

ELEMEN MESIN UNTUK TEKNIK INDUSTRI

**Binsar Maruli Tua Pakpahan
Andi Haslinah
Yanti
Dodi Mulyadi
Cahyo Wibowo
Habibi Santoso
Ukta Indra Nyuswantoro
Tungga Bhimadi Karyasa
Shanti Kumbarasari
Mokhamad Munir Fahmi**



GET PRESS INDONESIA

ELEMEN MESIN UNTUK TEKNIK INDUSTRI

Penulis :

Binsar Maruli Tua Pakpahan
Andi Haslinah
Yanti
Dodi Mulyadi
Cahyo Wibowo
Habibi Santoso
Ukta Indra Nyuswantoro
Tungga Bhimadi Karyasa
Shanti Kumbarasari
Mokhamad Munir Fahmi

ISBN :

Editor : Ari Yanto., M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

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

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

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

Cetakan pertama, Oktober 2023

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

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas 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 Elemen Mesin Untuk Teknik Industri ini.

Buku ini membahas Pengantar Elemen Mesin, Bahan dan Sifat Mekanik, Sambungan dan Pengikat, Poros, Rantai dan Sabuk, Kopling dan Rem, Pegas dan Peredam, Toleransi dan Keakuratan, Perawatan dan Pemeliharaan Elemen Mesin.

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

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

Padang, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENGANTAR ELEMEN MESIN	1
1.1 Difinisi.....	1
1.2 Klasifikasi Perancangan Mesin	1
1.3 Pertimbangan Perancangan Mesin.....	3
1.4 Prosedur Perancangan Mesin.....	5
1.5 Faktor Keamanan (Safety Faktor)	7
1.6 Massa dan Berat.....	8
1.7 Gaya	8
DAFTAR PUSTAKA.....	10
BAB 2 BAHAN DAN SIFAT MEKANIK	13
2.1 Pendahuluan.....	13
2.1.1 Bahan dan kemajuan teknologi sangat berpengaruh pada kehidupan manusia	14
2.1.2 Penggolongan Bahan Bidang Teknik.....	15
2.1.3 Faktor Pemilihan Bahan pada Implementasi Desain.....	16
2.2 Karakteristik Mekanik Sebuah Bahan	18
2.2.1 Klasifikasi Sifat Bahan Teknik.....	19
2.2.2 Pengujian Sifat Mekanik Bahan.....	21
DAFTAR PUSTAKA.....	30
BAB 3 SAMBUNGAN DAN PENGIKAT	33
3.1 Pendahuluan.....	33
3.2 Sambungan	33
3.2.1 Sambungan Las	33
3.2.2 Pengelasan Kuningan (Brazing)	39
3.2.3 Penyolderan (Soldering)	39
3.2.4 Ikatan Perekat (Adhesive Bonding)	39
3.3.5 Sambungan Keling.....	40
3.3 Pengikat	40
3.3.1 Sekrup	41
3.3.2 Baut	42

3.3.4 Washer.....	43
3.3.5 Mur	44
DAFTAR PUSTAKA	46
BAB 4 POROS.....	47
4.1 Pendahuluan.....	47
4.2 Material, Proses Pembuatan, dan Standarisasi	48
4.3 Desain Poros	48
4.4 Poros dengan Momen Puntir (Torsi) saja.....	49
4.5 Poros dengan Momen Lentur saja.....	52
4.6 Poros dengan Kombinasi Momen.....	54
4.7 Poros dengan Beban Berfluktuasi	58
4.8 Pasak	60
4.9 Pengaruh Alur Pasak terhadap Poros	64
4.10 Soal-soal Latihan.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
BAB 5 RANTAI DAN SABUK (CHAIN DRIVE & BELT DRIVE).....	69
5.1 Pendahuluan.....	69
5.2 Transmisi Rantai.....	69
5.2.1 Fungsi Rantai.....	69
5.2.2 Keuntungan Transmisi Rantai Dibandingkan dengan Bagian Mesin dengan Fungsi yang Sama ...	70
5.2.3 Jenis	71
5.2.4 Pertimbangan Desain Rantai, Konstruksi, dan Komponen	78
5.2.5 Pemeliharaan rantai	80
5.3 Transmisi Sabuk	84
5.3.1 Theory Perhitungan.....	90
5.3.2 Jenis-jenis sabuk.....	91
5.3.3 Aplikasi dan Instalasi	97
5.3.4 Prosedur Pemilihan Sabuk	98
5.4 Kesimpulan.....	99
DAFTAR PUSTAKA	100
BAB 6 KOPLING DAN REM	101
6.1 Kopling	101
6.1.1 Cara kerja kopling mobil	101
6.1.2 Fungsi Kopling	102

6.1.3 Jenis kopling	102
6.1.4 Komponen Pada Kopling	104
6.1.5 Cara Merawat Kopling Mobil	105
6.2 Rem	105
6.2.1 Prinsip kerja sistem pengereman.....	105
6.2.2 Komponen utama rem hidrolik	106
DAFTAR PUSTAKA	108
BAB 7 PEGAS DAN PEREDAM	109
7.1 Definisi dan Fungsi Pegas	109
7.2 Sejarah dan Perkembangan Pegas:.....	110
7.3 Jenis-Jenis Pegas	111
7.4 Jenis-Jenis Peredam.....	113
7.5 Prinsip Kerja Pegas	114
7.6 Prinsip Kerja Peredam.....	115
7.7 Aplikasi Pegas dan Peredam.....	117
7.8 Desain dan Fabrikasi Pegas dan Peredam.....	118
7.9 Analisis dan Optimalisasi Pegas dan Peredam.....	119
7.10 Pegas dan Peredam dalam Konteks Khusus.....	120
DAFTAR PUSTAKA	122
BAB 8 KATROL DAN TALI.....	123
8.1 Pengantar.....	123
8.2 Katrol Komponen Bagian Pesawat Angkat.....	124
8.3 Komponen Katrol.....	126
DAFTAR PUSTAKA	155
BAB 9 TOLERANSI DAN KEAKURATAN.....	157
9.1 Pendahuluan.....	157
9.2 Toleransi	158
9.2.1 Tingkat Toleransi.....	161
9.2.2 Tempat Kedudukan Toleransi ISO.....	164
9.2.3 Suaian	165
9.2.4 Toleransi Geometri.....	170
9.2.5 Simbol Pengerjaan atau Texture Permukaan pada Perancangan Desain Produk.....	172
9.3 Keakuratan	177
DAFTAR PUSTAKA	180

BAB 10 PERAWATAN DAN PEMELIHARAAN

ELEMEN MESIN.....	181
10.1 Pendahuluan.....	181
10.1.1 Arti Dan Definisi Perawatan.....	182
10.1.2 Peranan Perawatan Dalam Sistem Produksi	182
10.2 Konsep Dasar Manajemen.....	184
10.2.1 Pengertian Manajemen	184
10.2.2 Tingkatan Manajemen	185
10.2.3 Proses Berfikir dalam Manajemen	186
10.2.4 Proses Manajemen	187
10.2.5 Pengertian Manajemen Perawatan.....	188
10.2.6 Pentingnya Manajemen Perawatan.....	188
10.2.8 Terminologi	190
10.3 Kebijakan Perawatan.....	192
10.3.1 Bentuk Kebijakan Perawatan.....	194
10.3.2 Lingkup Kegiatan Perawatan	199
10.3.3 Prosedur Perawatan	200
10.4 Perakitan dalam Pembongkaran dalam Perawatan	202
10.4.1 Perakitan dan Pembongkaran	202
10.4.2 Aspek dalam Perakitan dan Pembongkaran.....	203
10.4.3 Langkah Langkah Perbaikan.....	208
DAFTAR PUSTAKA	211
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Prosedur perancangan elemen mesin	6
Gambar 2.1. Gambaran sisi dari pemisahan bentuk benda uji tarik sesuai dengan kekuatan bahan.....	22
Gambar 2.2. Bentuk Batang Uji Tarik.....	22
Gambar 2.3. Skema uji tarik	23
Gambar 2.4. Skema uji bending.....	25
Gambar 2.5. (a) Spesimen yang digunakan untuk pengujian impak. (b) Skematik peralatan uji impak	28
Gambar 3.1. Dasar-dasar dari pengelasan busur: (1) sebelum las; (2) selama pengelasan (logam dasar meleleh dan logam pengisi ditambahkan ke dalamnya kolam cair); dan (3) pengelasan yang telah selesai. Ada banyak variasi dari pengelasan busur proses.....	35
Gambar 3.2. Metode Las	36
Gambar 3.3. Gambar Lokasi standar elemen simbol pengelasan.....	37
Gambar 3.4 . Simbol las busur dan gas.....	37
Gambar 3.5. Berbagai jenis paku keling	40
Gambar 3.6. Peristilahan ulir sekrup. Ulir v diperlihatkan dengan bentuk yang tajam, puncak dan akar berbentuk datar atau melengkung selama operasi pembentukannya	41
Gambar 3.7. Sekrup Tutup dengan Kepala Berbeda: (a) Heksagonal (b) Filister (c) Tombol (d) Datar (e) Kepala Soket Feksagonal	42
Gambar 3.8. Baut	43
Gambar 3.9. washer.....	44
Gambar 3.10. Nuts.....	45
Gambar 4.1. Poros yang dilengkapi roda gigi dan <i>spline</i>	47

Gambar 4.2. Gambar contoh soal no 4.....	53
Gambar 4.3. Gambar contoh soal no 6.....	58
Gambar 4.4. Poros, Pasak, dan Poros Bintang.	61
Gambar 4.5. Gaya-gaya pada Pasak Benam.....	61
Gambar 5.1. Rantai sebagai transmisi.....	70
Gambar 5.2. <i>Single roller chain</i> (rantai roller dengan 1 untaian).....	71
Gambar 5.3. <i>Double roller chain</i> (rantai roller dengan 2 untaian).....	72
Gambar 5.4. <i>Triple roller chain</i> (rantai roller dengan 3 untaian).....	72
Gambar 5.5. <i>Quad roller chain</i> (rantai roller dengan 4 untaian).....	73
Gambar 5.6. Aplikasi <i>single roller chain</i> untuk <i>forklift</i>	73
Gambar 5.7. Rantai gigi	74
Gambar 5.8. <i>PIV Laminated chain</i> terpasang di dalam <i>gearbox</i>	75
Gambar 5.9. <i>Table top chain (TTC)</i> untuk aplikasi <i>conveyor packaging</i>	76
Gambar 5.10. Aplikasi rantai untuk elevator keranjang	76
Gambar 5.11. Rantai dengan tambahan (<i>attachement chain</i>) yang digunakan untuk material transport misalnya <i>bucket conveyor</i>	77
Gambar 5.12. Rantai untaian tunggal (<i>Single-strand roller chain is an assembly of alternating pin links and roller links</i>).	78
Gambar 5.13. Bagian-bagian dari untaian rantai tunggal.....	78
Gambar 5.14. Rantai untaian ganda (<i>typical double-strand roller chain</i>)	79
Gambar 5.15. Pelumasan manual	81
Gambar 5.16. Pelumasan tetes (<i>drip lubrication</i>)	81
Gambar 5.17. Pelumasan rantai secara celup	82
Gambar 5.18. Bagian-bagian rantai dalam penyambungan	82
Gambar 5.19. Sambungan setengah	83

