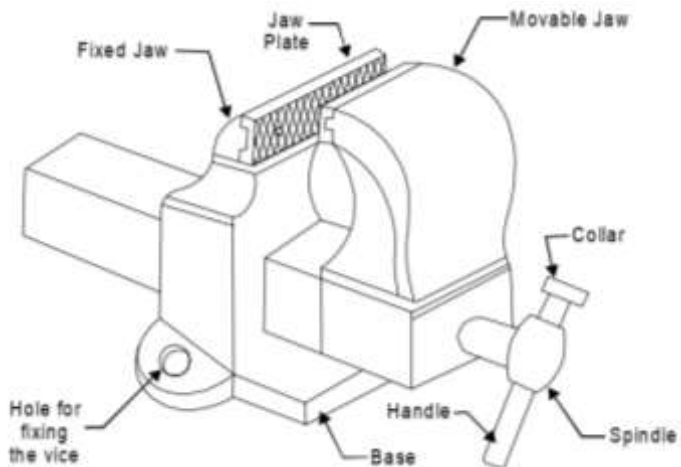
Landasan kerja bangku merupakan peralatan paling dasar yang dibutuhkan dalam pengerjaan kerja bangku. Landasan diposisikan pada ketinggian yang nyaman bagi pengguna. Penempatan landasan di lantai akan menyulitkan dalam penggunaannya. Posisi yang menyulitkan akan melelahkan dan membebani punggung pengguna. Landasan sebaiknya dipasang padaudukan baja tuang, atau batang kayu pejal yang mampu menyerap kekuatan dan getaran setiap pukulan palu (Sathyabama, 2015)(Vijaraghavan, 2018). Berikut gambar dan bagian-bagian dari landasan (Singh, 2006).



Gambar 2.1. Landasan dan bagian-bagiannya
(Sumber : Potnuru Srikar, 2022)



Gambar 2.2. Dudukan Landasan dari batang pohon kayu pejal
(sumber : Ryan, 2020)

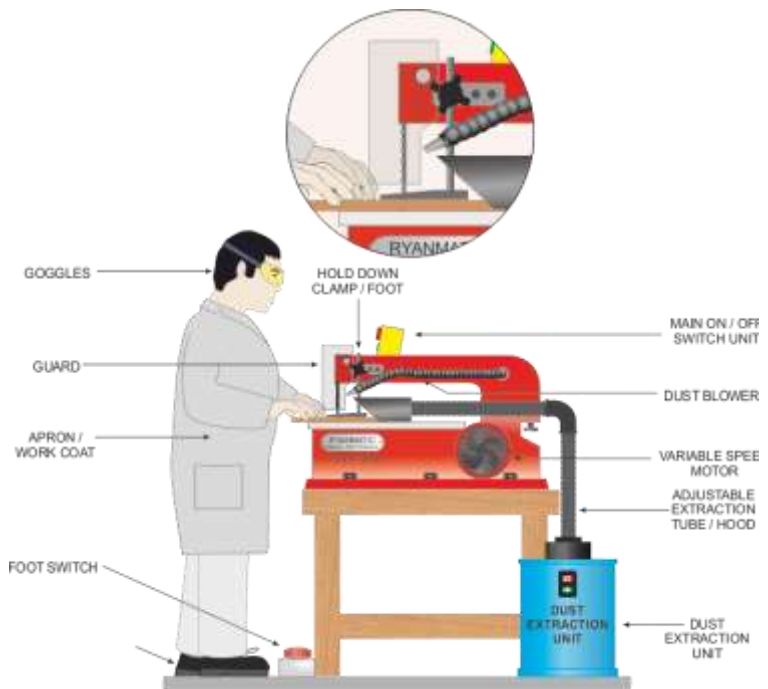


Gambar 2.3. Ragum dan bagian-bagiannya.
(Sumber : Singh, 2006)

Ragum sebagai salah satu bentuk landasan yang banyak digunakan pada proses kerja bangku. Alat kerja bangku mekanik dibuat dari coran besi abu-abu berkualitas tinggi yang merupakan bahan yang terkenal karena kekuatan kompresinya yang luar biasa dan kemampuan menyerap guncangan yang sangat baik (Singh, 2006). Bangku Mekanik ini dilengkapi landasan mesin dan pelat rahang baja yang dapat diganti. Ulir utama dapat memberikan tekanan penjepitan hingga satu ton di antara rahang (Faithfulltools, 2012).

2.3 Mesin Potong (*Cutting*)

Mesin potong (*cutting*) merupakan mesin yang memotong plat logam. Setiap mesin potong memiliki fungsi yang lebih spesifik lagi. Mesin potong Gulir (*scroll saw*) merupakan mesin untuk memotong dan membentuk material ringan seperti perspex, MDF dan kayu lapis. Gergaji *scroll saw* dapat digunakan untuk memotong bentuk yang sangat detail dan dilengkapi dengan berbagai jenis pisau sesuai dengan bahan yang akan dipotong. Bahan akan lebih mudah dipotong jika cukup tipis. Mesin potong type ini kesulitan memotong dan membentuk bahan yang lebih tebal dari 10 mm.



Gambar 2.4. Mesin potong *Scroll saw/fretsaw*
(Sumber : Ryan V., 2022)

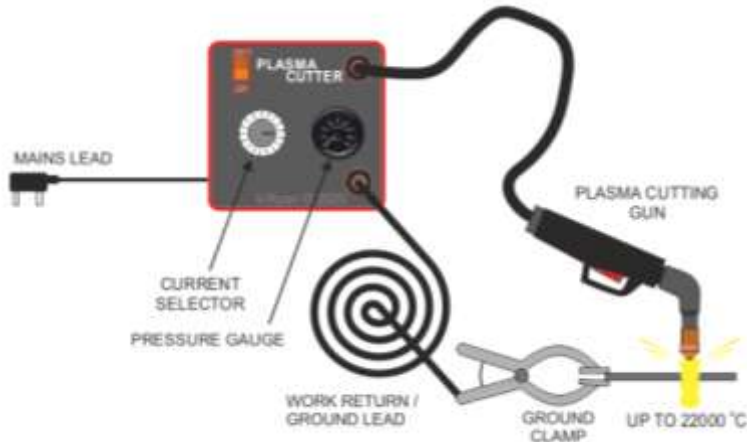
Direkomendasikan tidak mematikan Gergaji *fret* ketika mata pisau sedang proses memotong material. Direkomendasikan tidak memindahkan material yang sementara terpotong. Hal ini berpotensi mata pisau terpelintir yang dapat menyebabkan mata potong gergaji terpelintir sehingga rusak dan patah.

2.4 Plasma Cutting

Pemotongan logam dan paduan yang menghantarkan listrik dapat dilakukan dengan menggunakan *plasma Cutter*. Proses ini sangat berguna ketika memotong baja tahan karat secara akurat. Logam non fero seperti aluminium, tembaga,

kuningan juga dapat dipotong *plasma cutter* (Vijaraghavan, 2018). Keuntungan pemotongan menggunakan pemotong plasma adalah logam cenderung tidak terdistorsi akibat panas yang dihasilkan pada proses pemotongan serta hemat biaya. Namun, kekurangannya pada tepi bekas pemotongan tidak bersih (halus) dibandingkan pemotongan laser dan pemotongan jet air (Dynamics, 2016).

Plasma dikenal sebagai materi fase keempat. Materi berubah menurut suhu. Materi tahap pertama adalah fase padat. Ketika suhu naik ke tahap kedua, zat padat menjadi fase cair. Ini diikuti oleh fase ketiga. Ketika suhu semakin meningkat, maka cairan cairan menjadi gas. Fase keempat adalah plasma, ketika elektron melepaskan diri dari struktur molekul gas. Fase keempat temperatur mencapai 22.000 °C. Kalor ini digunakan selama proses pemotongan (Ryan, 2020a).



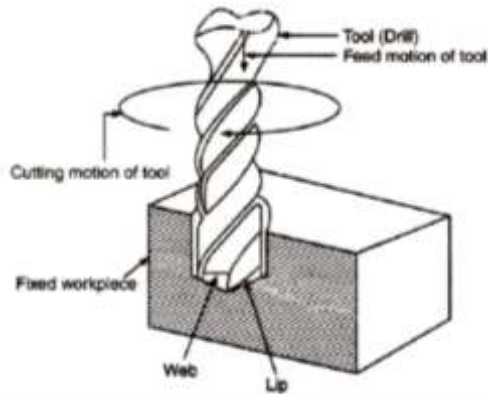
Gambar 2.5. Diagram Sederhana Unit Cutting Plasma tipe Kecil
(Sumber : Ryan, 2020a)

Gambar 2.5 memperlihatkan proses pemotongan plasma dimulai dengan campuran gas terkompresi argon dan hidrogen. Alternatif lainnya adalah campuran hidrogen dan nitrogen atau metana dan nitrogen. Gas tersebut difokuskan pada jalur sempit yang membawa arus listrik. Arus listrik terbentuk antara elektroda di nosel gas. *Grounding* dijepit pada logam yang sedang dipotong. Arus listrik mengionisasi gas. Gas yang terionisasi disebut plasma. Plasma terionisasi yang dipanaskan yang melelehkan logam yang dilalui dan memotong benda kerja (Ryan, 2020a) (Rajput, 2007).

2.5 Mesin Bor

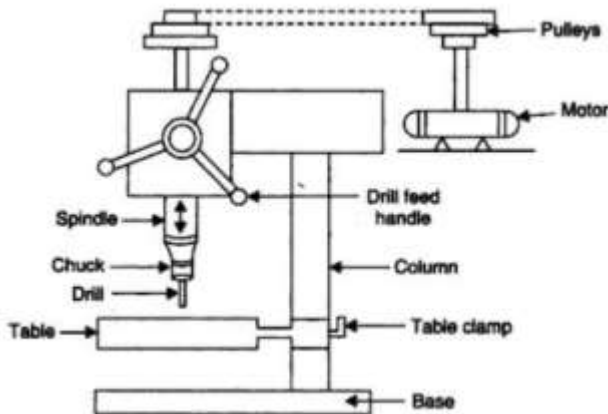
Mesin bor merupakan mesin perkakas lanjutan yang berfungsi membuat lubang pada benda kerja. Mesin bor terdiri dari dua jenis, yaitu (1) bor bangku dan (2) bor pilar (K.K. Ramalingam, 2009). Bor bangku digunakan untuk mengebor lubang pada material termasuk berbagai kayu, plastik, dan logam. Biasanya dibaut ke bangku sehingga tidak dapat didorong dan material yang lebih besar dapat dibor dengan aman (K. G. Swift, 2013) (Chaturvedi, 2015).

Varian bor mesin yang lebih besar disebut bor pilar. Ini memiliki kolom panjang yang berdiri di lantai. Bor ini dapat melakukan pekerjaan yang persis sama dengan bor meja, namun karena ukurannya yang lebih besar, bor ini dapat digunakan untuk mengebor material yang lebih besar dan menghasilkan lubang yang lebih besar (Singh, 2006).

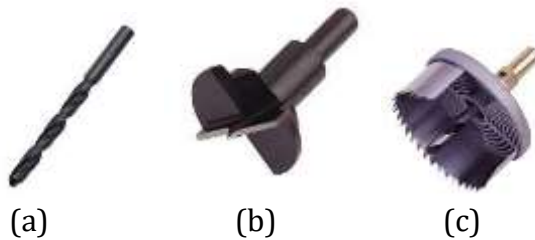


Gambar 2.6. Prinsip kerja mesin bor
(Sumber : Chaturvedi, 2015)

Dari gambar di 2.6 terlihat bahwa tepi bor yang berputar memberikan gaya yang besar pada benda kerja hingga terbentuk lubang pada benda kerja (H. N. Gupta, R. C. Gupta, 2009). Penghilangan logam dalam operasi pengeboran dilakukan dengan prinsip gaya geser dan ekstrusi (Chaturvedi, 2015).



Gambar 2.7. Diagram Mesin Bor Pilar
(sumber : Potnuru Srikar, 2022)



Gambar 2.8. Jenis-jenis mata bor (a) *Twist Drill* (b) *Forstner Bit* (c) *Hole Saw*
(Sumber : H. N. Gupta, R. C. Gupta, 2009)

Gambar 2.7 memperlihatkan mesin bor jenis pilar dan bagian-bagiannya. *Twist Drill* digunakan untuk mengebor lubang. Satu set bor normal akan mencakup ukuran dari 1 mm hingga 14 mm (H. N. Gupta, R. C. Gupta, 2009). *Forstner Bit* digunakan untuk lubang berdiameter lebih besar (Sathyabama, 2015). Bila menggunakan mata bor ini lubangnya dibor dengan sangat lambat agar mata bor tidak macet di dalam kayu. *Hole Saw* untuk diameter besar dapat digunakan gergaji lubang (H. N. Gupta, R. C. Gupta, 2009). Kelebihan mata bor jenis ini adalah mata pisaunya dapat diubah-ubah untuk memberikan ukuran diameter yang berbeda-beda, lihat gambar 2.8. (Sathyabama, 2015).

2.6 Tap

Tap merupakan alat pembuat ulir dalam pada benda kerja. Ulir dalam berdiameter kecil dapat dipotong dengan tangan menggunakan tap holder. Tap dibuat dari baja berkecepatan pendinginan tinggi. Versi yang lebih murah dibuat dari baja karbon (H. N. Gupta, R. C. Gupta, 2009). Ulir pada tap dikeraskan, agar dapat menahan pemotongan ulir dalam. Ulir tap mampu bertahan sepanjang masa pakainya (Singh, 2006).

Tap digunakan untuk dalam lubang menjadi ulir dalam yang telah dibor secara akurat. Ukuran lubang 5 mm dapat ditap menjadi ulir M6 (metrik). Ukuran lubang berdiameter 6,8 mm dapat ditap menjadi ulir M8, lihat tabel 2.1. Ukuran tap bervariasi dan bergantung pada kekasaran atau kehalusan ulir dalam yang akan dibuat, lihat gambar 2.9.



Gambar 2.9. Satu set Tap yang digunakan pada pembuatan ulir dalam terdiri dari ; (a) Tap *Taper* (b) Tap *intermediate* (c) Tap *Plug* (Sumber : Ryan, 2019)

Ukuran Tap yang umum digunakan sebagai berikut :

Tabel 2.1. Ukuran Ulir dan Diameter Lubang

Ukuran Metrik Ulir (M)	Ukuran Diameter Lubang
2 mm M2	1,6 mm
3 mm M3	2,5 mm
4 mm M4	3,3 mm
5 mm M5	4,2 mm
6 mm M6	5,0 mm
8 mm M8	6,8 mm
10 mm M10	8,5 mm
12 mm M12	10,2 mm
14 mm M14	12,0 mm
16 mm M16	14,0 mm
18 mm M18	15,5 mm
20 mm M20	17,5 mm

(Sumber : Ryan, 2019)

Ulir biasanya dibeli dalam satu set yang terdiri dari tiga buah. Lihat gambar 2.9. Tap taper adalah yang paling banyak digunakan karena akan memotong ulir melalui lubang (Sathyabama, 2015). Tap taper digunakan terlebih dahulu, diikuti oleh tap intermediate dan terakhir tap plug. Penggunaan ketiga tahap pada proses pembuatan ulir dalam (Ryan, 2019).

Proses pembuatan ulir dalam memerlukan pemegang tap. Pemegang tap terdiri dari tiga tipe. Tap dipasang di tengah pemegang tap. Rahang yang berbentuk persegi dikencangkan sehingga tap tidak tergelincir pada saat pemegang tap digunakan. Tipe pemegang tap, sebagai berikut; (a) tipe Amerika (b) tipe bar (c) tipe Chuck), lihat gambar 2.10.



(a)

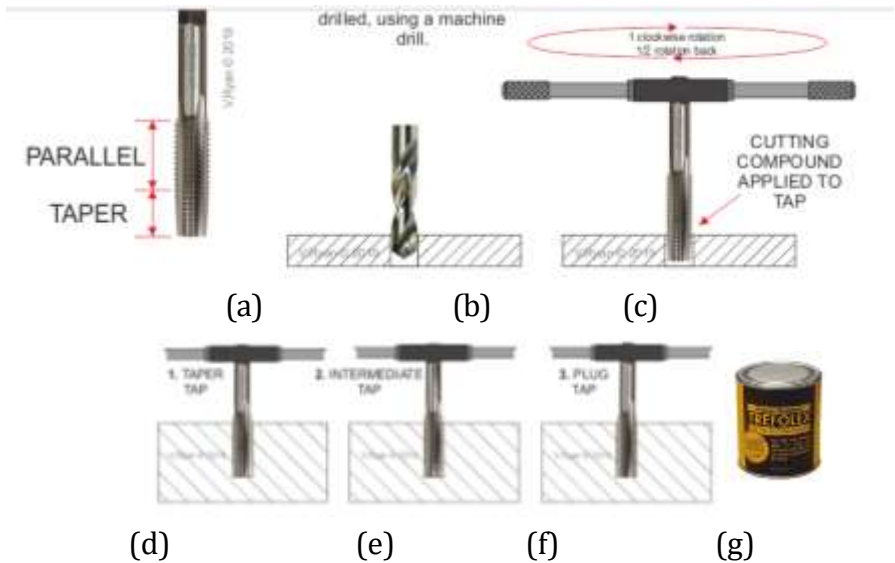


(b)



(c)

Gambar 2.10. Tipe Pemegang Tap (a) tipe Amerika (b) tipe bar
(c) tipe Chuck)
(Sumber : Ryan, 2019)



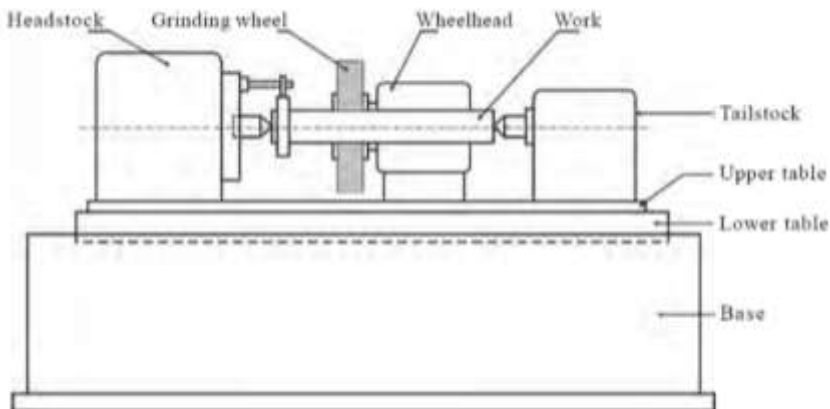
Gambar 2.11. Tahapan proses pembuatan ulir dalam pada material pejal (a) Profil ulir tap (b) pengoboran menggunakan mesin bor (c) pemotongan dengan tap taper dengan mengolesi *cutting compound* (d) tap *taper* (e) tap *intermediate* (f) tap *plug* (g) *cutting compound*
(Sumber : Ryan, 2019)

Proses pemotongan ulir terlihat pada gambar 2.11 Tap taper dipasang pada pemegang tap. Ujung tap taper ditempatkan dalam lubang pemegang tap. Pemegang tap diputar searah jarum jam untuk satu putaran penuh. Kemudian setengah putaran dengan putaran berlawanan arah jarum jam. Langkah ini dilakukan untuk membersihkan puing-puing dari lubang yang sedang ditap (Sathyabama, 2015). Sebaiknya menggunakan *cutting compound* pada proses pembuatan ulir dalam. Produk *cutting compound* yang dijual di pasaran adalah

Trefolex. *Cutting compound* berfungsi melumasi ulir sehingga proses pemotongan ukir dalam lebih mudah dan lancar.

2.7 Gerinda

Proses gerinda merupakan operasi menghilangkan kelebihan material dari bagian logam dengan roda gerinda yang terbuat dari bahan abrasif yang keras. Proses penggerindaan yang umum dilakukan diantaranya; (1) gerinda silinder, (2) gerinda lancip, (3) Gerinda roda gigi (4) Gerinda ulir (Singh, 2006).



Gambar 2.12. Mesin Gerinda Silinder
(Sumber : Chaturvedi, 2015)

Gambar 2.12 menunjukkan gerinda silinder dan bagian-bagiannya. Gerinda silinder berputar antara benda kerja dengan poros silinder gerinda. Benda kerja diumpankan secara longitudinal terhadap silinder gerinda yang berputar. Meja mesin gerinda disetel pada 0° selama pengoperasian.

Gerinda Lancip pada benda kerja yang panjang dapat dilakukan dengan memutar meja bagian atas. Kepala roda dapat diputar ke sudut lancip. Metode gerinda eksternal lancip lainnya disesuaikan dengan permukaan roda gerinda dengan meja hingga membentuk sudut yang diperlukan.

Gerinda roda gigi dilakukan dengan menggunakan bentuk roda gerinda. Posisi dua roda piringan gerinda yang saling tegak lurus. Pasangan piringan gerinda ini digunakan untuk menggerinda muka roda gigi yang berurutan (K. G. Swift, 2013).

Mesin gerinda ulir digunakan untuk menggerinda ulir secara akurat. Roda gerinda itu sendiri berbentuk profil ulir. Roda gerinda yang dibentuk memiliki satu atau banyak ulir (Chaturvedi, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- Chaturvedi, S. 2015. *Basic of Mechanical Engineering*. Brown Hill College of Engg. & Tech.
- Dynamics, T. 2016. *Automation Plasma Cutting Handbook*. , The Forefront Of Plasma Cutting Innovation, United Kingdom.
- Faithfulltools. 2012. *Mechanics-Bench-Vice-with-Anvil-100mm, The top hand tools brands in the UK United Kingdom*.
- H. N. Gupta, R. C. Gupta, A.M. 2009. *Manufactuirng Processes*. New Age International (P) Limited Publishers, New Delhi.
- K. G. Swift, J.D.B. 2013. *Manufacturing Process Selection Handbook*. Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier USA.
- K.K. Ramalingam. 2009. *Handbook of Mechanical Engineering Terms*. New Age International (P) Limited Publishers.
- Kemenperin. 2014. *Profil Industri Mesin Perkakas*. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Mansyur, A.R. 2020. 'Dampak COVID-19 Terhadap Dinamika Pembelajaran Di Indonesia', *Education and Learning Journal*, Vol. 1, No, pp. 113–123.
- Potnuru Srikar. 2022. *Manufacturing Processes*. DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING MALLA REDDY COLLEGE OF ENGINEERING & TECHNOLOGY.
- Rajput, R.K. 2007. *Technology (Manufacturing Processes*. First Edit. Laxmi Publication (P) LTD, New Delhi.
- Ryan. 2019. *CUTTING INTERNAL SCREW THREADS BY HAND - USING 'TAPS' AND A TAP HOLDER / WRENCH*. Available at: https://technologystudent.com/equip_flsh/taps1.html.
- Ryan. 2020a. *INTRODUCTION TO PLASMA CUTTING*. Available at: https://technologystudent.com/equip_flsh/plasma1.html.
- Ryan. 2020b. *THE ANVIL, FORGING AND SAFETY*. Available at: <https://technologystudent.com/despro2/forging2.html>.

- Sathyabama. 2015. *Manufacturing Technology II*. Departement of Mechanical Engineering Institute of Science and Technology.
- Singh, R. 2006. *Introduction to Basic Manufacturing Processes and Workshop Technology*. New Age International (P) Limited Publishers.
- Vijaraghavan, G.K. 2018. *Manufacturing Technology-I*. LAKSHMI PUBLICATIONS.

BAB 3

MEMBACA DAN MEMAHAMI GAMBAR TEKNIK

Oleh Yanti

3.1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi menjadikan sebuah perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur dapat menjalin kerjasama dengan Perusahaan lain di negara lain. Dengan menggunakan gambar teknik, seorang perancang membuat produk tidak berdasarkan pada bahasa yang digunakannya sehingga produk yang dibuat dapat kemudian dirancang dan dirakit di negara lain.

(Griffiths, 2003) Gambar teknik dianggap sebagai bahasa yang menyampaikan informasi dari desainer ke pembuat lalu ke perakit. Sebagaimana bahasa, yang ditentukan oleh tata bahasa dan ejaan. Gambar teknik memiliki aturan-aturan yang terkandung dalam publikasi organisasi standar.

Setiap negara memilikinya sendiri organisasi standar. Misalnya, di Inggris adalah orang Inggris *Standards Institution* (BSI), di Amerika disebut American NationalNegara industri maju memiliki standarisasi industrinya sendiri, sebagai contoh di Inggris disebut *British Standards Institution* (BSI), di AS disebut *American National Standards Institute* (ANSI), di Jerman adalah *Deutsches Institut für Normung* (DIN). Di Jepang disebut *Japanese Industrial Standard* (JIS), di Belanda disebut *Nederland Normalisatie Instituut* (NNI).

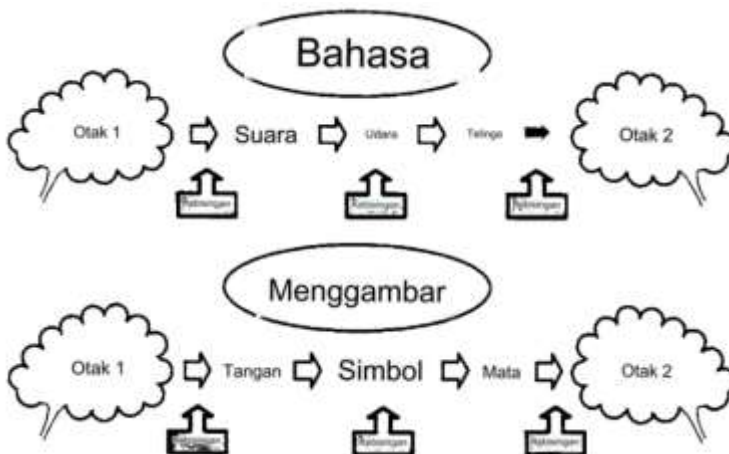
Penyatuan standar secara internasional dibuatlah Organisasi Standar Internasional (ISO), sebagai organisasi standar global sehingga setiap perusahaan yang ingin beroperasi secara

internasional harus menggunakan standar internasional daripada standar domestik mereka sendiri.

3.2 Gambar Teknik sebagai Bahasa

Gambar teknik memegang peranan penting pada proses pembuatan sebuah produk. Melalui gambar teknik, informasi berupa rancangan dan ide berupa garis, symbol dan serta tulisan yang sudah disepakati secara resmi dan sesuai standar disampaikan secara visual sehingga dapat dipahami oleh juru gambar atau desainer dan pembaca gambar.

Gambar teknik sering juga disebut sebagai “bahasa teknik”. Agar dapat melakukan fungsinya sebagai bahasa teknik, maka perlu penguasaan di dalam: (a) penggunaan perkakas gambar, (b) membuat gambar sendiri, dan (c) memahami atau membaca gambar yang dibuat oleh orang lain. (Khumaedi, 2015)



Gambar 3.1. Sumber kebisingan dalam ucapan dan gambar
Sumber : (Griffiths, 2003)

3.3 Persyaratan Gambar Teknik

Gambar teknik perlu mengkomunikasikan informasi yang mengikat secara hukum dengan memberikan spesifikasi. Oleh karena itu, gambar teknik harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Gambar teknik harus tidak ambigu dan jelas.
2. Gambarnya harus lengkap. Isi gambar teknik harus menyediakan semua informasi untuk tahap pembuatannya
3. Gambar harus sesuai untuk diduplikasi. Pengkomunikasian dilakukan secara elektronik atau dalam format hard copy.
4. Gambar harus tidak bergantung pada bahasa
5. Gambar harus sesuai dengan standar ISO yang berlaku di seluruh dunia.

3.3.1 Ukuran Kertas Dan Tata Letak Lembar Gambar

Standar ukuran kertas gambar pertama adalah kertas gambar ukuran 'A' konvensional. Dibuat dalam orientasi potret atau lanskap tetapi orientasi apa pun yang digunakan, rasio kedua sisinya adalah $1:\sqrt{2}$, (1:1.414). Ukuran dasar 'A' adalah ukuran nol atau '0', yang dikenal sebagai 'A0'. Ini memiliki luas permukaan 1m^2 tetapi mengikuti rasio $1:\sqrt{2}$. Hubungannya adalah A1 adalah setengah A0, A2 adalah setengah A1, dan seterusnya.

Tabel 3.1. Ukuran Kertas Gambar Seri A0

Seri	Ukuran Kertas	Ukuran garis tepi	
		Kiri	C
A0	1.189 x 841	20	10
A1	841 x 594	20	10
A2	594 x 420	20	10
A3	420 x 297	20	20
A4	297 x 210	15	5
A5	210 x 148	15	5

Sumber : (M & Juhana, 2000)

The diagram shows a drawing label template with the following dimensions and fields:

- Top Dimensions:** 55, 17, 22, 35, 30
- Left Dimensions:** 7, 11, 10, 10, 15
- Bottom Dimensions:** 21, 94, 65
- Fields:**
 - Quantity** (width 17)
 - Part Name** (width 55)
 - Part. No** (width 17)
 - Material** (width 22)
 - Size** (width 35)
 - Remark** (width 30)
 - Revisions** (width 55, height 10)
 - TITLE** (width 55, height 10)
 - Institute Name** (width 55, height 15)
 - DRAWING NUMBER** (width 65, height 15)
 - Scale** (width 15, height 10)
 - Drawn** (width 21, height 10)
 - date** (width 15, height 10)
 - name** (width 14, height 10)
 - Checked** (width 15, height 10)
 - date** (width 15, height 10)
 - name** (width 14, height 10)

Gambar 3.2. Etiket Gambar
 Sumber : (www.omesin.com, 2018)

Peletakan tata letak gambar berupa kepala gambar berada di sudut kana bawah. Secara umum, keterangan yang ditampilkan berupa (M & Juhana, 2000):

1. Nomor gambar
2. Judul/Nama gambar
3. Nama Instansi/perusahaan
4. Skala
5. Nama yang menggambar, yang memeriksa dan yang mengesahkan atau menyetujui
6. Proyeksi yang digunakan
7. Keterangan lain sesuai kebutuhan

3.3.2 Peralatan Gambar

Menyusun gambar yang rapi dan benar, sebaiknya menggunakan alat gambar yang baik.

Berikut, daftar alat gambar dan bahan yang dibutuhkan dalam gambar teknik:

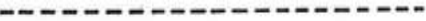
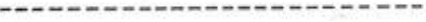
1. Papan atau meja gambar,
2. Mesin gambar
3. Penggaris T,
4. Jangka
5. Penggaris segitiga (45° dan $30^\circ - 60^\circ$),
6. Busur derajat,
7. Stensil untuk huruf,
8. Template untuk lingkaran dll,
9. Pensil gambar (H dan 2 H),
10. Pensil mekanik,
11. Penghapus,
12. Peniti gambar, pita perekat atau klip,
13. Kertas amplas,
14. Pisau, pisau saku atau rautan pensil,
15. Saputangan, kemoceng atau sikat debu dll.

3.3.3 Garis Simbolis

Garis simbolis membantu penyiapan gambar teknik. Penggambaran garis menggunakan dua ketebalan, yang ditentukan dengan tipis dan tebal. Rasio ketebalan garis tebal dan tipis yang disarankan adalah minimal 2:1. Kisaran ketebalan yang disarankan adalah 0,25, 0,35, 0,5, 0,7, 1,0, 1,4, 2,0 mm.

Ketebalan yang akan digunakan harus dipilih dari kisaran di atas tergantung pada ukuran dan jenis gambar. Untuk semua tampilan objek tertentu, semua garis tipis harus memiliki ketebalan yang dipilih secara seragam, dan demikian pula, semua garis tebal juga harus memiliki ketebalan yang sama untuk garis tebal.

Tabel 3.2. Jenis Garis

	Garis	Keterangan
A		Tebal terus menerus
B		Tipis terus menerus (lurus atau melengkung)
C		Tangan bebas tipis terus menerus'
D		Tipis kontinyu (lurus) dengan zig-zag ²
E		Bergaris tebal ¹
F		Bergaris tipis
G		Rantai tipis
H		Rantai tipis, tebal di ujungnya dan berubah arah
J		Rantai tebal
K		Rantai tipis putus-putus ganda ¹

CATATAN:

1. Meskipun tersedia dua alternatif, dianjurkan bahwa pada satu gambar, hanya satu jenis garis yang digunakan.
2. Jenis garis ini cocok untuk produksi gambar dengan mesin.

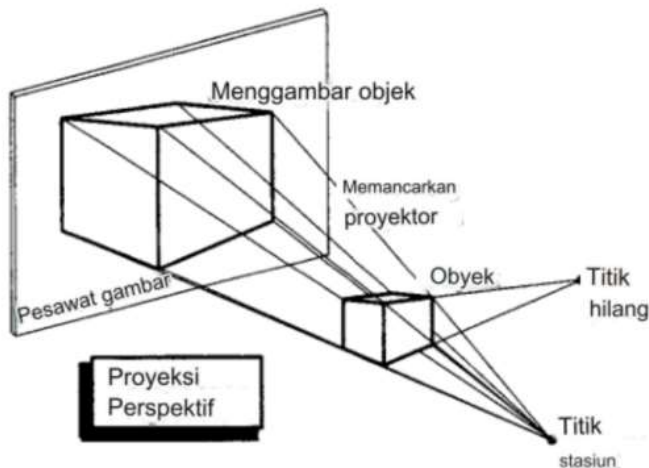
Sumber : (John & P. I, 2009)

3.4 Proyeksi

Proyeksi digunakan untuk mewujudkan suatu benda dalam bentuk gambar. Gambar proyeksi didefinisikan sebagai gambar suatu benda nyata atau khayalan, yang dilihat pada suatu bidang datar dan dilukiskan menurut garis-garis pandangan pengamat.

3.4.1 Proyeksi Piktorial

Proyeksi perspektif adalah kenyataan dimana segala sesuatu yang kita lihat di dunia ini berada dalam perspektif sedemikian rupa sehingga objeknya selalu mempunyai titik hilang. Dengan demikian, proyeksi perspektif adalah pandangan sebenarnya dari objek apa pun dan hanya menunjukkan dua titik hilang.

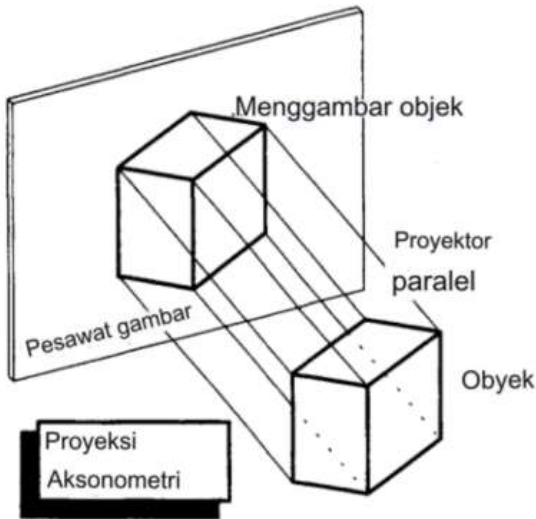


Gambar 3.3. Proyeksi perspektif

Sumber : (Griffiths, 2003)

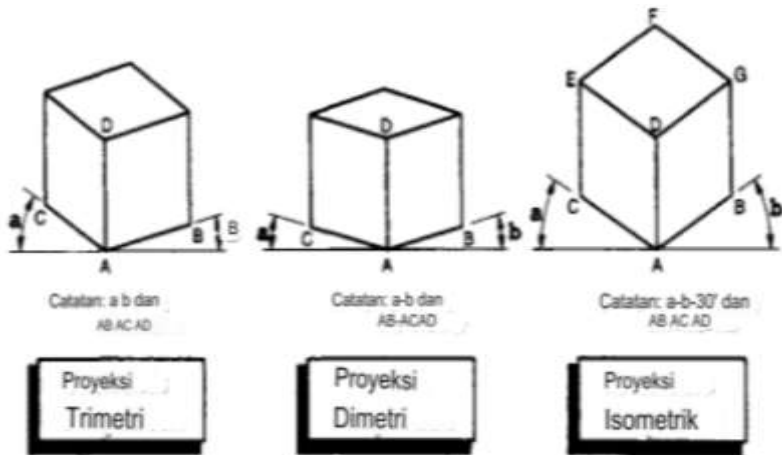
3.4.2 Proyeksi Aksonometri

Proyeksi aksonometri hampir sama dengan proyeksi perspektif, hanya saja proyektornya sejajar. Artinya tidak ada titik hilang. Dalam proyeksi aksonometri, objek dapat ditempatkan pada orientasi apa pun terhadap pengamat.



Gambar 3.4. Proyeksi Aksonometri
Sumber : (Griffiths, 2003)

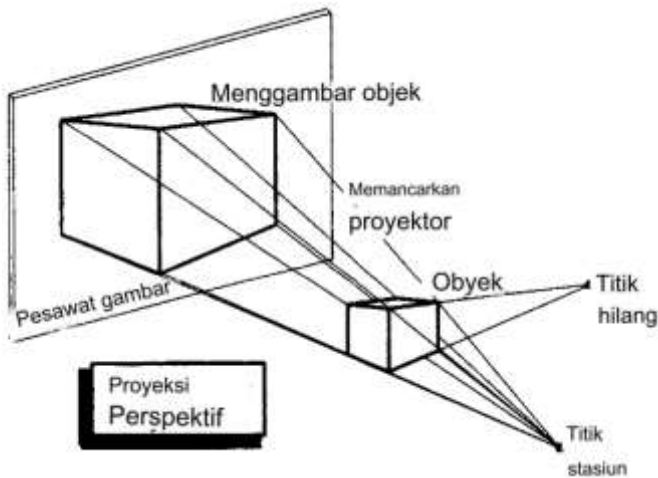
Untuk memudahkan, proyeksi aksonometri dapat dibagi menjadi tiga kelas tergantung pada orientasi objeknya. Ini adalah proyeksi trimetrik, dimetrik dan isometrik.



Gambar 3.5. Tiga jenis proyeksi aksonometri
Sumber : (Griffiths, 2003)

3.4.3 Gambar Perspektif

Dalam bidang arsitektur, penggunaan gambar perspektif lebih banyak digunakan, gambar yang serupa dengan gambar benda yang dilihat dengan mata biasa. Sulitnya penggambaran dan rumit dari pada cara gambar yang lain namun menjadi terbaik sebagai pandangan tunggal. Gambar ini jarang digunakan di teknik mesin, karena penggambaran dengan bagian-bagian yang rumit dan kecil tidak menguntungkan.

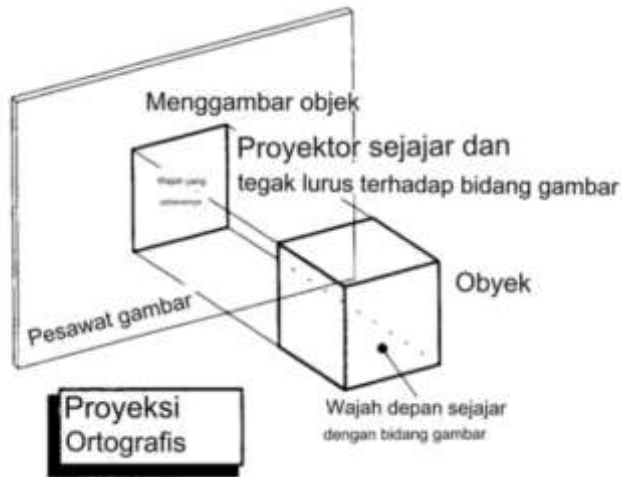


Gambar 3.6. Proyeksi perspektif
Sumber : (Griffiths, 2003)

Ada tiga macam gambar perspektif, seperti perspektif satu titik (perspektif sejajar), perspektif dua titik (perspektif sudut), dan perspektif tiga titik (perspektif miring).

3.4.4 Proyeksi Ortogonal

Dalam proyeksi ortogan hanya menampilkan gambar benda secara dua dimensi dengan beberapa pandangan. Garis proyeksi sejajar satu sama lain dan tegak lurus terhadap bidang proyeksi.



Gambar 3.7. Proyeksi ortografis

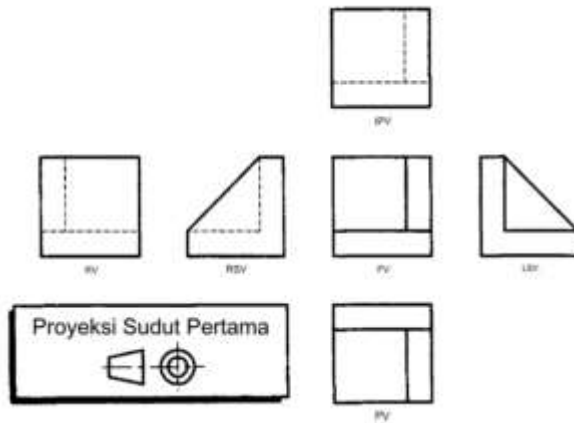
Sumber : (Griffiths, 2003)

Dalam gambar teknik mesin, yang umumnya digunakan adalah proyeksi ortogonal (proyeksi tiga sudut). Proyeksi ini memungkinkan insinyur atau perancang untuk menggambarkan objek atau komponen dalam tiga pandangan yang saling tegak lurus: pandangan atas (*top view*), pandangan depan (*front view*), dan pandangan samping (*side view*).

Dengan menggunakan proyeksi ortogonal ini, semua dimensi objek dapat diukur dengan akurat dan posisi relatif komponen dapat dengan jelas dilihat.

1. Proyeksi Sistem eropa (*First Angle Projection*)

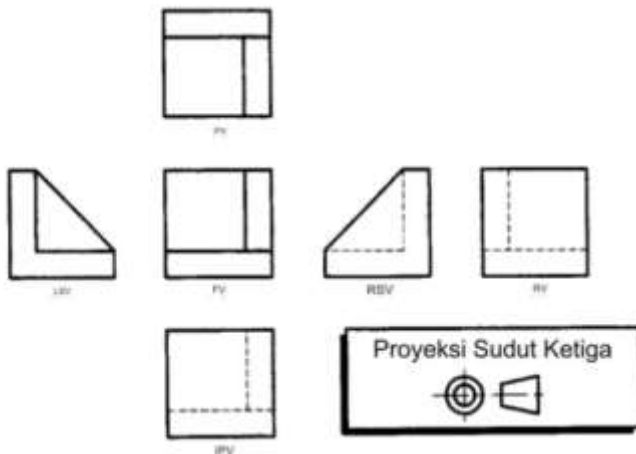
Jika benda yang digambar diletakkan pada kuadran I dan diproyeksikan pada bidanganya disebut cara proyeksi Eropa.



Gambar 3.8. Proyeksi sudut pertama sebuah braket
Sumber : (Griffiths, 2003)

2. Proyeksi Sistem Amerika (*Third Angle Projection*)

Jika benda yang digambar diletakkan pada kuadran III dan diproyeksikan pada bidanganya disebut cara proyeksi Amerika.

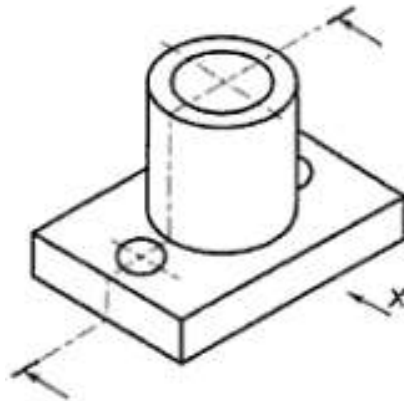


Gambar 3.9. Proyeksi sudut ketiga sebuah braket
Sumber : (Griffiths, 2003)

3.5 Gambar Potongan dan Arsiran

3.5.1 Gambar Potongan

Bagian-bagian mesin memiliki detail eksternal dan internal. Bagian dalam tidak terlihat pada tampilan eksterior dan harus digambar dengan garis putus-putus pendek yang tersembunyi. Jika terdapat banyak detail tersembunyi yang diwakili oleh garis tersembunyi, deskripsinya menjadi membingungkan. Untuk menghindari kebingungan ini, obyek diasumsikan telah dipotong dan pandangan bagian digambar sehingga fitur internal dapat ditunjukkan dengan garis luar.

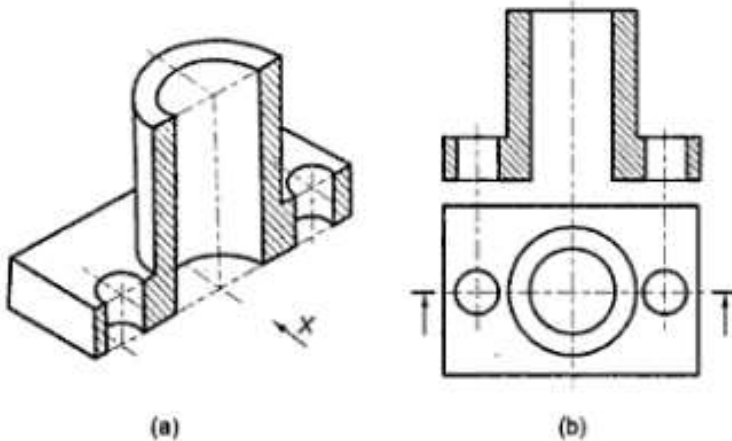


Gambar 3.10. Gambar potongan

Sumber : (Shah & Rana, 2009)

Untuk menggambar tampilan bagian suatu objek, diasumsikan telah dipotong oleh bidang potong, biasanya sejajar dengan bidang proyeksi dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga fitur internal yang penting terlihat. Pengamat melihat permukaan potongan serta detail benda di baliknya. Bantalan yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 mempunyai tiga lubang, yang tidak terlihat oleh pengamat yang melihat ke arah X untuk tampak depan. Jika diasumsikan bagian tengahnya dipotong oleh bidang

potong yang sejajar dengan VP, maka lubang tersebut akan terlihat jika bagian benda antara pengamat dan bidang potong dihilangkan, seperti terlihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.11. Gambar potongan
Sumber : (Shah & Rana, 2009)

3.5.2 Jenis Penyajian Gambar Potongan

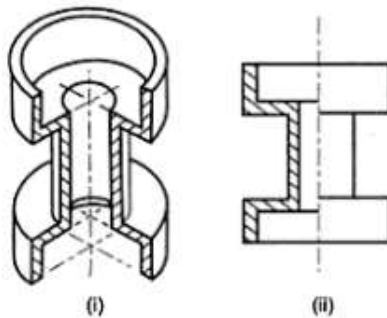
Jenis tampilan gambar potongan, sebagai berikut:

1. Gambar potongan bagian penuh

Jika bidang potong dibayangkan melewati seluruh benda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8(a), tampilan potongan yang dihasilkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 (b), dikenal sebagai tampilan potongan penuh.

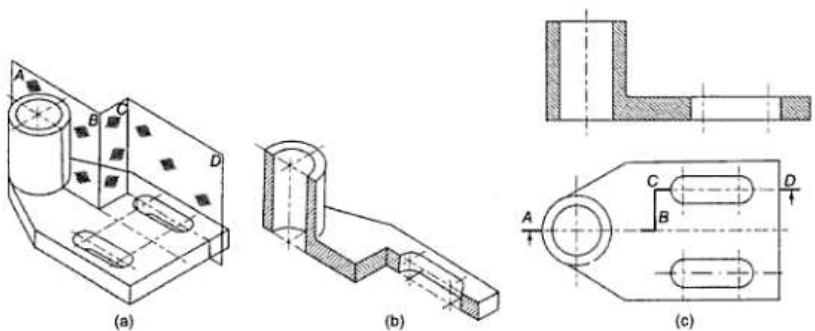
2. Gambar potongan setengah bagian

Bidang potong melewati setengah dari objek benda. Sehingga akan nampak sebagian dari gambar. Garis tengah memisahkan tampilan bagian dan tampilan luar ditampilkan menggunakan garis rantai tipis, karena ini mewakili simetri lipat benda tersebut.



Gambar 3.12. Tampilan Setengah Bagian
Sumber : (Shah & Rana, 2009)

3. Gambar potongan bagian offset
Bila bidang potong yang sejajar dengan bidang proyeksi tidak memperlihatkan detail bagian dalam yang penting, bidang potong tersebut diimbangi untuk memperlihatkan fitur yang tidak berada pada bidang lurus
Kontinu. Garis besar digambar untuk permukaan melintang yang dibentuk oleh bagian BC dari bidang potong. Bidang pemotongan perlu diperlihatkan pada tampilan yang bersebelahan seperti yang ditunjukkan pada tampilan atas sebagai ABCD.

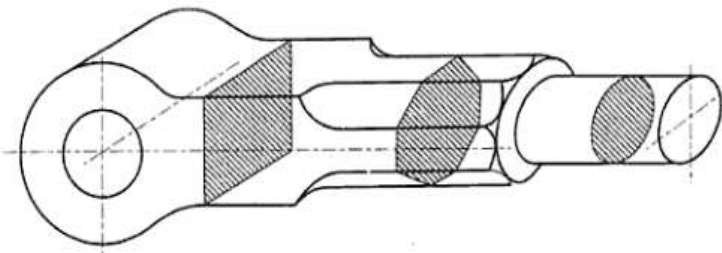


Gambar 3.13. Gambar potongan bagian offset
Sumber : (Shah & Rana, 2009)

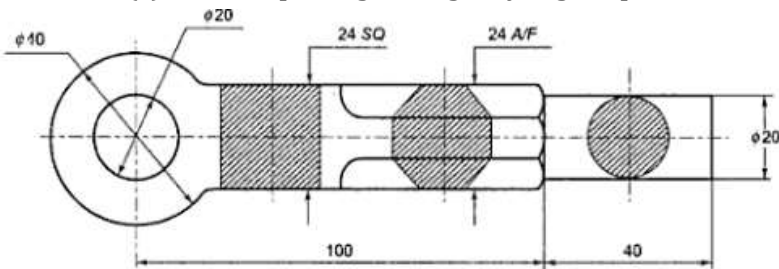
4. Gambar potongan bagian yang berputar

Dalam kasus benda panjang, jika bentuk penampang sering berubah, bagian berputar digunakan untuk menyimpan pandangan bagian utama. Dalam kasus benda panjang, jika bentuk penampang sering berubah, bagian berputar digunakan untuk menyimpan pandangan bagian utama.

Sebuah bidang potong yang tegak lurus terhadap sumbu benda diasumsikan melewati benda tersebut dan diperoleh potongan yang menunjukkan penampang (Gambar 3.11 (a)). Bagian ini ditumpangkan pada tampilan memanjang objek dengan membayangkan seolah-olah bidang bagian tersebut diputar 90 derajat (Gambar 3.11 (b)). Bagian seperti ini dikenal sebagai bagian berputar.



(a) Gambar potongan bagian yang berputar



(b) Gambar potongan bagian yang berputar

Gambar 3.14. (a) Gambar potongan bagian yang berputar (b)

Gambar potongan bagian yang berputar

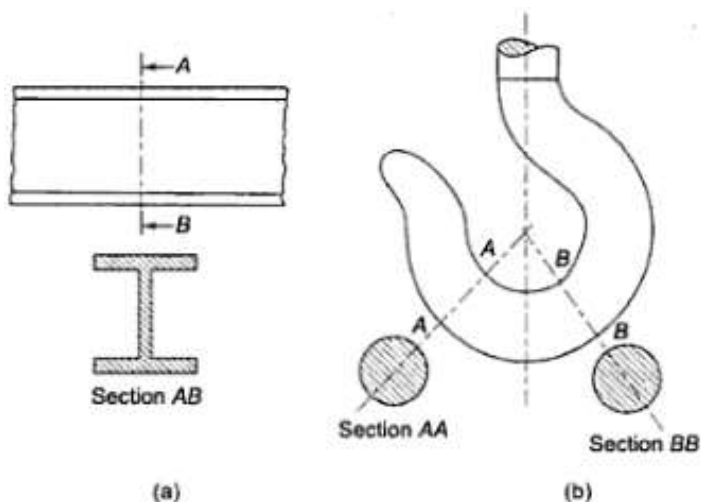
Sumber : (Shah & Rana, 2009)

5. Gambar potongan bagian yang dihapus

Gambar potongan ini mirip dengan gambar potongan bagian yang dihapus.

Pada perpanjangan garis bidang potong dimanapun tergantung pada ruang yang tersedia.

Pada bagian yang dihilangkan, detail di luar bidang pemotongan tidak digambar. Jika bagian tersebut tidak simetris, sebaiknya juga digambar tanda panah yang menunjukkan arah pengamatan, beserta garis bidang potongnya. Jika simetris, tidak perlu menggambar mata panah.



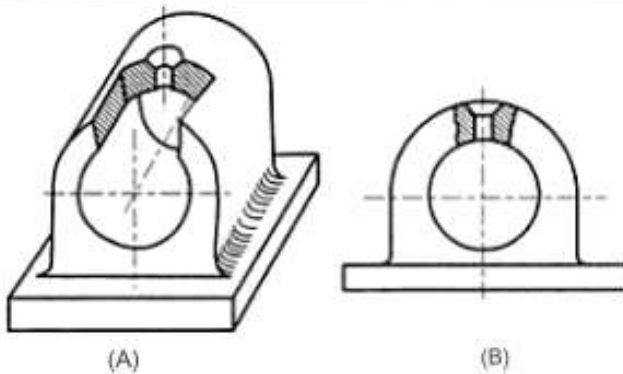
Gambar 3.15. Bagian yang Dihapus

Sumber : (Shah & Rana, 2009)

6. Gambar potongan bagian sebagian

Bagian detail kecil suatu objek yang diperlihatkan keseluruhan pemotongan objek akan menghasilkan gambar garis bagian di area secara detail. Ketika detail kecil dari suatu objek akan diperlihatkan, pemotongan keseluruhan objek akan menghasilkan gambar garis bagian di area yang luas untuk

menampilkan detail internal yang kecil, dan terkadang bahkan detail eksternal yang berguna pun hilang. Dalam keadaan seperti itu, bidang potong diasumsikan hanya memotong sebagian kecil di dekat detail benda yang bersangkutan dan sebagian kecil benda antara pengamat dan bidang potong diasumsikan telah dihilangkan dengan cara melepaskan diri.



Gambar 3.16. Bagian Sebagian atau Rusak
Sumber : (Shah & Rana, 2009)

3.5.3 Arsiran

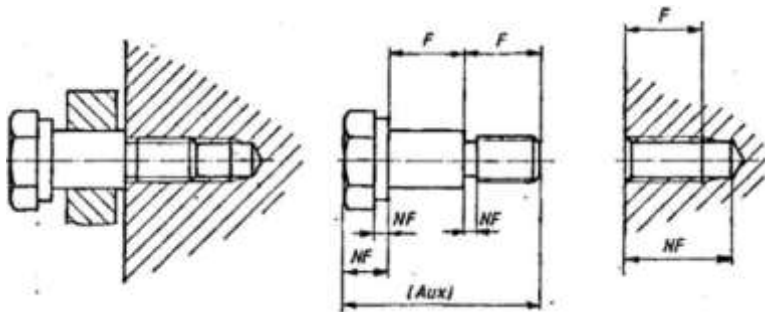
Arsiran digunakan untuk memperlihatkan area bagian. Arsiran digambar dengan garis kemiringan 45° terhadap garis sumbu atau garis benda.



Gambar 3.17. Jenis Arsiran
Sumber : (M & Juhana, 2000)

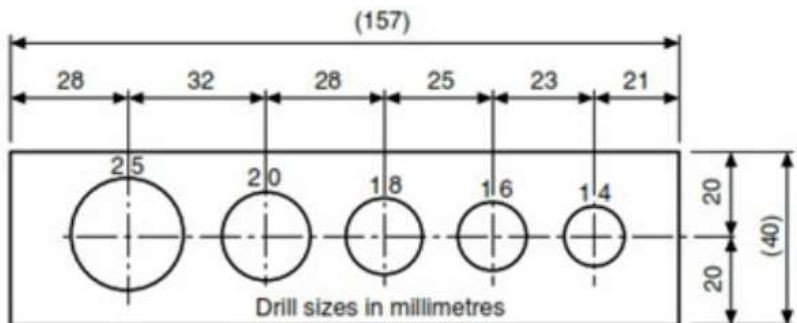
3.6 Penunjukan Ukuran

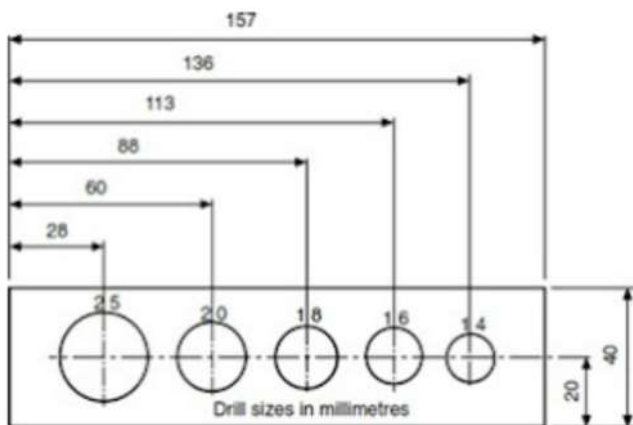
Bagian tertentu yang digambar perlu diperjelas dan mudah dimengerti, ukuran yang dibuat harus dicantumkan semua dengan lengkap dan mudah dilihat. Ukuran yang Berfungsi "F" adalah ukuran yang mempunyai fungsi untuk pertimbangan pemasangan (perakitan). Dimensi non fungsional "NF" adalah ukuran yang tidak mempunyai fungsi dalam pemasangan (*assembly*). Dimensi tambahan "Aux" ukuran yang diberikan tanpa toleransi dan hanya sebagai informasi.



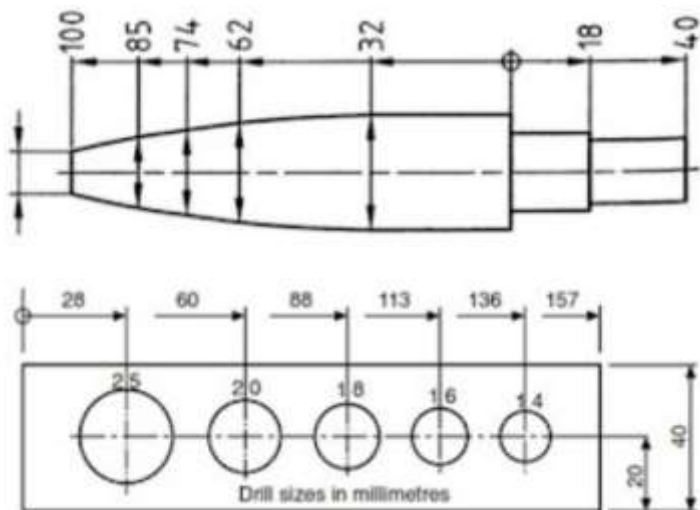
Gambar 3.18. Penunjukan Ukuran

Sumber : (M & Juhana, 2000)

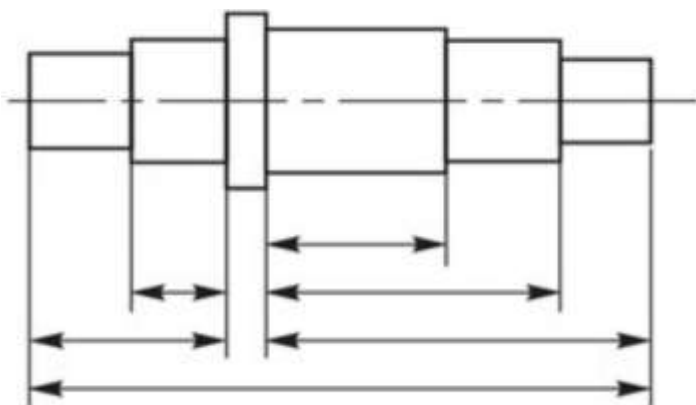




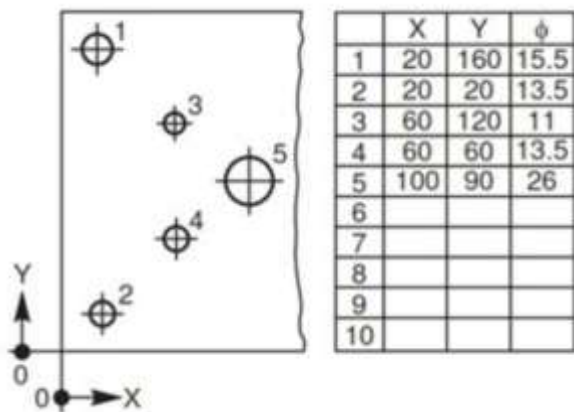
Gambar 3.19. Ukuran Parallel



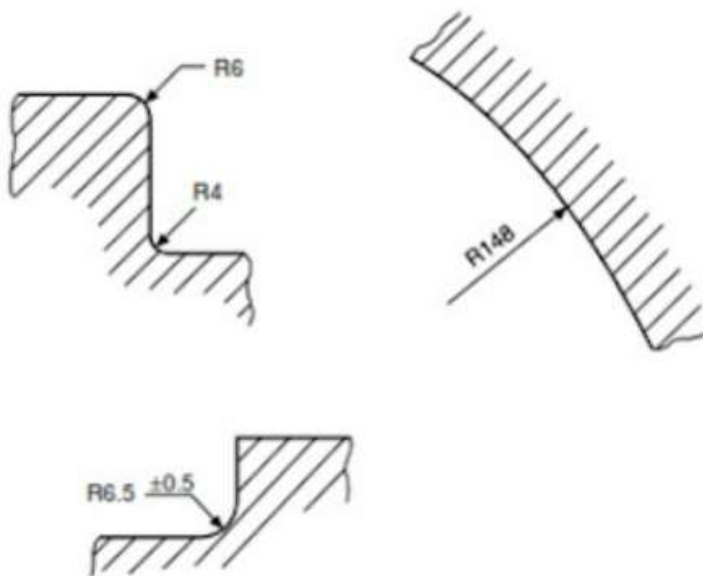
Gambar 3.20. Ukuran Bertingkat



Gambar 3.21. Ukuran Gabungan



Gambar 3.22. Ukuran Diameter



Gambar 3.23. Ukuran Radius

DAFTAR PUSTAKA

- Griffiths, B. J. 2003. *Engineering Drawing for Manufacture*. London: Kogan Page Science.
- John, K., & P. I, V. 2009. *Machine Drawing Including Auto Cad*. India: Published VIP.
- Khumaedi, M. 2015. *GAMBAR TEKNIK*. SEMARANG: Fakukltas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- M, S., & Juhana, O. 2000. *Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO*. Bandung: CV Pustaka Grafika.
- Parker. 1991. *Manual of British Standards in Engineering Drawing and Design*. Inggris: British Standards Institute in association with Stanley Thornes Ltd.
- Shah, M., & Rana, B. 2009. *Engineering Drawing 2nd Edition*. India.: Pearson.

