

PROSES PRODUKSI MANUFAKTUR



PENULIS :

**Fathan Mubina Dewadi
Cahyo Wibowo
Karyadi
Dodi Mulyadi
Masbin Dahlan
Rizki Aulia Nanda**

ISBN 978-623-198-647-4



9 786231 986474

PROSES PRODUKSI MANUFAKTUR

**Fathan Mubina Dewadi
Cahyo Wibowo
Karyadi
Dodi Mulyadi
Masbin Dahlan
Rizki Aulia Nanda**



GET PRESS INDONESIA

PROSES PRODUKSI MANUFAKTUR

Penulis :

Fathan Mubina Dewadi
Cahyo Wibowo
Karyadi
Dodi Mulyadi
Masbin Dahlan
Rizki Aulia Nanda

ISBN : 978-623-198-647-4

Editor : Diana Purnama Sari,. S.E M.E

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, 29 Agustus 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 kehadiran 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 Proses Produksi Manufaktur ini.

Buku ini membahas Keselamatan Kerja Mesin, Pengeboran Material, Rencana Pengoperasian Kerja, Gergaji Pemotong, Perhitungan Putaran Spindel, Pembuatan Kontur Miring.

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, 29 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 KESELAMATAN KERJA MESIN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Pentingnya Keselamatan Kerja Mesin	2
1.3 Pentingnya Keselamatan Kerja Mesin	4
1.4 Soal-Soal Latihan.....	5
DAFTAR PUSTAKA.....	7
BAB 2 PENGEBORAN MATERIAL.....	15
2.1 Pendahuluan	15
2.2 Pengertian Pengeboran	16
2.3 Material yang dapat dibor	18
2.4 Jenis Mesin Bor	18
2.4.1 Mesin Bor Manual	20
2.4.2 Mesin Bor Listrik	23
2.4.3 Mesin Bor Duduk (<i>Bench Drilling Machine</i>)	24
2.4.4 Mesin Bor Multi Spindel.....	26
2.4.5 Mesin Bor Radial.....	28
2.4.6 Mesin bor berpengerak udara bertekanan (<i>compressed air</i>).....	35
2.4.7 <i>Deep Hole Drilling Machine</i>	36
2.4.8 Mesin Bubut (<i>turning machine</i>).....	38
2.4.9 Mesin milling (mesin frais).....	43
2.4.10 Drill bit material.....	45
2.4.11 Type mata bor	45
2.5 Proses Pengasahan Mata Bor	48
2.6 Sudut Potong Mata Bor	54
2.7 Kecepatan potong pengeboran	55
2.8 Cara mengoperasikan mesin bor	60
2.8.1 Langkah Pesiapan.....	60

2.8.2 Langkah Pengeboran.....	62
2.9 Kesimpulan.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
BAB 3 RENCANA PENGOPERASIAN KERJA.....	69
3.1 Pengertian Perencanaan.....	69
3.2 Faktor-faktor Perencanaan.....	70
3.2.1 Faktor SDM.....	70
3.2.2 Faktor Lingkungan	71
3.2.3 Faktor Pendukung Pengoperasian	72
3.3 Rencana Pengoperasian Kerja.....	72
3.3.1 Konsep Manajemen Operasional.....	73
3.3.2 Proses Pengambilan Keputusan	73
3.3.3 Produktivitas.....	74
3.4 Desain Produk Dan Proses.....	74
3.4.1 Desain Produk	74
3.4.2 Strategi Proses.....	74
3.5 Pengendalian Persediaan	75
3.6 <i>Aggregate Planning</i> Dan Pola Produksi	76
3.6.1 Pengertian <i>Aggregate Planning</i>	76
3.6.2 Strategi dalam Perencanaan	76
3.6.3 Pola Produksi	76
3.7 Material Requirement Planning	77
3.7.1 Karakteristik Dasar Sistem MRP.....	78
3.7.2 Proses Perhitungan MRP	79
3.8 Pemeliharaan Dan Kebijakan Penggantian Mesin ..	80
3.8.1 Pemeliharaan dan Reliabilitas	80
3.8.2 Macam-Macam Pemeliharaan.....	81
3.8.3 Alasan Penggantian Mesin.....	82
3.8.4 Metode Pemilihan dan Penggantian Mesin	83
DAFTAR PUSTAKA	84
BAB 4 GERGAJI PEMOTONG.....	87
4.1 Pendahuluan	87
4.2 Bilah Gergaji.....	87
4.3 Mesin Gergaji.....	91

4.3.1 Mesin Gergaji Bolak-balik (<i>Power Hacksaws</i>)...	91
4.3.2 Mesin Gergaji Pita	92
4.3.3 Mesin Gergaji Bundar	101
4.4 Metal-Slitting Saws	102
DAFTAR PUSTAKA.....	107
BAB 5 PERHITUNGAN PUTARAN SPINDEL	109
5.1 Pengertian dan fungsi spindel	109
5.2 Putaran spindel.....	109
5.3 Menghitung kecepatan putaran spindel	109
5.3.1 Menghitung putaran spindel mesin bubut.....	110
5.3.2 Menghitung putaran spindel mesin frais	113
5.4 Contoh soal	118
DAFTAR PUSTAKA.....	120
BAB 6 PEMBUATAN KONTUR MIRING	121
6.1 Pendahuluan	121
6.2 Gaya Pada Kontur Miring.....	122
6.2.1 Gaya Gesek Statis	123
6.2.2 Gaya Gesek Dinamis	123
6.2.2 Gaya Gesek Kontur Miring	123
6.3 Perancangan Kontur Miring	125
6.3.1 Penentuan Sudut.....	125
6.3.2 Pengaruh Sudut Terhadap Ketebalan Material	127
6.4 Proses Produksi Pada Bidang Miring.....	128
6.4.1 Proses Pemotongan Bidang Miring	129
6.4.2 Proses Penyambungan Bidang Miring	131
6.4.3 <i>Assembly</i> Bidang Miring	134
6.5 Analisa Hasil Produksi Pada Bidang Miring.....	134
6.5.1 Analisa Simulasi Software	134
6.4.2 Analisa Eksperimental	135
DAFTAR PUSTAKA.....	137
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses pengeboran material.....	15
Gambar 2.2. Proses pengeboran dengan mesin bor radial pada tahun awal abad 20.....	17
Gambar 2.3. Geram hasil pengeboran material	18
Gambar 2.4. Bagian-bagian <i>drill chuck</i>	19
Gambar 2.5. <i>Drill chuck</i> (penjepit mata bor menggunakan kunci) (a) dan <i>keyless</i> (tanpa kunci) (b)	20
Gambar 2.6. Bor tangan / <i>hand drill</i> dioperasikan menggunakan roda gigi yang diputar menggunakan tangan	21
Gambar 2.7. Bagian-bagian bor tangan.....	21
Gambar 2.8. Bor Tangan jenis engkol	22
Gambar 2.9. Cara mengoperasikan mesin bor tangan jenis engkol.....	22
Gambar 2.10. Bagian-bagian mesin bor tangan jenis engkol.....	23
Gambar 2.11. Mesin bor tangan listrik 220 VAC	23
Gambar 2.12. Mesin bor tangan bertenaga <i>batter</i> 12 VDC (<i>portable drilling machine</i>).....	24
Gambar 2.13. Bagian-bagian <i>portable drilling</i> <i>machine</i>	24
Gambar 2.14. Mesin bor duduk (<i>bench drilling</i> <i>machine</i>).....	25
Gambar 2.15. Bagian-bagian mesin bor meja (<i>bench</i> <i>drilling machine</i>).....	25
Gambar 2.16. Mesin bor <i>multi spindel</i>	26
Gambar 2.17. Mesin bor multi spindel horizontal dengan <i>feeding pneumatic/hydraulic</i>	27
Gambar 2.18. Mesin bor multi spindel dengan pengaturan sudut kemiringan pengeboran.....	27

Gambar 2.19. Penggunaan mesin bor radial	28
Gambar 2.20. Bagian-bagian mesin bor radial	221
Gambar 2.22. Mesin radial modern.....	31
Gambar 2.23. Radial drilling machine digunakan untuk membuat lobang minyak pelumas pada <i>crankshaft</i>	32
Gambar 2.24. <i>Radial drilling mesin</i> digunakan untuk mengebor	32
Gambar 2.25. Mesin bor radial dengan posisi pengaturan sepindel mata bor miring.....	33
Gambar 2.26. Mesin milling digunakan untuk mengebor material.....	33
Gambar 2.27. Mata bor terpasang pada mesin milling.....	34
Gambar 2.28. Pengeboran dengan mesin milling	34
Gambar 2.29. Mesin bor berpengerak udara bertekanan	35
Gambar 2.30. Mesin bor magnet untuk pengeboran material tidak bisa dibor dengan mesin bor biasa dan mesin bor statis	35
Gambar 2.31. Gun drilling machine Honge, WR-120 X 3000.....	36
Gambar 2.32. Laras senapan	37
Gambar 2.33. Gerakan benda kerja dan gerakan mata bor	37
Gambar 2.34. Mata bor <i>deep hole drilling machine</i>	38
Gambar 2.35. Ilustrasi fungsi mesin bubut.....	336
Gambar 2.37. Persiapan pengeboran pada bidang yang tidak simetris, material dicekam pada cekam	440
Gambar 2.38. Mesin bubut.....	41
Gambar 2.39. Bagian-bagian mesin bubut.....	41
Gambar 2.40. Jenis <i>chuck</i> atau penjepit mata bor pada mesin bubut.....	42

Gambar 2.41. Pemasangan mata bor pada mesin bubut menggunakan arbor	42
Gambar 2.42. Pengeboran benda kerja dengan mesin bubut.....	42
Gambar 2.43. Posisi mata bor yang dijepit menggunakan <i>drill chuck</i> terpasang pada <i>tailstock</i>	43
Gambar 2.44. Bagian-bagian dari mata bor	44
Gambar 2.45. Mata bor hole saw, untuk membuat lobang yang lebih besar.	44
Gambar 2.46. Taper shank drill	45
Gambar 2.47. Mata bor core drill dan mesin bor	46
Gambar 2.48. <i>3-Flute Solid Carbide Drills with Internal Coolant Channels</i>	47
Gambar 2.49. Pistol grip dengan mata bor	47
Gambar 2.50. Microdrill berbahan tungsten carbide.	48
Gambar 2.51. Dudukan mata bor pada mesin gerenda duduk untuk mempermudah menentukan kemiringan sudut asah (<i>drill bit guide</i>)	452
Gambar 2.53. Twist Drill Bit Sharpening Jig	454
Gambar 2.55. Posisi mata bor terhadap batu gerinda	50
Gambar 2.56. Pengukuran sisi potong mata bor.....	50
Gambar 2.57. Cara Mengukur sudut hasil pemotongan	51
Gambar 2.58. Posisi mata bor dan benda kerja saat dibor dalam potongan	51
Gambar 2.59. Proses penjepitan benda kerja menggunakan klem meja mesin	52
Gambar 2.60. Mata bor berkepala tirus (<i>tapper shank drill</i>) untuk diameter besar	52

Gambar 2.61. <i>Step drill bit</i> atau mata bor bertingkat untuk membuat lobang dengan diameter bervariasi dengan satu mata bor	52
Gambar 2.62. Mata bor untuk material kayu dan sejenisnya	53
Gambar 2.63. Countersink drill	53
Gambar 2.64. Mata bor set	53
Gambar 2.65. Sudut mata bor disesuaikan dengan tingkat kekerasan material yang akan dibor	54
Gambar 2.66. Sudut mata bor setelah diasah	54
Gambar 2.67. Penggunaan alat kelengkapan keselamatan kerja	60
Gambar 2.68. Menggunakan Apron, Helem, Sarung Tangan dan Kaca mata.	61
Gambar 2.69. Memasang matabor harus menggunakan kunci, memasang mata bor tidak menggunakan alat yang sesuai adalah tindakan tidak aman	62
Gambar 2.70. Jangan mengebor benda kerja tapi alat penjepit	63
Gambar 2.71. Jenis penjepit / ragum / catok dan teknik menjepit benda kerja yang dapat digunakan pada mesin bor	64
Gambar 2.72. Teknik menjepit benda kerja menggunakan tang jepit (<i>vice grip</i>)	64
Gambar 2.73. Teknik menjepit benda kerja dengan klem “C”	65
Gambar 2.74. Instalasi mesin bor dengan pengaman tombol darurat berada di lantai.	65
Gambar 2.75. CNC Multi spindle.....	66
Gambar 3.1. Skema Perencanaan	676
Gambar 3.2. Sumber Daya Manusia	70

Gambar 3.3. Mesin pendukung proses produksi	72
Gambar 3.4. Skema pengambilan keputusan	73
Gambar 3.5. Grafik pola produksi	77
Gambar 3.6. MRP.....	78
Gambar 3.7. Grafik biaya pemeliharaan	82
Gambar 4.1. Bentuk Gigi Gergaji	88
Gambar 4.2. Set Gigi Gergaji	877
Gambar 4.3. Ilustrasi <i>Power Hacksaws</i>	781
Gambar 4.4. Ilustrasi Gergaji Pita Vertikal	793
Gambar 4.5. Jenis Gigi pada Gergaji Pita	805
Gambar 4.6. <i>Pitch</i> Gigi yang Benar dan Salah	816
Gambar 4.7. Ilustrasi Mesin Gergaji Bundar	102
Gambar 4.8. Ilustrasi Proses <i>Slitting</i>	103
Gambar 4.9. Ilustrasi Proses <i>Slitting</i> dengan Ragum.....	104
Gambar 4.10. Rekomendasi Arah Gerak Gergaji dan Benda Kerja untuk Hasil Potong Terbaik	105
Gambar 4.11. Ilustrasi Proses <i>Slotting</i> Kepala Baut	106
Gambar 6.1. Kontur miring sebagai tumpuan.....	121
Gambar 6.2. Gaya Gesek	122
Gambar 6.3. Gaya Gesek pada kontur miring.....	124
Gambar 6.4. Perancangan sudut.....	125
Gambar 6.5. Sketsa sudut tegak lurus.....	126
Gambar 6.6. Penetapan sudut.....	126
Gambar 6.7. Penetapan sudut 45°	127
Gambar 6.8. Perubahan sudut 45°	128
Gambar 6.9. Posisi 0° downhand	1282
Gambar 6.10. Posisi 45° Downhand	130
Gambar 6.11. Posisi 90° Vertikal	130
Gambar 6.12. Posisi 135° Overhand.....	131
Gambar 6.13. Posisi 180° Overhand.....	131
Gambar 6.14. Pengelasan Kontur Miring	132
Gambar 6.15. Sambungan baut pada kontur miring	133

Gambar 6.16. Sambungan paku keling pada	
bidan miring.....	133
Gambar 6.15. Analisis Software	135

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sudut kemiringan mata bor sesuai dengan aplikasi	55
Tabel 2.3. <i>Drilling feeds</i> (kecepatan pengeboran)	55
Tabel 2.4. Kecepatan pemotongan pada mesin bor kecepatan tinggi.....	56
Tabel 2.5. Tabel kecepatan pemotongan dan pemakanan untuk material plastic.	56
Tabel 2.6. Minyak pelumas untuk proses pengeboran, pembesaran dan pembuatan lobang ulir	57
Tabel 2.7. Ukuran mata bor dsalam pembuatan lobang ulir matrik.	57
Tabel 4.1. Ukuran Berbagai Jenis Gergaji	830
Tabel 4.2. Pemilihan Lebar Gergaji.....	847
Tabel 4.3. Rekomendasi Kecepatan Potong	858
Tabel 4.4. Rekomendasi Penyelesaian Masalah	8687

BAB 1

KESELAMATAN KERJA MESIN

Oleh Fathan Mubina Dewadi

1.1 Pendahuluan

Mesin-mesin merupakan alat yang sangat berperan dalam berbagai sektor industri, namun penggunaan yang tidak benar atau kurangnya kesadaran terhadap bahaya yang mungkin terjadi dapat menyebabkan kecelakaan serius atau bahkan berakibat fatal (Nanda, Supriyanto, *et al.*, 2023a).

Keselamatan kerja mesin mencakup berbagai aspek, termasuk pemahaman tentang mesin yang digunakan, penggunaan alat pelindung diri (PPE) yang tepat, penerapan prosedur keselamatan seperti *Lockout-Tagout*, dan pemeliharaan mesin secara rutin (Dewadi, Nanda, *et al.*, 2023).

Faktor keselamatan kerja mesin juga mencakup lingkungan kerja, seperti pencahayaan yang memadai dan kebersihan area kerja (Mubina & Amir, 2022). Operator mesin harus menggunakan PPE yang sesuai untuk melindungi diri dari bahaya yang mungkin terjadi (Nanda, Karyadi, *et al.*, 2023). Contoh PPE termasuk helm, kacamata pelindung, sarung tangan tahan luka, sepatu keselamatan, alat pelindung pernafasan, dan lain-lain (Dewadi, 2021d). Dengan menggunakan *Lockout-Tagout*, pasokan energi dari mesin diputuskan dan diberi tanda peringatan agar tidak dihidupkan kembali secara tidak sengaja (Kusmiwardhana *et al.*, 2023).

Mesin harus diperiksa dan dirawat secara teratur untuk memastikan keamanan dan kinerja optimal (Dewadi, 2023e). Perawatan rutin termasuk pemeriksaan bagian-bagian mesin, pelumasan, dan penggantian komponen yang aus atau rusak (Nanda & Dewadi, 2023a).

Setiap mesin harus dianalisis untuk mengidentifikasi potensi bahaya, seperti bagian bergerak, suhu tinggi, bahan berbahaya, dan lainnya (Dewadi, Kiswanto, *et al.*, 2022). Tindakan pencegahan harus diambil untuk mengurangi risiko kecelakaan (Muhammad *et al.*, n.d.).

Semua pekerja yang berinteraksi dengan mesin harus mendapatkan pelatihan yang memadai tentang penggunaan mesin dan keselamatan kerja yang terkait (Dewadi, 2021c). Kesadaran akan bahaya dan pentingnya keselamatan kerja harus ditanamkan dalam budaya kerja (Dewadi, Bachtiar, *et al.*, 2023).

Dengan mengutamakan keselamatan kerja mesin, perusahaan dapat mengurangi risiko kecelakaan, cedera, dan kerugian yang mungkin terjadi (Lawi *et al.*, 2023). Prioritas pada keselamatan ini juga mencerminkan komitmen perusahaan dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif bagi seluruh karyawan (Dewadi, 2023d).

1.2 Pentingnya Keselamatan Kerja Mesin

Pentingnya keselamatan kerja mesin tidak dapat diabaikan, karena memiliki dampak yang besar terhadap kesehatan dan keselamatan para pekerja, produktivitas perusahaan, dan reputasi organisasi (Dewadi, 2022). Mesin industri memiliki potensi bahaya yang tinggi, seperti gerakan berputar, benda tajam, suhu tinggi, dan potensi pelepasan energi yang tidak terkendali (Dewadi, 2023c).

Jika tidak dilakukan dengan benar, penggunaan mesin dapat menyebabkan kecelakaan serius, luka, atau bahkan kematian bagi pekerja (Dewadi, 2023a). Dalam jangka panjang, paparan berulang terhadap bahaya dari mesin dapat menyebabkan cedera fisik atau masalah kesehatan lainnya (Dewadi, n.d.).

Penggunaan alat pelindung diri yang tepat dan penerapan prosedur keselamatan membantu melindungi kesehatan para pekerja (Dewadi, Lillahulhaq, *et al.*, 2023). Kecelakaan atau cedera pada pekerja dapat mengganggu kelancaran proses produksi dan mengakibatkan penurunan produktivitas (Santosa *et al.*, 2022).

Dengan adanya keselamatan kerja yang baik, potensi gangguan produksi akibat kecelakaan dapat diminimalisasi (Dewadi & Ma'arof, 2022). Perusahaan yang memiliki rekam jejak buruk dalam keselamatan kerja dapat mengalami dampak negatif pada reputasi (Nanda & Dewadi, 2023b).

Sebaliknya, perusahaan yang menunjukkan komitmen pada keselamatan kerja akan lebih dipercaya dan dihormati oleh karyawan, klien, dan masyarakat (S. H. Wibowo *et al.*, 2023). Banyak negara memiliki peraturan dan standar keselamatan kerja yang ketat (C. Wibowo, Surbakti, *et al.*, 2022). Melanggar aturan ini dapat mengakibatkan sanksi hukum, denda, atau pembatasan operasional (Dewadi, Maryadi, *et al.*, 2022). Dengan menjaga keselamatan kerja mesin, perusahaan dapat memastikan kepatuhan terhadap hukum dan peraturan yang berlaku (Mulyadi *et al.*, 2023). Cedera atau kecelakaan kerja dapat menyebabkan biaya tambahan bagi perusahaan, seperti biaya perawatan medis, klaim asuransi, dan penggantian pekerja (Setiawan & Dewadi, 2022).

Investasi pada keselamatan kerja sebenarnya dapat mengurangi biaya jangka panjang yang terkait dengan kecelakaan (Nanda, Supriyanto, Dewadi, *et al.*, 2022). Ketika pekerja merasa aman dan dihargai oleh perusahaan karena keselamatan kerja, ini dapat meningkatkan moril dan motivasi mereka (Dewadi, 2021b). Pekerja yang merasa dihargai cenderung lebih berdedikasi dan produktif (Suhara, Dewadi, & Hamdani, 2023). Keselamatan kerja mesin merupakan tanggung jawab bersama antara manajemen dan pekerja (Fathan *et al.*, 2022). Dengan menyediakan pelatihan,

memastikan kepatuhan pada prosedur keselamatan, dan mengutamakan kesehatan dan keselamatan pekerja, perusahaan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan produktif bagi semua orang yang terlibat dalam proses produksi (Nanda, Karyadi, & Dewadi, 2022).

1.3 Pentingnya Keselamatan Kerja Mesin

Keselamatan kerja mesin merupakan hal yang sangat penting dan tak dapat diabaikan di lingkungan kerja industri (Ma'arof *et al.*, n.d.). Mesin industri memiliki potensi bahaya yang tinggi, seperti gerakan berputar, bagian yang tajam, suhu tinggi, dan energi mekanis atau listrik yang kuat (Dewadi *et al.*, 2019).

Jika tidak dikelola dengan benar, penggunaan mesin dapat menyebabkan kecelakaan serius, luka, atau bahkan berakibat fatal bagi pekerja (Asari *et al.*, 2016). Paparan berulang terhadap bahaya dari mesin dapat menyebabkan cedera fisik atau masalah kesehatan jangka panjang (Nanda, Supriyanto, *et al.*, 2023b). Penggunaan alat pelindung diri yang tepat dan penerapan prosedur keselamatan membantu melindungi kesehatan para pekerja dari risiko cedera atau penyakit akibat lingkungan kerja yang berbahaya (Dewadi, Amir, *et al.*, 2022).

Ketika pekerja merasa aman dan yakin bahwa lingkungan kerja mereka aman, mereka cenderung lebih fokus dan produktif dalam tugas mereka (C. Wibowo, Dewadi, *et al.*, 2021). Ketika mesin bekerja dengan baik dan dioperasikan dengan benar, efisiensi produksi meningkat dan jadwal produksi dapat terpenuhi dengan lebih baik (Abbas *et al.*, 2021).

Perusahaan yang memiliki catatan buruk dalam keselamatan kerja dapat mengalami dampak negatif pada citra dan reputasinya (C. Wibowo, Setiawan, *et al.*, 2021). Sebaliknya,

perusahaan yang menunjukkan komitmen yang kuat pada keselamatan kerja akan dianggap sebagai tempat kerja yang lebih aman dan bertanggung jawab (Dimyati et al., 2021).

Keselamatan kerja mesin adalah persyaratan hukum dalam banyak negara (Dewadi, 2023f). Perusahaan wajib mematuhi undang-undang dan peraturan terkait keselamatan kerja untuk melindungi pekerja dan mencegah sanksi hukum yang mungkin timbul karena pelanggaran (Dewadi & Sigalingging, 2021).

Kecelakaan kerja dapat menyebabkan biaya tambahan bagi perusahaan, seperti biaya perawatan medis, penggantian pekerja, dan kerugian karena penurunan produktivitas atau jadwal produksi yang terganggu (Dewadi, Jati, *et al.*, 2023).

Dengan menjaga keselamatan kerja mesin, perusahaan dapat mengurangi biaya dan waktu yang terbuang akibat kecelakaan (Dewadi, 2016). Ketika keselamatan kerja diutamakan, lingkungan kerja menjadi lebih positif dan ramah bagi pekerja (Dewadi & Ma'arof, 2022).

Pekerja merasa dihargai dan dihormati, yang dapat meningkatkan motivasi dan kepuasan kerja secara keseluruhan (C. Wibowo, Sukarno, *et al.*, 2022). Dengan mengutamakan keselamatan kerja mesin, perusahaan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, produktif, dan sehat bagi seluruh karyawan (Dewadi *et al.*, 2021). Karyawan yang merasa dihargai dan dilindungi akan cenderung lebih berdedikasi dalam bekerja, sementara perusahaan dapat menghindari risiko cedera serius dan biaya tambahan yang dapat menghambat pertumbuhan dan kesuksesan perusahaan (Supriyati *et al.*, 2022).

1.4 Soal-Soal Latihan

1. Sebutkan lima contoh perlengkapan pelindung diri (PPE) yang harus digunakan saat bekerja dengan mesin-mesin

berat (Dewadi, 2021a)!

2. Sebutkan lima langkah yang harus diikuti dalam pemeriksaan keselamatan sebelum menggunakan mesin di area kerja! (Nanda, Supriyono, Ma'arof, *et al.*, 2022)?
3. Jelaskan apa itu "Guarding" dalam konteks keselamatan mesin dan mengapa itu penting? (Suhara, Dewadi, & Febrian, 2023)?
4. Sebutkan lima contoh bahaya umum yang mungkin muncul saat menggunakan mesin industri dan bagaimana cara mencegahnya. (Khoirudin *et al.*, 2021)!
5. Jelaskan peran dan tanggung jawab seorang operator mesin dalam menjaga keselamatan kerja selama pengoperasian mesin (Mulyadi & Dewadi, 2021)?
6. Mengapa penting untuk mengenali tanda-tanda keausan atau kerusakan pada mesin? Berikan tiga contoh tanda keausan atau kerusakan yang perlu diperhatikan. (Farahdiansari *et al.*, 2021)!
7. Bagaimana cara menghindari tangan terjepit saat menggunakan mesin yang memiliki komponen bergerak, seperti roda gigi atau sabuk penggerak? (Murtalim *et al.*, 2020)!
8. Jelaskan tiga langkah penting untuk membersihkan mesin dengan aman setelah selesai digunakan. (Nanda, Karyadi, Dewadi, *et al.*, 2022)?
9. Mengapa penting untuk memiliki pencahayaan yang memadai di area kerja saat menggunakan mesin? Bagaimana kurangnya pencahayaan dapat mempengaruhi keselamatan kerja? (Dewadi, 2023b)?
10. Sebutkan lima faktor lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi keselamatan saat menggunakan mesin. Berikan contoh tindakan pencegahan yang dapat diambil untuk mengurangi risiko kecelakaan terkait faktor-faktor ini (C. Wibowo & Dewadi, 2022)?