Gambar 5.20. Sambungan satu	83
Gambar 5.21. <i>Chain extractor</i> (pemotong rantai).....	83
Gambar 5.22. Alat penyambung rantai	84
Gambar 5.23. Struktur material <i>V-belt</i>	85
Gambar 5.24. Standard dimensi untuk menentukan ukuran dalam pemilihan sabuk.....	85
Gambar 5.25. Diagram pemilihan sabuk	88
Gambar 5.26. Belt dengan 3 lajur	88
Gambar 5.27. Sebuah bengkel mesin menggunakan 1 poros penggerak utama kemudian diteruskan menggunakan transmisi sabuk ke masing-masing mesin.	89
Gambar 5.28. Sabuk berbentuk V	91
Gambar 5.29. Aplikasi sabuk pada mesin mobil.....	92
Gambar 5.30. Aplikasi <i>flat belt</i> untuk transmisi / pemindah daya.....	92
Gambar 5.31. Aplikasi <i>flat belt</i> untuk conveyor	93
Gambar 5.32. <i>Timing belt</i>	93
Gambar 5.33. Aplikasi <i>timing belt</i> pada mesin otomotif.....	94
Gambar 5.34. Aplikasi <i>belt-conveyor</i>	94
Gambar 5.35. Aplikasi <i>belt-conveyor</i>	95
Gambar 5.36. Meneruskan daya dari motor ke mesin secara bertingkat.....	97
Gambar 5.37. Contoh pemasangan.....	97
Gambar 5.38. Transmisi bolak-balik	98
Gambar 6.1. Posisi unit kopling di kendaraan	101
Gambar 6.2. kopling gesek	103
Gambar 6.3. Konstruksi Unit Kopling Plat Tunggal	103
Gambar 8.1. Dua Pilinan Tali Non Logam	131
Gambar 8.2. Pola penampang wire tipe: 6 x 19 x 1.....	133
Gambar 8.3. Standar Ukuran dan Kekuatan Wire Baja Berbagai Penampang.....	135
Gambar 8.4. Komponen Penahan Beban.....	137
Gambar 8.5. Dua Contoh Katrol Tangan.....	138
Gambar 8.6. Dua Contoh Katrol dengan Rantai Engsel.....	139
Gambar 8.7. Kelengkapan Puli untuk Mengangkat Beban.....	141

Gambar 8.8. Soket Baji Machining Part.....	142
Gambar 8.9. Pemasangan Tali pada Baji	142
Gambar 8.10. Alat Penggantung Beban, United Ropeworks	145
Gambar 8.11. Lokasi Tegangan Kritis Kait Tunggal	147
Gambar 8.12. Kait dengan engsel-1 dan kait engsel-3.....	148
Gambar 8.13. Perlengkapan Penggantung Kait.....	152
Gambar 8.14. Contoh Gantungan Atau Jerat Pengangkat Beban,.....	154
Gambar 9.1. Notasi dan Definisi Toleransi	159
Gambar 9.2. Kelonggaran E (<i>Clearance</i>).....	160
Gambar 9.3. Kesesakan F (<i>Interference</i>)	160
Gambar 9.4. Suaian longgar (<i>clearance fit</i>)	160
Gambar 9.5. Suaian transisi (<i>transition fit</i>).....	161
Gambar 9.6. Suaian sesak (<i>press fit</i>).....	161
Gambar 9.7. <i>Penepat Pengeboran</i>	163
Gambar 9.8. Kedudukan/posisi toleransi ISO.....	165
Gambar 9.9. Sistem basis lubang dan poros	166
Gambar 9.10. Cincin dalam dari bantalan bola.....	172
Gambar 9.11. Arbor pada mesin frais	172
Gambar 9.12. Simbol permukaan dengan tuntutan pelengkap	174
Gambar 10.1. Peran Perawatan dalam Sistem Produksi.....	183
Gambar 10.2. Hubungan tingkatan manajemen dengan sifat kerjanya.	186
Gambar 10.3. Bentuk Kebijakan Perawatan.	193
Gambar 10.4. Evolusi perawatan prediksi.	199
Gambar 10.5. Simbol yang digunakan dalam prosedur perawatan.....	200
Gambar 10.6. Proses Perawatan.	201
Gambar 10.7. Prosedur Perawatan.	202
Gambar 10.8. Pengaturan alat yang tidak baik.	205
Gambar 10.9. Sambungan Flens Pipa.....	206
Gambar 10.10. Pelepasan bantalan bola.....	206
Gambar 10.11. Uraian Silinder Rem.	207

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kemampuan Las Berbagai Logam (G = good, F = fair, U = unacceptable)	38
Tabel 4.1. Rekomendasi Ukuran Lebar dan Tebal Pasak.....	62
Tabel 5.1. Tabel dimensi.....	86
Tabel 5.2. Tabel jenis sabuk	86
Tabel 5.3. Rumus perhitungan rantai	91
Tabel 5.4. Rumus perhitungan sabuk	96
Tabel 8.1. Standarisasi untuk Rantai Skalm Mengikuti Aturan N-2021	28
Tabel 8.2. Standarisasi dari Komisi Rantai Skalm Terbit Tahun 1936	129
Tabel 8.3. Ukuran Standar Rantai Engsel.	132
Tabel 8.4. Contoh Karakteristik Kekuatan Wire Tipe 6 x 19 x1	134
Tabel 8.5. Ukuran Standar Sarang Tali Baja berbentuk Cakra, Robert S. Young	140
Tabel 8.6. Standar Dengan Parameter-Parameter Baku Kait Tunggal	148
Tabel 9.1. Toleransi Umum.....	162
Tabel 9.2. Toleransi Umum untuk Radius dan Chamfer	162
Tabel 9.3. Toleransi Umum untuk Sudut.....	163
Tabel 9.4. Suaian.....	169
Tabel 9.5. Simbol toleransi geometri	171
Tabel 9.6. Nilai kekasaran/ <i>Roughnes values</i>	173
Tabel 9.7. Lambang permukaan tanpa angka, huruf atau perkataan.....	173
Tabel 9.8. Lambang nilai kekasaran permukaan (μm)	175
Tabel 9.9. kekasaran permukaan dalam proses manufaktur	176

BAB 1

PENGANTAR ELEMEN MESIN

Oleh Binsar Maruli Tua Pakpahan

1.1 Difinisi

Definisi dari perancangan mesin adalah pembuatan mesin baru yang lebih baik dalam menyempurnakan sebelumnya. Pernyataan mesin baru yang lebih baik menggambarkan mesin yang memiliki nilai lebih ekonomis dalam keseluruhan biaya produksi dan operasionalnya. Proses perancangannya membutuhkan waktu yang lama dan panjang. Tentunya harus dilahirkan ide baru berupa pengembangan dari yang telah ada dengan melakukan studi dan pemikiran. Ide baru yang diperoleh kemudian dipelajari untuk memperoleh keberhasilan dengan komersialnya yang dijabarkan dalam bentuk gambar rancangan. Dalam melakukan rancangan gambar, harus diperhatikan ketersediaan sumber daya dalam bentuk finansial, manusia, dan bahan yang diperlukan agar ide baru berhasil diselesaikan menjadi kenyataan yang sebenarnya. Dalam mendesain sebuah komponen elemen mesin, diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang baik dari banyak bidang ilmu diantaranya seperti matematika, mekanika teknik, kekuatan bahan, rancangan dan teori mesin, proses bengkel dan menggambar teknik.

(Menulis, 2020).

1.2 Klasifikasi Perancangan Mesin

Perancangan mesin dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Perancangan Adaptif (*Adaptive Design*).

Dalam banyak kasus, pekerjaan desainer berkaitan dengan adaptasi desain yang ada. Jenis desain ini tidak memerlukan pengetahuan atau keterampilan khusus dan dapat dicoba oleh perancang pelatihan teknis biasa. Perancang hanya

membuat sedikit perubahan atau modifikasi pada desain produk yang sudah ada.

2. Perancangan Pengembangan (*Development Design*)

Jenis desain ini membutuhkan pelatihan ilmiah dan kemampuan desain yang cukup untuk memodifikasi desain yang ada menjadi ide baru dengan mengadopsi bahan baru atau metode pembuatan yang berbeda. Dalam hal ini, meskipun perancang memulai dari desain yang sudah ada, tetapi produk akhir mungkin sangat berbeda dari produk aslinya.

3. Perancangan Baru (*New Design*)

Jenis desain ini membutuhkan banyak penelitian, kemampuan teknis dan pemikiran kreatif. Hanya para desainer yang memiliki kualitas pribadi dengan tatanan yang cukup tinggi yang dapat mengerjakan desain baru. Perancangan, dapat diklasifikasikan berdasarkan pada metode yang digunakan, diantaranya:

- a. Perancangan rasional. Jenis perancangan ini berdasarkan pada rumus matematika dari prinsip mekanika.
- b. Perancangan empiris. Jenis perancangan ini berdasarkan pada rumus empiris terhadap praktik dan pengalaman masa lalu.
- c. Perancangan industri. Jenis perancangan ini berdasarkan pada aspek produksi dalam membuat elemen mesin apa pun di industri.
- d. Perancangan optimal. Ini adalah perancangan terbaik untuk fungsi tujuan yang diberikan sesuai batasan yang ditentukan. Ini dapat dicapai dengan meminimalkan efek yang tidak diinginkan.
- e. Perancangan sistem. Ini adalah perancangan system mekanis yang rumit seperti mobil bermotor.
- f. Perancangan elemen. Ini adalah perancangan elemen apa pun dari sistem mekanis seperti piston, poros engkol, batang penghubung, dan lain sebagainya.
- g. Perancangan berbantuan komputer. Jenis perancangan ini berdasarkan pada penggunaan sistem komputer

untuk membantu dalam pembuatan, modifikasi, analisis dan optimasi rancangan. (GetX Press, 2020).

1.3 Pertimbangan Perancangan Mesin

Dalam melakukan perancangan mesin atau elemen mesin banyak hal yang menjadi pertimbangan, diantaranya:

1. Jenis beban dan tegangan yang terjadi.

Beban kerja operasional elemen tersebut, dapat terjadi dalam beberapa cara yang menyebabkan timbulnya tegangan internal.

2. Gerakan elemen atau kinetik mesin.

Operasional kinerja mesin sangat bergantung pada pengaturan paling sederhana dari bagian-bagian yang akan memberikan gerakan yang diperlukan. Gerak bagian-bagian tersebut dapat berupa:

- a. Gerak bujursangkar yang meliputi gerak searah dan bolak-balik.
- b. Gerak melengkung yang meliputi gerak putar, osilasi dan harmonik sederhana.
- c. Kecepatan konstan.
- d. Percepatan konstan atau variabel.

3. Pemilihan bahan.

Dalam melakukan perancangan, si perancang harus memiliki pengetahuan dan pemahaman yang baik tentang sifat bahan dan perilakunya dalam kondisi kerja. Beberapa karakteristik penting dari bahan adalah: kekuatan, daya tahan, fleksibilitas, berat, ketahanan terhadap panas dan korosi, kemampuan untuk dilas atau dikeraskan, kemampuan mesin, konduktivitas listrik, dan lain sebagainya.

4. Bentuk dan dimensi elemen

Bentuk dan dimensi elemen yang dirancang didasarkan pada penilaian. Penampang melintang terkecil yang dapat digunakan, tetapi dapat diperiksa bahwa tekanan yang diberikan pada penampang yang dirancang cukup aman. Dalam merancang elemen mesin, untuk bentuk dan ukurannya, perlu diketahui seberapa besar gaya yang harus

dipertahankan elemen tersebut sebagai kemampuannya. Sehingga penting juga untuk mengantisipasi jika ada beban terjadi tiba-tiba atau benturan yang dapat menyebabkan kegagalan.

5. Hambatan gesekan dan pelumasan.

Ketika elemen beroperasi dan berkontak dapat dipastikan ada kehilangan daya karena tahanan gesek. Perlu dicatat bahwa gesekan awal lebih tinggi daripada gesekan berjalan. Perhatian yang cermat harus diberikan pada masalah pelumasan terhadap semua permukaan yang bergerak dalam perkontak, kondisi berputar, geser, atau gelinding pada bantalan.

6. Kenyamanan dan ekonomis.

Dalam merancang, fitur pengoperasian mesin harus dipelajari dengan baik. Permulaan, pengendali dan penghentian harus dilakukan dengan penanganan yang mudah. Jika elemen mesin harus dilakukan penggantian akibat keausan atau kerusakan, kemudahan penanganan elemen tersebut harus dimungkinkan. Ekonomis operasional dari mesin yang akan digunakan untuk produksi, atau untuk pemrosesan bahan harus dipelajari dengan yang memiliki kapasitas maksimum sesuai dengan produksi pekerjaan yang baik.

7. Penggunaan suku cadang standar.

Penggunaan suku cadang standar berkaitan erat dengan biaya, karena biaya suku cadang standar. Ketersediaan suku cadang hanya sebagian kecil dari biaya suku cadang serupa yang dibuat sesuai pesanan. Suku cadang standar harus digunakan bila memungkinkan: suku cadang yang polanya sudah ada seperti roda gigi, katrol dan bantalan serta suku cadang yang dapat dipilih dari persediaan took biasa seperti sekrup, mur dan pin.