BAB 4

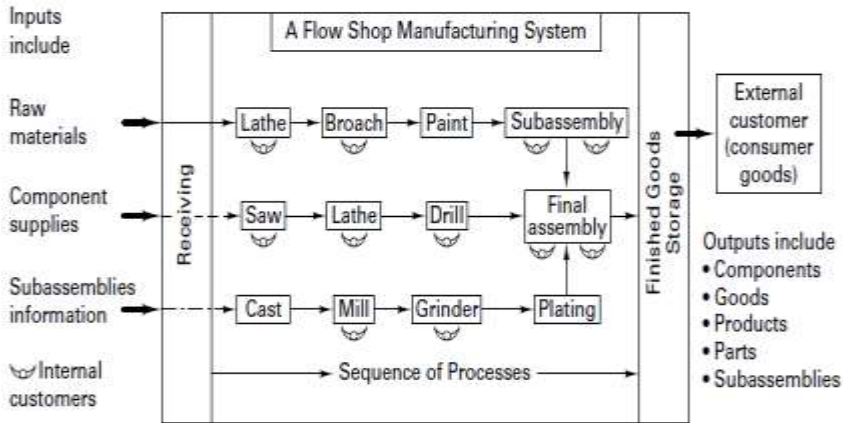
MESIN PEMOTONG DAN PEMROSES MATERIAL

Oleh Cahyo Wibowo

4.1 Pendahuluan

Untuk membuat suatu benda dari bahan baku diperlukan persiapan awal yaitu pemotongan material sesuai kebutuhan sebelum dilakukan proses selanjutnya, pemotongan dilakukan untuk memudahkan pemesinan yang disesuaikan dengan kapasitas dan kemampuan mesin atau alat yang akan digunakan pada tahapan proses selanjutnya.

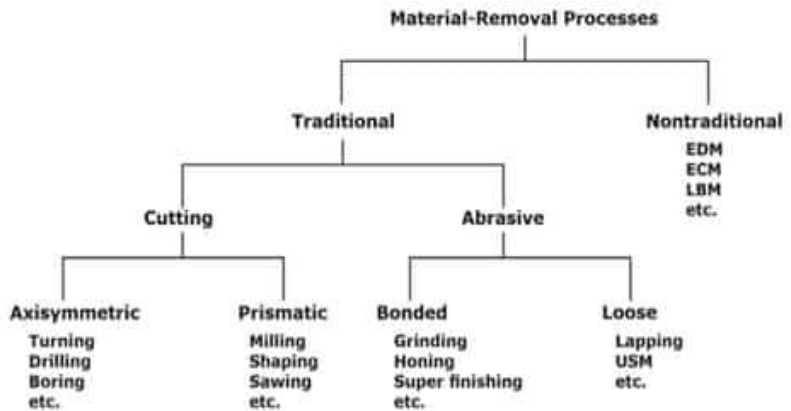
Pemotongan material adalah proses menghilangkan bahan logam dengan menerapkan gaya pemotongan dengan ujung yang tajam. Proses pemotongan logam dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik, antara lain mekanik, termal, dan kimia. Teknik ini digunakan di banyak industri manufaktur, termasuk dirgantara, otomotif, konstruksi, dan pembuatan kapal, untuk menghasilkan berbagai produk logam dan non logam.



Gambar 4.1. Berbagai urutan dalam pemrosesan material sesuai dengan jenis manufakturnya.

4.2 Pemotongan

Proses pemotongan adalah tahapan dimana material mentah atau bahan baku dengan ukuran yang tidak beraturan dan tidak sesuai selanjutnya dilakukan pemotongan sesuai dengan kebutuhan proses selanjutnya. Tujuan dari proses pemotongan adalah untuk mengurangi waktu terbuang karena material yang akan diekstraksi terlalu besar, menghemat ruang, mengurangi beban mesin, mengurangi tenaga kerja, dan mempercepat proses pengerjaan, yang tujuan utamanya adalah efisiensi proses produksi.



Gambar 4.2. Pemotongan adalah bagian dari mengurangi atau menghilangkan bagian material yang tidak diperlukan

4.3 Klasifikasi pemotongan material logam

Klasifikasi proses pemotongan logam dapat dilakukan berdasarkan jenis perkakas yang digunakan, seperti perkakas potong satu titik dan perkakas potong banyak titik, atau berdasarkan sifat operasi pemotongannya, seperti pemotongan ortogonal, pemotongan miring, dan pemotongan melengkung. Selain itu dapat juga diklasifikasikan berdasarkan sumber energi yang digunakan, seperti pemotongan mekanis, pemotongan termal, dan pemotongan listrik. Proses pemotongan logam dapat digolongkan menjadi beberapa kategori berdasarkan jenis gaya potong yang digunakan, antara lain :

4.3.1 Fero (besi)

Bahan fero atau bahan logam memiliki karakteristik tersendiri dalam hal pemotongan. Ada berbagai metode pemotongan logam, termasuk pemotongan secara mekanis, pemotongan menggunakan termal, dan pemotongan bahan kimia ataupun perpaduan antara mekanis, panas, dan kimia. Pemilihan metode tergantung pada jenis logam yang dipotong, produk akhir

yang diinginkan, dan peralatan yang tersedia. Terlepas dari metodenya, pemotongan logam membutuhkan ketelitian dan akurasi untuk memastikan bahwa produk akhir memenuhi persyaratan dimensi dan kualitas permukaan tertentu. Kemajuan berkelanjutan dalam teknologi pemotongan mendorong peningkatan produktivitas dan kualitas produk dalam operasi pemotongan logam.

1. **Pemotongan mekanis:** Kategori ini mencakup metode pemotongan tradisional yang mengandalkan alat tajam untuk menghilangkan material secara fisik, seperti pembubutan, penggilingan, pengeboran, dan penggilingan.
2. **Pemotongan termal:** Kategori ini melibatkan penggunaan panas untuk melelehkan atau membakar material, seperti pemotongan bahan bakar oksi, pemotongan plasma, dan pemotongan laser.
3. **Pemotongan kimia:** Kategori ini menggunakan reaksi kimia untuk menghilangkan logam, seperti pemesinan elektrokimia dan pemotongan jet air.
4. **Pemotongan abrasif** atau disebut dengan menggunakan gerinda potong jenis piringan atau menggunakan tekanan air dicampur dengan serbuk abrasive. Kategori ini melibatkan penggunaan partikel abrasif untuk menghilangkan logam, seperti pemotongan jet air abrasif dan pemotongan kawat abrasif.

Berikut ini jenis-jenis material logam (*ferrous*) dengan masing masing karakteristiknya.

1. Besi (*steel*), pemotongan dengan api las, gergaji sabuk, *abrasion water jet*, plasma, laser, dll.
2. *Cast iron*, pemotongan dengan gergaji sabuk, *water jet*.
3. *Stainless Steel* (pemotongan dengan gergaji sabuk, plasma, laset, *abrasion water jet*).

4.3.2 Material Non Ferrous (bukan logam)

Bahan bukan logam biasanya dapat dipotong menggunakan peralatan mekanis yang digunakan dalam segala macam alat pemotong untuk logam. Namun demikian material non ferrous tidak dapat dipotong menggunakan bahan kimia. Beberapa dapat dipotong menggunakan kombinasi thermal dan mekanis.

Berikut ini jenis-jenis material bukan logam (*non ferrous*) dengan masing masing karakteristiknya.

1. Bronze
2. Aluminium
3. Polymer dan sejenisnya
4. Plastic composite dan sejenisnya
5. Kayu
6. Keramik

4.4 Alat Pemotong

Sesuai perkembangan jenis material maka saat ini kembangkan juga alat pemotong sesuai dengan kebutuhan, hal ini dimaksudkan untuk lebih mempermudah dan meningkatkan efisiensi serta meningkat kualitas hasil proses material menjadi barang jadi yang pada akhirnya akan berdampak kepada rendahnya biaya produksi dan meningkatkan keuntungan bisnis.

Proses pengerjaan terhadap material dimaksudkan untuk memproses bahan yang telah dipotong melalui proses pengerjaan dengan mesin menjadi barang jadi yang siap untuk dirakit (*assembly*).

Jenis jenis pemrosesan antara lain:

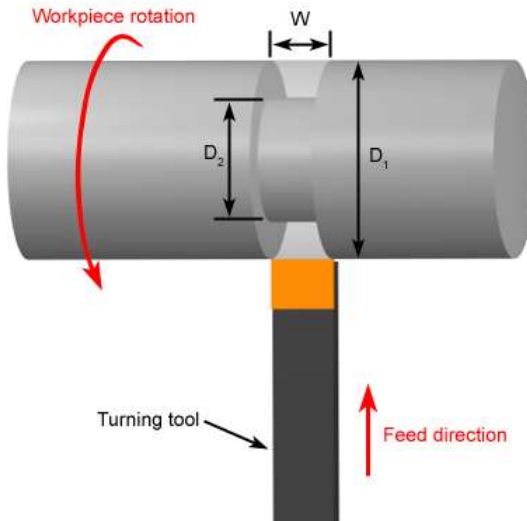
4.4.1 Alat Potong Mekanis

1. Mesin potong pelat (*metal stamping*)

Mesin ini bekerja berdasarkan mekanis, ada yang menggunakan system *hydraulik* ada pula yang menggunakan *pound* (torsi). *Metal Stamping* logam adalah proses manufaktur yang digunakan untuk mengubah lembaran

logam datar menjadi bentuk tertentu. Ini adalah proses kompleks yang dapat mencakup sejumlah teknik pembentukan logam — *blanking*, *punching*, *bending*, dan *piercing*, dan masih banyak lagi.

2. Mesin Bubut, material dicekam pada spindel yang berputar dan pisau atau pahat bergerak memotong, mesin bubut juga berfungsi untuk memotong benda kerja yang mayoritas berbentuk silinder maupun pejal, mesin bubut memotong material lebih banyak yang terbuang karena dimensi pahat bubut yang memiliki keterbatasan ukuran, biasanya maksimal 3 mm.



Gambar 4.3. Pemotongan logam menggunakan mesin bubut

3. Mesin Frais (*milling*), mesin *milling* memotong benda atau mengurangi material hingga menjadi barang jadi.
4. Mesin Sekrap (*shaper*), mesin sekrap memotong material dengan gerak lurus translasi, namun siring dengan

perekembangan teknologi mesin *milling* keberadaan penggunaan mesin sekrup mulai berkurang.

5. Mesin gerinda (*grinding*) atau disebut dengan *cut off machine*, mesin gerinda memotong material dengan cara gesekan atau *abrasive*, kecepatan putar mesin gerenda menentukan kecepatan pemotongan dan kualitas hasil pemotongan. Mesin gerenda potong banyak digunakan untuk memotong besi as, besi pipa, besi profil dll.



Gambar 4.4. Mesin potong besi (*cut off machine*)

6. Mesin Bor (*drilling*), mesin bor memotong material dengan bentuk lobang hingga menjadi barang siap pakai
7. Mesin potong Circular
Circular saw atau mesin gergaji berbentuk piringan digunakan untuk memotong logam dengan kapasitas ukuran terbatas sesuai dengan radius dari mata potong.



Gambar 4.5. Mesin potong besi circular
(Sumber : <https://www.antsmachine.com>)

Tabel 4.1. Spesifikasi mesin potong circular

SPECIFICATIONS	Units	CS-225
Max. blade size	mm(")	225(8.9)
90°Circular	mm(")	60 (2.36)
90°Rectangular	mm(")	50*50(2*2)
45°Circular	mm(")	52 (2.05)
45°Rectangular	mm(")	50*50 (2*2)
Blade speed	rpm	46
Max Vice opening	mm(")	70 (2.8)
Main motor	kw	0.75/1.3

SPECIFICATIONS	Units	CS-225
power		
Drive	–	Gear
Machine weight	kg	63/75
Overall dimension	mm	640*390*720



Gambar 4.6. Contoh jenis mata potong dan mesin gergaji circular untuk memotong aluminium
(Sumber : Milwaukee tools)

Mesin potong pipa atau band saw dapat memotong semu jenis logam besi dan bronze, mesin ini sangat sedikit menghasilkan jarak pemotongan sehingga sangat efisien karena yang terbuang hanya sekitar 1 mm. Mesin jenis ini banyak digunakan untuk memotong benda pejal dan pipa dengan tingkat kekerasan yang tinggi dan ukuran yang cukup besar sesuai dengan panjang lengan.



Gambar 4.7. Material besi bulat dengan diameter 100mm sedang dipotong menggunakan *band saw* (mesin gergaji pita/sabuk)
(Sumber : <https://www.istockphoto.com/>)



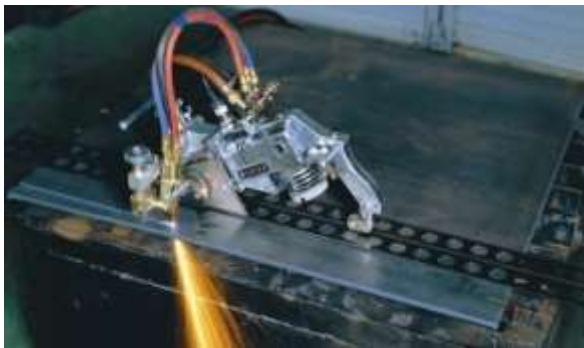
Gambar 4.8. Hasil pemotongan dengan *band saw*
(Sumber : Koleksi penulis)



Gambar 4.9. Material yang telah dipotong menggunakan *band saw*
selanjutnya dilakukan proses pembubutan
(Sumber : Koleksi penulis)

4.4.2 Alat potong thermal

Alat potong *thermal* adalah alat yang digunakan untuk memotong material logam dengan menggunakan api sehingga menghasilkan panas (*thermal*), mesin ini secara prinsip dasar sama dengan blander potong manual yang menggunakan bahan bakar LPG, *asetelin* dengan *oxygen* sehingga menghasilkan api pembakaran untuk pemotongan. Kemudian alat potongnya digerekkkan dengan menggunakan mesin sehingga menghasilkan ukuran hasil potong yang presisi, cepat, dan efisien.



Gambar 4.10. Portable Multi-Purpose Oxy Fuel Cutting Machine

Tabel 4.2. Spesifikasi *blander beaver*, mesin potong api

Cutting Thickness	5-30mm
Cutting Speed	50-1000mm/min
Direction	Forward only
Bevel cut angle	0 to 45°
Weight	9.0kg
machine size	450(L)*250(W)*235(H)mm
Cutting tip Type	102(ACE) or 106(LPG)

Selain pemotongan dengan kombinasi bahan bakar dan *oxygen* ada juga menggunakan plasma. Pemotongan menggunakan *plasma cutter* saat ini menjadi pilihan yang terbaik, memiliki keuntungan waktu pengerjaan lebih cepat dan hasil pemotongan mendekati dengan dimensi yang diperlukan sehingga memungkinkan untuk pekerjaan *finishing* sangat minim. Pemotogan menggunakan *plasma cutter* juga menguntungkan untuk jumlah pekerjaan yang sedikit atau dalam satu lembar material terdiri dari berbagai macam ukuran dan bentuk sehingga sangat efisien. Kekurangan dari pemotongan dengan *plasma cutter* adalah benda kerja harus sama tebal sehingga hanya dapat membuat bentuk benda dengan ketebalan yang sama namun dapat membuat berbagai bentuk sesuai ukuran gambar. *Plasma cutter* juga dapat memotong material *non fero* seperti aluminium dll. Dalam satu mesin *plama cutter* mata potong dapat dimodifikasi atau diganti dengan mata *router* yang dapat memotong material bukan loga, seperti kayu, plastic atau bahan polymer.

Tabel 4.3. Spesifikasi CNG *Plasma Cutter*

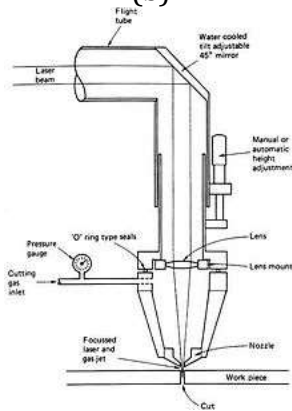
Spesifikasi CNC <i>Plasma cutter</i>	
HYPERTHERM HPR 130 (AMERICA)	
1	<i>Virtually dross-free production cutting capacity (mild steel) : 16 mm</i> <i>Maximum piercing capacity (mild steel) : 25 mm</i> <i>Maximum cutting capacity - edge start (mild steel) : 38 mm</i>
2	<i>Plasma gases : o2, n2, f5, h35, air</i> <i>Swirl gases : n2, o2, air</i> <i>Gas pressure: 8,3 bar manuel gas console 8 bar automatic gas console</i>



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.11. Mesin potong CNC , (a) unit mesin, (b) *head cutter*, (c) detail *head cutter* laser dengan *laser beam*.

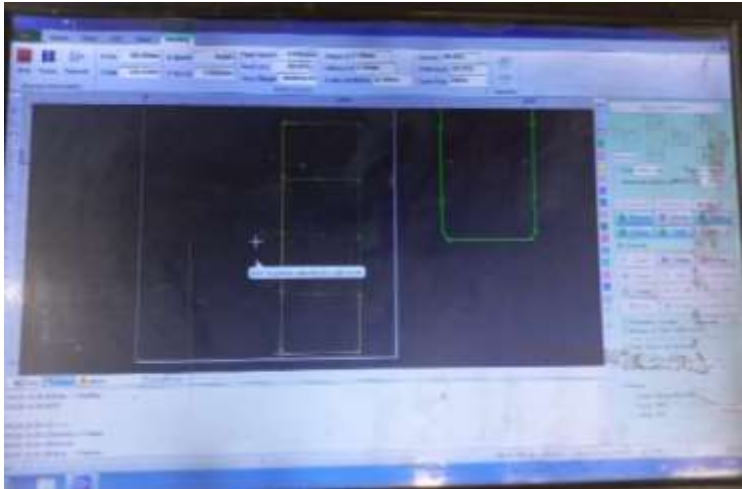
Untuk melihat konsumsi listrik dari mesin laser, berikut ini adalah *table* konsumsi listrik berdasarkan ketebalan material.

Tabel 4.4. Konsumsi listrik pada laser *cutting* dengan CO₂

Amount of heat input required for various materials at various thicknesses using a CO₂ laser [watts]^[20]

Material	Material thickness				
	0.51 mm	1.0 mm	2.0 mm	3.2 mm	6.4 mm
Stainless steel	1000	1000	1000	1500	2500
Aluminium	1000	1000	1000	3800	10000
Mild steel	–	400	–	500	–
Titanium	250	210	210	–	–
Plywood	–	–	–	–	650
Boron/epoxy	–	–	–	3000	–

Berikut ini adalah tahapan proses pemotongan menggunakan CNC *plasma cutting* dalam pembuatan panel listrik:



Gambar 4.12. Tahap pertama membuat program pola pemotong dari komputer



Gambar 4.13. Tahap kedua melatakan material di atas meja potong dan menentukan titik nol.



Gambar 4.14. Hasil pemotongan menggunakan mesin CNG *plasma cutter*



Gambar 4.15. Pelat yang sudah dipotong kemudian dilakukan proses bending (tekuk)



Gambar 4.16. Proses pembentukan panel melalui proses pengelasan

Di bawah ini adalah contoh hasil pemotongan dengan material 8 mm untuk *spare part* mesin.



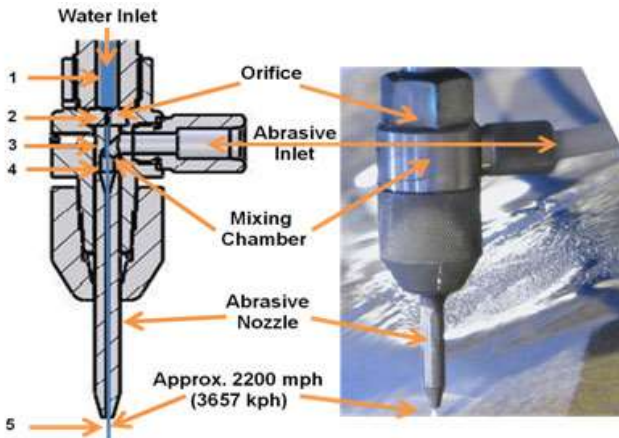
Gambar 4.17. Hasil pemotongan menggunakan *CNC laser Cctting*
(Sumber : <https://www.acmefiberlaser.com>)



Gambar 4.18. *CNC plasma cutter* untuk memotong material dalam bentuk profil dan pipa dalam berbagai bentuk
(Sumber : <https://www.mueller-opladen.de>)

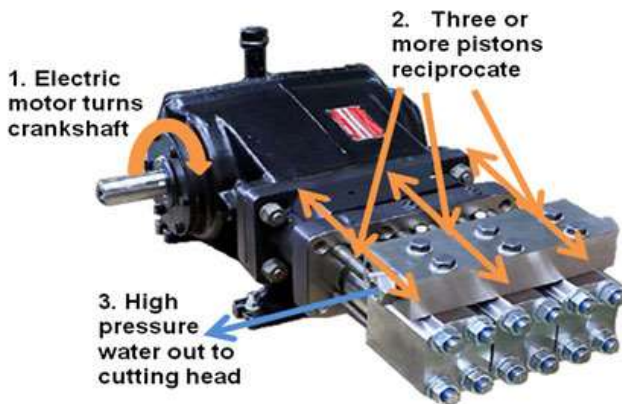
4.4.3 Alat potong abrasif

Nosel pemotongan *waterjet* yang abrasif menggunakan konfigurasi ruang pencampuran dan tabung yang memungkinkan bahan abrasif tercampur secara hati-hati dengan air bertekanan tinggi sehingga pemotongan dapat dilakukan secara efisien. *Nosel waterjet* juga dirancang tanpa ruang dan tabung pencampuran abrasif sehingga nosel itu sendiri menembakkan air bertekanan tinggi yang akan digunakan untuk memotong bahan yang jauh lebih lembut, dibandingkan dengan larutan abrasif.



Gambar 4.19. Prinsip kerja mesin pemotong dengan sistem semprotan air tekanan tinggi.

(Sumber :<https://my.wardjet.com/waterjet/university/nozzle-orifice>)



Gambar 4.20. Jenis pompa yang digunakan pada mesin *water jet* *abration*.

(Sumber : <https://www.techniwaterjet.com>)

4.4.4 Alat potong kombinasi mekanis-thermal-kimia

Teori kecepatan pemotongan :

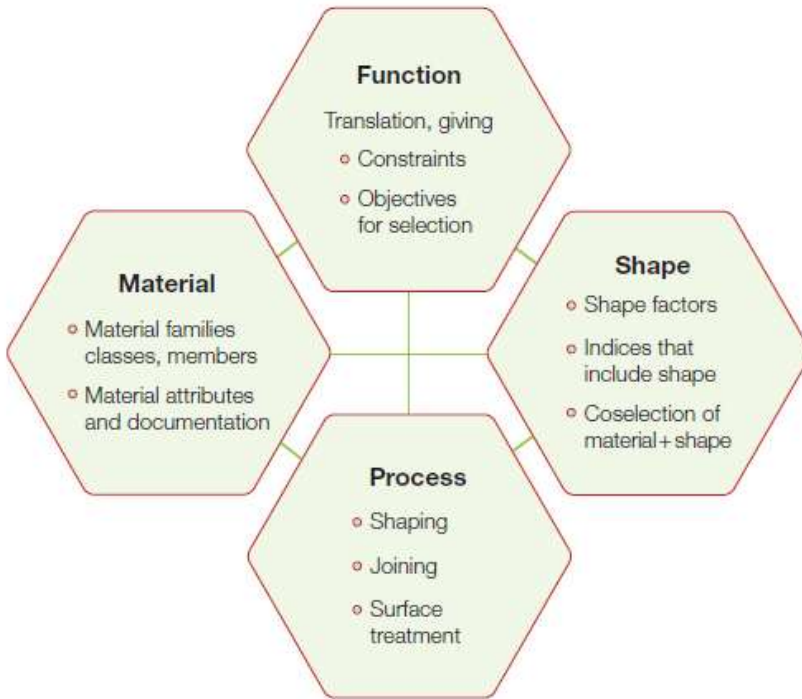
Pemrosesan material

Proses adalah metode untuk membuat bahan baku menjadi bahan jadi dengan cara membentuk, menggabungkan, atau menyelesaikan suatu bahan. Teknik pemrosesan dengan berbagai cara seperti pengecoran pasir, cetakan injeksi, pengelasan fusi, dan pemrosesan elektro adalah semua proses; ada ratusan teknik dalam pemrosesan. Dalam melakukan pemrosesan diperlukan pemilihan yang tepat yang disesuaikan dengan komponen tertentu, bergantung pada bahannya yang akan dibuat; pada ukuran, bentuk, dan ketelitian yang dibutuhkan; dan pada berapa banyak yang harus dibuat sesuai dengan persyaratan desain yang telah ditentukan.

Untuk memilih proses, pertama-tama kita harus mengklasifikasikan kemungkinan proses dan atribut yang dimiliki oleh bahan tersebut: bahan yang bisa mereka tangani, bentuknya yang dapat mereka buat, dan ketepatan yang dapat mereka lakukan.

Pemrosesan memiliki fungsi ganda yaitu membentuk, dan menyelesaikan (*finishing*). Logam diperkuat dengan menggulung dan menempa; baja diberi perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan dan ketangguhan; polimer ditarik untuk meningkatkan modulus dan kekuatan; dan keramik dipres panas, sekali lagi untuk meningkatkan kekuatan.

Pemilihan proses harus menemukan kecocokan terbaik antara atribut proses dan desain persyaratan. Dalam menggunakan metode dikembangkan di sana, orang tidak boleh melupakan bahan, bentuk, dan pemrosesan itu berinteraksi dengan sifat material dan bentuk membatasi pilihan.



Gambar 4.21. Seleksi proses tergantung pada material dan bentuk. Attribute material digunakan untuk menentukan kriteria dalam melakukan seleksi proses
(Sumber: Michael F. Ashby)

Seperti penjelasan pada sub bab sebelumnya bahwa pemrosesan material dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain

1. Fungsi
2. Material
3. Bentuk

Ketiga hal diatas saling berpengaruh dalam menentukan pemrosesan material, berikut ini adalah berbagai macam teknik pemrosesan material.

Machining

Proses *machining* adalah proses pembentukan material yang telah dipotong menggunakan mesin sesuai dengan kebutuhan dalam pembentukan material.

Proses menggunakan mesin tersebut antara lain :

1. Bubut
2. Bor
3. *Miling*
4. *Sekrap*
5. *Welding*
6. *Press / pond*, dll

Hot roll

Hot rolled steel (baja canai panas) atau baja hitam adalah plat atau produk baja yang dihasilkan dari proses *hot rolling*. Sebagian dapat baja yang sudah diolah dapat langsung digunakan, namun sebagian lagi masih menjadi produk antara—biasanya *hot rolled coil* (gulungan)—yang memerlukan proses lanjutan. Baja canai panas cenderung lebih berat dan bertekstur kasar serta berpori—sebagai dampak proses pengerolan pada suhu tinggi. Meskipun kuat dan tahan lama, baja canai panas cenderung lebih rentan terhadap korosi.

Mengingat karakteristiknya, baja canai panas yang langsung digunakan cenderung lebih tepat diaplikasikan pada proyek yang tidak menuntut presisi tinggi. Beberapa produk tersebut adalah baja tulangan, baja beton, baja profil (*Canal-C*, *I-Beam*, *H-Beam*, dan *U-Beam*) untuk konstruksi bangunan, jalan, dan jembatan; baja untuk rel kereta api; dan plat untuk industri kapal dan otomotif.



Gambar 4.22. Produk besi hot rolled

Cold Roll

Cold rolled steel (baja canai dingin) atau baja putih adalah hasil dari proses *cold rolling*— termasuk di dalamnya adalah hasil proses lanjutan hot rolled coil dengan kualitas lebih tinggi. Produk berwujud gulungan baja lembaran dingin (*cold rolled coil*) dengan kisaran tebal 0,2 mm s/d 2 mm ini merupakan produk antara (*intermediate*). Untuk mendapatkan produk aplikatif, baja canai dingin dilewatkan proses pembentukan lanjutan (*cold rolled forming*).

Ada beragam teknologi pembentukan, seperti *pressing*, *drawing*, *stretching*, *bending*, *welding*, dan lainnya. Produk yang dihasilkan dapat berupa elemen otomotif, pipa dan tabung, lembaran galvanis, peralatan listrik, peralatan rumah tangga, dan sebagainya. Baja canai dingin cenderung memiliki bentuk seragam, permukaan lebih halus, lebih presisi, juga relatif lebih keras dan kuat. Oleh karenanya, produk ini sangat sesuai untuk proyek yang menuntut ketepatan tinggi akan dimensi. Serta karakteristik permukaan yang ideal/estetis—kelurusan, kehalusan, dan lainnya.

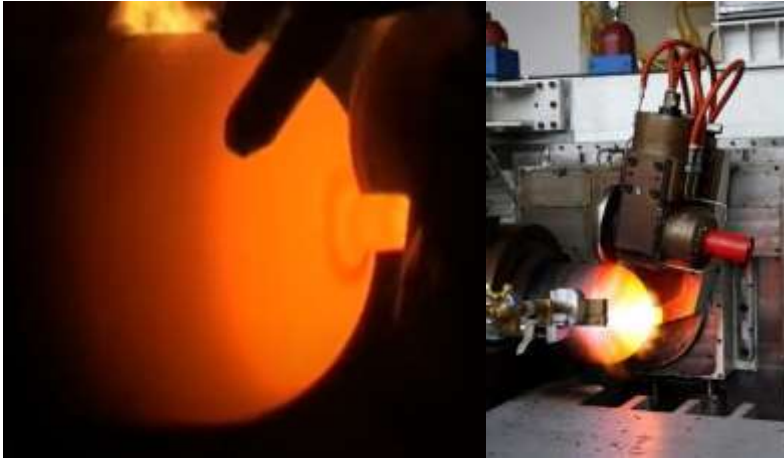
Spinning Proses

Proses spinning atau proses "Pemintalan panas" melibatkan pemintalan sepotong logam pada mesin bubut yang logam yang berputar didorong menggunakan *roller* untuk mendapatkan bentuk sesuai dengan *design*. Benda tersebut kemudian dibentuk seperti alat pada mesin bubut yang menekan permukaan logam sehingga memaksanya terdistorsi saat berputar.



Gambar 4.23. Proses *spinning* alat rumah tangga berbahan *stainless steel*

Proses *Hot Spinning* "Pemintalan panas" melibatkan pemintalan sepotong logam pada mesin bubut sementara panas tinggi dari obor diterapkan ke benda kerja. Setelah dipanaskan, logam tersebut kemudian dibentuk seperti alat pada mesin bubut yang menekan permukaan yang dipanaskan sehingga memaksanya terdistorsi saat berputar.



Gambar 4.24. Proses pemintalan panas (*hot spinning*) dalam pembuatan tabung gas CNG type 1 dengan material besi.
(Sumber : <https://www.repkon.com.tr/>)



Gambar 4.25. Proses *hot spinning* dalam proses pembuatan proyektil peluru meriam.

Fundamentals Of Metal Forming

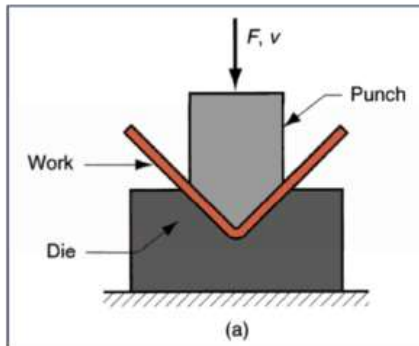
Metal forming proses pada dasarnya adalah teknik pembentukan suatu benda dengan bahan dasar pelat. Benda yang akan dibuat sedemikian rupa disiapkan melalui proses pembentukan dari lembaran pelat, kemudian dilakukan pemotongan menggunakan mesin potong pelat sesuai dengan kondisi material, selanjutnya dilakukan pembentukan dengan mesin tekuk (*bending*), kemudia dihasilkanlah bentuk dasar dari

benda yang akan dibuat selanjutnya dirangkai menjadi sebuah bentuk bahan jadi.



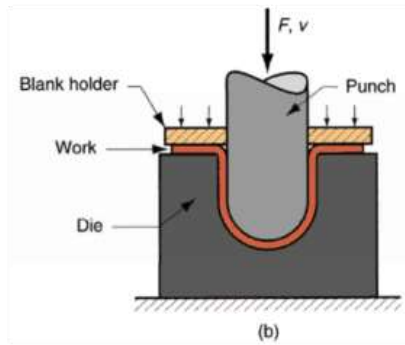
Gambar 4.26. Proses *bending*

1



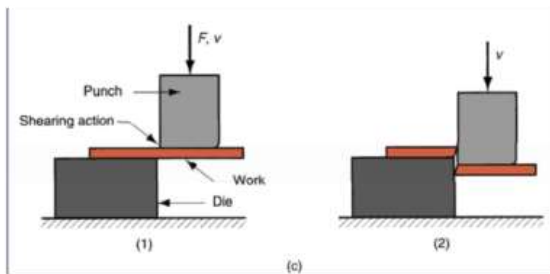
Bending

2



Drawing

3

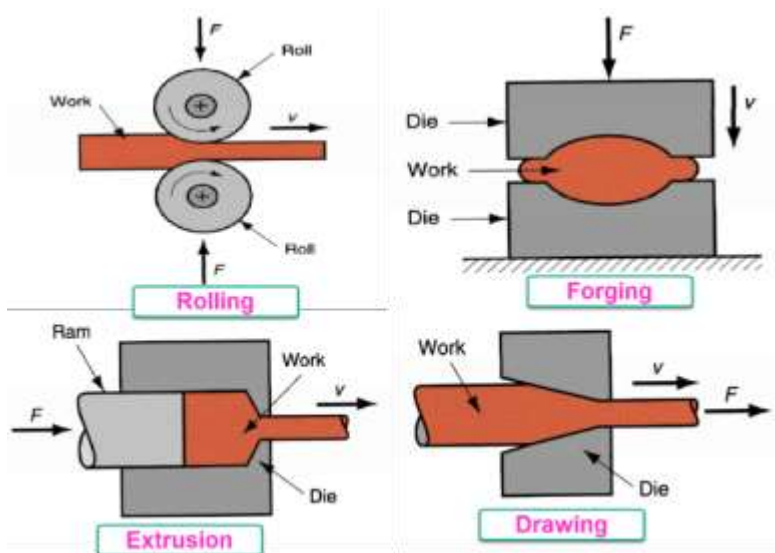


Shearing

Gambar 4.27. Proses *bending, drawing/press, cutting*
 (Sumber : <https://learnmech.com/metal-forming>)

Bulk-Forming Processes

Proses pembentukan massal seperti penempaan (*forging*), ekstrusi (*extrusion*), dan penggulungan (*rolling*) adalah proses utama manufaktur industri modern. Khususnya untuk komponen struktural dan aplikasi yang kritis terhadap keselamatan, komponen pembentuk sangat penting karena sifat mekaniknya yang dapat diandalkan.



Gambar 4.28. Bulk forming process

<https://learnmech.com/>

1. Proses Pengerolan :

Ini adalah proses deformasi tekan di mana ketebalan pelat atau pelat dikurangi dengan dua alat silinder berlawanan yang disebut gulungan. Gulungan berputar untuk menarik pekerjaan ke dalam celah di antara mereka dan menekannya.

2. Penempaan:

Dalam penempaan, benda kerja ditekan di antara dua cetakan yang berlawanan, sehingga bentuk cetakan tersebut diberikan pada benda kerja. Penempaan secara tradisional merupakan proses pengerjaan panas, namun banyak jenis penempaan dilakukan dalam keadaan dingin.

3. Ekstrusi tekan dan tarik :

Ini adalah proses kompresi di mana logam kerja dipaksa mengalir melalui lobang cetakan, sehingga mengambil bentuk dari lobang cetakan sebagai penampang melintangnya.

4. Proses *drawing* (pengecilan penampang secara paksa)

Dalam proses pembentukan ini, diameter kawat atau batang bundar diperkecil dengan cara menariknya melalui lubang cetakan

Metal Sheet-Forming Processes

Berikut adalah contoh proses dalam pembuatan *sprocket* (rodagigi rantai untuk kendaraan bermotor roda 2).



Gambar 4.29. Tahap 1-Pemotogan lembaran plat menjadi bentuk lingkaran dan pembentukan jari jari ,menggunakan mesin *pond*.



Gambar 4.30. Tahap-2 perarataan permukaan bahan menggunakan mesin bubut



Gambar 4.31. Hasil pelat ang telah dibubut permukaannya



Gambar 4.32. Pelat yang telah diratakan kemudian dijadikan satu sesuai dengan kapasitas mesin milling untuk dilakukan pembuatan profil roda gigi rantai



Gambar 4.33. Proses pemesinan yaitu pembuatan profile roda gigi rantai menggunakan mesin milling



Gambar 4.34. Proses pembuatan lobang poros dan lubang baut



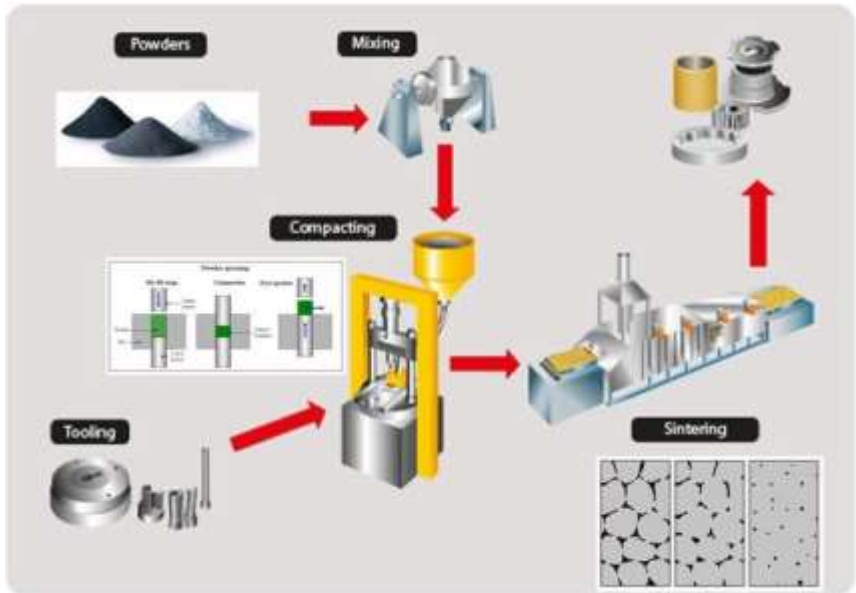
Gambar 4.35. Proses *hardening* menggunakan oven

Powder Metallurgy



Gambar 4.36. Serbuk besi
(Sumber : <https://en.wikipedia.org/>)

Proses *powder metallurgy* atau disebut dengan metalurgi serbuk merupakan proses pembentukan benda kerja komersial dari logam dimana logam dihancurkan dahulu berupa serbuk, kemudian serbuk tersebut ditekan didalam cetakan (*mold*) dan dipanaskan di bawah temperatur leleh serbuk sehingga terbentuk benda kerja.



Gambar 4.37. Urutan proses pembentukan dengan *powder metallurgy*.

(Sumber : Aravind Tripathy Navigare Systems · Business Development Master of Technology (Mechanical Engineering Business & Service Head with M/s Navigare Systems, Mumbai)

Cold

Proses dingin biasanya digunakan dalam pelapisan seperti pengecatan, namu demikian pemanasan kadangkala juga memerlukan pemanasan pada suhu tertentu kurang dari 300oC, dengan suhu 300oC maka bahan logam tidak akan mengalami perubahan struktur.

4.5 Finishing

Penguatan struktur

1. *Hardening*
2. *Quenching*
3. *Temperring*

Poles/*polishing*

Poles dan *buffing* adalah proses *finishing* untuk menghaluskan permukaan benda kerja dengan menggunakan bahan abrasif dan roda kerja atau kulit strop. Secara teknis, pemolesan mengacu pada proses yang menggunakan bahan abrasif yang direkatkan pada roda kerja, sedangkan penggosokan menggunakan bahan abrasif lepas yang diaplikasikan pada roda kerja.

Pelapisan/*Coating*

Fungsi pelapisan adalah untuk meningkatkan penampilan sehingga memiliki nilai jual yang lebih baik. Meningkatkan usia pakai yang dipengaruhi oleh lingkungan penggunaan

1. Menghindari korosi
2. Menyesuaikan warna sesuai kebutuhan

Jenis pelapisan

Coating dapat melindungi dan mempercantik permukaan berbagai benda, meningkatkan nilainya – mulai dari rumah, produk manufaktur, hingga jembatan dan struktur lainnya.

Arti "*coating*" sendiri adalah pelapisan. Sesuai namanya, coating adalah proses pelapisan yang terdiri dari penerapan bahan pelapis ke permukaan benda tertentu atau disebut juga substrat. Benda yang akan dilapisi juga beragam.

Coating termasuk proses penting dalam menjaga keawetan suatu komponen yang berdampak langsung pada peningkatan masa manfaat dan keandalan operasional produk elektronik. Perlu

diingat bahwa saat ini, komponen yang digunakan jauh lebih kompleks daripada satu dekade yang lalu dan, pada tingkat perakitan, prosesnya juga telah berkembang. Karenanya, proses *coating* adalah langkah produksi yang semakin penting.

Proses *coating* bisa diterapkan pada berbagai permukaan mobil, sepeda motor, perahu, dll. Tidak hanya diterapkan pada lukisan karena mungkin terlihat jelas, tetapi juga berlaku untuk ban, plastik, kaca, lampu depan, kap mesin untuk mobil *convertible*, bahkan kulit. Ruang lingkup penerapannya sangat luas.

Teknologi pelapisan atau yang biasa disebut *coating* adalah suatu teknik pelapisan suatu bahan material di bagian permukaannya. Pengaplikasiannya hanya digunakan untuk melindungi benda/material dari pengaruh lingkungan, sehingga akan memperpanjang waktu pakai.

Zinc Plating

Jika diartikan dalam bahasa, *plating* dapat diartikan sebagai pembalutan atau pelapisan. Sementara, *zinc* yang dimaksud dalam metode ini, yaitu sebuah mineral berupa timah atau seng yang tahan terhadap korosi dan bersifat sebagai konduktor. Jadi, *zinc plating* merupakan proses melapisi logam dan besi menggunakan lapisan *zinc*. *Zinc plating* merupakan salah satu jenis pelapisan permukaan benda logam besi dengan *zinc* agar tidak mudah terkena korosi. Dengan melapisi komponen ini dengan *zinc*, maka akan membentuk dinding pelindung.

Zinc telah menjadi bahan pilihan pertama untuk perlindungan korosi atau karat. *Zinc* memiliki stok berlimpah dan mudah digunakan, artinya relatif murah untuk diperoleh dan diproses. Lapisan *zinc* juga memiliki ketahanan panas sampai kurang dari 400 ° F. *Zinc* juga merupakan bahan yang mudah untuk didaur ulang, yang berarti merupakan pilihan ramah lingkungan.

Cadmium Plating

Cadmium Plating juga merupakan jenis pelapis yang cocok untuk melindungi komponen ini dalam kondisi apapun. Jenis pelapis ini mirip dengan lapisan *zinc* yang melindungi besi dari korosi. Jenis pelapisan ini cocok digunakan untuk besi, baja, dan aluminium. Lapisan ini memiliki manfaat yang sangat baik, seperti pelumasan yang baik, koefisien gesekan yang rendah, karakteristik torsi yang dapat diprediksi, konduktivitas listrik yang baik, dan perlindungan dari korosi galvanik.

Hot Dipped Galvanizing

Teknik ini juga menggunakan *zinc* sebagai pelapisnya, namun berbeda dengan *electroplating*, *hot dipped galvanized stud bolt* dibuat dengan cara “mengorbankan” atau menimbulkan korosi terlebih dahulu melalui substrat baja. Perbedaan laju karat *zinc* dengan baja akan membentuk lapisan tipis *zinc* yang melindungi baja dari karat. Teknik ini adalah teknik tertua dan termasuk yang mudah dalam melakukan maintenance. Lapisan HDG relatif bebas perawatan dan memberikan perlindungan korosi yang sangat baik pada struktur baja selama 50-70 tahun.

Fluorocarbon Coating

Fluorocarbon Coating adalah pelapis organik yang terdiri dari pelumas padat yang diuraikan dalam pengikat organik dan dilarutkan dalam campuran pelarut yang diformulasikan khusus. *Stud bolt* dengan teknik ini menghasilkan *bolt* yang lebih bagus, tahan lingkungan asam, dan tahan lama.

Painting & powder coating



Gambar 4.39. Proses *finishing* dengan pelapisan *powder coating*
(Sumber : <https://coatingsystems.com/>)

4.6 Penutup

Dalam proses manufaktur pekerjaan pemotongan dan pekerjaan pemrosesan material tidak dapat dipisahkan dan selalu akan diperlukan kedua aktifitas tersebut. Proses pemotongan dan pemrosesan semakin hari semakin canggih, semakin, efisien sehingga menurunkan biaya pekerjaan, mengurangi material yang terbuang, meningkatkan produktifitas dengan jumlah hasil produksi menjadi lebih banyak, meningkatkan keselamatan kerja pada setiap tahapan proses, serta meningkatkan kualitas dari benda yang dibuat.

Dengan meningkatnya kualitas secara langsung akan menaikkan nilai jual yang pada gilirannya akan meningkatkan profit.

DAFTAR PUSTAKA

- Farag, D. M. 2013. *Materials and Process Selection for Engineering Design*. Milton Park, in Oxfordshire: CRS Press.
- J T. Black, R. A. 2008. *Materials and Processes in Manufacturing 11ed*. Materials and Processes in.
- Prep, B. E. 2023, Spetember 29 September 2023. <https://byjusexamprep.com/gate-me/metal-cutting>. Retrieved from <https://byjusexamprep.com/>: <https://byjusexamprep.com/gate-me/metal-cutting>
- Sambodo, W. 2008. *Teknik Mesin Produksi Mesin Industri Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- STEELINDO, P. K. 2019, September 30. <https://kpssteel.com>. Retrieved from <https://kpssteel.com>: <https://kpssteel.com/educational/lebih-jauh-tentang-hot-rolled-steel-dan-cold-rolled-steel/>
- Tracton, A. A. 2006. *Coatings Technology Handbook*. Florida, USA: CRC Press-Taylor & Francis Group.
- Tripathy, A. 2018, December. <https://www.researchgate.net/>. Retrieved from <https://www.researchgate.net/>: https://www.researchgate.net/figure/Stages-of-Powder-Metallurgy-process_fig1_330214436

BAB 5

PEKERJAAN LAS DAN PENGELASAN

Oleh Iman Pradana A. Assagaf

5.1 Pendahuluan

Pengelasan adalah teknik menggabungkan logam dengan cara memanaskan atau melelehkan mereka hingga mencapai titik leleh, lalu menggabungkannya menjadi satu kesatuan, baik dengan atau tanpa tekanan. Ini merupakan proses di mana bahan logam dilelehkan dan digabungkan menjadi satu kesatuan yang tetap. Ada beberapa variasi pengelasan, termasuk pengelasan cair, pengelasan dengan tekanan, dan proses pematrian. Jenis-jenis pengelasan lainnya mencakup TIG, SMAW, MIG, dan MAG. Dalam pengelasan, bisa digunakan atau tidak digunakan bahan tambahan, dan energi panas digunakan untuk mencairkan logam dasar dan mungkin logam pengisi, menciptakan ikatan logamurgi yang menghasilkan kekuatan yang dibutuhkan atau bahkan lebih baik. (H 1997)

Berikut adalah beberapa jenis pengelasan :

1. Pengelasan cair adalah metode penyambungan logam di mana sambungan dipanaskan hingga meleleh dengan menggunakan sumber panas seperti busur listrik atau semburan api yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah teknik pengelasan di mana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan secara fisik hingga menyatu menjadi satu.
3. Pematrian adalah proses pengelasan di mana sambungan dipanaskan dan kemudian didinginkan secara cepat untuk mengubah struktur kristal logam dan meningkatkan kekerasan serta kekuatan sambungan.

4. Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah metode pengelasan yang menggunakan elektroda wolfram yang tidak meleleh dengan atau tanpa logam pengisi, seringkali dengan menggunakan gas inert sebagai pelindung busur listrik.
5. Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah teknik pengelasan yang menggunakan elektroda berpemantul yang dilindungi oleh lapisan bahan kimia untuk menghasilkan sambungan logam.
6. Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah metode pengelasan yang menggunakan gas inert sebagai pelindung busur listrik dan seringkali melibatkan penggunaan logam pengisi untuk menggabungkan logam.
7. Pengelasan MAG (*Metal Active Gas*) adalah jenis pengelasan yang menggunakan gas aktif sebagai pelindung busur listrik dan dapat melibatkan penggunaan logam pengisi untuk penyambungan logam.

Semua teknik pengelasan ini memiliki berbagai aplikasi dalam berbagai industri dan dapat digunakan untuk menggabungkan logam dengan kekuatan dan ketahanan yang sesuai dengan kebutuhan proyek.(SISWANTO 2018) (Mulyadi 2020) (Farel Mauluvi Akmal Antaqiyal 2019)

5.2 Alat Pelindung Diri

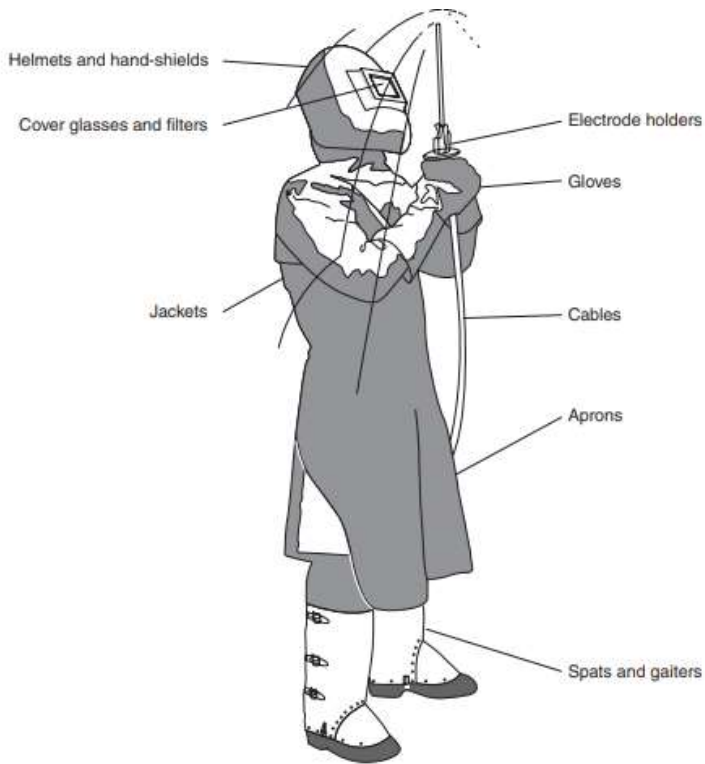
Alat Pelindung Diri (APD) adalah peralatan yang dipakai oleh pekerja untuk menjaga diri mereka dari potensi bahaya dan insiden yang mungkin terjadi di lingkungan kerja. Penggunaan APD merupakan salah satu langkah pengendalian risiko terhadap potensi bahaya yang mungkin timbul selama bekerja.

Dalam konteks pengelasan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah kebijakan yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari potensi risiko yang muncul selama proses pengelasan.

Risiko tersebut termasuk asap, cahaya pengelasan, panas, dan risiko listrik. K3 dalam pengelasan melibatkan penggunaan berbagai jenis APD seperti helm pelindung, kaca mata pelindung, sarung tangan pelindung, sepatu keselamatan, dan perlengkapan keselamatan kerja lainnya yang relevan dalam proses pengelasan. Selain itu, K3 dalam pengelasan juga mencakup penerapan prinsip ergonomi dan pengendalian risiko untuk meningkatkan kesadaran pekerja akan pentingnya menjaga kesehatan dan keselamatan kerja yang baik. Ini mencerminkan komitmen perusahaan terhadap kondisi kerja yang aman dan seharusnya menjadi pedoman bagi setiap pekerja dalam lingkungan kerja.. (M. Bruri Triyono 2014)



Gambar 5.1. Alat pelindung diri
(Yan Kondo 2020)



Gambar 5.2. Penggunaan APD saat Proses Pengelasan
(Timings 2008)

Berikut adalah beberapa jenis alat pelindung diri (APD) pada proses pengelasan beserta fungsinya yang dapat ditemukan pada sumber buku dan jurnal yang telah disediakan:

1. Helm las atau topeng las: digunakan untuk melindungi kepala dan wajah dari percikan las, panas pengelasan, dan sinar las.
2. Kacamata pengaman atau welding goggles: digunakan untuk melindungi mata dari cahaya pengelasan yang berbahaya.

3. Masker pengaman atau respirator: digunakan untuk melindungi saluran pernapasan dari asap dan partikel yang dihasilkan selama proses pengelasan.
4. Sarung tangan las atau welding gloves: digunakan untuk melindungi tangan dari panas dan percikan las.
5. Wearpack atau apron: digunakan untuk melindungi tubuh dari percikan las dan panas pengelasan.
6. Sepatu keselamatan atau welding shoes: digunakan untuk melindungi kaki dari percikan las dan benda tajam.
7. Pelindung wajah atau face shield: digunakan untuk melindungi wajah dari percikan las dan panas pengelasan.
8. Penyumbat telinga atau earplug: digunakan untuk melindungi telinga dari suara bising yang dihasilkan selama proses pengelasan.

Penggunaan APD pada proses pengelasan sangat penting untuk melindungi pekerja dari bahaya yang timbul selama proses pengelasan dan menghindari terjadinya kecelakaan kerja. Oleh karena itu, perusahaan harus menyediakan APD sesuai jenis pekerjaan yang dilakukan pegawai secara percuma untuk menjamin keselamatan pekerja selama berada di lapangan. (NATATYAS 2021)

5.3 Alat Bantu Pengelasan

Peralatan pendukung pengelasan adalah alat-alat yang digunakan untuk menjaga kesehatan dan keselamatan pekerja serta alat-alat yang telah diverifikasi sebagai bagian penting dari proses pengelasan. Berikut adalah beberapa fungsi dari beberapa peralatan pendukung pengelasan yang umum digunakan:

1. Palu Las: Digunakan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari zat pengotor seperti karat, oli, dan kontaminan lainnya. Selain itu, digunakan juga untuk

membersihkan sisa-sisa hasil pengelasan seperti debu dan slag.

2. Pemegang Kawat Las: Berfungsi untuk memegang kawat las dengan aman selama proses pengelasan.
3. Sikat Kawat: Digunakan untuk menghilangkan sisa-sisa kawat las yang mungkin menempel pada permukaan lasan setelah proses pengelasan.
4. Meja Las: Berfungsi sebagai tempat untuk menopang dan menempatkan benda kerja yang akan dilas, memudahkan proses pengelasan.
5. Tabir Penghalang: Digunakan untuk melindungi individu lain yang berada di sekitar area pengelasan dari sinar UV dan cahaya terang yang dihasilkan oleh proses pengelasan. Ini membantu mencegah kerusakan mata dan kulit akibat paparan radiasi berbahaya.
6. Alat Ukur dan Pemotong: Alat-alat ini digunakan untuk mengukur dengan akurasi dan memotong bahan yang akan dilas sesuai dengan spesifikasi proyek.

Penggunaan peralatan pendukung pengelasan yang tepat sangat penting untuk menjaga keamanan pekerja dan hasil pengelasan yang berkualitas. Peralatan ini juga membantu memastikan bahwa proses pengelasan berjalan lancar dan efisien. (Frank M. Marlow 2002)

5.4 Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan adalah pengaturan letak atau orientasi gerakan elektroda las yang dapat memengaruhi karakteristik dan kualitas hasil pengelasan. Posisi pengelasan melibatkan penentuan jarak transversal, normal, dan longitudinal, yang mempengaruhi sejauh mana panas disalurkan ke elemen tertentu dalam hubungannya dengan sumber panas. Dalam perancangan pengelasan untuk konstruksi badan kapal, posisi pengelasan

merupakan faktor penting yang memengaruhi kualitas sambungan las. Posisi pengelasan juga berperan dalam menentukan kekuatan sambungan las.

Secara umum, posisi pengelasan dapat dibagi menjadi beberapa jenis, termasuk posisi datar, horizontal, vertikal, dan overhead. Beberapa jenis posisi pengelasan meliputi:

1. Posisi di bawah tangan (*down hand position*): Ini merujuk pada pengelasan pada permukaan datar atau permukaan yang agak miring, di mana elektroda berada di atas benda kerja.
2. Posisi mendatar (*horizontal position*): Pada posisi ini, pengelasan dilakukan pada permukaan datar atau agak miring, dengan elektroda sejajar dengan permukaan benda kerja.
3. Posisi tegak (*vertical position*): Posisi ini digunakan untuk pengelasan pada permukaan yang tegak atau agak miring, dengan gerakan elektroda las naik atau turun.
4. Posisi di atas kepala (*overhead position*): Posisi ini digunakan saat pengelasan dilakukan pada permukaan yang berada di atas kepala operator las.