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A., Prayitno, P., Nurkim, N., Prumanto, D., Dewadi, F. M., Hidayati, N., & Windarto, A. P. 2021. Implementation of clustering unsupervised learning using K-Means mapping techniques. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1088(1), 012004.
- Asari, A., Anam, A. C., Litamahuputty, J. V., Dewadi, F. M., Prihastuty, D. R., Syukrilla, W. A., Murni, N. S., & Sukwika, T. 2016. *Pengantar Statistika*. PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA.
- Dewadi, F. M. (n.d.). BAB 1 RUANG LINGKUP TEKNIK PENDINGIN DAN PENGKONDISIAN. *TEKNIK PENDINGIN TEKNIK PENDINGIN TEKNIK PENDINGIN DAN TATA UDARA DAN TATA UDARA DAN TATA UDARA*, 1.
- Dewadi, F. M. 2016. Perancangan Mesin Roll Pelat Dengan Penggerak Motor Listrik Ac 1 Fasa Kapasitas Daya Listrik 180 W. *Fakultas Sains Dan Teknologi, Institut Sains Dan Teknologi Al-Kamal, Jakarta*, 1–57.
- Dewadi, F. M. 2021a. Analisis Efektivitas Liquid Section Heat Exchanger dengan Tube in Tube Heat Exchanger dari Sisi Aplikatif. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 2(1), 28–36.
- Dewadi, F. M. 2021b. Efisiensi Pada Sepeda Listrik Dengan Dinamo Sepeda Sebagai Generator. *Praxis: Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat Dan Jejaring*, 4(1), 13–23.
- Dewadi, F. M. 2021c. Implementasi Inovasi Pendidikan SDM dalam Karang Taruna Lintas Generasi Era Milenial. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Pendidikan*, 1(1), 47–54.

- Dewadi, F. M. 2021d. Pengaruh Analisis Menejemen Stres Kinerja Perusahaan terhadap Pencapaian Kinerja Karyawan Optimal berdasarkan Pengalaman Pemuda Kreatif Kavling Rawa Bunga, Tangerang Selatan. *Bukit Tinggi, IAIN Bukit Tinggi*.
- Dewadi, F. M. 2022. BAB III SAMPLING DALAM ANALISIS. *Konsep Dasar Kimia Analitik*, 40.
- Dewadi, F. M. 2023a. BAB 2 KARAKTERISTIK KENDARAAN. *Rekayasa Lalu Lintas*, 19.
- Dewadi, F. M. 2023b. BAB 3 GEJALA KERADIOAKTIFAN UNSUR-UNSUR TIDAK STABIL. *Kimia Dasar II*, 47.
- Dewadi, F. M. 2023c. BAB 3 KRITERIA PEMILIHAN BAHAN TEKNIK DALAM APLIKASINYA. *MEKANIKA TEKNIK II*, 36.
- Dewadi, F. M. 2023d. BAB VII RANDOM VARIABLE. *PENGANTAR STATISTIKA*, 87.
- Dewadi, F. M. 2023e. PELATIHAN MASYARAKAT DESA KEDUNG JERUK DALAM PEMILIHAN JENIS MATERIAL KAYU DAN PEMBUATAN MEDEL RUMAH TANGGA UNTUK MENINGKATKAN UMKM DESA. *PROSIDING KONFERENSI NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN UNIVERSITAS BUANA PERJUANGAN KARAWANG*, 3(1), 1429–1438.
- Dewadi, F. M. 2023f. PENGARUH PEMANASAN BBM CAMPURAN DENGAN PARAMETER PEMANASAN SUHU TERHADAP DENSITAS BAHAN BAKAR. *PROSIDING KONFERENSI NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN UNIVERSITAS BUANA PERJUANGAN KARAWANG*, 3(1), 105–113.
- Dewadi, F. M., Amir, A., Rahman, M. A., Ramdani, R. T., & Suciyaniti, Q. P. 2022. Upaya Meminimalisir Kadar Debu Pada Laboratorium Teknik Mesin dengan Vertical Garden. *Praxis: Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat Dan Jejaring*, 4(2), 128–135.

- Dewadi, F. M., Bachtiar, E., Alyah, R., Satriawan, D., Annisa, F., Pasaribu, J. S., Randjawali, E., Afrida, J., & Rochyani, N. 2023. *Fisika Dasar 1 (Mekanika Dan Panas)*. Global Eksekutif Teknologi.
- Dewadi, F. M., Dahlan, D., & Maulana, E. 2019. Frame e-Bike Optimization Capacity 48V. *Journal Online Jaringan Pengajian Seni Bina (JOJAPS)*, 14, 129–138.
- Dewadi, F. M., Jati, R. R., & Sofiyanti, B. 2023. PENGKLASIFIKASIAN MATERIAL DALAM PROSES PENGELASAN BERDASARKAN JENIS MATERIAL. *PROSIDING KONFERENSI NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN UNIVERSITAS BUANA PERJUANGAN KARAWANG*, 3(1), 2030–2035.
- Dewadi, F. M., Kiswanto, L. Y., & Ghifary, A. M. 2022. KKN dengan Mode Hybrid di Wilayah Kavling Rawa Bunga, Tangerang Selatan. *Journal of Entrepreneurship and Community Innovations (JECI)*, 1(1), 1–8.
- Dewadi, F. M., Lillahulhaq, Z., Karyasa, T. B., & Sari, D. K. 2023. *Teknik Pendingin dan Tata Udara*. Global Eksekutif Teknologi.
- Dewadi, F. M., & Ma'arof, R. A. R. 2022. The selection of Sufficiently Efficient ISO LNG Tanks for Applications in Industrial Estates based on Edward Lisowski and Wojciech Czyzycki. *Journal of Mechanical Engineering, Science, and Innovation*, 2(1), 16–27.
- Dewadi, F. M., Ma'arof, R. A. R., & Saputra, O. A. 2021. Coordinated Way to Deal With Schooling Educational Plan Based on Current Industry Needs in Indonesia. *On Advancing and Redesigning Education*.
- Dewadi, F. M., Maryadi, I., Yafid Effendi, S. T., Septiadi, W. N., Muhtar, S. T., Indrayana, I. P. T., Mustaqim, S. T., Edahwati, T. I. L., Murdani, E., & PFis, M. 2022. *PERPINDAHAN PANAS: DASAR DAN PRAKTIS DARI PERSPEKTIF AKADEMISI DAN PRAKTIKSI*. Indie Press.

- Dewadi, F. M., Nanda, R. A., & Wibowo, C. 2023. Understanding of Machinery Technology in Understanding Renewable Energy Towards Indonesia Go Green. *International Conference on Elementary Education*, 5(1), 206–210.
- Dewadi, F. M., & Sigalingging, W. S. 2021. PENGARUH PARAMETER TEMPERATUR QUENCHING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO REAR HUB SPINDLES. *Buana Ilmu*, 5(2), 101–118.
- Dimiyati, D., Ashiedieque, A. D., Sukarman, S., Dewadi, F. M., Rahdiana, N., Rahardja, I. B., Ramadhan, A. I., & Suropto, H. 2021. Evaluasi Kekuatan Resistance Spot Welding Pada Proses Tailor Welded Blankss Menggunakan Mill-Steel Beda Ketebalan. *Borobudur Engineering Review*, 1(2), 96–105.
- Farahdiansari, A. P., Dewadi, F. M., & Rahdiana, N. 2021. Analisis Unjuk Kerja BBM dengan Eco-Racing sebagai Campuran BBM yang Ekonomis. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 2(1), 1–5.
- Fathan, F. M. D., Jati, R. R., & Sofiyanti, B. 2022. Pengenalan Material Yang Digunakan Dalam Proses Pengelasan Berdasarkan Spesifikasi Material. *Empowerment: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(3), 300–305.
- Khoirudin, K., Sukarman, S., Murtalim, M., Dewadi, F. M., Rahdiana, N., Rais, A., Abdulah, A., Anwar, C., & Abbas, A. 2021. A report on metal forming technology transfer from expert to industry for improving production efficiency. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 1(2), 96–103.
- Kusmiwardhana, D., Dewadi, F. M., Soeprapto, A. C., Abdur, Y. A., & Bramantyo, R. 2023. Pemanfaatan membuat Civitas Akademika Politeknik Negeri Jakarta PSDKU Pekalongan Prodi Manufaktur di Museum Batik Pekalongan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Mandiri (JPMM)*, 1(02), 94–101.

- Lawi, A., Bora, M. A., Arifin, R., Andriani, M., Jumeno, D., Rasyid, A., Dewadi, F. M., Didin, F. S., Oktavera, R., & Santoso, H. 2023. *Ergonomi Industri*. Global Eksekutif Teknologi.
- Ma'arof, R. A. R., Saputra, O. A., Dewadi, F. M., & Noor, A. (n.d.). *Engaging Students: Blending Class Activities with Industry-linked Teaching Approach in Occupational Safety and Health Course Delivery*.
- Mubina, F., & Amir, A. 2022. Perancangan Mesin Roll Plat Listrik sebagai Peningkatan Efisiensi Kerja di Industri Manufaktur. *Jurnal Mekanik Terapan*, 3(1), 18–25.
- Muhammad, A. C., Santoso, H., Purnama, Y. A., Parenden, D., Dewadi, F. M., Dewi, R. P., Winardi, B., & Lillahulhaq, Z. (n.d.). *KONVERSI ENERGI*.
- Mulyadi, D., & Dewadi, F. M. 2021. ANALISIS RANCANGAN SEL SURYA UNTUK KEBUTUHAN CADANGAN ENERGI LISTRIK DI KOLAM WILAYAH GRAHA RAYA BINTARO, TANGERANG SELATAN. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 2(1), 6–12.
- Mulyadi, D., Mubina, F. D., Budiansyah, A. C., & Kurniawan, B. R. 2023. PERBANDINGAN SIFAT-SIFAT MEKANIK MATERIAL HYTREL 5557M MURNI DAN CAMPURAN DAUR ULANG. *PROSIDING KONFERENSI NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN UNIVERSITAS BUANA PERJUANGAN KARAWANG*, 3(1), 93–104.
- Murtalim, M., Dewadi, F. M., & Sunandar, S. 2020. ANALISIS UNJUK KERJA ECO RACING SEBAGAI SUPLEMEN PENGHEMAT BAHAN BAKAR. *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*, 3(1), 335–340.
- Nanda, R. A., & Dewadi, F. M. 2023a. PELATIHAN MASYARAKAT DESA KEDUNG JERUK DALAM PEMILIHAN JENIS MATERIAL KAYU DAN PEMBUATAN MEDEL RUMAH TANGGA UNTUK MENINGKATKAN UMKM DESA. *JURNAL BUANA PENGABDIAN*, 5(1), 55–64.

- Nanda, R. A., & Dewadi, F. M. 2023b. SIMULASI STRESS ANALYSIS PADA MATA PAHAT KAYU UNTUK MELIHAT PENGARUH ERGONOMI PADA TUKANG MEBEL UMKM DESA KEDUNGJERUK DALAM MEMAHAT DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN HINGGA. *PROSIDING KONFERENSI NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN UNIVERSITAS BUANA PERJUANGAN KARAWANG*, 3(1), 771–784.
- Nanda, R. A., Karyadi, K., & Dewadi, F. M. 2022. Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan Sensor BH-1750 Berbasis Mikrokontroler: Studi Kawasan Kampus UBP Karawang. *Praxis: Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat Dan Jejaring*, 5(1), 74–81.
- Nanda, R. A., Karyadi, K., Dewadi, F. M., Amir, A., & Rizkiyanto, M. 2022. Archimedes' Principle Applied to Buoy Design for Measuring Purposes in Offshore Illumination Conditions. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 3(1), 40–48.
- Nanda, R. A., Karyadi, K., Dewadi, F. M., & Rizki, M. N. 2023. Perancangan dan Pembuatan JIG FOG Lamp Mobil Dengan Material Aluminium. *Jurnal Mekanik Terapan*, 4(1), 9–14.
- Nanda, R. A., Supriyanto, A., & Dewadi, F. M. 2023a. Using the MPX5500DP Sensor for Monitoring Microcontroller-Based HVAC Systems and IOT. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 8(1), 1–8.
- Nanda, R. A., Supriyanto, A., & Dewadi, F. M. 2023b. Using the MPX5500DP Sensor for Monitoring Microcontroller-Based HVAC Systems and IOT. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 8(1), 1–8.
- Nanda, R. A., Supriyanto, A., Dewadi, F. M., Jati, R. R., & Kurniawan, L. A. 2022. PERANCANGAN DAN PERAKITAN ELEKTRONIKA MIKROKONTROLER BERBASIS IOT UNTUK STUDI PENGUKURAN SISTEM

- HVAC. *BUANA ILMU*, 7(1), 43–55.
- Nanda, R. A., Supriyono, T., Ma'arof, R. A. R., & Dewadi, F. M. 2022. Analisis Chassis Mobil Robot Penanaman Bibit Kangkung Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 2(2), 1–8.
- Santosa, I., Firdaus, A., Hidayat, R., Rusnoto, R., Wibowo, A., & Dewadi, F. M. 2022. The Optimization of Vapor Compression Type for Desalination of Seawater Using the DFMA Method. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 3(1), 1–8.
- Setiawan, M. D., & Dewadi, F. M. 2022. Perancangan Panel Surya di Wilayah Kavling Rawa Bunga, Tangerang Selatan demi Penghematan Energi Masyarakat. *Journal of Entrepreneurship and Community Innovations (JECI)*, 1(1), 22–27.
- Suhara, A., Dewadi, F. M., & Febrian, R. 2023. ANALISAPENGARUHPELUMASTERHADAPGESEKAN MENGGUNAKANMETODETINKEN LOAD. *PROSIDING KONFERENSI NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN UNIVERSITAS BUANA PERJUANGAN KARAWANG*, 3(1), 14–24.
- Suhara, A., Dewadi, F. M., & Hamdani, M. H. 2023. PENGARUH TEMPERATUR SUHU PADA PENGASAPAN TELUR BEBEK DI DESA KARYA BAKTI KECAMATAN BATUJAYA KABUPATEN KARAWANG. *PROSIDING KONFERENSI NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN UNIVERSITAS BUANA PERJUANGAN KARAWANG*, 3(1), 2511–2519.
- Supriyati, S., Elpisah, E., Jumiati, E., Rahayu, Y. P., Abolladaka, J., Jumri, J., Nasution, F. Z., Nazipawati, N., Shiddiq, M. H. A., & Ristiyana, R. 2022. *Pengantar Ilmu Ekonomi*.
- Wibowo, C., & Dewadi, F. M. 2022. DESIGN PRESSURE REDUCTION SYSTEM (PRS) UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS (CNG) KAPASITAS 30 NM³/H DALAM SISI TEKNIS DAN EKONOMIS. *TEKINFO*, 2(2 Juni), 60–

65.

- Wibowo, C., Dewadi, F. M., & Al-Afgani, A. 2021. Implementasi Material Titanium Pada Sepeda Listrik Sebagai Rangka Yang Efisien. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 2(1), 13–18.
- Wibowo, C., Setiawan, D., & Dewadi, F. M. 2021. IMPROVEMENT OF DRAINAGE AS ONE OF THE SOLUTIONS FOR FLOOD CONTROL IN RT 12 RW 06 CAKUNG PENGKILINGAN EAST JAKARTA. *International Journal of Engagement and Empowerment*, 1(3), 174–183.
- Wibowo, C., Sukarno, S., Nursanti, Y. B., & Dewadi, F. M. 2022. Kebutuhan Perguruan Tinggi di Wonogiri sebagai Bagian dari Pengembangan Sumber Daya Manusia. *VISIONER*, 4(1 JUNI), 20–27.
- Wibowo, C., Surbakti, D., & Dewadi, F. M. 2022. REPAIR OF GARBAGE CARTS AS PART OF UPSTREAM SIDE WASTE MANAGEMENT IN THE PERMATA MILLAN JAKARTA ENVIRONMENT: PERBAIKAN GEROBAK SAMPAH SEBAGAI BAGIAN DARI MANAJEMEN SAMPAH SISI HULU DI LINGKUNGAN PERMATA PENGKILINGAN JAKARTA. *Indonesian Journal of Engagement, Community Services, Empowerment and Development*, 2(2), 165–174.
- Wibowo, S. H., Musa, P., Artiyasa, M., Dewadi, F. M., & Nggego, D. A. 2023. *Robotika*. Global Eksekutif Teknologi.

BAB 2

PENGEBORAN MATERIAL

Oleh Cahyo Wibowo

2.1 Pendahuluan

Dalam setiap kegiatan pemesinan dan pengepasan atau disebut juga *machining*, pembuatan lubang tidak akan dapat dipisahkan dari semua aktivitas tersebut. Pembuatan lubang yang menggunakan mesin bor dapat sebagai awal pembuatan lubang sesuai diameter awal, tahap pembuatan lobang menjadi yang lebih besar, ataupun awal untuk membuat sebuah bentuk karena terbatasnya peralatan. Proses pembuatan lubang secara vertikal, horizontal, maupun dengan kemiringan tertentu dapat disesuaikan dengan rencana kerja atau desain yang telah dibuat.



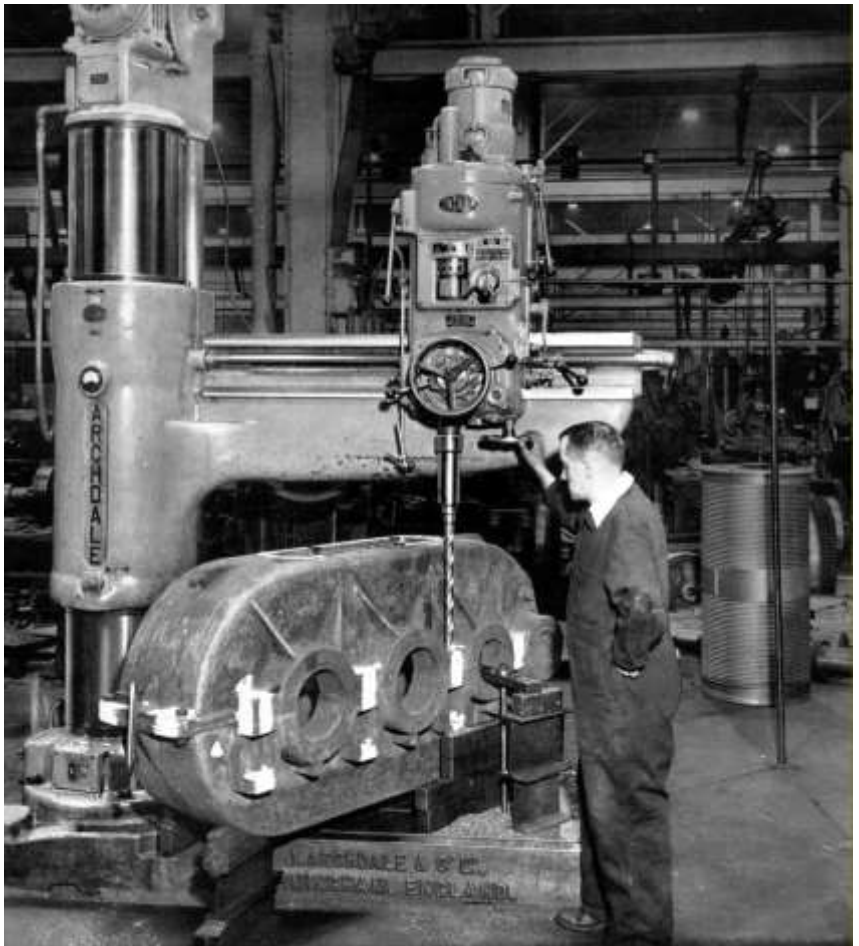
Gambar 2.88. Proses pengeboran material

2.2 Pengertian Pengeboran

Pengeboran merupakan operasi pemesinan untuk menghasilkan lubang bundar pada bahan logam dan bukan logam. Bor adalah alat pemotong ujung putar dengan satu atau lebih ujung potong atau bibir dan satu atau lebih alur atau seruling lurus atau heliks untuk melewatkan serpihan dan memotong cairan dan pendingin. Ketika kedalaman lubang yang dibor mencapai tiga atau empat kali diameter bor, pengurangan harus dilakukan pada umpan pengeboran dan kecepatan. Bor lubang pendingin dapat menghasilkan kedalaman bor hingga delapan kali lipat atau lebih diameter bor. *Gundrill* dapat menghasilkan lubang yang akurat hingga kedalaman lebih dari 100 kali diameter bor dengan presisi tinggi.

Memperbesar lubang yang dibor untuk sebagian kedalamannya disebut *counterboring*, sedangkan *counterbore* untuk membersihkan permukaan sejumlah kecil di sekitar lubang disebut *spotfacing*. Memotong bevel sudut di sekeliling lubang yang dibor disebut *countersinking*. Alat *countersinking* tersedia untuk menghasilkan *countersink* 82°, 90°, dan 100° dan sudut khusus lainnya.

Pengeboran adalah pembuatan lubang dengan diameter 0.5 mm sampai dengan diameter tak terbatas dengan ke dalam mencapai 50 mm.



Gambar 2.89. Proses pengeboran dengan mesin bor radial pada tahun awal abad 20
(Sumber : Archdale machine)



Gambar 2.90. Geram hasil pengeboran material
(Sumber : Pinteres.com)

2.3 Material yang dapat dibor

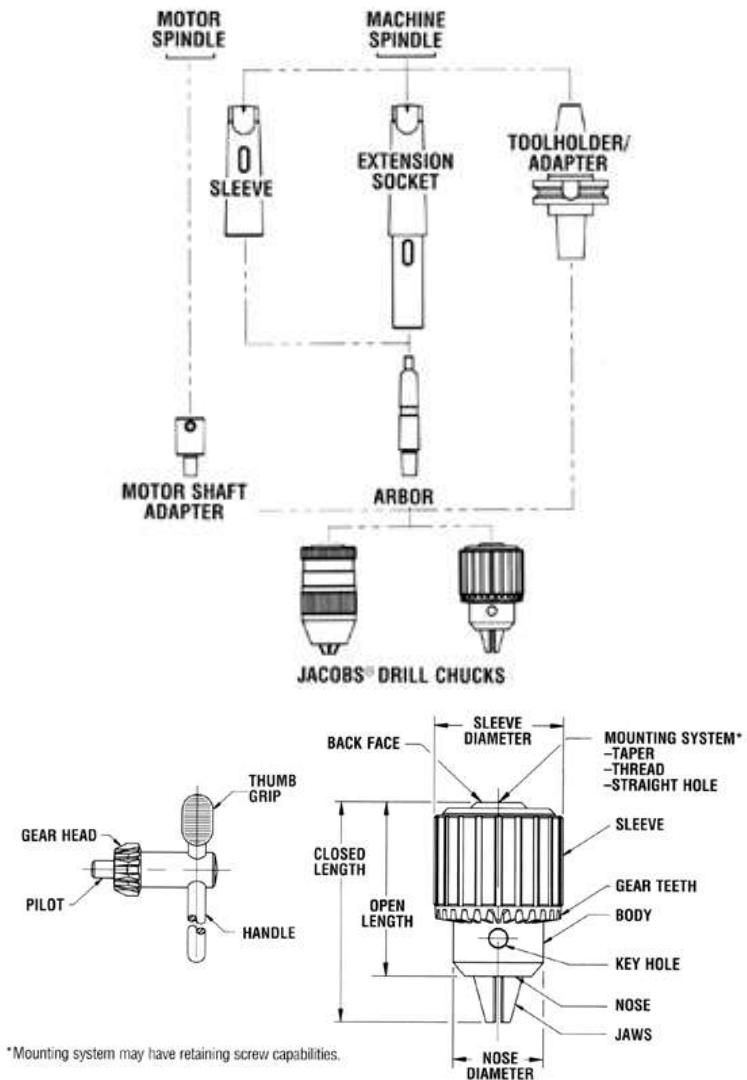
Berbagai material yang dapat dibor menggunakan mesin bor antara lain:

1. Logam ferro dan non ferro, baja, stainless steel, bronze, alumium, cast iron, dll
2. Non logam, plastik, kayu, berbagai jenis polimer, komposit, kaca.

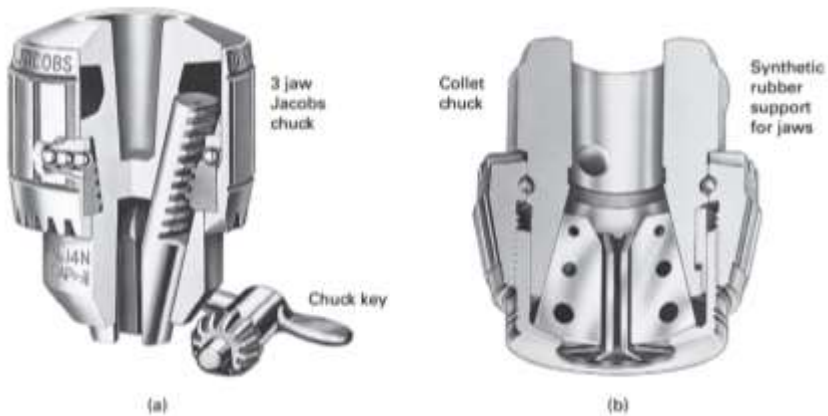
2.4 Jenis Mesin Bor

Ada berbagai macam jenis mesin yang dapat digunakan dalam melakukan pengeboran terhadap material. Beberapa jenis mesin tersebut antara lain:

Semua mesin bor memiliki bagian utama yaitu Penggerak, Lengan, Meja, Spindel, Drill Chuck, dan Ragum (kecuali mesin bor tangan)



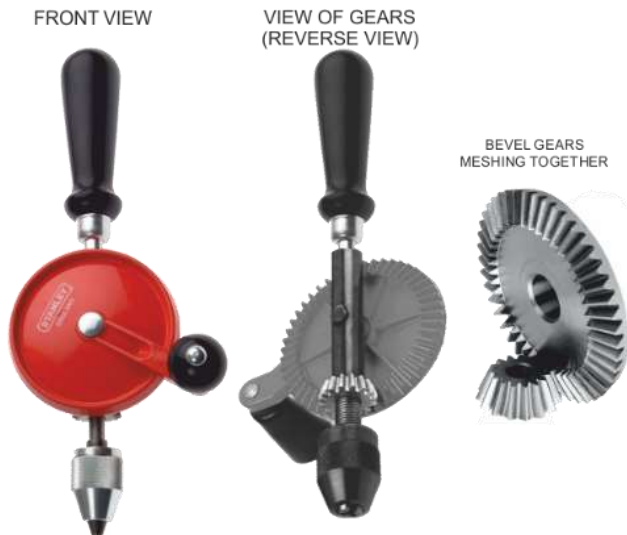
Gambar 2.91. Bagian-bagian *drill chuck*



Gambar 2.92. *Drill chuck* (penjepit mata bor menggunakan kunci) (a) dan *keyless* (tanpa kunci) (b)

2.4.1 Mesin Bor Manual

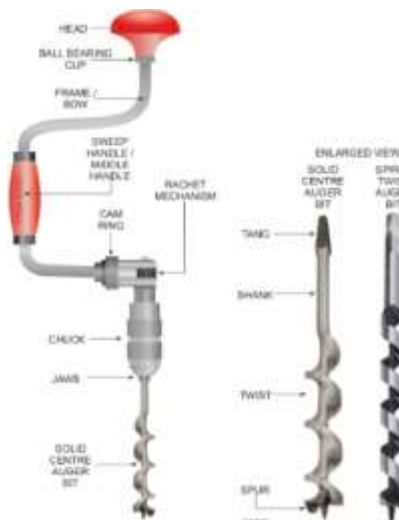
Mesin Bor manual digerakkan menggunakan tenaga manusia, yaitu dengan memutar roda gigi utama dengan tuas yang diputar. Mesin bor jenis ini biasanya digunakan untuk pengeboran dengan diameter kecil dan untuk pengeboran material yang lunak seperti fiber glass, plastik, kayu, aluminium tipis, dll. Mesin bor ini biasa digunakan untuk pekerjaan kayu atau juga untuk pekerjaan material logam lunak dan tipis.