8. Keamanan operasional.

Beberapa mesin berbahaya untuk dioperasikan, terutama yang dipercepat untuk memastikan produksi pada tingkat maksimum. Setiap bagian mesin yang bergerak yang berada dalam zona pekerja dianggap dapat terjadi kecelakaan dan

- mungkin menyebabkan cedera. Untuk itu dibutuhkan ketersediaan perangkat keselamatan yang tidak boleh mengganggu pengoperasian mesin.
9. Fasilitas bengkel.
Perekayasa harus menyediakan fasilitas dengan keterbatasan bengkel. Perlu untuk merencanakan dan mengawasi operasi bengkel dan membuat penanganan dan pemeliharaan elemen suku cadang khusus.
 10. Perakitan.
Elemen mesin harus dirakit sebagai satu unit sebelum dapat difungsikan. Unit yang besar harus dirakit di bengkel, diuji, dan kemudian dibawa ke tempat servisnya. Lokasi akhir menjadi penting dalam merancang sehingga mengantisipasi lokasi yang tepat dan fasilitas memadai.

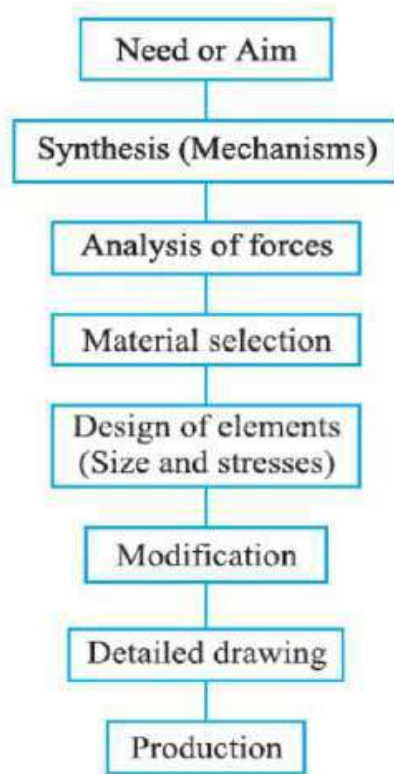
1.4 Prosedur Perancangan Mesin

Dalam merancang suatu elemen mesin tidak terdapat aturan yang baku dan kaku. Masalahnya dapat dicoba dengan beberapa langkah seperti diagram alir untuk prosedur perancangan mesin pada Gambar Prosedur umum untuk menyelesaikan masalah perancangan adalah sebagai berikut:

1. Pengakuan akan kebutuhan. Pertama-tama, buatlah Pernyataan lengkap tentang masalahnya, yang menunjukkan kebutuhan, tujuan, atau tujuan mesin akan dirancang.
2. Sintesis (Mekanisme). Pilih mekanisme yang mungkin atau kelompok mekanisme yang akan memberikan kondisi yang diinginkan.
3. Analisis gaya. Dapatkan gaya yang bekerja pada setiap elemen mesin dan daya yang ditransmisikan oleh setiap elemen tersebut.
4. Pemilihan bahan. Tentukan bahan yang sesuai untuk setiap kebutuhan elemen mesin.
5. Ukuran dan Tekanan elemen rancangan. Tentukan ukuran masing-masing elemen mesin dengan mempertimbangkan gaya yang bekerja pada bagian gambar detail dan tegangan yang diizinkan untuk material yang digunakan. Perlu diingat

bahwa setiap elemen tidak boleh merusak dari batas yang diizinkan.

6. Modifikasi. Ubah ukuran elemen agar sesuai dengan pengalaman dan ketentuan sehingga memudahkan pembuatannya. Modifikasi juga mungkin diperlukan dengan pertimbangan produksi untuk mengurangi biaya keseluruhan.
7. Gambar detail. Gambarkan detail setiap elemen dan perakitan mesin dengan spesifikasi lengkap untuk proses produksi yang disarankan.
8. Produksi. Elemen yang telah sesuai gambar diproduksi di bengkel.



Gambar 1.1. Prosedur perancangan elemen mesin

1.5 Faktor Keamanan (*Safety Faktor*)

Faktor keamanan merupakan faktor yang digunakan untuk mengevaluasi keamanan dari suatu elemen mesin dalam melakukan perancangan. Faktor keamanan dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya:

1. Variasi sifat bahan dan Jenis bahan.
2. Permesinan dan proses pembentukan.
3. Perlakuan panas terhadap sifat fisis material
4. waktu dan lingkungan

Penggunaan faktor keamanan yang banyak terjadi bila membandingkan tegangan dengan kekuatan, untuk menaksir angka keamanan. Untuk bahan ulet, diasumsikan mempunyai tegangan luluh dan tegangan maksimum sama akibat Tarik menarik dan tekan, maka:

Tegangan yang bekerja pada elemen

Tegangan maksimum

$N_u =$

Tegangan yang bekerja pada elemen

Tegangan luluh

$N_y \approx$

Bila elemen mesin sudah direncanakan, bentuk geometri, beban dan kekuatannya diketahui, maka faktor keamanan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

Tegangan hasil perhitungan

Tegangan maksimum

$N_u \approx$

Tegangan hasil perhitungan

Tegangan luluh

$N_y \approx$

Pada permasalahan yang tak linier, yaitu kolom yang gagal akibat tekuk, sebagai dasar untuk faktor keamanan dipakai

beban atau tegangan kegagalan:

Tegangan hasil perhitungan

Tegangan kegagalan

$N \approx$

Beban hasil perhitungan
Beban kegagalan

1.6 Massa dan Berat

Terkadang banyak terjadi kesalahpahaman sehingga menjadi membingungkan, saat menggunakan berbagai sistem satuan dalam pengukuran gaya dan massa. Kondisi ini disebabkan karena kurangnya pemahaman yang jelas tentang perbedaan antara massa dan berat. Secara definisi dapat dikatakan bahwa: Massa (*mass*) adalah jumlah materi yang terkandung dalam suatu benda dan tidak berbeda dengan perubahan posisinya di permukaan bumi. Sedangkan Massa benda diukur dengan perbandingan langsung dengan massa standar menggunakan timbangan atau skala. Bobot atau berat (*weight*) adalah jumlah tarikan yang diberikan bumi pada tubuh atau benda tertentu. Karena tarikan bervariasi dengan jarak tubuh dari pusat bumi. Dengan demikian, berat benda akan bervariasi dengan posisinya di permukaan bumi (katakanlah lintang dan ketinggian). Dengan demikian jelaslah, bahwa beban adalah gaya. Dalam sistem satuan SI ini, massa diambil dalam kg dan berat dalam newton. Hubungan antara massa (*m*) dan berat (*W*) benda adalah:

$$W = m \cdot g$$

dimana:

W = berat atau bobot (Newton)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s²).

1.7 Gaya

Dalam bidang Teknik, gaya merupakan faktor penting yang dapat didefinisikan sebagai suatu yang menghasilkan atau cenderung menghasilkan. Menurut Hukum Kedua Newton tentang gerak, gaya yang diterapkan atau gaya yang akan datang sangat sebanding dengan laju perubahan momentum.

$$\text{Momentum } (P) = \text{Massa } (m) \times \text{Kecepatan } (v)$$

dengan:

$$\text{Gaya } (F) = \text{Massa } (m) \times \text{percepatan } (a)$$

Dalam sistem satuan SI ini, gaya dinyatakan dengan satuan Newton, dimana:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg.m/s}^2$$

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ kg.m/s}^2 = 9,81 \text{ N}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Zainal. 2012. *Evaluasi Pembelajaran*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementrian Agama RI.
- Arikunto Suharsimi. 2001. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Asrul, dkk. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Medan: Cipta pustaka Media.
- Danial, D., Nurjannah, N., & Mirna, M. 2019. *Evaluation of The Learning Program of Mathematics Study Program at Islamic Institute Of Muhammadiyah Sinjai*. *Matematika Dan Pembelajaran*, 7(1), 65. <https://doi.org/10.33477/mp.v7i1.1046>.
- Fitriani. 2019. Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP. *JTMT: Journal Tadris Matematika*, 01(01), 25–30. <http://journal.iaimsinjai.ac.id/index.php/Jtm/article/view/393>.
- Hamalik, Oemar. 2010. *Manajemen Pengembangan Kurikulum*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Elis Ratnawulan. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: Penerbit pustaka.
- Ida Farida. 2017. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Muhammad Afandi. 2013. *Evaluasi Pembelajaran Sekolah Dasar*. Semarang: UNISSULA Press
- Sukardi. 2009. *Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Bhandari, VB. 2007. *Design of Machine Elements*. New Delhi : Tata Mc. Graw Hill.
- Bhandari, VB. 2001. *Introduction to Machine Design*. New Delhi : Tata Mc. Graw Hill Central Machine Too.
- Boy Isma Putra dkk. 2008. *Elemen Mesin untuk Industri*. Jakarta : Graha Ilmu.
- Institute. 1982. *Machine Tool Design Handbook*. New Delhi : Tata Mc. Graw Hill.
- Hollger, Siegbert. 1992. *Matematika Teknik untuk Kejuruan Logam*. Jakarta: PT Midas Surya Grafindo.

- Kannadiah.P. 2006. *Machine Design*.India : V Ramesh for Scitech Publications.
- Kiyokatsu Suga dan Sularso. 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT Pradnya Paramitha.
- Mahadevan,K and Reddy, Balaveera K. 2006. *Design Data Hand Book (in SI and Metric Units) for Mechanical Engineering*. New Delhi : Statish Kumar Jain for CBS Publishers & Distributors
- Shigly, Joseph Edward. *Mechanical Engineering Design*. Fifth Edition, Singapore : McGraw-Hill Book Co. 1989.
- Spotts, M.F. 1981. *Design of machine elements*. Fifth Edition. New Delhi : Prentice-Hall of India Private Limited.
- Spotts, M.F. 1988. *Design of Machine elements-Eighth Edition*. New Jersey : Prentice Hall
- Sularso. 2000. *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Umar Sukrisno. 1984. *Bagian-Bagian Mesin dan Merencana*. Jakarta : Erlangga.
- Rosnani Ginting. 2010. *Perancangan Produk*. Jakarta : Graha Ilmu.

BAB 2

BAHAN DAN SIFAT MEKANIK

Oleh Andi Haslinah

2.1 Pendahuluan

Bahan-bahan dan sifat mekanik adalah dua konsep penting yang seringkali menjadi fokus utama dalam penelitian material dan rekayasa. Memahami sifat-sifat mekanik bahan adalah kunci untuk merancang struktur yang kokoh dan tahan lama, sementara pemilihan bahan yang tepat dapat secara signifikan mempengaruhi kinerja dan keberlanjutan suatu produk atau sistem. Dalam konteks ini, pengenalan yang komprehensif terhadap berbagai bahan dan karakteristik mekanik mereka menjadi esensial dalam berbagai bidang, termasuk rekayasa, industri, dan ilmu material.

Pada bagian pertama, penjelasan akan diberikan mengenai berbagai jenis bahan yang umumnya digunakan dalam industri dan rekayasa. Bahan-bahan ini meliputi logam, polimer, keramik, komposit, dan bahan-bahan lainnya yang memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai sektor. Pengenalan ini akan mencakup sifat-sifat unik masing-masing jenis bahan, termasuk kekuatan, kekakuan, konduktivitas, dan ketahanan terhadap lingkungan.

Bagian kedua akan membahas sifat mekanik bahan, yang mencakup analisis dan penilaian terhadap perilaku bahan saat terkena beban mekanik, termasuk tegangan, regangan, keuletan, dan kekerasan. Pemahaman mendalam terhadap sifat-sifat ini penting dalam merancang struktur yang dapat menahan beban mekanik yang beragam serta memprediksi kinerja bahan dalam lingkungan yang berbeda.

Dengan memahami bahan dan sifat mekanik mereka, para insinyur, ilmuwan material, dan praktisi industri dapat mengembangkan produk dan sistem yang inovatif, efisien, dan berkelanjutan. Peningkatan pemahaman terhadap hubungan

antara struktur mikro bahan dengan sifat mekanik mereka juga akan membuka jalan bagi pengembangan material baru yang lebih kuat, ringan, dan ramah lingkungan. Dengan demikian, penjelasan mendalam mengenai bahan dan sifat mekaniknya merupakan landasan penting dalam menghadapi tantangan dan kebutuhan masa depan di berbagai sektor teknologi dan industri.