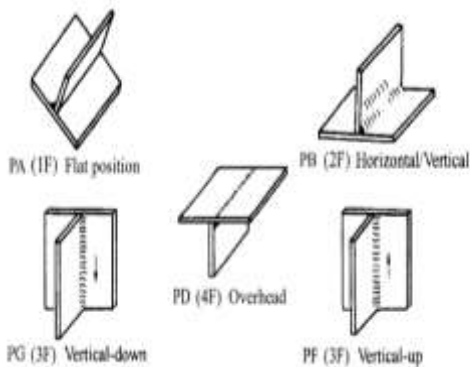
Pada pengelasan pipa, terdapat berbagai jenis posisi yang berbeda, seperti posisi pengelasan datar pipa yang dapat diputar (1G), posisi pengelasan horizontal pipa yang dapat diputar (2G), posisi pengelasan vertikal pipa yang tidak dapat diputar (5G), dan posisi pengelasan pipa miring sekitar 45 derajat yang statis atau tidak dapat diputar (6G). Pemilihan posisi pengelasan harus disesuaikan dengan jenis material dan bentuk benda kerja yang akan dilas agar hasil pengelasan memenuhi standar kualitas yang diinginkan.. (Frank M. Marlow 2002)

5.4.1 Posisi Pengelasan Fillet pada plat

Posisi pengelasan fillet adalah posisi pengelasan pada sambungan sudut yang membentuk sudut 90 derajat antara dua pelat atau benda kerja. Posisi pengelasan fillet pada pelat terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

1. 1F (Posisi pengelasan datar atau down hand): posisi pengelasan di atas benda kerja.
2. 2F (Posisi pengelasan horizontal atau mendatar): posisi pengelasan sejajar dengan permukaan benda kerja.
3. 3F (Posisi pengelasan vertikal): posisi pengelasan tegak lurus dengan permukaan benda kerja.
4. 4F (Posisi pengelasan di atas kepala atau overhead): posisi pengelasan di atas benda kerja.

Pada pipa, posisi pengelasan fillet juga terdapat beberapa jenis, seperti posisi pengelasan datar pipa dapat diputar (1F), posisi pengelasan horizontal pipa dapat diputar (2F), posisi pengelasan vertikal namun pipa tidak dapat diputar (5F), dan posisi pengelasan pipa miring sekitar 45 derajat dan statis atau tidak dapat diputar (6F) (Sunaryo 2008).



Gambar 5.3. posisi pengelasan fillet
(Weman 2003)

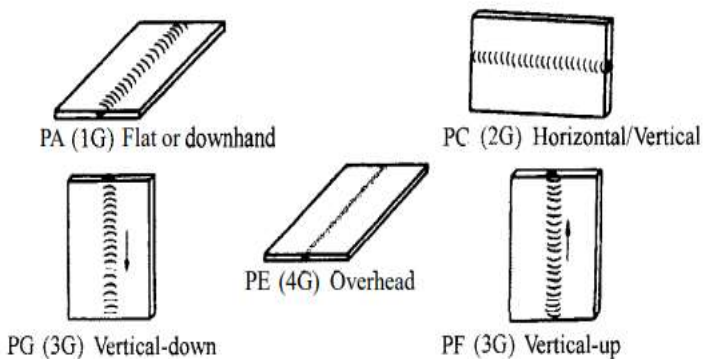
5.4.2 Posisi Pengelasan Groove pada pelat

Pengelasan groove adalah salah satu metode pengelasan yang digunakan untuk menggabungkan dua atau lebih logam dengan membuat sebuah celah atau groove pada permukaan logam yang akan disambungkan. Posisi pengelasan groove dapat mengacu pada posisi atau orientasi logam yang akan dielas. Ada beberapa posisi pengelasan groove yang umum digunakan, termasuk:

1. Pengelasan Groove pada Posisi 1G:
Logam yang akan dielas diletakkan datar dengan celah di bagian atas. Ini sering disebut sebagai posisi pengelasan "flat" atau "downhand."
2. Pengelasan Groove pada Posisi 2G:
Logam yang akan dielas diletakkan dalam posisi tegak berdiri dengan celah horizontal. Ini sering disebut sebagai posisi pengelasan "vertical up" atau "horizontal."
3. Pengelasan Groove pada Posisi 3G:
Logam yang akan dielas diletakkan dalam posisi tegak berdiri dengan celah vertikal. Ini sering disebut sebagai posisi pengelasan "vertical down."
4. Pengelasan Groove pada Posisi 4G:
Logam yang akan dielas diletakkan datar dengan celah di bagian bawah. Ini sering disebut sebagai posisi pengelasan "overhead."
5. Pengelasan Groove pada Posisi 5G:
Logam yang akan dielas diletakkan dalam posisi horizontal dengan celah vertikal. Ini adalah posisi yang sering digunakan untuk pipa dengan diameter besar yang ditempatkan secara horizontal.
6. Pengelasan Groove pada Posisi 6G:
Logam yang akan dielas diletakkan dalam posisi horizontal dengan celah horizontal. Ini adalah posisi yang sering

digunakan untuk pengelasan pipa dengan diameter besar yang ditempatkan dalam posisi tegak berdiri.

Setiap posisi pengelasan groove memiliki tantangan dan teknik khusus yang perlu dikuasai oleh seorang pengelas. Pilihan posisi pengelasan akan tergantung pada jenis pekerjaan pengelasan yang dilakukan dan persyaratan spesifiknya. (Mulyadi 2020)



Gambar 5.4. posisi pengelasan groove
(Weman 2003)

5.4.3 Posisi Pengelasan Groove pada pipa

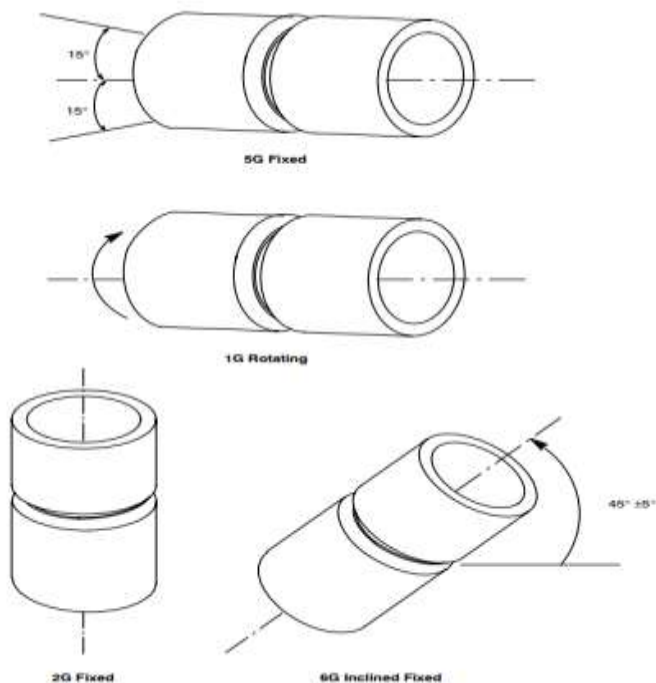
Posisi pengelasan pipa groove mengacu pada posisi atau orientasi pipa dan sambungan groove (alur) saat pengelasan dilakukan pada sambungan groove. Pemahaman tentang posisi pengelasan ini penting untuk memastikan pengelasan yang tepat dan berkualitas. Beberapa posisi pengelasan pipa groove yang umum adalah sebagai berikut:

1. Posisi 1G (*Flat Groove Position*):

Pipa diletakkan horizontal dengan alur (*groove*) berada di bawah. Pengelasan dilakukan dari atas ke bawah dengan elektroda horizontal.

2. Posisi 2G (*Horizontal Groove Position*):
Pipa diletakkan horizontal dengan alur (*groove*) berada di samping atau horizontal. Pengelasan dilakukan secara horizontal, dengan elektroda horizontal.
3. Posisi 5G (*Overhead Groove Position*):
Pipa diletakkan secara vertikal dengan alur (*groove*) berada di bawah. Pengelasan dilakukan dari bawah ke atas, dengan elektroda menghadap ke atas.
4. Posisi 6G (*Pipe Groove Position*):
Pipa diletakkan pada sudut miring (45 derajat) dengan alur (*groove*) di tengah. Pengelasan dilakukan dalam posisi horizontal dan vertikal sepanjang sambungan groove, yang biasanya merupakan posisi paling rumit dan menuntut keterampilan khusus.

Pengelasan dilakukan dari atas ke bawah, dengan elektroda menghadap ke bawah. Pemilihan posisi pengelasan pipa groove akan tergantung pada jenis pipa, spesifikasi proyek, dan kebutuhan pengelasan. Setiap posisi memiliki tantangan dan teknik pengelasan khusus yang harus dikuasai oleh pengelas. Keterampilan pengelas yang baik dan pemahaman tentang posisi pengelasan yang berbeda sangat penting untuk mencapai hasil pengelasan yang berkualitas. (Frank M. Marlow 2002)



Gambar 5.5. posisi pengelasan groove pada pipa
(Miller 2010)

5.5 Pekerjaan Pengelasan

Pekerjaan pengelasan adalah proses menggabungkan dua atau lebih bahan logam dengan melelehkan mereka bersama-sama dan kemudian membiarkannya mendingin untuk membentuk sambungan yang kuat. Proses ini dilakukan dengan menggunakan panas yang sangat tinggi, biasanya melalui penggunaan busur listrik atau gas panas, untuk mencairkan logam dan kemudian menggabungkannya saat mendingin. Pekerjaan pengelasan dapat memiliki berbagai tujuan dan aplikasi, termasuk:

1. Konstruksi dan Fabrikasi: Pengelasan digunakan dalam konstruksi bangunan, jembatan, kendaraan, mesin, dan

berbagai struktur logam. Ini adalah komponen integral dalam pembuatan berbagai produk manufaktur.

2. Perbaikan: Pengelasan digunakan untuk memperbaiki atau memulihkan komponen atau bagian yang rusak atau terkorosi, seperti perbaikan kendaraan bermotor atau perbaikan peralatan industri.
3. Industri Minyak dan Gas: Pengelasan digunakan secara luas dalam industri minyak dan gas untuk menggabungkan pipa, tangki, dan struktur yang diperlukan untuk ekstraksi, transportasi, dan penyimpanan minyak dan gas.
4. Pembangunan Kapal: Industri perkapalan menggunakan pengelasan untuk membangun dan memperbaiki kapal dan struktur maritim.
5. Industri Otomotif: Pengelasan digunakan dalam pembuatan kendaraan bermotor, termasuk mobil, truk, dan sepeda motor.
6. Industri Pesawat Terbang: Pengelasan adalah bagian penting dalam pembuatan pesawat terbang dan komponen penerbangan lainnya.
7. Manufaktur Logam: Banyak produk manufaktur dari bahan logam seperti peralatan rumah tangga, peralatan listrik, dan produk elektronik memerlukan pengelasan dalam proses produksi.
8. Industri Konstruksi Logam: Ini termasuk pembuatan pagar, pintu, rangka atap logam, dan produk konstruksi logam lainnya.
9. Proyek Seni dan Kerajinan: Pengelasan juga digunakan dalam proyek seni logam dan kerajinan, di mana pengelasan logam digunakan untuk menciptakan karya seni dan produk kustom.

Proses pengelasan dapat beragam, termasuk pengelasan listrik (seperti SMAW, GMAW, dan GTAW), pengelasan dengan gas (seperti oksigen dan asetilin), dan metode pengelasan khusus

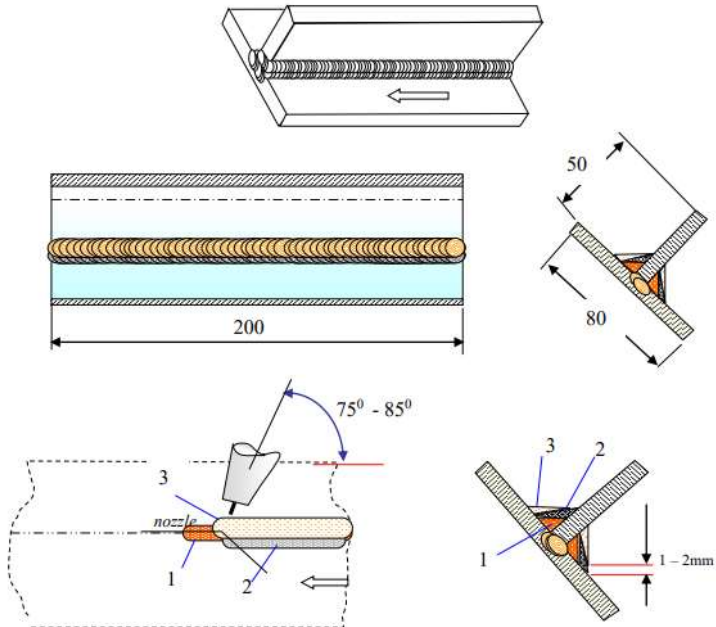
lainnya tergantung pada jenis logam, ketebalan material, dan kebutuhan aplikasi tertentu. Pekerjaan pengelasan biasanya memerlukan pelatihan dan keterampilan khusus agar dapat dilakukan dengan aman dan efektif. (Mandal 2017, Jenney 2001, Singh 2016)



Gambar 5.6. Pekerjaan Pengelasan di berbagai sektor industri
(Hamdani 2017, Wei Lin 2016)

5.6.1 Pekerjaan Pengelasan Posisi Fillet

Pekerjaan pengelasan fillet adalah pengelasan yang menggabungkan dua benda yang saling tegak lurus atau membentuk sudut.



Gambar 5.7. Gambar kerja pengelasan posisi 1F
(Nursaleh 2018)

Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan pengelasan fillet 1F SMAW :

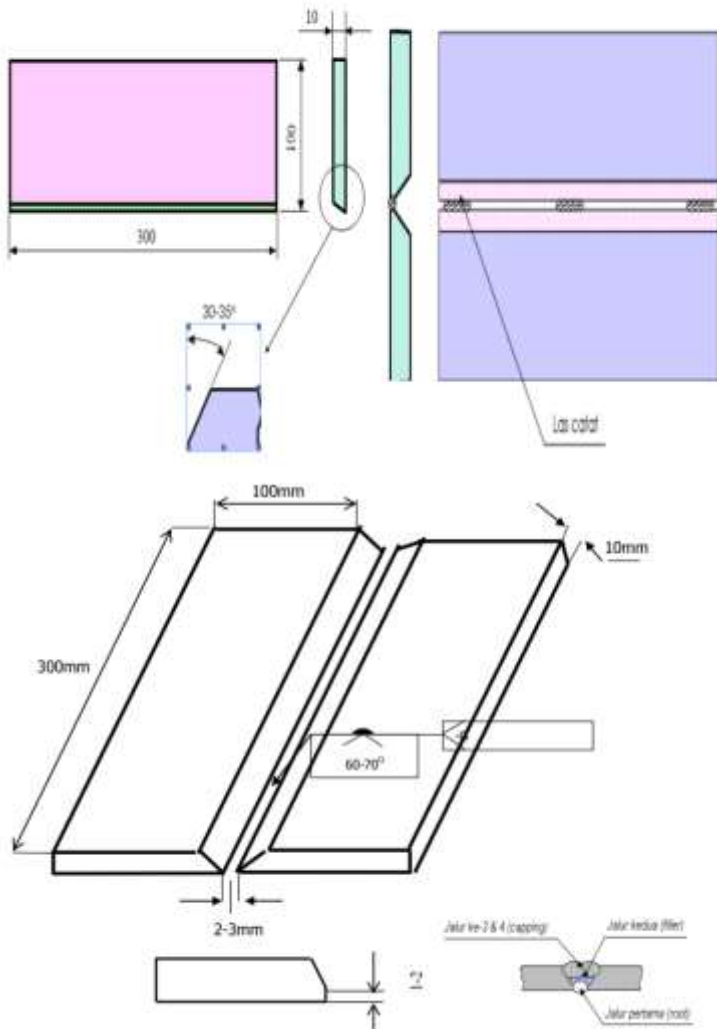
1. Siapkan peralatan pengelasan manual SMAW dan alat bantu pengelasan.
2. Persiapkan bahan las dengan dimensi 80 x 200 x 10 mm dan 60 x 200 x 10 mm.

3. Konfigurasi parameter pengelasan, yaitu atur arus las antara 170-200 A, tegangan antara 25-30 V, dan aliran gas antara 8-12 liter per menit.
4. Lakukan tack welding pada kedua ujung sambungan dan letakkan benda kerja dalam posisi di bawah tangan dengan bentuk T sudut 45 derajat.
5. Lakukan pengelasan pada jalur pertama dengan orientasi sudut las antara 75-85 derajat ke arah maju dan sudut 90 derajat terhadap permukaan lasan.
6. Periksa hasil pengelasan dengan bantuan pembimbing sebelum melanjutkan ke jalur berikutnya.
7. Lakukan penyetelan kembali pada mesin las (jika diperlukan) dan periksa apakah kriteria hasil pengelasan telah terpenuhi.
8. Lakukan pengelasan pada jalur kedua dengan sudut las antara 75-85 derajat ke arah maju dan sudut 60-70 derajat terhadap permukaan lasan.
9. Lanjutkan pengelasan pada jalur ketiga dengan metode yang sama seperti pada jalur kedua.
10. Teruskan pengelasan pada sisi lain hingga selesai, dan konsultasikan dengan pembimbing jika ada aspek-aspek yang kurang jelas, terutama terkait dengan teknik pengelasan.
11. Lakukan pembersihan dan pendinginan pada benda kerja.
12. Serahkan benda kerja kepada pembimbing untuk dilakukan pemeriksaan.
13. Ulangi pekerjaan jika hasil pengelasan belum memenuhi kriteria yang telah ditetapkan.. (Nursaleh 2018)

5.6.2 Pekerjaan Pengelasan Posisi Groove

Pekerjaan pengelasan posisi groove adalah pengelasan yang menggabungkan dua benda dengan sambungan groove atau bevel. Pemilihan posisi pengelasan groove tergantung pada jenis

sambungan yang akan dilakukan dan jenis benda kerja yang akan dilas. Selain itu, pemilihan arah elektroda dan kemiringan permukaan benda kerja juga mempengaruhi hasil pengelasan.



Gambar 5.8. Gambar kerja pengelasan posisi 1G
(Susilo 2018)

Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan pengelasan Groove 1G SMAW :

1. Periksa kesiapan peralatan kerja, termasuk perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja las.
2. Siapkan 2 buah bahan/pelat baja lunak ukuran 300 x 100 x 10 mm yang kedua sisinya telah dibevel 30 derajat – 35 derajat.
3. Buat las catat sepanjang 10 – 15 mm pada kedua ujung bahan dan yakinkan bahwa kedua kepingan tersebut rapat dan sejajar dengan jarak root gap 1 – 3 mm.
4. Las lapisan akar dengan ayunan.
5. Bersihkan kampuh lapisan akar.
6. Las lapisan tengah dengan ayunan.
7. Bersihkan kampuh lapisan tengah.
8. Las lapisan penutup dengan ayunan.
9. Bersihkan kampuh hasil pengelasan.
10. Periksa hasil las pada pembimbing sebelum melanjutkan pada jalur berikutnya.
11. Lakukan menyetelan kembali pada mesin las (jika diperlukan) dan lihat kriteria hasil las yang diperlukan.
12. Lakukan pengelasan pada jalur kedua dengan posisi tang las antara 75 – 85° arah maju dan sudut 60 - 70° terhadap bidang rata pengelasan.
13. Lakukan pengelasan jalur ketiga dengan metode yang sama dengan jalur kedua.
14. Lanjutkan pengelasan pada sisi kedua sampai selesai, dan tanyakan pada pembimbing jika ada hal-hal yang kurang jelas, terutama tentang teknik pengelasannya.
15. Bersihkan dan dinginkan benda kerja.
16. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.
17. Ulangi pekerjaan jika belum mencapai kriteria yang ditetapkan. (Susilo 2018)

DAFTAR PUSTAKA

- Farel Mauluvi Akmal Antaqiyah, Untung Budiarto, Sarjito Jokosisworo. 2019. "Analisa Pengaruh Variasi Proses Preheating Pada Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik." *JURNAL TEKNIK PERKAPALAN* 334-344.
- Frank M. Marlow, P.E. 2002. *Welding Fabrication & Repair: Questions and Answers*. New York: Industrial Press, Inc.
- H, Amstead B. 1997. *Teknologi Mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- Hamdani, Muhammad Faisal. 2017. *ANALISA RESIKO DAN BIAYA PENGELASAN PELAT KAPAL PADA PROSES REPLATING*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jenney, Cynthia L., and Annette O'Brien. 2001. *Welding Handbook, Volume 1 – Welding Science and Technology*. Miami: American Welding Society.
- M. Bruri Triyono, K. Ima Ismara, Slamet, Putut Hargiyarto, M. Solikhin, Nurhening Yuniarti, Sugiyono, Badraningsih L, Enny Zuhni Khayati, Riswan Dwi Jatmiko, Amir Fatah, Bakti Wulandari, Nur Hidayah, Indah Wahyuni,. 2014. *BUKU AJAR KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3)*. Yogyakarta: FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA.
- Mandal, Nisith R. 2017. *Ship Construction and Welding*. Kharagpur: Springer.
- Miller. 2010. *Pipe welding Handbook*. Millerwelds.
- Mulyadi, Iswanto. 2020. *BUKU AJAR TEKNOLOGI PENGELASAN*. Sidoharjo : UMSIDA Press.
- NATATYAS, FILZA SYAHIRA. 2021. *HUBUNGAN PENGGUNAAN ALAT PELINDUNG DIRI (APD) DENGAN GANGGUAN PENGLIHATAN PADA PEKERJA BENGKEL LAS DI JALAN SUTOMO UJUNG KECAMATAN MEDAN TIMUR*. Medan: Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.

- Nursaleh, Muh. 2018. *Membuat Sambungan Las Fillet Sesuai Welding Procedure Specification (WPS) Untuk Pengelasan Pelat ke Pelat, Pipa ke Pipa, dan Pelat ke Pipa Sesuai dengan Proses Las yang Digunakan C.24LAS01.028.1*. Jakarta: KEMENTERIAN KETENAGAKERJAAN R.I.
- Singh, Ramesh. 2016. *Applied Welding Engineering Processes, Codes, and Standard*. Ramesh Singh: Elsiver.
- SISWANTO, RUDI. 2018. *TEKNOLOGI PENGELASAN*. UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT.
- Sunaryo, Hery. 2008. *TEKNIK PENGELASAN KAPAL JILID 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
- Susilo, Fempi. 2018. *MEMBUAT SAMBUNGAN LAS KAMPUH (GROOVE) SESUAI buku informasi WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) UNTUK PENGELASAN PELAT KE PELAT DAN SESUAI DENGAN PROSES LAS YANG DIGUNAKAN C.24LAS01.029.1*. Jakarta: KEMENTERIAN KETENAGAKERJAAN R.I.
- Timings, Roger. 2008. *Fabrication and Welding Engineering*. Oxford: Elsevier .
- Wei Lin, Hong Luo. 2016. *Handbook of Manufacturing Engineering and Technology*. London: Springer.
- Weman, Klas. 2003. *Welding processes handbook*. Cambrige: Woodhead Publishing.
- Yan Kondo, Muhammad Arsyad, Arman, Amrullah,. 2020. "PENERAPAN ALAT PELINDUNG DIRI PADA PROSES PENGELASAN." *Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*. Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat. 45-48.

BAB 6

PEKERJAAN BUBUT DAN PENGUNAAN MESIN BUBUT

Oleh Masbin Dahlan

6.1 Pendahuluan

Pemesinan bubut merupakan salah satu metode pembentukan logam yang penting dalam industri manufaktur. Dalam buku ini, penulis akan mempelajari secara mendalam tentang pekerjaan mesin bubut dan cara penggunaan mesin bubut. Menjelaskan secara rinci proses, teknik dan dasar-dasar pekerjaan ini, serta memberikan nasehat praktis untuk menguasai keterampilan di bidang permesinan bubut. Mesin bubut adalah alat yang digunakan untuk memotong benda berputar. Prinsip kerjanya adalah memutar benda kerja pada sumbu utama mesin, sedangkan bilah mesin bubut bergerak secara vertikal dan horizontal. Proses pembentukan suatu bagian pada pemesinan bubut dilakukan dengan cara memutar bagian tersebut dan menggunakan alat pemutar untuk menggerakkannya sejajar dengan sumbu putar bagian tersebut. Dalam buku ini juga akan dibahas berbagai teknik keselamatan penting saat mengoperasikan mesin bubut, sehingga pembaca dapat melakukan pekerjaan tersebut dengan aman dan efisien (Mukhtar, 2023).

6.2 Pengenalan Pekerjaan Bubut

Pekerjaan bubut adalah salah satu jenis pekerjaan dalam bidang pemesinan. Pekerjaan ini melibatkan penggunaan mesin bubut untuk menghasilkan produk dengan memotong,

membentuk, dan menghaluskan benda kerja yang diputar di sekitar sumbu. (Budiyanto, 2021).

6.2.1 Pengertian dasar tentang pekerjaan bubut

Pekerjaan dengan mesin bubut adalah teknik pembentukan dan proses benda kerja dengan menggunakan mesin bubut, sebuah peralatan standar di berbagai bengkel. Mesin ini beroperasi dengan prinsip putaran, di mana benda kerja dipegang oleh chuck atau catok dan diputar sementara alat potong seperti pahat atau pisau cutting digunakan untuk membentuknya. Proses ini menghasilkan kontur, bentuk, atau struktur yang diinginkan pada benda kerja.

6.2.2 Sejarah perkembangan pekerjaan bubut

Sejarah perkembangan pekerjaan bubut dapat ditemukan pada beberapa sumber yang menjelaskan tentang mesin bubut. Berikut adalah beberapa poin penting dari sejarah mesin bubut:

1. Awal Mula: Pekerjaan bubut memiliki akar sejarah yang sangat tua, dimulai sekitar 1300 SM di Mesir kuno. Pada masa itu, bubut digunakan untuk membuat benda-benda seperti alat-alat rumah tangga dan senjata.
2. Zaman Mesin Uap: Pada abad ke-18, dengan munculnya mesin uap, mesin bubut mulai dipadukan dengan teknologi ini, meningkatkan produktivitas dan akurasi proses bubut.
3. Revolusi Industri: Pada abad ke-19, selama Revolusi Industri, mesin bubut mulai digunakan secara luas dalam produksi massal. Penggunaan mesin ini mengubah lanskap industri secara signifikan dan memungkinkan produksi dalam jumlah besar dengan akurasi yang tinggi.
4. Perkembangan Material: Pada abad ke-20, dengan perkembangan material seperti baja tahan karat dan logam paduan, teknik bubut menjadi lebih kompleks dan membutuhkan mesin-mesin yang lebih canggih untuk mengolah material-material ini.

5. Revolusi Digital: Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi digital telah mengubah cara pekerjaan bubut dilakukan. Mesin bubut CNC (Computer Numerical Control) menggunakan perangkat lunak dan komputer untuk mengontrol operasinya, memungkinkan produksi dengan tingkat akurasi dan kompleksitas yang tinggi.
6. Inovasi Terkini: Saat ini, pekerjaan bubut terus mengalami inovasi. Penggunaan sensor-sensor cerdas, pemantauan real-time, dan integrasi kecerdasan buatan (AI) memungkinkan produksi yang lebih efisien, presisi yang tinggi, dan deteksi kesalahan secara otomatis.

6.2.3 Peran pekerjaan bubut dalam industri modern

Pekerjaan bubut memiliki peran yang sangat penting dalam industri modern dengan berbagai kontribusi yang signifikan :

1. Pembuatan Komponen Presisi : Industri modern membutuhkan komponen-komponen dengan tingkat presisi yang sangat tinggi. Pekerjaan bubut memungkinkan pembuatan komponen dengan ukuran, bentuk, dan akurasi yang tepat sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan.
2. Manufaktur Massal : Mesin bubut CNC (Computer Numerical Control) memungkinkan produksi massal komponen dengan cepat dan konsisten. Dalam industri otomotif, pesawat terbang, dan industri lainnya, mesin-mesin bubut digunakan untuk menciptakan ribuan atau bahkan jutaan komponen yang identik dengan kualitas tinggi.
3. Inovasi Material : Dengan kemajuan dalam ilmu material, seperti pengembangan logam paduan baru dan bahan-bahan komposit, pekerjaan bubut memainkan peran penting dalam pembentukan dan pengolahan material-material ini.

4. Industri Ruang Angkasa dan Pesawat Terbang : Industri penerbangan dan antariksa sangat bergantung pada komponen-komponen dengan toleransi yang sangat ketat. Pekerjaan bubut digunakan untuk menciptakan bagian-bagian mesin pesawat, roket, dan satelit dengan akurasi tinggi dan keandalan yang tinggi.
5. Pembuatan Prototipe : Dalam pengembangan produk baru, prototipe sering kali diproduksi menggunakan pekerjaan bubut untuk menguji desain dan fungsi. Ini memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi masalah dan melakukan perubahan desain sebelum memulai produksi massal.
6. Permesinan Barang-barang Konsumen : Bubut juga digunakan dalam pembuatan barang-barang konsumen seperti peralatan rumah tangga, peralatan olahraga, dan mainan. Komponen-komponen ini diproduksi menggunakan mesin-mesin bubut untuk memastikan kualitas dan presisi.
7. Pembuatan Alat dan Suku Cadang : Industri permesinan membutuhkan berbagai alat dan suku cadang. Pekerjaan bubut digunakan untuk menciptakan alat-alat produksi dan suku cadang mesin yang sangat dibutuhkan.

6.3 Jenis Mesin Bubut

Ada beberapa jenis mesin bubut berdasarkan dari dimensi, prinsip kerja, dan penggunaannya. Berikut adalah beberapa jenis mesin bubut yang umum digunakan:

6.3.1 Mesin Bubut Bench (Mesin Bubut Mini)

Mesin bubut yang kompak, umumnya ditempatkan di meja dan atau bangku, digunakan untuk mengolah benda kerja yang kecil dengan presisi tinggi. Mesin ini dilengkapi dengan berbagai aksesoris untuk mendukung proses kerja, meskipun tidak memiliki poros transportir.



Gambar 6.1. Mesin Bubut Bench
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.2 Mesin Bubut Speed (Mesin Bubut Kayu)

Mesin bubut ini tidak memiliki gearbox, slide atau poros pengangkut. Alat pemotong dioperasikan secara manual dan biasa digunakan untuk membubut kayu. Inilah sebabnya mengapa mesin jenis ini sering disebut dengan mesin bubut kayu.



Gambar 6.2. Mesin Bubut Speed
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.3 Mesin Bubut Standar

Mesin bubut yang paling terkenal adalah jenis mesin yang biasa ditemukan di sekolah teknik khusus teknik permesinan. Mesin ini berukuran lebih besar dibandingkan mesin bubut bangku. Didesain dengan struktur yang kokoh, mesin ini sangat cocok untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi.



Gambar 6.3. Mesin Bubut Standar
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.4 Mesin Bubut dalam Ruang (Tool Room Lathe)

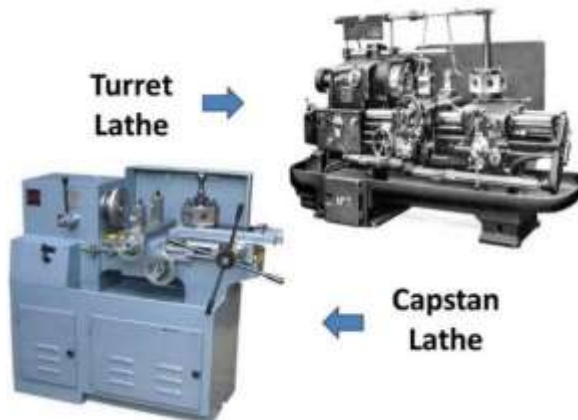
Mesin ini hampir identik dengan mesin bubut standar, meskipun memiliki peralatan yang khusus untuk mengatur sudut dan kecepatan umpan. Meja mesin-mesin jenis ini didesain lebih kecil dibandingkan mesin bubut jenis lainnya.



Gambar 6.4. Mesin Bubut Dalam Ruang
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.5 Mesin Bubut Capstan dan Turret

Mesin bubut jenis ini sangat ideal untuk produksi massal. Mesin ini bersifat semi otomatis dan memiliki jangkauan pengoperasian yang sangat luas. Untuk menggunakannya, operator tidak memerlukan keterampilan yang rumit.



Gambar 6.5. Mesin Bubut Capstan dan Turret
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.6 Mesin Bubut Turret Sadel

Mesin bubut turret sadel merupakan variasi dari mesin bubut turret standar, hanya saja dalam konfigurasi dan pengoperasiannya, mesin bubut turret sadel menggunakan sadel untuk menghasilkan material yang sama atau identik. Mesin jenis ini dilengkapi dengan turret yang dipasang langsung pada sadel, yang dapat bergerak maju dan mundur tergantung kebutuhan produksi.



Gambar 6.6. Mesin Bubut Capstan dan Turret
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.7 Mesin Bubut Ringan (*Portable Lathe*)

Mesin bubut ringan hanya cocok untuk tugas ringan seperti mengerjakan pekerjaan rumah atau memotong barang kecil. Mesin ini cocok untuk latihan dan pembelajaran terkait pengoperasian mesin bubut. Mesin ini kecil dan portabel, dengan

panjang kurang dari 1200mm/1,2 meter. Desain mesin ini sangat sederhana sehingga cara penggunaannya mudah dipahami.



Gambar 6.7. Mesin Bubut Capstan dan Turret
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.8 Mesin Bubut Sedang (*Medium Lathe*)

Mesin Ukuran mesin bubut berukuran sedang jauh lebih besar dibandingkan dengan mesin bubut ringan. Menara jenis ini memiliki struktur yang lebih detail dan kompleks. Beberapa ruangan memiliki perlengkapan dan fungsi khusus. Bulat berukuran sedang dapat digunakan untuk menghancurkan material dengan diameter hingga 20cm. Bahkan mesin bubut berukuran sedang pun dapat menjadi perkakas yang baik untuk keperluan sekolah dan rumah. Ini tidak hanya membuat tetapi juga dapat digunakan untuk memperbaiki perangkat yang rusak.



Gambar 6.8. Mesin Bubut Capstan dan Turret
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.9 Mesin Bubut Meja Panjang (*Long Bed Lathe*)

Cincin meja panjang adalah jenis cincin terbesar yang tersedia. Mesin ini dilengkapi dengan roda gigi dan kecepatan yang sangat tinggi. Biasanya mesin bubut meja panjang hanya digunakan di pabrik-pabrik besar.



Gambar 6.9. Mesin Bubut Capstan dan Turret
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.10 Mesin Bubut Centre Lathe

Mesin bubut sentral merupakan jenis mesin bubut yang sangat umum digunakan, didesain dengan berbagai bentuk. Mesin jenis ini biasa digunakan pada industri besar dan kecil serta perusahaan manufaktur karena efisiensi dan kemudahan penggunaannya. Pengoperasian mesin bubut ini melibatkan penggunaan spindel sebagai collet untuk mengolah material dengan chuck ditempatkan di salah satu ujungnya sebagai collet. Fungsi ini berperan sebagai pusat sumbu, sedangkan sisi lainnya berperan sebagai sumbu rotasi.



Gambar 6.10. Mesin Bubut Capstan dan Turret
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.3.11 Mesin Bubut Facing Lathe

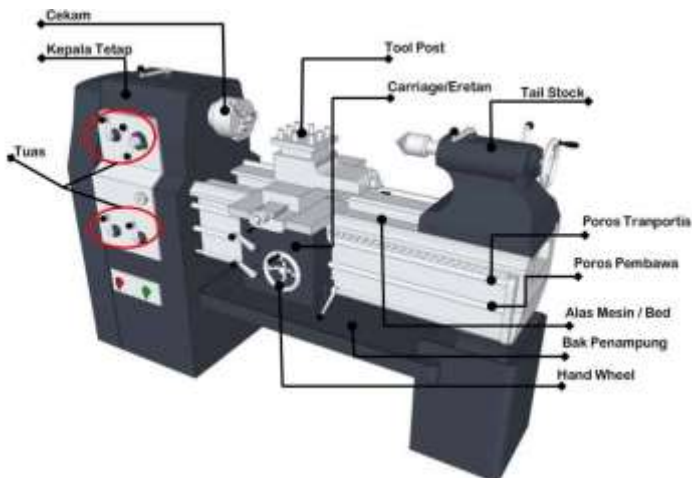
Mesin bubut muka merupakan jenis mesin bubut yang khusus karena dapat digunakan untuk material yang berbentuk datar atau cakram. Mesin ini tidak cocok untuk material berbentuk silinder atau kubik. Mesin bubut ini dilengkapi dengan piringan yang terletak pada piringan besar. Selama pembubutan, mesin ini bekerja pada kedua sisi lembaran.



Gambar 6.11. Mesin Bubut Capstan dan Turret
(Sumber : <https://teknikece.com/>)

6.4 Komponen Utama Mesin Bubut

Sebelum menggunakan mesin bubut alangkah baiknya kita lebih dahulu mengenal bagian-bagian penting pada mesin bubut beserta fungsinya, Bagian-bagian mesin bubut antara lain:



Gambar 6.12. Komponen Utama Mesin Bubut
(Sumber : <https://www.omesin.com/>)

6.4.1 Kepala Tetap / Headstock

Kepala masih berfungsi sebagai rumah bagi beberapa perangkat pendukung pada mesin bubut, termasuk chuck dan tuas. Di dalam kepala tetap terdapat serangkaian roda gigi yang membentuk sistem mekanis. Sistem ini berperan penting dalam mengatur kecepatan putaran spindle, arah umpan dan laju umpan.



Gambar 6.13. Kepala Tetap / Headstock
(Sumber : <https://www.omesin.com/>)

6.4.2 Tuas atau Handle

Handle yang terdapat pada mesin bubut memiliki peran berbeda-beda. Salah satu tuas atau handle ini berfungsi untuk mengubah kecepatan putaran mesin. Seperti yang terlihat pada gambar, tuas ini dilengkapi dengan tabel yang mencantumkan berbagai kecepatan putaran spindle. Dengan mengatur tuas ini, kita dapat mengubah interval kecepatan spindle pada mesin bubut. Dengan demikian, kita dapat menyesuaikan kecepatan spindle sesuai dengan kebutuhan, tergantung pada bahan dan diameter benda kerja yang akan dibubut. Terdapat tuas pada mesin bubut

yang digunakan untuk mengatur kisaran ulir, sementara tuas yang berdekatan biasanya berfungsi untuk mengatur arah pemakanan saat membuat ulir, apakah searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam.



Gambar 6.14. Tuas atau Handle

(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

6.4.3 Cekam/Chuck

Alat pengecam benda kerja digunakan untuk menahan atau mengunci benda kerja agar tetap dalam posisi yang tepat dan kokoh selama proses pemotongan dilakukan.



Gambar 6.15. Cekam/Chuck

(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

6.4.4 Kepala lepas (Tailstock)

Kepala lepas ini umumnya digunakan untuk memasang center (dapat dilihat dengan panah warna oranye) atau sebagai tempat penjepit bor. Anda dapat melihatnya pada bagian samping gambar di bawah ini. Kepala lepas tersebut dapat digerakkan ke depan dengan cara mengendurkan terlebih dahulu tuas (ditunjukkan dengan panah warna ungu), lalu diputar ke kanan (ditunjukkan dengan panah warna biru) untuk mengeluarkan poros tengah. Jika diputar ke kiri (panah warna biru), poros akan masuk ke dalam.



Gambar 6.16. Kepala lepas (Tailstock)

(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

Pada bagian sampingnya, terdapat tuas pengencang (ditunjukkan dengan panah warna merah) yang memungkinkan kepala lepas bisa digerakkan ke depan atau ke belakang. Pastikan untuk mengencangkan kembali tuasnya agar kepala lepas dapat diamankan atau diposisikan dengan tepat.

6.4.5 Rumah Pahat (Toolpost)

Kepala ini digunakan untuk memasang pahat-pahat atau alat-alat potong seperti pahat rata, dll. Alat-alat tersebut diikat dengan beberapa baut. Rumah pahat ini dapat dilepas dengan mengendurkan tuasnya (ditunjukkan dengan panah warna

kuning), sehingga bisa diputar ke kanan atau kiri sesuai dengan kebutuhan.



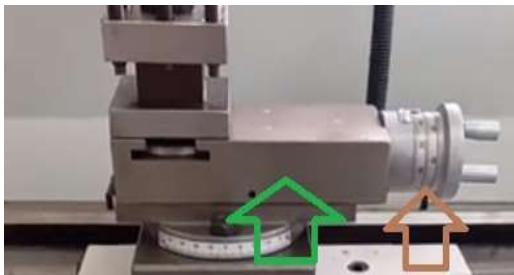
Gambar 6.17. Rumah Pahat (Toolpost)

(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

6.4.6 Eretan

Eretan terbagi menjadi tiga yaitu

1. Eretan Atas



Gambar 6.18. Eretan Atas

(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

Eretan teratas disebut eretan atas (ditunjukkan dengan panah warna hijau). Pada eretan atas ini terdapat pengatur

putaran (ditunjukkan dengan panah warna coklat). Jika kita memutar ke kanan, eretan atas akan bergerak ke depan, dan jika diputar ke kiri, eretan atas akan bergerak ke belakang. Oleh karena itu, eretan ini juga menggerakkan rumah pahat di mana pahat akan dipasang.

2. Eretan melintang

Eretan ini terletak di bagian tengah (ditunjukkan dengan panah warna pink) dan berfungsi untuk menggerakkan pahat secara melintang.

Jadi, jika kita memutarnya ke kanan (ditunjukkan dengan panah warna hitam), pahat akan bergerak ke depan, dan jika kita memutarnya ke kiri, pahat akan bergerak ke belakang.

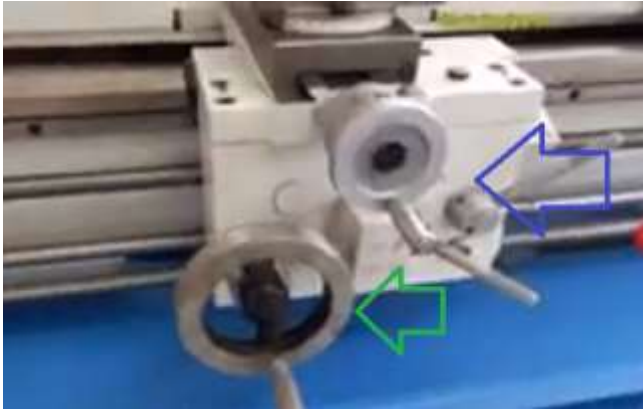


Gambar 6.19. Eretan Melintang

(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

3. Eretan memanjang

Eretan ini digunakan untuk menggerakkan eretan secara memanjang. Jika diputar ke kiri (ditunjukkan dengan panah warna hijau), eretan akan mendekati cekam. Sebaliknya, jika diputar ke kanan, eretan akan menjauhi cekam.



Gambar 6.20. Eretan Memanjang

(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

6.4.7 Alas mesin atau bad atau relnya

Kepala Alas mesin (ditunjukkan dengan panah warna abu-abu) digunakan sebagai jalur pergerakan eretan dan kepala lepas pada mesin.

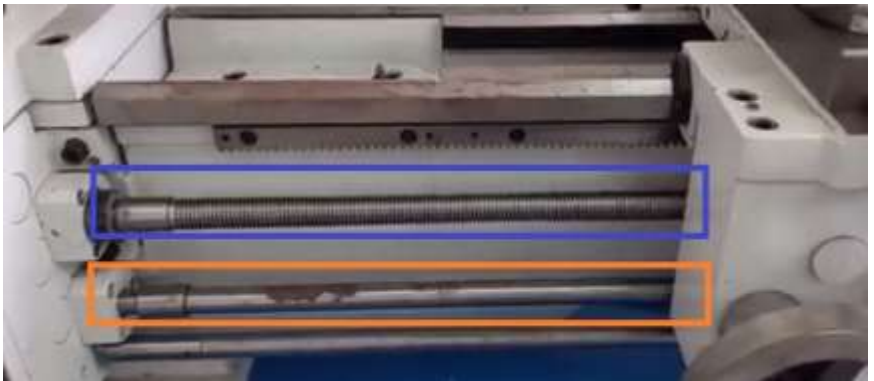


Gambar 6.21. Alas mesin atau bad atau relnya

(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

6.4.8 Berulir dan Poros Polos / Otomatis

Poros berulir (ditunjukkan dengan kotak warna biru) biasanya digunakan untuk membuat ulir, di mana poros ini harus bergerak atau berputar. Sementara itu, untuk gerakan otomatis, poros polos atau otomatis (ditunjukkan dengan kotak warna oranye) harus berputar.

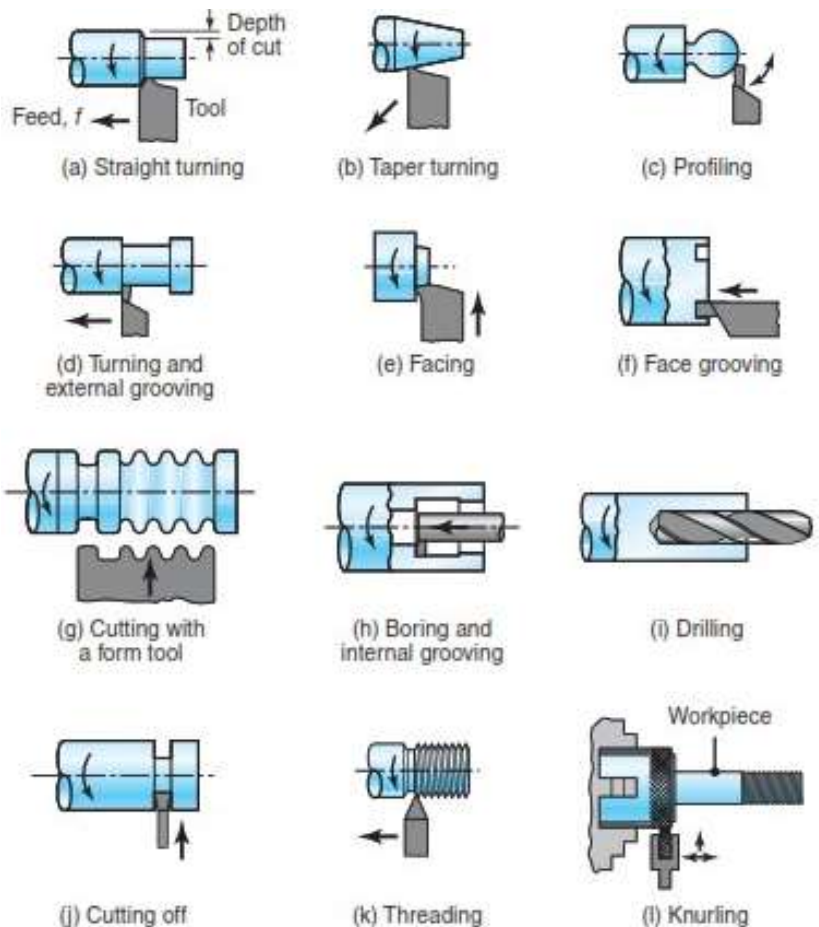


Gambar 6.22. Berulir dan Poros Polos / Otomatis
(Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/>)

6.5 Jenis-Jenis Proses Pembubutan

1. Pembubutan Lurus (*Straight Turning*): Proses pembubutan di mana mesin bubut digunakan untuk menghasilkan benda kerja dengan permukaan yang lurus sepanjang sumbunya.
2. Pembubutan Kerucut (*Taper Turning*): Proses pembubutan di mana mesin bubut digunakan untuk menghasilkan benda kerja dengan permukaan yang meruncing, membentuk kerucut atau bentuk konis.
3. Pembubutan Profil (*Profile Turning*): Proses pembubutan yang melibatkan pembentukan bentuk kompleks pada benda kerja menggunakan alat potong yang sesuai dengan profil yang diinginkan.

4. Pembubutan Alur (*Groove Turning*): Proses pembubutan di mana mesin bubut digunakan untuk membuat alur pada benda kerja. Alur ini dapat berada di bagian luar atau dalam benda kerja.
5. Pembubutan Ulir (*Thread Turning*): Proses pembubutan di mana mesin bubut digunakan untuk membuat ulir pada benda kerja.
6. Pembubutan Internal (*Internal Turning*): Proses pembubutan di mana mesin bubut digunakan untuk membentuk lubang-lubang dalam pada benda kerja.
7. Pembubutan Permukaan Tirus (*Taper Surface Turning*): Proses pembubutan di mana mesin bubut digunakan untuk membuat permukaan yang meruncing pada benda kerja.
8. Pembubutan Bertahap (*Step Turning*): Proses pembubutan di mana benda kerja dibentuk secara bertingkat, mengubah diameter benda kerja pada tahap-tahap tertentu.

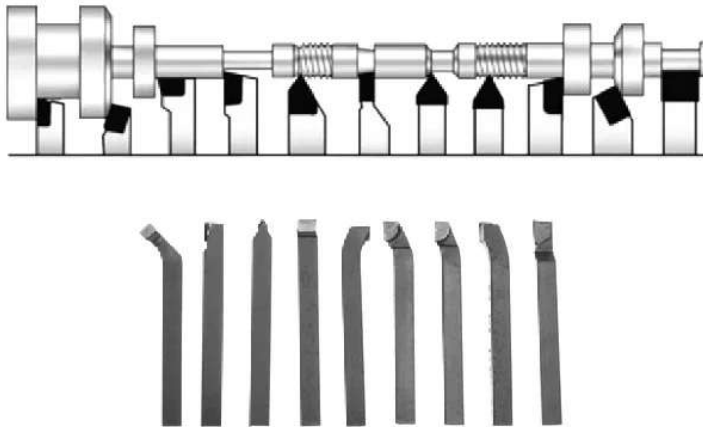


Gambar 6.23. Berulir dan Poros Polos / Otomatis
(Sumber : <https://www.aeroengineering.co.id/>)

9. Pembubutan Dalam (Deep Turning): Proses pembubutan di mana mesin bubut digunakan untuk menghasilkan benda kerja dengan lubang dalam, menggali material dari benda kerja.

6.6 Jenis Pahat Mesin Bubut dan Fungsinya

Dengan banyaknya variasinya, setiap jenis alat bubut mempunyai peranan yang berbeda-beda. Dengan berbagai macam bentuk, mesin bubut pahat dapat digunakan untuk berbagai pekerjaan. Bagian ini akan membahas jenis-jenis perkakas pada mesin bubut dan fungsi uniknya masing-masing.



Gambar 6.24. Jenis-Jenis Pahat Bubut
(Sumber : <https://tehnikmesin.com/>)

6.6.1 Pahat bubut rata

Pahat bubut pipih dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pahat bubut pipih kanan dan pahat bubut pipih kiri. Planer tangan kanan meratakan diameter luar benda kerja dengan gerakan pemotongan dari kanan ke kiri. Sudut di puncaknya adalah 80° . Sedangkan planer kiri digunakan untuk meratakan diameter luar benda kerja dengan gerakan pemotongan kiri ke kanan. Sudut puncaknya juga 80° . Mesin bubut pahat ini ideal untuk mengerjakan permukaan yang dikerjakan oleh tangan kiri.

6.6.2 Pahat bubut sisi

Pahat bubut sisi mirip dengan pahat bubut rata, dengan satu perbedaan kunci: sudut puncaknya hanya mencapai 55° . Pahat ini digunakan untuk meratakan permukaan ujung benda kerja, baik benda kerja yang dipegang oleh pusat (senter) atau tidak. Pemotongannya dimulai dari tengah (titik senter) dan bergerak ke arah tepi, sehingga gerakan pemotongannya bersifat mundur. Dalam menggunakan pahat bubut sisi, sangat penting untuk memastikan putaran benda kerja yang benar. Kesalahan dalam putaran bisa mengakibatkan pemotongan tidak merata dan memberikan tekanan berlebih pada pahat, yang mungkin menyebabkan patahnya pahat tersebut.

6.6.3 Pahat bubut potong

Pahat bubut potong digunakan untuk memisahkan material pada benda kerja. Proses pemisahan ini melibatkan penahanan benda kerja (untuk benda kerja yang panjang) atau tanpa penahanan pada pusat (untuk benda kerja yang pendek). Penting untuk memastikan bahwa pemotongan tidak menyebabkan putusnya benda kerja, menghindari meloncatnya benda kerja, dan mencegah patahnya pahat.

6.6.4 Pahat bubut ulir luar dan dalam

Pahat ulir adalah alat yang digunakan untuk membentuk ulir, baik dalam skala besar maupun kecil. Ada beberapa jenis ulir yang dapat dihasilkan, termasuk ulir kanan, ulir kiri, ulir tunggal, dan ulir ganda. Pahat bubut ini dapat disesuaikan dan dibentuk sesuai kebutuhan hasil akhirnya. Sudut pahatnya bervariasi tergantung pada jenis ulir yang akan dibuat. Sebagai contoh, ulir metris memiliki sudut 60° , sementara ulir whitworth memiliki sudut 55° .

6.6.5 Pahat alur

Pahat alur adalah jenis pahat bubut yang difungsikan untuk membuat alur atau celah pada benda kerja sesuai dengan keperluan. Umumnya, ini digunakan sebagai pembatas saat menciptakan ulir pada benda kerja.

6.6.6 Pahat bubut bentuk

Pahat bentuk adalah jenis pahat yang memiliki berbagai bentuk mata pemotong, sehingga hasil pemotongannya akan mengikuti bentuk mata pahat tersebut. Biasanya, pahat ini memiliki sudut-sudut bebas dan radius tertentu, memungkinkannya untuk bergerak ke kiri, ke kanan, atau maju secara tegak lurus.

6.6.7 Pahat chamfeer

Pahat chamfer adalah jenis pahat yang digunakan untuk proses chamfer, yaitu meruncingkan atau menumpulkan setiap ujung tajam pada benda kerja. Tujuannya adalah memudahkan proses perakitan benda kerja. Pahat bubut ini memiliki sudut tertentu, biasanya sekitar $0,2 \text{ mm} \times 45^\circ$.

6.6.8 Pahat bubut rata

Pahat bubut rata dalam digunakan untuk memproses lubang atau bagian dalam benda kerja, seringkali untuk memperbesar diameter lubang yang sudah ada.

6.6.9 Pahat bubut facing

Pahat bubut facing dalam adalah alat bubut yang dirancang untuk meratakan bagian muka atau facing di dalam lubang benda kerja.

6.6.10 Pahat alur dalam

Pahat alur dalam digunakan khusus untuk membuat alur di dalam lubang benda kerja.

6.7 Parameter pada proses pembubutan

Parameter pemotongan pada mesin bubut merupakan informasi yang meliputi perhitungan dasar, rumus dan tabel yang menjadi dasar teknologi pemotongan atau pemotongan pada mesin bubut. Parameter pemotongan ini berkaitan dengan beberapa aspek, seperti kecepatan potong (Cs), kecepatan putaran mesin (Revolutions per Minute - RPM), laju pemakanan (Feed - F) dan waktu pemrosesan pemesinan.

Tabel 6.1. Kecepatan Potong Bahan

Bahan	Pahat Bubut HSS		Pahat Bubut Karbida	
	m/men	Ft/min	M/men	Ft/min
Baja lunak (Mild Steel)	18-21	60-70	30-250	100-800
Besi Tuang (Cast Iron)	14-17	45-55	45-150	150-500
Perunggu	21-24	70-80	90-200	300-700
Tembaga	45-90	150-300	150-450	500-1500
Kuningan	30-120	100-400	120-300	400-1000
Alumunium	90-150	300-500	90-180	100-600

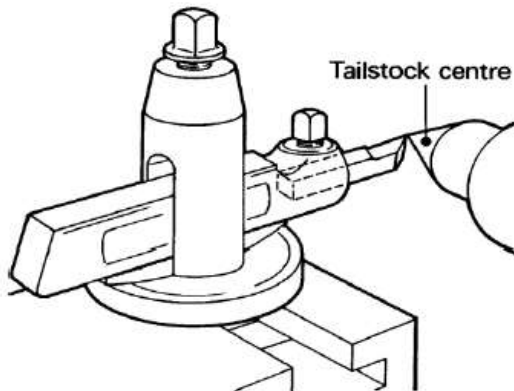
Sumber:handlemesin

6.8 Proses Bubut Dasar

Teknik pembubutan merujuk pada metode pelaksanaan berbagai proses pembubutan, yang harus dilakukan sesuai dengan pedoman yang sesuai dengan prinsip-prinsip teori yang mendukungnya. Saat melaksanakan proses pembubutan, penting untuk mengikuti pedoman tersebut, dan juga menerapkan prinsip-prinsip kesehatan, keselamatan kerja, dan perlindungan lingkungan (K3L). Banyak teknik-teknik yang harus diterapkan dalam proses pembubutan, termasuk cara memasang pahat bubut, menyiapkan permukaan, membuat lubang senter, melakukan pemotongan lurus, mengalur, membuat ulir, melakukan pemotongan, mengecilkan sudut tepi, dan lain sebagainya.

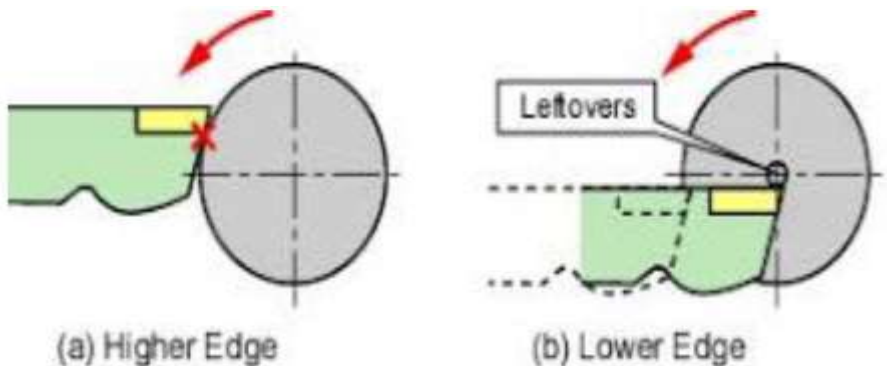
6.8.1 Pemasangan pahat bubut

Persyaratan utama dalam menjalankan proses pembubutan adalah memastikan bahwa pahat bubut dipasang pada ketinggian yang sama dengan pusat senter. Persyaratan ini penting dilakukan untuk mencegah perubahan geometri pada pahat bubut yang sedang digunakan, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar di bawah.



Gambar 6.25. Pemasangan ketinggian pahat bubut
(Sumber : Widarto, 2008)

Perubahan geometri pada pahat bubut dapat mengakibatkan perubahan pada sudut bebas potong dan sudut buang tatalnya. Dampak dari perubahan ini adalah hasil pembubutan yang tidak maksimal. Pada proses pembubutan permukaan atau facing, jika pahat bubut dipasang di bawah sumbu senter, permukaan yang dibubut tidak akan rata. Sebaliknya, jika pahat bubut dipasang di atas sumbu senter, pahat tidak dapat memotong dengan baik karena sudut bebas potongnya menjadi sangat kecil, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar di bawah. Dampak-dampak lain akibat ketidaksesuaian pemasangan pahat bubut dengan sumbu senter telah dijelaskan dalam materi sebelumnya.

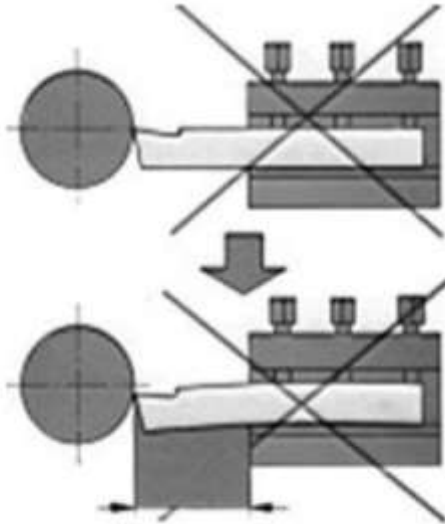


Gambar 6.26. Pemasangan pahat bubut tidak setinggi sumbu senter

(Sumber : Widarto, 2008)

Untuk menghindari perubahan ketinggian alat pemutar setelah pemasangan, penting untuk memasang alat dengan kuat dan aman. Selain itu, untuk menghindari getaran dan patahnya pahat akibat terlalu banyak tenaga, maka pada saat memasang pahat tidak boleh terlalu menonjol atau terlalu panjang dibandingkan dengan penyangganya. Secara umum, panjang alat

pemutar tidak boleh melebihi dua kali panjang sisi persegi, seperti terlihat pada gambar di bawah.