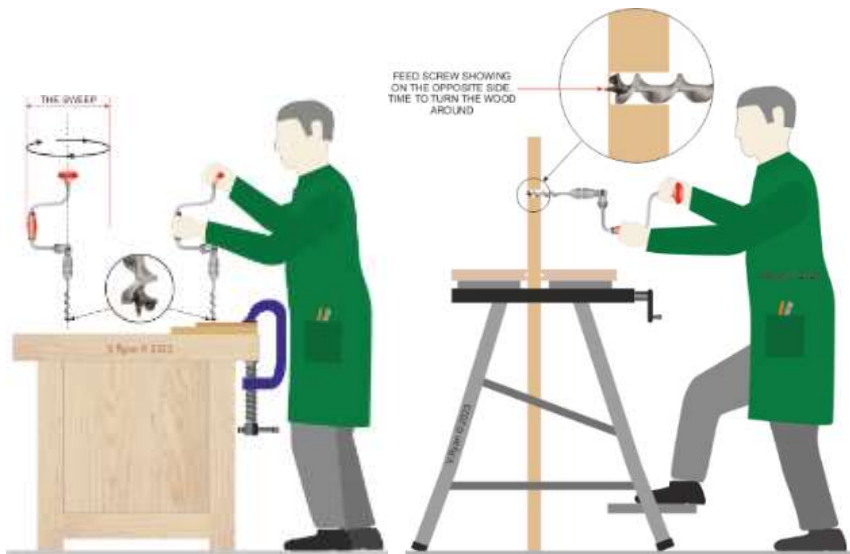
Gambar 2.93. Bor tangan / *hand drill* dioperasikan menggunakan roda gigi yang diputar menggunakan tangan
(Sumber : Pinteres.com)



Gambar 2.94. Bagian-bagian bor tangan



Gambar 2.95. Bor Tangan jenis engkol



Gambar 2.96. Cara mengoperasikan mesin bor tangan jenis engkol



Gambar 2.97. Bagian-bagian mesin bor tangan jenis engkol

2.4.2 Mesin Bor Listrik



Gambar 2.98. Mesin bor tangan listrik 220 VAC
(Sumber : Bosch)



Gambar 2.99. Mesin bor tangan bertenaga *battery* 12 VDC
(*portable drilling machine*)
(Sumber : Dewalt)



Gambar 2.100. Bagian-bagian *portable drilling machine*
(Sumber : Dewalt)

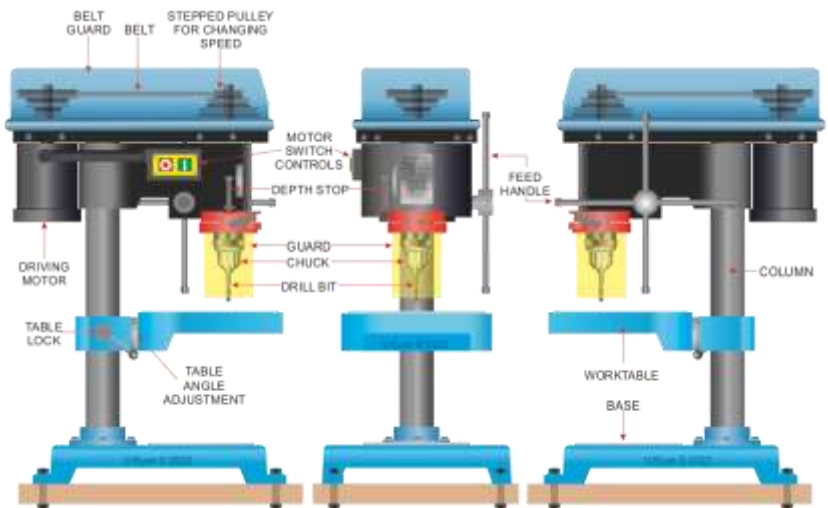
2.4.3 Mesin Bor Duduk (*Bench Drilling Machine*)

Mesin bor ini biasanya disebut dengan mesin bor meja atau juga mesin *drill press*, karena penggunaannya dengan menekan spindle dengan kuat supaya mendapatkan gaya pemotongan yang lebih maksimal. Mesin bor jenis ini memiliki

3 fungsi antara lain pengeboran, pembuatan lubang baut, atau tap dan milling.



Gambar 2.101. Mesin bor duduk (*bench drilling machine*)
(Sumber : Westlake)



Gambar 2.102. Bagian-bagian mesin bor meja (*bench drilling machine*). (Sumber : <https://technologystudent.com/>)

2.4.4 Mesin Bor Multi Spindel

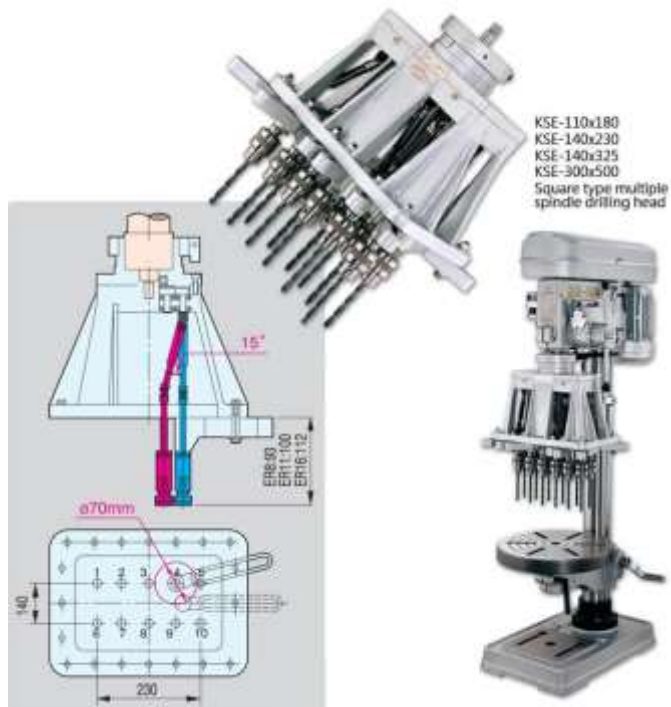
Mesin bor ini memiliki spindel yang terpasang mata bor lebih dari satu, mesin ini digunakan untuk membuat lubang bor dengan jumlah lubang lebih dari satu dengan diameter yang sama pada satu benda kerja. Mesin ini digunakan untuk pengeboran material pada produksi massal yang membutuhkan tingkat presisi tinggi terhadap jarak dan diameter lubang.



Gambar 2.103. Mesin bor *multi spindel*
(Sumber : Archdale)



Gambar 2.104. Mesin bor multi spindle horizontal dengan *feeding pneumatic/hydraulic*
(Sumber : <https://www.prashmachines.com/>)



Gambar 2.105. Mesin bor multi spindle dengan pengaturan sudut kemiringan pengeboran
(Sumber : Chuan king sang machinery co., ltd. / hsin geeli)

2.4.5 Mesin Bor Radial

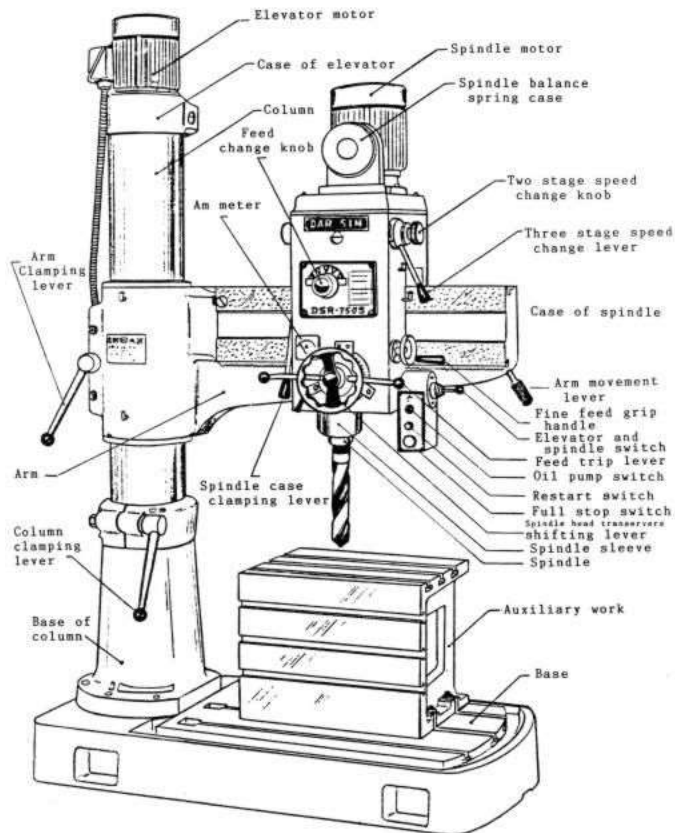
Mesin bor lengan radial terutama digunakan untuk pengeboran, *casing*, *countersinking*, dan *reaming*. Peralatan ini banyak digunakan dalam permesinan, pembuatan cetakan, dan industri lainnya. Mesin bor jenis ini memiliki kemampuan pengeboran dengan diamter hingga 2 inchi (50 mm), karena memiliki torsi yang sangat besar dan lengan yang panjang sehingga mampu melakukan pengeboran untuk bidang tang lebar, berat, dan tebal.



Gambar 2.106. Penggunaan mesin bor radial
(Sumber : <http://www.lathes.co.uk/archdale/page2.html>)

Menurut mode penjepitan dan transmis, untuk menggerakkan spinden naik turun, mesin bor radial dibagi menjadi radial mekanik dan radial hidrolik. Kecepatan yang tersedia bervariasi, cukup disesuaikan dengan kebutuhan.

Lengan radial berputar 360 derajat. Lengan ayun bisa bergerak naik turun. Headstock dapat bergerak ke kiri dan kanan di sepanjang lengan radial untuk memudahkan pemosisian sehingga cocok untuk benda-benda yang bentuknya tidak beraturan.

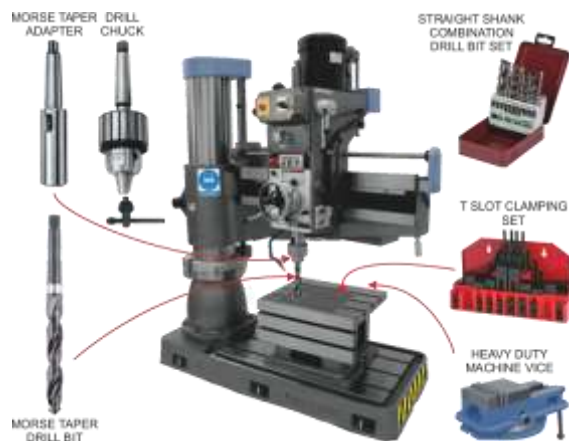


Gambar 2.107. Bagian-bagian mesin bor radial
(Sumber : Tsinfia)

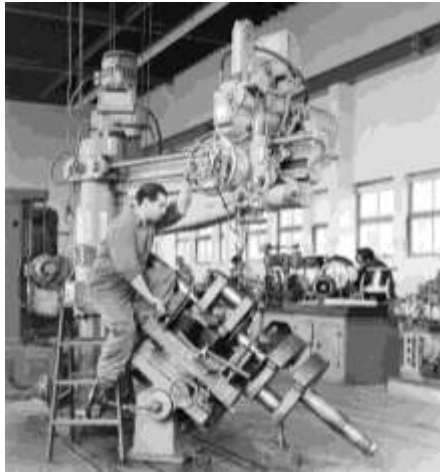
Bagian-bagian utama dari mesin bor radial adalah:

1. Base (tapak)
Digunakan untuk mendukung dan memperbaiki alat mesin. Kolom vertikal dipasang di pangkalan, yang perlu dipasang di tanah untuk memastikan stabilitas bor radial.
2. Lengan radial (radial arm)
Lengan radial dipasang pada kolom vertikal untuk menopang gerakan kiri dan kanan kotak spindel. Lengan radial dapat diputar di sekitar kolom dan ini adalah bagian utama dari bor lengan radial, yang memudahkan operator untuk mencari lokasi sesuai dengan posisi yang akan dikerjakan.
3. Kolom
Kolom dipasang di pangkalan, mendukung pergerakan lengan radial. Sekrup utama dapat menggerakkan kolom ke atas dan ke bawah
4. Kotak spindel
Tombol operasi utama dipasang di kotak spindel. Operator mengontrol rotasi mata bor melalui kotak spindel.
5. Penjepit meja
Penjepit meja kerja dengan alur T untuk mempermudah penggeseran meja jika diperlukan
6. Motor
Mesin ini digerakkan dengan menggunakan motor listrik. Terutama ada dua motor, satu di atas kolom, berfungsi untuk mengangkat lengan radial. Satu di atas kotak spindel, berfungsi untuk rotasi spindel.

Pada beberapa mesin besar saat ini sudah dilengkapi dengan hydraulic sebagai pengganti otor listrik penggerak kolom.



Gambar 2.108. Mesin radial modern
(Sumber : Kent USA)



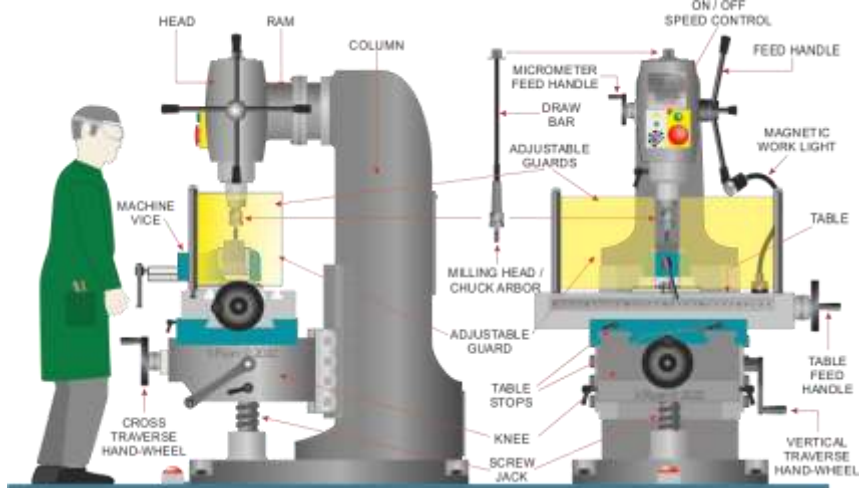
Gambar 2.109.Radial drilling machine digunakan untuk membuat lobang minyak pelumas pada *crankshaft*.
(sumber : <https://id.pinterest.com/>)



Gambar 2.110. Radial drilling mesin digunakan untuk mengebor casing pompa dengan diameter lebih dari 1 meter.
(sumber : <https://id.pinterest.com/>)



Gambar 2.111. Mesin bor radial dengan posisi pengaturan sepindel mata bor miring
(sumber : <https://id.pinterest.com/>)



Gambar 2.112. Mesin milling digunakan untuk mengebor material
(Sumber : <https://technologystudent.com/equip1/vert1.htm>)



Gambar 2.113. Mata bor terpasang pada mesin milling
(sumber : <https://id.pinterest.com/>)

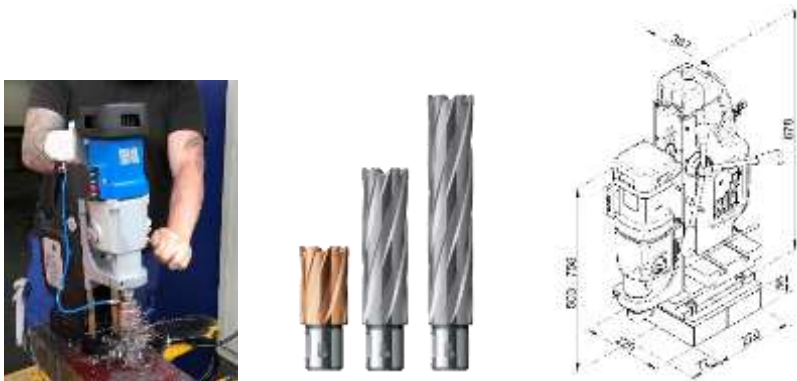


Gambar 2.114. Pengeboran dengan mesin milling
(sumber : <https://id.pinterest.com/>)

2.4.6 Mesin bor berpengerak udara bertenanan (*compressed air*)



Gambar 2.115. Mesin bor berpengerak udara bertekanan



Gambar 2.116. Mesin bor magnet untuk pengeboran material tidak bisa dibor dengan mesin bor biasa dan mesin bor statis
(Sumber : Wikipedia)

2.4.7 Deep Hole Drilling Machine

Mesin ini juga sering disebut dengan *Gun Drilling Machine*, mesin bor jenis ini diugunakan untuk mengebor material untuk laras senapan dengan kedalaman yang tidak bisa dijangkau dengan mata bor dan mesin bor biasa.



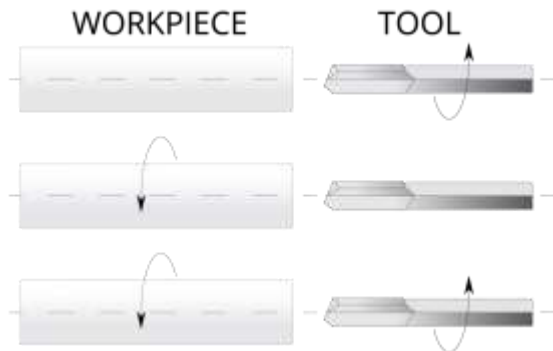
Gambar 2.117. Gun drilling machine Honge, WR-120 X 3000

Mesin ini digunakan untuk mengebor material as dengan panjang bervariasi. Biasanya mesin ini digunakan untuk membuat lubang bor pada laras senapan atau meriam yang memiliki diameter dan kedalaman bervariasi. Mesin ini beroperasi secara horizontal, untuk beberapa mesin juga memiliki spindel lebih dari satu.



Gambar 2.118. Laras senapan

Saat ini mesin bor lubang dalam sudah dikembangkan menjadi sistem CNC (*computerized numeric control*), mesin ini direkayasa sedemikian rupa untuk mengintegrasikan teknologi yang digunakan oleh alat ini, dan mengoptimalkan semua aspek proses, untuk mengebor lubang yang dalam dengan akurasi, keandalan, dan efisiensi.



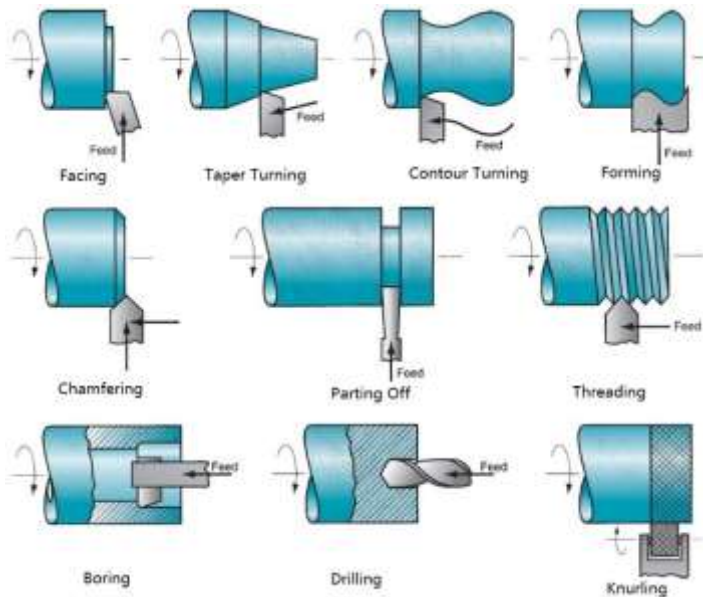
Gambar 2.119. Gerakan benda kerja dan gerakan mata bor
(Sumber : <https://unisig.com/>)



Gambar 2.120. Mata bor *deep hole drilling machine*

2.4.8 Mesin Bubut (*turning machine*)

Mesin bubut adalah mesin yang digunakan untuk mengurangi benda dengan membentuk permukaan, alur, ulir, poros bertingkat, dan pembuatan lubang. Mesin bubut bekerja atas dasar benda kerja yang dijepit sedangkan alat potongnya tetap pada posisi penjepit dan bergerak maju-mundur dan kanan-kiri untuk melakukan pemotongan terhadap benda kerja.



Gambar 2.121. Ilustrasi fungsi mesin bubut
(Sumber : <https://www.cnclathing.com/>)

Dalam pembahasan pembuatan lubang pada material dengan proses pengeboran, maka pada mesin bubut juga memiliki kemampuan melakukan pengeboran secara horizontal. Dengan diameter kecil hingga diameter besar.

Prinsip kerja mesin bubut untuk proses pengeboran adalah :

1. Benda kerja yang akan di bor dicekam/dijepit pada spindel disesuaikan dengan bentuk material, apakah material berbentuk as padat atau berbentuk tidak beraturan. Jika berbentuk as padat maka dapat dijepit dengan cekam rahang 3, sedangkan jika bentuknya tidak beraturan dapat dijepit dengan rahang 4.



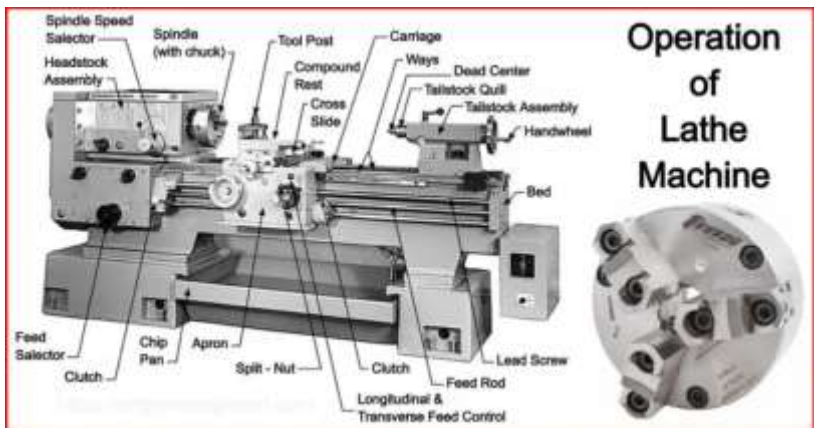
Gambar 2.122. Persiapan pengeboran pada bidang yang tidak simetris, material dicekam pada cekam 4
(Sumber : Pinterest.com)

2. Meratakan permukaan benda yang akan di bor menggunakan teknik pembubutan permukaan (*facing*)
3. Menandai benda kerja untuk memastikan titik tengah benda yang akan di bor
4. Tahap berikutnya memasang bor senter (*center drill*) pada *Tailstock*, senter bor berfungsi untuk membuat lubang awal pada titik tengah (*center*) dari benda kerja.
5. Membuat lubang senter bor
6. Selanjutnya memasang/mengganti mata bor senter dengan menggunakan mata bor sesuai ukuran dan sesuai kemampuan alat jepit (*drill chuck*). Apabila diameter mata bor dapat dijepit dengan *drill chuck* maka cukup menggunakan *drill chuck*. Jika diameter mata bor tidak mampu dijepit oleh *drill chuck* maka mata bor dipasang menggunakan arbor (*drill bit adapter*)
7. Selanjutnya dapat dilakukan pengeboran secara horizontal sesuai dengan dimensi yang diperlukan.
8. Untuk menghindari temperatur mata bor berlebih yang dapat merusak mata bor harus diberikan pelumasan atau pendinginan pada proses pengeboran.

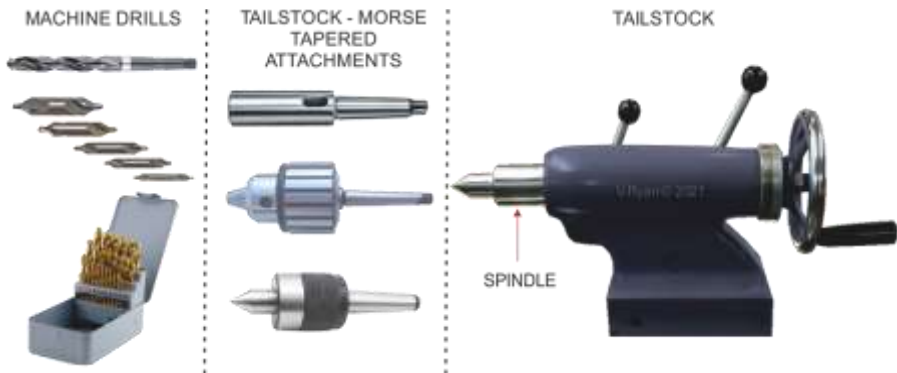
Untuk mengetahui penggunaan mesin bubut sebagai alat untuk pengeboran akan dijeskan pada beberapa gambar berikut.



Gambar 2.123. Mesin bubut
(Sumber : Kent USA)



Gambar 2.124. Bagian-bagian mesin bubut



Gambar 2.125. Jenis *chuck* atau penjepit mata bor pada mesin bubut



Gambar 2.126. Pemasangan mata bor pada mesin bubut menggunakan arbor



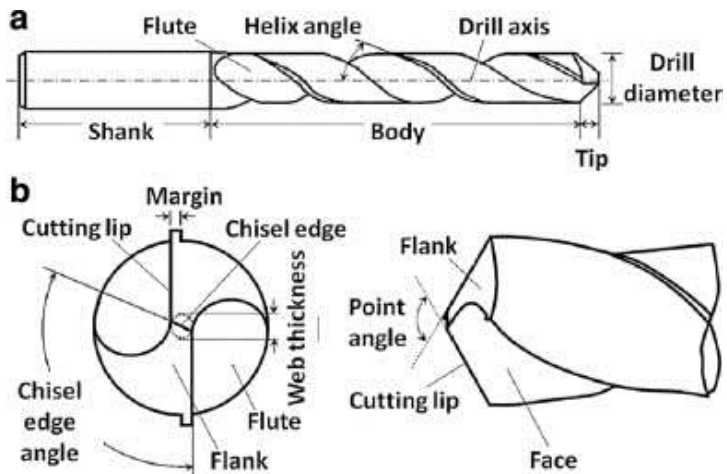
Gambar 2.127. Pengeboran benda kerja dengan mesin bubut

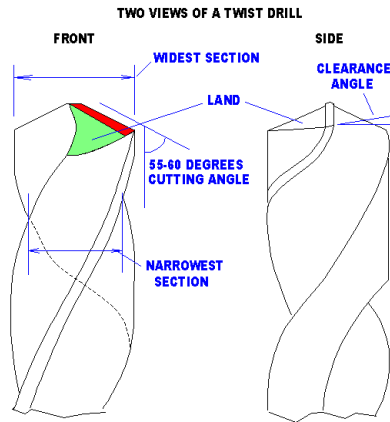


Gambar 2.128. Posisi mata bor yang dijepit menggunakan *drill chuck* terpasang pada *tailstock*
(Sumber : www.istockphoto.com)

2.4.129 Mesin milling (mesin frais)

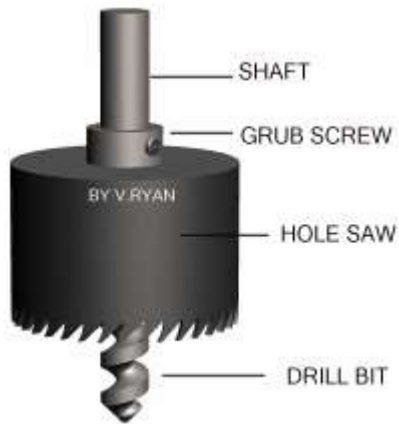
Jenis mata bor





Gambar 2.130. Bagian-bagian dari mata bor

(Sumber : <https://www.gia.edu/bench-tip-how-to-sharpen-drill-bit>)



Gambar 2.131. Mata bor hole saw, untuk membuat lobang yang lebih besar.

2.4.10 Drill bit material

Berdasarkan jenis material matabor antara lain :

1. *HSS jobber drills*
2. *Solid-carbide jobber drills*
3. *Carbide-tipped screw-machine drills*
4. *HSS screw-machine drills*
5. *Carbide-tipped glass drills*
6. *HSS extralong straight-shank drills (24 in)*

2.4.11 Type mata bor

Berdasarkan fungsinya mata bor diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1) *Taper-shank drills* (0 through number 7 ANSI taper)

Mata bor berkepala tirus biasanya untuk mata bor berdiamater besar diatas 1 inch.