2.1.1 Bahan dan kemajuan teknologi sangat berpengaruh pada kehidupan manusia

Peranan bahan atau material dan teknologi dalam kehidupan manusia merupakan elemen penting yang melandasi kemajuan dan perkembangan masyarakat modern. Seiring dengan evolusi teknologi, bahan-bahan yang inovatif memainkan peran krusial dalam memenuhi kebutuhan manusia dan memperluas batas pencapaian manusia. Berikut ini adalah beberapa peranan penting bahan dan teknologi dalam kehidupan manusia:

1. **Infrastruktur dan Konstruksi:** Bahan konstruksi seperti beton, baja, dan bahan komposit memungkinkan pembangunan struktur bangunan yang kokoh dan tahan lama. Dengan teknologi konstruksi yang canggih, manusia dapat mengembangkan infrastruktur yang memadai, seperti jalan raya, jembatan, gedung bertingkat, dan fasilitas transportasi modern.
2. **Komunikasi dan Teknologi Informasi:** Bahan dan teknologi memainkan peran sentral dalam pengembangan telekomunikasi dan teknologi informasi. Dengan penggunaan serat optik, bahan polimer, dan logam canggih, sistem komunikasi modern seperti internet, telepon pintar, dan jaringan data dapat beroperasi dengan kecepatan tinggi dan efisiensi yang tinggi.
3. **Kesehatan dan Perawatan Medis:** Bahan medis seperti logam biomaterial, polimer medis, dan bahan bioaktif telah memungkinkan kemajuan signifikan dalam pengobatan dan perawatan kesehatan manusia. Teknologi medis yang inovatif, seperti pencitraan medis, implant medis, dan peralatan bedah canggih, telah meningkatkan standar perawatan kesehatan dan memperpanjang harapan hidup manusia.

4. **Transportasi dan Mobilitas:** Bahan-bahan ringan dan tahan lama telah memungkinkan pengembangan kendaraan bermotor, pesawat terbang, dan kendaraan luar angkasa yang efisien dan aman. Teknologi dalam industri otomotif dan kedirgantaraan terus berevolusi untuk meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan efisiensi transportasi manusia di seluruh dunia.
5. **Energi dan Lingkungan:** Bahan dan teknologi energi terbarukan, seperti panel surya, turbin angin, dan baterai litium-ion, telah menjadi solusi penting dalam menanggulangi perubahan iklim dan krisis energi global. Pengembangan teknologi energi bersih berperan penting dalam menjamin keberlanjutan lingkungan dan pengurangan dampak negatif terhadap alam.

Penggunaan bahan dan teknologi yang cerdas dan bertanggung jawab dapat meningkatkan kualitas hidup manusia secara keseluruhan. Namun, perlu diingat bahwa penggunaan yang tidak bijaksana dapat mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan dan masyarakat. Oleh karena itu, peran tanggung jawab sosial dan lingkungan dalam pengembangan dan penerapan bahan dan teknologi juga penting untuk dipertimbangkan.

2.1.2 Penggolongan Bahan Bidang Teknik

Bahan atau material teknik merupakan material khusus dan mempunyai karakteristik unik yang sangat membantu para ahli bidang teknik dalam mengeksekusi tugas dan menyiapkan rancangan keilmuan mereka.

Berikut adalah klasifikasi umum bahan berdasarkan karakteristik utama: ((Hidayat, 2019)

1. **Logam:** Bahan yang memiliki konduktivitas listrik dan termal tinggi, kekuatan yang baik, serta deformasi plastis. Contohnya termasuk besi, aluminium, dan tembaga.
2. **Polimer:** Bahan organik yang memiliki sifat elastisitas tinggi, ringan, isolator listrik, dan mudah dibentuk. Contohnya termasuk polietilena, polipropilena, dan polivinil klorida.

3. **Keramik:** Bahan anorganik yang keras, rapuh, dan tahan terhadap suhu tinggi. Contohnya termasuk porselen, gelas, dan bahan refraktori.
4. **Komposit:** Penggabungan atau perpaduan dari dua macam bahan atau lebih dengan sifat yang berbeda satu sama lain, biasanya menggabungkan sifat-sifat unik dari setiap komponennya. Contohnya termasuk serat karbon yang diperkuat dengan resin epoksi, serta beton bertulang.
5. **Semikonduktor:** Material yang memiliki konduktivitas listrik moderat, tidak sebaik konduktor namun lebih baik daripada isolator. Contohnya termasuk silikon, germanium, dan senyawa gallium arsenida.

Perkembangan teknologi modern didominasi penggunaan logam dan paduannya terutama jenis ferrous, bahan non-logam juga penting karena mempunyai karakter unik yang tidak dimiliki logam. Dalam beberapa kasus, penggantian logam dengan bahan lain seperti plastik dan keramik telah menjadi tren dalam industri rekayasa.

Penggunaan bahan logam non-besi, seperti tembaga, aluminium, seng, nikel, dan sebagainya juga semakin meningkat sejalan dengan tuntutan teknologi yang terus berkembang. Pengembangan teknologi maju sering kali membutuhkan bahan kuat semacam serat grafit, serat kaca, dan serat logam yang terus dikembangkan. Dengan ditemukannya serat baru ini, bahan komposit mulai bermunculan. Bahan tersebut terbentuk dari kombinasi lebih dari satu atau dua bahan yang berbeda karakteristiknya, menghasilkan material baru dengan performa melebihi bahan aslinya. Komposit bisa dibuat dari campuran antara logam dengan keramik, dan logam dengan plastik, serta keramik dengan plastik dan sebagainya (Ning *et al.*, 2020).

2.1.3 Faktor Pemilihan Bahan pada Implementasi Desain

Pemilihan bahan dalam desain merupakan langkah penting yang memengaruhi kualitas, fungsionalitas, dan estetika produk yang dihasilkan. Berikut beberapa kriteria yang mesti dipertimbangkan ketika melakukan pemilihan bahan :

1. **Karakteristik Mekanik dan Fisik Bahan:** Pilihlah bahan yang memiliki karakteristik mekanik dan fisik yang sesuai dengan kebutuhan produk. Pertimbangkan faktor seperti kekuatan, elastisitas, kekakuan, kepadatan, konduktivitas termal, dan daya tahan terhadap suhu atau keausan(Ashby and Jones, 2012).
2. **Ketersediaan Bahan:** Pastikan bahan yang dipilih tersedia secara luas di pasaran dan dapat dibuat dalam jumlah yang mencukupi untuk menunjang kegiatan produksi(Seperamianam, Jalil and Zulkefli, 2017).
3. **Biaya Bahan:** Pertimbangkan biaya pembelian, pemrosesan, dan pemeliharaan bahan dalam jangka panjang untuk mengoptimalkan biaya produksi (Ulrich, T and Eppinger, D, 2008)
4. **Keamanan dan Ketahanan Lingkungan:** Pilih bahan yang aman bagi pengguna dan lingkungan. Pertimbangkan dampak bahan terhadap kesehatan manusia serta dampaknya terhadap lingkungan saat proses produksi, penggunaan, dan pembuangan (Pigosso, McAloone and Rozenfeld, 2015).
5. **Kemampuan Manufaktur:** Pastikan bahan yang dipilih dapat diproses dengan mudah menggunakan teknologi manufaktur yang tersedia. Pertimbangkan proses pembentukan, pemotongan, dan penyambungan bahan yang diperlukan (Groover, Mikell, 2020)
6. **Estetika dan Keindahan:** Pertimbangkan aspek estetika dalam pemilihan bahan untuk memastikan tampilan produk dirancang sedemikian rupa agar tampak menawan dan sesuai selera pasar(Breidenich, Christ and Takayasu, 2022).

Pemilihan bahan yang tepat dalam desain produk tidak hanya meningkatkan kualitas produk tetapi juga memastikan keberhasilan produk di pasaran. Dengan mempertimbangkan aspek-aspek di atas, desainer dapat menciptakan produk yang optimal dalam hal kinerja, keamanan, dan daya tarik.

Memilih bahan untuk keperluan tertentu bukanlah tugas yang sulit, selama tidak ada syarat-syarat tambahan yang perlu dipertimbangkan, seperti ketersediaan yang memadai, kemudahan

dalam proses pengolahan untuk memastikan kualitas telah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan dengan biaya affordable. Prinsip dasar dalam pemilihan material cukup sederhana, hanya memerlukan pertimbangan terhadap persyaratan karakteristik yang diperlukan oleh desain konstruksi dan kemampuan bahan yang dapat digunakan. Namun, kendala dapat muncul ketika informasi tentang ketersediaan bahan tidak lengkap atau data tentang karakteristik bahan masih kurang. Bahkan ketika informasi tersebut sudah tersedia secara komprehensif, hampir tidak mungkin ada bahan yang mampuenuhi seluruh spesifikasi tersebut, maka dari itu beberapa spesifikasi perlu dikurangi agar didapatkan alternatif pilihan bahan yang paling cocok (Suarsana, 2014)

Umumnya, persyaratan yang dibutuhkan oleh para ahli desain konstruksi meliputi karakteristik sebagai berikut:

1. Sifat mekanik seperti kekuatan, ketangguhan, kekerasan, keuletan, kegetasan, dan lain sebagainya.
2. Sifat fisik seperti konduktivitas panas, konduktivitas listrik, perluasan panas, dimensi, dan struktur mikro.
3. Sifat kimia seperti ketahanan terhadap korosi, reaktivitas terhadap bahan kimia.
4. Dan karakteristik lainnya.

Faktor tambahan yang wajib diperhitungkan dalam desain yaitu:

1. Teknologi yang ada untuk mengolah bahan jadi produk siap pakai.
2. Faktor ekonomis seperti :biaya bahan baku, biaya produksi, harga bahan, dan lainnya
3. Ketersedian bahan di pasar, tempat memperoleh, dan jumlah bahan yang tersedia.

2.2 Karakteristik Mekanik Sebuah Bahan

Karakteristik atau sifat mekanik sebuah bahan yaitu hubungan antara respon atau deformasi bahan akibat beban yang diberikan. Dengan kata lain, sifat mekanis adalah sifat material terkait perilaku bahan terhadap pembebanan mekanik. Sifat ini penting dipertimbangkan dalam memilih bahan konstruksi logam

dan proses pengolahannya. Sifat mekanis bahan didasarkan pada hasil percobaan dengan variasi beban, arah beban dan durasi beban. (Meyers, Andre and Chawla, Kumar, 2009)

2.2.1 Klasifikasi Sifat Bahan Teknik

Pemakaian bahan teknik dengan efektif, penting untuk memiliki pemahaman yang mendalam tentang karakteristik material yang akan dipilih untuk pemakaian tertentu. Sifat-sifat ini memiliki berbagai macam variasi, tergantung pada sudut pandang atau disiplin ilmu yang digunakan. Misalnya, dalam bidang ilmu kimia, terdapat beragam sifat kimia, begitu pula dengan bidang fisika dan bidang lainnya. Meski demikian, tidak seluruh atribut itu diperlukan pemilihan bahan untuk kebutuhan khusus melibatkan proses seleksi material yang sesuai dengan spesifikasi tertentu. Dalam bidang teknik mesin, sifat mekanis sangat penting, begitu pula sifat kimia tertentu seperti ketahanan korosi, termal, dan fisik. Masalah korosi menjadi fokus serius yang kerap dibahas secara terpisah.

Dalam pengelompokan sifat fisik, densitas (massa jenis) kadang perlu dipikirkan. Selain itu, struktur mikro juga memerlukan perhatian khusus karena memiliki kaitan erat dengan sifat-sifat yang lain, seperti kekuatan, keuletan, dan ketahanan terhadap korosi. Sifat termal menjadi penting untuk komponen yang akan terpapar panas. Faktor-faktor seperti panas jenis (specific heat), konduktivitas termal, dan perluasan termal perhitungan seringkali harus dipertimbangkan dalam proses pemilihan bahan (Setiawan, 2017)

Sifat-sifat bahan teknik dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori utama, yang mencakup sifat mekanik, sifat termal, sifat listrik, sifat magnetik, dan sifat optik. Berikut adalah rincian klasifikasi karakteristik material atau bahan teknik:

1. Sifat Mekanik

Kekuatan: Kemampuan bahan untuk menahan beban tanpa terjadinya deformasi atau kerusakan.