Gambar 6.27. Pemasangan pahat bubut terlalu panjang
(Sumber : Widarto, 2008)

6.8.2 Pembubutan Permukaan Benda Kerja (Facing)

Membubut permukaan benda kerja adalah proses pembubutan yang bertujuan untuk meratakan permukaan ujung benda kerja. Dalam melakukan proses ini, ada beberapa persyaratan yang harus dipatuhi, antara lain:

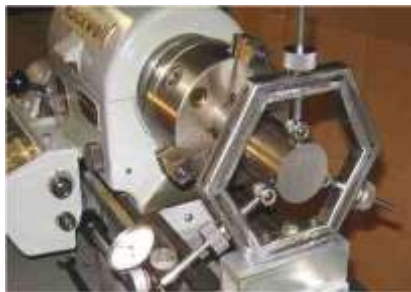
a. Pemasangan Benda Kerja

Untuk benda kerja yang tidak terlalu panjang, disarankan agar pemasangannya tidak keluar terlalu jauh dari permukaan rahang cekam, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar di bawah. Hal ini bertujuan untuk mencegah perubahan posisi atau kestabilan benda kerja, serta untuk menghindari getaran yang mungkin terjadi karena tumpuan benda kerja terlalu menjauh.



Gambar 6.28. Pemasangan pahat bubut terlalu panjang
(Sumber : Widarto, 2008)

Jika benda kerja memiliki ukuran yang cukup panjang dan tidak memungkinkan untuk dipotong terlebih dahulu, dianjurkan untuk menggunakan penahan benda kerja seperti steady rest saat melakukan proses pembubutan permukaan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar di bawah ini. Penahan ini digunakan untuk mendukung dan menjaga stabilitas benda kerja selama proses pembubutan.

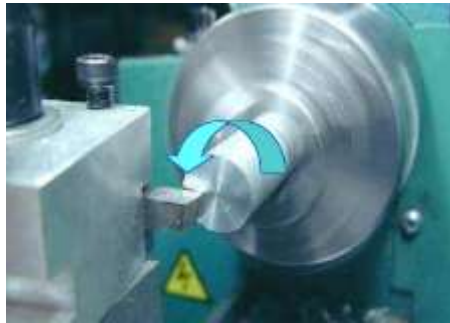


Gambar 6.29. Pemasangan pahat bubut terlalu panjang
(Sumber : Widarto, 2008)

- b. Proses Pembubutan Permukaan Benda Kerja (Facing)
Prinsip dasar pemotongan dalam proses pembubutan adalah ketika putaran benda kerja berlawanan arah dengan gerakan mata potong alatnya. Oleh karena itu, berdasarkan

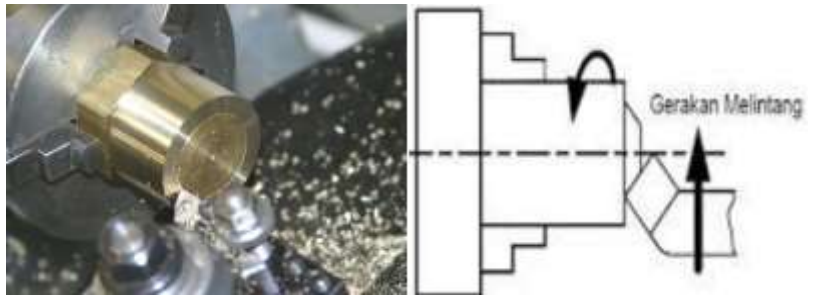
prinsip ini, pembubutan permukaan benda kerja dapat dilakukan melalui beberapa metode, seperti:

- a) Posisi start pahat bubut dari sumbu senter benda kerja.
Membubut permukaan benda kerja dengan memulai pemotongan dari sumbu senter berarti proses pembubutan dimulai dari tengah permukaan benda kerja atau dari titik sumbu senter, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar di bawah. Proses pembubutan facing dengan pendekatan ini dapat dijalankan dengan syarat bahwa arah putaran mesin berlawanan arah dengan arah jarum jam.



Gambar 6.30. Pembubutan permukaan start pahat bubut
(Sumber : Widarto, 2008)

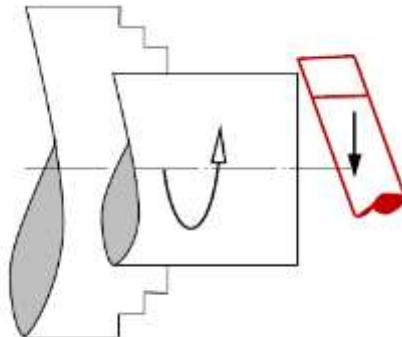
- b) Posisi start pahat bubut dari luar bagian kiri benda kerja.
Membubut permukaan benda kerja dengan memulai pemotongan dari luar bagian kiri benda kerja berarti proses pembubutan dimulai dari luar tepi kiri benda kerja dan bergerak menuju sumbu senter, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4.6. Proses pembubutan facing dengan pendekatan ini memerlukan arah putaran mesin yang berlawanan arah dengan arah jarum jam.



Gambar 6.31. Pembubutan permukaan
(Sumber : Widarto, 2008)

- c) Posisi start pahat bubut dari luar bagian kanan benda kerja.

Membubut permukaan benda kerja dengan memulai pemotongan dari luar bagian kanan benda kerja berarti proses pembubutan dimulai dari luar tepi kanan benda kerja dan bergerak menuju sumbu senter, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.32 Proses pembubutan facing dengan pendekatan ini dapat dijalankan dengan syarat bahwa arah putaran mesin searah dengan arah jarum jam.



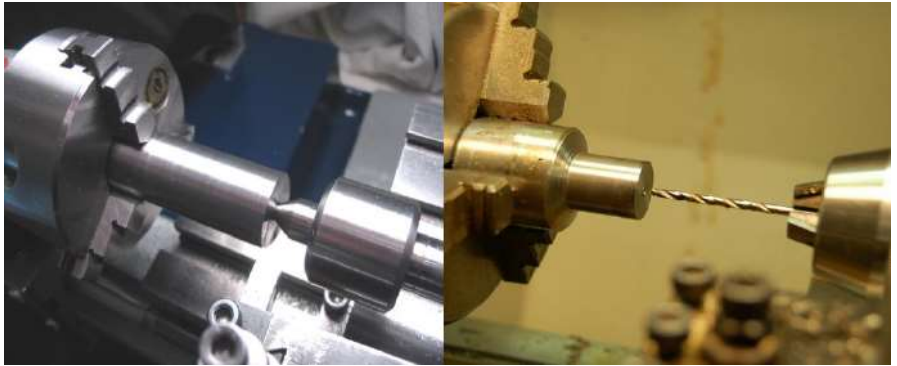
Gambar 6.32. Pembubutan permukaan diawali dari luar bagian kanan benda kerja
(Sumber : Widarto, 2008)

6.8.1 Pembubutan/Pembuatan Lubang Senter

Pembubutan atau pembuatan lubang senter dengan menggunakan bor senter pada permukaan ujung benda kerja, seperti yang terlihat dalam Gambar 6.33 bertujuan memberikan dudukan pada ujung benda kerja. Hal ini penting dalam proses pembubutan karena ujung benda kerja membutuhkan dukungan dari senter putar atau berfungsi sebagai panduan sebelum dilakukan pengeboran, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar di bawah ini.



Gambar 6.33. Pembubutan lubang senter pada permukaan ujung benda kerja
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.34. Fungsi lubang senter bor sebagaiudukan senter putar dan pengarah pengeboran
(Sumber : Widarto, 2008)

Untuk mencegah patahnya ujung mata bor senter akibat kesalahan prosedur, ada beberapa persyaratan tambahan yang harus diperhatikan saat membuat lubang senter pada mesin bubut, selain persyaratan yang sudah disebutkan sebelumnya seperti membatasi penonjolan benda kerja dan menggunakan penahan benda kerja (*steady rest*) untuk benda kerja yang panjang. Persyaratan lainnya meliputi:

1. Poros obor pemotong pada poros mesin harus berupa poros tunggal dengan kepala yang dapat dilepas. Sebelum melakukan proses pembuatan lubang torch pada mesin bubut, syarat utama yang harus dipenuhi adalah memastikan bahwa sumbu dari moving head torch tersebut sejajar atau sejajar dengan sumbu torch pada poros mesin, yang berfungsi sebagai penopang atau penopang. Jika kedua sumbu obor las tidak sejajar, kemungkinan putusnya ujung obor akan semakin besar. Hal ini terjadi karena torsi yang tidak selaras saat menggunakan bor obor. Penyetelan kelurusan sumbu bebas lampu depan relatif terhadap sumbu obor poros mesin dapat dilakukan dengan dua cara.

Pertama, untuk memperoleh hasil yang sangat akurat digunakan alat seperti strip uji dan indikator, dengan petunjuk penggunaan ditunjukkan pada Gambar 4.10. Opsi kedua, yang memberikan hasil standar dan tidak memerlukan presisi tinggi, melibatkan menyatukan kedua ujung senter, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 6.35. Mengatur kesepusan sumbu dengan alat bantu batang pengetes dan dial indikator
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.36. Mengatur kesepusan sumbu senter dengan mempertemukan kedua ujung senter
(Sumber : Widarto, 2008)

Dalam melakukan penyetelan titik tengah sumbu speedlight, apabila sumbu speedlight moving head tidak sejajar atau lurus dengan sumbu speedlight poros mesin, maka langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

Lepaskan dudukan kepala dari meja. Hal ini dapat dilakukan dengan mengendurkan baut pengencang atau menggunakan pegangan yang disediakan. Setelah penahannya dilepas, Anda dapat mengatur posisi poros moving head dengan cara menggerakkannya ke kiri atau ke kanan dengan baut yang ada di bagian bawah badan moving head seperti terlihat pada Gambar 6.37 Lanjutkan melakukan penyesuaian ini hingga sumbu sejajar atau konsentris.

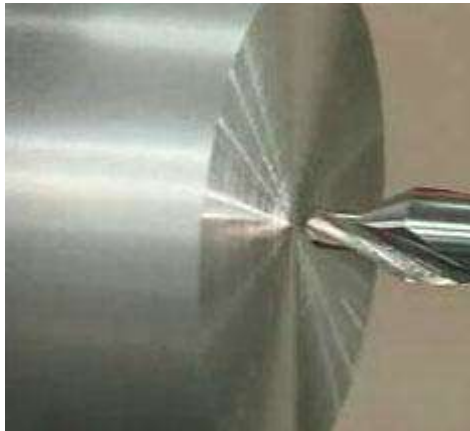


Gambar 6.37. Mengatur kesepusan sumbu senter dengan mempertemukan kedua ujung senter
(Sumber : Widarto, 2008)

Proses penyetelan sumbu obor ini juga dapat dijadikan acuan saat melakukan berbagai proses pembubutan. Misalnya, saat melakukan pembubutan lurus dengan menggunakan dudukan obor yang berputar, pembubutan lurus antara dua obor, pengeboran, perataan, atau operasi pembubutan lainnya memerlukan titik tengah dari kedua sumbu obor.

2. Permukaan harus benar-benar rata.

Sebelum membuat lubang obor, terlebih dahulu permukaan benda kerja harus dihaluskan dengan cara diputar atau dihadap, seperti terlihat pada Gambar 6.38 Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa obor pemotongan bersentuhan dengan permukaan benda kerja pada awal penggunaan tanpa mengalami sentakan atau torsi yang tidak merata pada ujung ujung tombak, sehingga proses dapat berjalan dengan lancar dan aman sepenuhnya.



Gambar 6.38. Permukaan benda kerja harus benar-benar rata sebelum pembuatan lubang senter
(Sumber : Widarto, 2008)

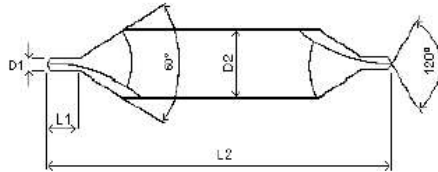
3. Putaran Mesin Harus Sesuai Ketentuan.

Perputaran mesin bubut pada saat pembuatan lubang senter harus memenuhi ketentuan, khususnya selain besarnya sudut putaran mesin juga harus sesuai dengan perhitungan, arah putaran tidak boleh dibalik (mesin harus berputar berlawanan arah jarum jam).



Gambar 6.39. Putaran mesin bubut harus berlawanan dengan arah jarum jam
(Sumber : Widarto, 2008)

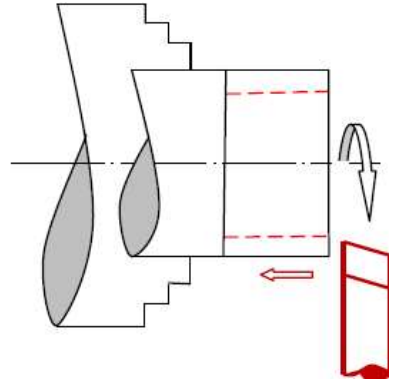
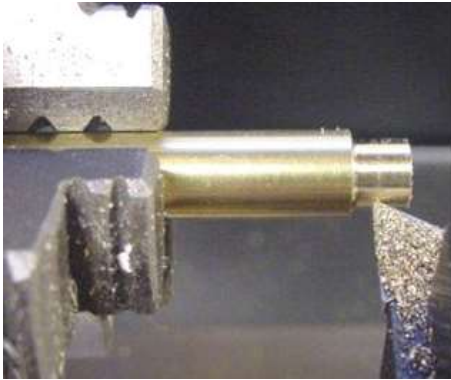
Dalam menentukan putaran mesin saat membuat lubang senter, acuan dasar perhitungannya adalah diameter terkecil (D_1) pada ujung mata potong senter bor. Namun, tidak ada ketentuan baku mengenai kedalaman lubang senter bor; hal ini tergantung pada penggunaannya, baik sebagai panduan pengeboran atau sebagai penopang ujung senter putar saat melakukan pembubutan. Sebagai solusi untuk mengakomodasi kedua kebutuhan tersebut, umumnya kedalaman lubang senter bor dibuat antara $1/3$ hingga $2/3$ dari bagian tirus yang memiliki sudut besar sekitar 60° , sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar di bawah.



Gambar 6.40. Dimensi bor senter (centre drill) dan hasil pembubutan lubang senter bor
(Sumber : Widarto, 2008)

6.8.3 Pembubutan Lurus/Rata

Pembubutan lurus merupakan suatu proses pembubutan yang bertujuan untuk menghasilkan permukaan lurus rata dengan diameter yang sama pada kedua ujungnya. Cara memegang atau mengamankan benda kerja selama pembubutan lurus berbeda-beda tergantung pada panjang benda kerja. Untuk bagian yang relatif pendek, pemasangan dapat dilakukan langsung dengan mesin chuck. Pada bagian yang lebih panjang, ujung yang menonjol dapat dipegang dengan obor putar, sedangkan pada bagian yang sangat panjang dan bergetar, selain menggunakan obor putar pada ujung yang menonjol, bagian tengah juga harus dipegang dengan obor. dudukan atau bezel benda kerja, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 6.41. Pembubutan lurus dengan cekam mesin
(Sumber : Widarto, 2008)

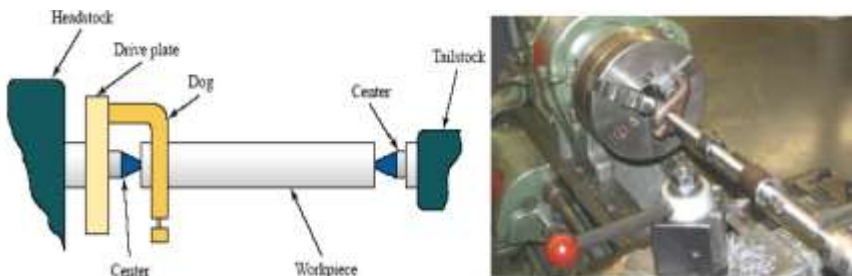


Gambar 6.42. Pembubutan lurus, benda kerja ditahan dengan
senter putar
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.43. Pembubutan lurus benda kerja ditahan dengan senter putar dan tengahnya ditahan dengan *steady rest*
(Sumber : Widarto, 2008)

Ketiga cara pemasangan benda kerja tersebut di atas merupakan cara pembubutan lurus, tidak memerlukan pemusatan atau paralelisme diameter dengan kedua lubang yang dibor. Namun jika diameter benda kerja harus sejajar dan berada di antara kedua lubang bor karena akan menjalani pemesinan lebih lanjut, maka pemasangan harus dilakukan di antara kedua flash, seperti terlihat pada gambar di bawah.

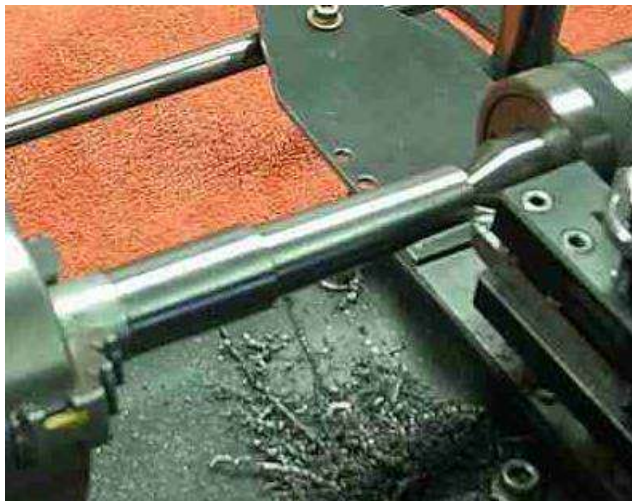


Gambar 6.44. Pembubutan lurus diantara dua senter
(Sumber : Widarto, 2008)

Untuk memastikan hasil putaran yang lurus, terutama bila menggunakan dudukan obor yang berputar atau dipasang di antara dua obor, sumbu obor yang bergerak harus sejajar dan terpusat pada sumbu penutup poros utama mesin. Jika tidak sejajar maka putaran yang dihasilkan bisa meruncing atau tidak lurus. Sentralitas sumbu ini adalah kunci untuk mencapai akurasi yang diinginkan saat berbelok.

6.8.4 Pembubutan Tirus (Taper)

Pembubutan tirus merujuk pada proses pembubutan benda kerja sehingga ukuran diameter antara ujung satu dengan yang lainnya berbeda, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 6.45. Perbedaan diameter ini disengaja dan merupakan bagian dari desain atau spesifikasi yang diinginkan untuk tujuan tertentu. Dalam pembubutan tirus, benda kerja sengaja dibuat dengan kekurangan diameter pada satu ujungnya, menciptakan bentuk yang meruncing atau mengecil.

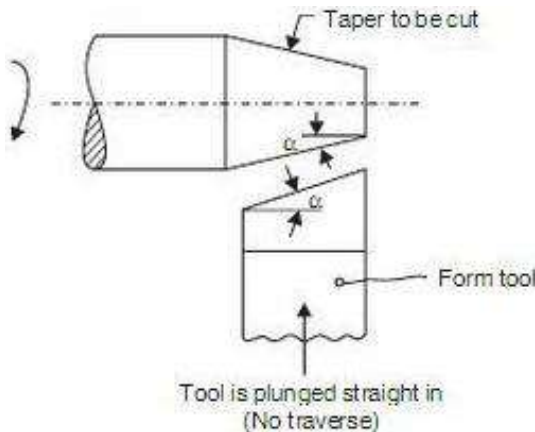


Gambar 6.45. Pembubutan tirus
(Sumber : Widarto, 2008)

Pembubutan lancip pada dasarnya mengikuti prinsip yang sama dengan pembubutan lurus, yaitu pemotongan terjadi bila mesin berputar berlawanan arah dengan ujung tombak alat pembubut. Yang membedakannya adalah pada saat taper turning, pergerakan pahat disesuaikan dengan sudut taper yang diinginkan pada benda kerja. Pembubutan lancip dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

Putaran kerucut pendek: Untuk blanko dengan lancip pendek dapat dibentuk dengan menggunakan pahat bubut, seperti terlihat pada Gambar 6.46. Lancip rata-rata: Untuk bagian dengan lancip sedang, penggeser atas dapat digeser, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.47. Pembubutan lancip luar yang panjang: Untuk bagian luar lancip yang relatif panjang, posisi kepala pemotongan bagian bawah dapat dikompensasi, seperti terlihat pada Gambar 6.48. Pembubutan lancip panjang eksternal/internal:

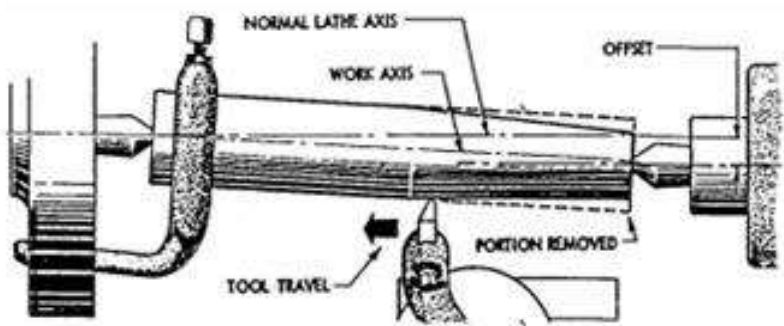
Untuk bagian luar/dalam bagian lancip yang relatif panjang dapat menggunakan peralatan khusus seperti alat pelengkap lancip, seperti terlihat pada Gambar 6.49.



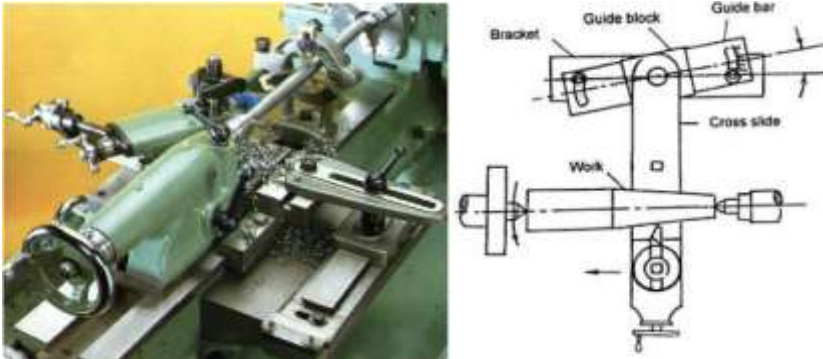
Gambar 6.46. Pembubutan tirus dengan membentuk pahat pahat bubut
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.47. Pembubutan tirus dengan menggeser eretan atas
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.48. Pembubutan tirus dengan menggeser kedudukan kepala lepas
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.49. Pembubutan tirus dengan menggunakan perlengkapan tirus
(Sumber : Widarto, 2008)

Dalam konteks mencapai kompetensi yang diinginkan pada pembelajaran ini, pembubutan tirus akan dijelaskan menggunakan metode menggeser eretan atas. Metode-metode pembubutan tirus yang lainnya akan diuraikan pada buku teks bahan ajar jilid berikutnya. Ini bertujuan untuk memastikan pemahaman yang mendalam terhadap pembubutan tirus dengan satu metode sebelum memperkenalkan teknik-teknik lainnya pada tingkat pembelajaran selanjutnya.

6.8.5 Pembubutan Alur (*Groove*)

Pembubutan alur adalah proses pembubutan benda kerja yang bertujuan untuk membuat alur pada bidang permukaan, baik itu pada bagian luar maupun dalam benda kerja, atau pada bagian depannya, sesuai dengan persyaratan pekerjaan yang ditentukan, seperti yang terlihat dalam Gambar 6.50. Dalam proses ini, alur-alur yang dibuat harus sesuai dengan spesifikasi dan ukuran yang diinginkan untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan.



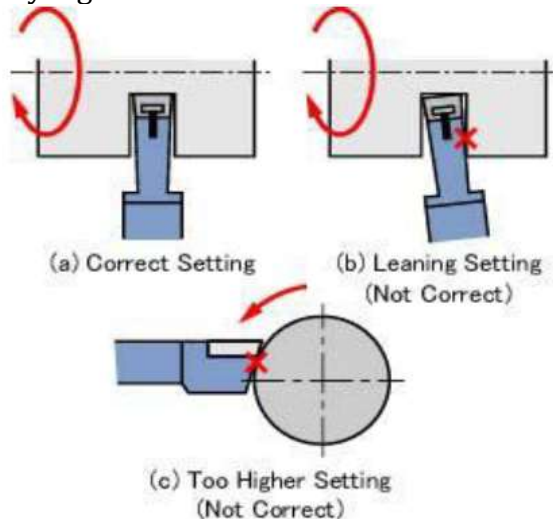
Gambar 6.50. Pengaluran dengan berbagai posisi
(Sumber : Widarto, 2008)

Proses pembubutan alur melibatkan penggunaan pahat yang telah diasah dengan mesin gerinda untuk mencocokkan bentuk alur yang diinginkan. Kecepatan potong yang direkomendasikan dalam pembubutan alur sebaiknya sekitar sepertiga hingga setengah dari kecepatan potong pada pembubutan rata. Hal ini disarankan karena bidang potong pada saat proses pembubutan alur relatif lebih lebar, sehingga memerlukan kecepatan potong yang lebih rendah untuk menghasilkan hasil kerja yang baik. Dengan mengurangi kecepatan potong, proses pembubutan alur dapat dilakukan dengan lebih akurat dan presisi.

1. Pemasangan Pahat

Syarat pemasangan pahat pada proses grooving pada prinsipnya sama dengan pahat untuk proses pembubutan lainnya, yaitu harus sama tingginya dengan tempat pemotongan. Namun untuk menghindari hasil grooving yang melebihi lebar alat grooving, maka pemasangan pahat harus tegak lurus terhadap sumbu mesin, seperti terlihat pada Gambar 6.51. Dengan memastikan alat dipasang

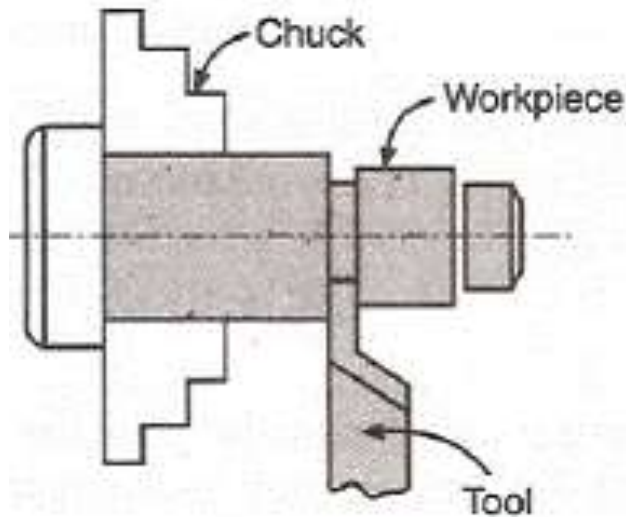
dengan benar, hasil grooving dapat mencapai ketelitian yang diinginkan dan menghindari kesalahan bentuk dan ukuran alur yang dihasilkan.



Gambar 6.51. Pemasangan pahat alur
(Sumber : Widarto, 2008)

2. Pemasangan Benda Kerja

Persyaratan pemasangan blanko selama pembubutan alur pada dasarnya sama dengan persyaratan pemasangan blanko selama proses pembubutan lainnya. Selain kokoh, untuk part yang panjangnya relatif pendek, pengencangan dapat dilakukan langsung dengan mesin chuck, seperti terlihat pada Gambar 6.52. Dengan memastikan benda kerja dipegang dengan kuat dan akurat, pembuatan alur dapat dilakukan secara konsisten dan akurat.



Gambar 6.52. Pengaluran benda kerja dengan pengikutan cekam mesin
mesin
(Sumber : Widarto, 2008)

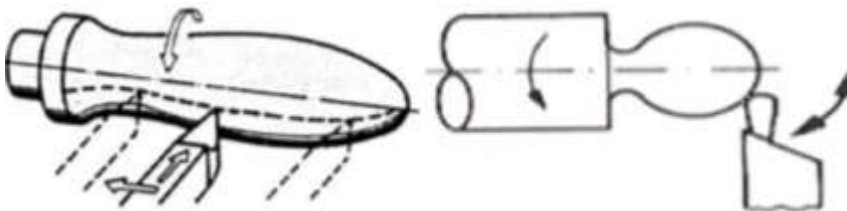
Untuk benda kerja yang memiliki ukuran relatif panjang, pengikutan pada ujungnya harus ditahan atau didukung dengan senter putar, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 6.53. Tindakan ini penting untuk menjaga stabilitas dan mencegah getaran pada benda kerja, sehingga hasil pengaluran alur maksimal dan pahat yang digunakan tidak rentan patah. Dengan menggunakan senter putar, benda kerja dapat diposisikan dengan presisi dan keamanan, memastikan hasil pembubutan alur yang berkualitas dan akurat.



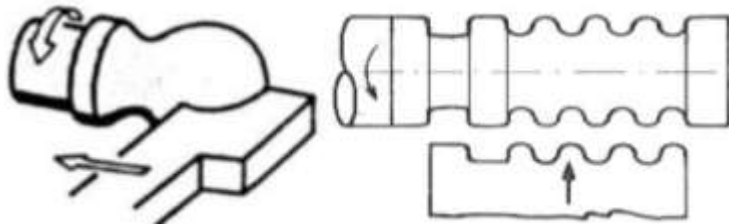
Gambar 6.53. Pengaluran benda kerja dengan pendukung senter putar
(Sumber : Widarto, 2008)

6.8.6 Pembubutan Bentuk (Profil)

Pembubutan profil adalah proses pembubutan yang bertujuan untuk membentuk permukaan benda kerja sesuai dengan tuntutan pekerjaan. Proses ini melibatkan pengaturan gerakan pahat secara manual atau penggunaan perlengkapan bubut copy, seperti yang terlihat pada Gambar 6.54. Cara lain untuk melakukan pembubutan profil adalah dengan membentuk pahat bubut sesuai dengan bentuk yang diinginkan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.55. Dengan menggunakan metode ini, permukaan benda kerja dapat dibentuk dengan akurat dan sesuai dengan bentuk yang diinginkan, memenuhi spesifikasi pekerjaan dengan tepat.



Gambar 6.54. Pembubutan profil dengan gerakan pahat
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.55. Pembubutan profil dengan pahat bubut bentuk
(Sumber : Widarto, 2008)

Dalam proses pembubutan profil yang menggunakan pahat bubut bentuk, disarankan untuk memperhatikan pemakanan dan kecepatan putaran. Karena bidang mata sayatnya yang memotong lebar, pemakanan dan kecepatan putar harus diatur sedemikian rupa agar tidak terlalu besar. Disarankan untuk mempertahankan pendekatan yang sama seperti saat melakukan pembubutan alur. Dengan mengendalikan pemakanan dan kecepatan putar, beban ekstra dan gesekan yang tinggi terhadap pahat dapat diminimalkan. Hal ini penting untuk menjaga ketajaman pahat dan menghasilkan hasil pembubutan profil yang akurat serta halus.

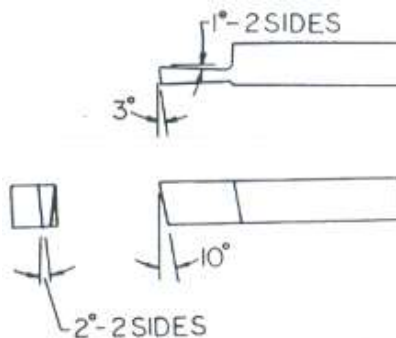
6.8.7 Pemotongan Pada mesin Bubut (Cutting off)

Pemotongan mesin bubut mengacu pada proses pemotongan suatu bagian dengan menggunakan mesin bubut. Biasanya pemotongan dilakukan untuk melengkapi atau memperkirakan panjang bagian yang telah diproses sebelumnya, terutama jika bagian tersebut tidak dapat diletakkan terbalik atau tidak dapat diproses dengan cara lain. Selama proses pemotongan, beberapa persyaratan umum yang harus dipenuhi, antara lain: Gunakan alat pemotong dengan geometri standar, pastikan pemasangan part dengan kuat tidak terlalu menonjol dari rahang chuck untuk benda pendek, pastikan pemasangan alat pemotong kokoh dan tidak terlalu menonjol melebihi dudukannya, gunakan a putaran mesin sekitar $1/4$ sampai $1/3$ dari putaran normal,

pastikan benda kerja yang akan dipotong sedikit lebih lebar dari mata pahat agar tidak terjepit, dan jika benda panjang gunakan dudukan Obor las berputar sesuai prosedur yang benar. Semua langkah ini penting untuk memastikan pemotongan mesin bubut yang akurat dan aman.

1. Geometri Pahat Bubut Potong

Untuk hasil pemotongan yang baik, penting untuk memastikan bahwa bentuk alat pemotong sesuai dengan peraturan. Misalnya, saat memotong benda kerja berdiameter besar dengan kedalaman pemotongan yang signifikan, perhatikan penajaman bagian tepi alat pemotong. Sudut penajaman harus dikurangi 1° hingga 2° agar pahat tidak terjepit saat digunakan (lihat Gambar 6.56). Langkah ini membantu menghindari masalah selama pemotongan dan memastikan hasil yang akurat dan aman.

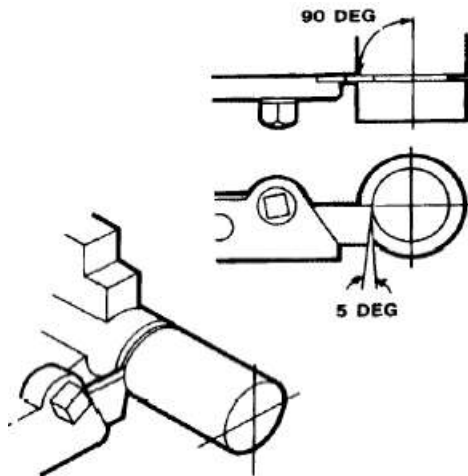


Gambar 6.56. Geometri Pahat potong
(Sumber : Widarto, 2008)

2. Pemasangan Pahat Potong

Pemasangan pahat potong harus dilakukan pada ketinggian yang sama dengan sumbu obor potong (lihat Gambar 6.57), karena tinggi pemasangan ini mempunyai pengaruh yang

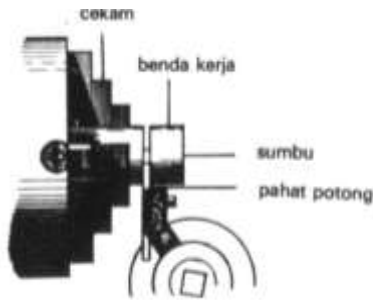
besar terhadap geometri pemotongan, khususnya sudut jarak bebas pemotongan bagian depan. Jika dipasang terlalu tinggi, ujung mata pisau akan berada di atas sumbu senter, sehingga tidak dapat dipotong dengan baik. Sebaliknya jika terlalu rendah maka pahat akan terkena gaya potong yang besar, mudah patah, dan benda kerja juga bisa terangkat. Oleh karena itu, penyesuaian ketinggian pemasangan harus tepat untuk memastikan pemotongan yang efektif dan aman.



Gambar 6.57. Geometri Pahat potong
(Sumber : Widarto, 2008)

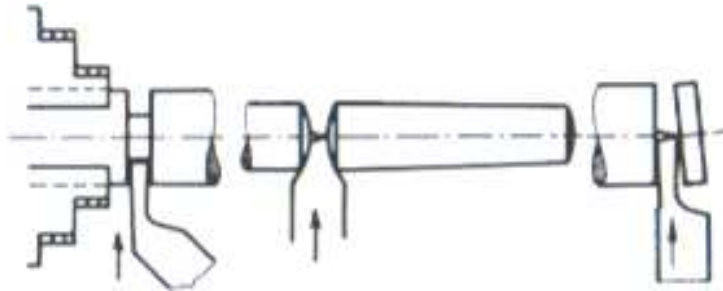
3. Proses pemotongan

Pada mesin bubut, proses pemotongan benda kerja sering melibatkan ukuran yang pendek dan panjang. Untuk benda kerja yang pendek, metodenya adalah dengan menjepit langsung menggunakan cekam mesin, seperti yang terlihat pada Gambar 6.58.



Gambar 6.58. Proses pemotongan benda kerja berukuran pendek.
(Sumber : Widarto, 2008)

Dalam pemotongan benda kerja yang panjang, diperbolehkan menggunakan senter putar untuk menahannya, namun pemotongannya tidak boleh dilakukan sampai putus. Sebagai alternatif, sebagian dari benda kerja dapat disisakan untuk kemudian digergaji, atau pemotongan dapat dilanjutkan tanpa dukungan senter, tetapi harus diawasi secara hati-hati untuk menghindari pembengkokan benda kerja dan patahnya pahat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.59. Cara lain untuk pemotongan benda kerja yang panjang adalah dengan mendukung benda kerja pada ujungnya menggunakan penahan benda kerja atau steady rest, seperti yang terlihat pada Gambar 6.60.



Gambar 6.59. Pemotongan benda kerja berukuran panjang.
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.60. Menahan benda kerja sebelum dipotong dengan *steady rest*
(Sumber : Widarto, 2008)

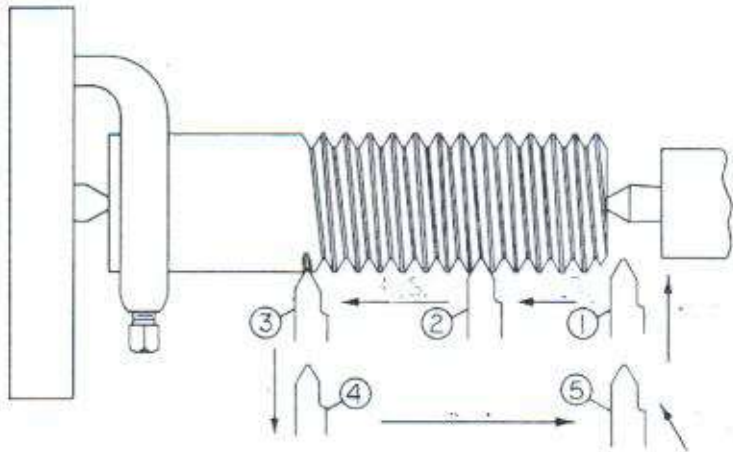
6.8.8 Pembubutan Ulir Pada Mesin bubut

Pemotongan benang pada mesin bubut standar sebenarnya merupakan pilihan terakhir, hanya digunakan jika jenis benang yang dibutuhkan tidak tersedia di pasaran umum atau bila benang yang dibutuhkan adalah jenis benang khusus. Mesin bubut standar dirancang untuk lebih dari sekedar threading. Akibatnya, proses threading pada mesin ini memakan waktu, kurang presisi, dan memerlukan pemahaman menyeluruh tentang teknik yang terlibat

sebelum memulai. Untuk produksi benang dalam jumlah besar atau massal, metode lain digunakan seperti mesin penggulungan, pencetakan, pengepresan, atau mesin pembentuk benang khusus yang dirancang khusus untuk memastikan proses yang cepat dan hasil yang akurat. Dalam semua metode pembuatan ini, penting untuk mengacu pada standar yang berlaku umum, termasuk nama jenis benang, bagian, dimensi, toleransi dan terminologi terkait agar dapat menggunakan hasil sesuai dengan tujuan penggunaan. Pada proses threading segitiga, selain mengikuti tata letak umum seperti proses pembubutan lainnya, ada beberapa teknik dasar lain yang perlu dipahami sebelum memulai threading. Beberapa teknik dasar yang terlibat dalam proses ini meliputi:

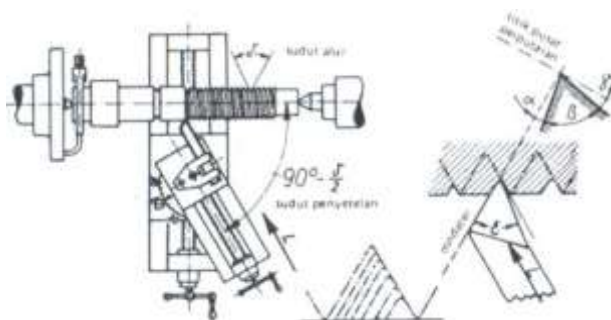
1. Metoda Pemotongan Ulir Segitiga.

Pemotongan ulir dengan cara tegak lurus terhadap sumbu, atau dengan menggunakan eretan lintang, merujuk pada proses pembubutan ulir di mana pahat ulir maju terus menerus tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Dalam metode ini, ketiga sisi mata potong pahat bubut bekerja bersama-sama melakukan pemotongan (lihat Gambar 6.61). Keuntungan dari metode ini adalah prosesnya lebih cepat, memberikan hasil yang halus, dan relatif mudah dilakukan. Namun, kelemahannya adalah beban pada pahat lebih besar karena ketiga mata potongnya bekerja bersamaan, menyebabkan pahat cepat panas dan rentan terhadap kerusakan. Metode ini sebaiknya digunakan hanya untuk pemotongan ulir dengan ukuran kecil atau gang/kisar yang kecil.



Gambar 6.61. Pembubutan ulir dengan cara tegak lurus
(Sumber : Widarto, 2008)

Pemotongan ulir miring dengan menggeser eretan atas merujuk pada proses pembubutan ulir di mana pahat dimiringkan sebesar setengah sudut ulir dengan memiringkan dudukan pada eretan atas (lihat Gambar 6.62). Dalam metode ini, beban pada pahat lebih ringan dan tidak cepat panas, merupakan keuntungannya. Namun, kelemahannya adalah prosesnya membutuhkan waktu lebih lama dan memberikan hasil yang lebih kasar. Metode ini sebaiknya digunakan hanya untuk pemotongan ulir dengan ukuran gang/kisar sedang.



Gambar 6.62. Pembubutan ulir dengan cara memiringkan eretan atas
(Sumber : Widarto, 2008)

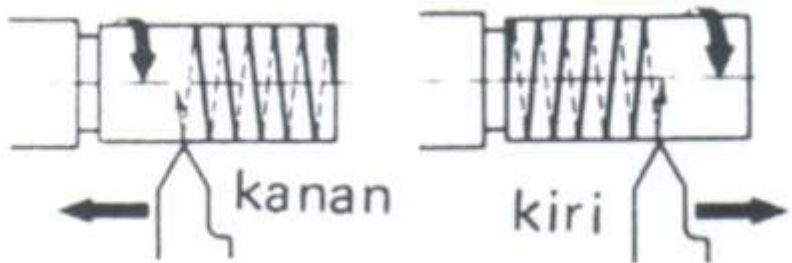
Penguliran zigzag mengacu pada proses penguliran dimana pengumpanan tidak hanya dibuat tegak lurus dengan menggunakan slide horizontal tetapi juga divariasikan dengan menggerakkan slide atas yang berfungsi sebagai kedudukan alat ulir ke arah kanan atau kiri (lihat Gambar 6.63). Dengan metode ini keuntungannya adalah hasil pembubutan yang lebih baik dan beban pahat yang lebih ringan. Namun kekurangannya adalah prosesnya memakan waktu lebih lama dan membutuhkan keahlian khusus. Cara ini sebaiknya hanya digunakan untuk threading dengan kelompok besar.



Gambar 6.63. Metoda pemotongan ulir dengan cara zig-zag
(Sumber : Widarto, 2008)

2. Arah Pemotongan Ulir.

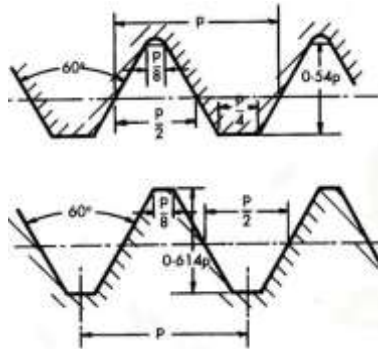
Arah pemotongan ulir tergantung pada jenis ulirnya, baik itu ulir kanan atau kiri. Pada ulir kanan, pemotongan dimulai dari ujung benda kerja bagian kanan, sementara pada ulir kiri, pemotongan dimulai dari ujung benda kerja bagian kiri (lihat Gambar 6.64).



Gambar 6.64. Arah pemotongan ulir kanan dan kiri
(Sumber : Widarto, 2008)

3. Kedalaman Pemotongan Ulir.

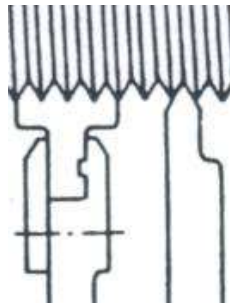
Untuk memastikan kedalaman ulir memenuhi standar proses ulir segitiga, penting untuk mematuhi standar yang ditetapkan agar proses menjadi efisien dan menghasilkan pekerjaan yang memuaskan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kedalaman ulir segitiga tipe metrik untuk ulir luar (baud) adalah “0,61 mm x Kisar” dan untuk ulir dalam (murni) kedalamannya adalah “0,54 mm x Kisar” (lihat Gambar 6.65).



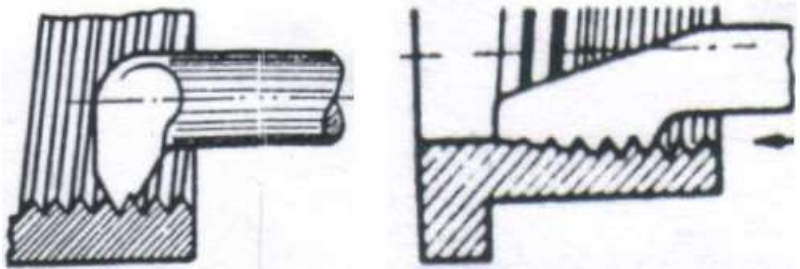
Gambar 6.65. Kedalaman pemotongan ulir metris
(Sumber : Widarto, 2008)

4. Proses Pemotongan Ulir Segitiga

Dalam proses pemotongan ulir segitiga pada mesin bubut, terdapat dua jenis pahat ulir yang dapat digunakan, yaitu pahat ulir mata potong tunggal atau majemuk. Pemotongan ulir luar (baut) dapat dilakukan menggunakan pahat ulir mata potong tunggal atau majemuk, sebagaimana terlihat pada (Gambar 6.66). Sedangkan pemotongan ulir dalam (mur) dapat dilakukan menggunakan pahat ulir mata potong tunggal atau majemuk, seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 6.67).



Gambar 6.66. Kedalaman pemotongan ulir metris
(Sumber : Widarto, 2008)



Gambar 6.67. Pemotongan ulir dalam dengan pahat mata potong satu & majemuk
(Sumber : Widarto, 2008)

5. Langkah-langkah Pembubutan Ulir Segitiga
 - a. Pasang pahat ulir mata potong tunggal atau majemuk pada holder pahat bubut dengan memastikan pemasangan setinggi sumbu senter
 - b. Tentukan kedalaman ulir yang diinginkan dengan mengatur gerakan sumbu mesin bubut dan juga gerakan pahat secara manual atau menggunakan perlengkapan otomatis
 - c. Mulai proses pembubutan ulir dengan menggerakkan pahat ke benda kerja dengan menggunakan roda gigi dan tuas yang telah disetel sebelumnya
 - d. Pantau dan perhatikan proses pembubutan secara kontinu, pastikan pahat bergerak sesuai dengan kedalaman dan bentuk ulir yang diinginkan
 - e. Pastikan kecepatan putaran mesin, arah pemakanan, dan kedalaman pemotongan sesuai dengan spesifikasi ulir yang akan dibuat
 - f. Setelah proses pembubutan selesai, matikan mesin, lepaskan benda kerja dari cekaman, dan periksa hasil ulir untuk memastikan keakuratannya
 - g. Bersihkan mesin dan area kerja setelah selesai menggunakan mesin bubut

- h. Pastikan untuk selalu mengikuti petunjuk penggunaan dan keamanan yang disediakan oleh produsen mesin bubut saat melakukan proses pembubutan ulir segitiga.



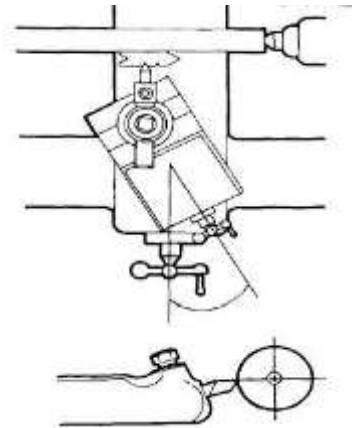
Gambar 6.68. Pemasangan benda kerja
(Sumber : Widarto, 2008)

- i. Laksanakan pembubutan benda kerja yang akan diulir sampai pada diameter nominal ulirnya



Gambar 6.69. Pembubutan benda kerja yang akan di ulir
(Sumber : Widarto, 2008)

- j. Setelah benda kerja telah dipasang dengan kuat dan stabil pada mesin bubut, serta ketinggian pahat ulir dan eretan atas telah disetel sesuai dengan ketentuan, langkah-langkah berikutnya untuk melanjutkan proses pembubutan ulir



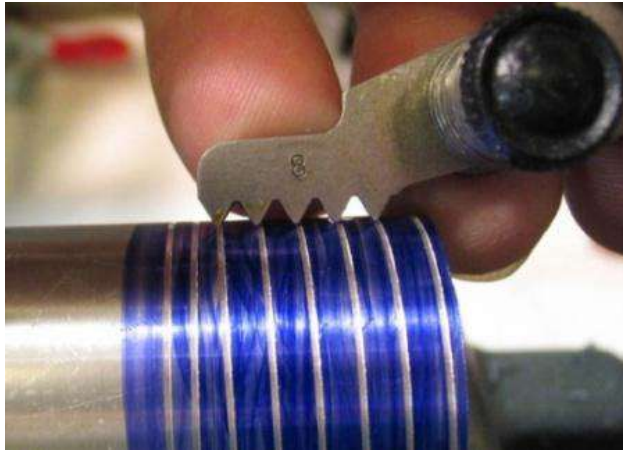
Gambar 6.70. Pemasangan benda kerja
(Sumber : Widarto, 2008)

- Mulai proses pembubutan ulir dengan melakukan pemakanan awal pada kedalaman yang dianggap tidak terlalu besar.



Gambar 6.71. Melakukan pemakanan ulir
(Sumber : Widarto, 2008)

- Periksa ukuran ulir menggunakan mal pengukur ulir sebelum melanjutkan penguliran. Jika ukurannya sesuai, lanjutkan proses pembubutan ulir hingga selesai.



Gambar 6.72. Memeriksa kisar ulir
(Sumber : Widarto, 2008)

- Untuk pembubutan ulir dengan loceng ulir, saat memulangkan pahat ke ujung benda, tuas mur belah boleh dibuka jika ulir transportir dan ulir yang sedang dibuat memiliki sistem ukuran yang sama, misalnya keduanya metris atau inci, dan kisar poros transportir adalah kelipatan bulat dari kisar ulir yang sedang dibuat.
- Setelah pemakanan kedalaman ulir sesuai perhitungan, sebelum melepaskan benda kerja, lakukan pemeriksaan dengan mal ulir (*thread gauge*) terlebih dahulu.



Gambar 6.73. Melakukan pemakanan ulir
(Sumber : Widarto, 2008)

- k. Setelah ulir dipasang sesuai standar yang ditetapkan, benda kerja dapat dilepaskan dari penjepitannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto, E. and Yuono, L.D., 2021. *Proses Manufaktur*. Eko Budiyanto.
- Mukhtar, M.N.A. and Febryanto, I.D., 2023. *PROSES MANUFAKTUR ECO*. CV Pena Persada.
- Widarto. 2088. *Teknik Pemesinan Juilid 1*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktirat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Wirawan Sumbodo dkk. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri jilid II*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktirat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Rizal Sani, 20006. *Dasar Fabrikasi Logam*. PPPG Teknologi Bandung.

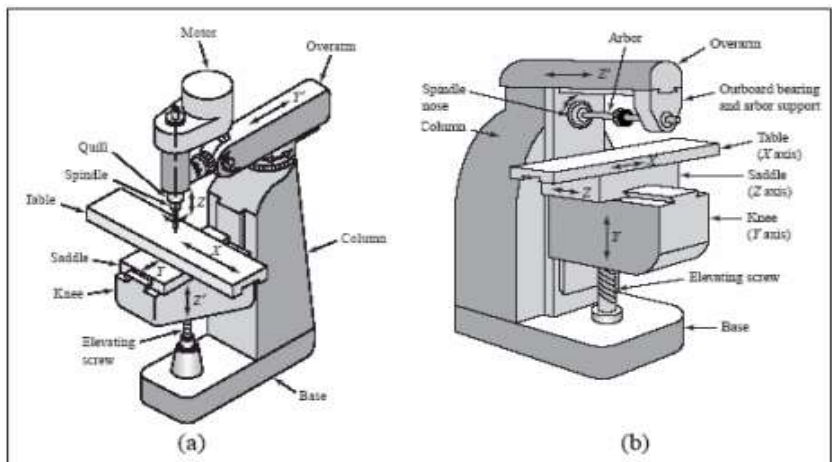
BAB 7

PEKERJAAN MILLING DAN PENGUNAAN MESIN MILLING

Oleh Muh. Nurul Haq Amaluddin

7.1 Pendahuluan

Proses pemesinan frais atau milling adalah langkah dalam pengolahan objek kerja di mana sebuah alat potong dengan beberapa mata pisau yang berputar digunakan. Dengan menggunakan alat potong yang memiliki banyak gigi mengelilingi pahat tersebut, proses penyayatan dapat dilakukan secara lebih efisien, yang mengakibatkan peningkatan kecepatan pemesinan.



Gambar 7.1. Gerakan dan komponen dari (a) Mesin Milling vertical tipe *column and knee* dan (b) Mesin Milling horizontal tipe *column and knee*.

(Sumber : Buku "Aircraft Component Milling")

Selama proses ini, permukaan benda kerja dapat disayat menjadi berbagai bentuk seperti datar, sudut, ataupun melengkung. Bahkan, permukaan benda kerja juga dapat dikombinasikan dalam beberapa bentuk yang berbeda. Mesin (Gambar 7.1.) yang berfungsi untuk menggenggam benda..kerja, menggerakkan pahat, dan melakukan penyayatan diistilahkan sebagai mesin milling/frais (*Milling Machine*).

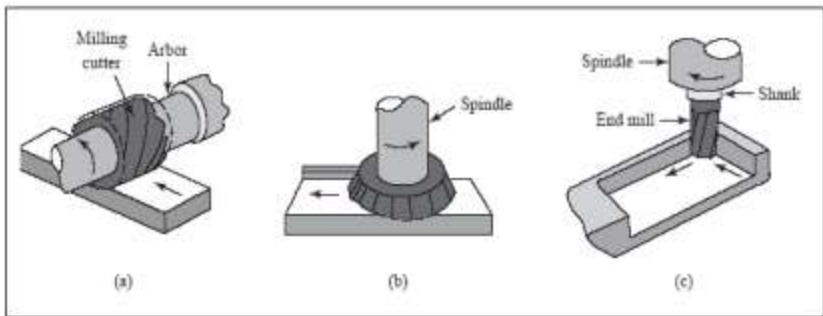
Tersedia dua jenis kendali untuk Mesin Milling (lihat Gambar 7.2.), yaitu secara manual (mekanis konvensional) dan menggunakan teknologi CNC. Pada mesin konvensional (manual), terdapat dua arah spindel yang umum, yaitu horizontal dan vertical. Sebaliknya, sebagian besar Mesin Milling dengan sistem kendali CNC cenderung berbentuk vertikal.



Gambar 7.2. Mesin milling *turret* vertikal horisontal
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

7.2 Klasifikasi Proses Pemesinan Milling

Proses pemesinan milling dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai kriteria, seperti jenis mesin yang digunakan, jenis pemotongan yang dilakukan, atau karakteristik benda kerja yang dihasilkan. Berikut adalah beberapa klasifikasi umum dari proses pemesinan milling: (seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7.3.).



Gambar 7.3. Klasifikasi proses milling : (a) milling *peripheral*, (b) *face milling* (c) *end milling*
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

7.2.1 Milling Periperal (*Peripheral Milling*)

Milling periperal adalah salah satu jenis proses milling yang melibatkan pemotongan material pada permukaan luar benda kerja atau disebut juga pemotongan periferal. Proses ini umumnya melibatkan penggunaan mesin milling dengan mata pisau yang ditempatkan di sekitar tepi mata potongnya. Mata pisau ini digunakan untuk menghilangkan material dari permukaan luar benda kerja dengan presisi yang tinggi.

7.2.2 Milling muka (*Face Milling*)

Milling muka adalah salah satu jenis proses milling yang melibatkan pemotongan material pada permukaan datar atau

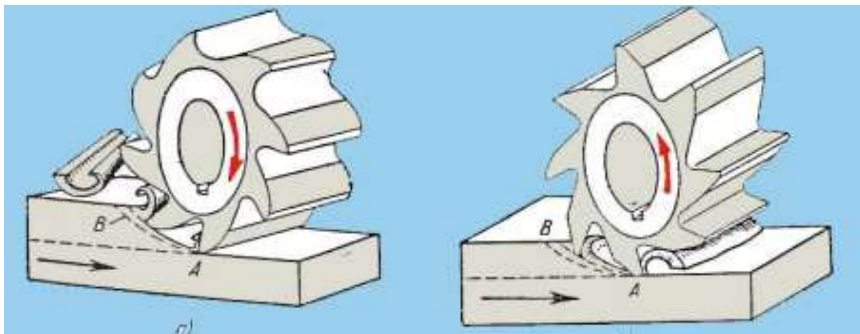
muka benda kerja. Proses ini bertujuan untuk meratakan, menghaluskan, atau menghilangkan material dari permukaan datar benda kerja sehingga menghasilkan permukaan yang presisi dan sesuai dengan kebutuhan.

7.2.3 Milling jari (*End Milling*)

Milling jari adalah salah satu jenis proses milling yang melibatkan pembuatan alur atau lubang dengan bentuk khusus yang disebut "jari" pada permukaan benda kerja. Proses ini digunakan ketika diperlukan pembuatan alur yang memiliki bentuk dan dimensi yang kompleks atau khusus, seperti alur dengan profil berbentuk jari atau jari-jari.

7.3 Metode Proses Milling

Pemilihan metode dalam proses milling ditentukan oleh arah relatif gerakan meja mesin milling terhadap putaran pahat (lihat Gambar 7.4). Terdapat dua metode dalam proses milling, yaitu up milling dan down milling.



Gambar 7.4. (a)Milling naik (*up milling*) dan (b) milling turun (*down milling*)

(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")

7.3.1 Milling Naik (*Up Milling*)

Milling naik, sering disebut sebagai milling konvensional, melibatkan gerakan pisau yang berlawanan arah dengan gerakan makan meja pada Mesin Milling seperti yang terlihat pada Gambar 7.4. Sebagai ilustrasi, dalam proses milling naik, ketika pisau berputar searah jarum jam, benda kerja akan disayat ke arah kanan. Penampang serpihan dalam proses milling naik memiliki pola yang menyerupai koma, dimulai dengan ketebalan minimal dan bertambah tebal seiring berjalannya proses. Metode milling ini umumnya digunakan pada mesin milling konvensional karena mesin tersebut memiliki kelonggaran ulir transportir yang relatif besar dan tidak dilengkapi dengan kompensasi backlash.

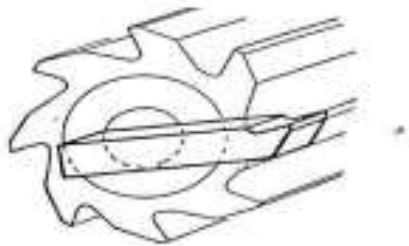
7.3.2 Milling Turun (*Down Milling*)

Proses pemesinan dengan gerakan memotong yang berlawanan dengan arah pergerakan meja mesin dikenal juga sebagai milling turun /*climb. Milling*. Misalnya, jika pisau berputar berlawanan arah jarum jam, maka benda kerja akan diiris ke arah kanan.

Pada proses milling turun, serpihan material yang dihasilkan memiliki penampang melintang yang mirip dengan tanda koma, dimulai dengan ketebalan maksimal dan kemudian menipis. Metode pemesinan ini sesuai untuk digunakan pada mesin milling CNC karena meja pada mesin ini dikendalikan oleh ulir dari bola baja dan dilengkapi dengan kompensasi kelonggaran (*backlash compensation*). Namun, pada mesin milling konvensional, disarankan untuk tidak melakukan pemesinan dengan gerakan turun karena hal ini dapat membuat meja mesin tertekan.

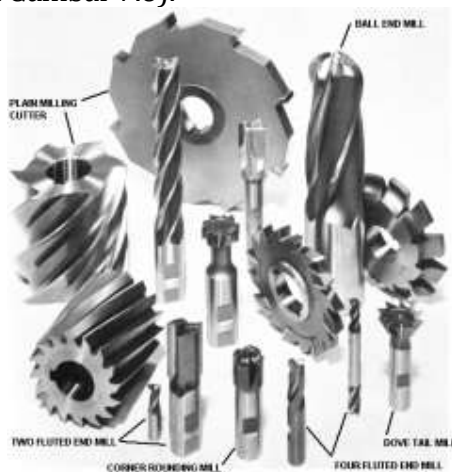
Penggunaan Mesin Milling dalam proses pemesinan merupakan metode yang sangat efektif untuk menghasilkan bentuk pada benda kerja, karena pisau milling memiliki beberapa sisi potong. Jika dibandingkan dengan pisau bubut, bisa dikatakan

bahwa pisau milling setara dengan beberapa pisau bubut yang digabungkan (lihat Gambar 7.5).