Gambar 2.132. Taper shank drill

- 2) *Core drills*

Untuk pengeboran material beton



Gambar 2.133. Mata bor core drill dan mesin bor
(Sumber : bluerock tools)

3) Coolant-hole drills

Mata bor ini memiliki lubang cairan pendingin memiliki keuntungan antara lain:

Stabilitas permesinan tertinggi karena geometri tepinya yang unik.

- a. Mengurangi beban pemotongan.
- b. Panas minimum yang dihasilkan selama operasi pemesinan.
- c. Pendingin-melalui.

Presisi lubang yang sangat baik dengan pemusatan diri yang unggul.

Cocok untuk baja dan besi cor.

Kisaran diameter bor: 4.0-12.0mm; kedalaman pengeboran: 3XD dan 5XD.



Gambar 2.134. *3-Flute Solid Carbide Drills with Internal Coolant Channels.* (Sumber : www.iscar.com)

- 4) HSS *taper-shank extralong drills* (24 in)
- 5) *Aircraft extension drills* (6 and 12 in)

Digunakan untuk mengebor lubang di tempat yang sulit dijangkau. Panjang keseluruhan yang diperpanjang dari 6", 12", dan 18" adalah umum, dengan panjang yang lebih panjang dari 24" atau lebih juga tersedia



Gambar 2.135. Pistol grip dengan mata bor
(Sumber : <http://www.panamericantool.com/>)

- 6) Gun drills
- 7) HSS half-round jobber drills
- 8) Spotting and centering drills
- 9) Parabolic drills
- 10) S-point drills
- 11) Square solid-carbide die drills
- 12) Spade drills
- 13) Miniature drills
- 14) Microdrills and microtools, bor Mikro diproduksi oleh mesin CNC yang sangat presisi. Bor Diameter 0,02-6,5 mm, masing-masing 0,001 mm, bor mikro ini yang konsentrisitas cutting edge dan shank dikontrol dalam jarak 2 μm (0,002mm). Sediakan kontrol diameter bor dalam jarak $+0 \sim -2 \mu\text{m}$ ($+0 \sim -0,002 \text{ mm}$). Cocok untuk pemrosesan pengeboran Plastik Rekayasa, Akrilik, Bahan anorganik, Aluminium, Tembaga, Baja Karbon, Baja Tahan Karat, dan sebagainya.



Gambar 2.136. Microdrill berbahan tungsten carbide.

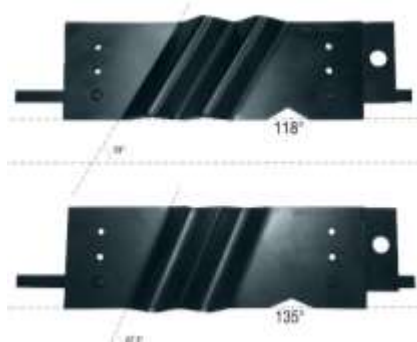
(Sumber : <https://www.tmd.com.tw/>)

2.5 Proses Pengasahan Mata Bor

Untuk mendapatkan kualitas hasil pengeboran dipengaruhi oleh kualitas mata bor, kualitas mata bor tidak hanya dari sisi kekuatan mata bor tetapi juga dipengaruhi oleh tingkat ketajaman. Tingkat ketajaman ditentukan oleh

hasil pengasahan, jika hasil pengasahan sesuai dengan standar dan dilakukan sesuai dengan prosedur maka akan menghasilkan mata bor hasil pengasahan yang berkualitas. Berikut adalah prosedur pengasahan mata bor sesuai dengan standar.

Ibu jari dan telunjuk tangan kiri digunakan sebagai poros seperti yang diilustrasikan dan bagian belakang bor dipegang dengan tangan kanan dan telunjuk dan diputar searah jarum jam untuk memajukan bor ke roda gerinda.



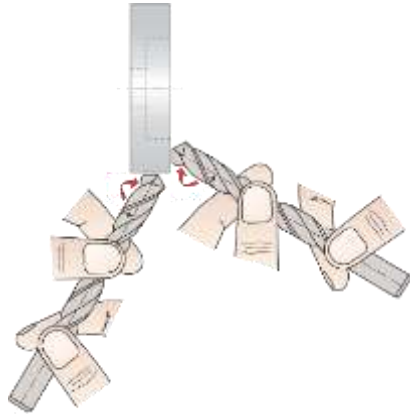
Gambar 2.137. Dudukan mata bor pada mesin gerenda duduk untuk mempermudah menentukan kemiringan sudut asah (*drill bit guide*). (Sumber : <https://www.vpromall.com/>)



Gambar 2.138. Twist Drill Bit Sharpening Jig
(Sumber : <https://www.vpromall.com/>)

1) Pengasaran

Pinggiran roda gerinda seharusnya digunakan untuk pengasaran dari titik bor jika banyak logam harus digerinda



Gambar 2.139. Posisi mata bor terhadap batu gerinda
(Sumber : <https://www.vpromall.com/>)

2) Finishing atau penghalusan

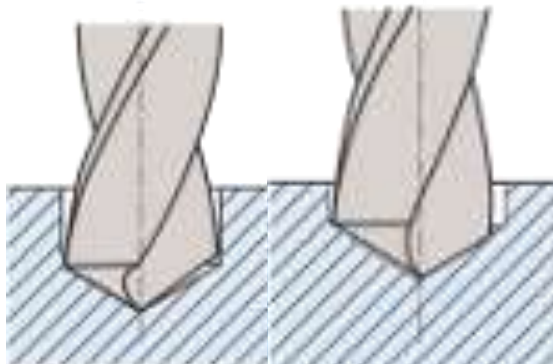
Sisi samping batu gerinda atau mata gerinda yang halus digunakan untuk finishing



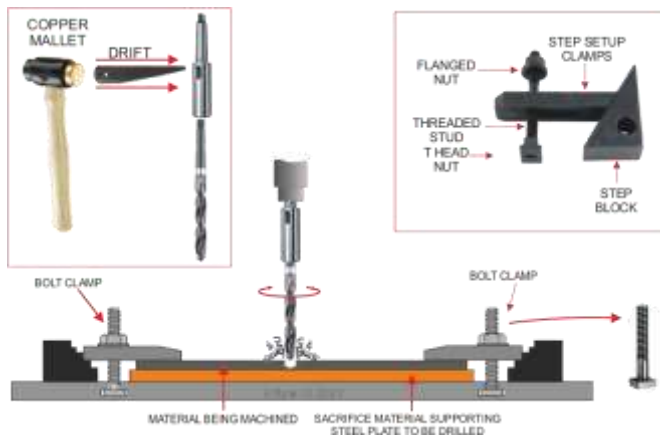
Gambar 2.140. Pengukuran sisi potong mata bor



Gambar 2.141. Cara Mengukur sudut hasil pemotongan



Gambar 2.142. Posisi mata bor dan benda kerja saat dibor dalam potongan



Gambar 2.143. Proses penjepitan benda kerja menggunakan klem meja mesin



Gambar 2.144. Mata bor berkepala tirus (tapper shank drill) untuk diameter besar



Gambar 2.145. *Step drill bit* atau mata bor bertingkat untuk membuat lobang dengan diameter bervariasi dengan satu mata bor



Gambar 2.146. Mata bor untuk material kayu dan sejenisnya



Gambar 2.147. Countersink drill

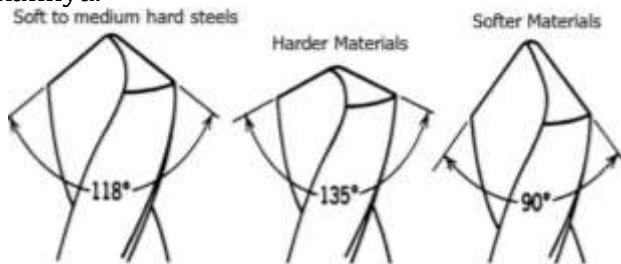


Gambar 2.148. Mata bor set

(Sumber : <https://www.hss-drill-bits.com/p/83>)

2.6 Sudut Potong Mata Bor

Untuk melakukan pengeboran dan mendapatkan hasil pengeboran yang baik diperlukan mata bor yang tajam sehingga waktu potong lebih cepat dan tidak membutuhkan daya besar. Untuk mendapatkan hal tersebut diperlukan pengasahan mata bor sesuai dengan jenis mata bor dan peruntukannya.



Gambar 2.149. Sudut mata bor disesuaikan dengan tingkat kekerasan material yang akan dibor
(Sumber : Machanical Engineers data handbook)

Cara mengasah mata bor



Gambar 2.150. Sudut mata bor setelah diasah
(Sumber : <https://gofir.co.id/mata-bor-twist-drill/>)

Tabel 2.8. Sudut kemiringan mata bor sesuai dengan aplikasi

Material	Helix angle	Point angle (o)	Lip clearance(o)
Aluminium alloy	Quick	140	12-15
Magnesium alloy	Standard	100	12-15
Brass	Slow	130	10-12
Copper	Quick	125	12-15
Bakelite	Slow	30	12-15
Manganese steel	Slow	130	7-19

(Sumber : Machanical Engineers data handbook)

9.7 Kecepatan potong pengeboran

Pengaturan kecepatan pemotongan sangat penting dalam melakukan pengeboran karena hal ini akan berpengaruh terhadap beban mesin, usia, dan tingkat ketajaman mata bor, serta kualitas hasil pemotongan.

Untuk menghasilkan kualitas dan kuantitas hasil pengeboran berikut ini adalah referensi yang dapat digunakan.

Tabel 10.11. *Drilling feeds* (kecepatan pengeboran)

Drill diameter (mm)	Feed (mm rev ⁻¹)	
	Hard Material*	Soft Material**
1.5	0.05	0.05
3.0	0.05	0.07
6.0	0.07	0.10
9.0	0.10	0.15
12.0	0.12	0.20
19.0	0.18	0.30
25.0	0.22	0.35

*Steels above 0.3 %C and alloy steels.

**Grey cast iron, steels below 0.3 %C, brass, bronze, aluminium alloys, etc.

(Sumber : Mechanical Engineers Data Handbook)

Tabel 2.12. Kecepatan pemotongan pada mesin bor kecepatan tinggi

Material	Speed* (ms ⁻¹)
Cast Iron	0.4-0.6
Mild Steel	0.3-0.6
60/40 brass	0.8-1.0
Medium Carbon Steel	0.2-0.3

*Speed = $nDN/60$ 000 m s⁻¹, where D = diameter (mm), N = number of revolutions per minute.

(Sumber : Mechanical Engineers Data Handbook)

Tabel 2.13. Tabel kecepatan pemotongan dan pemakanan untuk material plastic.

Drilling plastics, cutting speeds and feeds

Material	Condition	Cutting speed (m min ⁻¹)	Feed (mm rev. ⁻¹) for nominal hole diameter (mm) of:							
			1.5	3.0	6.0	12.0	20.0	25.0	30.0	50.0
Polyethylene, polypropylene, TFE-fluorocarbon	Extruded, moulded or cast	33	0.12	0.25	0.30	0.38	0.46	0.50	0.64	0.76
High-impact styrene, modified acrylic	Extruded, moulded or cast	33	0.05	0.10	0	0.15	0.15	0.20	0.20	0.25
Nylon, acetals, polycarbonate	Moulded	33	0.05	0.12	0.1	0.20	0.25	0.30	0.38	0.38
Polystyrene	Moulded or extruded	66	0.03	0.05	0	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20
Soft grades of thermosetting plastic	Cast, moulded or filled	50	0.08	0.13	0	0.20	0.25	0.30	0.38	0.38
Hard grades of thermosetting plastic	Cast, moulded or filled	33	0.05	0.13	0.15	0.20	0.25	0.30	0.38	0.38

(Sumber : Mechanical Engineers Data Handbook)

Tabel 2.14. Minyak pelumas untuk proses pengeboran, pembesaran dan pembuatan lobang ulir

Material	Drilling	Reaming	Tapping
Mild steel (hot and cold rolled)	Soluble oil, mineral oil, lard oil	Mineral lard oil	Soluble oil, lard oil
Tool steel (carbon and high speed)	Soluble oil, lard oil with sulphur	Lard oil	Sulphur base oil, mineral lard oil
Alloy steel	Soluble oil, mineral oil	Lard oil	Sulphur base oil, mineral lard oil
Brass and bronze	Dry, lard oil, paraffin mixture	Soluble oil	Soluble oil, lard oil
Copper	Soluble oil	Soluble oil	Soluble oil, lard oil
Aluminium	Paraffin, lard oil	Mineral lard oil	Soluble oil, mineral lard oil
Monel metal	Lard oil, sulphur base oil	Mineral lard oil, sulphur base oil	Mineral lard oil, sulphur base oil
Malleable iron	Soluble oil	Soluble oil	Soluble oil
Cast iron	Dry	Dry	Dry, lard oil for nickel cast iron

(Sumber : Mechanical Engineers Data Handbook)

Tabel 2.15.Ukuran mata bor dsalam pembuatan lobang ulir matrik.

Nominal diameter (mm)	Thread pitch (mm)	Tap drill size (mm)	Nominal diameter (mm)	Thread pitch (mm)	Tap drill size (mm)
1.6	0.35	1.20	20.0	2.50	17.5
2.0	0.40	1.60	24.0	3.0	21.0
2.5	0.45	2.05	30.0	3.50	26.5
3.0	0.50	2.50	36.0	4.00	32.0
3.5	0.60	2.90	42.0	4.50	37.5
4.0	0.70	3.30	48.0	5.00	43.0
5.0	0.80	4.20	56.0	5.50	50.5
6.0	1.0	5.30	64.0	6.00	58.0
8.0	1.25	6.80	72.0	6.00	66.0
10.0	1.50	8.50	80.0	6.00	74.0
12.0	1.75	10.20	90.0	6.00	84.0
14.0	2.00	12.00	100.0	6.00	94.0
16.0	2.00	14.00			

(Sumber : Mechanical Engineers Data Handbook)

Pedoman Umum Mesin

- 1) Nilai umpan atau kecepatan pemakanan dan kecepatan mesin (rpm) yang lebih tinggi hanya digunakan untuk bahan yang lebih lunak.
- 2) Nilai umpan atau kecepatan pemakanan dan kecepatan mesin (rpm) yang lebih rendah harus digunakan pada bahan yang lebih keras.

Rekomendasi kecepatan dan Pemakanan untuk pengeboran lubang saat mengebor lubang yang dalam, yang memiliki banyak lapisan dan banyak material, kecepatan bor dan laju umpan perlu dipertimbangkan dan disesuaikan. Pengeboran lubang dalam dipertimbangkan ketika kedalaman lubang yang dibor tiga kali atau lebih dari diameter mata bor yang digunakan. Aturan praktis dan perhitungan yang mudah adalah mengurangi kecepatan dan umpan sebesar 50% saat mengebor lebih dalam dari tiga kali diameter bor. Contoh tipikal aplikasi mata bor yang digunakan di bengkel adalah sebagai berikut:

Saat mengebor papan lantai kayu keras untuk trailer, disarankan agar RPM dan kecepatan umpan dikurangi. Alasannya adalah kekerasan material dan kedalaman lubang yang dipotong. -Jika menggunakan mata bor 5/16" yang akan mengebor melalui papan kayu keras 1-3/8", tingkat kecepatan yang disarankan adalah 1.500 RPM. Namun, saat mengebor lubang yang lebih dalam, disarankan untuk mengurangi RPM dan laju pemakanan bila lebih dari tiga kali kedalaman lubang terhadap diameter. -Sebuah lubang sedalam 1-3/8" (1,375) dibagi dengan 5/16" (0,3125) adalah 4,4 kali diameter mata bor ($1,375 / 0,3125 = 4,4$). Laju kecepatan (RPM) harus dikurangi 50% (dari 1.5000 menjadi 750 RPM) dan laju umpan juga dikurangi.

Rekomendasi di atas adalah untuk kedalaman lubang hingga dua kali diameter bor. Ketika kedalaman lubang

mencapai tiga sampai enam kali diameter, kecepatan masing-masing harus dikurangi 10% hingga 35% dan umpan harus dikurangi masing-masing 10% hingga 20%.

Untuk memudahkan teknik pengeboran dapat menggunakan rumus berikut ini.

Rumus pengeboran :

Kecepatan pemotongan atau *cutting speed* :

$$V_c = \frac{D_t \times \pi \times RPM}{1000} \quad [2.1]$$

Putaran bor (*revolution per minutes*, RPM) :

$$\frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_t} \quad [2.2]$$

Kecepatan pemakanan atau *Feed rate mm/min*

$$f_m = f_r \times rpm \quad [2.3]$$

Feed per revolution

atau kecepatan pemakanan setiap putaran :

$$f_r = \frac{f_m}{rpm} \quad [2.4]$$

Di mana :

D_t : Drill diameter (mm)

Rpm : revolution perminutes

V_c :Cutting speed (m/min)

Fr : Feed rate (mm/rev)

Fm : Feed (mm/min)

2.8 Cara mengoperasikan mesin bor

2.8.1 Langkah Pesiapan

Tindakan keamanan untuk menjamin kesehatan dan keselamatan kerja dalam mengoperasikan mesin bor.

1. Selalu ikuti instruksi yang diberikan oleh pengawas anda. (Gunakan mesin hanya jika Anda memiliki izin dan telah dilatih untuk menggunakannya).
2. Jepit benda kerja dengan kuat dan pastikan benda kerja tidak menggantung atau posisi duduk pada meja datau ragam, jangan pegang benda kerja di tangan Anda.
3. Gunakan pelindung kepala, pelindung mata digunakan untuk menghindari percikan atau lompatan geram dan cairan pendingin ke mata atau wajah.



Gambar 2.151. Penggunaan alat kelengkapan keselamatan kerja

4. Kenakan pakaian, apron, sarung tangan, dan alas kaki keselamatan.



Gambar 2.152. Menggunakan Apron, Helem, Sarung Tangan dan Kaca mata.

5. Untuk yang memiliki rambut panjang, Ikat rambut panjang ke belakang atau gunakan jaring rambut.
6. Hanya satu orang pada satu waktu, untuk menggunakan mesin bor.
7. Jangan mengalihkan atau mengganggu konsentrasi atau perhatian orang yang sedang mengoperasikan mesin bor.
8. Jika menggunakan mesin bor tangan pastikan pegangan bor mampu menahan torsi dan berat mesin bor.

2.8.2 Langkah Pengeboran

1. Siapkan mata bor sesuai dengan kebutuhan dan pasang dengan benar menggunakan kunci sesuai ukuran.



Gambar 2.153. Memasang matabor harus menggunakan kunci, memasang mata bor tidak menggunakan alat yang sesuai adalah tindakan tidak aman

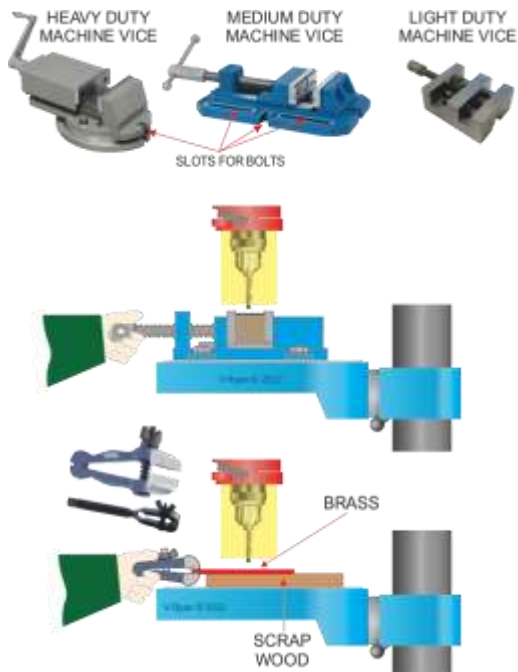
2. Siapkan Workpiece atau benda kerja yang akan dibor.
3. Pastikan benda kerja pada kondisi bersih dan telah diberikan tanda menggunakan *center punch* (penitik).
7. Jepit benda kerja seacara kuat.



Gambar 2.154. Jangan mengebor benda kerja tapi alat penjepit

8. Poin untuk Dicatat:

- a. Jaga agar titik bor selalu tajam
- b. Hindari tekanan pengeboran yang berlebihan karena akan bergesekan dengan benda kerja sehingga timbul panas yang berlebih dan justru akan merusak mata bor
- c. Hindari titik bor yang terlalu panas
- d. Hindari pendinginan tiba-tiba pada titik bor karena akan merusak struktur bahan.
- e. Gunakan pasokan pendingin yang cukup sehingga mampu memepertahankan suhu benda kerja dan mata bor pada suhu kamar sehingga tidak merubah struktur bahan ataupun mesrusak mata bor.



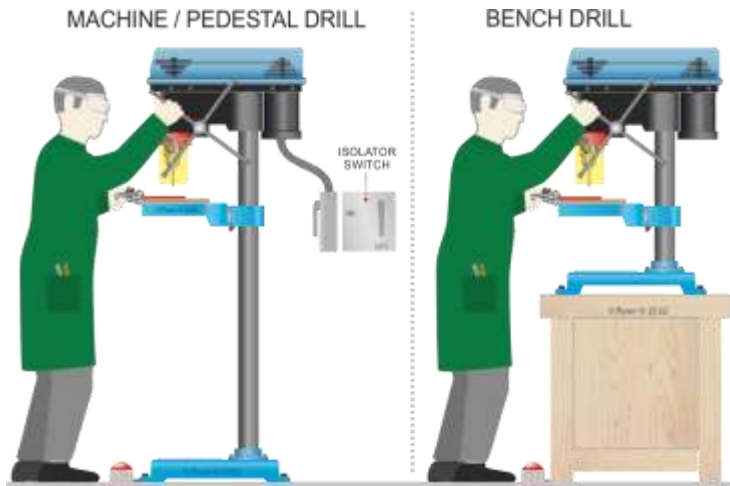
Gambar 2.155. Jenis penjepit / ragum / catok dan teknik menjepit benda kerja yang dapat digunakan pada mesin bor



Gambar 2.156. Teknik menjepit benda kerja menggunakan tang jepit (*vice grip*)



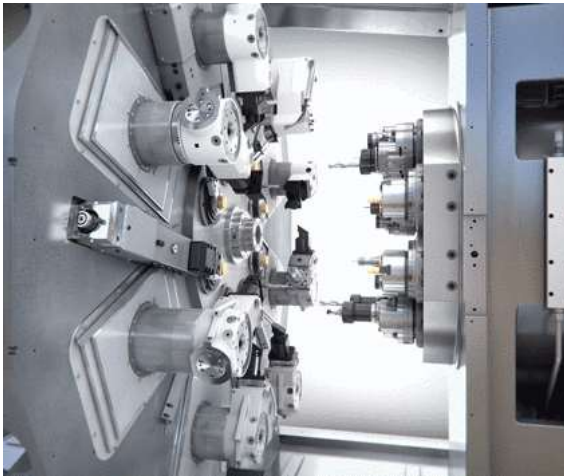
Gambar 2.157. Teknik menjepit benda kerja dengan klem “C”
(sumber : <https://technologystudent.com/>)



Gambar 2.158. Instalasi mesin bor dengan pengaman tombol darurat berada di lantai.
(sumber : <https://technologystudent.com/>)

2.159 Kesimpulan

Pada dasarnya setiap pembuatan lubang menggunakan mata bor adalah proses pengeboran. Namun dalam perkembangan saat ini untuk mengurangi waktu produksi pembuatan lubang dapat digabungkan sekaligus dalam satu unit mesin misalnya mesin CNC miliing dengan multi turet atau CNC multi axis.



Gambar 2.160. CNC Multi spindle.

Mesin CNC dapat diprogram untuk mengakomodasi seluruh aktivitas yang tidak memerlukan pemindahan benda kerja untuk melakukan tahapan yang berbeda sehingga menghemat waktu produksi, meningkatkan kualitas, menjamin keselamatan kerja dan meningkatkan produktifitas. Perkembangan peralatan dan teknik pengeboran material tidak dapat dipisahkan dengan kemampuan sumberdaya manusia dalam bidang manufakturing, untuk itu peran lembaga pendidikan, lembaga swasta dan pemerintah harus ditingkatkan demi kemajuan bangsa dan negara Indonesia dalam bidang manufaktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Wibowo, C., Sukarno, S., Nursanti, Y. B., & Dewadi, F. M. 2022. Kebutuhan Perguruan Tinggi di Wonogiri sebagai Bagian dari Pengembangan Sumber Daya Manusia. *VISIONER : Jurnal Penelitian Komunikasi dan Sosial Politik*, IV(1), 20-27.
- (BSN), B. S. 2021, September 3. Metode uji komposit serat berpolimer sebagai penulangan atau perkuatan struktur beton dan masonri (ACI 440.3R-12, IDT),. *Penetapan Standar Nasional Indonesia 8972:2021*. Jakarta, Jakarta, Indonesia: BSN.
- Ashby, M. F. 2005. *Materials Selection in Materials Selection in* . Londong: Elsevier.
- Britanica.com. 2023, March. <https://www.britannica.com/>. Retrieved from <https://www.britannica.com/:https://www.britannica.com/summary/steam-engine>
- Carvill, J. 2003. *Mechanical Engineer's Data Handbook*. Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Compositesworld. (2023, April 19). <https://www.compositesworld.com/>. Retrieved from <https://www.compositesworld.com/>.
- Dewadi, F. M. 2016. *Perancangan Mesin Roll Pelat Dengan Penggerak Motor Listrik Ac 1 Fasa Kapasitas Daya Listrik 180 W*. Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal.
- Dewadi, F. M., Dahlan, D., & Maulana, E. 2019. Frame e-Bike Optimization Capacity 48V. *JOJAPS*, XIV, 129-138.
- 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.
- Keithmoble, R. 2008. *Maintenance Engineering Handbook 7th*

- Edition*. Tennessee: MC Graw Hill.
- Oberg, E. 2008. *Machinery's Handbook 28th Edition*. New York: Industrial Press Inc., New York, NY.
- Perry, R. H., Maloney, J. O., & Green, D. W. 1999. *Perry's Chemical Engineering Handbok*. New York: McGraw-Hill.
- Priyanka, P. 2017. High-Strength Hybrid Textile Composites with Carbon, Kevlar, and E-Glass Fibers for Impact-Resistant Structures. A Review. *Mechanics of Composite Materials*.
- Rizaty, M. A. 2022. *databooks*. Retrieved 02 15, 2022, from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/15/daftar-negara-produsen-litium-terbesar-di-skala-global>
- Ryan, V. 2023, June 6. <https://technologystudent.com>. Retrieved from <https://technologystudent.com>: <https://technologystudent.com/pwtol/pwtolex.htm>
- Serope Kalpakjian, S. R. 2010. *Manufacturing Engineering and Technology*. New York: Prentice Hall.
- Widetop. 2023, July 10. www.hss-drill-bits.com. Retrieved from www.hss-drill-bits.com: <https://www.hss-drill-bits.com/about.html>

BAB 3

RENCANA PENGOPERASIAN KERJA

Oleh Karyadi

3.1 Pengertian Perencanaan

Penciptaan produk (barang/jasa) disebut sebagai produksi. Tindakan mengubah input menjadi output adalah cara lain untuk mendefinisikan produksi. Perencanaan adalah proses atau kegiatan mengubah input menjadi output untuk menghasilkan barang (Efendi, 2019). Kegiatan mengoordinasikan berbagai penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien dalam upaya menghasilkan produk atau memperluas penggunaannya dapat juga disebut sebagai manajemen produksi dan operasi (Setiyawan, Hidayat and Syamsi, 2021). Skema perencanaan dapat diimplementasikan dalam diagram pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema Perencanaan
(Sumber : (Setiyawan, Hidayat and Syamsi, 2021))

Dari skema yang telah dijelaskan pada Gambar 5.1 setiap perencanaan memiliki tahapan-tahapan dalam memecahkan sebuah masalah yang ada dari supplier hingga bisa sampai ke tangan pelanggan maka dari itu perencanaan pada pengoperasian kerja sangat dibutuhkan dalam

mengembangkan suatu produk. Dari perencanaan tersebut maka harus meninjau beberapa faktor.