Ketangguhan: Kemampuan bahan untuk menyerap energi sebelum mengalami retak atau pecah.

Kekerasan: Ketahanan suatu bahan terhadap penetrasi atau deformasi plastis.

Kekakuan: Kemampuan bahan untuk menahan deformasi ketika dikenai gaya eksternal.

Kehalusan permukaan: Kemampuan permukaan bahan untuk menahan atau mengurangi gesekan.

2. Sifat Termal:

Konduktivitas termal: Kemampuan bahan untuk menghantarkan panas.

Perluasan termal: Respons dimensi bahan terhadap perubahan suhu.

Kapasitas panas spesifik: Jumlah panas yang dapat diserap oleh bahan per satuan massa pada kenaikan suhu tertentu.

3. Sifat Listrik:

Konduktivitas listrik: Kemampuan bahan untuk menghantarkan arus listrik.

Resistivitas: Kebalikan dari konduktivitas listrik.

Kapasitansi: Kemampuan bahan untuk menyimpan muatan listrik.

4. Sifat Magnetik:

Permeabilitas magnetik: Respons bahan terhadap medan magnet eksternal.

Koersitivitas: Ukuran kekuatan medan magnet yang diperlukan untuk membatalkan magnetisasi bahan.

5. Sifat Optik:

Transparansi: Kemampuan bahan untuk mentransmisikan cahaya.

Indeks bias: Kemampuan bahan untuk membelokkan cahaya saat melewati batas antarmuka.

Dispersi: Perubahan indeks bias bahan tergantung pada panjang gelombang cahaya.

Klasifikasi sifat-sifat ini memungkinkan insinyur dan ilmuwan untuk memahami dan memanfaatkan bahan dengan lebih efisien dalam berbagai aplikasi teknik. Dengan memperhatikan sifat-sifat ini, mereka dapat memilih bahan yang paling sesuai untuk memenuhi kebutuhan spesifik desain dan aplikasi teknis (Shackelford, 2003)

2.2.2 Pengujian Sifat Mekanik Bahan

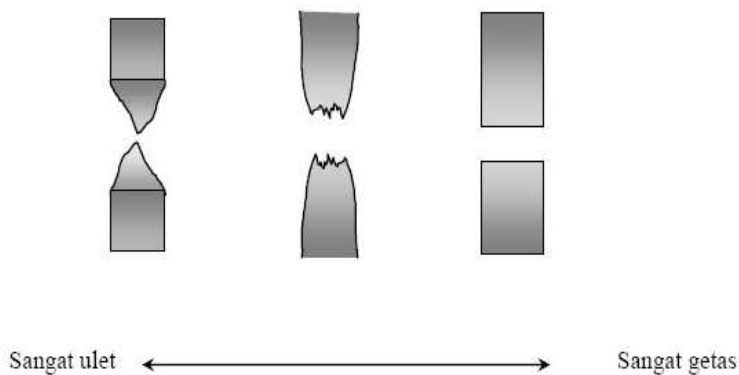
Untuk memahami sifat logam atau non logam bahan, biasanya dilakukan pengujian pada spesimen atau batang uji dengan ukuran dan bentuk standar. Proses pengujian harus mengikuti prosedur standar yang telah ditetapkan agar memberikan kesimpulan akurat pengujian sifat mekanik dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik mekanik.

Idealnya, hasil pengujian yang paling akurat terhadap kondisi nyata didapat dari pengujian komponen atau struktur utuh dalam ukuran dan bentuk aslinya dengan pembebanan sesuai kondisi aktual. Namun, metode ini seringkali membutuhkan biaya yang terlalu tinggi, tidak praktis, dan sulit untuk dianalisis

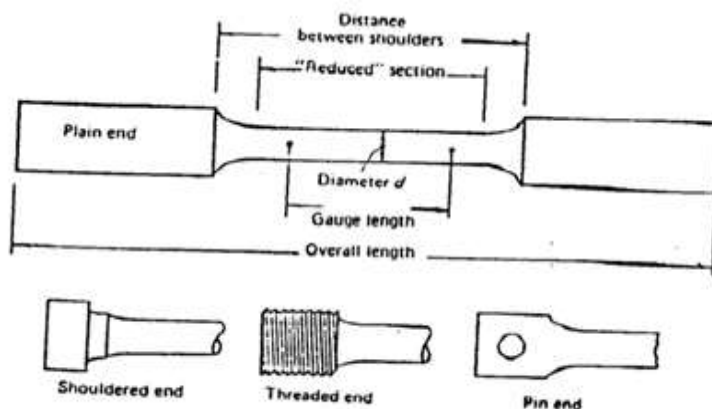
Beberapa jenis pengujian mekanik umum antara lain uji tarik, uji kekerasan, uji pukul-takik, kadang uji kelelahan, uji creep, uji lentur, uji tekan, dan beberapa pengujian fabrikasi lainnya.

1. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian tarik umumnya menggunakan spesimen batang uji standar. Bahan yang akan diuji tarik, pertama-tama dibentuk menjadi batang uji dengan bentuk sesuai standar pengujian. Salah satu contoh bentuk batang uji dapat dilihat pada gambar 2 dan bentuk perpatahan benda uji tarik dapat dilihat pada gambar 1. Bagian tengah batang uji (bagian paralel) menerima tegangan yang seragam, bagian inilah yang disebut panjang ukur (*gauge length*). Selama proses pengujian, panjang bagian yang menerima beban selalu diukur. Batang uji dipasang pada mesin tarik, dijepit, dan ditarik perlahan. Setiap penarikan direkam dalam grafik yang tersedia pada uji tarik, mencatat besarnya gaya tarik dan pertambahan panjang yang terjadi. Penarikan dilakukan hingga batang uji putus.

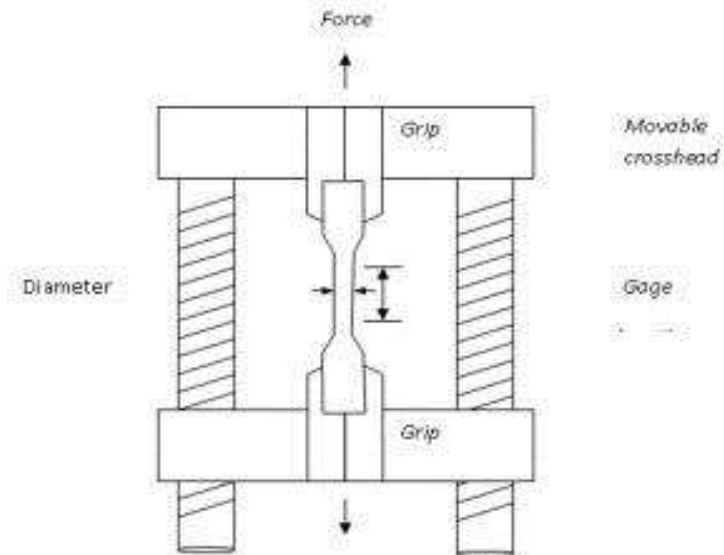


Gambar 2.1. Gambaran sisi dari pemisahan bentuk benda uji tarik sesuai dengan kekuatan bahan.



Gambar 2.2. Bentuk Batang Uji Tarik

Pengujian tarik adalah metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan dengan memberikan beban gaya sejajar. Data yang dihasilkan dari pengujian tarik sangat penting dalam desain produk dan rekayasa teknik karena memberikan informasi tentang kekuatan material. Pengujian tarik bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan.



Gambar 2.3. Skema uji tarik

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material saat ditarik hingga putus. Kekuatan tarik berbeda dari kekuatan tekan dan nilainya dapat bervariasi. *Ultimate Tensile Strength* merupakan sifat penting dari suatu bahan. Kemampuan material dalam menahan beban tarik diukur dengan membagi beban/gaya maksimum dengan luas penampang bahan uji.

Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban perlahan pada kedua ujung sampel uji hingga sampel tersebut putus. Melalui pengujian ini, kekuatan tarik, beban luluh, modulus elastisitas (modulus Young) tegangan, pengurangan luas penampang, dan pertambahan panjang dapat diketahui.

Tujuan dari pengujian adalah untuk memahami regangan dan tegangan dari papan partikel yang telah diproduksi. Hasil dari pengujian ini berupa grafik yang menunjukkan hubungan beban terhadap perpanjangan (elongasi).

Tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

Regangan:

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- σ : tegangan (N/mm²Mpa)
 - P : beban yang diberikan (N)
 - ε : regangan (%)
 - A_o : luas penampang mula-mula (mm)
 - l_o : panjang mula-mula (mm)
 - l_i : panjang setelah putus (mm)
 - Δl : (l_i – l_o) atau pertambahan panjang (mm)
- Modulus Elastisitas:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

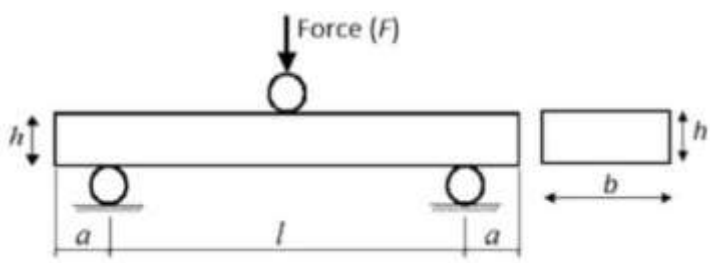
- $\Delta \sigma$: tegangan (N/mm²/Mpa
- $\Delta \varepsilon$: regangan (%)
- E : modulus elastisitas (GPa)

2. Pengujian Tekuk (*Bending Test*)

Kekakuan adalah kemampuan suatu material untuk menahan deformasi elastis. Modulus Elastisitas (E) mengindikasikan kekakuan material pada daerah elastis. Modulus elastisitas juga menggambarkan hubungan antara tegangan dan regangan pada daerah elastis. Material yang lentur adalah material yang dapat mengalami regangan ketika diberi tegangan atau beban tertentu. Untuk mencegah deformasi plastis, tegangan atau beban yang diterapkan pada sampel uji harus berada di bawah beban maksimum.

Uji lentur merupakan salah satu bentuk pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas material secara visual. Saat menguji kekuatan lentur dan kekerasan, beban diterapkan pada material sehingga tegangan tarik, tekan, dan geser terbentuk secara simultan. Proses pembebanan menggunakan mandrel atau pendorong yang telah ditetapkan dimensinya

untuk memaksa bagian tengah bahan uji atau spesimen bengkok di antara dua penyangga dengan jarak yang telah ditentukan. Akibatnya, bahan akan mengalami deformasi akibat dua gaya yang bertentangan yang bekerja secara bersamaan.



Gambar 2.4. Skema uji bending

Setelah ditebuk, permukaan cembung dari spesimen harus diperiksa untuk mengidentifikasi retak atau cacat permukaan lainnya. Jika spesimen patah setelah tekukan, maka uji dianggap gagal (rejected). Namun, jika tidak patah, kriteria penerimaan harus sesuai dengan standar yang digunakan, termasuk jumlah retak, dimensi retak, atau cacat permukaan lainnya yang terlihat. Retak pada ketebalan sisi atau sudut spesimen tidak dianggap sebagai kegagalan dalam pengujian.

Untuk menentukan kekuatan bending dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{M \cdot Y}{I} = \frac{\frac{P}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{1}{2}d}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot d^3} = \frac{1/8 \cdot P \cdot L \cdot d}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot d^3} = \frac{\frac{1}{8} \cdot P \cdot L}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot d^2} , \text{ maka :}$$

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots (4)$$

Sedangkan untuk menentukan modulus elastisitas bending menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_b = \frac{L^3 \cdot P}{4 \cdot b \cdot d^3 \cdot \delta} \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

- σ_b : kekuatan bending (N/mm² atau MPa)
- P : beban yang diberikan (N)
- L : jarak antara titik tumpuan (mm)

b : lebar spesimen (mm)
d : tebal spesimen (mm)
 δ : defleksi (mm)
 E_b : modulus elastisitas (GPa)

3. Pengujian Impak (*Impact Test*)

Uji impak adalah proses pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi ketangguhan suatu sampel ketika terkena beban tiba-tiba melalui tumbukan. Ketangguhan merupakan ukuran energi yang diperlukan untuk merusak atau mematahkan bahan, dihitung dari area di bawah kurva tegangan-regangan. Meskipun suatu bahan memiliki kekuatan tarik yang tinggi, namun hal itu tidak menjamin bahwa bahan tersebut memenuhi persyaratan untuk beban tiba-tiba.