Gambar 7.5. Pahat milling identik bentuk beberapa pahat bubut
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

Dengan menggunakan pisau milling, kita dapat melakukan pemotongan pada berbagai bentuk benda kerja sesuai dengan jenis pisau yang digunakan. Ini mencakup proses seperti menghaluskan permukaan, membuat alur lebar, atau bahkan membentuk alur tipis, semuanya dapat dicapai dengan menggunakan pisau milling (lihat contoh di Gambar 7.6).



Gambar 7.6. Jenis bentuk pisau milling untuk Mesin Milling
horizontal dan vertical
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

7.4 Jenis Mesin Milling

Ada beberapa jenis mesin milling yang digunakan dalam industri manufaktur untuk berbagai jenis pemrosesan dan aplikasi. Berikut adalah beberapa jenis mesin milling yang umum digunakan:

1. *Column and knee milling machines*
2. *Bed type milling machines*
3. *Special purposes*

Mesin milling memiliki berbagai keunggulan yang membuatnya menjadi salah satu alat penting dalam industri manufaktur dan pemrosesan material. Berikut adalah beberapa keunggulan utama dari mesin milling:

1. **Kemampuan Pemrosesan Serbaguna:** Mesin milling dapat digunakan untuk berbagai jenis pemrosesan, termasuk pemotongan datar, pembuatan alur, drilling (bor), pemotongan sudut, pembuatan alur berbentuk khusus, dan banyak lagi.
2. **Akurasi Tinggi:** Mesin milling dapat menghasilkan hasil kerja yang sangat akurat dan presisi. Ini sangat penting dalam industri seperti aerospace dan pembuatan cetakan di mana toleransi yang ketat diperlukan.
3. **Produktivitas Tinggi:** Mesin milling memiliki kemampuan untuk menghilangkan material dengan cepat, sehingga meningkatkan produktivitas dalam pemrosesan material dalam jumlah besar.
4. **Fleksibilitas:** Mesin milling dapat digunakan untuk memproses berbagai jenis material, termasuk logam, plastik, kayu, keramik, dan komposit. Ini memberikan fleksibilitas dalam memilih material yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.
5. **Pemotongan yang Halus:** Mesin milling dapat menghasilkan permukaan yang sangat halus dan berkualitas tinggi. Ini

penting dalam aplikasi yang memerlukan finishing yang baik, seperti pembuatan cetakan.

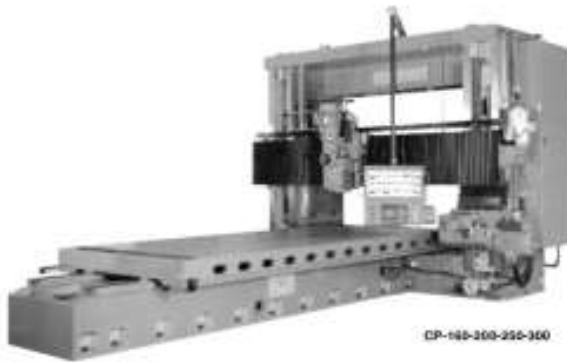


Gambar 7.7. Mesin Milling tipe *column and knee*
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")



Gambar 7.8. Mesin Milling tipe *bed*
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")

Dengan meningkatnya kompleksitas produk dalam industri manufaktur, telah muncul mesin milling jenis baru yang memiliki desain yang luar biasa. Mesin-mesin milling khusus ini, seperti yang terlihat pada Gambar 7.9, umumnya dirancang untuk melakukan jenis pemotongan tertentu dengan tingkat produktivitas dan reproduksi yang tinggi. Mesin-mesin ini mencakup Mesin Milling Profil, Mesin Milling dengan beberapa spindle (dua, tiga, hingga lima spindle), dan Mesin Milling Planer. Dengan menggunakan mesin milling seperti ini, produktivitas mesin dapat mencapai tingkat yang sangat tinggi, yang berdampak pada biaya produksi yang lebih rendah, karena jenis mesin ini tidak memerlukan pengaturan yang rumit.



Gambar 7.9. Mesin milling tipe khusus (special purposes) Mesin milling dengan 2 buah spindle
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")

Di samping Mesin Milling manual, saat ini telah dikembangkan Mesin Milling dengan desain yang serupa dengan mesin konvensional namun dilengkapi dengan sistem kendali CNC (*Computer Numerically Controlled*). Dengan penerapan kendali CNC (seperti yang terlihat pada Gambar 7.10.), Mesin Milling menjadi. Sangat fleksibel dalam menangani berbagai bentuk benda kerja.

Penggunaan kendali CNC juga memungkinkan penghematan waktu dan biaya, serta meningkatkan akurasi produk yang dihasilkan dengan tingkat ketelitian yang tinggi.



Gambar 7.10. Mesin Milling CNC tipe bed
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

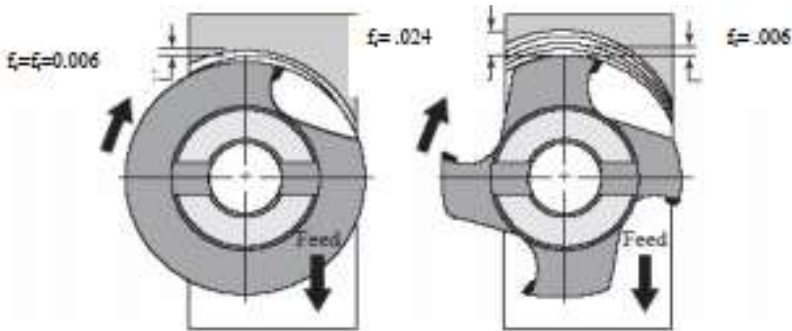
7.5 Parameter Pemesinan Milling

Parameter pemesinan milling adalah variabel yang memengaruhi proses pemesinan pada mesin milling. Memahami dan mengontrol parameter-parameter ini adalah kunci untuk mencapai hasil pemesinan yang baik dalam hal akurasi, kecepatan, kualitas permukaan, dan umur alat potong. Berikut adalah beberapa parameter pemesinan milling yang penting:

1. **Kecepatan Pemotongan (Cutting Speed):** Kecepatan pemotongan adalah kecepatan relatif antara alat potong (cutter) dan benda kerja. Ini diukur dalam satuan pemotongan per menit (rpm) atau dalam meter per menit (m/min) tergantung pada tipe mesin. Kecepatan pemotongan yang

tepat sangat penting untuk menghindari pemotongan yang terlalu cepat atau terlalu lambat, yang dapat mempengaruhi kualitas pemesinan dan umur alat potong.

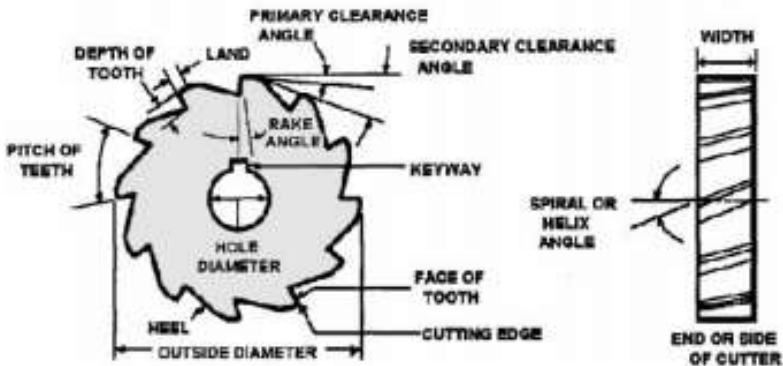
2. **Umpan Pemotongan (Feed Rate):** Umpan pemotongan adalah kecepatan pergerakan meja kerja atau spindle mesin dalam satu putaran pemotongan. Ini diukur dalam satuan panjang per menit, seperti milimeter per menit (mm/min) atau inci per menit (ipm). Umpan pemotongan yang benar diperlukan untuk mengatur kecepatan pemotongan yang tepat dan mencegah overloading atau underloading alat potong.
3. **Kedalaman Pemotongan (Depth of Cut):** Kedalaman pemotongan adalah sejauh mana alat potong memasuki benda kerja selama satu langkah pemotongan. Ini diukur dalam milimeter (mm) atau inci (in). Kedalaman pemotongan yang benar memengaruhi waktu pemesinan, kekuatan alat potong, dan kualitas permukaan hasil pemesinan.
4. **Kebanyakan Mata Potong (Number of Cutting Edges):** Mata potong pada cutter adalah bagian yang benar-benar melakukan pemotongan. Mata potong dapat berjumlah satu (single-point) atau lebih, tergantung pada jenis cutter yang digunakan. Kebanyakan mata potong mempengaruhi efisiensi pemotongan dan umur alat potong.
5. **Kecepatan Pemakanan Meja (Table Feed Speed):** Kecepatan pemakanan meja adalah kecepatan pergerakan meja kerja di bawah cutter selama proses pemesinan. Ini dapat diatur dalam berbagai satuan, seperti mm/min atau ipm, dan memengaruhi umpan pemotongan.



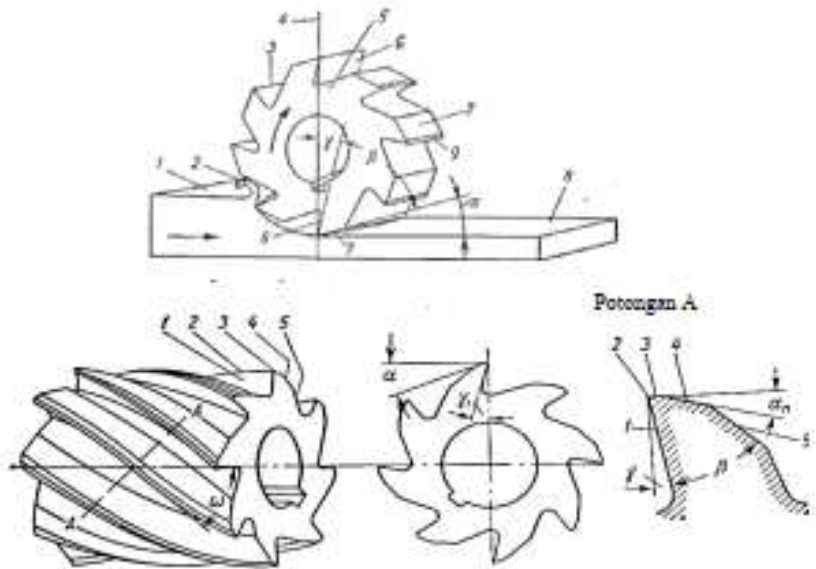
Gambar 7.11. Arah alur pisau milling
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")

7.6 Geometri Pisau Milling

Geometri pisau milling adalah karakteristik fisik dan bentuk dari mata pisau yang digunakan dalam proses milling. Geometri ini mencakup berbagai parameter yang memengaruhi cara pisau melakukan pemotongan dan penghasilan permukaan hasil kerja. Beberapa parameter geometri pisau milling yang penting, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7.12. konstruksi pisau milling
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")



Gambar 7.13. Geometri pisau milling selubung HSS
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

Pisau yang digunakan dalam proses milling dapat dibuat dari dua jenis bahan yang umum digunakan: *High-Speed Steel* (HSS) dan karbida (*carbide*). Setiap jenis bahan memiliki karakteristik dan keunggulan yang berbeda, yang membuat mereka cocok untuk berbagai aplikasi pemesinan.

Sandvik Coromant indexable inserts for milling

Selected from ISO 8662-1:1985

S E K R 12 04 AZ **WM**

1 Insert shape

2 Tolerances

Letter/symbol	Tolerances, mm		
	M	H	IC
A ¹	+0.009	+0.010	+0.010
P ¹	+0.009	+0.010	+0.010
C ²	+0.013	+0.015	+0.015
H	+0.013	+0.015	+0.015
S	+0.009	+0.010	+0.010
B	+0.009	+0.010	+0.010
J ¹	+0.009	+0.010	+0.010
K ¹	+0.013	+0.015	+0.015
L ¹	+0.009	+0.010	+0.010
M	+0.009	+0.010	+0.010
N	+0.009	+0.010	+0.010
R	+0.013	+0.015	+0.015
S	+0.009	+0.010	+0.010

1) Theoretical diameter of maximum cross.
2) Insert thickness.
3) See fig.

4) Theoretical diameter of maximum cross.
5) Insert thickness.
6) See fig.

7) Theoretical diameter of maximum cross.
8) Theoretical diameter of maximum cross.
9) Theoretical diameter of maximum cross.
10) Theoretical diameter of maximum cross.
11) Theoretical diameter of maximum cross.
12) Theoretical diameter of maximum cross.
13) Theoretical diameter of maximum cross.
14) Theoretical diameter of maximum cross.
15) Theoretical diameter of maximum cross.
16) Theoretical diameter of maximum cross.
17) Theoretical diameter of maximum cross.
18) Theoretical diameter of maximum cross.
19) Theoretical diameter of maximum cross.
20) Theoretical diameter of maximum cross.
21) Theoretical diameter of maximum cross.
22) Theoretical diameter of maximum cross.
23) Theoretical diameter of maximum cross.
24) Theoretical diameter of maximum cross.
25) Theoretical diameter of maximum cross.
26) Theoretical diameter of maximum cross.
27) Theoretical diameter of maximum cross.
28) Theoretical diameter of maximum cross.
29) Theoretical diameter of maximum cross.
30) Theoretical diameter of maximum cross.
31) Theoretical diameter of maximum cross.
32) Theoretical diameter of maximum cross.
33) Theoretical diameter of maximum cross.
34) Theoretical diameter of maximum cross.
35) Theoretical diameter of maximum cross.
36) Theoretical diameter of maximum cross.
37) Theoretical diameter of maximum cross.
38) Theoretical diameter of maximum cross.
39) Theoretical diameter of maximum cross.
40) Theoretical diameter of maximum cross.
41) Theoretical diameter of maximum cross.
42) Theoretical diameter of maximum cross.
43) Theoretical diameter of maximum cross.
44) Theoretical diameter of maximum cross.
45) Theoretical diameter of maximum cross.
46) Theoretical diameter of maximum cross.
47) Theoretical diameter of maximum cross.
48) Theoretical diameter of maximum cross.
49) Theoretical diameter of maximum cross.
50) Theoretical diameter of maximum cross.
51) Theoretical diameter of maximum cross.
52) Theoretical diameter of maximum cross.
53) Theoretical diameter of maximum cross.
54) Theoretical diameter of maximum cross.
55) Theoretical diameter of maximum cross.
56) Theoretical diameter of maximum cross.
57) Theoretical diameter of maximum cross.
58) Theoretical diameter of maximum cross.
59) Theoretical diameter of maximum cross.
60) Theoretical diameter of maximum cross.
61) Theoretical diameter of maximum cross.
62) Theoretical diameter of maximum cross.
63) Theoretical diameter of maximum cross.
64) Theoretical diameter of maximum cross.
65) Theoretical diameter of maximum cross.
66) Theoretical diameter of maximum cross.
67) Theoretical diameter of maximum cross.
68) Theoretical diameter of maximum cross.
69) Theoretical diameter of maximum cross.
70) Theoretical diameter of maximum cross.
71) Theoretical diameter of maximum cross.
72) Theoretical diameter of maximum cross.
73) Theoretical diameter of maximum cross.
74) Theoretical diameter of maximum cross.
75) Theoretical diameter of maximum cross.
76) Theoretical diameter of maximum cross.
77) Theoretical diameter of maximum cross.
78) Theoretical diameter of maximum cross.
79) Theoretical diameter of maximum cross.
80) Theoretical diameter of maximum cross.
81) Theoretical diameter of maximum cross.
82) Theoretical diameter of maximum cross.
83) Theoretical diameter of maximum cross.
84) Theoretical diameter of maximum cross.
85) Theoretical diameter of maximum cross.
86) Theoretical diameter of maximum cross.
87) Theoretical diameter of maximum cross.
88) Theoretical diameter of maximum cross.
89) Theoretical diameter of maximum cross.
90) Theoretical diameter of maximum cross.
91) Theoretical diameter of maximum cross.
92) Theoretical diameter of maximum cross.
93) Theoretical diameter of maximum cross.
94) Theoretical diameter of maximum cross.
95) Theoretical diameter of maximum cross.
96) Theoretical diameter of maximum cross.
97) Theoretical diameter of maximum cross.
98) Theoretical diameter of maximum cross.
99) Theoretical diameter of maximum cross.
100) Theoretical diameter of maximum cross.

3 Chipbreaker and cutting type

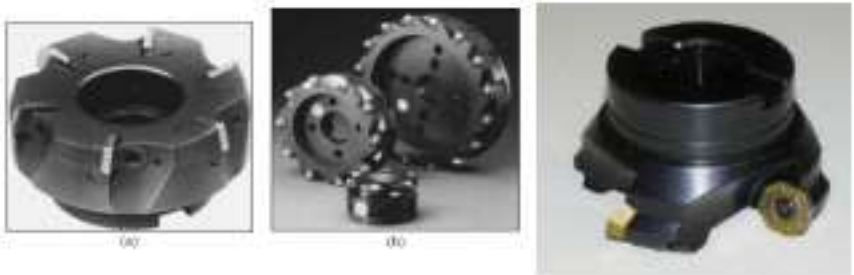
4 Cutting edge length

5 Insert thickness

6 Feed direction

7 Parallel land, clearance angle

8 Parallel land, clearance angle

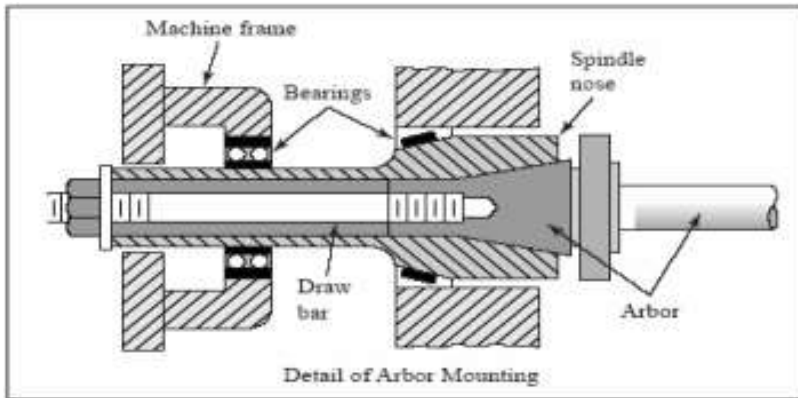


Gambar 7.15. Pisau milling dengan sisipan dipasang pada tempat pisau yang sesuai
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

7.7 Tools untuk Memegang Pisau Milling

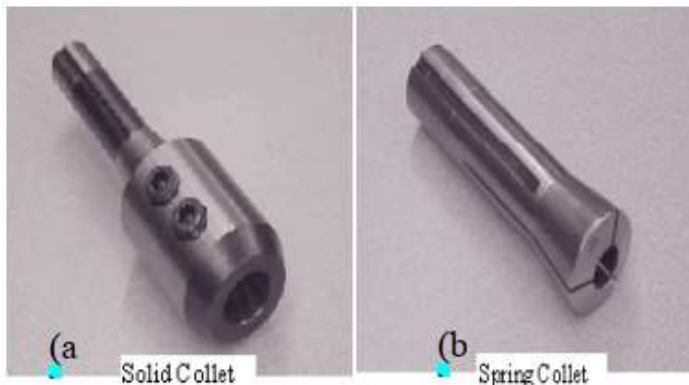
Pada mesin milling, terdapat berbagai tools yang digunakan untuk memegang pisau milling dengan aman dan sesuai dengan kebutuhan pemrosesan. Berikut adalah beberapa peralatan dan asesoris yang umum digunakan untuk tujuan ini:

1. **Collet dan Collet Chuck:** *Collet* adalah alat pemegang yang berfungsi untuk memegang pisau milling pada spindle mesin. *Collet chuck* adalah komponen yang digunakan untuk memasang collet ke spindle. *Collet* dan *collet chuck* sangat penting untuk menjaga pisau milling tetap terkunci dengan aman.
2. **Tool Holder:** adalah perangkat yang berfungsi untuk memegang *collet* dan pisau milling. Mereka dapat dirancang untuk berbagai jenis pisau dan memungkinkan penggantian alat dengan mudah.

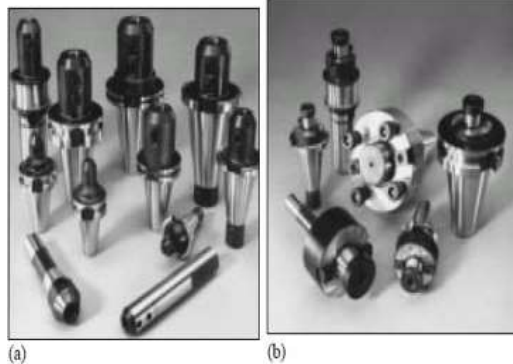


Gambar 7.16. Skema gambar arbor Mesin Milling
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")

Collet (atau juga dikenal sebagai collet chuck) adalah alat pemegang yang memiliki beberapa fungsi penting dalam mesin perkakas seperti mesin milling. terdapat alur yang memungkinkan kolet untuk dengan mudah menahan dan mengunci paku saat dimasukkan ke dalamnya.



Gambar 7.17. (a) Kolet pegas (b) kolet solid
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")



Gambar 7.18. (a) diameter collet, (b) colletsolid
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)



Gambar 7.19. *offse tboring head*
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

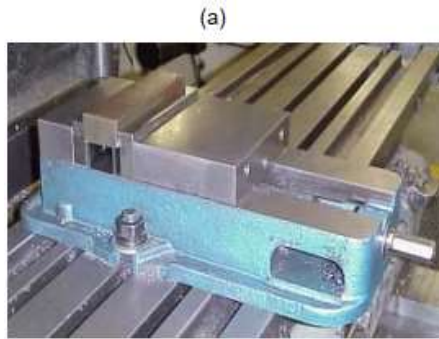
7.7 Alat Pencekam Benda Kerja Mesin Milling

Hal ini merupakan komponen penting dalam proses pemesinan. Mereka digunakan untuk menjaga benda kerja tetap stabil dan terkunci pada meja mesin milling selama pemotongan. Berikut adalah beberapa alat yang umum digunakan pada mesin milling:

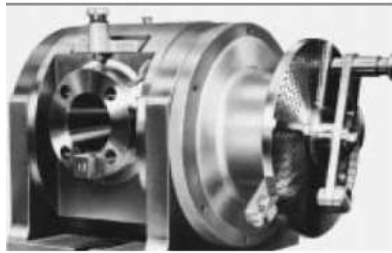
1. **T-Slot Clamps (Klem T-Slot):** Mesin milling sering dilengkapi dengan slot T pada meja yang memungkinkan penggunaan

klem T-Slot. Klem ini dirancang khusus untuk digunakan dengan slot T dan memudahkan pemegangan benda kerja.

2. **Collet (*Collet Chuck*)**: Collet adalah alat pemegang yang digunakan untuk memegang mata pisau milling atau alat pemotongan lainnya pada spindle mesin milling. Mereka memberikan presisi dan kekakuan yang tinggi dalam pengoperasian.
3. **Vise (*Mengunci*)**: Vise adalah alat pemegang yang sering digunakan untuk memegang benda kerja dengan aman.



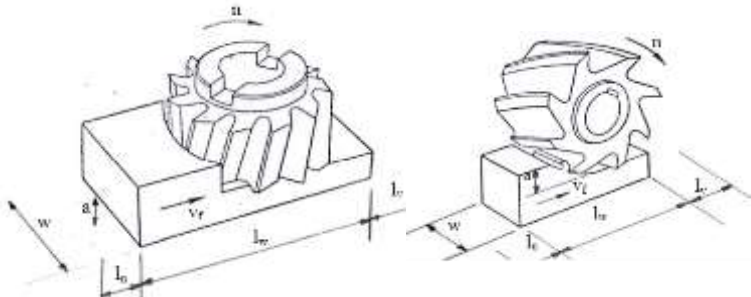
Gambar 7.20. (a) *plain vise*, (b) Ragum universal
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")



Gambar 7.21. *dividing head* untuk membuat variasi bentuk
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

7.8 Bagian Dasar Proses Milling

Bagian dasar dalam proses milling mencakup berbagai faktor yang mempengaruhi hasil pemesinan dan pengoperasian mesin milling, berikut gambar perputarannya:



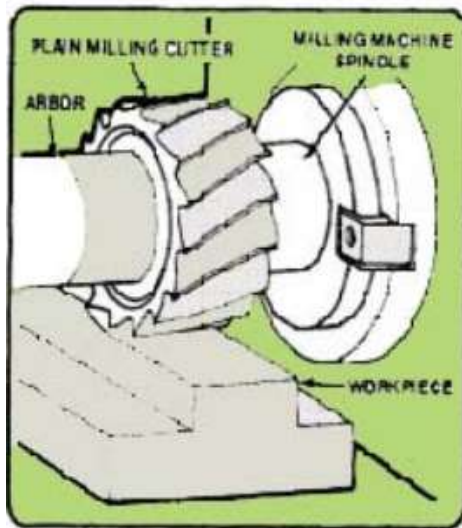
Gambar 7.22. Gambar skema proses milling vertikal dan milling horizontal.
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)

7.9 Pembuatan BendaKerja dengan Mesin Milling

Hal ini merupakan proses penghilangan material yang digunakan untuk membentuk permukaan atau bentuk tertentu pada sebuah benda kerja. Mesin milling menggunakan pisau milling untuk memotong, meratakan, atau membentuk benda kerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

7.9.1 Proses Milling Datar/Rata

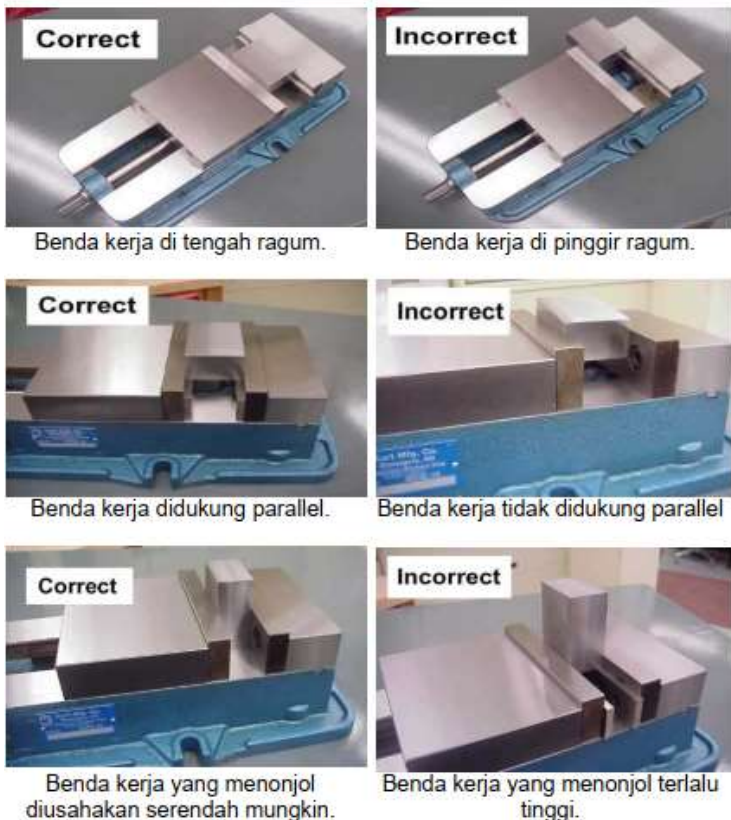
Proses milling datar atau rata adalah metode pemesian yang digunakan untuk menghasilkan permukaan datar atau rata pada sebuah benda kerja dengan menggunakan pisau milling. Proses ini melibatkan pemotongan bahan kerja dengan gerakan pisau milling sepanjang permukaan benda kerja untuk mencapai tingkat kehalusan dan presisi tertentu. Proses milling datar dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pembuatan permukaan datar pada komponen mesin, papan sirkuit cetak, atau bahkan pembuatan cetakan dan troli.



Gambar 7.23. Milling rata
(Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")

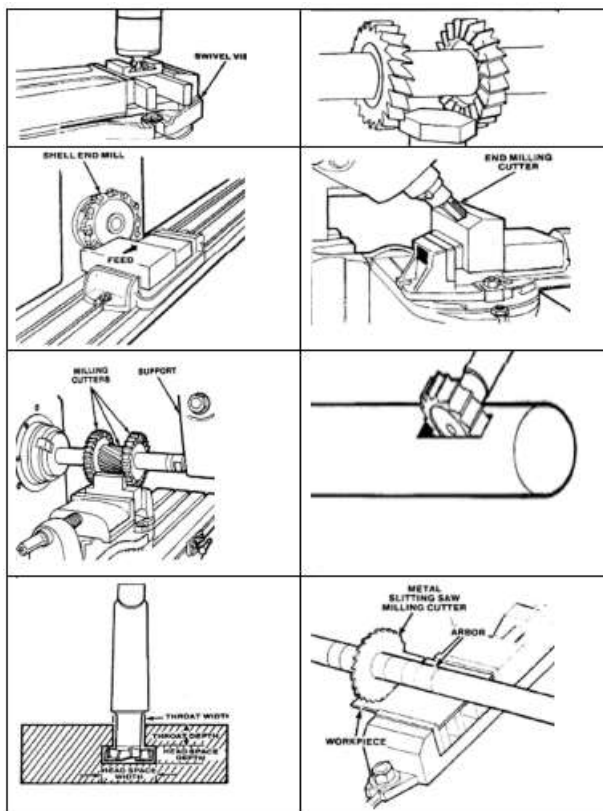
Dalam proses ini, pisau milling dapat memiliki berbagai bentuk, termasuk ujung datar, pemotong dengan gigi-gigi, atau bentuk khusus lainnya, tergantung pada jenis pemotongan yang diperlukan. Pengaturan parameter seperti kecepatan putar spindle, kecepatan makan, dan kedalaman pemotongan dapat disesuaikan

sesuai dengan bahan kerja dan hasil yang diinginkan. Proses milling datar sering digunakan dalam industri manufaktur untuk mencapai ketelitian dan kehalusan tertentu pada produk akhir. Itu adalah salah satu teknik pemesinan yang umum digunakan dalam pengolahan logam, plastik, dan bahan lainnya. Pemegangan benda kerja dilakukan dengan menggunakan ragum standar (lihat kembali Gambar 7.24.).

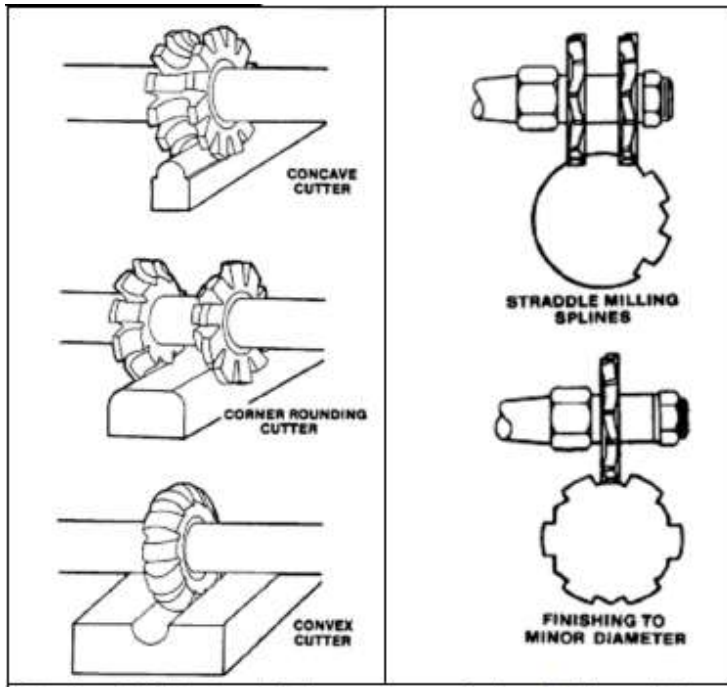


Gambar 7.24. Tipe pencekaman benda kerja
(Sumber : Buku "Aircraft Component Milling")

Dalam proses pengasaran (*roughing*), direkomendasikan penggunaan pisau milling dengan gigi yang berukuran lebih besar. Untuk kecepatan potong yang digunakan, sebaiknya berada pada angka minimum, lebih baik memilih cutter milling dengan gigi yang lebih kecil. Dalam kasus ini, kecepatan potong yang digunakan sebaiknya berada pada angka maksimum yang diperbolehkan dalam rentang kecepatan potong.



Gambar 7.25. Variasi proses milling 1
(Sumber : Buku “*Aircraft Component Milling*”)



Gambar 7.26. Variasi proses milling 2
 (Sumber : Buku "*Aircraft Component Milling*")

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. 2013. *Aircraft Component Milling*. Jakarta: Kemendikbud.
- Rahdiyanta, D. 2017. *Melakukan Pekerjaan dengan Mesin Frais*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Tim BLKI. 2019. *Mengefrais Dasar*. Jakarta: Direktorat Bina tandarisasi Kompetensi dan Pelatihan Kerja.
- Widarto, dkk. 2008. *Teknik Permesinan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

BAB 8

PENGUNAAN MESIN GERINDA DAN PEKERJAAN MENGGERINDA

Oleh Tungga Bhimadi Karya

8.1 Pendahuluan

Sebelum manusia menggunakan mesin gerinda, batu gerinda sudah sejak jaman primitif digunakan untuk mengasah alat berburu maupun perkakas dari bahan batu sekitar. Perkembangan selanjutnya untuk persoalan praktis, perlu digunakan batu gerinda dengan ukuran yang kecil. Proses pemecahan batu tersebut, menghasilkan serbuk. Naluri manusia mengambil serbuk batu gerinda ukuran besar untuk digunakan sebagai penghalus secara manual dan berhasil. Perkembangan proses gerinda selanjutnya bagaimana serbuk abrasif tersebut disatukan menjadi semacam ampelas. Inovasi untuk menghasilkan perekat material abrasif mulai dilakukan. Hal ini berlangsung sampai tahun 1700-an. Gerakan manual pengasahan benda kerja ini, memberi inspirasi untuk digantikan dengan gerakan dari mesin. Tetapi inovasi yang menghasilkan mesin gerinda bukan awal terjadi. Mesin gerinda akhirnya menjadi yang diyakini merupakan bagian dari mesin perkakas.

Mesin perkakas modern pertama adalah mesin bor horizontal tahun 1775 di Inggris oleh John Wilkinson. Kemudian, mesin bubut modern pertama dibuat Henry Maudslay tahun 1794. Mesin gerinda jenis yang dioperasikan dengan tangan, pertama kali dibuat sudah menjelang tahun 1969, dan siapa pakar pertama yang membuat mesin ini tidak begitu dimunculkan. Pada tahun ini Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) mesin perkakas sudah

berkembang pesat sebagai bagian dari IPTEK Teknik Mesin atau diluar Indonesia yang disebut Mechanical Engineering. Perkembangan aplikasi perangkat keras maupun perangkat lunak dari komputer pada mesin perkakas umumnya dan mesin gerinda khususnya, menjadikan operasional mesin gerinda jenis terbaru (mesin gerinda digital) menjadi mudah dan dapat menghasilkan permukaan benda kerja sesuai kekasaran permukaan yang diinginkan.

Machine Engineering atau Teknik Mesin, dari sisi nama, merupakan nama yang asing dan bahkan tidak populer di luar negeri. Entah bagaimana kata '*mesin*' itu dimunculkan di Indonesia. Kata yang pasti digunakan di luar negeri untuk Teknik Mesin adalah *Mechanical Engineering* dan kata ini lebih dahulu muncul, yaitu tahun 1847 dengan nama, Institute of Mechanical Engineering di Inggris. *Machine Engineering* atau Teknik Mesin, dari sisi nama, merupakan murni inspirasi Bangsa Indonesia, entah oleh siapa pencetusnya. Salah satu alasan yang dapat diterima mengapa populer di Indonesia sebutan Teknik Mesin dan bukan *Teknik Mekanik*, bisa jadi adalah konotasi arti '*mekanik*' di Indonesia sebagai suatu yang sudah identik dengan jenis *pekerjaan kurang terpandang*. Pekerjaan mekanik tersebut identik dengan bekerja dengan kondisi antara lain: *belepotan olie*, *ndelosor* dikolong mobil, dan orang panggilan apabila diperlukan untuk memperbaiki peralatan rumah tangga atau AC. Konotasi kedalaman pengertian ilmu ini, untuk sebagian besar penduduk NKRI dalam melihat peran disiplin Ilmu Mekanika pada perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK), telah salah diartikan oleh mereka. Salah satu contohnya dalam pergaulan sehari-hari dengan menilik kejadian gurauan dari sekelompok mahasiswa baru dalam candaan, "kok pilih mesin? Jurusannya paling-paling mesin jahit".

Pertama muncul istilah mekanik dari Inggris tersebut, disesuaikan dengan sebutan bahwa jenis pekerjaan utama dan

yang pertama dilakukan adalah *pemotongan logam* atau metal cutting sebagai pekerjaan dasar. Prinsip dalam pemotongan tersebut terdapat dua istilah yaitu: yang memotong (disebut pahat), dan yang dipotong (disebut benda kerja). Menggerinda adalah proses pemotongan logam yang dilakukan dengan pahat potong dari putaran batu gerinda. Pertama kali dilakukan menggerinda dengan hasil pemotongan dari mesin gerinda, adalah untuk mencapai syarat permukaan yang halus, setelah dari pemotongan mesin lain. Mesin gerinda pertama ada adalah jenis mesin yang menggerinda permukaan logam. Batu gerinda dibuat dari serbuk logam dengan kekerasan tinggi yang sengaja dibuat dengan kekerasan mendekati intan. Untuk maksud tersebut, umumnya serbuk logam diramu perekat dengan serbuk keramik.

Proses permesinan seringkali tidak mampu menghasilkan benda kerja dengan tingkat kekasaran atau akurasi dimensi yang diharapkan. Ada banyak faktor yang menjadi penyebabnya, antara lain adalah material yang dikerjakan terlalu keras atau terlalu getas, seperti misalnya: bola baja segala ukuran, rol bantalan, piston, poros engkol, roda gigi terutama gigi-gigi kontak, pahat potong, dan cetakan. Salah satu proses yang umum digunakan untuk menghasilkan benda kerja dengan karakteristik tertentu ini, adalah dengan proses gerinda. Proses gerinda termasuk dalam proses permesinan abrasif terikat. Yang diasanya sering digunakan untuk proses *finishing*. Proses ini merupakan proses pelepasan material dengan menggunakan pahat yang berupa batu gerinda berbentuk piringan (*grinding wheel* atau *disk*), yang dibuat dari campuran serbuk abrasif dan bahan pengikat dengan komposisi dan struktur tertentu, dari Taufik Rocim (1993).

Kelebihan penggunaan mesin gerinda antara lain adalah dapat mengerjakan benda kerja dengan: ukuran presisi sesuai tuntutan, kondisi kekerasan tinggi, dan permukaan halus. *Kelemahan* operasional mesin gerinda adalah: waktu pengerjaan lama, biaya relatif mahal, dan dalam pemakanan yang harus

dipotong kecil. *Jenis Mesin Gerinda* antara lain adalah mesin gerinda: datar atau permukaan (dengan variasi benda kerja horizontal, vertical, atau miring), silindris atau silinder dalam, dengan harus memotong dengan ketebalan kecil sekali umumnya dilakukan dengan mesin gerinda dipegang tangan atau mesin gerinda tangan, dengan gerinda sabuk dimana operator melakukan proses gerinda dengan duduk, sehingga disebut menggunakan mesin gerinda duduk (Bench Grinder), dengan gerakan pahat *center less* atau bergerak mengikuti program yang diberikan (jenis ini yang banyak dikembangkan sebagai mesin gerinda modern. Pengembangan selanjutnya mengikuti kemudahan fungsi.

Sebagai contoh, Mesin Gerinda Datar yang berdasar posisi Sumbu Spindel dan Gerakan Meja yang sampai saat ini terdapat 4(empat) tipe yaitu: spindle horizontal dan meja bolak-balik, spindle horizontal dan meja putar, spindle vertical dan meja bolak-balik, dan spindle vetikal dengan meja berputar. Mesin Gerinda Terkini antara lain adalah Mesin Gerinda: Datar Semi Otomatis, Otomatis, dan dengan bantuan CNC atau mesin gerinda digital. Mesin gerinda dilengkapi dengan harga/angka petunjuk pengaturan dalam skala yang dipilih saat menggerinda atau harga tersebut dari input pengaturan putaran atau setting digital pada mesin, yaitu: kecepatan putar benda, dan kecepatan gerakan meja. Contoh bagian-bagian yang terdapat pada Mesin Gerinda Datar yaitu: Kolom mesin, meja magnetic, spindle mesin, roda gerinda, system pendingin, panel kelistrikan, system hidrolik, dan tuas pengatur pemakanan roda gerinda.



Gambar 8.1. Mesin Gerinda Datar, dari Hadi dan Tatang (2013)

8.2 Pahat Mesin Gerinda

Pahat mesin gerinda ditinjau dengan beberapa sifat *karakteristik khas* berikut ini:

1. Bentuk pahat mesin gerinda adalah piringan yang sudah ditetapkan sesuai pasangannya dengan mesin, dari **Hadi dan Tatang (2013)** yaitu:



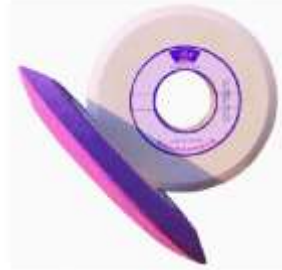
a. Roda Gerinda Lurus



b. Roda Gerinda Silinder



c. Roda Gerinda Tirus Satu Sisi



d. Roda Gerinda Tirus Dua Sisi



e. Roda Gerinda Pengurangan Satu Sisi



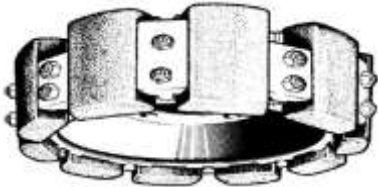
f. Roda Gerinda Pengurangan Dua Sisi



g. Roda Gerinda Mangkuk Lurus



h. Roda Gerinda Mangkuk Kerucut

 i. Roda Gerinda Piring	 j. Roda Gerinda Piring Gergaji
 k. Roda Gerinda Tanpa Senter	 l. Roda Gerinda Tanpa tangkai dan dengan Tangkai
 m. Roda Gerinda Khusus	

Gambar 8.2. a. Roda Gerinda Lurus. b. Roda Gerinda Silinder. c. Roda Gerinda Tirus Satu Sisi. d. Roda Gerinda Tirus Dua Sisi. e. Roda Gerinda Pengurangan Satu Sisi. f. Roda Gerinda Pengurangan Dua Sisi. g. Roda Gerinda Mangkuk Lurus. h. Roda Gerinda Mangkuk Kerucut. i. Roda Gerinda Piring. J. Roda Gerinda Piring Gergaji. k Roda Gerinda Tanpa Senter. l. Roda Gerinda Tanpa tangkai dan dengan Tangkai. M. Roda Gerinda Khusus.

- a. **Roda Gerinda Lurus,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: datar, silinder lingkaran luar, pahat perkakas mesin gerinda bangku (pedestal), dimana arah pemotongan **sejajar** arah gerakan benda kerja.
- b. **Roda Gerinda Silinder,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: diameter dalam, dan poros spindle vertikal dan horizontal.
- c. **Roda Gerinda Tirus Satu Sisi,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: alur miring satu sisi, mata bor, dan pisau.
- d. **Roda Gerinda Tirus Dua Sisi,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: alur bentuk "V". pada roda gigi dan rack kemudi.
- e. **Roda Gerinda Pengurangan Satu Sisi,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: datar, silinder lingkaran luar, pahat perkakas mesin gerinda bangku (pedestal), dimana arah pemotongan **tegak lurus** arah gerakan benda kerja.
- f. **Roda Gerinda Pengurangan Dua Sisi,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: datar dan posisi pemegang pahat (spindle) tegak/ vertical.
- g. **Roda Gerinda Mangkuk Lurus,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: sisi dengan spindle horizontal, dan datar dengan spindle vertital.
- h. **Roda Gerinda Mangkuk Kerucut,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: dari alat-alat potong.
- i. **Roda Gerinda Piring,**
Digunakan untuk menggerinda: tujuan memotong alur lurus.
- j. **Roda Gerinda Piring Gergaji,**
Digunakan untuk menggerinda permukaan: tujuan

memotong berpola.

k. Roda Gerinda Tanpa Senter,

digunakan untuk menggerinda permukaan: melengkung bentuk sembarang (tanpa tahu pusat lengkungannya)

l. Roda Gerinda Tanpa tangkai dan dengan Tangkai,

Digunakan untuk menggerinda permukaan: diameter dalam yang relatif besar dan diameter dalam yang relatif sempit.

m. Roda Gerinda Khusus,

Digunakan untuk menggerinda permukaan: datar dan melengkung dalam dimensi ukuran yang sangat luas, jika salah satu mata pahat rusak dapat diganti sendiri.

2. Pahat mesin gerinda menggunakan material yang dapat dibagi menjadi 3(tiga) kelompok utama, yaitu pertama pahat dari hasil tambang murni (misalnya: intan atau diamond, batu api atau kwarsa, batu garmet, dan batu emery), kedua dari bahan artifisial atau buatan dari serbuk logam (misalnya paduan antara Silikon Carbida atau (SiC) dengan Aluminium Oksida atau (Al₂O)₃, dan ketiga dari Boron Carbida atau (B₄O). *Batu api* yang abrasif berwarna keabu-abuan hingga warna agar merah muda, dan sebagai perekatnya pasir kertas atau filint dengan sifat, jika tidak segera digunakan cepat menjadi tumpul. *Batu gamet* dalam ukuran besar umumnya digunakan untuk perhiasan, sedang butiran lembutnya untuk material abrasif, dan sebagai perekatnya juga digunakan pasir kertas atau filint, tetapi gaya kikis dan daya tahan ketajaman sangat baik dan bertahan lama. *Batu gosok* tidak lain adalah pahat gerinda abrasif campuran Aluminium Oksida dan Iron Oksida alami yang alami.

Bahan pahat jenis *quartz* memiliki kekasaran paling rendah, karena tidak tahan panas umumnya digunakan untuk

material non logam. Jenis *Emery* (simbol-H) umumnya sudah mempunyai abrasif aluminium oksida tetapi dalam prosentase yang rendah, yaitu antara 25 sampai 30 persen. Paduan sisanya adalah serbuk besi oksida (Fe_2O_3) dan serbuk silikat (SiO_3). Jenis *Emery* yang disebut *Corundum*, mengandung paduan aluminium oksida (Al_2O_3) sampai 96 persen, sehingga memiliki kekerasan sampai tingkat-9. Untuk hemat biaya, bahan pahat abrasif dapat digantikan dengan Silikon Carbida (Si-C). Si-C kadang disebut Carborundum yang diperoleh dari pengayakan butiran pasir kemudian melalui proses pembuatan serbuk dalam tungku elektrik (electric furnace). Butiran pasir menjadi seperti tanah lembek dan menggumpal menjadi serbuk-serbuk Silikon Carbida.

3. Karakteristik bahan buatan pahat mesin gerinda agar memberikan hasil optimal tergantung dari antara lain: tipe abrasif, ukuran butir serbuk logam, jenis pengikat abrasif, harga kekerasan pahat yang dihasilkan dari proses perekatan abrasif, komposisi antara serbuk dan perekat, bentuk ujung pahat, dan ukuran pahat (misalnya: ketebalan abrasif, diameter pahat, dan posisi abrasif sepanjang panjang pita).
4. Tingkatan kekerasan pahat yang digunakan tergantung dari produksi atau pembuatan penyatuan antara abrasif dengan perekatnya. Tingkat kekerasan pahat dinyatakan dengan huruf yaitu untuk: tingkat kekasaran pahat yang lunak (huruf-huruf, D sampai G), tingkat kekasaran pahat yang cukup lunak (huruf-huruf, H sampai K), tingkat kekasaran pahat yang sedang (huruf-huruf, L sampai O), tingkat kekasaran pahat yang keras (huruf-huruf, P sampai S), dan tingkat kekasaran pahat yang sangat keras (huruf-huruf, T sampai Z). Kode huruf yang menunjukkan jenis perekatan

batu gerinda antara lain huruf: B untuk perekatan resinoid, BF untuk perekatan resinoid yang diperkuat, V untuk perekatan Vitrified, dan S untuk perekatan Silikat.

5. Tingkatan kekerasan permukaan benda kerja yang dibutuhkan sampai saat ini dengan skala tingkat kekerasan benda kerja dimunculkan dalam 2(versi) yaitu skala dari: Rusia dan skala dari Eropa-Amerika. *Skala dari Rusia* dinyatakan dalam angka dari grade-1 sampai grade-9 yaitu untuk skala: grade-1 lunak ekstrem (extremely soft) *notasi-4M*, grade-2 sangat lunak (very soft) *notasi-BM1 dan notasi-BM-2*, grade-3 lunak (soft) *notasi (M1, M2, dan M3)*, grade-4 medium soft *notasi (CM1, dan CM2)*, grade-5 medium notasi (*C1, dan C2*), grade-6 medium keras notasi (CT1, CT2, dan CT3), grade-7 keras (hard) notasi (T1, dan T2), grade-8 sangat keras (very hard) notasi (BT1, dan BT2), dan grade-9 keras ekstrem notasi (4T1, dan 4T2). *Skala dari Eropa-Amerika* dinyatakan dalam angka yaitu: dari grade-08 sampai grade-24 untuk permukaan yang digerinda kasar, jenis sedang dari grade-30 sampai grade-60 untuk permukaan yang digerinda jenis sedang, dari grade-70 sampai grade-220 untuk permukaan yang digerinda jenis halus, dari grade-221 sampai grade-800 untuk permukaan yang digerinda jenis sangat halus, dan dari grade-801 sampai grade-1000 untuk permukaan yang digerinda sangat halus sekali.
6. Penjelasan untuk masing-masing bahan pahat gerinda yang abrasif selain intan dan kelompok batuan, disebutkan sebagai berikut:
 - a. Tipe abrasif silikon karbida (SiC) atau disebut Carborundum, yang dijumpai di pasar umumnya adalah tipe green grit (simbol-C), dengan sifat antara lain: mengandung paling tidak 97 persen SiC. *Tipe Green Grit* dari SiC (simbol-C) mempunyai ciri dengan gerigi atau

ujung-ujung biji SiC yang sangat tajam. Tetapi setelah tercampur menjadi pahat, pahat menjadi lebih lunak dibanding pahat dari serbuk Aluminium Oksida (Al_2O_3).

Pembuatan abrasif ini adalah sebagai berikut: pasir besi oksida yang mengandung silikon dicampur dengan karbon murni, dipanaskan pada suhu 2300°C untuk menjamin silikon mengikat oksida dari pasir besi menjadi bentuk silisium, kemudian dilakukan pengayakan sampai sebesar green grit.

Istilah pengayakan disini adalah material ditampung kemudian dilakukan proses penekanan dimana sudah terpasang ayakan yang tegak lurus dari arah penekanan tersebut.

Pengayakan berawal dari silisium dilewatkan ayakan: yang meloloskan partikel (grain abrasif particles) dan partikel yang lolos disebut *coarse grit*, coarse grit diayak dengan susunan ayakan (sieve) sehingga menghasilkan *medium grit* sampai *fine grit* sesuai persyaratan besar butir yang diinginkan dan untuk menjamin jumlah kebutuhan abrasif, maka dilakukan pengayakan lagi menjadi *green grit*.

- b. Tipe abrasif Aluminium Oksida (Al_2O_3) adalah tipe black grit, simbol-A, dengan sifat antara lain: mengandung paling tidak 95 persen SiC, makin banyak prosentase carbon, pahat makin keras.

Penggunaan abrasif ini dalam pahat dari Silikon Carbida untuk gerinda antara lain terhadap material benda kerja seperti: besi tuang (umumnya produk coran atau dari cetakan serbuk), produk dari perunggu (bronze), dan produk dari Cemented Carbide umumnya inset bentuk segi-3 dari pahat potong.

Ciri abrasif tipe ini (disebut *Tipe Black Grit*) dari

Aluminium Oksida atau Al_2O_3 yang mempunyai ciri antara lain, yaitu harga lebih murah.

Paduan abrasif jenis ini, dari Aluminium Oksida (Al_2O_3) yang diperoleh untuk pahat mesin gerinda adalah paduan: Aluminium Oksida Zirkon, Aluminium Oksida Keramik, dan Aluminium Oksida.

Pembuatan abrasif ini adalah sebagai berikut: dilakukan pemurnian kandungan bauksit dari bahan dasar, misalnya pasir Sebelum proses pembuatan untuk bauksit.

- c. Dari W. Brian Rowe et al (2009-2019), simbol-CBN, dengan sifat antara lain: menjadikan pahat gerinda paling mahal, dengan sifat material terkeras kedua setelah intan, tetapi cepat aus, menggunakan pendingin air, dapat dilakukan untuk menggerinda dengan kecepatan tinggi, dan hasil gerinda presisi tinggi. Bahkan pembuatan pahat gerinda dari bahan ini di laboratorium ruang angkasa dapat menghasilkan kekerasan yang lebih dari intan.

Pembuatan abrasif ini adalah sebagai berikut: abrasif atau butiran Boron Nitrida Kubik pertama kali dibuat tahun 1957 dengan proses sintering suhu 2800°F sampai 3700°F dengan tekanan 3.45 MPa hingga 6.2 MPa dengan katalis logam berturut-turut dari: alkali, antimon, timbal, timah, litium, magnesium, dan nitrida. Gerinda dengan kekerasan tinggi (1065 sampai 1175 Hv skala Vickers) dengan jenis campuran logam besi tuang Ni-Cr-Al dihindari untuk digerinda dengan intan karena logam akan meluruh atau tergerus, disini digunakan Gerinda Cubic Boron Nitride.

Sifat fisika dan kimia gerinda dari Cubic Boron Nitride, juga dari **W. Brian Rowe et al (2009-2019)**, sebagai berikut:

Tabel 8.1. Sifat fisika dan kimia gerinda dari Cubic Boron Nitride dibandingkan Intan

No.	Properti	Cubic Boron Nitride	Intan
1.	Struktur	Campuran Logam	Carbon Murni
2.	Konstanta Kisi (nm)	0.3615	0.3567
3.	Panjang Ikatan antar Molekul (nm)	0.157	0.154
4.	Kepadatan (g/cm ³)	3.48	3.52
5.	Kekuatan Tekan (GPa)	367	435
6.	Kekerasan Struktur Mikro (GPa)	75-90	80-120
7.	Titik Lebur ((K)	3500 pada 10.5 MPa	4000 (13 MPa)
8.	Koefisien Muai (10 ⁻⁶ /K)	4.7	3.1
9.	Konduktifitas Termal (kW/m K)	1.3	2.0
10.	Stabilitas Termal (K)	573-1673	833-973
11.	Suhu Saat Mencampuri (K)	>1773	1673-2073
12.	Resistivitas (Ω cm)	10 ² sd 10 ¹⁰	10 ¹⁰ -10 ¹⁶
13.	Konstanta Dielektrik	4.5	5.58
14.	Indeks Refraksi (nm)	2.117	2.417
15.	Celah Voltase (eV)	6.4	5.5

Umumnya harga lebih besar lebih baik, ***kecuali untuk:*** celah voltase, panjang ikatan molekul. Perlu diketahui, ***jangan sekali-sekali*** mesin gerinda untuk menggerinda kayu dan jika dilakukan, terjadi perubahan sifat dan komposisi serta ketajaman pahat gerinda yang diluar dugaan. Ampelas dengan

berbagai grade digunakan untuk kayu. Keras atau tidaknya butiran abrasif terlepas, sangat berkaitan dengan kemampuan perekat dalam mengikat butiran abrasif. Hindari, bahan abrasif atau serbuk dari batu gerinda keras dipadukan dengan perekat yang lunak atau sebaliknya. Pada akhirnya kekuatan pengasahan ditentukan oleh padunya abrasif dan perekat yang sudah menyatu sebagai tingkat kekerasan pahat mesin gerinda yang dinyatakan dengan huruf A sampai Z, yang sudah diuraikan sebelumnya.

7. Serbuk abrasif dibuat dalam beberapa ukuran sesuai karakteristiknya. Klasifikasi serbuk masing-masing disertakan kode nol dan angka integer yang menyatakan grade serbuk antara nol sampai 15. Semakin kecil angka pahat gerinda maka serbuk pada pahat gerinda dengan kerapatan semakin tinggi. Hubungan antara angka dengan kerapatan serbuk abrasif adalah sebagai berikut angka untuk kondisi kerapatan: nol sampai 2 sangat rapat, 3 dan 4 rapat, 5 dan 6 medium, 7 sampai 9 renggang, dan 10 sampai 12 sangat renggang. Kerapatan serbuk abrasif dapat diatur dengan cara: menentukan prosentasi pencampuran serbuk abrasif dengan perekat, dan mengatur tekanan pencetakan, sesuai Dedy Prastiawan (2010).

Perekat abrasif yang umum digunakan terdapat dalam 7(tujuh) jenis, Taufiq Rochim (1993), dengan penambahan yaitu,

1. *Vitrified* (keramik), setelah dibuat menjadi pahat gerinda mempunyai sifat antara lain sebagai berikut:
yang paling banyak digunakan, untuk kecepatan pembuangan geram dengan pengambilan ketebalan sekali potong yang besar, material benda kerja tahan temperatur tinggi, masih diperlukan pendingin, dan hasil gerinda halus.
2. Silikat, setelah dibuat menjadi pahat gerinda mempunyai sifat antara lain sebagai berikut:

Untuk khusus gerinda mata pahat (pahat insert), harus dibuat ujung mata pahat setajam mungkin, dengan bahan pahat gerinda yang sedikit menimbulkan panas, kompensasinya butir abrasif mudah lepas.

3. Rubber, setelah dibuat menjadi pahat gerinda mempunyai sifat antara lain sebagai berikut:
untuk khusus gerinda proses finishing permukaan (seperti bantalan luncur dan alur permukaan kontak antar dua benda).
4. Rubber dengan diperkuat serat fabrik
untuk khusus gerinda proses finishing permukaan seperti: bantalan, pasak, alur pulley, dan komponen mesin perkakas lainnya.
5. *Bakelite* (resinoid, syntetic resin), setelah dibuat menjadi pahat gerinda mempunyai sifat antara lain sebagai berikut: untuk benda kerja setelah proses welding, termasuk proses penghalusan benda kerja, digunakan pada gerinda (seperti kedua ujung poros tempat bantalan, dan roda gigi).
6. *Shellac* (keramik lunak), setelah dibuat menjadi pahat gerinda mempunyai sifat antara lain sebagai berikut: untuk khusus gerinda baja pada benda kerja permukaan datar maupun melengkung.
7. Paduan Magnesium Oksida, setelah dibuat menjadi pahat gerinda mempunyai sifat antara lain sebagai berikut: merupakan perekat yang digunakan sejak awal abad-20, sudah jarang digunakan kecuali untuk mengasah atau menggerinda manual, dan dengan paduan pendukung dengan antara lain magnesium klorida.
8. Nama bagian yang tertera di pahat gerinda, yaitu:
 - a. Perekatan butir abrasif (bonded abrasif grains), terdiri dari: material perekat, butiran abrasif, dan pore
 - b. Soft paper washer
 - c. Bush

Identifikasi pahat mesin gerinda dibuat untuk memudahkan dalam perdagangan agar komunikasi jual-beli akan mendapatkan yang diinginkan. Pemakaian jenis pahat gerinda distandarkan berdasarkan ISO 525-1975E. Standar penandaan terdiri dari 7(tujuh) informasi, semisal dinyatakan sebagai: a b c d e f dan g. Masing-masing huruf ini mempunyai arti sebagai berikut:

1. Huruf-a menyatakan indikasi abrasif yang digunakan sebagai informasi dari pembuat produk tersebut,
2. Huruf-b menyatakan tipe abrasif yang digunakan, misal A, C, atau CBN.
3. Huruf-c menyatakan ukuran butir abrasif, yang dibagi menjadi 4(empat) kelompok yaitu:
 - *Coarse (10, 11, 12, 20, dan 24)
 - *Medium (30, 36, 48, 54, dan 60)
 - *Fine (70, 80, 90, 100, 120, 150, dan 180)
 - *Very fine (220, 240, 280, 320, 400, 500, dan 800)
4. Huruf-d menyatakan tingkatan atau grade dari piringan gerinda yang dihasilkan, dimana grade tersebut ditampilkan dengan huruf besar mulai huruf-A (paling lunak), huruf L dan M untuk medium, dan huruf-Z untuk yang paling keras.
5. Huruf-e menyatakan (*dense to open*) yang dinyatakan dengan angka dari angka-1, 2, 3, 4, 5 dan seterusnya (*use optional*).
6. Huruf-f menyatakan perekat abrasif yang digunakan, yaitu huruf: B untuk resinoid, E untuk Shellac, O untuk oxychloride, R untuk rubber, S untuk silikat, dan V untuk vitrified. Perekat abrasif paduan magnesium oksida sudah tidak lagi dibuat skala industri tetapi masih digunakan meskipun jarang, sehingga tidak dimasukkan dalam standar.
7. Huruf-g menyatakan identifikasi piringan tempat perekat dan abrasif ditempatkan. Identifikasi ini dinyatakan

dengan 2(dua) angka yang merupakan urutan nomor dari pabrik pembuatnya.