3.2 Faktor-faktor Perencanaan

Setiap semua perencanaan mengalami beberapa faktor yang menghambat ataupun mendukung kegiatan dalam menghasilkan produksi. maka dari itu faktor yang timbul pada saat proses perencanaan harus ditinjau dan dikalkulasi supaya tidak menimbulkan kerugian dalam operasional kerja.

3.2.1 Faktor SDM

Faktor sumber daya manusia sangat berpengaruh dalam sektor proses produksi pada industri. sumber daya manusia menjadikan salah satu faktor utama yang mendukung dalam efektivitas hasil produksi yang dilakukan pada industri. faktor sumber daya manusia yang perlu ditinjau adalah dari segi usia, Beban kinerja dan gaji sehingga dengan peninjauan tersebut maka dapat menghasilkan sumber daya yang baik untuk melangsungkan proses produksi pada industri dalam rencana pengoperasian kerja. pada faktor sumber daya manusia juga perlu ditinjau dari segi kesehatan dan keselamatan kerja(Yasin and Priyono, 2016).



Gambar 3.2. Sumber Daya Manusia

(Sumber : <https://mnews.co.id/read/berita-lainnya/kawal-sektor-industri-kemenperin-pacu-sdm-produktif/>)

Bentuk umum fungsi produksi *Cobb-Douglas* dapat digunakan untuk merumuskan rumus berikut untuk mengukur produktivitas:

$$Q = \delta \cdot I^a$$

Keterangan:

Q = Output

I = enis input yang digunakan dalam proses produksi dan dipertimbangkan untuk dikaji

δ = indeks efisiensi penggunaan input dalam menghasilkan output

a = elastisitas produksi dari input yang digunakan

3.2.2 Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan juga menjadi salah satu proses produksi yang mengalami beberapa faktor yang harus ditinjau agar terciptanya lingkungan kerja yang baik dan efisien. Lingkungan kerja mengalami dua faktor yaitu faktor lingkungan kinerja bagi para tenaga kerja dan faktor lingkungan bagi pembuangan limbah hasil proses produksi. Jadi kedua faktor lingkungan tersebut harus dilihat dari beberapa sisi, dari faktor lingkungan tempat kerja para pekerja harus bebas dari intimidasi dan penyiksaan bagi karyawan-karyawan pekerja maka dari itu jika faktor negatif hal tersebut terhindari maka para karyawan dapat bekerja dengan baik dan menghasilkan produktivitas yang baik juga. faktor lingkungan hasil limbah juga harus ditinjau salah satunya hasil produksi yang menghasilkan limbah harus diolah dan menghasilkan sumber pembuangan yang tidak dapat merusak lingkungan sekitar baik lingkungan di area industri maupun lingkungan yang dapat merusak perumahan warga (Arifin and Supriyanto, 2012).

3.2.3 Faktor Pendukung Pengoperasian

Faktor pendukung operasional Biasanya pada industri produksi selalu berkaitan dengan permesinan produksi maupun alat dan bahan untuk menunjang hasil proses produksi pada industri. contohnya pada produksi molding injection pada botol plastik air mineral banyak menggunakan mesin-mesin pneumatik maupun hidrolik sebagai proses produksi otomatis dalam mencetak botol minuman air mineral. faktor pendukung tersebut juga menjadi kunci utama dalam menangani dan menyelesaikan permasalahan dalam perencanaan pengoperasian kerja (Subari *et al.*, 2012).



Gambar 3.3. Mesin pendukung proses produksi
(Sumber : <https://www.seven-ocean.com.tw/id/application/Hidrolik-dalam-Injeksi-Plastik/applications-plastic-injection.html>)

3.3 Rencana Pengoperasian Kerja

Dalam mengambil sebuah keputusan proses maka dibutuhkan rencana pengoperasian kerja yang sistematis dan akurat dalam menghasilkan hasil produksi yang sesuai dan tepat sesuai dengan permintaan konsumen. Adapun rencana pengoperasian kerja harus meliputi konsep manajemen operasional, proses pengambilan keputusan dan produktivitas.

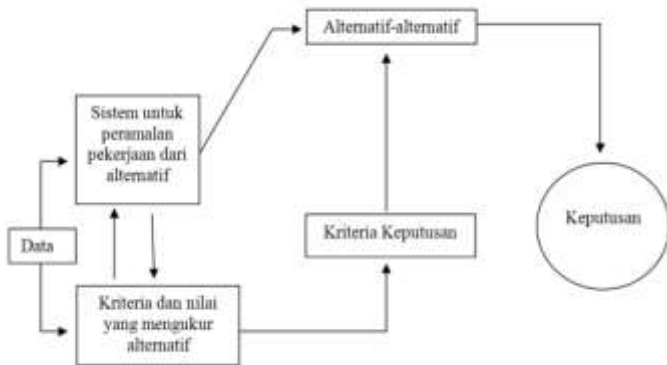
3.3.1 Konsep Manajemen Operasional

Konsep manajemen operasional harus memiliki kegiatan Input dan Output dalam melakukan proses produksi (Cuandra *et al.*, 2023), didalam proses tersebut harus memiliki konsep yaitu:

1. *Project Management Planning*
2. *Forecasting Management (Defination and Type of Foresting)*
3. *Design of Goods and Services*
4. *Managing Quality*
5. *Process Strategy*
6. *Location Strategies*
7. *Layout Strategies*
8. *Supply Chain Management (SCM)*
9. *Inventory Management (System & Control)*

3.3.2 Proses Pengambilan Keputusan

Langkah pertama dalam membuat keputusan adalah mengidentifikasi potensi masalah dan solusinya. Selanjutnya, memilih standar pengukuran atau perbandingan untuk setiap alternatif yang dapat menghasilkan manfaat sebesar mungkin dengan risiko yang paling kecil (Efendi, 2019).



Gambar 3.4. Skema pengambilan keputusan
(Sumber : (Efendi, 2019))

3.3.3 Produktivitas

Produktivitas hasil produksi yaitu pengaruh antara jasa sebagai input dan hasil dari produksi sebagai output ditinjau dan dilihat seberapa besar produktivitas yang dihasilkan apakah Lebih tinggi dari jasa atau lebih tinggi hasil produksi ketimbang dengan jasa yang dihasilkan(Syamsudin, Sucipto and Sartika, 2022), maka berikut persamaan yang digunakan untuk melihat produktivitas hasil produksi:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Jumlah Output} \times \text{harga/unit}}{\text{Jumlah input} \times \text{harga/unit}}$$

3.4 Desain Produk Dan Proses

Desain produk merupakan perencanaan awal dalam merancang sebuah produk yang akan dibuat setelah dari perancangan produk tersebut atau desain produk maka nilai bukanlah proses. hasil proses bermula dari desain produk yang telah diputuskan dan diambil sebuah keputusan.

3.4.1 Desain Produk

Persaingan pasar industri semakin ke depan terus meningkat sehingga beberapa produk terbaru sering bermunculan dan dapat bersaing di pasar nasional maupun internasional. sehingga desain produk juga harus selalu mengalami peningkatan seiring perkembangannya zaman maka dari itu pengaruh desain produk sangat tinggi dalam pengambilan keputusan proses produksi pada rencana pengoperasional kerja(Irvanto and Sujana, 2020).

3.4.2 Strategi Proses

Rencana pengoperasional kerja tergantung dari strategi proses yang dikembangkan dalam suatu industri, penyusunan strategi proses ini berdampak penting dalam menghasilkan suatu proses produksi yang lebih efisien namun memiliki nilai jual yang tinggi maka dari itu beberapa strategi yang perlu

dikembangkan dalam dunia industri(Efendi, 2019) adalah sebagai berikut:

1. Proses produksi terputus-putus (*intermitten process*);
2. Proses produksi kontinu
3. Proses produksi berulang
4. Proses produksi massa

3.5 Pengendalian Persediaan

Dalam menyelesaikan suatu permasalahan pada pengendalian persediaan maka harus dilakukan sebuah peninjauan yang dapat diambil sebuah kesimpulan fakta di lapangan tentang persediaan yaitu memuat tentang pemakaman persediaan, menjelaskan Bagaimana persediaan tersebut, memprediksi persediaan dan mengendalikan kondisi pada persediaan tersebut maka dari itu hal ini melibatkan Beberapa personil anggota dalam memantau persediaan sehingga persediaan tersebut selalu dalam keadaan tersedia. Ketersediaan bahan pada industri sangatlah penting dikarenakan penunjang suatu keberhasilan hasil produksi yaitu adanya bahan baku yang tersedia dan cukup untuk melanjutkan ke proses produksi(Darmawan, Peranginangin and Herowati, 2021).

$$EOQ = \sqrt{2SD/H}$$

Keterangan:

EOQ = Jumlah permintaan

S = Biaya pemesanan

H = Tahunan

D = Kebutuhan

d = D/(Jumlah hari kerja) × L

Keterangan:

d = kebutuhan perhari

D = Kebutuhan bulanan

L = Waktu tenggang

$$\text{Tingkat pelayanan} = \frac{\text{Jumlah permintaan terpenuhi}}{\text{Jumlah seluruh permintaan}}$$

3.6 Aggregate Planning Dan Pola Produksi

3.6.1 Pengertian Aggregate Planning

Kuantitas dan waktu produksi jangka menengah ditentukan melalui perencanaan agregat. Cara terbaik untuk sepenuhnya memenuhi permintaan yang diantisipasi harus ditentukan oleh manajer operasi, yang dapat memilih untuk memodifikasi rata-rata produksi, tingkat penggunaan tenaga kerja, tingkat persediaan, lembur, kerjasama (subkontrak), dan faktor lainnya.

3.6.2 Strategi dalam Perencanaan

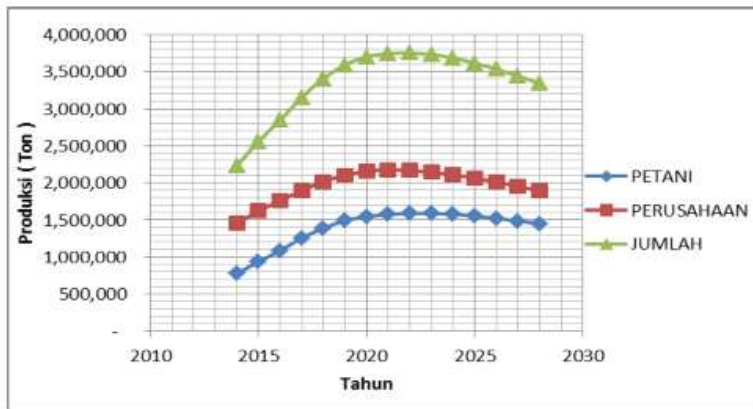
Ada tujuh strategi berbeda yang dapat digunakan saat menyusun perencanaan agregat. Pembahasan berikut ini akan membahas secara mendetail tentang masing-masing dari ketujuh strategi tersebut (Efendi, 2019) (Permatasari, 2017).

1. Memvariasikan Tingkat Persediaan
2. Memvariasikan Jam Kerja
3. Memvariasikan Jumlah Tenaga Kerja
4. Subkontrak
5. Pekerja Paruh Waktu
6. Mempengaruhi Permintaan
7. Pemesanan Tertunda Selama Periode Permintaan Tinggi

3.6.3 Pola Produksi

Rencana penjualan dan produksi biasanya merupakan rencana operasional untuk periode waktu tertentu, seperti satu tahun. Rencana penjualan sepanjang tahun bisa mengikuti tren, bergelombang, konstan, atau sedang (Efendi, 2019). Bisnis membutuhkan pola produksi yang dapat memprediksi tingkat produksi untuk setiap periode waktu yang direncanakan untuk

mencapai rencana penjualan(A.Nasution, Fajri, 2015).



Gambar 3.5. Grafik pola produksi
(Sumber : (A.Nasution, Fajri, 2015))

Dengan mengikuti grafik pola produksi pada gambar3.5 maka dapat dijelaskan bahwa peningkatan jumlah produksi mengikuti pola dari hasil bahan mentah perusahaan digabung dengan hasil bahan mentah dari masyarakat atau petani maka dengan demikian pengolahan sistem tersebut memberikan peningkatan per tahun sesuai dengan permintaan pasar dan terus mengalami peningkatan hasil produksi dengan menggunakan pola keseimbangan tersebut.

3.7 Material Requirement Planning

Istilah "*material arrangements*" mengacu pada masalah persediaan dan sistem informasi yang dimaksudkan untuk membuat kuantitas, kualitas, dan harga bahan yang dibeli tepat waktu(Kusuma, 2017). Filosofi ide mengenai konsep material yang tepat pada waktu yang tepat telah lama dikembangkan dan digunakan dalam penyelesaian berbagai proyek industri, dan inilah ide mendasar dibalik Material Requirement Planning

(MRP) itu sendiri.



Gambar 3.6. MRP

(Sumber :

<https://www.kompasiana.com/afpriyanto/641012e94addee468f0adea2/mengenal-metode-mrp-material-requirement-planning-dalam-penjadwalan-industri>)

MRP adalah sistem yang dibuat khusus untuk kondisi permintaan gelombang yang tipikal dan tergantung(Efendi, 2019). Sistem MRP sendiri bertujuan untuk:

1. Menjaga tingkat persediaan seminimal mungkin;
2. Merencanakan penjadwalan, pembelian, dan pengiriman;
3. Memastikan ketersediaan material, barang, dan/atau komponen yang dibutuhkan untuk memenuhi jadwal produksi, termasuk ketersediaan produk bagi konsumen.

3.7.1 Karakteristik Dasar Sistem MRP

Kalimat berikut memberikan gambaran tentang karakteristik sistem MRP(Efendi, 2019).

1. Perhatian terhadap kapan dibutuhkan
2. Perhatian terhadap prioritas pemesanan
3. Penundaan pengiriman permintaan
4. Fungsi integrasi

3.7.2 Proses Perhitungan MRP

Berikut merupakan proses perhitungan MRP dengan menggunakan beberapa rangkaian khusus yaitu(Efendi, 2019)(Maslihan, 2019) :

1. Menentukan Kebutuhan Bersih
2. Menentukan Jumlah Pesanan
3. Menentukan BOM dan Kebutuhan Kotor Setiap Komponen
4. Menentukan Tanggal Pemesanan

Dalam perhitungan proses MRP dibutuhkan sebuah data perhitungan peramalan terhadap perlindungan secara data aktual maka dari itu perhitungan MRP menghasilkan beberapa data yang mencakup antara lain:

1. *Mean Absolute Deviation (MAD)*
2. *Mean Squared Error (MSE)*
3. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*
4. *Teknik Fixed Order Quantity (FOQ)*
5. *Teknik Lot for Lot (LFL)*
6. *Teknik Fixed Period Requirement (FPR)*
7. *Teknik Economic Order Quantity (EOQ)*
8. *Teknik Period Order Quantity (POQ)*

Dari persamaan yang telah dijelaskan tersebut maka kesimpulan yang dapat diambil dari perhitungan MRP ini adalah di mana permintaan suatu barang baik secara peramalan maupun secara aktual akan memperoleh data yang spesifik dalam pengendali ketersediaan barang sekaligus permintaan pada rencana operasional kerja yang akan dilakukan pada proses produksi. Maka presentasi antara peramalan dan aktual dapat dipertimbangkan dalam proses produksi di industri(Maslihan, 2019).

3.8 Pemeliharaan Dan Kebijakan Penggantian Mesin

Proses pemeliharaan dan pergantian mesin merupakan kegiatan rutin yang selalu harus menjadi pemantauan agar kualitas mesin dan kinerja mesin tetap baik untuk menunjang produktivitas dalam melakukan proses produksi.

3.8.1 Pemeliharaan dan Reliabilitas

Mempertahankan kapasitas mesin dan peralatan sesuai dengan sistem pengendalian biaya produksi adalah tujuan pemeliharaan dan keandalan, yang memungkinkan efisiensi. Yang dimaksud dengan "pemeliharaan" adalah semua tindakan yang dilakukan untuk menjaga agar mesin dan peralatan tetap berfungsi dengan baik sehingga dapat menyelesaikan tugas yang dibebankan kepadanya. Kemampuan menggunakan produk, mesin, atau barang lain untuk beroperasi sebagaimana dimaksud dalam keadaan tertentu disebut sebagai keandalan. Reliabilitas (ketahanan) untuk mendukung suatu sistem tertentu terkait dengan perubahan pada setiap bagian komponen, dan perubahan tersebut secara konsisten tetap sejalan dengan kinerja yang diharapkan (Efendi, 2019). Rumus berikut dapat digunakan dengan teknik penentuan keandalan sistem:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Keterangan : R_s = Sistem reliabilitas

R_1 = Reliabilitas komponen 1

R_2 = Reliabilitas komponen 2

Komponen yang di uji :

$$FR(\%) = \frac{\text{Jumlah gagal}}{\text{Jumlah yang di uji}} \times 100$$

$$FR(N) = \frac{\text{Jumlah gagal}}{\text{jumlah komponen selama di uji}}$$

Titik tengah waktu antara komponen yang mengalami kegagalan :

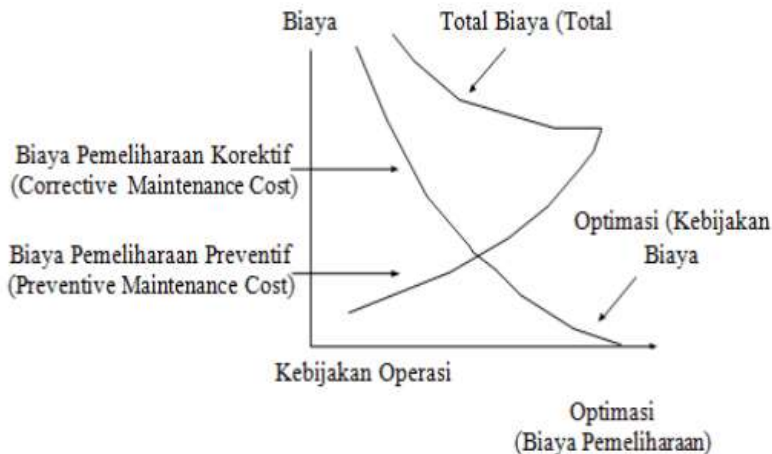
$$MRBF = \frac{1}{FR(N)}$$

3.8.2 Macam-Macam Pemeliharaan

Proses pemeliharaan permesinan ditinjau secara rutin untuk melihat kualitas dari mesin tersebut dalam masa pengoperasional, dengan peninjauan pemeliharaan perkebunan tersebut mesin dapat dilihat apakah bekerja dengan baik atau tidak. Jika pengerjaan mesin tersebut mengalami penurunan maka harus dilakukan perbaikan, adapun faktor dalam proses perbaikan Yaitu mencakup dari desain layout dan proses pemeliharaan. Fungsi dari desain layout tersebut merupakan untuk menentukan tata letak tahapan perbaikan dan pengecekan volume kinerja mesin(Hermawan, 2018). Proses pemeliharaan bermesin dan juga memiliki beberapa macam tergantung dari kebutuhan pada saat dilakukan perbaikan berikut merupakan macam-macam perbaikan pada permesinan:

1. Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance*), Tujuan dari kegiatan pemeliharaan preventif adalah untuk menghentikan kerusakan yang tidak terduga terjadi pada fasilitas produksi yang digunakan dalam proses produksi.
2. Pemeliharaan Korektif (*Breakdown Maintenance*), Pemeliharaan korektif adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan setelah peralatan dan fasilitas rusak dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Misalnya, karena ada jaminan (*after-sales service*) yang hanya berfokus pada perawatan setelah terjadi kerusakan mesin dan peralatan terkait dan memerlukan pembongkaran total (*breakdown*), maka mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses konversi cenderung mengabaikan perawatan preventif.

3. Pemeliharaan Produktivitas Secara Total, Menurut teori, biaya pemeliharaan korektif termasuk dalam total biaya pemeliharaan dan ditunjukkan oleh kurva berikut berbanding terbalik dengan biaya pemeliharaan preventif.



Gambar 3.7. Grafik biaya pemeliharaan
(Sumber : (Efendi, 2019))

3.8.3 Alasan Penggantian Mesin

Berikut merupakan beberapa alasan mengapa mesin produksi harus selalu dilakukan penggantian :

1. Peningkatan laba bila menggunakan mesin baru.
2. Penggunaan mesin rusak akan mengalami kerugian yaitu :bertambahnya waktu pengerjaan, menurunnya produksi, menurunnya kualitas dan bertambahnya biaya kerja.
3. Mesin sudah kuno dan termakan oleh zaman yang semakin canggih.
4. Permintaan konsumen dari hasil produksi harus menggunakan mesin yang baru.

5. Mesin mengalami keadaan tertentu seperti, bising, sering terjadi kecelakaan, banyak polusi yang dihasilkan, dan sering rusak.

3.8.4 Metode Pemilihan dan Penggantian Mesin

Untuk mengganti peralatan usang dan memilih atau membeli mesin baru, berbagai teknik dapat digunakan. Berikut ini adalah proses pemilihan mesin pengganti.

1. *Annual Cost Saving Approach*
2. *Total Life Average Approach*
3. *Present Worth Method*
4. *The New MAPI Formula*

DAFTAR PUSTAKA

- A.Nasution, Fajri, S. 2015 'Analisa Pola Produksi Kelapa Sawit Dan Keseimbangannya Terhadap Pabrik Kelapa Sawit Di Pantai Barat Aceh', *Agrisepe*, 16(2), pp. 70–76. Available at: <file:///C:/Users/Adilla/Downloads/3048-5894-1-PB.pdf>.
- Arifin, M. and Supriyanto, H.H. 2012. 'Aplikasi Metode Lean Six Sigma Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan', *Jurnal Teknik ITS*, 1(ISSN: 2301-9271), pp. A477–A481.
- Cuandra, F. *et al.* 2023. 'SEIKO : Journal of Management & Business Pengaplikasian Teori Manajemen Operasional Perusahaan Manufaktur PT Asia Cocoa Indonesia pada', *SEIKO : Journal of Management & Business*, 6(2), pp. 395–408.
- Darmawan, N.W., Peranginangin, J.M. and Herowati, R. 2021. 'Analisis Pengendalian Persediaan Obat BPJS Kategori A(Always) Dan E (Esensial) Dengan Menggunakan Metode ABC, VEN Dan EOQ Di IFRS Bhayangkara Tingkat III Nganjuk', *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 6(1), p. 20. doi:10.20961/jpscr.v6i1.38960.
- Efendi, D. 2019. *Manajemen Operasional, Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan Susunan Tim Penyusun*. Available at: <http://repository.unas.ac.id>.
- Hermawan, D.J. 2018. 'Peran Desain Layout Dan Pemeliharaan Fasilitas Produksi Dalam Menunjang Kelancaran Proses Produksi Pada Raja Mie Cokro Kota Probolinggo', *Capital: Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, 2(1), p. 13. doi:10.25273/capital.v2i1.3066.

- Irvanto, O. and Sujana, S. 2020. 'Pengaruh Desain Produk, Pengetahuan Produk, Dan Kesadaran Merek Terhadap Minat Beli Produk Eiger', *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, 8(2), pp. 105–126. doi:10.37641/jimkes.v8i2.331.
- Kusuma, T.Y.T. 2017, 'Analisis Material Requirement Planning (Mrp)', *INTEGRATED LAB JOURNAL*, 5(2), pp. 81–94.
- Maslihan. 2019. 'Analisis Perancangan Kebutuhan Material Pada Perusahaan Manufaktur Kertas Dengan Metode Material Requirement Planning', *Strategy : Jurnal Teknik Industri*, 1(2), pp. 29–38. doi:10.37753/strategy.v1i2.406.
- Permatasari, A. 2017. 'Analisa konsep perencanaan strategis', *Jurnal Ilmiah Magister Ilmu Administrasi*, 9(2), pp. 13–17. Available at: <http://jurnal.unnur.ac.id/index.php/jimia/article/view/27>.
- Setiyawan, A.A., Hidayat, N.R. and Syamsi, N. 2021. 'Analisa Sistem Pendukung Keputusan untuk Manajemen Operasi Rantai Pasokan', *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 2(2), pp. 7–12. doi:10.34306/abdi.v2i2.488.
- Subari, D. *et al.* 2012. 'EKOEFISIENSI DAN FAKTOR PENDUKUNG DALAM IMPLEMENTASINYA PADA PROSES PRODUKSI INDUSTRI KAYU LAPIS DI KALIMANTAN SELATAN (Ecoefficiency and Supporting Factors in the Implementation on Production Process of Plywood industry in South Kalimantan)', *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 30(3), pp. 171–182.
- Syamsudin, S., Sucipto, E.H. and Sartika, H. 2022. 'Analisa Produktivitas Pada Divisi Produksi PT. XYZ Menggunakan Metode Objective Matrix (OMAX)', *Jurnal Penelitian Teknik industri*, 1(1), pp. 1–12. doi:10.51999/jpti.v1i1.1.

Yasin, M. and Priyono, J. 2016. 'Analisis Faktor Usia, Gaji Dan Beban Tanggungan Terhadap Produksi Home Industri Sepatu Di Sidoarjo (Studi Kasus Di Kecamatan Krian)', *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 1, pp. 95–120.

BAB 4

GERGAJI PEMOTONG

Oleh Dodi Mulyadi

4.1 Pendahuluan

Penggergajian atau proses menggergaji adalah suatu proses pemotongan benda kerja dengan cara membuat celah sempit pada benda kerja dengan menggunakan alat yang bergerigi rapat (atau gergaji). Ukuran celah yang terbentuk sedikit lebih besar daripada ketebalan gergajinya itu sendiri. Proses menggergaji ini biasanya digunakan untuk memisahkan benda kerja menjadi dua bagian atau untuk memotong material mentah menjadi ukuran yang mudah diproses pada mesin atau untuk memotong / membuang bagian yang tidak diinginkan dari suatu benda kerja. Proses operasi ini sering disebut sebagai operasi *cut off*.

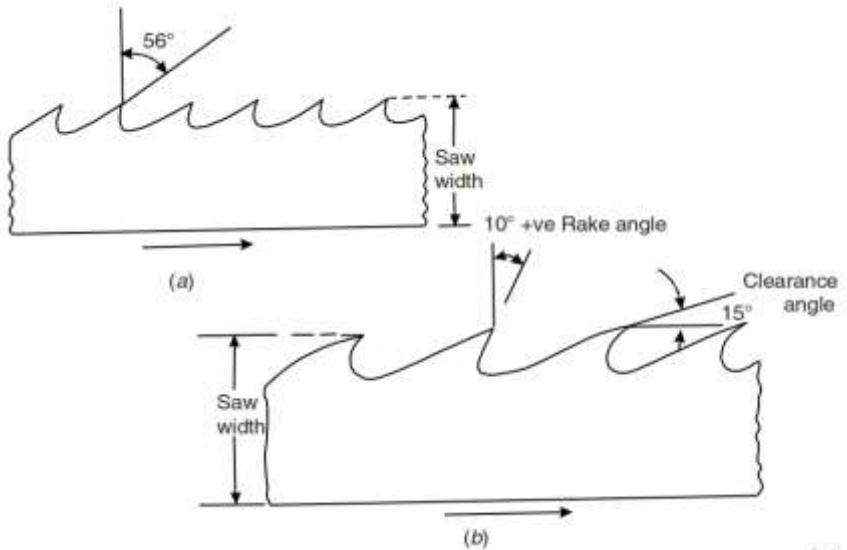
Proses menggergaji merupakan proses manufaktur yang sangat penting karena banyak pabrik yang memerlukan operasi *cut off* pada beberapa urutan kerjanya. Pada sebagian besar operasi penggergajian, benda kerja dibuat tidak bergerak sedangkan mata gergaji digerakkan relatif terhadap benda kerja.