Prinsip pengujian impak melibatkan perhitungan energi yang diserap oleh sampel akibat beban (pendulum). Ketika beban dinaikkan ke ketinggian tertentu, memiliki energi potensial maksimum, kemudian saat menumbuk sampel, energi kinetik mencapai puncaknya. Sebagian dari energi kinetik maksimum akan diserap oleh sampel hingga sampel patah. Dengan kata lain, pengujian dampak bertujuan untuk mengukur seberapa besar energi yang dapat diserap oleh suatu bahan sebelum terjadi kerusakan atau patah.

Pengujian impak memiliki dua teknik standar yakni Charpy dan Izod. Pengujian standar tersebut didesain dan sampai saat ini masih digunakan untuk mengukur energi impak yang juga disebut ketangguhan takik (Meyers, Andre and Chawla, Kumar, 2009)

Spesimen Charpy memiliki bentuk batang dengan penampang lintang berbentuk bujur sangkar dengan takikan V yang dibuat melalui proses permesinan (lihat Gambar 1.a). Mesin pengujian dampak ditunjukkan secara skematis dalam Gambar 1.b. Beban berasal dari tumbukan oleh palu pendulum yang dilepaskan dari ketinggian h. Spesimen ditempatkan di posisi dasar seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.b. Ketika dilepaskan, ujung pisau pada palu pendulum akan menabrak dan mematahkan spesimen pada takikannya, yang berfungsi

sebagai titik konsentrasi tegangan untuk tumbukan dampak dengan kecepatan tinggi. Palu pendulum akan melanjutkan ayunan untuk mencapai ketinggian maksimum h^1 yang lebih rendah dari h . Energi yang diserap dihitung dari perbedaan h^1 dan h ($mgh - mgh^1$), dan merupakan ukuran dari energi dampak. Posisi simpangan lengan pendulum terhadap garis vertikal sebelum tumbukan adalah α , sedangkan posisi lengan pendulum terhadap garis vertikal setelah tumbukan spesimen adalah β . Dengan mengetahui jumlah energi potensial yang diserap oleh material, kekuatan dampak benda uji dapat dihitung (Standar ASTM D256-00).

$$\begin{aligned} E_{\text{serap}} &= \text{Energi awal} - \text{Energi yang tersisa} \\ &= m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h^1 \\ &= m \cdot g \cdot (R - R \cos \alpha) - m \cdot g \cdot (R - R \cos \beta) \\ &= m \cdot g \cdot R \cdot (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

Dimana:

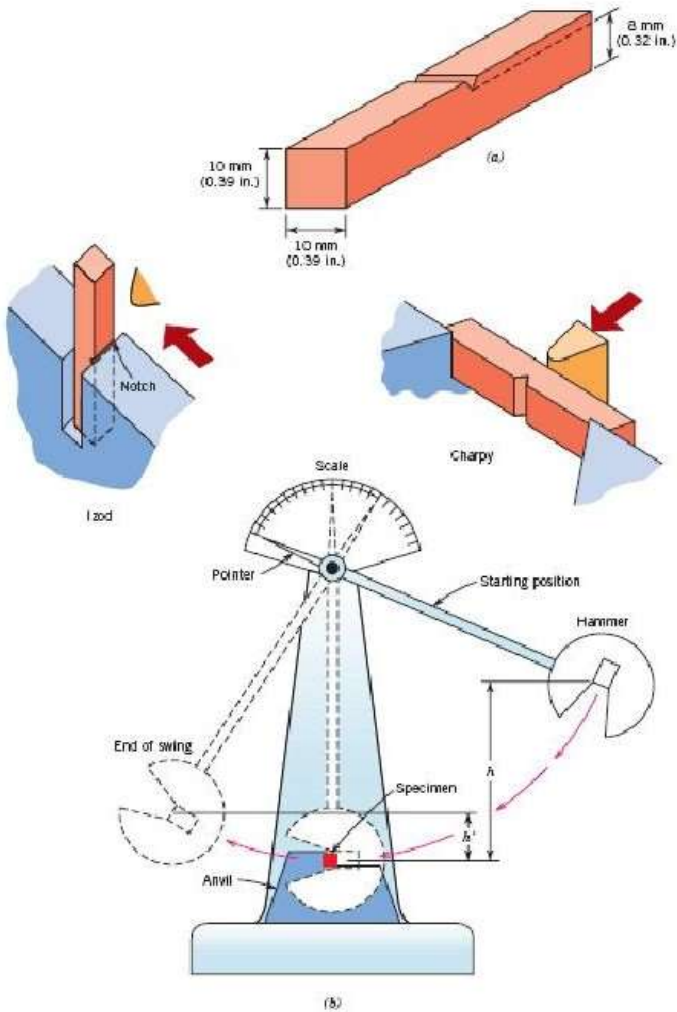
- E_{serap} : energi serap (jaoule)
- M : berat pendulum (kg)
- g : percepatan gravitasi (m/s^2)
- R : panjang lengan (m)
- α : sudut pendulum sebelum diayunkan
- β : sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen

Harga impact dapat dihitung dengan:

$$K = \frac{E_{\text{serap}}}{A_0} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

- K : harga impact (J/mm^2)
- E_{serap} : energi serap (J)
- A_0 : luas penampang (mm^2)



Gambar 2.5. (a) Spesimen yang digunakan untuk pengujian impak. (b) Skematik peralatan uji impak

Pengujian impak dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Material yang getas, bentuk patahannya akan bermukaan merata, hal ini menunjukkan bahwa material yang getas akan cenderung patah akibat tegangan normal.

2. Material yang ulet akan terlihat meruncing, hal ini menunjukkan bahwa material yang ulet akan patah akibat tegangan geser.
3. Semakin besar posisi sudut β akan semakin getas, demikian sebaliknya. Artinya pada material getas, energy untuk mematahkan material cenderung semakin kecil, demikian sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, M. M. and Jones, D. R. H. 2012. *Engineering Materials 1*, Engineering Materials 1. doi: 10.1016/C2009-0-64288-4.
- Breidenich, C., Christ, N. and Takayasu, K. 2022. 'MUJI and the Aesthetics of Simplicity: A Comparative Study on Minimalist Product Images', *The Journal of the Asian Conference of Design History and Theory*, 4, pp. 154–163. Available at: <https://www.muji.com/jp/flagship/huaihai755/archive/koi-ke.html>.
- Groover, Mikell, P. 2020. 'FUNDAMENTALS OF MODERN MANUFACTURING Materials, Processes, and Systems', in 4th Edition, pp. 1–1025.
- Hidayat, W. 2019. 'Klasifikasi Dan Sifat Material Teknik Serta Pengujian Material', *Jurnal Material Teknik*, 4, pp. 1–19.
- Meyers, Andre, M. and Chawla, Kumar, K. 2009. Mechanical behavior of materials, *Choice Reviews Online*. doi: 10.5860/choice.46-6830.
- Ning, H. et al. 2020. 'A review of Long fibre thermoplastic (LFT) composites', *International Materials Reviews*, 65(3), pp. 164–188. doi: 10.1080/09506608.2019.1585004.
- Pigosso, D. C. A., McAloone, T. C. and Rozenfeld, H. 2015. 'Characterization of the State-of-the-art and Identification of Main Trends for Ecodesign Tools and Methods: Classifying Three Decades of Research and Implementation', *Journal of the Indian Institute of Science*, 95(4), pp. 405–427.
- Seperamaniam, T., Jalil, N. A. A. and Zulkefli, Z. A. 2017. 'Hydrostatic Bearing Design Selection for Automotive Application Using Pugh Controlled Convergence Method', in *Engineering Physics International Conference, EPIC 2016*. Elsevier B.V., pp. 422–429. doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.068.
- Setiawan, D. 2017. Analisis Uji Rockwell dengan Sifat-Sifat Bahan Teknik.

- Shackelford, J. F. 2003. Introduction to Materials Science for Engineers, University of California, Davis. Available at: http://web.utk.edu/~prack/mse201/Chapter_5_Diffusion.pdf.
- Suarsana. 2014. 'Pengetahuan Material Teknik', in, pp. 1-71.
- Ulrich, T, K. and Eppinger, D, S. 2008. 'Concept Development Funnel Selection Methods Selection Methods (contd .)', in Product Design and Development, pp. 1-26.

BAB 3

SAMBUNGAN DAN PENGIKAT

Oleh Yanti

3.1 Pendahuluan

Mempersatukan bagian-bagian dari mesin ataupun konstruksi bangunan dan lain-lain, perlu dilakukan penyambungan. Sambungan pada elemen mesin merupakan salah satu elemen penting dalam struktur mesin, yang mencakup banyak bagian kompleks berbeda yang dihubungkan bersama melalui braket sambungan.

Ukuran dan dimensi bagian penyambung lebih kecil dibandingkan dengan dimensi bagian penyambung atau bagian mesin, sehingga mengakibatkan konsentrasi beban pada sambungan lebih besar. Karena beban terkonsentrasi pada sambungan, maka sambungan harus dirancang untuk menahan beban berlebih untuk memastikan keselamatan dan pengoperasian normal.

3.2 Sambungan

3.2.1 Sambungan Las

Pengelasan melibatkan penyambungan atau penyambungan dua bagian logam secara lokal pada permukaannya yang rusak. Permukaan kontak adalah permukaan kontak atau bagian-bagian yang berdekatan yang harus disambung. Pengelasan biasanya dilakukan pada bagian yang terbuat dari logam yang sama, namun beberapa operasi pengelasan dapat digunakan untuk menyatukan logam yang berbeda.

Pengelasan dapat didefinisikan sebagai proses penyatuan dua buah logam atau lebih secara metalurgi untuk menghasilkan satu buah logam. Pengelasan banyak digunakan dalam pekerjaan fabrikasi di mana pelat logam, bagian baja canai, dan bahan coran dari bahan besi disatukan. Ini juga digunakan untuk memperbaiki

bagian logam yang rusak, aus, atau cacat. (Gopalakrishna, Gopalakrishna, & Sharma, 2015).

Proses Pengelasan

Proses pengelasan dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip dasar yang digunakan sebagai berikut (Groover, 2010) (Stolk & Kros, 1981);

1. Pengelasan tekanan

Dalam pengelasan bertekanan, bagian-bagian yang akan disambung dipanaskan hanya sampai keadaan plastis dan kemudian disatukan dengan memberikan tekanan eksternal. Berbagai jenis pengelasan tekanan adalah;

- a. Pengelasan tempa atau pengelasan api dimana proses pengelasan yang diawali dengan proses pemanasan logam dan pembuatan sambungan logam melalui penempaan.
- b. Pengelasan dingin; menggunakan konsep deformasi plastis logam yang akan disambung dengan penerapan tekanan (pengelasan tumpang tindih, pengelasan butt, pengelasan gulungan) atau dengan ledakan (pengelasan eksplosif) atau dengan penggunaan gelombang ultrasonik (pengelasan ultrasonik)
- c. Pengelasan difusi; adalah proses penyambungan dua permukaan logam untuk disambung kemudian dipanaskan sampai suhu mendekati titik leleh logam sehingga permukaan yang disambung menjadi ulet dan dengan memberikan tekanan tertentu maka terbentuklah sambungan logam.
- d. Pengelasan gesekan; Penyambungan terjadi karena adanya panas yang dihasilkan oleh gesekan antara dua bagian logam yang disambung. Salah satu bagian logam berputar sehingga menyebabkan permukaan kontak memanaskan (mendekati titik leleh logam), kemudian setelah putaran berhenti, terbentuklah sambungan logam.

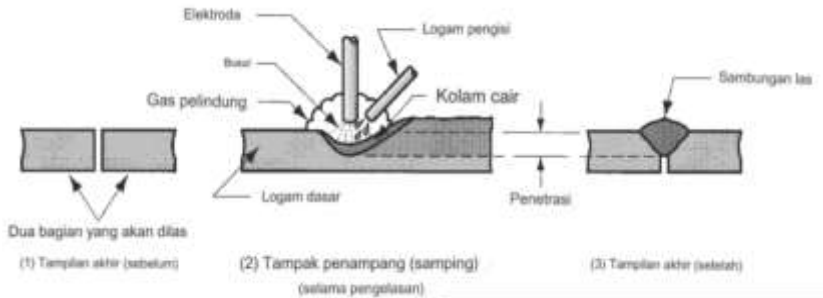
2. Pengelasan fusi.