Gambar 8.3. Lokasi ditempatkan penunjuk Identifikasi pahat gerinda dan ukurannya

8.3 Parameter Pemotongan Mesin Gerinda

Mesin gerinda dilengkapi dengan harga/angka petunjuk pengaturan dalam skala yang dipilih saat menggerinda atau harga tersebut dari input mengatur putaran atau setting digital pada mesin, yaitu: kecepatan putar benda kerja (notasi " n_w "), kecepatan putar pahat gerinda (notasi " n ") satuan "rpm", serta kecepatan gerak meja (satuan L_s).

Tiga persamaan utama, penentuan parameter pemotongan, dengan rumus sederhana sebagai berikut :

1. Kecepatan putar pahat gerinda dihitung dari rumus berikut,

$$n = \frac{60.000 V_c}{\pi d} \text{ (rpm)} \quad (8.1)$$

dimana “d” adalah diameter pahat (mm) dan V_c adalah kecepatan potong pahat (mm/det).

2. Kecepatan putar benda kerja (notasi “ n_w ”) dihitung dengan persamaan berikut,

$$n_w = \frac{1000 V_w}{\pi d} \text{ (rpm)} \quad (8.2)$$

“ V_w ” adalah kecepatan potong benda kerja, diupayakan efektif “ V_w ” tidak sama dengan nol untuk benda kerja. Dengan pemahaman lain, benda kerja tetap digerakkan meskipun dengan putaran perlahan.

3. Kecepatan gerak meja (feeding, notasi “ L_s ”) dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$L_s = n_w S \text{ (mm/menit)} \quad (8.3)$$

disini, “S” adalah pengurangan ketebalan benda kerja akibat pemotongan (satuan mm/putaran).

Parameter-parameter yang terlibat dalam 3(tiga) persamaan tersebut adalah V_c , d , n , n_w , V_w , L_s , dan S . Diameter pahat gerinda diketahui dan kecepatan potong benda kerja dapat diasumsikan. Pemilihan parameter berikutnya terkendala dengan batasan harga yang sesuai, sesuai yang diuraikan pada alinea-alinea berikut ini.

Harga kecepatan potong dan benda kerja (V_w atau V_c) terlalu tinggi maka pahat gerinda mudah retak sehingga dapat pecah apabila dipergunakan lagi meski dengan putaran lebih rendah dan dapat menimbulkan panas pada benda kerja bahkan sampai timbul percikan api. Jika sebaliknya untuk (V_w atau V_c) terlalu rendah, butiran pahat gerinda atau material abrasif mudah lepas dan tidak terjadi pemotongan atau pengasahan pada benda kerja.

Dari Hadi Mursidi at al (2013), Penentuan kecepatan potong dan kecepatan benda kerja, tergantung dari jenis mesin gerinda dan pekerjaan pemotongan atau pekerjaan penghalusan permukaan. Kemudian, kecepatan potong dan benda kerja yang disarankan antara lain adalah untuk: mengasah pahat potong mesin perkakas digunakan kecepatan 23 sampai 30 m/det, menggerinda peralatan kondisi basah (material tidak tahan suhu tinggi) dengan kecepatan 26 sampai 30 m/det, penggrindaan pisau dan pahat inset dengan kecepatan 18 sampai 23 m/det, proses pemotongan logam dengan 45 sampai 80 m/det. Hadi Mursidi at al (2013) menambahkan, bahwa penggunaan untuk pengerjaan berikut: gerinda silinder luar dengan kecepatan anguler pahat gerinda 28 sampai 33 m/det, gerinda silinder dalam dengan 23 sampai 30 m/det, gerinda pedestal (gerinda yang operasionalnya dilakukan dengan duduk) dengan 26 sampai 33 m/det, gerinda portable (operasionalnya cukup dengan tangan dengan benda kerja ukuran kecil) dengan 33 sampai 48 m/det, dan gerinda datar dengan kecepatan angulair pahat roda gerinda 20 sampai 30 m/det. Gerinda pedestal digunakan untuk pembentukan benda kerja atau pengasahan seperti: pisau dapur, golok, pahat bubut, dan mata bor.

Harga kecepatan gerak meja (feeding, notasi " L_s ") terdiri dari 2(dua) kondisi posisi roda gerinda dan benda kerja. Kondisi pertama dimana gerakan roda gerinda sejajar dengan panjang benda kerja, dan untuk gerinda permukaan datar dengan harga

kecepatan gerak meja, yang dihitung dari Panjang Langkah penggerindaan datar gerak memanjang (notasi " L_s ") terhadap waktu yang dibutuhkan untuk satu putaran roda gerinda. Harga " L_s " terdiri dari: panjang benda kerja yang dapat tergerus dalam satu putaran roda gerinda (mm) arah mendatar (notasi " l "), diameter roda gerinda (notasi " d "), dan jarak bebas antara benda kerja dengan roda gerinda sebelum pemotongan terjadi (notasi " d_a "). " L_s " merupakan penjumlahan ketiga parameter sebelumnya ini yaitu:

$$L_s = d + 2 d_a + l \quad (8.4)$$

Kondisi kedua, untuk gerakan roda gerinda tegak lurus dengan panjang benda kerja, dan untuk gerinda permukaan datar dengan harga kecepatan gerak meja, yang dihitung dari Panjang Langkah penggerindaan datar gerak melintang. Parameter penting disini adalah tebal roda gerinda (notasi " b "). Umumnya, sekali putaran pahat roda gerinda diasumsikan efektif untuk $2/3$ dari tebal " b ". Sehingga untuk satu putaran penambahan panjang menjadi $2x$ atau $= 4/3 b$, atau,

$$L_s = 4/3 b + l \quad (8.5)$$

Waktu pemotongan dengan mesin gerinda, ditentukan sebagai waktu total dalam penyelesaian gerinda benda kerja dari permukaan yang diinginkan dari umumnya harga kekasaran permukaan sesuai yang diinginkan. Rumus umum waktu pemotongan berlaku untuk 2(dua) kondisi yaitu: dengan atau tanpa penggeseran meja perletakan benda kerja. Arah pergeseran meja benda kerja kesamping kiri-kanan atau depan belakang, tergantung jenis mesin gerinda. Pergeseran benda kerja diasumsikan terjadi datar meskipun realitanya berlaku untuk gerinda pada lingkaran luar atau lubang. Persamaan kedua kondisi ini dinyatakan sebagai berikut:

1. Penentuan waktu gerinda tanpa pergeseran meja

$$t = \frac{2 L i}{1000 F} \text{ (menit)} \quad (8.6a)$$

angka “1000” pada persamaan-8.6a, merupakan konstanta konversi satuan meter dijadikan milimeter, dimana “L” merupakan panjang gerakan pahat gerinda satuan “mm;” “i” adalah jumlah pemakanan yang diinginkan, “F” kecepatan gerak meja (m/menit). Sepintas, waktu pemotongan tidak tergantung dari kecepatan putar pahat gerinda. Tetapi penentuan harga “F” sebagai kecepatan gerak meja benda kerja, kemudian kecepatan putar pahat, dan jumlah pemakanan, merupakan 3(tiga) parameter yang mempengaruhi diperolehnya harga kekasaran dari permukaan benda kerja yang diinginkan.

2. Penentuan waktu gerinda dengan pergeseran meja benda kerja

$$t = \frac{2 L C i}{1000 f F} \text{ (menit)} \quad (8.6b)$$

Seperti persamaan-8.6a, parameter “C” adalah panjang langkah pahat melintang sesuai lebar benda kerja. Harga “C” diperoleh dari harga: “A” merupakan lebar benda kerja (mm), “f” merupakan kecepatan pemakanan kesamping (mm/Langkah), dan “b” merupakan lebar roda gerinda (mm), “C” sama dengan $A + (4/3) b$ dalam mm. Harga “C” merupakan harga yang sudah diketahui, tetapi penentuan harga “f” merupakan kebijakan tersendiri yang terkait berapa harga sebenarnya agar kekasaran permukaan yang diinginkan dicapai.

Berdasarkan semua persamaan di atas, 2(dua) perlakuan operator sesuai dengan jenis mesin gerinda agar mendapatkan kekasaran permukaan sesuai yang diinginkan, baik untuk mesin dengan posisi meja datar maupun benda kerja yang merupakan lengkungan atau lingkaran adalah:

1. Apabila menjalankan mesin gerinda manual, maka pemberian harga-harga pada mesin dilakukan dengan “trial dan error” dimana setiap kali menggerinda hasilnya diperiksa kekasarannya.
2. Apabila menjalankan mesin gerinda-NC atau yang sudah dilengkapi program digital, harga-harga parameter yang dibutuhkan mesin gerinda sudah dibantu dari hasil perhitungan program komputer yang dipasang pada mesin-NC tersebut. Meskipun demikian bukan berarti, proses menggerinda dapat dilakukan hanya sekali saja, tetapi umumnya minimum 2(dua) kali. Hal ini tergantung kondisi kekasaran permukaan awal dari benda kerja sebelum mengalami proses gerinda, dimana dengan salah satu proses gerinda adalah finishing untuk mendapatkan hasil sesuai keinginan.

Permintaan pelanggan umumnya mengarah pada kebutuhan benda kerja dengan harga kekasaran permukaan tertentu. Meskipun cek harga kekasaran benda kerja hasil permesinan dapat dilakukan, tetapi terjadi pada tidak sedikit kasus harga tersebut tidak gampang diperoleh. Akibat yang tidak jarang terjadi adalah harga kekasaran benda kerja terlalu halus, sehingga untuk penggunaan tertentu benda kerja ini tidak dapat digunakan.

Semua parameter dalam permesinan saling mempunyai keterkaitan. Keterkaitan parameter-parameter tersebut sampai saat ini belum ada penjelasan teori atau belum dapat dijelaskan eksak. Sehingga solusi umum dalam mencari keterkaitan tersebut agar tidak menyimpang jauh dalam memberikan harga parameter

kepada mesin langsung, dilakukan dengan membuat percobaan. Percobaan menggunakan benda kerja dengan harga kekasaran permukaan yang sudah diketahui, atau persamaan yang mengandung koefisien-koefisien dengan harga konstanta tertentu.

Faktor non teknis seperti, kondisi mesin perkakas umumnya dan untuk mesin gerinda khususnya serta pola pemotongan petugas yang bekerja disamping mesin perkakas, menjadikan pola hubungan keterkaitan antar parameter terpaksa diperoleh dengan pendekatan persamaan empiris. Persamaan empiris merupakan persamaan asumsi. Pendekatan hasil eksperimen persamaan, dilakukan dengan memaksakan keterkaitan antar dua atau lebih parameter permesinan. Persamaan tersebut harus sesuai seperti pola persamaan yang diberikan. Asumsi Persamaan ini ditentukan dari pilihan pola yang dapat dikerjakan dengan bantuan Analisa Numerik seperti bentuk persamaan: linear, polinum, eksponensial, dan logaritmik.

Kesulitan utama dari percobaan untuk mendapatkan hubungan parameter mesin yang sekali jadi, adalah kekasaran permukaan benda kerja merupakan hasil atau produk akhir. Operator pengalaman dalam melakukan percobaan, memerlukan keahlian untuk setting atau mengatur parameter-parameter tersebut agar benda kerja yang dihasilkan mempunyai kekasaran permukaan seperti yang diinginkan. Paling tidak, kekasaran tersebut harganya mendekati. Melakukan pencatatan kondisi kekasaran permukaan awal sebelum proses menggerinda kemudian pencatatan setelah menggerinda satu langkah, diperlukan sebagai data awal menentukan jumlah langkah proses gerinda untuk mencapai kekasaran permukaan yang diinginkan.

Persamaan empiris apapun apabila diberlakukan dalam selang atau range sempit, maka kurva persamaan empiris yang dihasilkan dapat diasumsikan linear. Itulah sebabnya, percobaan untuk mendapatkan hubungan parameter-parameter, diupayakan yang menghasilkan harga kekasaran permukaan yang berlaku

berada dalam kurva yang dihasilkan. Sehingga, setting harga parameter untuk dimasukkan pada mesin dapat dilakukan. Chaerul dan Dian (2017) melakukan percobaan gerinda permukaan datar untuk mendapatkan hubungan antara kekasaran permukaan terhadap berkurangnya kedalaman benda kerja dalam sekali langkah menggerinda, yang dilakukan dalam selang kecil sehingga persamaan empiris yang diperoleh linear.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, C. dan Dian R. P. 2017. Memprediksi Nilai Kekasaran Permukaan dengan Besarnya Getaran Amplitudo pada Gerak Cross Speed Proses Gerinda Datar dengan Material Hardened Tool Steel SKD-11. Politeknik Negeri Banyuwangi: Jurnal Elemen, 4(1).
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 1975. ISO 525-1975E Tiga Undang-Undang: Perkeretaapian, Lalu Lintas, dan Angkutan Jalan Penerbangan Tahun 1992. Jakarta. CV. Eko Jaya. →Dokumen Pemerintah
- ISO 525-1975E. 1975.
- Mursidi, H. dan Tatang R. 2013. Teknik Mesin Gerinda. Kementrian Kebudayaan. Jakarta.
- Prastiawan, D. 2010. *Rancang Bangun Alat Gerinda Silindris Permukaan Luar untuk Dipasangkan pada Mesin Bubut Konvensional*. (Unpublished Graduate's Script) Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.
- Rochim, T. 1993. Proses Permesinan. Penerbit Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Rowe, W. B. et al. Kumpulan Abstrak Boron Nitrida Kubik (n.d) Diunduh dari file 2014 sampai 2019, dari ScienceDirect. website: <http://www.sciencedirect.com/>

BAB 9

PEKERJAAN KEKUATAN MATERIAL

Oleh Enni Sulfiana

9.1 Sifat-sifat material

1. **Kekuatan Mekanik:** Kekuatan mekanik mencakup berbagai sifat seperti kekuatan tarik, kekuatan tekan, kekuatan geser, dan kekuatan lentur. Ini mengukur sejauh mana suatu material dapat menahan beban mekanis sebelum mengalami deformasi permanen atau kerusakan.

Kekuatan mekanik, dalam konteks kekuatan material dan rekayasa, merujuk pada kemampuan suatu material untuk menahan beban atau tegangan mekanik tanpa mengalami deformasi permanen atau kegagalan. Kekuatan mekanik adalah salah satu sifat paling penting yang harus dipertimbangkan saat merancang dan menggunakan material dalam berbagai aplikasi rekayasa. Beberapa konsep yang terkait dengan kekuatan mekanik meliputi:

- a. **Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*):** Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material ketika ditarik atau diregangkan. Ini mengukur kemampuan material untuk menahan beban tarik sebelum mengalami kegagalan. Kekuatan tarik diukur dalam pascal (Pa) atau megapascal (MPa).
- b. **Kekuatan Tekan (*Compressive Strength*):** Kekuatan tekan adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material ketika ditekan atau disusutkan. Ini mengukur kemampuan material untuk menahan beban tekan sebelum mengalami kegagalan. Kekuatan tekan juga diukur dalam pascal (Pa) atau megapascal (MPa).

- c. **Kekuatan Geser (*Shear Strength*):** Kekuatan geser adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material ketika mengalami beban geser. Ini terkait dengan kemampuan material untuk menahan pergeseran antara dua lapisan atau bagian dari material tersebut.
- d. **Kekuatan Lengkungan (*Bending Strength*):** Kekuatan lengkungan adalah kemampuan suatu material untuk menahan momen lentur tanpa mengalami kegagalan. Ini penting dalam desain balok dan struktur yang mengalami beban lentur.
- e. **Kekuatan Lengketan (*Adhesive Strength*):** Ini adalah kemampuan bahan perekat atau perekat untuk menahan beban melekat atau merekatkan dua permukaan bersama-sama. Kekuatan lengketan sangat penting dalam aplikasi perekatan seperti dalam industri otomotif dan konstruksi.
- f. **Kekuatan Lengketan (*Cohesive Strength*):** Ini adalah kemampuan suatu material untuk menahan beban internal ketika material tersebut mengalami pecah atau retak. Kekuatan lengketan mengukur kekuatan antar-molekul dalam material.
- g. **Kekuatan Lentur (*Flexural Strength*):** Kekuatan lentur adalah kemampuan suatu material untuk menahan momen lentur tanpa mengalami kegagalan. Ini penting dalam desain balok dan struktur lentur lainnya.
- h. **Kekuatan Impak (*Impact Strength*):** Kekuatan impak mengukur kemampuan suatu material untuk menahan beban berulang atau tumpukan. Ini penting dalam aplikasi yang melibatkan tumpukan atau dampak berulang seperti dalam industri otomotif dan konstruksi.

Kekuatan mekanik bervariasi tergantung pada jenis material dan juga dapat dipengaruhi oleh faktor seperti suhu, kelembaban, dan waktu. Memahami kekuatan mekanik material adalah kunci dalam memilih material yang tepat untuk aplikasi tertentu dan memastikan bahwa suatu struktur atau komponen akan berkinerja sesuai yang diinginkan dengan aman.

2. **Modulus Elastisitas:** Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu material. Ini menggambarkan kemampuan material untuk mengembalikan bentuk aslinya setelah dikenakan tegangan. Modulus elastisitas yang lebih tinggi berarti material lebih kaku.
3. **Ketangguhan:** Ketangguhan adalah kemampuan suatu material untuk menyerap energi sebelum mengalami retakan atau kegagalan. Ini adalah sifat penting untuk material yang digunakan dalam situasi yang mengalami dampak atau beban berulang.
4. **Kekerasan:** Kekerasan adalah kemampuan suatu material untuk menahan penetrasi atau tindakan abrasif. Pengukuran kekerasan sering menggunakan skala seperti skala kekerasan Vickers atau skala kekerasan Rockwell.
5. **Kelenturan:** Kelenturan adalah kemampuan suatu material untuk mengalami deformasi tanpa pecah atau retak. Material yang lebih lentur mampu mengalami deformasi besar tanpa mengalami kerusakan.
6. **Konduktivitas Termal:** Konduktivitas termal mengukur kemampuan suatu material untuk menghantarkan panas. Bahan dengan konduktivitas termal yang tinggi baik untuk penghantar panas, sementara yang rendah digunakan sebagai isolator termal.
7. **Konduktivitas Listrik:** Konduktivitas listrik mengukur kemampuan suatu material untuk menghantarkan listrik. Material yang baik dalam menghantarkan listrik digunakan

dalam komponen elektronik, sedangkan isolator listrik memiliki konduktivitas listrik yang rendah.

8. **Perilaku Suhu Tinggi:** Beberapa material dapat menjaga sifat-sifat mekanik mereka pada suhu tinggi, sementara yang lain mungkin mengalami degradasi atau pelemahan. Sifat-sifat material pada suhu tinggi seperti suhu lebur, suhu deformasi, dan perubahan struktural menjadi penting.
9. **Perilaku Kimia:** Sifat kimia termasuk reaktivitas terhadap zat-zat kimia tertentu, korosi, dan stabilitas kimia. Material yang digunakan dalam lingkungan yang agresif harus tahan terhadap korosi dan reaksi kimia.
10. **Densitas:** Densitas adalah massa per unit volume suatu material. Ini penting dalam desain komponen untuk memastikan bahwa material memiliki bobot yang sesuai.
11. **Biocompatibility:** Untuk aplikasi medis, biocompatibility adalah sifat yang penting untuk memastikan bahwa material tidak menyebabkan reaksi negatif saat digunakan dalam tubuh manusia.
(Raghavan, V.,1981)

9.2 Tegangan (Stress)

Tegangan, dalam konteks kekuatan material dan rekayasa, adalah besaran yang mengukur distribusi gayatan internal dalam suatu benda atau struktur saat dikenai beban eksternal. Tegangan menggambarkan sejauh mana material tersebut menahan beban yang diberikan dan dapat dihitung sebagai rasio antara gaya yang diterima oleh bahan dengan luas penampang bahan tersebut.

Tegangan biasanya dinyatakan dalam satuan pascal (Pa) atau megapascal (MPa) dalam sistem internasional (SI). Ada beberapa jenis tegangan yang penting dalam rekayasa, termasuk:

1. **Tegangan Tarik (*Tensile Stress*):** Ini adalah tegangan yang terjadi saat suatu bahan ditarik atau diregangkan. Tegangan tarik dinyatakan sebagai perbandingan antara gaya tarik (F)

yang diterapkan pada bahan dengan luas penampang awal (A) bahan tersebut. Tegangan tarik dihitung dengan rumus:

$$\text{Tegangan Tarik } (\sigma) = F / A$$

2. **Tegangan Tekan (*Compressive Stress*)**: Ini adalah tegangan yang terjadi saat suatu bahan ditekan atau disusutkan. Rumus tegangan tekan mirip dengan tegangan tarik:

$$\text{Tegangan Tekan } (\sigma) = F / A$$

3. **Tegangan Geser (*Shear Stress*)**: Tegangan geser terjadi ketika dua lapisan atau bagian dari suatu material bergerak satu sama lain dengan gaya yang sejajar tapi arahnya berlawanan. Ini dinyatakan sebagai perbandingan antara gaya geser (F) dan luas penampang yang terkena gaya tersebut (A). Rumus tegangan geser adalah:

$$\text{Tegangan Geser } (\tau) = F / A$$

4. **Tegangan Lentur (*Bending Stress*)**: Tegangan lentur terjadi dalam suatu benda yang dikenai gaya lentur. Ini umumnya terjadi dalam balok atau struktur panjang dengan beban di tengah. Tegangan lentur dinyatakan sebagai perbandingan antara momen lentur (M) dan momen penampang (I). Rumus tegangan lentur adalah:

$$\text{Tegangan Lentur } (\sigma) = M / I$$

Tegangan merupakan parameter penting dalam analisis kekuatan material dan desain struktur. Saat tegangan melebihi batas kekuatan material, bahan dapat mengalami deformasi permanen atau bahkan pecah. Oleh karena itu, insinyur dan desainer harus memahami tegangan yang terjadi dalam komponen atau struktur untuk memastikan keamanan dan kinerja yang diinginkan. (McGraw Hill, 1986)

9.3 Regangan (Strain)

Regangan (strain) dalam konteks kekuatan material dan rekayasa adalah besaran yang mengukur perubahan bentuk atau deformasi yang terjadi pada suatu benda atau material ketika

dikenai beban eksternal. Regangan mengukur seberapa besar perubahan panjang, sudut, atau volume bahan tersebut sebagai hasil dari beban yang diterapkan padanya. Regangan adalah perbandingan antara perubahan dimensi benda dengan dimensi awalnya.

Regangan dapat diukur dalam beberapa cara, tergantung pada jenis deformasi yang terjadi. Beberapa jenis regangan yang umum meliputi:

1. **Regangan Linier atau Longitudinal (*Linear Strain*):** Ini adalah jenis regangan yang mengukur perubahan panjang benda dalam arah yang sejajar dengan beban yang diterapkan. Regangan linier dinyatakan sebagai perbandingan antara perubahan panjang (ΔL) dan panjang awal (L) bahan tersebut:

$$\text{Regangan Linier } (\epsilon) = \Delta L / L$$

2. **Regangan Geser (*Shear Strain*):** Regangan geser terjadi ketika dua lapisan atau bagian dari suatu material bergerak satu sama lain dengan gaya yang sejajar tapi arahnya berlawanan. Regangan geser dinyatakan sebagai sudut perubahan (θ) antara dua bidang yang bergerak:

$$\text{Regangan Geser } (\gamma) = \theta$$

3. **Regangan Torsional (*Torsional Strain*):** Regangan torsional terjadi ketika suatu benda panjang diputar. Regangan ini terkait dengan perubahan sudut benda.

$$\text{Regangan Torsional } (\varphi) = \theta$$

4. **Regangan Volumetrik (*Volumetric Strain*):** Regangan volumetrik mengukur perubahan volume bahan. Ini terkait dengan tekanan atau beban hidrostatik yang diterapkan pada material.

$$\text{Regangan Volumetrik } (\epsilon_v) = \Delta V / V$$

Regangan sering dinyatakan dalam bentuk desimal atau persentase. Saat beban diterapkan pada suatu bahan, regangan menggambarkan sejauh mana bahan tersebut merespons beban

tersebut. Pemahaman tentang regangan penting dalam analisis kekuatan material karena memungkinkan insinyur dan desainer untuk memprediksi perilaku material di bawah beban tertentu, termasuk kapan material mungkin mengalami deformasi plastis atau kegagalan. Regangan juga digunakan dalam pemilihan material dan desain komponen untuk memastikan kinerja yang diinginkan dan keamanan.(Rege dkk,2000)

9.4 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah besaran yang mengukur kekakuan atau kemampuan suatu material untuk mengembalikan bentuk aslinya setelah mengalami deformasi elastis (non-permanen) akibat pemberian beban eksternal. Modulus elastisitas juga dikenal sebagai modulus Young, dinamai setelah ilmuwan Inggris Thomas Young yang memformulasikan konsep ini. Modulus elastisitas adalah salah satu sifat penting yang menggambarkan respons elastis material terhadap tegangan.

Ada dua jenis modulus elastisitas yang umum digunakan:

1. **Modulus Elastisitas Tarik (Young's Modulus atau Modulus of Elasticity):** Modulus ini mengukur kekakuan material terhadap regangan linier, yang terjadi saat bahan ditarik atau diregangkan. Modulus elastisitas tarik (biasanya disebut sebagai "E") didefinisikan sebagai rasio tegangan tarik (σ) terhadap regangan linier (ϵ) dalam arah yang sejajar dengan arah beban. Rumusnya adalah:

$$E = \sigma / \epsilon$$

Modulus elastisitas tarik diukur dalam pascal (Pa) atau megapascal (MPa) dalam sistem internasional (SI).

2. **Modulus Elastisitas Geser (*Shear Modulus atau Modulus of Rigidity*):** Modulus ini mengukur kekakuan material terhadap regangan geser, yang terjadi saat dua lapisan atau bagian dari suatu material bergeser satu sama lain dengan gaya yang sejajar tapi arahnya berlawanan. Modulus elastisitas geser

(biasanya disebut sebagai "G") didefinisikan sebagai rasio tegangan geser (τ) terhadap regangan geser (γ). Rumusnya adalah:

$$G = \tau / \gamma$$

Modulus elastisitas geser juga diukur dalam pascal (Pa) atau megapascal (MPa).

Modulus elastisitas adalah sifat intrinsik suatu material dan dapat berbeda-beda dari satu jenis material ke yang lain. Material yang memiliki modulus elastisitas yang tinggi adalah material yang kaku dan sulit mengalami deformasi elastis, sementara material dengan modulus elastisitas yang rendah lebih lentur dan mudah mengalami deformasi elastis.

Pemahaman tentang modulus elastisitas penting dalam desain struktur dan komponen karena membantu insinyur memprediksi deformasi elastis suatu material ketika diberi beban tertentu. Hal ini juga digunakan dalam analisis kekuatan material dan pemilihan material untuk memastikan kinerja yang diinginkan dalam berbagai aplikasi rekayasa. (Marthen Paloboran, 2022)

9.5 Rasio Poisson

Rasio Poisson, juga dikenal sebagai Koefisien Poisson, adalah parameter yang mengukur hubungan antara perubahan relatif dalam dimensi material ketika dikenai tegangan dalam satu arah tertentu dengan perubahan relatif dalam dimensi material sepanjang arah yang tegak lurus. Rasio Poisson dinyatakan dengan simbol ν (nu) dan sering disebut sebagai ν Poisson. Koefisien Poisson dinamai dari ilmuwan Prancis, Siméon Denis Poisson, yang pertama kali menggambarkan hubungan ini.

Koefisien Poisson dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\nu = -\epsilon_{\text{lateral}} / \epsilon_{\text{longitudinal}}$$

Di mana:

1. ν adalah rasio Poisson.
2. $\epsilon_{\text{lateral}}$ adalah regangan lateral, yaitu perubahan relatif dalam dimensi material yang tegak lurus terhadap arah beban atau tegangan yang diberikan.
3. $\epsilon_{\text{longitudinal}}$ adalah regangan longitudinal, yaitu perubahan relatif dalam dimensi material yang sejajar dengan arah beban atau tegangan yang diberikan.

Koefisien Poisson memiliki nilai antara -1 dan 0,5. Nilai-nilai yang umum digunakan adalah sekitar 0,2 hingga 0,4 untuk berbagai jenis material. Beberapa contoh nilai koefisien Poisson yang umum adalah:

1. Logam seperti baja biasanya memiliki rasio Poisson sekitar 0,3 hingga 0,33.
2. Beton biasanya memiliki rasio Poisson sekitar 0,1 hingga 0,2.
3. Karet biasanya memiliki rasio Poisson yang sangat rendah, mendekati nol.

Koefisien Poisson memiliki beberapa aplikasi dalam rekayasa dan ilmu material, termasuk:

1. **Analisis Struktural:** Dalam analisis kekuatan material dan desain struktur, koefisien Poisson digunakan untuk memperkirakan bagaimana benda atau struktur akan merespons tegangan dan deformasi dalam berbagai arah.
2. **Pemodelan Elastisitas:** Dalam pemodelan material elastis, rasio Poisson digunakan untuk menggambarkan perilaku elastis material ketika dikenai beban.
3. **Damping Getaran:** Koefisien Poisson juga dapat mempengaruhi perilaku getaran material. Material dengan rasio Poisson yang tinggi dapat memiliki karakteristik damping yang lebih baik.

4. **Pengujian Material:** Pengujian laboratorium dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien Poisson suatu material.

Pemahaman tentang rasio Poisson adalah penting dalam analisis dan perancangan struktur, terutama ketika mempertimbangkan deformasi dan tegangan dalam bahan.(Hajar Isworo, 2018)

9.6 Regangan Lateral

Regangan lateral (lateral strain) adalah jenis regangan yang terjadi pada suatu material ketika dikenai tegangan dalam satu arah tertentu, dan sebagai akibatnya, material tersebut mengalami perubahan dimensi yang tegak lurus terhadap arah beban tersebut. Regangan lateral biasanya terjadi pada material yang tidak dapat mengalami perubahan volumetrik ketika dikenai tegangan. Material yang bersifat inkompresibel, seperti sebagian besar cairan dan padatan, memiliki regangan lateral yang mendekati nol.

Regangan lateral ($\epsilon_{\text{lateral}}$) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\epsilon_{\text{lateral}} = \Delta D / D$$

Di mana:

1. $\epsilon_{\text{lateral}}$ adalah regangan lateral.
2. ΔD adalah perubahan dimensi tegak lurus terhadap arah beban.
3. D adalah dimensi awal tegak lurus terhadap arah beban.

Perubahan dimensi ini mengacu pada perubahan panjang atau perubahan lebar material yang sejajar dengan bidang yang tegak lurus terhadap arah tegangan. Regangan lateral sering kali berhubungan dengan rasio Poisson (ν), yang mengukur hubungan antara regangan lateral dan regangan longitudinal (sejajar dengan arah beban) dalam suatu material:

$$\nu = -\epsilon_{\text{lateral}} / \epsilon_{\text{longitudinal}}$$

Di mana:

1. ν adalah rasio Poisson.
2. $\epsilon_{\text{lateral}}$ adalah regangan lateral.
3. $\epsilon_{\text{longitudinal}}$ adalah regangan longitudinal.

Material yang memiliki rasio Poisson positif mengalami penyusutan lateral ketika dikenai tegangan tarik (regangan positif), sementara material yang memiliki rasio Poisson negatif dapat mengalami perluasan lateral (regangan negatif) ketika dikenai tegangan tarik.

Regangan lateral biasanya lebih kecil daripada regangan longitudinal dalam banyak material, terutama pada material yang bersifat inkompresibel seperti logam dan batu. Dalam analisis kekuatan material dan desain struktur, pemahaman tentang regangan lateral dan rasio Poisson penting untuk memprediksi deformasi dan perilaku material dalam berbagai situasi beban. (Murdani, 2013)

DAFTAR PUSTAKA

- Hajar Isworo. 2018. Mekanika Kekuatan Material Jilid 1. Program studi Teknik mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- Marthen Paloboran dkk. Mekanika Bahan Teknik Mesin.Scopindo Media Pustaka.
- McGraw Hill. 1986.Mechanical Metallurgy.Newyork
- Murdani. 2013. Mekanika Kekuatan Bahan. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Raghavan.V.1981. Material Science and Engineering.New Delhi.
- Rege, dkk. 2000. Mekanika Bahan Jilid 1. Erlangga

BAB 10

PERAWATAN DAN PERBAIKAN MESIN

Oleh Wenny Marthiana

10.1 Pendahuluan

Kegiatan pemeliharaan atau perawatan merupakan rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk memelihara, menjaga, melakukan perbaikan, penyetelan atau penggantian untuk memperoleh performa kondisi operasi produksi sesuai dengan perancangannya.

Adapun tujuan dilakukannya kegiatan *maintenance* untuk menjaga agar aset atau peralatan mencapai umur produktifnya, terjaminnya kesiapan operasional seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap saat. Menjamin seluruh peralatan dalam keadaan siap untuk digunakan sesuai performa puncaknya dengan *down time mesin* minimal. Menjamin keselamatan pengguna mesin atau lingkungan disekitar. Selain itu kegiatan pemeliharaan mesin dilakukan untuk menjaga terpenuhinya kualitas produk, karena produk dapat cacat saat mesin produksi mengalami kerusakan atau kegagalan mesin. Menjaga kondisi *spare part* dalam keadaan baik.

10.2 Strategi Kegiatan Pemeliharaan

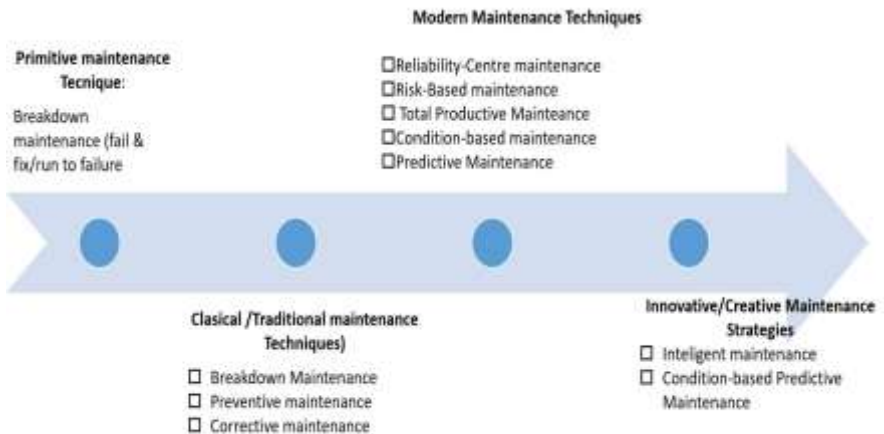
Dalam kegiatan pemeliharaan mesin terjadi evolusi kegiatan hingga saat ini. Kegiatan pemeliharaan pada jenis primitif dilakukan tak terencana yaitu pada saat telah mengalami kerusakan total. Namun kerusakan sistem atau aset pada saat itu jarang terjadi karena aset memiliki sistem yang

sederhana serta daya tahan yang tinggi. Pemeliharaan *Breakdown* merupakan pendekatan umum pemeliharaan, yaitu pemeliharaan reaktif dimana tidak dilakukan tindakan pencegahan atau pendeteksian awal mula terjadi kegagalan pada sistem (Eyoh, 2018).

Selanjutnya dimulai konsep pemeliharaan tradisional. Pada tahap ini mulai dipraktikkan kegiatan pemeliharaan korektif di industri. Pada Konsep pemeliharaan tradisional menekankan pada pengurangan biaya kegiatan pemeliharaan namun kurang memperhatikan aspek keandalan atau ketersediaan sistem (Kobbacy, 2008), selanjutnya konsep tersebut berevolusi menjadi *Preventive maintenance*. Strategi dari pemeliharaan *Preventive maintenance* berfokus pada pengambilan tindakan penggantian komponen sebelum asset mengalami kerusakan. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya waktu henti asset akibat mengalami kerusakan dan waktu penggantian komponen. Dihindarnya tindakan perbaikan setelah kerusakan memungkinkan adanya timbul kerusakan komponen lain yang berpasangan.

Untuk tetap bertahan dalam bisnis maka *down time* asset harus dikurangi dengan cara menerapkan pemeliharaan yang sesuai sebelum komponen rusak. Konsep pemeliharaan selanjutnya berevolusi ke pemeliharaan modern seperti pemeliharaan berbasis kondisi (*Case based maintenance*), pemilihan strategi pemeliharaan dilakukan berdasarkan kondisi mesin yang diketahui melalui sistem pengukuran terhadap aset (Bernard, 2004). Perkembangan dan inovasi proses produksi yang semakin canggih dan kompleks menjadi tantangan serta tuntutan terhadap proses operasional berbagai industri. Untuk memenuhi tantangan dan tuntutan tersebut dibutuhkan sistem pemeliharaan yang efektif yang memanfaatkan informasi fungsional dan operasional dari sistem dan data pabrikan dalam pengembangan model pemeliharaan berbasis kondisi sistem dan peralatan

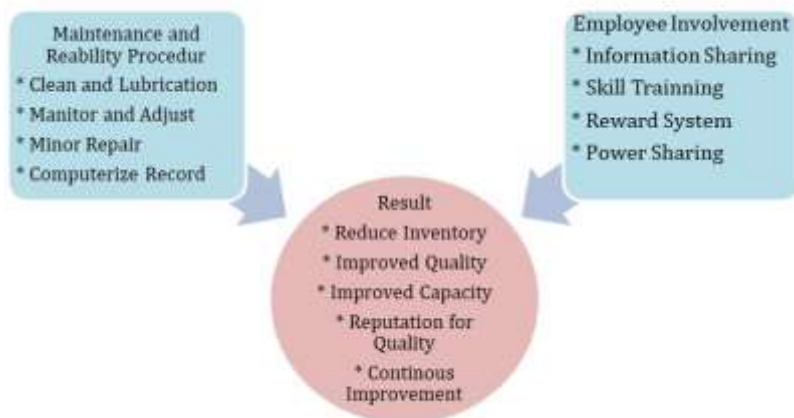
serta siklus hidup suatu sistem. Berdasarkan kondisi tersebut strategi pemeliharaan berevolusi menjadi pemeliharaan inovatif. Pemeliharaan inovatif merupakan strategi perawatan berbasis pendekatan model analitik data untuk mengembangkan kegiatan pemeliharaan prediktif. Kegiatan pemeliharaan yang diusulkan akan terlebih dulu mendeteksi kesalahan yang terjadi pada tahap awal, selanjutnya mendiagnosis kegagalan komponen dan memprediksi sisa manfaat sistem berdasarkan lintasan kegagalan komponen.



Gambar 10.1. Perkembangan Strategi *Maintenance*
(sumber: Jerry EyohJerry Eyoh, Roy Kalawsky)

10.3 Kegiatan Pemeliharaan Mesin

Kegiatan pemeliharaan mesin didefinisikan sebagai rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk menjaga dan atau mengembalikan performa aset atau kondisi aset kepada performa awal sesuai dengan standar fungsional dan kualitas (Sehwarat, 2001).



Gambar 10.2. Konsep Kegiatan Pemeliharaan
(Sumber: Heizer, 2001)

Konsep kegiatan pemeliharaan yang baik akan dihasilkan dengan adanya keterlibatan karyawan pemeliharaan yang ditunjang adanya prosedur pemeliharaan serta prosedur keandalannya (Heizer 2001). Keterlibatan karyawan dapat dilakukan melalui *sharing* informasi, peningkatan *skill* karyawan melalui adanya pelatihan yang sesuai, pemberian penghargaan atas capaian yang melebihi standar serta *sharing* terhadap sumberdaya. Untuk memberikan hasil kegiatan pemeliharaan yang diharapkan seperti pengurangan terhadap tingkat *inventory*, peningkatan kualitas produk maupun proses, peningkatan kapasitas, dan perbaikan yang berkelanjutan diperlukan prosedur kerja yang sesuai seperti prosedur kebersihan dan pelumasan, prosedur *adjusting* dan pemantauan, Prosedur *minor repair* serta pencatatan kegiatan yang berhubungan dengan pemeliharaan secara *computerize*. Konsep pemeliharaan menurut Heizer seperti terlihat pada gambar 10.2. Adapun aktivitas pemeliharaan dalam suatu perusahaan menurut Manahan P.Tampubolon, 2004 meliputi berbagai kegiatan sebagai berikut:

1. Inspeksi (*Inspection*)

Kegiatan inspeksi meliputi pengecekan atau pemeriksaan terhadap kondisi fasilitas atau peralatan produksi agar selalu dalam keadaan siap untuk melaksanakan fungsinya dengan performa sesuai dengan standarnya. Melalui kegiatan inspeksi secara berkala dapat diketahui dengan segera saat timbul gejala-gejala kerusakan sehingga dapat segera dilakukan tindakan yang diperlukan sebelum aset berhenti bekerja akibat kerusakan berdasarkan laporan hasil inspeksi.

2. Kegiatan teknik (*Engineering*)

Kegiatan teknik meliputi kegiatan percobaan atas peralatan yang baru dibeli, dan kegiatan-kegiatan perbaikan terhadap peralatan yang perlu diganti. Kegiatan teknik juga meliputi dilakukannya penelitian-penelitian terhadap kemungkinan dilakukannya pengembangan rancangan pengembangan tersebut. Dalam kegiatan inilah dilihat kemampuan untuk mengadakan perubahan-perubahan dan perbaikan-perbaikan bagi perluasan dan kemajuan dari fasilitas atau peralatan perusahaan. Oleh karena itu kegiatan teknik ini sangat diperlukan terutama apabila dalam perbaikan mesin-mesin yang rusak tidak di dapatkan atau diperoleh komponen yang sama dengan yang dibutuhkan.

3. Kegiatan produksi (*Production*)

Pada kegiatan produksi dilakukan kegiatan pemeliharaan yang meliputi kegiatan servis terhadap asset hingga koreksi terhadap asset yang rusak. Koreksi terhadap asset dilakukan untuk mengembalikan asset ke kondisi siap berfungsi sesuai dengan performa rancangan. Kegiatan pemeliharaan lain pada proses produksi dapat berupa tindakan pembersihan, pengecekan, pelumasan, *alignment*

hingga penggantian komponen bila komponen tak lagi dapat digunakan.

4. Kegiatan administrasi (*Clerical Work*)

Pekerjaan administrasi ini merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan sejak penyusunan *planning* dan *scheduling* pelaksanaan pemeliharaan terhadap setiap komponen atau asset. Pencatatan juga dilakukan terhadap beberapa hal seperti: penggunaan standar prosedur kegiatan pemeliharaan, kebutuhan komponen, penggunaan komponen (*spareparts*), laporan kemajuan (*progress report*) pekerjaan *maintenance*, waktu dan durasi pelaksanaan inspeksi dan perbaikan aset, ketersediaan komponen (*spareparts*) dibagian inventory hingga biaya biaya yang timbul akibat melakukan pekerjaan-pekerjaan pemeliharaan terssebut.

5. Pemeliharaan Bangunan (*housekeeping*)

Kegiatan ini merupakan kegiatan untuk menjaga agar bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya

Sementara itu Dhillon B.S (2006) membagi elemen kegiatan pemeliharaan preventif menjadi 7 elemen yang meliputi:

1. Inspeksi: merupakan pemeriksaan berkala (periodik) aset maupun komponennya dengan cara membandingkan fisiknya, mesin, listrik, dan karakteristik lain untuk standar yang pasti,
2. Kalibrasi: merupakan kegiatan mendeteksi dan menyesuaikan setiap perbedaan dalam akurasi untuk material atau parameter perbandingan untuk standar yang pasti,
3. Pengujian: untuk menentukan pemakaian dan mendeteksi kerusakan mesin, listrik dapat dilakukan melalui pengujian berkala,

4. Penyesuaian (*setting*): dilakukan penyesuaian atau pengaturan terhadap unsur variabel-variabel tertentu agar kinerja maksimalnya dapat tercapai.
5. *Servicing*: pelumasan secara periodik, pengisian, pembersihan, dan seterusnya, bahan atau barang untuk mencegah terjadinya dari kegagalan baru jadi,
6. Instalasi: mengganti secara berkala batas pemakaian barang atau siklus waktu pemakaian atau memakai untuk mempertahankan tingkat toleransi yang ditentukan,
7. *Alignment*: membuat perubahan dengan cara mensejajarkan atau menyelaraskan dua sumbu poros sehingga simetris antara poros penggerak dan sumbu poros yang digerakkan dengan dua tumpuan

10.4 Cara Peningkatan Pemeliharaan Mesin

Kegiatan pemeliharaan mesin juga memerlukan peningkatan agar dapat memenuhi kebutuhan pemeliharaannya sejalan dengan peningkatan jenis serta kemampuan mesin produksi yang digunakan di industri. Terdapat empat hal yang menjadi fokus dalam melaksanakan improvement kegiatan *maintenance* yaitu: Perencanaan, Presisi, Proteksi dan Pengukuran.

A. Perencanaan

Merencanakan kegiatan pemeliharaan yang terjadwal dan terencana untuk memastikan kegagalan aset dapat teridentifikasi sebelum terjadi kerusakan, serta memiliki perencanaan untuk memastikan agar aset yang mengalami kerusakan tak terdeteksi dapat dikoreksi sehingga dicapai performa kerja optimumnya dengan segera.

B. Presisi

Strategi pemeliharaan yang dipilih ditetapkan secara presisi untuk memastikan bahwa aktivitas pemeliharaan dilakukan secara konsisten, akurat sesuai dengan kebutuhan industri.

Berikut ini elemen elemen yang harus dimiliki agar pemeliharaan yang presisi dapat efektif dilakukan yaitu:

1. Para pekerja harus memiliki kompetensi dan keahlian untuk melakukan tugas pemeliharaan dengan cepat dan akurat,
2. Tersedianya *tool* dan peralatan yang dibutuhkan untuk melaksanakan kegiatan pemeliharaan.
3. Kebutuhan material dalam *maintenance* seperti pelumas, suku cadang harus sesuai standar dan tidak dalam kondisi terkontaminasi.
4. Rencana kegiatan pemeliharaan dan alur kegiatan dapat mudah diakses dan diikuti.

C. Proteksi/Perlindungan

Bagian penting dalam peningkatan kegiatan *maintenance* adalah menjaga keselamatan para tenaga kerja *maintenance*. Para tenaga *maintenance* harus memiliki *personal protective equipment* (PPE)/alat pelindung diri yang cukup serta dilatih untuk menggunakannya dengan benar. Beberapa hal penting lain yang perlu diperhatikan dalam peningkatan keamanan baik pekerja maupun lingkungan kerja seperti:

1. Dilakukan pemeriksaan rutin untuk memastikan pelindung atau penghalang digunakan dengan benar dan tidak dalam kondisi rusak
2. Dilakukan Pemeriksaan rutin terhadap peralatan listrik, kabel listrik dan saklar untuk mengidentifikasi kabel yang terbuka yang berpotensi membahayakan.
3. Dilakukan pelatihan keselamatan kerja secara berkala bagi setiap karyawan, terutama bagian pemeliharaan.

D. Measurement

Hal penting lainnya pada kegiatan pemeliharaan mesin adalah bagaimana mengukur kinerja aset perusahaan. Pada proses pengukuran kinerja tersebut diperlukan cukup data untuk

perencanaan pemeliharaan berbasis kondisi, prediktif, dan preskriptif. Akurasi data dari kinerja mesin yang diukur kan sangat membantu dalam memilih strategi perawatan yang tepat yang akan menghasilkan kinerja yang lebih baik dan andal.

10.5 Perencanaan dan Penjadwaan Kegiatan Pemeliharaan

A. Perencanaan

Perencanaan kegiatan pemeliharaan didefinisikan sebagai proses yang bersifat *end-to-end* yang bertujuan mengidentifikasi dan mengatasi segala kemungkinan atau masalah yang terjadi pada periode sebelumnya. Untuk keperluan perencanaan pemeliharaan tersebut diperlukan komponen dan *tools* serta ketersediaanya dan keberadaannya di area yang sesuai dengan kebutuhan komponen dan *tools* tersebut. Bagian perencanaan juga diharuskan menuliskan instruksi tentang cara menyelesaikan pekerjaan pemeliharaan secara rinci, menentukan dan mengumpulkan komponen serta kebutuhan *tool* yang penting bagi pelaksanaan kegiatan *maintenance* sebelum dimulainya pekerjaan. Ruang lingkup kegiatan Perencanaan pemeliharaan meliputi:

1. Menangani suku cadang
2. Pemesanan suku cadang *nonstock*
3. *Staging* suku cadang yang tersedia
4. Membuat ilustrasi terhadap suku cadang yang diperlukan
5. Mengelola kerusakan yang terjadi pada suku cadang serta daftar *vendor* suku cadang tersebut
6. Menerapkan *Quality assurance (QA) and quality control (QC)*

B. Penjadwalan

Penjadwalan pemeliharaan mengacu pada waktu pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan yang direncanakan, seperti kapan pekerjaan harus dilakukan dan siapa yang harus melaksanakannya, penggunaan standar kerja yang sesuai. Pada penjadwalan terinci "kapan" pelaksanaan pekerjaan dan "siapa" personal yang terlibat. Kegiatan penjadwalan kegiatan pemeliharaan secara umum dimaksudkan untuk:

1. Menjadwalkan jumlah maksimum pekerjaan pemeliharaan yang dapat dilakukan dengan sumber daya yang tersedia
2. Penyusunan jadwal dilakukan berdasarkan tingkat prioritas pekerjaan. Apakah penting dan segera, penting tetapi tidak mendesak, tidak penting dan tidak mendesak atau pelaksanaannya tidak penting dan tidak mendesak.
3. Penyusunan jadwal jumlah maksimum pekerjaan pemeliharaan preventif yang dapat dilakukan bila dalam kondisi diperlukan
4. Minimalisasi penggunaan sumber tenaga kontrak dan *outsourcing* dengan lebih mengutamakan menggunakan tenaga kerja internal perusahaan secara efektif

Aplikasi perencanaan yang akurat dan penjadwalan yang tepat secara bersamaan dapat memberikan manfaat yang signifikan pada perusahaan. Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari aplikasi tersebut antara lain:

1. Dapat dikendalikannya anggaran melalui pengendalian kebutuhan sumberdaya kegiatan pemeliharaan.
2. Dapat ditekannya waktu henti peralatan atau asset akibat kerusakan.
3. Tingkat persediaan suku cadang komponen dapat ditekan

4. Peningkatan terhadap alur kerja proses produksi
5. Peningkatan efisiensi sebagai akibat terkendalinya pergerakan sumber daya antar area kerja.

Pada strategi pemeliharaan jenis *Preventive maintenance* pelaksanaan penjadwalan untuk kegiatan dapat *maintenance dapat* dilakukan berdasarkan beberapa pilihan seperti: berdasarkan waktu (*Time-based*), berdasarkan penggunaan (*Usage-based*) serta berdasarkan kondisi (*Condition-based*).

1. *Time-based*

Pendekatan *maintenance* berbasis waktu menjadwalkan tugas pemeliharaan preventif menggunakan interval waktu yang ditentukan, misalnya setiap 5 hari, hari pertama setiap bulan atau dalam periode beberapa bulan tertentu.

2. *Usage-based*

Pemeliharaan preventif berbasis penggunaan menjadwalkan aktivitas setelah mencapai tolok ukur lama pemakaian tertentu, misal setelah beberapa siklus produksi, beberapa kilometer penggunaan.

3. *Condition-based*

Pemeliharaan berbasis kondisi menjadwalkan kegiatan pemeliharaan saat gejala-gejala penurunan kerusakan telah ditunjukkan. Misal ketika getaran pada suatu komponen telah mencapai ambang batas tertentu yang menunjukkan bahwa komponen harus dilumasi atau diganti.

C. Penilaian Kegiatan Pemeliharaan

Untuk mengetahui apakah kinerja suatu kegiatan pemeliharaan mesin baik atau tidak perlu dilakukan pengukuran. Salah satu metoda pengukurannya adalah

menggunakan indikator kinerja utama (*KPIs-Key performance indicators*). Ruang lingkup pengukuran menggunakan KPI meliputi performa kerja seseorang, departemen kerja, proyek, atau perusahaan yang dilakukan dari waktu ke waktu, serta menunjukkan seberapa efektif indikator capaian tersebut dalam mencapai tujuan sesuai yang ditetapkan.

KPI kegiatan *maintenance* mengukur seberapa baik kinerja operasi *maintenance* dalam mencapai sasaran pemeliharannya. Sasaran kegiatan pemeliharaan tersebut seperti menurunkan waktu henti mesin atau seberapa besar dapat memangkas biaya pemeliharaan. Sasaran atau kinerja yang diinginkan tersebut digunakan sebagai tolok ukur untuk menentukan apakah kegiatan *maintenance* yang dilakukan masih akan terus dilakukan serta menentukan pula hal-hal yang diperlukan untuk pencapaian kinerja. Selanjutnya tolok ukur tersebut digunakan untuk menilai seberapa besar capaian tersebut menunjang tujuan organisasi secara keseluruhan. Sebagai contoh kegiatan *maintenance* merencanakan akan memangkas biaya kegiatannya sebanyak 5% atau berkomitmen mengurangi 20% limbah produksi maka nilai tersebut yang akan menjadi KPI kegiatan *maintenance* atau tolok ukur capaian kegiatan *maintenance*.

Secara umum KPI kegiatan *maintenance* memiliki target pada beberapa elemen utama seperti:

1. Efisiensi
2. Pembiayaan dan pengeluaran
3. *Safety and compliance*
4. Performa Aset
5. *Downtime*
6. Manajemen perintah kerja
7. Manajemen *Inventory*

Untuk mencapai target yang ditentukan pada KPI maka diperlukan hal pendukung untuk mengukur pencapaian target. Ukuran tersebut dilakukan menggunakan matrik *maintenance*. Melalui matrik *maintenance* akan diukur capaian kerja setiap hal dan setiap orang dalam kegiatan *maintenance*.

Beberapa besaran yang umum diukur pada *maintenance* matrik yaitu performa aset, operasional dan *inventory*. Adapun masing masing penilai terhadap besaran tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Pengukuran pada matrik performa aset dilakukan terhadap :
 - a. Rata-rata waktu perbaikan
 - b. Rata-rata waktu antar kerusakan
 - c. Efektivitas peralatan menyeluruh
2. Pengukuran Matrik Operasional dilakukan terhadap:
 - a. Persentase pemeliharaan terjadwal
 - b. *Preventive Maintenance Compliance*
3. *Inventory metrics*
 - a. *Turnover ratio*
 - b. Persentase suku cadang *Slow-moving* dan persentase suku cadang tak terpakai.

Agar matrik yang digunakan dapat mengarah kepada target kegiatan pemeliharaan dengan tepat, maka merupakan hal penting dalam memilih matrik pemeliharaan yang akan digunakan. Dalam melakukan pemilihan matrik langkah yang harus dipertimbangkan meliputi:

1. Mempertimbangkan apa hasil yang diinginkan sesuai KPI
2. Mempertimbangkan seberapa penting perolehan dari matrik nanyi
3. Bagaimana cara mengukur kemajuan dan mempengaruhi hasil pengukuran tersebut
4. Siapa yang akan bertanggung jawab terhadap hasilnya

5. Perlu adanya pertimbangan dari pemangku kepentingan usaha minimal dari level operator hingga manager agar diketahui besaran yang akan diukur serta alasan pengukurannya.

10.6 Tenaga Pemeliharaan

10.6.1 Teknisi Pemeliharaan

Teknisi pemeliharaan mekanis bertugas melakukan pemeliharaan peralatan dan sistem mekanis. Tanggung jawabnya meliputi perbaikan atau penggantian suku cadang peralatan yang tak berfungsi, rusak atau aus, hingga menginstal peralatan baru sebagai pengganti peralatan yang lama.

1. Kualifikasi

Kualifikasi yang diperlukan terhadap teknisi pemeliharaan mekanis memiliki kemampuan:

- a. Menyusun dan menerapkan prosedur operasi standar kegiatan pemeliharaan berdasarkan pengetahuan mesin tertentu
- b. Menganalisis akar penyebab kerusakan mesin dan memberikan alternatif solusi pemecahan masalahnya.
- c. Memperbaiki peralatan mekanis menggunakan perkakas tangan ataupun listrik
- d. Berkolaborasi dan bekerja dalam tim untuk pemecan masalah pemeliharaan yang kompleks
- e. Melakukan pencatatan dan penyimpanan kegiatan harian maintenance secara terorganisir.

2. Lingkup Tugas Teknisi Pemeliharaan

Teknisi pemeliharaan dapat bekerja diberbagai bidang, seperti industri manufaktur, minyak dan gas industri konstruksi dan lainnya. Ruang lingkup pekerjaan mereka sebagai seorang teknisi pemeliharaan dapat meliputi beberapa kegiatan seperti:

- a. Menjaga kondisi fisik peralatan dengan melakukan pemeriksaan dan perbaikan secara rutin
- b. Memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak
- c. Melakukan kegiatan perawatan terjadwal pada peralatan tertentu seperti motor atau katup
- d. Melakukan instalasi mesin atau peralatan baru
- e. Memantau peralatan mesin untuk memastikannya selalu berfungsi dengan baik
- f. Memeriksa kondisi mesin dan peralatan untuk melihat tanda-tanda awal kerusakan atau keausan
- g. Menganti filter agar kebersihan sitem tetap terjaga.
- h. Mempertahankan tingkat persediaan suku cadang saat diperlukan untuk perbaikan

10.6.2 Tenaga Maintenance Engineer

1. Tanggung Jawab

Tanggung jawab seorang maintenance engineer memastikan bahwa mesin-mesin industri dan peralatannya berjalan lancar dan dapat diandalkan. Adapun ruang lingkup tugasnya meliputi:

- a. Perencanaan dan pelaksanaan pemeliharaan terjadwal
- b. Bertanggung jawab terhadap keadaan *emergency* di proses produksi
- c. Mendiagnosisi dan menganalisis terjadinya kerusakan.
- d. Melakukan perbaikan dan pengujian aset atau peralatan
- e. Melakukan pengawasan terhadap pekerjaan kontraktor, dan staf teknik
- f. Melakukan pemesanan komponen khusus, *Fixture* maupun perlengkapan khusus
- g. Menyusun prosedur pelaksanaan pemeliharaan.
- h. Mengelola persediaan suku cadang dan peralatan

- i. Menyimpan catatan kegiatan pemeliharaan dan perbaikan

2. Kompetensi

Seorang *mechanical maintenance engineer* dalam memenuhi tugasnya harus memiliki kompetensi dalam hal:

- a. Pengetahuan mekanikal: mengetahui bagaimana sistem mekanis bekerja dan mengetahui bagaimana interaksinya terhadap sistem lain saat dilakukan perbaikan. Sebagai contoh bagaimana mengidentifikasi sinyal yang menunjukkan kebutuhan untuk diservis.
- b. Pengetahuan terhadap elektrik: memiliki kemampuan untuk mendiagnosiskesalahan yang terjadi pada motor, *transformer*, *switch*, pemutus aliran, serta komponen elektrik lainnya. Mereka juga mahami bahaya yang dapat ditimbulkan oleh peralatan elektrik seperti kabel bertegangan tinggi.
- c. Memiliki kemampuan inspeksi: mampu dengan cepat untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kerusakan khususnya pada mesin yang kompleks dan berbahaya.
- d. Mampu bekerja mandiri: biasanya seorang *mechanical maintenance engineer* bekerja secara mandiri pada berbagai projek atau penugasan. Mereka bekerja tanpa didampingi seorang *supervisor* langsung ataupun pengarahan dari orang lain untuk menyelesaikan tugas mereka.
- e. Memiliki kemampuan bekerja dengan komputer: hal ini dikarenakan banyak peralatan yang digunakan untuk analisis berbasis komputer. Penggunaan komputer juga diperlukan dalam pencatatan maupun pemrosesan data hasil kegiatan *maintenance*.
- f. Memahami peralatan dan sistem: *maintenance engineer* harus memiliki pemahaman mendalam

terhadap mesin-mesin, fasilitas, berbagai peralatan dan fungsinya, sistem yang menjadi tanggung jawab untuk kegiatan pemeliharaannya.