4.2 Bilah Gergaji

Bagian terpenting dari bilah gergaji adalah material, jenis gigi, set gigi, jarak gigi, dan ukuran gigi. Gergaji biasanya terbuat dari material baja karbon, baja paduan *tungsten*, baja *tungsten* kecepatan tinggi, baja *molibdenum*, baja *molibdenum* kecepatan tinggi dan karbida semen. Sebagian besar gergaji mempunyai gigi yang merupakan satu-kesatuan, ada juga yang

memiliki gigi dari bahan keras yang didukung oleh baja fleksibel, dan ada juga yang gigi gergajinya disisipkan.

Bentuk gigi yang umum digunakan pada gergaji ada dua jenis, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.1. Bentuk gigi gergaji yang lurus pada gambar (a) cocok digunakan untuk *pitch* yang halus, sedangkan bentuk gigi pada gambar (b) digunakan untuk *pitch* yang lebih kasar. Bentuk gigi (b) ini secara teoritis lebih baik karena ujung giginya didukung oleh lebih banyak logam. Namun, sulit untuk mendapatkan bentuk gigi ini pada gigi yang kecil.



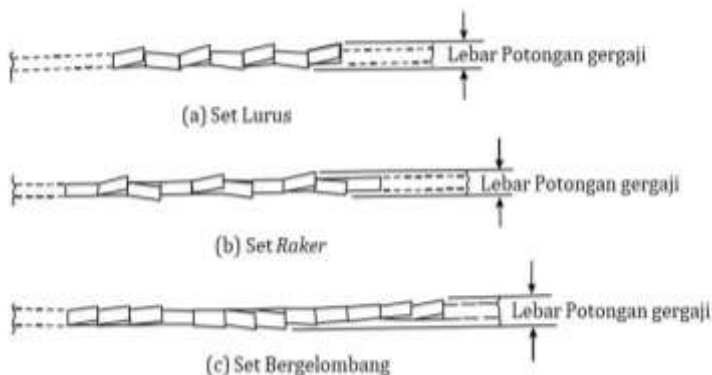
Gambar 4.1. Bentuk Gigi Gergaji
Sumber : (Sharma, 2012)

Set gigi merupakan acuan bagaimana gigi ditebuk atau digeser ke satu sisi atau sisi lainnya dan jumlah pergeserannya. Set ini membuat potongan atau "kerf" (lebar potongan) menjadi lebih lebar daripada ketebalan bilahnya sehingga bilah gergaji tidak akan menempel atau terjepit. Hal ini membuat proses pemotongan menjadi lebih mudah.

Ada tiga jenis set gigi sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4.2**. Bila gigi digeser bergantian ke kanan dan ke kiri, sebagaimana **Gambar 4.2 (a)**, maka disebut sebagai gigi set lurus. Set ini paling cocok untuk penggergajian material logam *non-ferrous* dan non-logam.

Jika satu gigi digeser ke kiri, gigi berikutnya digeser ke kanan dan gigi ketiga tidak bengkok, dan seterusnya berulang-ulang, maka ini disebut sebagai set *raker*, sebagaimana **Gambar 4.2 (b)**. Set ini digunakan untuk memotong logam besi kecuali jika ketebalan logam terlalu tipis.

Ketika beberapa gigi bergeser (terutama setiap dua gigi berturut-turut) menjadi satu arah, dan kemudian beberapa gigi bergeser ke arah yang berlawanan, maka disebut sebagai set bergelombang, sebagaimana **Gambar 4.2 (c)**. Set ini digunakan dengan gigi kecil untuk menggergaji material lembaran yang tipis.



Gambar 4.2. Set Gigi Gergaji

Sumber : (Sharma, 2012)

Jarak gigi atau *pitch* memiliki pengaruh penting terhadap kinerja gergaji. Pemilihan *pitch* untuk pekerjaan penggergajian akan tergantung pada panjang gergaji yang bersentuhan dengan benda kerjanya. Potongan gergaji yang panjang membutuhkan *pitch* gigi kasar karena potongan ini

akan menghasilkan serpihan yang panjang sehingga membutuhkan lebih banyak ruang antara gigi. Demikian pula pada material yang lembut akan membuat serpihan yang panjang sehingga membutuhkan gergaji dengan *pitch* kasar. Adapaun gigi dengan *pitch* yang lebih halus digunakan untuk menggergaji material yang keras. Dan untuk memotong benda kerja yang tipis, setidaknya ada 2 atau 3 gigi yang harus selalu kontak dengan benda kerja untuk menghindari tersangkutnya gigi.

Jumlah gigi pada gergaji tangan umumnya berjumlah 14, 18, 24 dan 32 gigi per satuan inci. Adapun jumlah gigi pada gergaji *power hacksaw* berjumlah lebih sedikit, yakni dari 4 hingga 14 gigi per inci. Demikian juga pada gergaji pita yang mempunyai *pitch* yang kasar dan mungkin memiliki sedikitnya 2 gigi per inci. Pada gergaji lingkaran kecil, *pitch* dapat berkisar dari 0,20 inci hingga 2 inci pada gergaji berdiameter besar untuk pemotongan material lunak.

Ukuran berbagai macam bilah gergaji dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dibawah ini, tetapi tabel tersebut tidak membatasi ukuran yang saat ini beredar di pasaran.

Tabel 4.1. Ukuran Berbagai Jenis Gergaji

Ukuran (mm)	Jenis Gergaji			
	Gergaji Tangan	Power Hacksaw	Gergaji Pita	Gergaji Lingkaran
Tebal	0,64	1,27 - 2,54	0,5 - 1,5	0,8 - 2
Lebar	12,7	25,4 - 50,8	1,6 - 50,8	
Panjang	254 dan 304,8	304,8 - 609,6		
Diameter				203 - 2032

Sumber: (Sharma, 2012)

4.3 Mesin Gergaji

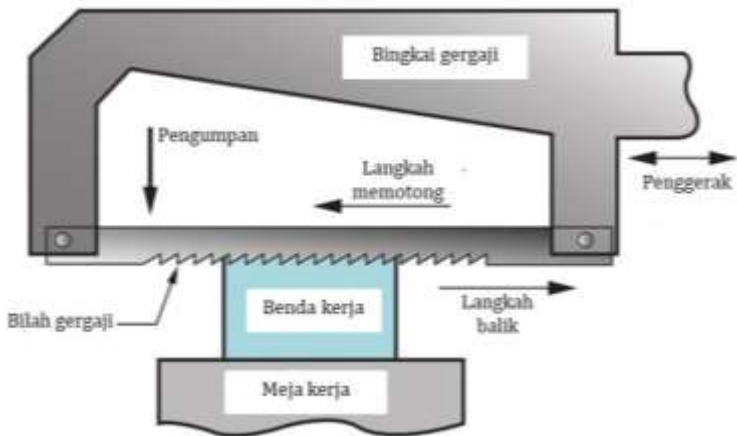
Mesin gergaji pemotong logam diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Gergaji bolak-balik (*Power hacksaws*),
2. Gergaji pita,
3. Gergaji bundar.

4.3.1 Mesin Gergaji Bolak-balik (*Power Hacksaws*)

Power hacksaws menggunakan prinsip bolak-balik linear dari gergaji terhadap benda kerjanya (diperlihatkan pada **Gambar 4.3**).

Proses pemotongan hanya dicapai pada langkah maju dari bilah gergaji, tidak memotong pada saat gergaji bergerak mundur / langkah balik (dewasa ini, hampir semua mesin gergaji tipe ini mengangkat bilah gergaji pada saat langkah balik sehingga dapat mencegah gergaji tumpul). Karena proses pemotongannya intermiten, maka efisiensi pemotongan lebih kecil dibandingkan dengan dua tipe pemotongan lainnya yang bersifat kontinu.



Gambar 4.3. Ilustrasi *Power Hacksaws*
Sumber : (Groover, 2010)

Beberapa mesin gergaji dilengkapi dengan sistem pendingin yang mengirimkan cairan pendingin ke bilah gergaji besi dengan menggunakan pompa. Mesinnya dilengkapi dengan tanki untuk menampung cairan pendingin yang dilengkapi saringan untuk memisahkan serpihan logam.

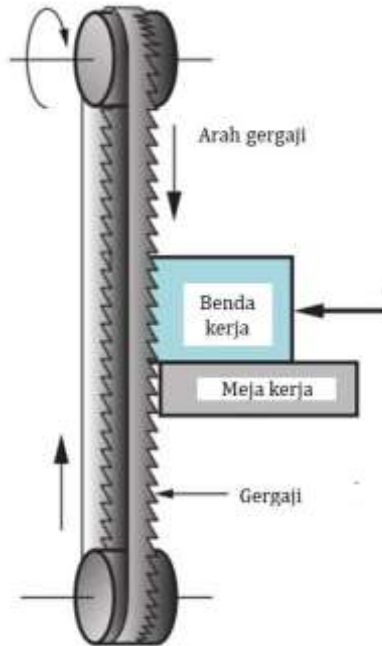
Sebagian besar mesin ini juga dilengkapi dengan ragum yang dapat disesuaikan. Mesin bisa digunakan untuk pemotongan lurus atau pemotongan sudut dengan cara mengatur posisi ragumnya. Pemotongan sudut bisa dilakukan sesuai dengan yang diinginkan hingga sampai 45°.

Kecepatan potong gergaji besi bervariasi tergantung dari material yang dipotong. Kecepatan potong yang disarankan untuk baja ringan (termasuk perunggu dan kuningan) adalah 130 r.p.m; untuk baja perkakas (anil) adalah 90 r.p.m; dan untuk baja perkakas (tidak dianil) adalah 60 r.p.m.

Tekanan pengumpan gergaji bisa diatur sesuai dengan material yang dipotong agar dapat menghasilkan pemotongan yang baik. Sebaiknya gunakan tekanan pengumpan yang besar ketika memotong material lunak dan benda kerja yang besar. Adapun pada material yang keras dan penampang yang kecil, maka gunakan tekanan pengumpan yang ringan.

4.3.2 Mesin Gergaji Pita

Mesin gergaji pita menggunakan gerakan kontinu linier, menggunakan bilah gergaji yang dibentuk melingkar, fleksibel, tak berujung dengan gigi di satu sisi. Mesin gergaji pita ini dapat diklasifikasikan menjadi mesin gergaji vertikal dan mesin gergaji horizontal.



Gambar 4.4. Ilustrasi Gergaji Pita Vertikal
Sumber : (Groover, 2010)

Beberapa kelebihan gergaji pita, diantaranya:

1. Gergaji pita bisa menghasilkan potongan yang lebih akurat dari pada gergaji pada *power hacksaws*.
2. Pemotongan lebih cepat. Gergaji yang panjang dan terus menerus bergerak hanya dalam satu arah, sehingga pemotongan berlangsung terus menerus. Selain itu gergaji dapat bergerak pada kecepatan tinggi karena dapat menghilangkan panas pemotongan dengan cepat.
3. Lebih sedikit limbah. Penampang bilah gergaji yang kecil menghasilkan serpihan yang kecil dan lebih sedikit dibandingkan gergaji yang tebal pada *power hacksaws*.

4. Dapat memotong ke berbagai sudut untuk membuat profil atau kontur.

Gergaji pita umumnya memiliki perangkat pengencang otomatis sehingga kekencangan yang tepat dapat diterapkan pada gergaji pita di setiap saat. Jenis perangkat ini dapat mengurangi keausan dan kerusakan mata pisau yang berlebihan.

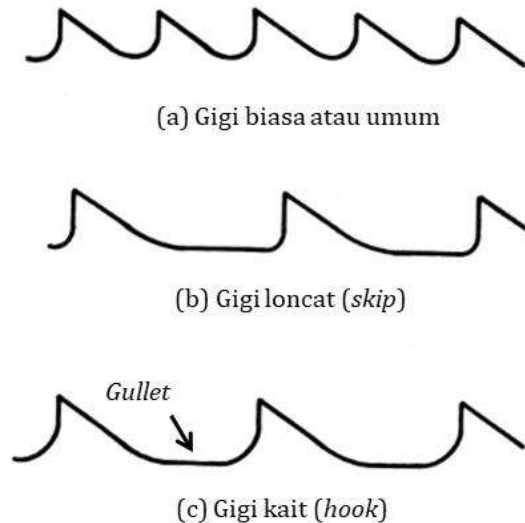
Gergaji pita juga dilengkapi sistem pendingin yang dirancang untuk pekerjaan produksi berkecepatan tinggi. Sistem ini mengalirkan cairan pendingin ke bilah gergaji pita dan benda kerja. Setelah cairan pendingin digunakan, kemudian didaur ulang melalui saringan untuk menghilangkan serpihan dan kotoran.

Bilah gergaji tersedia dengan banyak perbedaan jenis gigi, set gigi, dan *pitch*. Ada tiga jenis gigi pada bilah gergaji yaitu gigi biasa, gigi lompat (*skip*), dan gigi kait (*hook*).

Bilah **gergaji gigi biasa** menyediakan 3 hingga 32 gigi per inci. Jenis set gigi bisa berupa set *raker* atau set bergelombang. Biasanya digunakan untuk pemotongan tujuan umum dan untuk pemotongan semua logam besi, perunggu keras, dan kuningan keras.

Bilah **gergaji gigi loncat** (*skip*) memiliki fitur spasi gigi yang luas (biasanya dari 2 sampai 6 gigi per inci) untuk menyediakan ruang tambahan bagi serpihan material pada proses pemotongan material yang lunak. Gergaji ini mempunyai ciri permukaan lurus dan dengan sudut yang tajam di persimpangan gigi dan *gullet*(^(*)). Karena sudut tajam ini dan permukaan datar cenderung memecah serpihan, maka jenis gigi ini digunakan untuk pemotongan logam *nonferrous* yang sangat lunak yang cenderung menyumbat dan membuat gergaji lengket, seperti aluminium, magnesium, tembaga, dan kuningan lunak. Jenis gergaji ini juga banyak digunakan dalam pemotongan kayu. (^(*)*Gullet* adalah ruang di antara gigi, yang

berfungsi untuk memberi ruang bagi serpihan material agar bisa segera menyingkir setelah serpihan dihasilkan dari proses pemotongan).



Gambar 4.5. Jenis Gigi pada Gergaji Pita

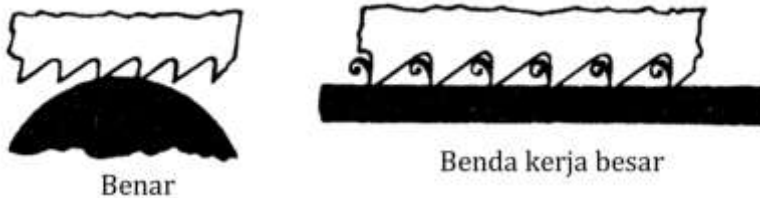
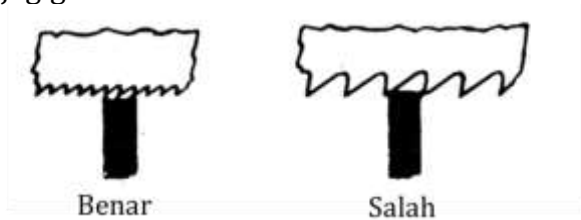
Sumber : (Walker & Dixon, 2019)

Bilah **gergaji gigi kait** (*hook*) mempunyai jarak lebar gigi yang sama dengan gergaji *skip*. Hanya saja gigi kait memiliki profil *undercut* hingga 10° dan *gullet* lebih dalam dengan tambahan radius di antara gigi dan *gullet*. Jenis gigi ini biasanya diaplikasikan untuk pemotongan material paduan *nonferrous* yang keras dan material plastik.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika memilih pengoperasian mesin gergaji pita:

1. Logam kecil dan tipis membutuhkan gigi gergaji yang halus.
2. Logam besar memerlukan gergaji gigi kasar sehingga terdapat celah yang memadai untuk serpihan material.

3. Minimal harus ada dua gigi yang terpasang pada logam saat proses pemotongan berlangsung.
4. Logam yang lunak dan mudah dikerjakan membutuhkan gigi gergaji yang sedikit lebih kasar untuk memberi ruang bagi serpihan, sedangkan logam keras dengan kemampuan proses pemesinan yang rendah membutuhkan gigi gergaji yang halus.
5. Baja tahan karat (*stainless steel*) harus digergaji dengan gergaji gigi kasar.



Gambar 4.6. *Pitch* Gigi yang Benar dan Salah
Sumber : (catalogimages.wiley.com)

Untuk proses pemotongan lurus dan yang memerlukan akurasi tinggi, maka gunakan gergaji terlebar yang bisa masuk ke mesin. Adapun pada proses pemotongan profil atau kontur, maka pilih gergaji dengan lebar yang sesuai untuk aplikasi spesifiknya atau sesuai radius potong yang dibutuhkan. Jenis set gigi untuk pemotongan kontur selalu *raker*, karena jenis gigi ini memberikan jarak ruang yang diperlukan. **Tabel 4.2** dapat digunakan sebagai acuan untuk memilih gergaji yang tepat.

Tabel 4.2. Pemilihan Lebar Gergaji

No	Lebar Gergaji (inci)	Radius terkecil yang bisa dipotong (inci)
1	1/16	1/16
2	3/32	1/8
3	1/8	7/32
4	3/16	3/8
5	1/4	5/8
6	5/16	7/8
7	3/8	1 1/4
8	1/2	3

Sumber: (Walker & Dixon, 2019)

Pemotongan kontur, terutama untuk kontur internal, diperlukan pengeboran terlebih dahulu pada material yang akan dipotong agar mata gergaji bisa dimasukkan. Mata gergaji juga harus dipotong agar bisa dimasukkan ke lubang tersebut dan kemudian disambung kembali dengan cara dilas. Untuk alasan inilah, maka gergaji untuk pemotongan kontur biasanya sudah dilengkapi dengan *resistance butt welding*.

Cairan pendingin harus digunakan untuk semua operasi penggergajian dengan gergaji pita, kecuali untuk pemotongan besi cor. Besi cor selalu dipotong dalam keadaan kering. Untuk pemotongan material besi, hampir semua jenis minyak pendingin dapat memberikan hasil potongan yang baik Adapun untuk pemotongan material alumunium, umumnya menggunakan cairan pendingin parafin atau lilin lebah.

Terdapat tiga (3) jenis pengumpan pada gergaji pita, yaitu dengan cara manual, menggunakan sistem hidrolik, dan secara mekanis. Ketika pemotongan baru dimulai, gergaji jangan terlalu diberikan tekanan. Karena jika terlalu dipaksakan, maka umur bilah gergaji menjadi pendek (karena

bilah gergaji mengalami panas berlebih, gigi aus sebelum waktunya dan bahkan dapat terjadi gigi patah) dan hasil pemotongannya tidak bagus atau benda kerjanya menjadi rusak.

Beberapa acuan berikut ini dapat digunakan dalam penentuan tekanan pengumpan gergaji:

1. Gunakan tekanan pengumpan yang moderat atau sedang saat pemotongan lurus dan diinginkan hasil yang akurat.
2. Hindari tekanan gergaji yang berlebihan karena akan menimbulkan gergaji berdecit dan bergetar.
3. Pelajari jenis serpihan yang terbentuk. Serpihan yang halus menunjukkan tekanan pengumpan gergaji terlalu rendah, sehingga gergaji hanya bergesekan dengan permukaan benda kerja bukan memotong benda kerja. Serpihan yang berubah warnanya, kebiru-biruan, atau coklat-kuning pucat menunjukkan gergaji mengalami tekanan berlebih. Tekanan berlebih ini dapat menyebabkan gigi rusak dan patah, atau aus sebelum waktunya karena kepanasan. Jenis serpihan yang melingkar (atau keriting) bebas menunjukkan tekanan pengumpan yang ideal dengan kecepatan tercepat dan umur gergaji terlama.

Tabel 4.3. Rekomendasi Kecepatan Potong

Material	Tebal Material (mm)	Kecepatan Pita per menit	Gergaji (meter)
Aluminum (paduan)	--	110	
Baja Karbon Rendah hingga Medium	< 25	105 - 110	
	25 - 150	90 - 105	
Baja Karbon Medium hingga Tinggi	< 25	70 - 75	
	25 - 150	60 - 70	
Baja Pemesinan Bebas	< 25	80 - 120	

Material	Tebal Material (mm)	Kecepatan Pita per menit	Gergaji (meter)
	25 - 150	80 - 105	
Titanium (murni dan paduan)	< 25	30 - 35	
	150	35	

Sumber: (Walker & Dixon, 2019)

Tabel 4.4. Rekomendasi Penyelesaian Masalah

Penyelesaian Masalah				
No	Masalah	Saran Penyelesaian		
1	Gigi cepat tumpul	a	Gunakan kecepatan potong yang lebih lambat	
		b	Ganti gergaji dengan <i>pitch</i> yang lebih halus	
		c	Pastikan menggunakan cairan pendingin yang tepat	
		d	Naikan tekanan pengumpan gergaji	
2	Gigi patah	a	Kurangi tekanan pengumpan gergaji	
		b	Untuk material tipis, gunakan gergaji <i>pitch</i> halus	
		c	Pastikan benda kerja dicengkram kuat saat proses pemotongan	
		d	Gunakan cairan pendingin untuk <i>heavy duty</i>	
3	Gergaji putus	a	Ganti gergaji ke tipe beban lebih besar	
		b	Kurangi kecepatan potong	
		c	Periksa roda dari kerusakan	
		d	Jika patah saat dilas, gunakan waktu anil yang lebih lama, kurangi panas secara bertahap	

Penyelesaian Masalah			
No	Masalah	Saran Penyelesaian	
		e	Gunakan <i>pitch</i> yang lebih halus
		f	Kurangi tekanan pengumpan
		g	Kurangi tegangan gergaji pita
		h	Periksa dan atur pengarah gergaji dengan tepat
		i	Gunakan cairan pendingin
4	Pemotongan lambat	a	Naikan kecepatan gergaji
		b	Gunakan <i>pitch</i> yang lebih kasar
		c	Tingkatkan tekanan pengumpan
		d	Gunakan cairan pendingin
5	Gergaji menggelem-bung	a	Naikan tegangan gergaji
		b	Atur pengarah agar dekat ke benda kerja
		c	Gunakan <i>pitch</i> yang lebih kasar
		d	Naikan tekanan pengumpan

Sumber: (Walker & Dixon, 2019)

Salah satu faktor terpenting dalam keberhasilan penggergajian pita adalah kecepatan potong yang tepat. Jika mesin dioperasikan pada kecepatan yang terlalu cepat, maka gergaji tidak mempunyai waktu yang cukup untuk menggali atau memakan material, sehingga gergaji hanya bergesekan di permukaan benda kerja. Hal ini dapat menyebabkan gigi gergaji menjadi cepat tumpul dan aus. **Tabel 4.3** memberikan rekomendasi kecepatan potong untuk beberapa jenis material. Sejumlah masalah mungkin timbul pada saat pemotongan dengan menggunakan mesin gergaji pita. **Tabel 4.4** dapat digunakan sebagai acuan dalam identifikasi sebagian masalah yang terjadi dan saran penyelesaiannya.

Selain sebagai pemotong sebagaimana telah dibahas,

dengan sedikit modifikasi atau penambahan aksesoris, fungsi mesin gergaji pita dapat ditambah. Diantaranya dapat berubah fungsi menjadi mesin pengasah gergaji, mesin *polishing*, dan mesin pemotong gesek.

4.3.3 Mesin Gergaji Bundar

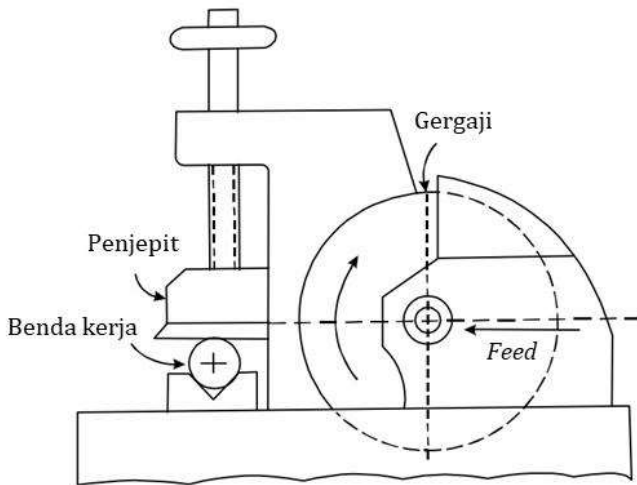
Gergaji bundar pemotong logam dapat diklasifikasikan menjadi gergaji potong abrasif; gergaji bundar dingin; dan gergaji gesek. Gergaji bundar memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah hasil potongan yang bebas dari duri (*burr*) terutama ketika penggergajian dingin dengan kecepatan rendah. Hal ini dapat menghilangkan atau meminimalisir pekerjaan tambahan pada pemotongan pipa, *channel*, profil L, dan benda pejal baja dan besi, dan juga material *nonferrous* lainnya. Operasi pemotongan aman, bersih, dan tenang / tidak berisik karena kecepatan yang rendah.

Gergaji potong abrasif menggunakan roda gerinda tipis yang fleksibel dengan kecepatan putar tinggi. Kebanyakan material kaca, keramik, dan logam dapat dipotong menggunakan gergaji ini. Bahkan baja yang dikeraskan dapat dipotong tanpa memerlukan anil terlebih dahulu.

Gergaji dingin memiliki bilah bundar dengan gigi yang disisipkan, umumnya digunakan untuk memotong batang panjang menjadi batang pendek-pendek. Proses pemotongan sangat cepat karena bilah berdiameter besar, tetapi berputar pada kecepatan yang relatif lambat dan sangat kuat. Potongan yang dibuat sangat halus dan akurat. Pada proses pemotongannya, dapat menggunakan cairan pendingin dan bisa juga tanpa cairan pendinginan.

Gergaji gesek merupakan bilah bundar yang hampir tidak memiliki gigi (bisa memiliki gigi, bisa juga tidak memiliki gigi), beroperasi dengan kecepatan tinggi (bisa hingga 6000 meter per menit) dan menghasilkan panas karena gesekan. Panas dari gesekan tersebut akan melelehkan logam benda

kerja yang bersentuhan dengan bilah gergaji. Proses pemotongan sangat cepat tetapi meninggalkan banyak duri (*burr*) dan permukaan yang kurang akurat dibandingkan dengan pemotong bergigi. Mesin gergaji jenis ini banyak digunakan di pabrik baja. Misalnya digunakan untuk memotong *red-hot billets* (bagian dari baja setengah jadi).