Dalam pengelasan fusi yang juga dikenal sebagai pengelasan non-tekanan, sambungan kedua bagian dipanaskan hingga cair dan

dibiarkan memadat. Proses pengelasan fusi menggunakan panas untuk melelehkan logam dasar. Dalam berbagai operasi pengelasan fusi, logam pengisi ditambahkan ke kolam cair untuk memfasilitasi proses dan memberikan curah dan kekuatan pada sambungan las. Operasi pengelasan fusi di mana non logam pengisi yang ditambahkan disebut sebagai las autogenous.

Kategori fusi meliputi proses pengelasan yang paling banyak digunakan, yang dapat diorganisasikan menjadi umum berikut kelompok (*American Welding Society*):

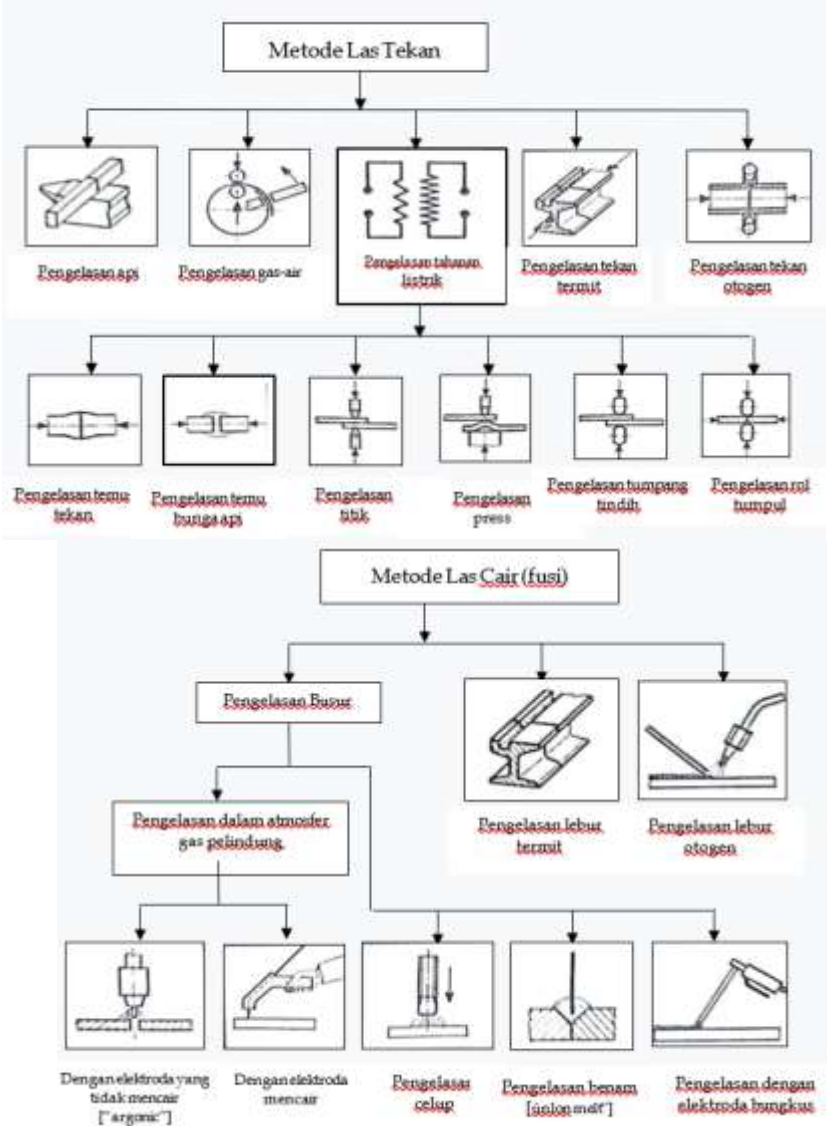
1. Pengelasan busur (AW). Pengelasan busur mengacu pada sekelompok proses pengelasan di mana pemanasan logam dicapai dengan busur listrik, seperti yang ditunjukkan pada 3.1.



Gambar 3.11. Dasar-dasar dari pengelasan busur: (1) sebelum las; (2) selama pengelasan (logam dasar meleleh dan logam pengisi ditambahkan ke dalamnya kolam cair); dan (3) pengelasan yang telah selesai. Ada banyak variasi dari pengelasan busur proses (Groover, 2010)

2. Resistansi pengelasan (RW). Pengelasan resistansi mencapai penggabungan menggunakan panas dari hambatan listrik terhadap aliran arus yang mengalir di antara permukaan faying dua bagian disatukan di bawah tekanan.
3. Pengelasan gas oksifuel (OFW). Proses penggabungan ini menggunakan gas oxyfuel, seperti campuran oksigen dan asetilen, untuk menghasilkan nyala api panas untuk

melelehkan logam dasar dan logam pengisi, jika ada yang digunakan.



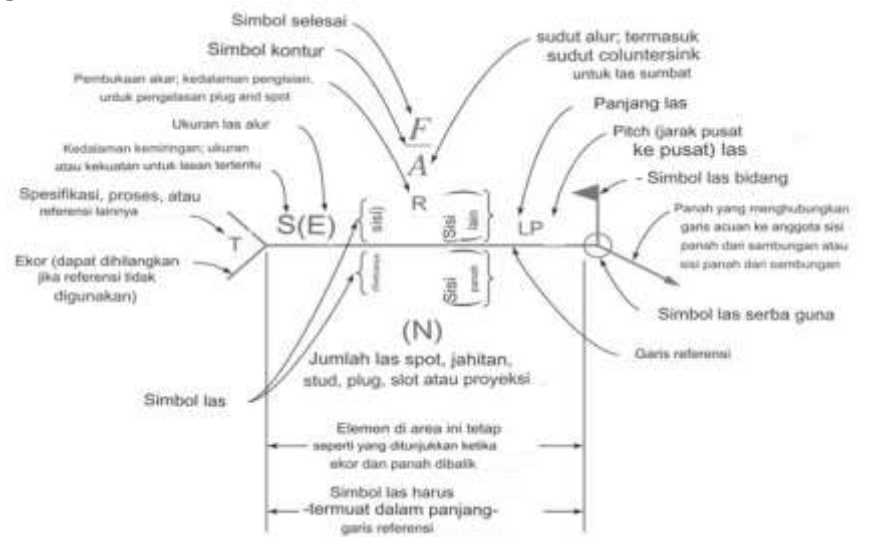
Gambar 3.12. Metode Las (Stolk & Kros, 1981)

Jenis Pengelasan

Spesifikasi las telah distandarisasi oleh *American Welding Society* (AWS) melalui penggunaan simbol pengelasan dasar pada

gambar 3.3 Simbol dasar pengelasan terdiri dari garis referensi, yang membawa informasi yang tepat tentang jenis, ukuran, tepi persiapan, kontur, penyelesaian, dan data pengelasan terkait lainnya, serta panah yang menunjuk ke satu sisi sambungan yang akan dilas, ditetapkan sebagai sisi panah (berlawanan dengan sisi lainnya samping).

Seperti yang ditunjukkan pada gambar, semua spesifikasi pengelasan untuk sisi panah ditempatkan di bawah garis referensi, dan spesifikasi pengelasan untuk sisi lainnya ditempatkan di atas garis referensi.



Gambar 3.13. Gambar Lokasi standar elemen simbol pengelasan (Collins, Busby, & Staab, 2010)

Type of weld							
Bead	Fillet	Plug or slot	Groove				
			Square	V	Bevel	U	J

Gambar 3.14 . Simbol las busur dan gas. (Shigley & Mischke, 1996)

Kemampuan Las

Kebanyakan logam dapat dilas dengan memilih proses, elektroda, dan pelindung yang sesuai media. Istilah kemampuan las mengacu pada deskripsi kualitatif kualitas las yang dapat dihasilkan dicapai dengan menggunakan bahan dan proses tertentu. Tabel 3.1 memberikan kemampuan las karakteristik beberapa logam dan paduan, menggunakan praktik pengelasan yang disetujui

Tabel 3.2. Kemampuan Las Berbagai Logam (G = good, F = fair, U = unacceptable)

Metal	Arc	Gas	Metal	Arc	Gas
Carbon steel			Magnesium alloys	U	G
Low and medium carbon	G	G			
High carbon	G	F	Copper and copper alloys		
Tool steel	F	F	Deoxidized copper	F	G
			Pitch, electrolytic, and lake	G	F
Cast steel, plain carbon	G	G	Commercial bronze, red brass, and low brass	F	G
			Spring, admiralty, yellow, and commercial brass	F	G
Gray and alloy cast iron	F	G	Muntz metal, naval brass, and magnesium bronze	F	G
			Phosphor bronze, bearing bronze, and bell metal	G	G
Malleable iron	F	F	Aluminum bronze	G	F
			Beryllium copper	G	—
Low-alloy high-strength steels					
Ni-Cr-Mo and Ni-Mo	F	F	Nickel and nickel alloys	G	G
Most others	G	G			
			Lead	U	G
Stainless steel					
Chromium	G	F			
Chromium-nickel	G	G			
Aluminum and Al alloys					
Commercially pure	G	G			
Al-Mn alloys	G	G			
Al-Mg-Mn and Al-Si-Mg alloys	G	F			
Al-Cu-Mg-Mn alloys	F	U			

Sumber : (Collins, Busby, & Staab, 2010)

3.2.2 Pengelasan Kuningan (Brazing)

Pengelasan kuningan atau brazing adalah proses penyambungan dimana logam pengisi mengalir ke dalam celah ruangan dengan aksi kapiler dengan suhu lebih dari 800⁰F.

Cara pengelasan kuningan dengan menggunakan nyala api, yang dapat dilakukan secara otomatis ataupun secara normal.

Keuntungan dari penggunaan las kuningan ini, adalah sebagai berikut :

1. Kemampuannya menyambungkan bahan dengan ketebalan yang berbeda
2. Setelah disambung, perubahan yang radikal akan berkurang dalam sifa-sifat bahan
3. Bahan-bahan ruangan dan yang dirol saat disambung sama baiknya seperti pada bahan yang lain
4. Prosedur pengerjaan akhir tidak memerlukan tambahan setelah sambungan selesai.

3.2.3 Penyolderan (Soldering)

Sambungan solder hampir sama dengan sambungan las kuningan kecuali pada bahan pengisinya yang lebih lunak biasanya dan proses dilakukan di bawah suhu 800⁰F. Logam lembaran disambung seperti kaleng seng dan pada talang yang dikerjakan, dan untuk berbagai pengerjaan pemakaian listirk. Perencanaan proses dilakukan dengan penuh agar beban luar yang ada dapat diterima oleh bahan dasarnya.

3.2.4 Ikatan Perekat (Adhesive Bonding)

Penggunaan perekat polimer untuk menyatukan komponen struktural, semistruktural, dan aplikasi nonstruktural telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir sebagai akibat dari keuntungan unik yang mungkin ditawarkan perekat untuk proses perakitan tertentu dan pengembangan perekat baru dengan peningkatan ketahanan dan penerimaan lingkungan (Shigley & Mischke, 1996)

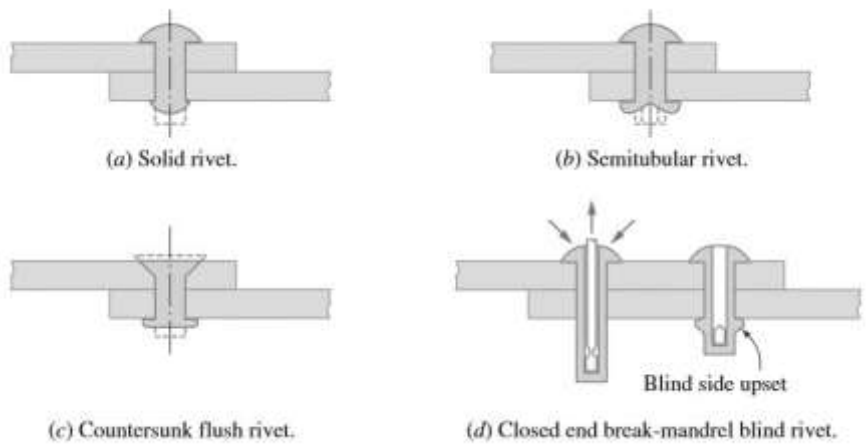
Ada banyak jenis perekat untuk berbagai aplikasi. Diklasifikasikan dalam berbagai cara tergantung pada sifat kimianya contohnya epoksi, poliuretan, poliimida), bentuknya seperti pasta,

cairan, film, pelet, pita, jenisnya misalnya lelehan panas, lelehan panas reaktif, termoset, sensitif terhadap tekanan, kontak, atau pembawa bebannya kemampuan seperti struktural, semistruktural, atau nonstruktural.