- g. Memiliki pengetahuan terhadap teknik pemeliharaan: *Maintenance engineer* harus memiliki pengetahuan yang lengkap terhadap berbagai teknik dan strategi pemeliharaan untuk menjaga performa *equipment* dalam keadaan optimal. Selain pengetahuan, *maintenance engineer* juga harus memiliki keahlian pada strategi pemeliharaan preventif, prediktif, serta korektif serta *tool* kegiatan pemeliharaan seperti andon, *red tag*, serta berbagai metrik.
- h. Memiliki perhatian terhadap hal detail: *maintenance engineer* harus mampu memperhatikan hal detail untuk memastikan bahwa semua aktivitas pemeliharaan dilakukan secara akurat dan efisien. Mereka harus mampu menemukan masalah atau variabilitas terkecil sekalipun dalam prosedur operasi standar dan mengambil tindakan yang tepat untuk menyelesaikannya.
- i. Memiliki kemampuan memahami *safety* dan regulasinya: Kemampuan ini harus dimiliki agar dapat menjalankan prosedur dan standar keselamatan pada kegiatan pemeliharaan dengan benar, sehingga pelaksanaan kegiatan pemeliharaan aman dan terhindar dari kecelakaan kerja baik yang melibatkan diri sendiri, orang lain dan atau peralatan atau asset serta lingkungan.
- j. Pengetahuan terhadap *software maintenance* dan *tools*: Pengetahuan terhadap *software* dan peralatan *maintenance* terbaru harus dimiliki oleh *maintenance engineer* agar kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan

lebih efisien dengan pengaplikasian *software* dan peralatan terbaru tersebut.

- k. Kemampuan berkomunikasi: Kemampuan berkomunikasi efektif merupakan hal penting yang harus dimiliki oleh setiap *maintenance engineer* untuk menunjang pemecahan masalah yang terjadi dan menunjang dalam penerapan perbaikan sehubungan dengan kegiatan pemeliharaan.
- l. Kemampuan pengelolaan waktu: kemampuan *maintenance engineer* dalam hal pengelolaan waktu diperlukan untuk memastikan bahwa kegiatan pemeliharaan diselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan. Melalui pengelolaan waktu yang baik para *maintenance engineer* mampu memprioritaskan tugas dan mengelola beban kerja mereka secara efektif untuk memastikan kinerja peralatan yang optimal.
- m. Kemampuan berpikir analisis: Seorang *maintenance engineer* harus mampu berpikir kritis dan analitis agar dapat mengidentifikasi akar penyebab masalah serta mengembangkan solusi pemecahan masalah yang efektif. Mereka harus mampu menganalisis data dan menggunakannya untuk membuat keputusan mengenai praktik dan prosedur pemeliharaan.
- n. Kemampuan fleksibilitas dan adaptasi: tenaga *maintenance engineer* harus fleksibel dan mudah beradaptasi terhadap berbagai perubahan keadaan dan persyaratan. Mereka harus mampu menyesuaikan diri dengan peralatan, teknologi, dan praktik pemeliharaan baru kapan pun diperlukan.
- o. Kemampuan untuk *troubleshooting*: keterampilan *troubleshooting* diperlukan agar setiap *maintenance engineer* mampu mengidentifikasi, mendiagnosis serta menemukan solusi bagi setiap permasalahan

pemeliharaan dengan cepat agar waktu henti peralatan dan kerugian yang timbul akibat kerusakan aset dapat diminimalkan.

10.7 Penutup

Kegiatan pemeliharaan dan perbaikan mesin merupakan bidang yang kompleks. Diperlukan metoda yang tepat untuk memilih strategi pemeliharaan yang akan diterapkan. Dalam pemilihan strategi pemeliharaan harus ditunjang dengan akurasi data yang baik serta adanya masukan atau pendapat dari para pemangku kepentingan mulai dari level operator hingga level manajerial. Strategi pemeliharaan yang tepat akan efektif bila mempertimbangkan pula faktor *employee* yang terlibat pada pelaksanaan pemeliharaan, baik dari segi pengetahuan dan tingkat keterampilan mereka. Selanjutnya untuk mengetahui sejauh mana efektifitas tujuan pemeliharaan dapat dicapai diperlukan matrik penilaian yang dan unsur matrik penilaian yang sesuai.

Perkembangan metoda inspeksi, *software* maupun *tool* untuk keperluan kegiatan maintenance sangat cepat. Saat ini perkembangan metoda, maupun tool maintenance telah mengarah pada pemanfaatan internet dan smart maintenance mulai dari planning, scheduling, operating, monitoring hingga recording kegiatan maintenance. Agar dapat mengimbangi pesatnya perkembangan tersebut diperlukan pula tenaga pemeliharaan yang memiliki pengetahuan, *skill* dan fleksibilitas yang baik agar sehingga dapat memanfaatkannya untuk pencapaian target pemeliharaan secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 2004. Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: FEUI
- Bernard Schmidt, Ulf Sandberg, L. W. 2004. Next Generation Condition Based Predictive Maintenance. Methods, 13306, 4–11. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:748786/FULLTEXT01.pdf>
- Dhillon, B. S., 2002. "Engineering Maintenance A Modern Approach". New York: CRC Press LLC.
- EYOH, J. and KALAWSKY, R.S., 2018. Evolution of maintenance strategies in oil and gas industries: the present achievements and future trends. Presented at the FEAST International Conference on Engineering Management, Industrial Technology, Applied Sciences, Communications and Media (EITAC), London, UK, 28-29 July 2018.
- Heizer, J., Barry Render. 2001. Operation Management. Prentice Hall, Sixth Edition.
- Kobbacy, K. A. H; Murthy, D. N. P. (Eds). Complex Sistem Maintenance Handbook, 2008, XII, 660 p. Hardcover. ISBN: 789-1-84800-010-0 <http://www.springer.com/978-1-84800-010-0>
- Mobley, R. Keith. 2008. "Maintenace Engineering Handbook" (edisi ke-7). New York: McGraw Hill.
- Ninad. P. Top 10 skills every maintenance engineer must have. Procut Strategy, Innovation. Publish March 2023
- Sehwarat ,M.S., & J.S Narang, 2001. Production Management. Nai sarak: Dhanpahat Rai Co.
- Tampubolon, Dr. Manahan P., 2004, Manajemen Operasional (Operation Management), Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Trout, J., Maintenance Planning and Scheduling: An Overview. <https://www.reliableplant.com/Read/30261/maintenance-planning-scheduling>

<https://www.micromain.com/machine-maintenance/>

<https://uk.indeed.com/career-advice/finding-a-job/what-does-mechanical-maintenance-technician-do>

BAB 11

PEMODELAN DAN SIMULASI TEKNIK MESIN

Oleh Fatkur Rachmanu

11.1 Pendahuluan

Dalam dunia teknik mesin yang terus berkembang , pemodelan dan simulasi sangat penting. Dengan perkembangan teknologi dan kemampuan komputer yang kuat, para insinyur (*engineer*) sekarang bisa membuat model awal yang hanya ada di dalam komputer dan menganalisis masalah yang rumit bahkan sebelum membuat prototipe fisik yang sebenarnya. Bagian ini akan menjelaskan tentang bagaimana pemodelan dan simulasi digunakan dalam teknik mesin dan akan menunjukkan fungsi perangkat lunak tersebut. Salah satu manfaat penting dari pemodelan dan simulasi adalah kemampuannya untuk meningkatkan desain agar lebih baik. Dengan membuat model digital dan memeriksanya di komputer, para insinyur dapat menemukan masalah atau kelemahan dalam desain mereka sebelumnya. Ini tidak hanya menghemat waktu tetapi juga mengurangi biaya yang terkait dengan membuat model fisik. Pembuatan prototipe virtual adalah elemen penting lainnya dalam membuat dan menguji model mesin secara komputer. Dengan menggunakan lingkungan virtual, para insinyur dapat melihat desain mereka dengan lebih jelas. Hal ini membantu mereka membuat keputusan yang tepat tentang bahan yang digunakan, bagaimana meletakkan komponen, dan bagaimana fungsi desain keseluruhannya. Selanjutnya membuat proses pembuatan produk lebih mudah dengan mengurangi kebutuhan untuk membuat

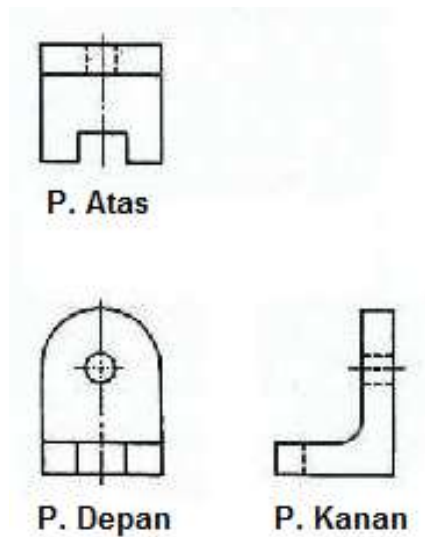
beberapa prototipe fisik/sebenarnya. Selain itu, pemodelan dan simulasi memungkinkan para insinyur (*engineer*) untuk mempelajari sistem yang sulit atau tidak bisa dipelajari melalui eksperimen karena berbiaya membuat aktual terlalu mahal dan membutuhkan ruang /model aktual yang besar. Dengan menggunakan model komputer dan mengatur berbagai pengaturan, para insinyur dapat membuat simulasi untuk melihat bagaimana berbagai faktor mempengaruhi kinerja sistem dalam kehidupan nyata. Informasi ini sangat penting ketika merencanakan sistem yang efisien atau memprediksi bagaimana sistem tersebut akan beroperasi dalam situasi yang berbeda. Pada akhirnya, pemodelan dan simulasi telah mengubah cara kerja di bidang teknik mesin dengan memberikan alat yang canggih kepada insinyur untuk merancang, membuat prototipe virtual, dan menganalisis menggunakan komputer. Dengan perkembangan teknologi, alat-alat ini akan menjadi lebih modern dan sangat penting dalam menciptakan masa depan inovasi dalam mesin.

Simulasi adalah proses merencanakan suatu model dari sistem nyata dan melakukan eksperimen dengan model tersebut dengan tujuan memahami tingkah laku sistem atau mengevaluasi berbagai strategi untuk mengoperasikan sistem yang dimaksud. Dalam beberapa hal, penting melakukan pengamatan terhadap suatu sistem untuk berusaha memperoleh gambaran dari hubungan antar berbagai komponen, atau untuk memperkirakan performansi dibawah kondisi baru yang diinginkan (Ahmad Zubair Sultan, Pemodelan Dan Simulasi FMS Untuk Menunjang Proses Pembelajaran Di Laboratorium CNC PNUP).

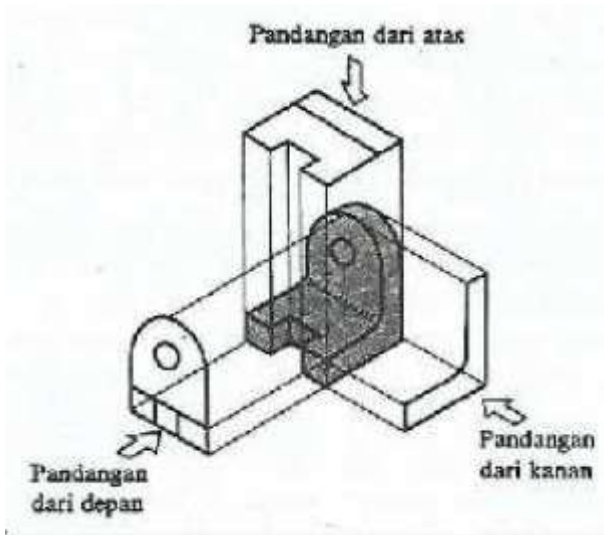
11.2 Komputer sebagai alat bantu

Perkembangan dunia komputer baik perangkat keras dan lunak begitu pesat sehingga dapat menjadi alat pemodelan dan simulasi yang efektif/ ekonomis dibanding pemodelan dan simulasi menggunakan miniatur dari kejadian sebenarnya. Pemodelan

dapat dilakukan dengan gambar teknik mesin baik 2 dimensi / 2D (memiliki panjang dan lebar) ataupun 3 dimensi / 3D (memiliki panjang, lebar, tinggi) dengan bantuan komputer agar dapat diperkirakan, bahwa kita menggambar atau merancang sebuah bentuk, diagram ataupun konstruksi dengan menggunakan bantuan komputer (*Computer Aided Design/Drafter*).



Gambar 11.1 .Contoh Gambar 2D
(Sumber : Menggambar Mesin Menurut Standar ISO, G Takeshi Sato)



Gambar 11.2. Contoh Gambar 3D

(Sumber : Menggambar Mesin Menurut Standar ISO, G Takeshi Sato)

Istilah komputer sebagai alat bantu untuk pekerjaan yang berhubungan dengan teknik mesin antara lain :

CAD (*Computer Aided Design /Drafting*) adalah suatu program komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu, serta secara garis besar *software* ini membantu kita untuk memvisualisasikan, memberi detail, mengoptimalkan dan merealisasikan dari desain yang kita buat.

CAM (*Computer Aided Manufacture*)

Computer Aided Manufacturing atau yang biasa disebut CAM merupakan teknologi perancangan, pengaturan, dan pengontrolan pembuatan produk atau manufaktur dengan bantuan komputer.

CIM (*Computer Integrated Manufacture*) ialah metode manufaktur yang menggunakan komputer untuk mengontrol keseluruhan proses manufaktur. Integrasi ini memungkinkan proses individu untuk bertukar informasi dengan masing-masing pihak. Manufaktur bisa lebih cepat dan mengurangi rawan kesalahan dengan integrasi komputer. Biasanya, CIM mengandalkan proses kontrol loop tertutup berdasarkan masukan *real-time* dari sensor.

CAE (*Computer Aided Engineering*) berupa FEA dan CFD

Ini adalah penggunaan perangkat lunak komputer untuk tugas analisis teknis.

Perangkat lunak tersebut mencakup FEA (*Finite Element Analysis*), CFD (*Computational Fluid Dynamics*), MBD (*Multibody Dynamics*) dan Optimasi desain teknik.

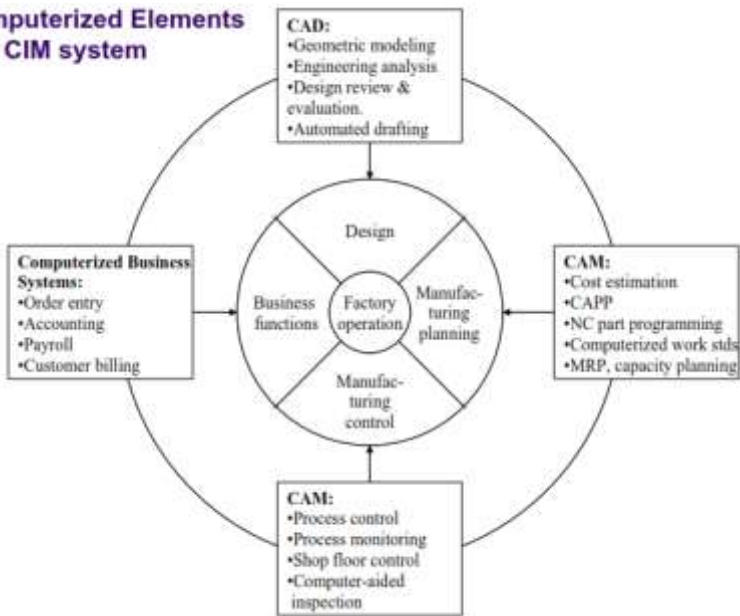
Perangkat lunak yang mendukung fitur-fitur ini dapat dianggap sebagai alat CAE yang digunakan untuk hal-hal seperti ketahanan, kinerja komponen, dan analisis sambungan. Keadaan ini mencakup simulasi, validasi, dan optimalisasi produk dan alat manufaktur. Di masa depan, sistem CAE akan menjadi penyedia informasi utama yang mendukung pekerja desain dalam mengambil keputusan. Desain dengan bantuan komputer antara lain digunakan dalam industri otomotif, penerbangan, luar angkasa, dan kapal laut.

CAPP (*Computer Aided Production and Planning*)

Adalah perancangan, perencanaan proses produksi di industri dengan menggunakan komputer. Manfaat CAPP yang umum disebutkan mencakup efisiensi produksi secara keseluruhan, penggunaan bahan baku yang lebih baik, perencanaan produksi yang lebih baik, kesalahan perhitungan yang lebih sedikit, dan penghematan tenaga kerja.

Hubungan antar istilah dapat dilihat pada skema berikut :

**Computerized Elements
of a CIM system**

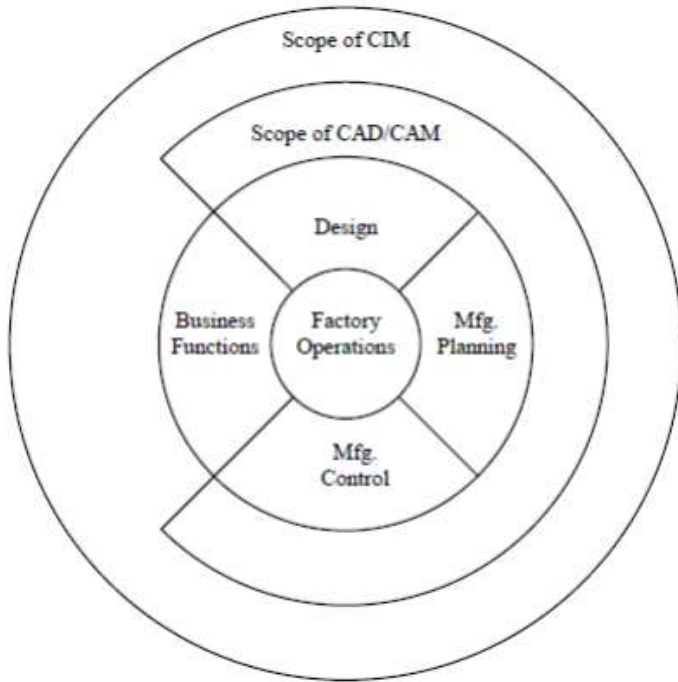


Gambar 11.3. Hubungan CAD, CAM, Sistem Bisnis secara Komputer

(Sumber : Diktat kuliah Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila, Mahfud Al Huda, 2010)

Seperti pada gambar 11.3 hubungan antara CAD, CAM, Komputer untuk pengorderan, akuntansi, perpajakan, penagihan, Komputer untuk desain, manufaktur dan sebagainya.

Berikut penjelasan tentang keluasan pembahasan dari CIM terhadap CAD, CAM, Desain, Fungsi Bisnis, Kegiatan Pabrik, Perencanaan Manufaktur, Pengaturan Manufaktur dapat dilihat pada Gambar 11.4.



Gambar 11.4. Keluasan Pembahasan CIM, CAD,CAM
(Sumber : Diktat kuliah Magister Teknik Mesin Universitas
Pancasila, Mahfud Al Huda, 2010)

11.3 Metode pendekatan berupa perhitungan metode elemen hingga (FEA) dan metode volume hingga (VOF)

Beberapa simulasi untuk teknik mesin menggunakan pendekatan beberapa metode yang dikembangkan dari metode matematika menggunakan persamaan turunan parsial adalah sebagai berikut :

Ke-satu adalah Metode elemen hingga dalam bahasa Inggris berarti finite element method (FEM) atau dapat juga disebut finite

element analysis (FEA) adalah metode yang banyak digunakan untuk memecahkan persamaan diferensial numerik yang timbul dalam rekayasa dan pemodelan matematika. Area masalah umum yang menarik termasuk bidang tradisional analisis struktural, perpindahan panas, aliran fluida, transportasi massa, dan potensi elektromagnetik. FEM adalah metode numerik umum untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial dalam dua atau tiga variabel ruang (yaitu, beberapa masalah nilai batas).

Untuk memecahkan masalah, FEM membagi sistem besar menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan lebih sederhana yang disebut elemen hingga. Hal ini dicapai dengan diskritisasi ruang tertentu dalam dimensi ruang, yang diimplementasikan dengan konstruksi jaring objek: domain numerik untuk solusi, yang memiliki jumlah titik terhingga. Rumusan metode elemen hingga dari masalah nilai batas akhirnya menghasilkan sistem persamaan aljabar. Metode ini mendekati fungsi yang tidak diketahui di atas domain menurut Daryl L Logan, 2011. Secara garis besar tahapan FEM dalam program komputer berupa simulasi adalah *pre-processing*, *process* dan *post-processing*. Kegunaan metode elemen hingga (FEM/FEA)

Digunakan untuk perhitungan kekuatan struktur, perhitungan statik, perhitungan linier, perhitungan non-linier, buklung, getaran dan sebagainya.

Ke-dua adalah prinsip metode volume hingga */finite of volume* (FOV) lebih dikenal dengan dinamika fluida komputasi dalam bahasa inggris dikenal dengan *computational fluid dynamic* (CFD) adalah cabang mekanika fluida yang menggunakan analisis numerik dan struktur data untuk menganalisis dan memecahkan masalah yang melibatkan aliran fluida. Komputer digunakan untuk melakukan perhitungan yang diperlukan untuk mensimulasikan aliran-aliran bebas fluida, dan interaksi fluida (cairan dan gas) dengan permukaan yang ditentukan oleh kondisi batas. Dengan superkomputer berkecepatan tinggi, solusi yang lebih baik dapat

dicapai, dan sering kali diperlukan untuk memecahkan masalah terbesar dan paling kompleks. Penelitian yang sedang berlangsung menghasilkan perangkat lunak yang meningkatkan akurasi dan kecepatan skenario simulasi kompleks seperti aliran transonik atau turbulen. Validasi awal perangkat lunak tersebut biasanya dilakukan dengan menggunakan peralatan eksperimental seperti terowongan angin. Selain itu, analisis analitis atau empiris yang dilakukan sebelumnya terhadap suatu masalah tertentu dapat digunakan sebagai perbandingan. Validasi akhir sering kali dilakukan dengan menggunakan pengujian skala penuh, seperti uji terbang. CFD diterapkan pada berbagai masalah penelitian dan teknik di banyak bidang studi dan industri, termasuk analisis aerodinamika dan ruang angkasa, hipersonik, simulasi cuaca, ilmu pengetahuan alam dan teknik lingkungan, desain dan analisis sistem industri, teknik biologi, aliran fluida dan panas. transfer, analisis mesin dan pembakaran, serta efek visual untuk film dan permainan berdasarkan sumber Wikipedia.

Dengan CFD dapat menghitung aliran fluida cair, uap, gas, dan gabungan.

11.4 Pengenalan Sekilas Beberapa Perangkat Lunak

Berikut penjelasan secara ringkas merek perangkat lunak yang digunakan untuk pemodelan dan simulasi untuk teknik mesin, dimana beberapa perangkat lunak yang digunakan antara lain :

11.4.1 Autodesk

1. AutoCAD singkatan dari *Automatic Computer Aided Design*.
2. *Software* ini lebih dikenal karena pemakaiannya yang luas dan terkenal pertama masuk ke Indonesia berfungsi untuk menggambar 2D selain dapat juga untuk 3D.
3. Autodesk Inventor berguna untuk profesional, desain mekanikal dokumentasi dan sebagai alat simulasi.

4. Autodesk Robot (*Structural Analysis Professional*)

Lebih tinggi untuk pengguna ahli / *expert*, juga sebagai alat pemodelan dan simulasi teknik.

11.4.2 Dassault Systemes

1. Draftsight berfungsi untuk menggambar teknik / mekanikal secara 2D.
2. Solidworks berfungsi untuk menggambar 2D, 3D dan simulasi desain mekanikal/teknis
3. Catia berfungsi untuk menggambar 3D dan berupa simulasi desain mekanikal/teknis yang lebih detil dan rumit ditambah dengan software kelengkapannya (*add-on*) berupa simulasi dengan software antara lain : *Simulia-Abaqus Complete (Finite Element Analysis/FEA)*, *Abaqus Standard (FEA)*, *Abaqus-Explicit (FEA Non-Linier)*, *Abaqus CFD*, *Abaqus-Electromagnetic*, *Simulia X-Flow (CFD)*, *Simulia Mold Plastic Injection*, dan sebagainya.

11.4.3 Siemens

1. Solid Edge 2D berfungsi untuk menggambar 2D secara umum dan teknis
2. Solid Edge 3D berfungsi untuk menggambar 3D teknik/mekanikal
3. NX berfungsi untuk NX memungkinkan para insinyur untuk menyusun diagram perpipaan dan instrumentasi (P&ID) dalam dua dimensi sambil mempertahankan desain yang terikat pada model ruang 3D. P&ID Designer mendukung penulisan yang lebih cepat, pustaka umum antara pembuatan diagram dan 3D, validasi konektivitas, pembuatan diagram ke 3D, dan manajemen data tingkat peralatan

4. Siemen NX-Nastran berfungsi untuk simulasi menggunakan metode FEA
5. Siemen Simcenter Star CCM+ berfungsi untuk simulasi menggunakan metode CFD

11.4.4 WildFire/ PTC

1. Creo Sketch 2D berfungsi untuk menggambar 2D
2. ProE/ProEng dahulu, sekarang PTC Creo untuk menggambar 3D mekanikal
3. Creo-Simulate berfungsi untuk simulasi FEA
4. Creo-Parametric berfungsi untuk simulasi CFD

Perangkat lunak yang sangat populer dan banyak digunakan di kalangan industri, konsultan maupun pendidikan banyak dipilih karena penggunaannya yang mudah (*user-friendly*).

11.4.5 Ansys

1. Ansys Design Modeler Sketch 2D untuk menggambar 2D
2. Ansys Design Modeler 3D untuk menggambar 3D
3. Ansys simulasi varian berupa Fluent (CFD), Ansys ICEM-CFD (CFD)

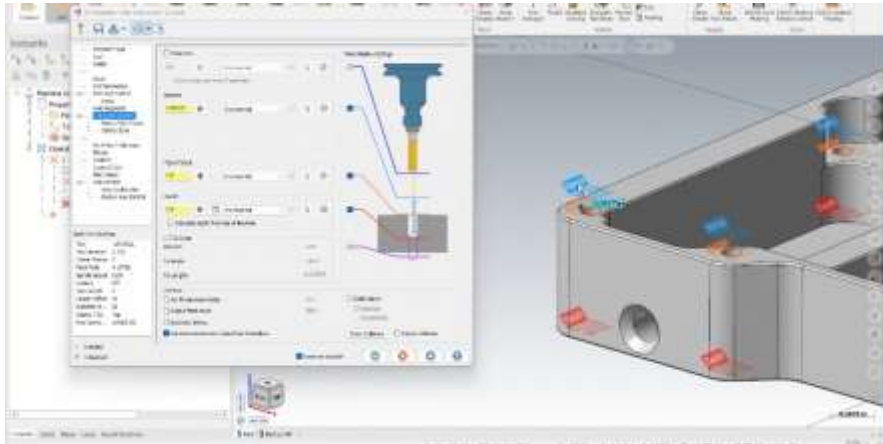
Ansys CFX (CFD), Ansys Abaqus (FEA), Ansys Mechanical, Ansys Maxwell (electromagnetik) dan sebagainya.

11.5 Pemodelan dan simulasi sebagai CAM

Perangkat lunak untuk simulasi pekerjaan CAM/CNC atau Pemrograman CAM/CNC, dan daftar program CAM yaitu :

Berasal dari Autodesk : Autodesk CAM/ Autodesk mengakuisisi DelCAM. Kemudian dari pabrikan asal Dassault yaitu Solidworks CAM. Untuk pabrikan asal Siemens menggunakan NX-CAM/Sinutrain. Kemudian dari PTC mengeluarkan PTC-CAM/ Creo-CAM. Adapun di Indonesia program CAM yang sering

digunakan adalah MasterCAM dan beberapa program CAM lainnya seperti SolidCAM, RhinoCAM dan sebagainya .



Gambar 11.5. Contoh Tampilan MasterCAM

Sumber : <https://mcamnw.com>

Dan masih banyak lagi penggunaan perangkat lunak berupa pemodelan dan simulasi yang berhubungan dengan teknik mesin maupun lulusan diploma dan sarjana teknik mesin untuk bekerja di industri.

Perangkat lunak dari beberapa pabrikan dan dapat diklasifikasikan menurut kegunaannya apakah 2D, 2D & 3D, 3D, FEA, CFD menurut tabel 11.1.

Tabel 11.1. Beberapa Perbandingan Merk dan Kelas Kegunaan *Software*

Nama Pabrik	Auto desk	Dassault	Siemens	PTC	ANSYS
2D	AutoCad	Draft Sight	Solid Edge 2D	Creo 2D	Design Modeler
3D	Inventor	Solidworks	Solid Edge 3D	Creo 3D	Design Modeler/ SpaceClaim
FEA	Robot & Inventor Nastran	Catia Simulia FEA	NX Nastran	Creo Simulate	ANSYS FEA
CFD	Robot & Inventor CFD	Catia Simulia CFD	Star CCM+	Creo Parametric	ANSYS CFD

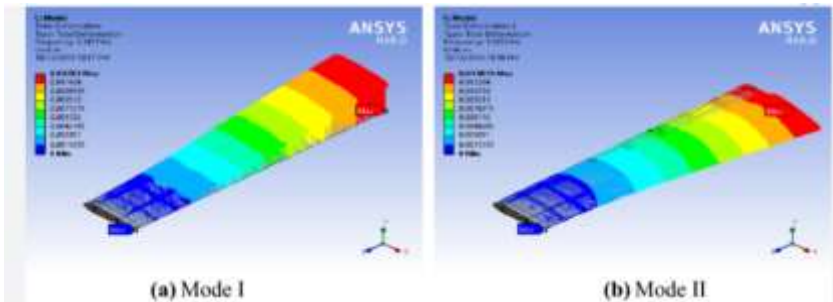
Sumber: Beberapa Situs Autodesk, Dassault Systemes, Siemens, PTC, ANSYS

Diluar Tabel 11.1, masih banyak *software* dari pabrikan lain yang tidak ditampilkan karena sangat banyak. Contoh untuk pemodelan dan simulasi pesawat terbang menggunakan 3D seperti pada Gambar 11.6.



Gambar 11.6. Gambar Contoh CN 235
(Sumber : <https://free3d.com>)

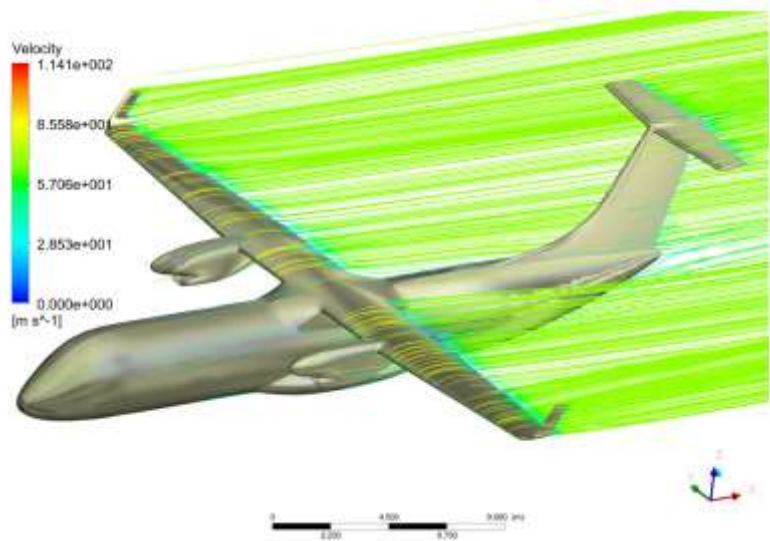
Untuk contoh pemodelan dan simulasi menggunakan Finite Element Method adalah seperti pada Gambar 11.7.



Gambar 11.7. Gambar Contoh FEA pada sayap pesawat terbang
(Sumber : <https://link.springer.com/article/10.1007/s42401-021-00114-w>)

Terlihat pada Gambar 11.7 merupakan Analisis Modal, bentuk mode/modus sayap (*wing*) bervariasi tergantung frekuensi/getaran. Untuk mode 1 sayap cenderung lurus dengan frekuensi sebesar pada frekuensi sebesar 2,3477 Hz dan area deformasi yang terjadi terbesar (warna merah) sebesar 0,01283 mm. Untuk mode 2 sayap cenderung melengkung pada frekuensi sebesar 5,0533 Hz dan deformasi terbesar (warna merah) sebesar 0,013819 mm.

Untuk contoh pemodelan dan simulasi menggunakan Computational Fluid Dynamic adalah seperti pada Gambar 11.8.



Gambar 11.8. Contoh CFD pada pesawat terbang
(Sumber : <https://www.mdpi.com/2226-4310/7/10/139>)

Terlihat aliran udara yang dihasilkan dibelakang sayap (*wing*) dan badan pesawat (*fuselage*) serta ekor pesawat (*tail*) mengalir secara lurus atau bersifat laminar. Juga dapat dilihat pada ukuran warna kecepatan hasil pemodelan dan simulasi bahwa kecepatan tertinggi berwarna merah (tidak terlihat) adalah sebesar $1,41 \times 10^2$ m/s dan kecepatan rata-rata warna hijau muda sekitar 6 hingga 7×10^2 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- G. Takeshi Sato.1986. Menggambar Mesin Menurut Standar ISO. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Mahfud Al Huda. 2010. *Diktat kuliah CAD-CAM*. Jakarta: Universitas Pancasila Prgram Magister Teknik Mesin.
- Ahmad Zubair Sultan. 2009. *Pemodelan dan Simulasi FMS Untuk Menunjang Proses Pembelajaran di Laboratorium CNC PNUP*. Makasar.07(01),22-39.
<http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/Sinergi/article/view/1032>.
- Abdul Aabid. 2021. Structural analysis of three-dimensional wings using finite element method. 47-63.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s42401-021-00114-w>

BAB 12

ROBOTIKA DAN AUTOMASI

Oleh Fahmy Rinanda Saputri

12.1 Pengantar Robotika dan Automasi

12.1.1 Definisi Robotika dan Automasi

Robotika adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan desain, pembuatan, dan penggunaan robot. Robot adalah entitas mekanik atau elektronik yang dapat diatur untuk menjalankan tugas-tugas tertentu secara otomatis. Automasi, di sisi lain, adalah penggunaan teknologi untuk menggantikan pekerjaan manusia dengan sistem otomatis. Ini mencakup otomatisasi proses dan tugas yang sebelumnya dilakukan oleh manusia.

Automasi adalah konsep fundamental dalam dunia teknologi dan industri yang berkaitan dengan penggunaan teknologi, sistem, atau perangkat otomatis untuk mengendalikan atau menjalankan tugas atau proses secara mandiri, tanpa campur tangan manusia yang berkelanjutan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan produktivitas dalam berbagai aspek kehidupan, mulai dari produksi industri hingga otomatisasi rumah tangga. Dalam konteks industri, automasi melibatkan penggunaan mesin, robot, perangkat lunak, sensor, dan sistem kontrol otomatis untuk mengotomatisasi berbagai aspek produksi dan manufaktur.

Definisi automasi dapat dilihat sebagai implementasi sistem otomatis untuk mengurangi keterlibatan manusia dalam tugas yang berulang dan kurang menuntut kreativitas. Automasi memungkinkan proses-proses yang monoton, berulang, dan berpotensi membosankan untuk dijalankan dengan konsistensi dan akurasi tinggi, sambil mengurangi risiko kesalahan manusia.

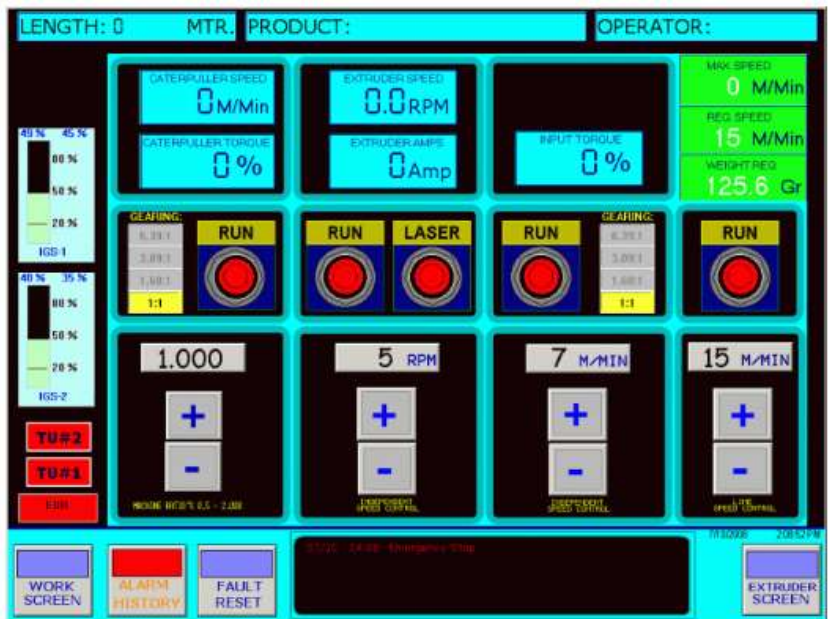
Automasi juga memungkinkan pengumpulan data yang lebih cepat dan akurat, serta memfasilitasi analisis data yang mendalam untuk pengambilan keputusan yang lebih baik.

Sedangkat otomasi, yang berasal dari bahasa Yunani yang berarti "belajar sendiri," merujuk pada penggunaan sistem kontrol, seperti komputer, untuk mengendalikan mesin-mesin industri dan proses produksi, dengan tujuan menggantikan tugas yang biasanya dilakukan oleh tenaga kerja manusia. Ini adalah tahap dalam perkembangan mekanisasi di mana mesin-mesin industri digunakan oleh manusia sebagai alat bantu untuk memenuhi permintaan kerja fisik, mengurangi keterlibatan manusia dalam pekerjaan sensori dan mental. Otomasi mampu mengubah peraturan permainan dalam ekonomi global dan memperbaiki pengalaman kerja sehari-hari. Contohnya, seorang insinyur dapat menggunakan berbagai perangkat dan model matematika untuk membangun sistem yang sangat kompleks secara otomatis, mempercepat pengembangan aplikasi dan tugas manusia. Meskipun teknologi otomasi terus berkembang, masih banyak pekerjaan yang memerlukan keterlibatan manusia, terutama untuk tugas yang memerlukan presisi, pendengaran, dan kemampuan indera yang hanya dimiliki oleh manusia.

Spesialis perangkat keras komputer yang menggunakan pengontrol logika terprogram (PLC) sering mengoordinasikan aliran masukan dari sensor dan mengatur keluaran sesuai dengan kebutuhan tindakan kontrol yang tepat. Ini penting untuk mencapai kontrol yang presisi dalam berbagai proses industri. Saat menyambut abad ke-21, pengalaman dunia perangkat keras yang paling mencolok adalah saat munculnya bug Y2K, yang diprediksi akan menyebabkan kekacauan dalam sistem komputer, tetapi teknologi komputer terus berkembang dan digunakan sebagai alat kontrol dalam otomasi industri.

Antarmuka manusia-mesin (HMI) atau antarmuka manusia komputer (CHI), yang lebih dikenal sebagai antarmuka manusia-

mesin, digunakan untuk berkomunikasi dengan PLC dan komputer lainnya, seperti memasukkan dan memonitor suhu atau tekanan untuk kontrol otomatis atau respons darurat. Orang yang bertanggung jawab untuk memantau dan mengendalikan antarmuka tersebut disebut operator stasiun. Penggunaan komputer dalam otomasi juga terlihat dalam peralatan tes otomatis, di mana komputer mengendalikan peralatan tes untuk mensimulasikan tugas yang biasanya dilakukan oleh penguji manusia dalam tes manual (Sugiono, 2016).



Gambar 12.1. Contoh antarmuka manusia-mesin

Sumber : (Samsul, 2017)

Akhirnya, otomasi mencakup otomatisasi perangkat lunak, di mana komputer digunakan untuk merekam makro aktivitas harian pengguna, seperti gerakan mouse dan papan ketik, untuk

kemudian memutar kembali aktivitas tersebut pada waktu yang telah ditentukan.

12.1.2 Sejarah perkembangan Robotika dan Automasi

Sejarah robotika dan automasi telah melibatkan perkembangan yang menarik sepanjang abad terakhir. Awalnya, konsep robot diciptakan dalam literatur fiksi ilmiah, seperti karya Karel Čapek yang memperkenalkan istilah "robot" dalam drama "R.U.R." pada tahun 1920. Namun, perkembangan nyata dimulai pada abad ke-20, ketika teknologi dan ilmu pengetahuan memungkinkan pembuatan robot yang sesungguhnya. Salah satu tonggak sejarah terbesar adalah pengembangan Unimate, yang dianggap sebagai robot industri pertama yang digunakan pada tahun 1961. Sejak itu, perkembangan dalam bidang kecerdasan buatan, sensor, dan komputasi telah memungkinkan robot dan otomatisasi menjadi semakin canggih dan merata.

Sejarah perkembangan robot dimulai ketika Jacques de Vaucanson menciptakan sistem otomatis pada tahun 1738. Ia berhasil membuat bebek mekanik yang memiliki kemampuan mencincang biji-bijian dan membuka serta menutup sayapnya. Selanjutnya, pada tahun 1796 di Jepang, Hisashige Tanaka menciptakan mainan mekanik yang mampu menyajikan teh dan menulis huruf kanji.

Perkembangan robot terus berlanjut dengan penemuan Nikola Tesla pada tahun 1926, yang memamerkan perahu robot yang bisa dikendalikan melalui radio. Pada tahun 1928, Makoto Nishimura menciptakan robot pertama di Jepang. Namun, perkembangan robot semakin pesat seiring dengan kemajuan teknologi elektronika.

Pada tahun 1948, William Grey Walter menciptakan robot elektronik otomatis pertama yang mampu merespons cahaya dan berinteraksi dengan objek di sekitarnya. Kemudian, pada tahun 1954, pada awal era digital, George Devol menemukan robot digital

yang bisa diprogram. Ini hanya sebagian kecil dari tonggak sejarah penting dalam perkembangan robot, yang kemudian membuka jalan bagi robotika modern yang semakin canggih dan kompleks (Jaya, 2016).

Di era modern ini, kita telah menyaksikan berbagai jenis robot yang telah dirancang dan digunakan dalam berbagai konteks, termasuk industri, layanan kesehatan, transportasi, pendidikan, dan aktivitas sehari-hari. Misalnya, terdapat robot yang difungsikan untuk melukis kendaraan, robot yang digunakan dalam proses perakitan komponen elektronik, dan bahkan humanoid robot yang memiliki fitur wajah manusia, kemampuan berjalan, serta kemampuan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, mirip dengan perilaku manusia.

12.1.3 Peran Penting dalam Dunia Industri dan Teknologi

Robotika dan automasi memainkan peran yang sangat penting dalam dunia industri dan teknologi modern. Mereka telah mengubah cara produksi dan manufaktur dilakukan, meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya produksi, dan meningkatkan kualitas produk. Di sektor layanan, robotika telah diterapkan dalam perawatan kesehatan, perhotelan, dan sektor jasa lainnya, meningkatkan layanan kepada pelanggan. Dalam dunia teknologi, penggunaan otomatisasi dan robotika telah membantu mengembangkan teknologi otonom, seperti kendaraan otonom dan drone. Dengan terus berkembangnya teknologi ini, robotika dan automasi diharapkan berperan semakin besar dalam transformasi industri dan kehidupan sehari-hari.

12.2 Jenis-jenis Robot dan Aplikasi

Robot adalah suatu perangkat manipulatif yang dapat diprogram ulang untuk melakukan berbagai tugas, termasuk pemindahan alat, material, atau peralatan dengan serangkaian gerakan yang telah diprogram. Ini juga melibatkan pengendalian

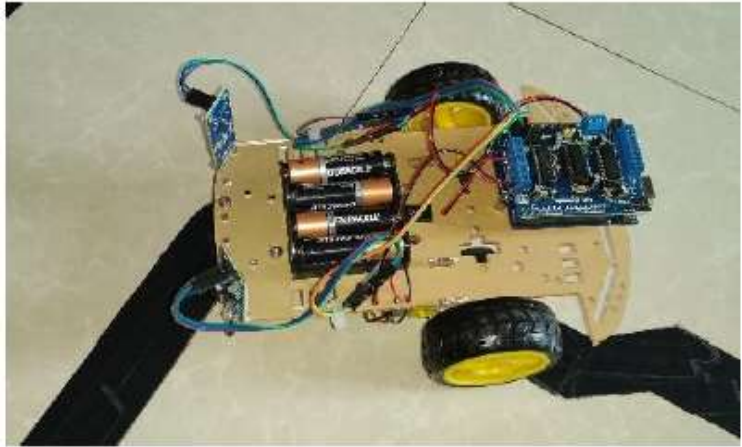
dan sinkronisasi peralatan dengan pekerjaannya. Definisi ini diberikan oleh Robot Institute of America. Secara alternatif, robot juga dapat dijelaskan sebagai sistem mekanik yang menggambarkan gerakan yang menyerupai fungsi gerak organisme hidup, atau sebagai gabungan dari banyak fungsi gerakan dengan elemen kecerdasan. Ini adalah pandangan yang disampaikan oleh pihak resmi Jepang (Dwiyanto, 2022). Jenis-jenis robot seperti:

1. Non-Mobile Robot:

- a. Robot non-mobile adalah robot yang tidak memiliki kemampuan bergerak atau mobilitas yang terbatas. Mereka biasanya tetap berada pada satu lokasi atau area tertentu.
- b. Contoh: Pabrik otomasi menggunakan robot lengan yang tetap di satu stasiun kerja untuk melakukan tugas seperti pengelasan, pemasangan, atau penggantian komponen. Robot-robot ini tidak bergerak secara mandiri tetapi sangat terampil dalam melakukan tugas-tugas yang repetitif dan spesifik.

2. Mobile Robot:

- a. Mobile robot adalah robot yang memiliki kemampuan pergerakan atau mobilitas. Mereka dapat berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain dengan berbagai cara, seperti berjalan, menggelinding, atau menggunakan roda.
- b. Contoh: Robot penjelajah Mars NASA, seperti rover Curiosity, adalah contoh mobile robot yang dapat berpindah-pindah di permukaan planet Mars. Selain itu, ada juga vacuum cleaner otomatis yang bisa bergerak di seluruh rumah untuk membersihkan lantai, serta robot line tracker.



Gambar 12.2. Robot line tracker
Sumber : (Dwiyanto, 2022)

3. Kombinasi Mobile dan Non-Mobile Robot:

- a. Kombinasi mobile dan non-mobile robot mengacu pada robot yang memiliki unsur-unsur mobilitas yang terbatas dan tetap. Mereka mungkin memiliki bagian yang bisa bergerak (mobile) dan bagian yang tetap (non-mobile).
- b. Contoh: Robot operasi medis yang dapat bergerak ke berbagai lokasi di dalam tubuh pasien (mobile) tetapi juga dilengkapi dengan lengan yang tetap untuk melakukan tugas pembedahan yang sangat presisi (non-mobile).



Gambar 12.3. Layanan Operasi Bedah Robotik Jarak Jauh
Sumber : (Zintan Prihatini & Sumartiningtyas, 2022)

4. Humanoid:

- a. Robot humanoid adalah robot yang dirancang untuk menyerupai bentuk dan fitur fisik manusia. Mereka sering memiliki anggota tubuh yang menyerupai tangan, kaki, dan kepala manusia.
- b. Contoh: ASIMO, yang dikembangkan oleh Honda, adalah salah satu contoh robot humanoid yang mampu berjalan, berlari, dan melakukan tugas-tugas yang mirip dengan kemampuan fisik manusia. Robot humanoid juga digunakan dalam penelitian kecerdasan buatan dan pengembangan teknologi layanan manusia seperti asisten pribadi pintar.

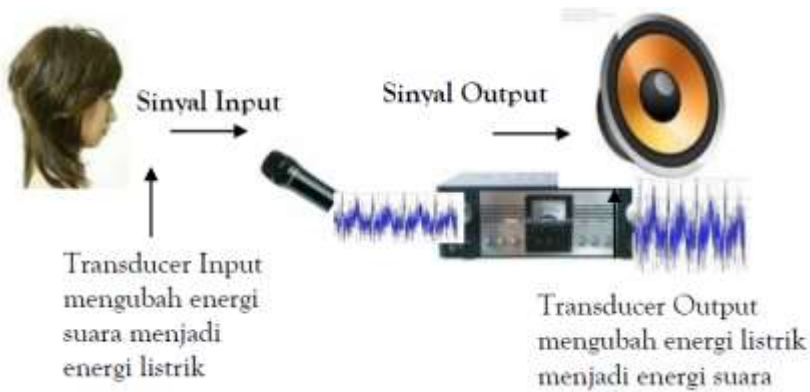


Gambar 12.4. Robot ASIMO
Sumber : (Sakagami et al., 2002)

12.3 Teknologi dan Robotika

12.3.1 Transduser

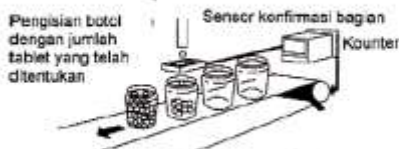
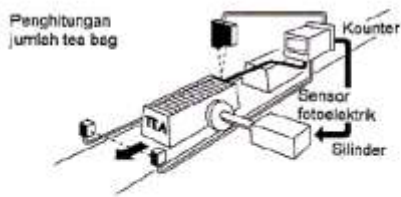
Transduser adalah perangkat yang mengalihkan energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Terdapat dua kategori utama dalam transduser: transduser input dan transduser output. Transduser input listrik mengubah energi non-listrik, seperti gelombang suara atau cahaya, menjadi energi listrik. Di sisi lain, transduser output listrik beroperasi dalam arah sebaliknya, mengubah energi listrik menjadi bentuk energi non-listrik. Dengan kata lain, transduser berfungsi sebagai perantara yang memungkinkan konversi antara bentuk energi yang berbeda (Jaya, 2016).



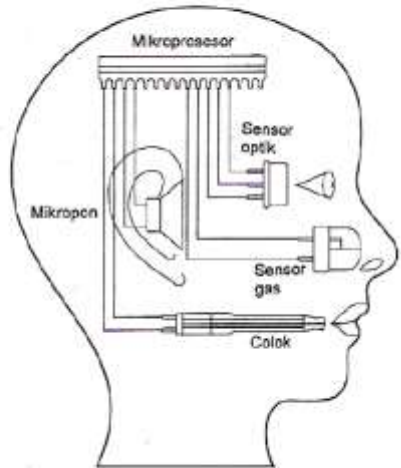
Gambar 12.5. Transduser dengan masukan dan keluaran listrik
Sumber : (Jaya, 2016)

12.3.2 Sensor

Sensor adalah perangkat atau alat yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur, atau memonitor perubahan dalam lingkungan fisik atau kimia, dan kemudian mengonversi informasi tersebut menjadi sinyal yang dapat dipahami atau digunakan oleh perangkat elektronik atau komputer. Sensor sangat penting dalam berbagai aplikasi, termasuk kontrol otomatis, pemantauan lingkungan, pengukuran, dan banyak lagi.



(Alas kebaikan Keyence Corp. of America)
(a) Sensor digunakan dalam pemanufakturan



(b) Sensor berfungsi seperti mata, telinga, hidung, dan lidah untuk cta mikroprosesor

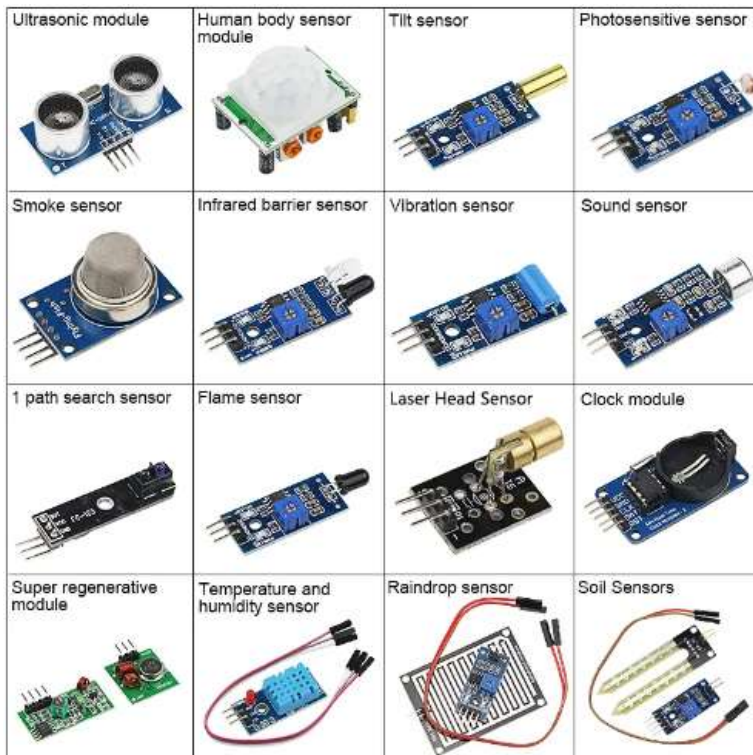
Gambar 12.6. Sistem Sensor

Sumber : (Jaya, 2016)

Dalam bidang elektronika, terdapat beragam jenis sensor yang tersedia, mulai dari sensor yang sederhana hingga sensor yang menggunakan teknologi canggih. Kisarannya pun mencakup sensor dengan harga yang terjangkau hingga sensor yang memiliki harga yang tinggi. Selain itu, sensitivitas sensor juga bervariasi, ada yang memiliki sensitivitas rendah dan ada pula yang memiliki sensitivitas tinggi.

1. **Sensor Cahaya (*Light Sensor*)**: Sensor ini mendeteksi tingkat cahaya di sekitarnya. Mereka umumnya digunakan dalam aplikasi seperti penyesuaian pencahayaan otomatis pada layar ponsel atau kamera, serta dalam pengaturan pencahayaan dalam gedung.

2. Sensor Ultrasonik (*Ultrasonic Sensor*): Sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak antara sensor dan objek di sekitarnya. Mereka sering digunakan dalam navigasi robot, kendaraan otonom, dan perangkat pengukuran jarak.
3. Sensor Tekanan (*Pressure Sensor*): Sensor tekanan mengukur tekanan dalam cairan atau gas. Mereka digunakan dalam aplikasi seperti pengukuran tekanan darah, pemantauan tekanan dalam sistem hidrolik, dan pengukuran tekanan atmosfer.



Gambar 12.7. Jenis-jenis Sensor
 Sumber : (AliExpress, n.d.)

4. Sensor Kecepatan (*Speed Sensor*): Sensor ini digunakan untuk mengukur kecepatan gerakan objek. Mereka sering digunakan dalam sistem kendaraan untuk mengukur kecepatan putaran roda atau baling-baling.
5. Sensor Penyandi (*Encoder*): Sensor ini digunakan untuk mengukur perubahan posisi atau gerakan rotasi. Mereka umumnya digunakan dalam aplikasi seperti kendali mesin CNC, robotika, dan pemantauan posisi motor.
6. Sensor Proksimiti (*Proximity Sensor*): Sensor proksimiti mendeteksi keberadaan objek atau perubahan jarak dalam kisaran tertentu tanpa kontak fisik. Mereka digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk penghindaran tabrakan pada kendaraan dan pengendalian sentuhan pada layar sentuh.
7. Sensor UV-Tron (*UV-Tron Sensor*): Sensor ini digunakan untuk mendeteksi sinar ultraviolet (UV). Mereka umumnya digunakan dalam pengukuran tingkat radiasi UV dalam aplikasi seperti pemantauan radiasi UV dalam laboratorium atau pengukuran radiasi matahari.
8. Sensor Efek Hall (*Hall Effect Sensor*): Sensor ini mendeteksi perubahan medan magnet dalam suatu area. Mereka digunakan dalam aplikasi seperti sensor kehadiran pada pintu otomatis, pengukuran arus listrik, dan dalam teknologi kendaraan listrik untuk mengukur putaran motor dan kontrol arahnya.

12.3.2 Aktuator

Dalam konteks listrik, aktuator atau perangkat penggerak adalah setiap komponen yang mengonversi sinyal listrik menjadi pergerakan mekanis. Beberapa jenis utama dari perangkat penggerak ini meliputi relai, solenoid, dan motor (Jaya, 2016).

Relay adalah jenis aktuator elektromagnetik yang digunakan untuk mengontrol sirkuit listrik lainnya. Ini bekerja

berdasarkan prinsip elektromagnetisme. Relay memiliki dua kontak (biasanya disebut sebagai kontak pemutus atau NO - Normally Open, dan kontak penutup atau NC - Normally Closed) yang dapat berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik. Ketika arus mengalir melalui kumparan elektromagnetik relay, itu menghasilkan medan magnet yang mengubah posisi kontak, sehingga menghubungkan atau memutuskan aliran listrik di sirkuit utama.

Relay sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan pengendalian daya tinggi atau isolasi galvanik. Contoh penggunaan relay termasuk dalam sistem kendali otomatis, otomatisasi rumah, sistem keamanan, dan banyak lagi. Relay digunakan untuk mengontrol peralatan listrik yang lebih besar dengan sinyal listrik yang lebih kecil.

Solenoid adalah jenis aktuator elektromagnetik yang menghasilkan gerakan mekanis linier saat diberikan arus listrik. Solenoid terdiri dari kumparan kawat yang diisi dengan inti ferromagnetik. Ketika arus mengalir melalui kumparan, ia menciptakan medan magnet yang menarik atau mendorong inti ferromagnetik, menyebabkan gerakan linier.

Solenoid digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan gerakan linier instan, seperti penguncian pintu otomatis, katup solenoid dalam industri otomatisasi, dan starter mesin mobil. Mereka juga digunakan dalam perangkat seperti penguncian pintu otomatis, klakson mobil, dan sebagainya.

Baik relay maupun solenoid adalah aktuator elektromagnetik yang memanfaatkan efek elektromagnetik untuk menghasilkan gerakan atau mengendalikan sirkuit listrik. Relay umumnya digunakan untuk mengendalikan sirkuit lainnya, sementara solenoid digunakan untuk menghasilkan gerakan mekanis linier.

Perangkat-perangkat ini memainkan peran penting dalam dunia otomasi dan kontrol, karena mereka memungkinkan

perubahan dalam sinyal listrik menjadi aksi fisik yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Seiring dengan perkembangan teknologi dan peningkatan dalam desain perangkat penggerak, penggunaan mereka terus berkembang di berbagai sektor, termasuk industri, otomotif, dan elektronik konsumen. Dengan kata lain, aktuator adalah elemen yang menghubungkan dunia elektronik dengan dunia fisik dengan mengubah sinyal listrik menjadi gerakan.

Relay adalah jenis aktuator elektromagnetik yang digunakan untuk mengontrol sirkuit listrik lainnya. Ini bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetisme. Relay memiliki dua kontak (biasanya disebut sebagai kontak pemutus atau NO - Normally Open, dan kontak penutup atau NC - Normally Closed) yang dapat berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik. Ketika arus mengalir melalui kumparan elektromagnetik relay, itu menghasilkan medan magnet yang mengubah posisi kontak, sehingga menghubungkan atau memutuskan aliran listrik di sirkuit utama.