Gambar 4.7. Ilustrasi Mesin Gergaji Bundar
Sumber : (Sharma, 2012)

4.4 Metal-Slitting Saws

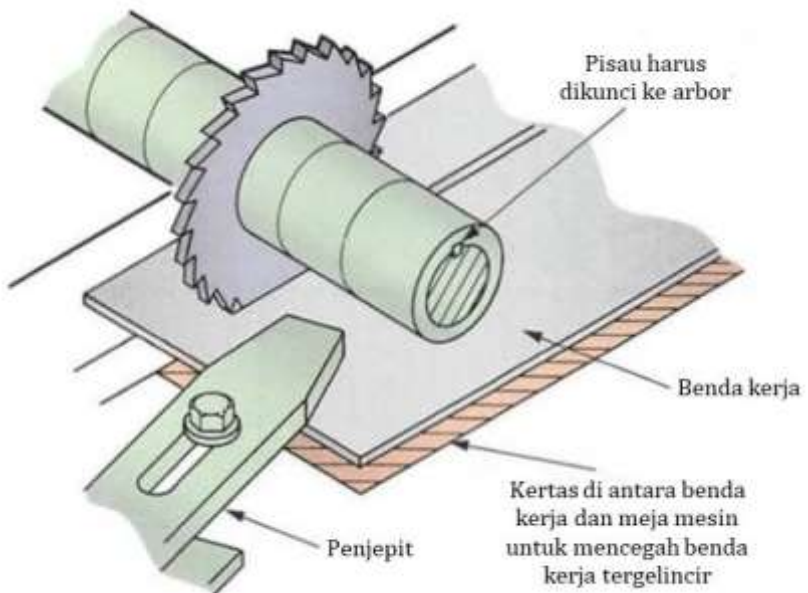
Selain menggunakan peralatan yang telah dibahas di atas, proses *cut off* dan pembuatan celah yang sempit juga bisa menggunakan *metal-slitting saws* pada mesin *milling* atau frais. *Metal-slitting saws* merupakan pemotong *milling* yang tipis yang bentuknya menyerupai mata gergaji bundar. Ukurannya bervariasi dari yang terkecil berdiameter 60 mm hingga yang terbesar berdiameter 200 mm.

Proses *slitting* atau pemotongan material tipis menjadi beberapa ukuran lebar tertentu merupakan proses *milling* yang sangat umum digunakan. Proses ini menggunakan *slitting saw*

(gergaji belah) yang dapat menyebabkan banyak masalah jika prosesnya tidak betul-betul diperhatikan.

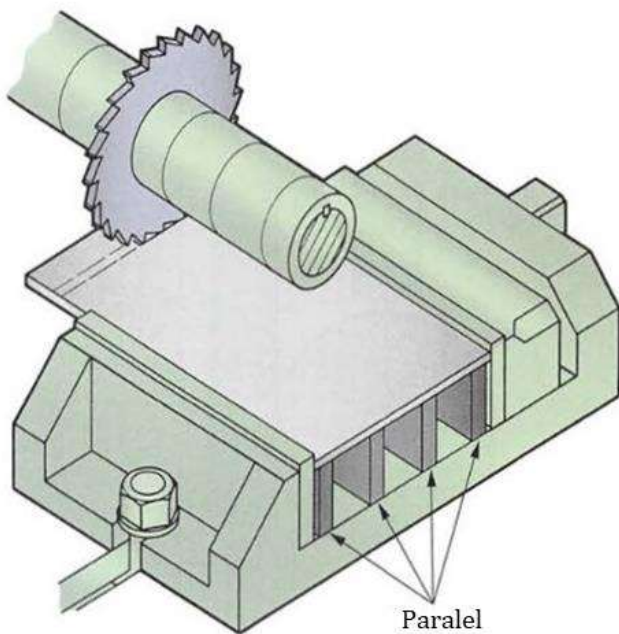
Terdapat dua kategori *slitting saw*, yaitu *plain metal-slitting saw* dan *side chip clearance slitting saw*. *Plain metal-slitting saw* digunakan untuk pembuatan *slotting* (celah) biasa dan untuk proses *cut off*. Pada dasarnya ia merupakan pemotong *plain milling* yang tipis, dengan variasi ketebalan dari 0,8 mm hingga 5 mm. Kedua sisinya memiliki cekungan yang berfungsi sebagai *clearance* atau celah pembebas.

Side chip clearance slitting saw mirip dengan *plain metal-slitting saw*, tapi jenis ini sangat cocok digunakan untuk pembuatan celah dan penggergajian yang dalam karena mempunyai ruang serpihan yang cukup memadai.

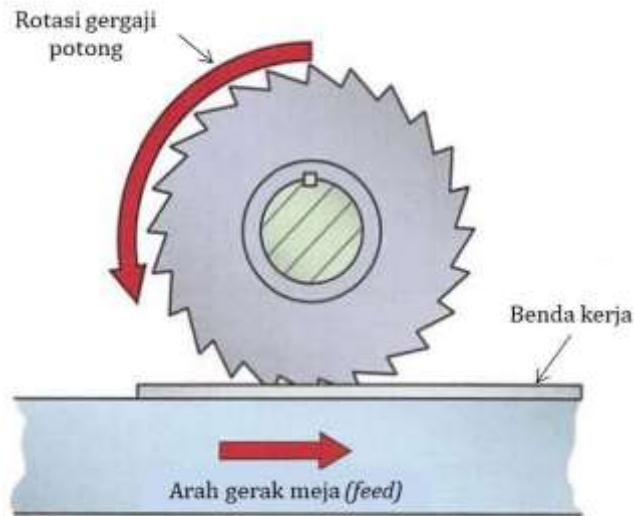


Gambar 4.8. Ilustrasi Proses *Slitting*

Sumber : (Walker & Dixon, 2019)

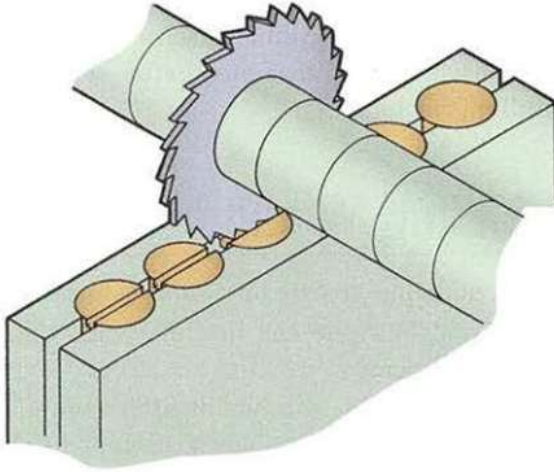


Gambar 4.9. Ilustrasi Proses *Slitting* dengan Ragum
Sumber : (Walker & Dixon, 2019)



Gambar 4.10. Rekomendasi Arah Gerak Gergaji dan Benda Kerja untuk Hasil Potong Terbaik
Sumber : (Walker & Dixon, 2019)

Proses *slotting* hampir sama dengan *slitting*. Hanya saja pada proses *slotting*, pemotongan tidak sampai memutus benda kerja melainkan hanya pada sebagian dari ketebalan produk saja, dan prosesnya menggunakan gergaji *slotting*. Dengan diameter yang sama, gergaji *slotting* memiliki gigi lebih banyak dari pada gergaji *slitting*.



Gambar 4.11. Ilustrasi Proses *Slotting* Kepala Baut
Sumber : (Walker & Dixon, 2019)

DAFTAR PUSTAKA

- Groover, M. P. 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems*. United States: John Wiley & Sons, Inc.
- Kalpakkjian, S., & Schmid, S. R. 2009. *Manufacturing Engineering and Technology*. New York: Prentice Hall.
- Power Hacksaws, Power Band Saws, and Circular Saws*. (n.d.). Retrieved May 28, 2023, from <https://catalogimages.wiley.com>.
- Sawing Machines General*. (n.d.). Retrieved May 28, 2023, from <http://uhv.cheme.cmu.edu/procedures/machining/ch6.pdf>.
- Sharma, P. 2012. *A Textbook of Production Technology*. New Delhi, India: S.Chand & Company Pvt.
- Types of Sawing Machine*. (n.d.). Retrieved May 28, 2023, from <https://www.theengineerspost.com>.
- Walker, J. R., & Dixon, B. 2019. *Machining Fundamentals*. United States: The Goodheart-Willcox Company, Inc.

BAB 5

PERHITUNGAN PUTARAN SPINDEL

Oleh Masbin Dahlan

5.1 Pengertian dan fungsi spindel

Spindel adalah bagian dari mesin yang berputar. Pada mesin bubut, spindel digunakan untuk menahan benda kerja. Berbeda dengan mesin milling, spindel mesin bubut mengalami beban radial yang lebih besar. Spindel mempunyai poros berongga dan balok terpasang di atasnya. Ini berfungsi untuk menahan dan memutar chuck, yang struktur berongganya memungkinkan lewatnya batang panjang.

Spindel juga berfungsi sebagai penggerak atau pemutar alat potong dan arbor. Spindel digerakkan oleh motor listrik melalui roda gigi.

5.2 Putaran spindel

Kecepatan putaran menunjukkan jumlah putaran dari suatu tool dalam satuan waktu dan diberikan dalam putaran per detik atau per menit. Pengertian kecepatan spindel mesin proses produksi manufaktur adalah kemampuan suatu mesin, dalam hal RPM, ketika melakukan tugasnya menyayat atau memotong benda, dalam satuan putaran per menit.

5.3 Menghitung kecepatan putaran spindel

Tiga parameter utama pada setiap proses pemesinan adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*), dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas

adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut. Kecepatan putar n (*speed*), selalu dihubungkan dengan poros utama (spindel) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (rotations per minute, rpm).

Rumus dasar dalam menghitung kecepatan putaran pada spindel mesin produksi adalah $Cs = \pi \cdot d \cdot n$ meter/menit. Oleh sebab Cs (kecepatan potong) masih dalam satuan meter/menit, maka hasilnya harus diubah ke dalam millimeter karena satuan benda kerja dalam millimeter.

5.3.1 Menghitung putaran spindel mesin bubut

RPM mesin bubut adalah kemampuan mesin bubut untuk melakukan pemotongan atau pemutusan dalam putaran per menit. Oleh karena itu, penentuan putaran mesin sangat dipengaruhi oleh kecepatan potong dan keliling benda kerja. yang dimaksud dengan kecepatan potong (cs) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman. kecepatan potong akan menghasilkan tatal dalam satuan panjang/waktu (meter/menit atau feet/menit). pada mesin bubut, kecepatan potongnya (cs) adalah keliling lingkaran benda kerja ($\phi \cdot d$) dikalikan dengan putaran (n) karena nilai kecepatan potong ditetapkan secara default untuk setiap jenis bahan, maka komponen yang dapat diatur dalam proses pemotongan adalah putaran mesin/benda kerja. Dengan demikian rumus dasar untuk menghitung putaran [mesin bubut](#) adalah:

$$Cs = \pi \cdot d \cdot n \text{ Meter/ menit}$$

Karena satuan kecepatan potong (Cs) dalam meter/menit sedangkan satuan diameter benda kerja dalam milimeter. Maka satuannya harus disamakan terlebih dahulu yaitu dengan mengalikan nilai kecepatan potongnya dengan angka 1000 mm.

Maka rumus untuk putaran mesin menjadi:

$$n = \frac{1000 \cdot cs}{\pi \cdot d} \text{ Rpm}$$

Keterangan:

d : Diameter benda kerja (mm)

Cs : Kecepatan potong (meter/menit)

π : Nilai Konstanta (3,14)

Kecepatan pemotongan suatu material tidak dapat dihitung secara matematis. Karena setiap material memiliki kecepatan potong sendiri-sendiri. Kecepatan potong dapat berdasarkan karakteristiknya. Nilai kecepatan potong dari setiap material dapat kita lihat didalam tabel di bawah ini.

Bahan	Pahat bubut HSS		Pahat bubut karbida	
	m/men	Ft/min	m/min	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	400-1000
Alumunium	90-150	300-500	90-180	400-600

Kecepatan pemakanan atau transmisi ditentukan oleh beberapa faktor. Di antaranya: kekerasan bahan, kedalaman potong, sudut pisau; bahan pisau, ketajaman pisau dan kesiapan operasional mesin.

Kesiapan operasional mesin ini dapat dinilai dari sejauh mana kinerja mesin mendukung pencapaian *feed rate* yang

optimal. Terlepas dari aspek-aspek ini; Pada umumnya feed rate dari proses roughing ditentukan oleh feed rate yang tinggi.

Karena permukaan yang halus tidak diperlukan (waktu penyelesaian lebih cepat); dan proses terakhir menggunakan daya rendah; dengan tujuan mencapai hasil bedah dengan kualitas yang lebih baik; Alhasil, hasilnya lebih merata (waktu pengerjaan lebih singkat).

1. Kecepatan putar (*speed*)

Kecepatan putar dari poros utama umumnya dibuat bertingkat dengan aturan yang telah di standarkan misalnya 630, 710, 800, 1000, 1120, 1400, 2000 rpm. Untuk mesin bubut dengan putaran motor atau transmisi variable kecepatan poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan. dimana:

$$vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$
$$d = \frac{(do+dm)}{2}$$

dimana:

vc = Kecepatan potong

d = Diameter rata-rata

n = Kecepatan putar

do = Diameter awal (mm)

dm = Diamter akhir (mm)

2. Kedalaman potong (*depth of cut*)

Untuk mendapatkan kedalaman potong menggunakan persamaan:

$$a = \frac{(do-dm)}{2}$$

dimana:

a = Kedalaman potong

3. Gerak makan

Gerak makan (f) yang terdapat pada mesin bubut bermacam-macam dengan tingkatan yang telah di standarkan yaitu 0.1, 0.112, 0.125, 0.14.....(mm/r).

Untuk mendapatkan kecepatan makan menggunakan persamaan:

$$Vf = f \times n$$

dimana:

Vf = Kecepatan makan (mm/menit)

f = Gerak makan (mm/r)

n = Kecepatan putar (rpm)

4. Waktu pemotongan

Untuk mendapatkan waktu pemotongan dari suatu proses pembentukan benda kerja pada mesin bubut menggunakan persamaan:

$$tc = \frac{lt}{Vf}$$

dimana:

tc = waktu pemotongan (menit)

lt = panjang pemotongan (mm)

Vf = kecepatan makan (mm/menit)

kemudian untuk menghitung kecepatan penghasilan geram dari suatu proses pembentukan benda kerja pada mesin bubut menggunakan persamaan:

$$z = f \times a \times vc$$

dimana;

z = kecepatan penghasilan geram (cm³/menit)

5.3.2 Menghitung putaran spindel mesin frais

Mesin frais adalah sebuah alat atau mesin potong yang digunakan kebanyakan orang untuk membuat bidang pada

sebuah objek. Alat potong mesin frais ini biasanya digunakan untuk membuat bidang datar, miring, bidang sejajar maupun bersiku. Nah setiap pembuatan bidang ini atau pemotongannya memiliki perhitungannya masing-masing.

Kecepatan putaran mesin frais adalah jumlah putaran poros mesin frais dalam satu menit yang diukur dalam satuan RPM (*Revolutions Per Minute*). Kecepatan putaran ini dapat diatur sesuai dengan jenis bahan yang dipotong, jenis alat potong yang digunakan, dan ukuran alat potong. Perhitungan ini tentunya berfungsi untuk membantu para pekerja untuk bisa menyelesaikan pekerjaannya dengan baik. Jadi setiap perhitungan yang dilakukan ini akan menggunakan rumus putaran.

Rumus untuk menghitung kecepatan putaran mesin frais adalah sebagai berikut:

$$Vc = \pi \times D \times n$$

Dimana:

Vc = Kecepatan potong (m/menit)

π = Konstanta pi (3,14)

D = Diameter alat potong (mm)

n = Kecepatan putaran (RPM)

Cutting speed dalam proses pengefraisan adalah kemampuan pisau frais memotong benda kerja dengan kecepatan yang dihitung dari perkalian panjang keliling dari diameter pisau frais dengan jumlah putaran dalam satu menit. Secara umum, mesin frais melakukan 3 pekerjaan utama saat membuat bidang sebuah objek. Setiap pekerjaan yang dilakukan ini masing-masing memiliki rumus yang berbeda. Perhitungan yang dilakukan diantaranya kecepatan potong, kecepatan putaran mesin dan kecepatan pemakanan.

1. Kecepatan Potong

Pekerjaan yang pertama dilakukan mesin frais adalah pemotongan, pada pekerjaan ini dilakukan perhitungan

kecepatan potong agar didapatkan hasil yang benar dan maksimal.

Apa yang dimaksud dengan kecepatan potong mesin frais? Kecepatan potong sendiri memiliki arti kemampuan dari alat potong dalam menyayat bahan secara aman dan bisa mendapatkan tatal dalam satuan panjang/waktu yaitu meter/menit atau feet/menit. Kecepatan potong itu sendiri disimbolkan dengan Cs , nah untuk menghitungnya yaitu keliling lingkaran suatu benda yang bekerja dikalikan dengan jumlah putaran atau n dimana rumusnya tertulis di bawah ini.

$$Cs = \pi \times d \times n$$

dimana:

π = nilai konstanta yang merupakan rasio antara keliling lingkaran dengan diameternya nilainya yaitu 3.14

d = diameter alat potong (mm)

n = putaran mesin (putaran/menit atau Rpm)

Jadi setiap bahan yang akan dipotong dapat dihitung kecepatan potong menggunakan rumus di atas. Namun rumus tersebut hanya dapat digunakan pada bahan tertentu saja. Hal tersebut karena terdapat beberapa bahan khusus atau spesial yang dari pabriknya sudah diketahui kecepatan potongnya yang biasanya dilampirkan pada tabel kecepatan potong mesin frais.

Jadi jika menemukan suatu bahan yang sudah memiliki kecepatan potong yang ada pada tabel, kita bisa menggunakannya. Pada tabel ini biasanya akan ditunjukkan jenis bahan alat potong yang biasanya terdiri dari dua macam yaitu HSS dan karbida. Jika kita perhatikan, biasanya kecepatan potong yang didapat pada alat potong jenis karbida lebih cepat dibanding dengan menggunakan alat potong jenis HSS.

2. Kecepatan Putaran

Parameter selanjutnya yaitu kecepatan putaran mesin, untuk pengertiannya itu sendiri yaitu kemampuan kecepatan putar yang dimiliki mesin frais agar bisa melakukan pemotongan maupun penyayatan dalam satuan putaran/menit. Rumus putaran mesin frais itu sendiri yaitu:

$$n = \frac{1000 \times Cs}{\pi \times d}$$

dimana:

Cs = Cutting speed atau kecepatan potong (meter/menit)

π = nilai konstanta 3.14

d = diameter objek (mm)

n = putaran mesin (Rpm)

3. Kecepatan pemakanan

Kecepatan pemakanan yang dilakukan pada mesin frais ini ditentukan berdasarkan beberapa faktor yaitu seperti kekerasan bahan, kedalaman penyayatan, ketajaman alat potong, bahan dari alat potong itu sendiri, sudut-sudut sayat alat potong, maupun kesiapan mesin yang Anda gunakan. Nah untuk rumusnya atau menentukan besarnya dari kecepatan pemakanan ini ditentukan dari seberapa besar gesernya pisau frais saat digunakan dikalikan dengan besar putaran mesin tersebut. Jadi jika dituliskan dalam rumus yaitu:

$$F = f \times n$$

dimana:

f = besar bergesernya suatu pahat atau pisau (mm/putaran)

n = putaran mesin (putaran/menit)

4. Perhitungan waktu pemesinan

Lamanya waktu pemesinan juga termasuk dalam parameter pemotongan, hal tersebut karena faktor yang satu ini juga mempengaruhi hasilnya sehingga lamanya waktu sangat penting untuk diketahui atau dihitung. Alasan lainnya juga untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam perencanaan agar kegiatan produksi bisa berjalan dengan lancar. Waktu pemesinan ini terdiri dari dua macam yaitu waktu pemesinan pengefraisan rata dan juga waktu pengeboran.

Waktu pemesinan pengefraisan disimbolkan dengan t_m rumusnya yaitu:

$$t_m = \text{dengan } L = l + l_a + l_u \text{ dan } F = f \times t \times n$$

Kemudian untuk waktu pengeboran, kita bisa menghitungnya dengan rumus yang sama yaitu:

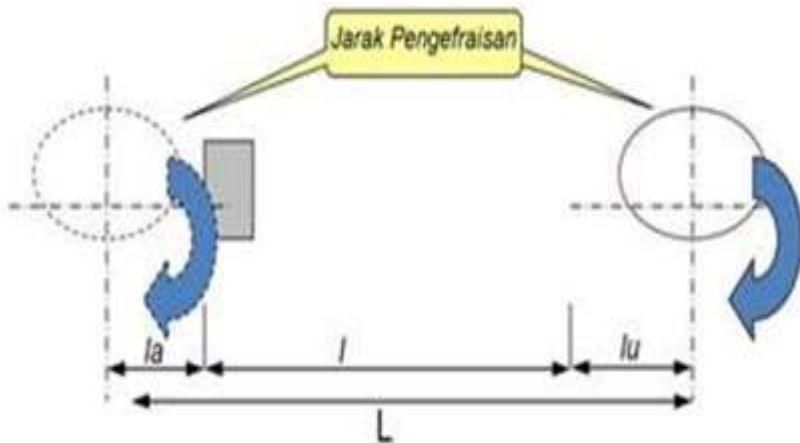
t_m = namun L dan F di sini dihitung dengan rumus yang berbeda yaitu $L = l + 0,3d$ dan $F = f \times n$.

Waktu Pemesinan Pengefraisan Rata

Pada gambar dibawah ini menunjukkan panjang total pengefraisan (L) adalah panjang pengefraisan rata (l) ditambah start awal pisau (l_a) dan lepasnya pisau dari benda kerja (l_u), atau:

$$L_{Total} = l + l_a + l_u(mm)$$

Untuk nilai kecepatan pemakanan (F), dengan berpedoman pada uraian sebelumnya



Berdasarkan prinsip-prinsip yang telah diuraikan diatas, maka perhitungan waktu pemesinan pengefraisan rata dapat dihitung dengan rumus:

$$tm = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$L = l + la + Lu$$

$$F = f \cdot t \cdot n$$

dimana:

t = Jumlah mata sayat alat potong

f = Pemakanan tiap mata potong

n = Rpm

L = Jarak tempuh

l = Panjang benda kerja

la = Kelebihan awal

lu = Kelebihan akhir

F = Pemakanan setiap menit

5.4 Contoh soal

1. Sebuah baja lunak akan dilakukan proses pengefraisan dengan pisau *frais shell endmill cutter* berdiameter 50 mm dengan kecepatan potong (Cs) 25 meter/menit. Berapa kecepatan putaran mesinnya?

Penyelesaian:

$$n = \frac{1000 \cdot cs}{\pi \cdot d} \text{ Rpm}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 50} = 159,235 \text{ Rpm}$$

Jadi kecepatan putaran mesinnya adalah sebesar 159,235 Rpm

2. Diketahui material dari bahan Stainless Steel 304 akan dipotong dengan pisau frais jari (end mill) HSS dengan diameter 20 mm dan jumlah gigi potong (mata potong) = 4 buah. berapakah putaran mesin dan feeding yang seharusnya dipakai?

Penyelesaian:

Diketahui :

$Cs = 18 \text{ m/menit}$ (diambil dari tabel kecepatan potong untuk material stainless steel 304)

$sz = 0,05 \text{ mm/gigi}$ (diambil dari tabel sayatan per gigi)

$D = 20 \text{ mm}$

Jawab:

$$n = 1000 \cdot CS / \pi \cdot D$$

$$n = 1000 \cdot 18 / \pi \cdot 20$$

$$n = 286,4 \text{ rpm}$$

jadi putaran mesin yang didapatkan adalah 286,4 rpm, karena pada mesin terdapat 250 dan 300 rpm yang dipakai adalah 250 rpm (diambil pendekatan kebawah).

$$s = sz \cdot z \cdot n$$

$$s = 0,05 \cdot 4 \cdot 286,7$$

$$s = 57,29 \text{ mm/menit}$$

jadi kecepatan penyayatan (feeding) adalah 57,29 mm/menit, artinya dalam satu menit pisau frais bergerak sepanjang 57,29 mm pada benda kerja. pada mesin terdapat 56 dan 63 mm/menit maka yang dipakai adalah 56 mm/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Sucipto, H., Nasution, A.R., Umurani, K. and Siregar, A.M., 2022. Pengaruh Putaran Spindle Dan Bahan Spesimen Terhadap Gaya Potong Pada Proses Pemesinan Turning. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), pp.65-74.
- Nasution, A.R., Rahmatullah, R. and Harahap, J., 2021. Pengaruh Variasi Putaran Spindel Terhadap Gaya Potong pada Proses Pemesinan. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(2), pp.95-103.
- Yufrizal, A., Indrawan, E., Helmi, N., Aziz, A. and Putra, Y.A., 2019. Pengaruh Sudut Potong dan Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Mild Steel ST 37. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(2), pp.29-36.
- Arifin, A., 2022. Kajian Eksperimen Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Stainless Steel 304 Menggunakan Mesin Bubut Bergerinda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 2(6).
- Hasan, M., Hartono, P. and Margianto, M., 2017. Analisa Pengaruh Variasi Putaran Spindel dan Variasi Gerakan Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Pembubutan Dalam Material ST50. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(01).

BAB 6

PEMBUATAN KONTUR MIRING

Oleh Rizki Aulia Nanda

6.1 Pendahuluan

Bidang miring adalah pajangan atau potongan media yang terdiri dari dua papan, salah satu ujungnya disambung dengan engsel, sehingga kedua papan tersebut dapat ditekuk dengan sudut tertentu. Saat menerapkan hukum Newton pada suatu masalah, bidang miring sering digunakan. Keuntungan menggunakan bidang miring sebagai media beton adalah bahwa balok yang diletakkan di atasnya tidak memerlukan gaya tambahan untuk mendorong atau menariknya; sebaliknya, yang diperlukan hanyalah mengkondisikan bidang miring pada sudut tertentu untuk menghasilkan gaya dorong alami (Setiawan, 2013).

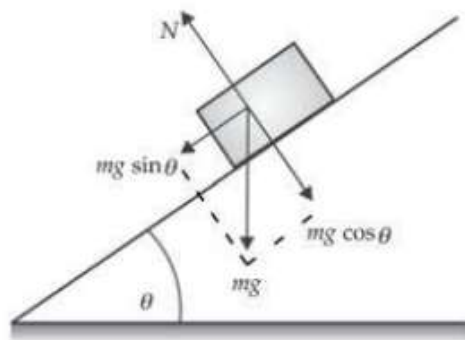


Gambar 6.1. Kontur miring sebagai tumpuan
(Sumber : (R. C. HIBBELER, 2011))

Permukaan pada bidang miring sering digunakan dalam proses gaya angkut, sebagai penopang, sebagai penyangga atau tumpuan dan lain sebagainya untuk digunakan dalam penerapan konstruksi konstruksi yang ada pada saat ini. Penggunaan bidang miring sering berkaitan dengan gaya yang diberikan agar menghasilkan sebuah gesekan pada saat dilakukan penggabungan komponen. Maka dari itu dalam kehidupan sehari-hari tidak jauh kita melihat begitu banyak bidang miring di lingkungan sekitar.

6.2 Gaya Pada Kontur Miring

Gaya merupakan besaran berat terhadap gravitasi yang terjadi maka menghasilkan sebuah persamaan gaya dengan satuan Newton, gaya tersebut bekerja apabila diberikan sebuah massa terhadap gravitasi untuk menghitung berapa besar gaya yang terjadi pada benda tersebut (Sheila Deesera, Ilhamsyah and Triyanto, 2017). Perhitungan gaya biasanya untuk mengacu pada perhitungan kekuatan tumpuan, tegangan yang terjadi dan momentum pada material tersebut maka berikut ada beberapa jenis gaya yang terjadi pada kontur miring.