Relay sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan pengendalian daya tinggi atau isolasi galvanik. Contoh penggunaan relay termasuk dalam sistem kendali otomatis, otomatisasi rumah, sistem keamanan, dan banyak lagi. Relay digunakan untuk mengontrol peralatan listrik yang lebih besar dengan sinyal listrik yang lebih kecil.

Solenoid adalah jenis aktuator elektromagnetik yang menghasilkan gerakan mekanis linier saat diberikan arus listrik. Solenoid terdiri dari kumparan kawat yang diisi dengan inti ferromagnetik. Ketika arus mengalir melalui kumparan, ia menciptakan medan magnet yang menarik atau mendorong inti ferromagnetik, menyebabkan gerakan linier.

Solenoid digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan gerakan linier instan, seperti penguncian pintu otomatis, katup solenoid dalam industri otomatisasi, dan starter

mesin mobil. Mereka juga digunakan dalam perangkat seperti penguncian pintu otomatis, klakson mobil, dan sebagainya.

Baik relay maupun solenoid adalah aktuator elektromagnetik yang memanfaatkan efek elektromagnetik untuk menghasilkan gerakan atau mengendalikan sirkuit listrik. Relay umumnya digunakan untuk mengendalikan sirkuit lainnya, sementara solenoid digunakan untuk menghasilkan gerakan mekanis linier.

12.4 Automasi dan Industri

12.4.1 Otomatisasi Proses Manufaktur: Penggunaan Robot dalam Produksi dan Perakitan

Otomatisasi proses manufaktur telah menjadi pilar utama dalam industri modern. Robot industri digunakan dalam berbagai tahapan produksi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan presisi. Mereka digunakan dalam pengelasan, perakitan komponen, penanganan material, dan inspeksi kualitas. Keuntungan utama dari penggunaan robot dalam proses manufaktur adalah kemampuan mereka untuk bekerja tanpa henti dalam lingkungan yang berbahaya atau monoton. Mereka juga dapat melakukan tugas-tugas yang memerlukan presisi tinggi, yang sering sulit atau bahkan tidak mungkin dilakukan oleh tenaga kerja manusia.

Penggunaan robot dalam proses manufaktur telah membawa perubahan revolusioner dalam cara produk diproduksi di pabrik-pabrik di seluruh dunia. Berikut adalah beberapa contoh penggunaan robot dalam proses manufaktur dan dampaknya:

1. **Pengelasan Otomatis:** Robot pengelasan digunakan dalam proses pengelasan logam. Mereka dapat mengelas dengan presisi tinggi dan konsistensi, menghasilkan hasil yang lebih kuat dan lebih dapat diandalkan. Pengelasan otomatis telah mengurangi cacat hasil pengelasan dan meningkatkan keamanan dalam sektor otomotif, pembuatan peralatan berat, dan manufaktur lainnya.

2. Perakitan Produk Elektronik: Dalam industri elektronik, robot digunakan untuk merakit komponen elektronik dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi. Mereka memasang komponen ke papan sirkuit cetak dengan presisi mikrometer, memastikan kualitas produk yang tinggi. Ini juga memungkinkan perakitan produk yang lebih kecil dan lebih ringan.
3. Penanganan Material: Robot pengangkut dan robot gudang digunakan untuk mengangkut dan menempatkan material dalam lingkungan pabrik. Mereka mengurangi risiko cedera pekerja dan meningkatkan efisiensi pengiriman material. Penerapan robot penanganan material menghemat waktu dan biaya produksi.
4. Inspeksi Kualitas: Robot penglihatan digunakan untuk inspeksi kualitas secara otomatis. Mereka dapat memeriksa produk untuk cacat atau ketidaksesuaian dengan toleransi yang ketat. Ini membantu mengidentifikasi produk cacat lebih cepat, mengurangi limbah, dan meningkatkan kualitas akhir.
5. Pembuatan Produk Kustom: Robot kolaboratif bekerja bersama operator manusia untuk menciptakan produk yang disesuaikan. Mereka dapat mengubah alur produksi dengan cepat, memungkinkan produksi kecil atau bahkan satu-satunya unit produk yang disesuaikan. Ini memungkinkan perusahaan untuk memenuhi permintaan pelanggan yang semakin beragam.
6. Penanganan Bahan Berbahaya: Robot digunakan dalam lingkungan yang berbahaya, seperti penanganan bahan kimia berbahaya atau limbah nuklir. Mereka mengurangi risiko bagi pekerja dan memungkinkan akses ke area yang mungkin berbahaya bagi manusia.
7. Industri Makanan dan Minuman: Robot digunakan dalam pengemasan, penyortiran, dan pengolahan makanan dan

minuman. Mereka dapat mengurangi kontaminasi dan menjaga kualitas produk.

8. 3D Printing: Mesin 3D printer dengan fungsi robotik digunakan untuk mencetak berbagai produk dari logam, plastik, atau komposit. Ini memungkinkan pembuatan produk yang lebih kompleks dan kustom dengan biaya rendah.

Dampak utama dari penggunaan robot dalam proses manufaktur adalah peningkatan efisiensi produksi, pengurangan kesalahan manusia, peningkatan kualitas produk, dan fleksibilitas produksi yang lebih besar. Hal ini telah mengubah cara pabrik-pabrik di seluruh dunia beroperasi, membantu mereka bersaing di pasar global yang semakin kompetitif.

12.4.2 Sistem Kendali Otomatis: Pengendalian Mesin dan Proses Produksi

Sistem kendali otomatis adalah elemen kunci dalam industri modern. Mereka memungkinkan pengendalian mesin dan proses produksi secara otomatis. Bab ini akan membahas konsep dasar sistem kendali otomatis, termasuk pengendalian logika, pengendalian PID (Proporsional-Integral-Derivative), dan sistem pengendali terdistribusi. Sistem kendali otomatis membantu mengawasi dan mengontrol berbagai aspek produksi, seperti suhu, tekanan, kecepatan, dan aliran. Dengan menggunakan sensor yang sesuai, sistem kendali otomatis dapat merespons perubahan dalam waktu nyata dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk menjaga kualitas produk yang konsisten. Ini berdampak besar pada peningkatan kecepatan produksi, pengurangan limbah, dan penghematan energi.

Sistem kendali otomatis telah menjadi komponen penting dalam berbagai industri, dan manfaatnya sangat signifikan. Berikut adalah beberapa contoh cara sistem kendali otomatis diterapkan dalam berbagai industri dan manfaat yang dihasilkannya:

1. Industri Manufaktur:
 - a. Pengendalian Proses Produksi: Sistem kendali otomatis digunakan untuk mengontrol suhu, tekanan, kecepatan, dan aliran dalam berbagai proses manufaktur. Ini memastikan bahwa produk diproduksi dengan kualitas konsisten.
 - b. Perakitan Otomatis: Dalam proses perakitan, sistem kendali otomatis digunakan untuk mengontrol gerakan robot dan mesin agar produk akhir terdiri dari komponen yang terpasang dengan benar.
2. Industri Kimia:
 - a. Proses Pencampuran: Sistem kendali otomatis digunakan untuk mengendalikan rasio bahan kimia yang tepat dalam proses pencampuran. Ini menghasilkan produk kimia yang konsisten dan aman.
 - b. Proses Reaktor: Dalam industri kimia, sistem kendali otomatis memantau dan mengatur suhu, tekanan, dan reaksi kimia dalam reaktor. Ini memastikan keamanan dan efisiensi proses.
3. Industri Minyak dan Gas:
 - a. **Pengendalian Proses Bor: Sistem kendali otomatis digunakan untuk mengendalikan operasi bor minyak dan gas lepas pantai. Ini memungkinkan operasi yang lebih aman dan efisien.
4. Industri Energi:
 - a. Pembangkitan Listrik: Sistem kendali otomatis digunakan untuk mengontrol pembangkit listrik, termasuk pengaturan tekanan uap, suhu, dan pengiriman daya listrik. Ini mengoptimalkan produksi energi dan meminimalkan konsumsi bahan bakar.
 - b. Distribusi Energi: Dalam jaringan distribusi listrik, sistem kendali otomatis mengelola aliran daya, mendeteksi

gangguan, dan merestorasi pasokan listrik secara otomatis.

5. Industri Makanan dan Minuman:

- a. Proses Pencampuran dan Pengolahan: Sistem kendali otomatis digunakan dalam proses pencampuran, fermentasi, dan pengolahan makanan dan minuman. Ini memastikan kualitas dan keamanan produk.

6. Industri Otomotif:

- a. Manufaktur Kendaraan: Robotik dan sistem kendali otomatis digunakan dalam produksi kendaraan untuk melakukan pengelasan, pengeboran, perakitan, dan pengecatan. Ini memastikan produksi yang efisien dan kualitas kendaraan yang konsisten.

7. Industri Farmasi:

- a. Proses Pembuatan Obat: Sistem kendali otomatis digunakan dalam produksi obat untuk mengendalikan reaksi kimia, pencampuran bahan baku, dan pemantauan kualitas produk.

Manfaat sistem kendali otomatis meliputi:

1. Peningkatan Efisiensi: Sistem kendali otomatis meminimalkan limbah, mengurangi konsumsi energi, dan meningkatkan produktivitas.
2. Peningkatan Kualitas: Mereka memastikan kualitas produk yang lebih konsisten dengan mengurangi kesalahan manusia.
3. Keamanan dan Keselamatan: Sistem kendali otomatis dapat merespons secara cepat terhadap situasi darurat atau kegagalan peralatan, mengurangi risiko kecelakaan.
4. Kemampuan Pengawasan: Mereka memungkinkan pengawasan dan pengendalian proses dari jarak jauh melalui sistem terkomputerisasi.

5. Kemampuan Penyesuaian: Sistem kendali otomatis dapat dengan cepat menyesuaikan operasi sesuai dengan perubahan kondisi atau permintaan pasar.
6. Mengurangi Biaya Tenaga Kerja: Dengan otomatisasi, perusahaan dapat mengurangi biaya tenaga kerja untuk tugas-tugas yang berulang.

12.4.3 Otomatisasi Gudang dan Rantai Pasokan

Otomatisasi tidak hanya memengaruhi proses produksi tetapi juga mencapai gudang dan rantai pasokan. Teknologi otomatisasi telah memasuki gudang dan rantai pasokan melalui penggunaan konveyor otomatis, sistem penyimpanan otomatis, dan pengiriman otomatis. Seiring dengan pertumbuhan e-commerce, teknologi ini berperan penting dalam mengelola inventaris, memproses pesanan, dan mengirimkan produk ke pelanggan.

Implementasi otomatisasi dalam rantai pasokan telah membawa perubahan signifikan dalam cara barang dan layanan didistribusikan dengan lebih efisien. Berikut adalah beberapa contoh dan manfaatnya:

1. Sistem Penyortiran Otomatis di Pusat Distribusi:

Pusat distribusi besar seperti yang dimiliki oleh perusahaan e-commerce telah mengadopsi sistem penyortiran otomatis menggunakan conveyor, robot, dan sensor canggih. Ini memungkinkan barang-barang yang masuk untuk diidentifikasi, disortir, dan diarahkan ke tujuan dengan cepat dan akurat. Hasilnya adalah pengiriman yang lebih cepat kepada pelanggan, pengurangan kesalahan pengiriman, dan peningkatan efisiensi rantai pasokan.

2. Otomatisasi Gudang:

Gudang otomatis menggunakan robot pengambilan, sistem penyimpanan vertikal otomatis, dan sistem transportasi otomatis untuk mengatur stok dan mengelola pesanan. Ini

mengurangi biaya operasional, meningkatkan ketepatan inventaris, dan memungkinkan pemenuhan pesanan yang lebih cepat.

3. Pengiriman Otomatis:

Dalam pengiriman, drone dan kendaraan otonom telah mulai digunakan untuk mengantarkan paket. Teknologi ini memungkinkan pengiriman yang lebih cepat, efisien, dan murah, terutama di daerah yang sulit dijangkau.

4. Manajemen Persediaan Otomatis:

Perangkat lunak manajemen persediaan otomatis menggunakan algoritma dan analitik data untuk memantau permintaan, memprediksi stok yang diperlukan, dan membuat pesanan secara otomatis. Ini mengurangi risiko overstocking atau out-of-stock dan mengoptimalkan pengelolaan persediaan.

5. Perencanaan Produksi Otomatis:

Dalam industri manufaktur, sistem perencanaan produksi otomatis menggunakan analisis data dan kecerdasan buatan untuk mengatur jadwal produksi, mengidentifikasi penyebab potensial gangguan, dan mengoptimalkan alokasi sumber daya produksi. Ini memungkinkan produksi yang lebih efisien dan kualitas yang lebih baik.

6. Pemantauan Kondisi Produk:

Sensor IoT digunakan dalam rantai pasokan untuk memantau kondisi produk selama transportasi. Ini berarti produk yang rentan terhadap suhu, kelembaban, atau guncangan dapat dipantau secara real-time, mengurangi risiko kerusakan atau pembusukan selama perjalanan.

7. Manajemen Pesanan Otomatis:

Sistem manajemen pesanan otomatis memungkinkan pelanggan untuk memesan produk mereka sendiri secara mandiri melalui platform online. Ini memotong waktu pemrosesan pesanan dan meningkatkan efisiensi.

Manfaat otomatisasi dalam rantai pasokan mencakup peningkatan efisiensi, pengurangan kesalahan manusia, penghematan biaya logistik, peningkatan kecepatan pengiriman, dan pengelolaan inventaris yang lebih efisien. Selain itu, otomatisasi memungkinkan perusahaan untuk lebih responsif terhadap perubahan dalam permintaan pasar dan dapat beradaptasi lebih cepat dengan tren atau perubahan musiman. Semua ini telah mengubah cara barang dan layanan didistribusikan, dengan memberikan keuntungan yang signifikan bagi perusahaan dan pelanggan.

12.5 Transformasi Industri 4.0

Transformasi Industri 4.0 adalah revolusi industri yang menandai perubahan signifikan dalam cara perusahaan dan pabrik beroperasi. Ini adalah era ketika teknologi digital, kecerdasan buatan, robotika, dan otomatisasi mengguncang berbagai industri. Industri 4.0 didorong oleh konsep keterhubungan yang luas, di mana berbagai perangkat, mesin, dan sistem saling berkomunikasi melalui *Internet of Things* (IoT) untuk memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan efisiensi operasional. Kecerdasan buatan digunakan untuk analisis data canggih, memprediksi kegagalan peralatan, dan mengoptimalkan produksi. Produksi menjadi lebih fleksibel, memungkinkan perubahan cepat dalam manufaktur, dan personalisasi produk.

Revolusi industri 4.0, juga dikenal sebagai "sistem cyber fisik," fokus pada otomatisasi dan integrasi teknologi cyber dalam konteks industri. Karakteristik utama dari revolusi ini adalah penyatuan informasi dan komunikasi teknologi dalam sektor industri. Dampak revolusi industri ini telah mengubah berbagai sektor. Di masa lalu, pekerjaan memerlukan tenaga kerja yang signifikan, tetapi sekarang teknologi telah menggantikan banyak peran manusia. Revolusi industri 4.0 telah memperbaiki efisiensi, aksesibilitas, dan mengurangi pemborosan dalam berbagai aspek.

Sebagai contoh, dalam industri makanan, produksi yang sebelumnya memerlukan banyak pekerjaan manusia sekarang dapat ditingkatkan dengan teknologi canggih (Purba et al., 2021).

Industri 4.0 membawa dampak positif dalam hal keberlanjutan lingkungan, dengan upaya penghematan energi dan sumber daya. Namun, transformasi ini juga memunculkan tantangan seperti masalah keamanan siber dan perubahan dalam tuntutan tenaga kerja. Industri 4.0 adalah pendorong perubahan yang berkelanjutan dan akan terus menjadi fokus utama dalam dunia bisnis dan produksi di masa mendatang.

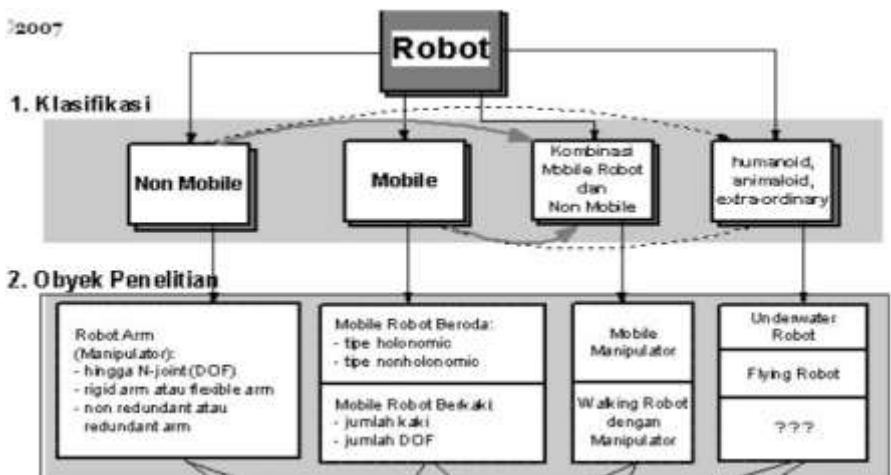
12.6 Masa Depan Robotika dan Automasi

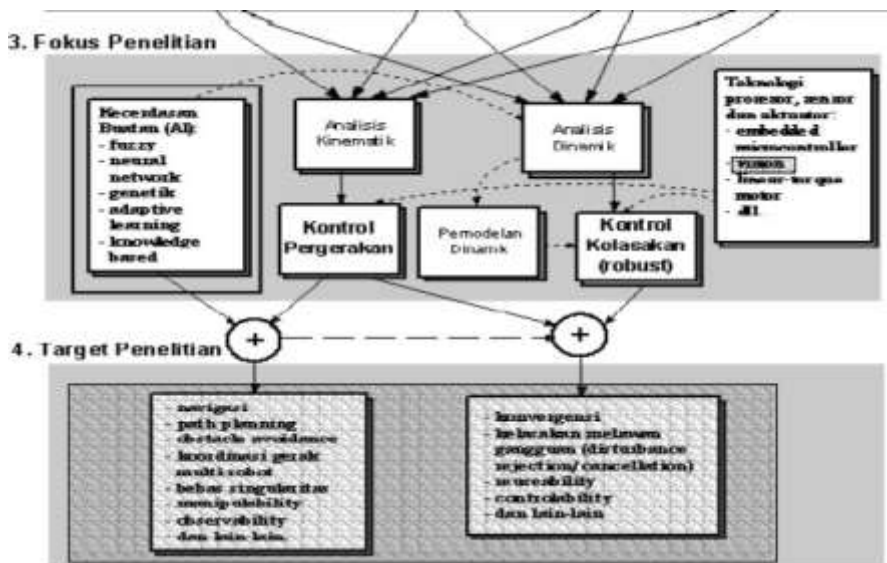
Masa depan robotika dan otomasi menawarkan gambaran yang menarik dan penuh harapan. Terobosan dalam teknologi semakin memungkinkan perkembangan robot yang lebih canggih dan sistem otomasi yang lebih cerdas. Robot akan semakin terlibat dalam berbagai aspek kehidupan kita, baik di industri, layanan kesehatan, transportasi, maupun rumah tangga. Mereka akan menjadi mitra kerja yang lebih kolaboratif dengan manusia, membantu dalam pekerjaan yang berulang, berbahaya, atau memerlukan presisi tinggi.

Di sisi lain, otomasi akan terus mengubah cara industri beroperasi, mengoptimalkan produksi, mengelola rantai pasokan dengan lebih efisien, dan mengurangi biaya. Namun, seiring dengan peluang yang besar, muncul juga tantangan etis dan sosial seperti kekhawatiran akan pelestarian pekerjaan manusia, privasi, dan keamanan siber. Untuk memanfaatkan potensi penuh dari robotika dan otomasi, penting untuk mengembangkan regulasi yang bijaksana dan mempersiapkan tenaga kerja untuk menghadapi perubahan yang akan datang. Masa depan robotika dan otomasi menjanjikan era yang lebih efisien dan terhubung secara global, tetapi juga membutuhkan keseimbangan yang baik antara inovasi teknologi dan dampaknya terhadap masyarakat.

12.7 Penelitian seputar Robotika

Perkembangan riset dalam bidang robotika seringkali tercermin dalam penerapannya di industri atau dalam eksperimen skala laboratorium yang dilakukan oleh kelompok penelitian di berbagai institusi pendidikan dan riset di negara-negara maju. Saat ini, dengan kemudahan akses internet dan berlimpahnya sumber informasi terkini yang tersedia secara terbuka di situs-situs penelitian, mencari informasi mengenai perkembangan terbaru dalam dunia robotika menjadi lebih mudah. Untuk memahami berbagai tema yang bisa menjadi fokus penelitian dalam robotika, Gambar 12.8 memberikan ilustrasi yang menggambarkan hubungan antar komponen atau sub-domain dalam lingkup penelitian robotika. Secara umum, penelitian dalam bidang robotika dapat dimulai dengan memilih tema berdasarkan empat tahap, yaitu klasifikasi, objek penelitian, fokus penelitian, dan target penelitian.





Gambar 12.8 Penelitian seputar robotika
Sumber : (Jaya, 2016)

DAFTAR PUSTAKA

- AliExpress. (n.d.). *16 In 1 Sensor Cocok UNTUK Arduino Raspberry Pi Sensor Modul Kit 16 Jenis Sensor DIY IoT Starter Bersandar Kit Proyek Pengajaran*. AliExpress. Retrieved October 12, 2023, from <https://id.aliexpress.com/item/32853776023.html>
- Dwiyanto, A. 2022. *Tugas Robot Berdasarkan Jenisnya*. November.
- Jaya, H. 2016. *Desin dan Implementasi Sistem Robotika berbasis Mikrokontroler (Pertama)*. Edukasi Mitra Grafika. [http://eprints.unm.ac.id/13087/1/Buku Referensi - Desain dan Implementasi Sistem Robotika Berbasis Mikrokontroller.pdf](http://eprints.unm.ac.id/13087/1/Buku%20Referensi%20-%20Desain%20dan%20Implementasi%20Sistem%20Robotika%20Berbasis%20Mikrokontroler.pdf)
- Purba, N., Yahya, M., & Nurbaiti. 2021. Revolusi Industri 4.0 : Peran Teknologi Dalam Eksistensi Penguasaan Bisnis Dan Implementasinya. *Jurnal Perilaku Dan Strategi Bisnis*, 9(2), 91–98.
- Sakagami, Y., Watanabe, R., Aoyama, C., Matsunaga, S., Higaki, N., & Fujimura, K. 2002. The intelligent ASIMO: System overview and integration. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 3(December), 2478–2483. <https://doi.org/10.1109/irids.2002.1041641>
- Samsul, E. 2017. *Apa itu HMI dalam Sistem Otomasi Industri?* Jago Otomasi. <http://jagootomasi.com/apa-itu-hmi-dalam-sistem-otomasi-industri/>
- Sugiono. 2016. *Teknik Otomasi Industri*.
- Zintan Prihatini, & Sumartiningtyas, H. K. N. 2022. *Layanan Operasi Bedah Robotik Jarak Jauh, Bantu Dokter Rawat Pasien di Daerah*. Kompas.Com. <https://www.kompas.com/sains/read/2022/07/01/163000123/layanan-operasi-bedah-robotik-jarak-jauh-bantu-dokter-rawat-pasien-di>

BAB 13

ETIKA DAN KESELAMATAN KERJA DALAM TEKNIK MESIN

Oleh Nur Fuadah

13.1 Defenisi etika

Dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara, setiap orang menginginkan kondisi yang aman dan tentram. Demi tercapainya kondisi tersebut, maka kita senantiasa menjaga ketertiban dan mematuhi perundang-undangan yang berlaku. Sebagaimana tercantum dalam pasal 27, ayat (2) bahwa tiap-tiap warga negara berhak atas pekerjaan dan penghidupan yang layak bagi kemanusiaan. Dengan kondisi tersebut tidak terlepas dari perilaku kita sebagai warga negara yang senantiasa menjunjung tinggi nilai etika dan kemanusiaan.

Etika mengacu pada "prinsip-prinsip perilaku yang mengatur individu atau kelompok." Keputusan etis juga melibatkan moral yang merupakan standar perilaku yang diterima masyarakat. Menurut Kees Bertens dalam buku berjudul Sejarah Filsafat Yunani (1999), etika adalah nilai-nilai atau norma-norma (moral) yang menjadi pegangan bagi seseorang atau suatu kelompok untuk mengatur tingkah lakunya. Berbeda halnya dengan W. J. S. Poerwadarminta, mendefinisikan etika adalah ilmu tentang tingkah laku atau perbuatan manusia yang dilihat dari sisi baik dan buruknya yang dapat ditentukan oleh akal manusia. Sedangkan menurut Martin, etika adalah suatu disiplin ilmu yang berperan sebagai acuan atau pedoman untuk mengontrol tingkah laku atau perilaku manusia.

Etika memainkan peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, baik ketika bermasyarakat, di lingkungan pekerjaan dan di lingkungan pendidikan. Etika merupakan perwujudan dari disiplin, nilai, integritas, dan kejujuran seseorang saat berada di tengah orang lain yang kemudian akan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Tindakan kita tidak hanya memengaruhi diri kita sendiri tetapi juga orang-orang di sekitar kita. Dalam dunia akademi, etika merupakan salah satu cabang utama dalam filsafat. Etika menjadi disiplin ilmiah khusus di dalam filsafat. Secara keilmuan, etika berada di bawah kedudukan subdisiplin filsafat, yaitu ontologi, aksiologi dan epistemologi. Etika sebagai disiplin ilmiah filsafat mengkaji tentang hakikat dari nilai kebaikan dan moralitas. Sementara itu, di bidang ilmu lainnya, etika merupakan bagian dari disiplin ilmiah populer. Setiap disiplin ilmiah ini mengembangkan etika secara teoretis maupun praktis. Sementara itu, etika juga berperan sebagai pembatas keberpihakan suatu ilmu dalam epistemologi.

Terdapat macam-macam etika, di antaranya sebagai berikut :

1. Etika Umum

Jenis etika yang pertama adalah Etika Umum. Etika umum adalah etika yang berhubungan dengan kondisi dasar etika perilaku manusia. Etika secara umum juga mengacu pada cara orang membuat keputusan etis, teori etika, dan prinsip-prinsip moral dasar yang memandu perilaku manusia.

2. Etika Khusus

Etika khusus adalah bentuk etika yang menerapkan konsep moral standar pada situasi kehidupan tertentu. Etika khusus dapat dibagi menjadi dua jenis:

- a. Etika pribadi, suatu bentuk etika tentang tugas dan sikap manusia terhadap diri sendiri.

- b. Etika Sosial. Suatu bentuk etika yang menitikberatkan pada kewajiban, sikap, dan pola perilaku manusia sebagai anggota masyarakat.
- 3. Etika Deskriptif
Etika deskriptif adalah berbagai kategori yang secara kritis dan rasional mencakup perilaku dan tindakan manusia serta apa yang diinginkan manusia dalam kehidupan sebagai sesuatu yang diyakini layak untuk diterapkan dalam kehidupan.
- 4. Etika Normatif
Jenis etika selanjutnya adalah etika normatif. Etika normatif adalah jenis etika yang berusaha menentukan berbagai perilaku dan pola perilaku baik yang seharusnya dimiliki orang dalam kehidupan sebagai memiliki nilai-nilai moral yang perlu diperhatikan dalam kelompok masyarakat.
- 5. Etika Profesional
Etika profesional adalah jenis etika yang Anda patuhi sebagai karyawan atau anggota profesional suatu perusahaan. Misalnya, wartawan, dokter, pengacara dan lain sebagainya.
Etika semacam ini dapat ditegakkan jika Anda adalah bagian dari lingkungan profesional atau jika Anda dilatih atau di didik untuk bekerja dalam profesi tertentu. Kegagalan untuk mematuhi etika profesional dapat merusak reputasi profesional individu yang tidak mematuhinya.
- 6. Etika Bisnis
Jenis etika yang berikutnya adalah etika bisnis. Etika ini dapat didefinisikan sebagai blueprint prinsip dan nilai yang mengatur keputusan dan tindakan dalam perusahaan. Dalam dunia bisnis, arti budaya organisasi menetapkan

standar untuk memastikan perbedaan antara pengambilan keputusan dan perilaku yang baik dan buruk.

Setelah dijabarkan beberapa macam etika di atas, maka perlu mengetahui tujuan dari etika . Disamping etika bersifat deskriptif sekaligus preskriptif. Deskriptif berarti bahwa etika menyajikan pengamatan tentang karakteristik individu. Sementara, preskriptif berarti bahwa etika bertujuan untuk mengevaluasi tindakan manusia dan memberikan rekomendasi atau persetujuan atas tindakan manusia.

Perilaku etis dimulai dengan kesadaran moral. Apakah orang itu bahkan mengakui bahwa suatu masalah moral ada dalam situasi ini? Seorang manajer dalam suatu perusahaan harus mempengaruhi etika karyawan dengan membudidayakan norma-norma yang tepat seperti kepemimpinan, sistem penghargaan, dan budaya. Dengan memberikan komando dan arahan untuk mengerjakan suatu pekerjaan dengan baik, maka akan direspon positif oleh karyawan sehingga tercipta suasana pekerjaan yang menyenangkan, sebaliknya jika ada sebagian karyawan yang memberikan contoh yang buruk untuk karyawan yang lain, maka perilaku etis diberikan kepadanya seperti memberikan sanksi atau hukuman dengan harapan kita mendisiplinkan karyawan tersebut. Akan tetapi, hukum bukan panduan terbaik tentang apa yang etis karena sesuatu mungkin legal tetapi tidak benar, dan sesuatu mungkin benar tetapi tidak legal. Etika berarti membuat keputusan yang mewakili apa yang Anda perjuangkan bukan hanya apa yang legal. Sehubungan dengan tempat kerja, para ahli umumnya mendefinisikan keadilan organisasi dalam hal keadilan distributif dan keadilan prosedural. Keadilan distributif mengacu pada keadilan hasil keputusan. Keadilan prosedural mengacu pada keadilan dari proses itu sendiri. Meskipun hukum dapat memberikan pedoman untuk perilaku dan tindakan organisasi di masa depan, prosedur etis bergantung pada standar yang kita cita-

ciptakan dalam budaya dan masyarakat kita. Masyarakat tidak bergantung pada etika pengusaha atau rasa keadilan atau moralitas untuk memastikan bahwa mereka melakukan yang benar. Masyarakat juga melembagakan berbagai undang-undang dan prosedur untuk menegakkan kebenaran.

13.2 Keselamatan Kerja

13.2.1 Defenisi keselamatan kerja

Perlindungan tenaga kerja memiliki beberapa aspek dan salah satunya yaitu perlindungan keselamatan, perlindungan tersebut bermaksud agar tenaga kerja secara aman melakukan kerjanya secara aman melakukan kerjanya sehari-hari untuk meningkatkan produktivitas.

Menurut Undang-Undang keselamatan kerja dalam dokumen Binwasnaker Kemenakertrans RI Nomer 1 tahun 1970 secara etimologi mengatakan bahwa keselamatan dan kesehatan kerja adalah memberikan upaya perlindungan agar tenaga kerja dan orang lain di tempat kerja selalu dalam keadaan selamat, sehat dan sumber produksi dapat dipakai atau dioperasikan secara aman dan efisien.

Beberapa defenisi Keselamatan Kerja menurut para ahli, antara lain:

1. Keselamatan kerja dalah perlindungan atas keamanan kerja yang dialami pekerja baik fisik maupun mental dalam lingkungan pekerjaan (Bangun Wilson, 2012)
2. Keselamatan kerja menunjukkan pada kondisi yang aman atau selamat dari penderitaan, kerusakan atau kerugian di tempat kerja (Mangkunegara, 2000)
3. Keselamatan kerja adalah keadaan terhindar dari akan bahaya selama melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja merupakan salah satu faktor yang harus dilakukan selama melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja sangat

bergantung pada jenis, bentuk, dan lingkungan dimana pekerjaan itu dilaksanakan. (Buntarto, 2015).

Keselamatan kerja sangat diperlukan untuk memperoleh hasil pekerjaan yang optimal dan merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan disamping pemenuhan target produksi dan pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan. Ketiga aspek tersebut tidak dapat berdiri sendiri, melainkan suatu kesatuan yang saling terkait dan juga memiliki peran strategis serta tidak dapat terlepas satu dengan lainnya.



Gambar 13.1. Bagan Keselamatan Kerja
(Sumber: [https://pelatihank3kemenaker.com /](https://pelatihank3kemenaker.com/))

13.2.2 Fungsi dan Tujuan keselamatan kerja

Keselamatan kerja memiliki fungsi yaitu

1. Identifikasi dan melakukan penilaian terhadap risiko dari bahaya kesehatan di tempat kerja

2. Memberikan saran terhadap perencanaan, pengorganisasian dan praktek kerja termasuk desain tempat kerja
3. Memberi saran, informasi, pelatihan dan edukasi tentang kesehatan kerja dan APD
4. Melaksanakan surveilans terhadap kesehatan kerja
5. Terlibat dalam proses rehabilitasi
6. Mengelola tindakan P3K dan tindakan darurat
7. Antisipasi, identifikasi dan evaluasi kondisi praktek yang berbahaya
8. Membuat desain pengendalian bahaya, metode, prosedur dan program
9. Menerapkan pengendalian bahaya dan program pengendalian bahaya
10. Mengukur dan memeriksa kembali keefektifan pengendalian bahaya dan program pengendalian bahaya

Adapun tujuan dari keselamatan kerja, antara lain:

1. Melindungi para pekerja dan orang lain di tempat kerja
2. Menjamin agar setiap sumber produksi dapat dipakai secara aman dan efisien
3. Menjamin proses produksi berjalan lancar

13.2.3 Prinsip dan pentingnya keselamatan kerja

Prinsip keselamatan kerja dalam setiap pekerjaan harus dilaksanakan dengan aman dan selamat. Suatu kecelakaan yang terjadi dapat dikarenakan faktor manusia, peralatan dan mesin, metode kerja dan lingkungan. Penyebab kecelakaan ini harus segera ditangani untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja. Hal-hal yang perlu diketahui agar pekerjaan dapat dilakukan dengan aman, antara lain:

Mengenal dan memahami pekerjaan yang akan dilakukan

Mengetahui bahaya-bahaya yang bisa timbul dari pekerjaan yang akan dilakukan

Mampu mengetahui resiko keselamatan yg ditimbulkan

Mangetahui dan melakukan pengendalian resiko sesuai dengan hirarkinya,agar resiko kecelakaan kerja dapat dihindari atau dicegah.

Melakukan komunikasi dan konsultasi kepada semua pekerja terkait resiko atas bahaya yang terjadi, termasuk pengendalian resiko yg ditentukan.

Dengan mengetahui hal tersebut di atas akan tercipta lingkungan kerja yang aman dan tidak akan terjadi kecelakaan, baik yang terjadi pada manusia ataupun peralatan.



Gambar 13.2. Pekerja yang memahami bahaya pekerjaan
(Sumber;<https://safetynet.asia/hazard-report-pelaporan-bahaya-di-tempat-kerja/>)

Keselamatan kerja sangat penting diperhatikan dan dilaksanakan antara lain untuk:

1. Menyelamatkan karyawan dari penderitaan sakit atau cacat, kehilangan waktu, dan kehilangan pemasukan uang.

2. Menyelamatkan keluarga pekerja dari kesedihan atau kesusahan,kehilangan penerimaan uang, dan masa depan yang tidak menentu akibat kecelakaan kerja.
3. Menyelamatkan perusahaan dari kehilangan tenaga kerja, pengeluaran biaya akibat kecelakaan, melatih kembali atau mengganti karyawan, kehilangan waktu akibat kegiatan kerja terhenti, dan menurunnya produksi serta mencegah kerusakan peralatan dan *property damage* ketika terjadi kecelakaan kerja termasuk kebakaran dan ledakan.



Gambar 13.3. Rambu-rambu keselamatan kerja

(Sumber; <https://www.sioforklift.com/rambu-rambu-k3-beserta-penjelasan/>)

Pencegahan terjadinya kecelakaan kerja perlu dilakukan, salah satunya dengan pembinaan keselamatan kerja terhadap karyawan agar dapat meminimalkan/meniadakan keadaan yang berbahaya di tempat kerja. Banyak cara yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk membina keselamatan kerja para karyawannya, baik yang bersifat di dalam ruangan (*in-door safety development*) atau praktik di lapangan (*out-door safety development*). Setiap perusahaan harus memiliki *safety officer* sebagai personil atau bagian yang bertanggung jawab terhadap pembinaan keselamatan kerja karyawan maupun tamu perusahaan. Usaha-usaha yang dapat dilakukan dalam rangka pembinaan keselamatan kerja antara lain:

1. Penyuluhan singkat atau *safety talk*
 - a. Motivasi singkat tentang keselamatan kerja yang umumnya dilakukan setiap mulai kerja atau pada hari-hari tertentu selama 10 menit sebelum bekerja dimulai.
 - b. Pemasangan poster keselamatan kerja
 - c. Pemutaran film atau *slide* tentang keselamatan kerja
2. *Safety committee*
 - a. Mengusahakan terciptanya suasana kerja yang aman.
 - b. Menanamkan rasa kesadaran atau disiplin yang sangat tinggi tentang pentingnya keselamatan kerja
 - c. Pemberian informasi tentang teknik-teknik keselamatan kerja serta peralatan keselamatan kerja.
3. Pendidikan dan pelatihan

Melaksanakan kursus keselamatan kerja baik dengan cara mengirimkan karyawan ke tempat-tempat diklat keselamatan kerja atau mengundang para ahli keselamatan kerja dari luar perusahaan untuk memberikan pelatihan di dalam perusahaan.

13.2.4 Landasan hukum

Landasan hukum penerapan K3 layaknya sebuah program, maka program kesehatan dan keselamatan kerja harus memiliki landasan hukum yang kuat. Ada banyak dasar hukum yang sering menjadi acuan mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja antara lain:

1. Undang-undang dasar 1945 pasal 27 ayat 2 “setiap warga negara berhak atas pekerjaan dan penghidupan”. Pengertiannya adalah bahwa yang dimaksud dengan pekerjaan adalah pekerjaan yang bersifat manusiawi dan memungkinkan tenaga kerja tetap sehat dan selamat sehingga dapat hidup dengan layak sesuai martabat manusia.
2. Undang-undang (uu) no. 1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja undang-undang ini memuat antara lain ruang lingkup pelaksanaan keselamatan kerja, syarat keselamatan kerja, pengawasan, pembinaan tentang kecelakaan, kewajiban dan hak tenaga kerja, kewajiban memasuki tempat kerja, kewajiban pengurus dan ketentuan penutup (ancaman pidana) dan lain-lain.
3. Uu no. 13 tahun 2003 tentang ketenagakerjaan khususnya alinea 5 tentang keselamatan dan kesehatan kerja, pasal 86 dan pasal 87. Pasal 86 ayat 1: setiap pekerja/buruh mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas keselamatan dan kesehatan kerja. Pasal 86 ayat 2: untuk melindungi keselamatan pekerja/buruh guna mewujudkan produktivitas kerja yang optimal diselenggarakan upaya keselamatan dan kesehatan kerja. Pasal 87: setiap perusahaan wajib menerapkan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja yang terintegrasi dengan sistem manajemen perusahaan.
4. Peraturan menteri tenaga kerja Per. No. 05/MEN/1996 tentang sistem manajemen kesehatan dan keselamatan

kerja. Permenakertrans ini adalah landasan pedoman penerapan sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (SMK3), mirip ISO 45001 atau BS 8800 di Inggris. Peraturan pemerintah (pp) no. 50 tahun 2012 tentang penerapan SMK3 bahwa system manajemen keselamatan dan kesehatan kerja adalah kebijakan nasional sebagai pedoman perusahaan untuk penerapan k3 yaitu keselamatan dan kesehatan kerja yang merupakan kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja

13.2.5 Keselamatan kerja dalam Teknik Mesin

Dalam teknik mesin, beberapa komponen perlu diperhatikan demi terciptanya keselamatan kerja. Mengingat bahwa resiko kecelakaan kerja rentan terjadi pada saat pekerja menggunakan mesin-mesin baik mesin industri skala kecil maupun mesin industri skala besar. Komponen tersebut meliputi tenaga kerja, alat, bahan, dan lingkungan.



Gambar 13.4. sirkulasi komponen keselamatan dan kesehatan kerja dalam lingkungan kerja

(Sumber: <https://pelatihank3kemenaker.com/>)

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa seorang pekerja/tenaga kerja menggunakan alat/mesin untuk mengolah dan memproduksi suatu bahan baik setengah jadi maupun bahan jadi dengan tetap memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja, sehingga dapat tercipta lingkungan kerja yang aman dan kondusif.

Dengan mengabaikan ketiga komponen tersebut, maka resiko kecelakaan kerja akan rentan untuk terjadi.

Kecelakaan

Kecelakaan adalah suatu keadaan atau kejadian yang tidak direncanakan, tidak diingini, dan tidak diduga sebelumnya. Kecelakaan dapat terjadi sewaktu-waktu dan mempunyai sifat merugikan terhadap manusia (cedera) maupun peralatan atau mesin (kerusakan) yang mengakibatkan dampak negatif kecelakaan terhadap manusia, peralatan, dan produksi akibatnya kegiatan kerja terhenti secara menyeluruh.

Kecelakaan kerja menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 03/Men/1998 adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki atau tidak diduga semua yang dapat menimbulkan korban manusia dan atau harta benda. Sementara menurut OHSAS 18001:2007 “Kecelakaan kerja didefinisikan sebagai kejadian yang berhubungan dengan pekerjaan yang dapat menyebabkan cedera atau kesakitan (tergantung dari keparahannya), kejadian kematian atau kejadian yang dapat menyebabkan kematian.” Pengertian ini juga digunakan untuk kejadian yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan atau yang berpotensi menyebabkan merusak lingkungan.

Sedangkan menurut Undang – Undang No. 3 Tahun 1992 tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja maka “kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi dalam pekerjaan sejak berangkat dari rumah menuju tempat kerja dan pulang ke rumah melalui jalan yang biasa atau atau wajar dilalui.

Klasifikasi kecelakaan kerja

Menurut *International Labour Organization* (ILO), kecelakaan akibat kerja ini diklasifikasikan berdasarkan 4 macam penggolongan, yakni :

1. Klasifikasi kecelakaan kerja menurut tipe kecelakaan (orang jatuh, tertimpa, terbentur, terjepit, terkena radiasi, tersengat arus listrik, dan lain-lain)
2. Klasifikasi kecelakaan kerja menurut benda (mesin, alat angkat dan sarana angkutan, perancah dan lain-lain)
3. Klasifikasi kecelakaan kerja menurut jenis luka-luka (retak, dislokasi, terkilir, gegar otak, luka dalam, sesak nafas, dan lainlain) Klasifikasi kecelakaan kerja menurut lokasi luka (kepala, leher, badan tangan, tungkai, dan lain-lain)

Klasifikasi-klasifikasi tersebut bersifat jamak karena pada kenyataannya kecelakaan akibat kerja biasanya tidak hanya satu faktor tetapi banyak faktor

Klasifikasi kecelakaan kerja lainnya, adalah:

1. Kecelakaan kerja ringan, yaitu kecelakaan kerja yang perlu pengobatan pada hari itu dan bisa melakukan pekerjaannya kembali atau istirahat < 2 hari. Contoh kecelakaan ringan yaitu : terpeleset, tergores, terkena pecahan beling, terjatuh dan terkilir.
2. Kecelakaan kerja sedang, yaitu kecelakaan kerja yang memerlukan pengobatan dan perlu istirahat selama > 2 hari. Contoh kecelakaan kerja sedang yaitu : terjepit, luka sampai robek, luka bakar.
3. Kecelakaan kerja berat, yaitu kecelakaan kerja yang mengalami amputasi dan kegagalan fungsi tubuh. Contoh kecelakaan kerja berat yaitu : patah tulang.

Penyebab kecelakaan

Setiap kecelakaan selalu ada penyebabnya yang tidak diketahui atau direncanakan sebelumnya. Hasil studi memperlihatkan grafik proporsi penyebab kecelakaan yang disebabkan oleh tindakan karyawan tidak aman (88%), kondisi kerja tidak aman (10%), dan diluar kemampuan manusia (2%). Beberapa penyebab terjadinya kecelakaan, antara lain:

1. Tindakan karyawan yang tidak aman

Dapat ditinjau dari pemberi pekerjaan, yaitu pengawas, *foreman*, *superintendent* atau manager; dan dari karyawannya sendiri.

a. Tanggung jawab pemberi pekerjaan

- 1) Instruksi tidak diberikan
- 2) Instruksi diberikan tidak lengkap
- 3) Alat proteksi diri tidak disediakan
- 4) Pengawas kerja yang bertentangan
- 5) Tidak dilakukan pemeriksaan yang teliti terhadap mesin, peralatan dan pekerjaan

b. Tindakan atau kelakuan karyawan

- 1) Tergesa-gesa atau ingin cepat selesai
- 2) Alat proteksi diri yang tersedia tidak dipakai
- 3) Bekerja sambil bergurau
- 4) Tidak mencurahkan perhatian pada pekerjaan
- 5) Tidak mengindahkan peraturan dan instruksi
- 6) Tidak berpengalaman
- 7) Posisi badan yang salah
- 8) Cara kerja yang tidak benar
- 9) Memakai alat yang tidak tepat dan aman
- 10) Tindakan teman sekerja
- 11) Tidak mengerti instruksi disebabkan kesukaran bahasa yang dipakai pemberi pekerjaan (misalnya Pengawas, Foreman, dan sebagainya)

2. Kondisi kerja yang tidak aman

Dapat ditinjau dari peralatan atau mesin yang bekerja secara tidak aman dan keadaan atau situasi kerja tidak nyaman dan aman.

- a. Peralatan atau benda-benda yang tidak aman, antara lain :
 - 1) Mesin atau peralatan tidak dilindungi
 - 2) Peralatan yang sudah rusak
 - 3) Barang-barang yang rusak dan letaknya tidak teratur
- b. Keadaan tidak aman
 - 1) Lampu penerangan tidak cukup
 - 2) Ventilasi tidak cukup
 - 3) Kebersihan tempat kerja
 - 4) Lantai atau tempat kerja licin
 - 5) Ruang tempat kerja terbatas
 - 6) Bagian-bagian mesin berputar tidak dilindungi

Alat Pelindung Diri (APD) dan Alat Pengaman Kerja (APK)

Demi meminimalkan terjadinya resiko kecelakaan kerja, maka perlu dilakukan perencanaan. Suatu rencana mengantisipasi terjadinya kecelakaan kerja harus ditindak lanjuti dengan penyediaan perlengkapan K3 yang meliputi Alat Pelindung Diri (APD) dan Alat Pengaman Kerja (APK).

Penyusunan kebutuhan perlengkapan K3 dibuat secara lengkap sesuai kondisi kerja, sehingga pada saat akan mulai melaksanakan pekerjaan, perlengkapan K3 tersebut dapat diperiksa dan dipakai atau digunakan sesuai dengan prosedur.

1. Buat daftar kebutuhan APD sesuai dengan kondisi kerja, antara lain:
 - a. Pelindung tubuh (baju kerja/ *protective overall*);
 - b. Pelindung kaki (sepatu keselamatan/*safety shoes*);
 - c. Pelindung kepala (helm keseselamatan/*safety helmet*);

- d. Pelindung mata (kaca mata keselamatan/*safety glasses*);
 - e. Pelindung tangan (sarung tangan/*safety gloves*);
 - f. Pelindung pernafasan (masker/*dust mask*);
 - g. Pelindung telinga (tutup telinga/*ear protection* atau *ear plug*).
2. Buat kebutuhan alat pengaman kerja (APK) sesuai dengan kondisi kerja, antara lain:
- a. Alat pemadam kebakaran ringan (APAR);
 - b. Rambu-rambu kerja;
 - c. Obat P3K.

Beberapa Alat Pelindung Diri, antara lain:

1. Pelindung tubuh (baju kerja/ *protective overall*);
Pelindung tubuh digunakan untuk melindungi terhadap:
- a. Bahan kimia berbahaya
 - b. Oil, grease
 - c. Panas dan dingin
 - d. Perlindungan bahaya jatuh

Type:

- a. *Overall*
- b. *Chemical suits*
- c. *Disposable coverall*



Baju kerja



Baju kerja dan sabuk pengaman dalam pelaksanaan



Baju rompi pengaman



Jas hujan

Gambar 13.5. Pelindung Tubuh

(Sumber: Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)

2. Pelindung kaki (sepatu keselamatan/*safety shoes*)
Alat keselamatan kaki untuk melindungi kaki dari dampak luka tusukan, panas, dingin, basah, lumpur, dan arus listrik.



Sepatu kerja, dengan pengaman besi



Sepatu kerja, dengan pengaman besi

Gambar 13.6 Pelindung kaki

(Sumber: Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)

3. Pelindung kepala (helm keselamatan/*safety helmet*);
Pelindung kepala memiliki standard: ANZI Z89.1, BS 5240 Part 11987, A5801-81, ANSI Z89 1986, DIN 4840, SIRIS.
Digunakan untuk melindungi:
- Kepala
 - Terhadap benturan
 - Benda jatuh
 - Sengatan listrik



Gambar 13.7. Pelindung kepala
(Sumber; Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)

4. Pelindung mata (kaca mata keselamatan/safety glasses)



Gambar 13.8. Pelindung mata

(Sumber: Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)



Gambar 13.9. Helm untuk las dan pelindung pekerja
gerinda

(Sumber: Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)

5. Pelindung tangan (sarung tangan/*safety gloves*)

Sarung tangan untuk melindungi tangan dari bahaya, seperti:terpotong/teriris dan tergores, suhu tinggi dan bahan kimia. Setiap operasi harus dikaji dengan cermat dengan menggunakan sarung tangan yang tepat sesuai tipe operasinya, terutama untuk pekerjaan berbahaya



Gambar 13.10. Pelindung tangan

(Sumber; Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)

6. Pelindung pernafasan (masker/*dust mask*);



Gambar 13.11. Pelindung tangan

(Sumber; Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)

7. Pelindung telinga (tutup telinga/*ear protection* atau *ear plug*).

Paparan pada kebisingan tinggi dapat mengakibatkan rusak permanen pada alat pendengaran (telinga). Tingkat kebisingan (*Noise Level*): Maksimal 85 dB.



Gambar 13.12. Pelindung tangan

(Sumber: Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)

8. Sabuk pengaman



Gambar 13.13. Sabuk Pengaman

(Sumber: Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa, Modul 8)



Gambar 12.14. Cara pemakaian sabuk pengaman
(Sumber: Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa,
Modul 8)

DAFTAR PUSTAKA

- Djarmiko, R. 2016. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Yogyakarta: Deepublish.
- Diklat Pemeliharaan dan Perawatan Rusunawa. Modul 8. 2016. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja-Lingkungan*. Bandung : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Diklat Sistem Manajemen Keselamatan Kesehatan Kerja Konstruksi Tingkat Dasar.. Modul 3. 2016. *Pengetahuan Dasar K3*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Ekasari, K. dan Nurfitriasih, D. M. 2019. *Etika Bisnis*. Malang: Polinema Press. hlm. 3. ISBN 978-623-7408-54-3
<https://stekom.ac.id/artikel/macam-macam-etika>
<https://repository.uin-suska.ac.id>
- Kartiwan, I. dkk. 2010. *Wajah Jasa Konstruksi Indonesia: Tinjauan Keberpihakan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Kuswana, W. 2016. *Ergonomi dan K3: Kesehatan Keselamatan Kerja*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Mangkunegara, A. 2007. *Manajemen Sumber Daya Manusia Perusahaan*. Bandung: Remaja Risdakarya
- Prabowo S, M. N., dan Hasibuan, A. A. 2017. *Pengantar Studi Etika Kontemporer: Teoretis dan Terapan*. Malang: UB Press. hlm. 4. ISBN 978-602-432-412-4
- Ridley, J. 2008. *Ikhtisar Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

BIODATA PENULIS



Ir. Sepriandi Parningotan, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Bina Sarana
Informatika

Penulis lahir di Jakarta tanggal 07 September 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Teknik Industri di Universitas Gunadarma, pendidikan pada jenjang Profesi dengan Jurusan Profesi Insinyur di Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin dengan Konsentrasi Manajemen & Rekayasa Sistem Manufaktur di Universitas Gunadarma. Penulis menekuni bidang Menulis dengan menulis artikel pada Jurnal Nasional maupun Internasional Bereputasi dan Terakreditasi. Dalam dunia praktisi, Penulis dipercaya untuk menjabat sebagai Supply Chain Manager pada Perusahaan Swasta.

BIODATA PENULIS



Dr. Muh. Setiawan Sukardin, ST., MT.

Dosen Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro
Politeknik ATI Makassar

Muh. Setiawan Sukardin lahir di Makassar, pada 28 Mei 1976. Dosen Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro Politeknik ATI Makassar Kementerian Perindustrian sejak tahun 2001. Pendidikan S1, S2, S3 di Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Ketua Komite Skema Sertifikasi Kompetensi Lembaga Sertifikasi Profesi Teknik Industri Politeknik ATI Makassar (2013-sekarang). Asesor Kompetensi BNSP (2013-sekarang). Ketua Asosiasi Pengelasan Indonesia API-IWS Sulawesi Selatan (2016-sekarang). email : setiawan_mkz@yahoo.co.id

BIODATA PENULIS



Yanti, S.Pd., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Fajar, Makassar

Lahir di Makassar, 26 April. Menyelesaikan studi pada tahun 2007 pada program studi Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Makassar (UNM) lalu melanjutkan studi pada program studi Teknik Mesin di Universitas Hasanuddun (UNHAS) pada tahun 2008. Saat ini bertugas sebagai Dosen sejak tahun 2012 dan pernah menjadi ketua program studi dari tahun 2019 sampai 2023 pada program studi Teknik Mesin Universitas Fajar (UNIFA). Aktif dalam berbagai kegiatan penelitian dan pengabdian.

E-mail: yanti@unifa.ac.id

BIODATA PENULIS



Cahyo Wibowo

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Mpu Tantular Jakarta

Cahyo Wibowo, putra dari Alm. Bapak Suratno dan Ibu Sutarni terlahir di Wonogiri, 14 September 1972, Sejak lulus jurusan Teknik mesin program pasca sarjana Universitas Pancasila pada Tahun 2018. Kini penulis sedang bekerja di perusahaan swasta bidang engineering sektor energi yaitu *compressed natural gas* dan bekerja paruh waktu juga sebagai dosen tetap program studi Teknik mesin di Universitas Mpu tantular Jakarta. Kini kesibukan penulis ialah lebih menghabiskan waktu untuk bekerja di bidang engineering di perusahaan yang saat ini bekerja serta mengajar dan menulis. Karya-karya yang telah dibuat dimuat di media *online*, jurnal nasional, jurnal internasional dan jurnal nasional bereputasi. Penulis juga aktif mengembangkan mesin-mesin dan peralatan yang digunakan dalam bisnis *compressed natural gas*. Pada beberapa kesempatan penulis melakukan penelitian sesuai bidangnya dan beberapa telah dijumpikan selain itu sebagai bagian dari masyarakat di lingkungan tempat tinggalnya penulis juga pengabdian kepada masyarakat.

BIODATA PENULIS



Iman Pradana A. Assagaf, S.T., M.Eng

Dosen Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Ternate tanggal 11 Oktober 1993 Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang Menulis pada bidang teknik mesin khususnya pengelasan.

BIODATA PENULIS



Masbin Dahlan, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Parepare tanggal 30 Juni 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro Politeknik ATI Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menekuni bidang Teknik manufaktur, Teknik Konversi Energi dan bidang Teknik Mesin lainnya.

Sejak tahun 2020, penulis menjadi dosen tetap di Politeknik ATI Makassar Prodi Teknik Manufaktur Industri Agro. Penulis mengampu mata kuliah proses pemesinan, proses manufaktur, gambar teknik, dan matakuliah lainnya dengan bidang Teknik manufaktur. Penulis juga merupakan Kepala laboratorium Gambar dan perencanaan di Prodi Teknik Manufaktur Industri Agro.

Penulis aktif dalam beberapa organisasi seperti IASPRO, Asosiasi Pengelasan Indonesia, dan sampai saat ini penulis masih aktif sebagai Asesor LSP Politeknik ATI Makassar untuk bidang

Teknik mesin. Penulis juga aktif dalam menulis paper ilmiah dalam bidang Teknik mesin.

BIODATA PENULIS



Muh. Nurul Haq Amaluddin, S.Pd., M.Pd.

Dosen Program Studi Manufaktur Industri Agro
Politeknik ATI Makassar

Muh. Nurul Haq Amaluddin, S.Pd., MT adalah seorang dosen yang lahir pada 26 Oktober 1990 di Ujung Pandang. Beliau saat ini mengajar di Politeknik ATI Makassar, mengampu beragam mata kuliah dalam bidang permesinan dan teknologi manufaktur. Dengan latar belakang pendidikan yang kuat, beliau meraih gelar S-1 di Pendidikan Teknik Otomotif dari Universitas Negeri Makassar dan S-2 di Teknik Mesin dari Universitas Hasanuddin. Dalam perjalanan pendidikan, beliau menyelesaikan tesisnya yang berjudul "Kaji Komputasi Karakteristik Aerodinamika Pada Desain Bodi Kendaraan Multifungsi Tipe Mini Car." Selama lima tahun terakhir, telah aktif dalam penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, mengerjakan beberapa project seperti modifikasi rancangan bracket caliper untuk pengereman sepeda motor dan rancang bangun alat bantu produksi pada mesin CNC milling. Penulis menekuni bidang menulis. Selain itu, beliau juga telah membagikan pengetahuannya melalui penulisan artikel ilmiah dan penyampaian makalah dalam seminar ilmiah.

BIODATA PENULIS



Enni sulfiana ST.,MT

Dosen Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Wajo tanggal 03 April 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro Politeknik ATI Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Penulis menekuni bidang Material Teknik. Penulis merupakan asesor kompetensi BNSP di bidang perawatan dan reparasi peralatan mekanik di LSP Politeknik ATI Makassar .

BIODATA PENULIS

Ir. Wenny Marthiana, M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta

Penulis lahir di Palembang tanggal 29 Maret 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin dan Melanjutkan Pendidikan S2 pada Jurusan Teknik Mesin.

BIODATA PENULIS



Fatkur Rachmanu, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur
Politeknik Enjinereng Indorama

Penulis lahir di Cimahi 14 Nopember 1970. Penulis adalah pengajar pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Enjinereng Indorama dari tahun 2014 hingga sekarang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Trisakti Jakarta tahun 1996 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Pancasila Jakarta lulus tahun 2010. Penulis menekuni bidang CAD-CAE (FEA & CFD) dan Pemeliharaan Mesin Berputar. Penulis aktif pada penulisan jurnal penelitian dan studi lapangan/praktis yang berkaitan dengan bidang tersebut.

Sebelum mengajar sebagai dosen, penulis pernah bekerja di beberapa perusahaan PMDN dan PMA dari tahun 1996 di bidang penyedia pompa Industri, katup, instrumentasi hingga bengkel pemeliharaan mesin berputar dari tahun 2007-2012, bengkel perbaikan alat berat tahun 2012-2013. Penulis juga aktif dalam Ikatan Alumni Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila.

BIODATA PENULIS



Fahmy Rinanda Saputri, S.T., M.Eng.

Dosen Program Studi Teknik Fisika
Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia
Nusantara

Penulis lahir pada bulan Agustus 1993 di Cilacap. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada dan melanjutkan studi pada Program Magister Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang instrumentasi, fisika bangunan, dan energi baru terbarukan.

BIODATA PENULIS



Nur Fuadah, S.T.,M.T

Dosen Tetap Prodi teknik Mesin, Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Pangkajene tanggal 3 Desember 1980. Penulis adalah Dosen Tetap Prodi teknik Mesin, Universitas Negeri Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin.

Buku ini membahas tentang Etika dan Keselamatan Kerja yang didalamnya memberikan pengetahuan terkait bagaimana seseorang bersikap dan berperilaku dalam lingkungan kerja yang membutuhkan kehati-hatian agar terhindar dari kecelakaan kerja, dengan selalu mengutamakan keselamatan kerja.