Gambar 6.2. Gaya Gesek
(Sumber : (Amirudin *et al.*, 2018))

6.2.1 Gaya Gesek Statis

Gaya yang diterapkan sebelum benda bergerak menyebabkan gesekan statis. Ketika tidak ada gesekan, gaya gesekan dapat berkisar dari nol hingga nilai maksimumnya. Sebuah benda mengalami gaya gesek statik ketika diam atau akan bergerak (Fitrianto, Darmanto and Syafa'at, 2019).

$$F_s = \mu_s \cdot N$$

Keterangan: F_s = Gaya gesek statis maksimum (N)

μ_s = Koefisien gesekan statis

N = Gaya normal (N)

6.2.2 Gaya Gesek Dinamis

Ketika dua benda bergerak dalam hubungannya satu sama lain dan bersentuhan satu sama lain, ada gesekan. Ketika sebuah benda bergerak, ada gesekan kinetik (Fitrianto, Darmanto and Syafa'at, 2019).

$$F_k = \mu_k \cdot N$$

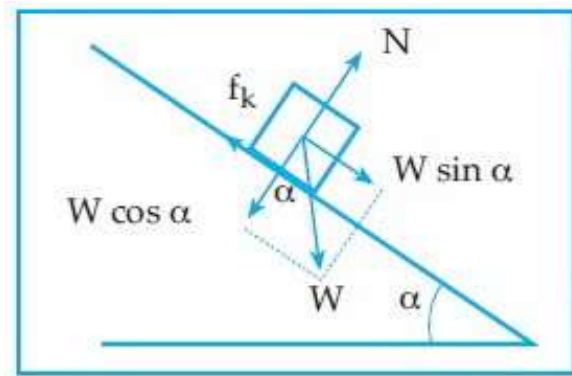
Keterangan: F_k = Gaya gesek Dinamis maksimum (N)

μ_s = Koefisien gesekan dinamis

N = Gaya normal (N)

6.2.2 Gaya Gesek Kontur Miring

Gaya gesek yang ada pada kontur miring merupakan Perkalian antara gesekan terhadap sudut yang dihasilkan dari suatu benda dalam posisi diam (Fitrianto, Darmanto and Syafa'at, 2019). Sama halnya pada gaya gesek dinamis pada bidang miring maka dilakukan persamaan terhadap gaya gesek dengan sudut pada benda tersebut (Amirudin *et al.*, 2018).



Gambar 6.3. Gaya Gesek pada kontur miring

(Sumber : <http://fisikazone.com/gaya-gesekan/penerapan-gaya-gesekan-pada-bidang-miring/>)

$$\sum F = 0$$

Maka :

$$\sum F = m \cdot a = 0$$

$$a = 0$$

$$mg \sin \theta - F_s = 0$$

$$mg \sin \theta - \mu_s N = 0$$

$$mg \sin \theta - \mu_s mg \cos \theta = 0$$

$$\mu_s = \frac{m \cdot g \sin \theta}{m \cdot g \cos \theta}$$

$$\mu_s = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

Keterangan : W = Berat (kg)

g = Gaya grafitasi (9,81 m/s²)

m = Massa (kg)

a = Percepatan (m/s²)

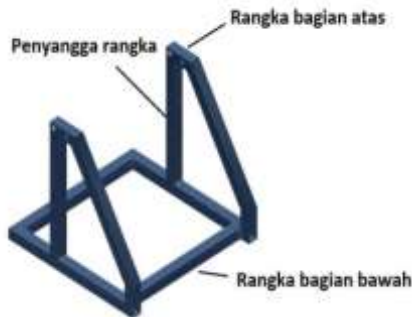
θ = Sudut

6.3 Perancangan Kontur Miring

Perancangan merupakan pengambilan keputusan awal dalam melakukan suatu proses produksi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan perhitungan(Nanda *et al.*, 2022). Perancangan kontur miring melibatkan beberapa metode untuk memperoleh bentuk serta sudut kemiringan dalam proses perancangan dengan baik menggunakan software maupun menggunakan alat ukur kemiringan. perancangan kontur miring biasanya dimulai dengan penentuan sudut dan perhitungan gaya tekuk untuk memperoleh bentuk sudut yang maksimal sesuai hasil desain atau perancangan(Nanda *et al.*, 2023).

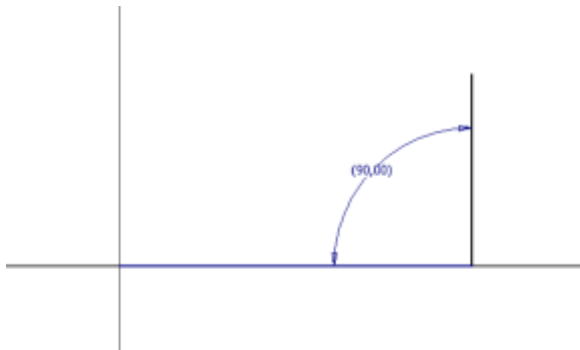
6.3.1 Penentuan Sudut

Pada saat melakukan proses perancangan beberapa komponen memiliki sudut yang harus digambar pada aplikasi CAD. Sudut pada benda datar terhadap benda tegak (X,Y). Posisi tersebut menghasilkan sudut tegak lurus sebesar 90° . Jika ini menentukan sebuah sudut maka antara 0° hingga 90° memiliki rentang penentuan sudut. misalkan pada sebuah perancangan membutuhkan sudut 45° maka dibutuhkan penyangga atau garis tegak lurus terhadap bidang yang datar.



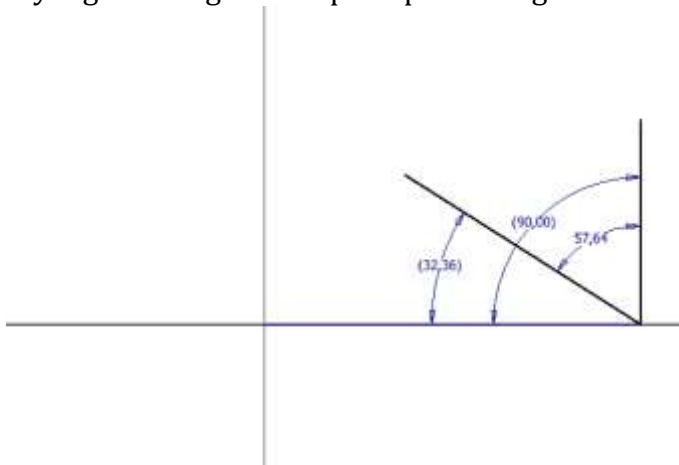
Gambar 6.4. Perancangan sudut
(Sumber : (Arifin *et al.*, 2020))

Rancangan pertama melibatkan sebuah garis sketsa awal membentang sebesar 90° . Maka dari itu sudut tersebut merupakan sudut tegak lurus terhadap garis awal.



Gambar 6.5. Sketsa sudut tegak lurus

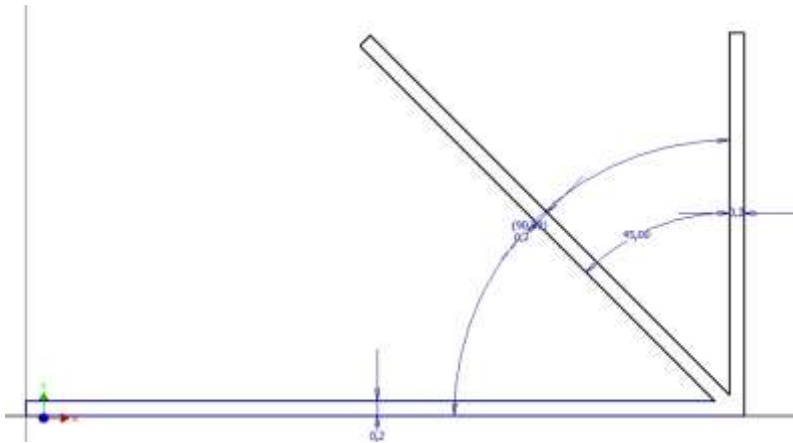
Dari sketsa sudut tersebut maka antara Lintang 0° sampai 90 derajat dapat dipilih sesuai kebutuhan kalkulasi perancangan dengan menghitung sudut terhadap ketebalan material yang akan digunakan pada perancangan sudut.



Gambar 6.6. Penetapan sudut

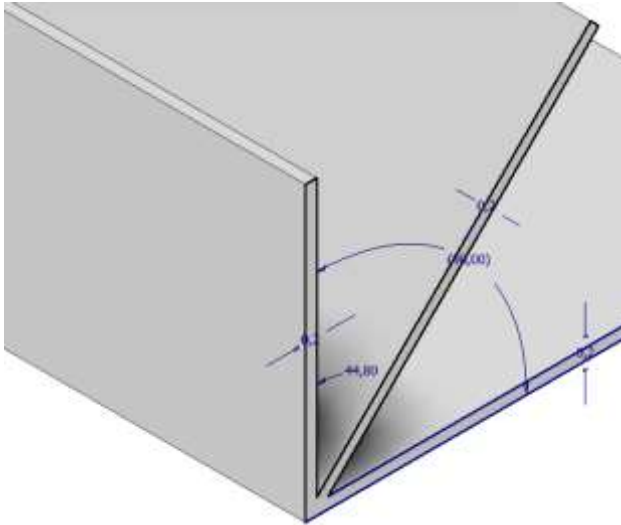
6.3.2 Pengaruh Sudut Terhadap Ketebalan Material

Penetapan sudut pada sketsa awal akan berubah apabila sudut tersebut diberikan sebuah ketebalan material yang lebih spesifik, maka sudut dapat berkurang terhadap tebal material (Rozik, 2011). Maka dari itu jika ingin merancang sebuah material sudut 45° maka harus dilakukan pertimbangan pada ketebalan material tersebut.



Gambar 6.7. Penetapan sudut 45°

Sudut yang telah ditetapkan sebesar 45° akan dijadikan sebuah benda tiga dimensi dengan ketebalan 0,2 mm. Selanjutnya dapat dilihat pada gambar 6.8 merupakan pengaruh sudut akibat ketebalan material.



Gambar 6.8. Perubahan sudut 45°

Perubahan sudut dari 45° menjadi $44,80^\circ$ dikarenakan akibat pengaruh dari ketebalan material sebesar 0,2 mm maka dari itu dibutuhkan penyesuaian agar ketebalan material tetapi tidak berpengaruh pada sudut yang telah ditetapkan dalam perancangan ini.

6.4 Proses Produksi Pada Bidang Miring

Hasil perancangan pada desain sudut maka pada saat proses produksi mengacu pada desain tersebut sebagai landasan awal dalam proses pembuatan kontur miring pada material tersebut. beberapa aspek yang meliputi pemotongan pada bidang miring penyambungan pada bidang miring dan proses penggabungan pada bidang miring yang merupakan semua aspek harus dilihat dan ditinjau supaya posisi sudut tetap kokoh dan baik pada saat menghasilkan kontur miring pada material. semua proses pada pembuatan kontur miring melibatkan alat ukur yang dapat melihat seberapa besar sudut

kemiringan pada kontur material tersebut.

6.4.1 Proses Pemotongan Bidang Miring

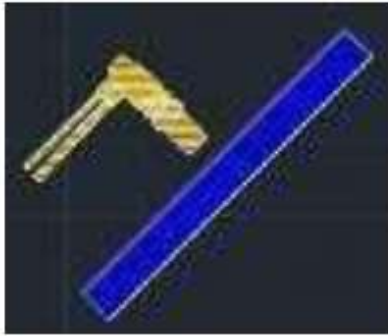
Untuk menghasilkan suatu pemotongan dalam bentuk kontur miring maka harus menghadapi beberapa tahapan yang bagaimana posisi potong sangat berpengaruh pada sudut yang dihasilkan pada hasil potongan. Contoh pada saat pemotongan besi plat dengan sudut dari 0° sampai 180° maka ada beberapa posisi yang berpengaruh terhadap hasil potongan. Hasil potongan tersebut juga berpengaruh pada panjang plat, ketebalan plat dan waktu pemotongan. Pada umumnya plat dipotong menggunakan mesin gerinda. Pada permesinan gerinda tersebut telah tersedia posisi maupun ukuran sudut yang akan dipotong (Badrani *et al.*, 2022). Maka penyelesaian posisi pemotongan plat harus mengikuti bentuk yang tersedia pada mesin gerinda. Mesin gerinda tersebut juga biasanya ada pada gerinda duduk telah tersedia bentuk dan posisi sudut. Bagaimana jika posisi pemotongan plat berada di atas dan terikat pada dinding maka dibutuhkan beberapa metode sebagai berikut:

1. Posisi 0° downhand



Gambar 6.9. Posisi 0° downhand
(Sumber : (Badrani *et al.*, 2022))

2. Posisi 45° Downhand



Gambar 6.10. Posisi 45° Downhand
(Sumber : (Badrani *et al.*, 2022))

3. Posisi 90° Vertikal



Gambar 6.11. Posisi 90° Vertikal
(Sumber : (Badrani *et al.*, 2022))

4. Posisi 135° Overhand



Gambar 6.12. Posisi 135° Overhand
(Sumber : (Badrani *et al.*, 2022))

5. Posisi 180° Overhand



Gambar 6.13. Posisi 180° Overhand
(Sumber : (Badrani *et al.*, 2022))

6.4.2 Proses Penyambungan Bidang Miring

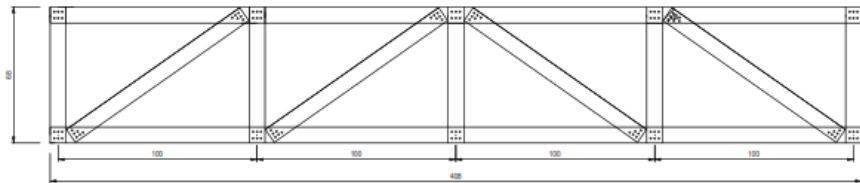
Proses penyambungan pada bidang miring bertujuan untuk menghubungkan komponen satu dengan komponen yang lainnya sehingga menghasilkan sebuah posisi miring baik itu penyambungan menggunakan pengelasan, baut, paku dan penyambungan lainnya baik bersifat permanen atau hanya sementara (Setia and Pranatal, 2022).

1. Penyambungan Pengelasan, dilakukan untuk menghubungkan dua material baja yang telah dipotong miring sesuai bentuk kontur dan sudut yang telah ditetapkan melalui perancangan, penyambungan pengelasan pada kontur miring biasanya mengikuti bentuk kampuh yang telah dibuat sudut baik sudut kampuh maupun sudut hasil material yang telah dibentuk. Hasil pengelasan sudut pada kontur miring menghasilkan kekuatan tegangan apabila material tersebut menerima beban mengikuti kontur miring.



Gambar 6.14. Pengelasan Kontur Miring
(Sumber : AliExpress)

2. Sambungan Baut, Sambungan baut juga memiliki fungsi sebagai penyangga atau pengikat pada rangka dengan posisi kontur miring, namun penyambungan pada baut tidaklah permanen bisa dibuka pada suatu saat. Namun penyambungan baut memiliki tegangan tarik tinggi serta momen puntir yang besar ketika menerima beban tertentu. Sehingga analisa kontur miring pada sambungan baut harus mengukur tegangan puntir terhadap sudut yang dihasilkan(S, Susanti and Perkasa, 2016).



Gambar 6.15. Sambungan baut pada kontur miring

(Sumber : (S, Susanti and Perkasa, 2016))

3. Sambungan Paku Keling, merupakan sambungan yang digunakan secara permanen dan tidak bisa dibuka kembali. karena hal itu tersebut permanen maka penggunaan material terhadap sambungan paku keling harus diperhitungkan dari segi kekuatan tegangan, kekuatan Momen dan kekuatan puntir harus sesuai dengan material dan beban yang akan digunakan pada saat penyambungan. Namun Di sini menggunakan sambungan paku keling pada kontur miring dengan tujuan untuk mengikat material tersebut apabila harus diproduksi dan dibuat dengan hasil kemiringan. Hasil dari kemiringan tersebut berasal dari sudut yang telah ditetapkan pada perencanaan namun disambungkan rivet harus sejajar dengan garis linier lubang (Brilliant Dwinata, Adi Ganda Putra, 2016).



Gambar 6.16. Sambungan paku keling pada bidan miring

(Sumber : <https://kreasimudaindonesia.com/mengenal-macam-sambungan-pada-sebuah-konstruksi-baja/>)

6.4.3 Assembly Bidang Miring

Penggabungan sebuah material yang telah dirancang, dianalisa, dihitung dan ditetapkan selanjutnya dilakukan proses assembly. Proses ini dinamakan dengan proses produksi penggabungan dengan melihat struktur sambungan yang telah dipotong dengan hasil sudut yang sesuai antara satu komponen dengan komponen yang lainnya (Sri Harmanto*, Bambang Tjahjono, 2022). Assembly bidang miring ini memiliki tujuan untuk menghasilkan suatu produk dengan kontur bidang miring sesuai dengan kebutuhan sehari-hari baik di rumah industri dan di tempat lainnya.

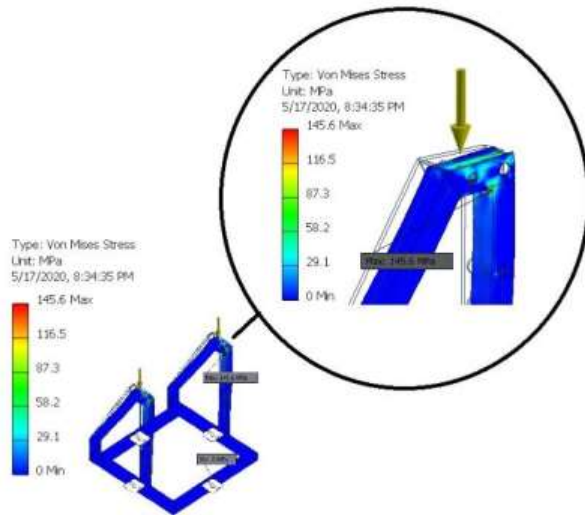
6.5 Analisa Hasil Produksi Pada Bidang Miring

Analisa hasil produksi pada bidang miring sangat memungkinkan untuk mengukur seberapa kuat bidang miring yang telah dibuat, namun ada pengukuran menggunakan analisa software dan analisa eksperimental sehingga dari kedua analisa tersebut dapat diketahui kekuatan bidang miring jika diberi beban tekan.

6.5.1 Analisa Simulasi Software

Proses pengujian menggunakan simulasi software bisa dilakukan tanpa harus membuat sebuah produk namun pengujian analisa software dapat dibandingkan dengan pengujian analisa eksperimental sehingga semua hasil produksi yang telah dibuat bisa diuji melalui desain yang telah dibuat. Adapun pengujian analisa simulasi software menghasilkan beberapa indikator yaitu tegangan, lendutan, regangan dan *Safety Factor* (Nanda and Dewadi, 2023). Dari kriteria tersebut kita dapat mengambil kesimpulan tegangan yang dihasilkan, lendutan yang dihasilkan dan regangan yang dihasilkan menampilkan nilai *Safety Factor* yang dapat disesuaikan dengan mechanical properti. Jika nilai *Safety Factor* sesuai maka penggunaan kontur miring hasil simulasi software bisa

digunakan pada tahap selanjutnya(Arifin *et al.*, 2020).



Gambar 6.15. Analisis Software
(Sumber :(Arifin *et al.*, 2020))

6.4.2 Analisa Eksperimental

Pengujian analisa eksperimental yaitu pengujian secara langsung pada material sambungan pada struktur miring untuk melihat kualitas dari material hasil sambungan kontur miring tersebut maka dari itu pengujian eksperimental memiliki alat bantu yang dapat menunjang tingkat keberhasilan pemantauan kekuatan material sambungan kontur miring(Hamid, 2016). Adapun pengujian kekuatan material kontur miring adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Hardness, uji kekerasan adalah prosedur yang digunakan untuk menilai ketahanan material terhadap deformasi lokal atau permukaan, khususnya untuk deformasi logam, yang disebut sebagai deformasi plastis.
2. Pengujian roughness, adalah perangkat yang dapat mengukur seberapa kasar suatu permukaan. Tergantung

pada struktur permukaan dan hasil dari proses pembuatannya, setiap komponen permukaan suatu benda dapat memiliki berbagai bentuk dan variasi. Ketidaksempurnaan bentuk yang dihasilkan dari pemessinan selama proses produksi dikenal sebagai kekasaran. Roughness Average (Ra) adalah satuan ukuran untuk kekasaran. Ra adalah parameter kekasaran yang paling sering digunakan secara internasional.

3. Pengujian Tarik, Pengujian tarik adalah jenis pengujian di mana material ditarik ke titik di mana material tersebut patah atau pecah. Spesimen yang ditarik terpisah oleh gaya tarik diposisikan sejajar dengan sumbu dan permukaan penampang.
4. Pengujian Impact, Pengujian impak bertujuan untuk mereplikasi kondisi material yang sering dijumpai pada peralatan industri atau konstruksi, dimana pembebanan tidak selalu terjadi secara bertahap melainkan tiba-tiba. Salah satu contoh deformasi material saat terjadi benturan adalah pada bumper mobil.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirudin, D. *et al.* 2018. 'Pengaruh Luas Permukaan Benda Terhadap Koefisien Gesek Statis Dan Kinetis Pada Bidang Miring Dengan Menggunakan Video Tracker', VII, pp. SNF2018-PE-91-SNF2018-PE-97. doi:10.21009/03.snf2018.01.pe.12.
- Arifin, F. *et al.* 2020. 'Studi analisis simulasi kekuatan beban pada alat bantu pembuatan lubang dengan sudut kemiringan 45 derajat', *Jurnal Polimesin*, 18(2), pp. 116–123.
- Brilliant Dwinata, Adi Ganda Putra, F.H.R. 2016. 'ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN RIVET ZIG-ZAG DAN INLINE DENGAN PLAT AL 2024-T3', *Syntax Idea*, 3(7), pp. 1–23.
- Fitrianto, M.B., Darmanto and Syafa'at, I. 2019. 'Pengujian Koefisien Gesek Permukaan Plat', 11(1), pp. 13–18.
- Hamid, A. 2016. 'Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan', *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(1), pp. 26–36. doi:10.22441/jte.v7i1.813.
- Nanda, R.A. *et al.* 2022. 'PERANCANGAN DAN PERAKITAN ELEKTRONIKA MIKROKONTROLER BERBASIS IOT UNTUK STUDI PENGUKURAN SISTEM HVAC', *BUANA ILMU*, 7(1), pp. 43–55.
- Nanda, R.A. *et al.* 2023. 'Perancangan dan Pembuatan JIG FOG Lamp Mobil Dengan Material Aluminium', *Jurnal Mekanik Terapan*, 4(1), pp. 9–14.
- Nanda, R.A. and Dewadi, F.M. 2023. 'SIMULASI STRESS ANALYSIS PADA MATA PAHAT KAYU UNTUK MELIHAT PENGARUH ERGONOMI PADA TUKANG MEBEL UMKM DESA KEDUNGJERUK DALAM MEMAHAT DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN HINGGA', *PROSIDING KONFERENSI NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN*

- UNIVERSITAS BUANA PERJUANGAN KARAWANG, 3(1), pp. 771–784.
- R. C. HIBBELER. 2011. *MECHANICS OF MATERIALS*. Edited by Pearson Prentice Hall. Pearson Prentice Hall.
- Rozik, M.A. 2011. 'Perancangan dan Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pengayak Pasir Menggunakan Autodesk Inventor 2019', 16(4), pp. 211–218.
- S, R.M., Susanti, L. and Perkasa, E.A. 2016. 'Rangka Canai Dingin Terhadap Lendutan', *Rekayasa Sipil*, 10(3), pp. 205–210.
- Setia, C.D. and Pranatal, E. 2022. 'Analisa Cacat Pengelasan Smaw Pada Posisi 2G Pada Baja Material a36 Dengan Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan', *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 1(1), pp. 257–263. doi:10.31284/j.semitan.2022.3262.
- Setiawan, D. 2013. *Penerapan Bidang Miring untuk Mengetahui Konsepsi dan Keterampilan Proses Siswa SMK terhadap Konsep Gaya Gesek*.
- Sheila Deesera, V., Ilhamsyah and Triyanto, D. 2017. 'Rancang Bangun Alat Ukur Gerak Lurus Berubah Beraturan (Glb) Pada Bidang Miring Berbasis Arduino', *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*, 05(2), pp. 47–56.
- Sri Harmanto*, Bambang Tjahjono, I.A. 2022. 'Pengaruh Sudut Kemiringan Shutter Rack Karakuri Terhadap Waktu Penurunan Polly Box', 3, pp. 39–50.
- et al. 2022. 'Analisa Durasi Pemotongan Pelat Secara Manual Oxy-LPG Terhadap Fungsi Sudut Posisi Pemotongan', *SAINTEK: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi Industri*, 6(1), pp. 12–23. doi:10.32524/saintek.v6i1.526.

BIODATA PENULIS



Fathan Mubina Dewadi
Dosen Politeknik Negeri Jakarta

Fathan Mubina Dewadi merupakan pria yang berusia 30 tahun sudah tertarik dengan bidang Pendidikan tinggi sejak tahun 2015. Sejak lulus jurusan Teknik mesin program pascasarjana Universitas Pancasila. Kini penulis sedang bekerja sebagai dosen tetap program studi Teknik mesin di Politeknik Negeri Jakarta. Kini kesibukan penulis ialah lebih menghabiskan waktu untuk mengajar dan menulis. Karya-karya yang telah dibuat dimuat di media *online*, jurnal nasional, jurnal internasional dan jurnal nasional bereputasi. Sudah lebih dari 50 karya yang telah dibuat dan sedang iiiproses untuk pembuatan buku dan bab buku. Jurnal yang telah ditulis bekerjasama dengan para pakar di luar negara dan dalam negeri.

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 dijumpalkan selain itu sebagai bagian dari masyarakat di lingkungan tempat tinggalnya penulis juga pengabdian kepada masyarakat.

BIODATA PENULIS



Karyadi, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Buana Perjuangan Karawang

Penulis lahir di Karawang 09 Februari 1990 Provinsi Jawa Barat. Penulis merupakan dosen tetap Universitas Buana Perjuangan Karawang Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik. Penulis menyelesaikan S1 pada Program Studi Teknik Mesin DI Universitas Singaperbangsa Karawang dan Melanjutkan S2 Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila Jakarta dengan keahlian Bidang proses Pdoduksi Manufaktur.

BIODATA PENULIS



Dodi Mulyadi, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Buana Perjuangan Karawang.

Lahir di Tasikmalaya, 11 Juli 1979. Lulus dari Politeknik ITB pada tahun 2001 dari jurusan Teknik Mesin program studi Teknik Refrigerasi dan Tata Udara. Sarjana teknik mesin diraih dari Universitas Jayabaya Jakarta dan Magister Teknik Mesin dari Universitas Pancasila Jakarta tahun 2015. Sejak 2001, bekerja sebagai praktisi industri di perusahaan multinasional sebagai *product development mechanical engineer*. Pernah belajar *product development* di *R&D Center* di Singapura. Pengalaman lainnya sebagai *Business Development Manager* pada perusahaan *customized machines*, sebagai *Quality Assurance & Engineering Manager* (termasuk *machines maintenance*) pada perusahaan injeksi plastik pembuat komponen otomotif dan elektronika. Berniat berbagi ilmu dan pengalaman sebagai praktisi industri, maka pertengahan tahun 2015 memutuskan untuk bergabung menjadi akademisi di Universitas Pancasila Jakarta, kemudian pindah dan bergabung di Universitas Buana Perjuangan Karawang pada tahun 2019. Penelitian dan publikasi penulis diantaranya dapat diakses

melalui

<https://scholar.google.co.id/citations?user=xpbHyy4AAAAJ&hl=id>.

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



Rizki Aulia Nanda, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Buana Perjuangan Karawang

Penulis lahir di Panton Labu 26 November 1996 Provinsi Aceh. Penulis merupakan dosen tetap Universitas Buana Perjuangan Karawang Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik. Penulis menyelesaikan S1 pada Program Studi Teknik Mesin dan S2 Magister Teknik Mesin Universitas Syiah Kuala Banda Aceh dengan keahlian Bidang Mekatronika Sistem Kendali dan Pemrograman dan Pengembangan Robotik. Pada S1 dan S2 Menyelesaikan tugas akhir dengan judul pengembangan Robotik Otomatis untuk penanaman bibit pada tumbuhan. Sehingga penulis memegang mata kuliah di sistem kendali otomasi, mekatronika dan pemrograman dasar robotik.