3.3.5 Sambungan Keling

Sambungan paku keling merupakan sambungan permanen yang telah banyak digunakan untuk mengamankan kedua sambungan struktural, misalnya yang mana kekuatan merupakan pertimbangan desain yang penting, dan industri berkinerja rendah sambungan, yang persyaratan kekuatannya sederhana tetapi biaya produksi dan waktu perakitan adalah faktor kunci.

Struktural paku keling telah digunakan dalam struktur teknik sipil seperti bangunan, jembatan, dan kapal, juga seperti banyak aplikasi teknik mesin termasuk bejana tekan, aplikasi otomotif aplikasi, dan struktur pesawat.



Gambar 3.15. Berbagai jenis paku keling (Collins, Busby, & Staab, 2010)

3.3 Pengikat

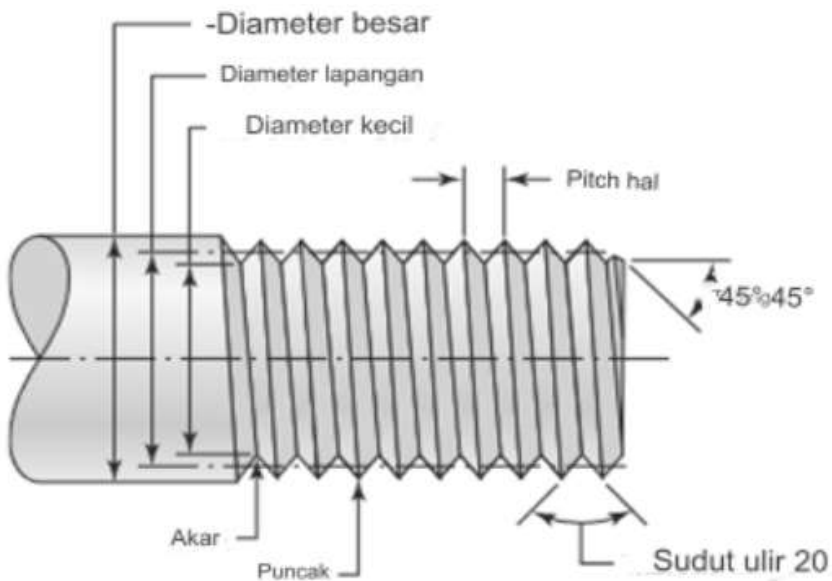
Pengikat adalah perangkat apa pun yang digunakan untuk menghubungkan atau menggabungkan dua atau lebih komponen. Ratusan pengikat jenis dan variasi tersedia. Yang paling umum

adalah pengencang berulir yang disebut dengan banyak nama, di antaranya baut, sekrup, mur, stud, sekrup lag, dan memasang sekrup.

3.3.1 Sekrup

Sekrup adalah pengikat berulir yang dirancang untuk dimasukkan melalui lubang pada salah satu anggota yang akan disambung dan ke dalam lubang berulir di bagian lubang yang lain.

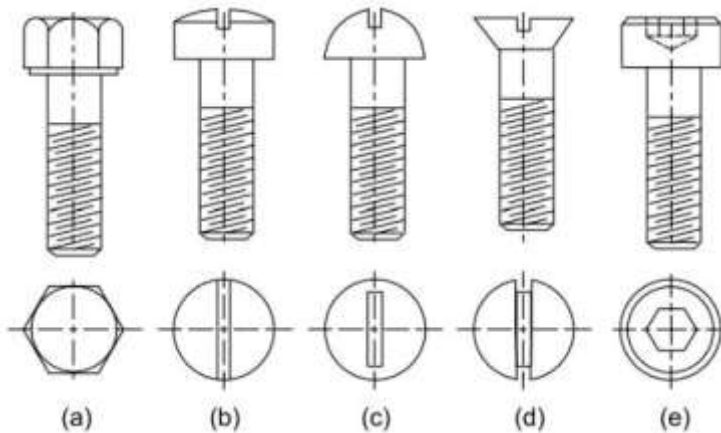
Ada dua jenis penerapan sekrup yakni aplikasi dengan efisiensi tinggi dan aplikasi yang efisiensinya rendah. Aplikasi yang efisiensinya tinggi yang diharapkan adalah aplikasi transmisi daya seperti sebagai sekrup utama dan pengepres. Aplikasi di mana efisiensi rendah diinginkan untuk tujuan self-pengunci, adalah dongkrak sekrup, klem dan alat kelengkapan. (Bhandari , 2010)



Gambar 3.16. Peristilahan ulir sekrup. Ulir v diperlihatkan dengan bentuk yang tajam, puncak dan akar berbentuk datar atau melengkung selama operasi pembentukannya (Budynas & Nisbett, 2011)

Tergantung pada bentuk kepala, kepala sekrup dibagi menjadi dua kelompok berikut:

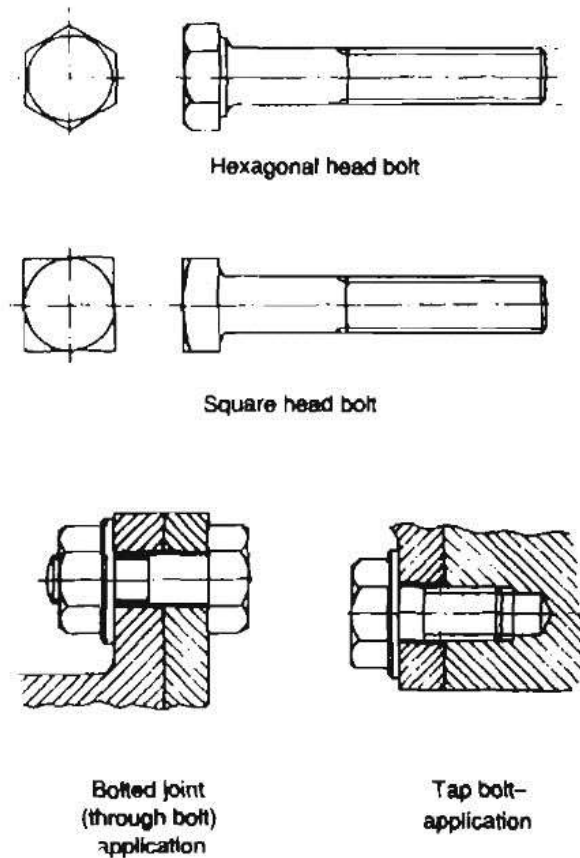
1. Sekrup penutup yang kepala terpasang secara eksternal dengan kunci pas
2. Sekrup penutup yang kepala terpasang secara internal dan dari ujung muka.



Gambar 3.17. Sekrup Tutup dengan Kepala Berbeda: (a) Heksagonal (b) Filister (c) Tombol (d) Datar (e) Kepala Soket Feksagonal (Bhandari , 2010)

3.3.2 Baut

Baut digunakan untuk mengencangkan bagian-bagian mesin menjadi satu sering kali bersamaan dengan mur dan ring untuk terbentuk sambungan tidak permanen. Kepala baut biasanya heksagonal, tetapi bisa berbentuk persegi atau bulat.



Gambar 3.18. Baut (Carvill, 1993)

3.3.4 Washer

Washer merupakan bagian berbentuk cincin yang ditempatkan di antara baut dan mur serta benda yang dikencangkan.

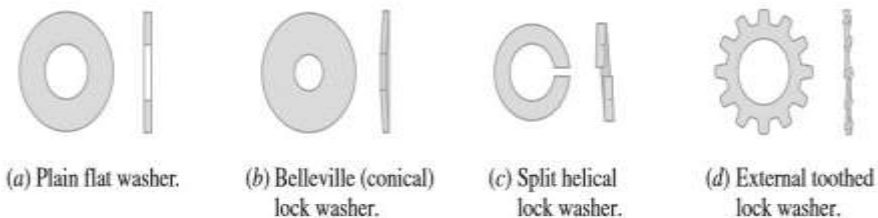
Ada beberapa fitur washer yang sering kali didasarkan pada bentuk sealnya, antara lain:

1. Flat washer, fitur yang membantu mengurangi resiko kerusakan pada benda yang dijepit dengan mendistribusikan beban pada area yang lebih luas.

2. Torsion spring washer , banyak digunakan pada part yang sering terkena vibrasi atau getaran tinggi untuk mengurangi resiko kendornya baut atau mur.
3. Washer pengunci gigi berfungsi untuk meredam efek getaran yang dapat menyebabkan kendornya baut dan mur. Washer jenis ini memiliki fungsi yang sama Helical Spring Washer
Namun aplikasi ini lebih banyak digunakan pada terminal kabel.

Fungsi Washer adalah sebagai berikut:

1. Mendistribusikan beban ke area yang luas di permukaan bagian yang dijepit.
2. Mencegah kerusakan pada bagian yang dijepit selama perakitan.
3. Mencegah terjadinya kerusakan pada kepala baut dan mur permukaan selama perakitan.
4. Ini memberikan permukaan bantalan yang luas lubang izin.



Gambar 3.19. washer (Collins, Busby, & Staab, 2010)

3.3.5 Mur

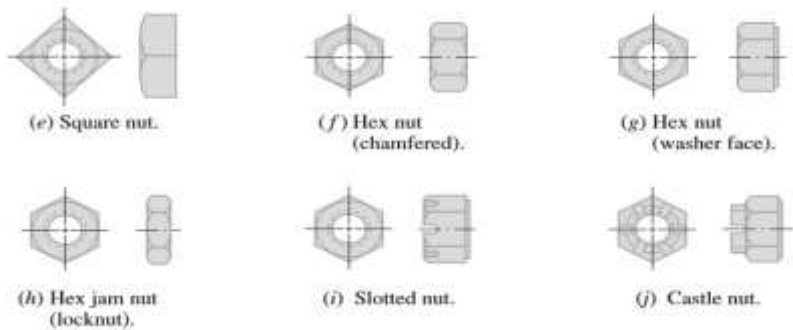
Seperti halnya baut, mur juga memiliki jenis diantaranya yang banyak digunakan :

1. Mur segi enam
mur ini dinamakan hexagonal plain nut dan banyak diterapkan pada kebutuhan industri
2. Castellated nut
Bentuk mur ini seperti mahkota pada kepalanya yang dilengkapi slot pengunci biasa disebut castellated nut dan

slotted nut. Dilenngkapi mekanisme penguncian karena kepala mur berfungsi untuk mengunci agar posisi tidak berubah.

3. Mur pengunci

Mur pengunci atau lock nut yaitu ukuran jenis mur ini tipis dari pada jenis mur lainnya, biasanya dipasangkan pada bawah mur utama yang berfungsi sebagai pengunci.



Gambar 3.20. Nuts (Collins, Busby, & Staab, 2010)

DAFTAR PUSTAKA

- Bhandari , B. V. 2010. *Design of Machine Elements Third Edition*. NEW DELHI: Tata McGraw Hill Education Private Limited.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. 2011. *Shigley's mechanical engineering design* . New York: McGraw-Hill.
- Carvill, J. 1993. *Mechanical Engineer's Data Handbook*. oxford: Butterworth-Heinemann.
- Collins, J. A., Busby, R. H., & Staab, H. G. 2010. *MECHANICAL DESIGN OF MACHINE ELEMENTS AND MACHINES SECOND EDITION*. United States: Johny Wiley and Son.
- Gopalakrishna, K. R., Gopalakrishna, S., & Sharma, S. C. 2015. *Elements of Mechanical Engineering Edition 35th*. Bangalore: Subhas Stores.
- Groover, M. P. 2010. *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems, 4th ed*. United States: JOHN WILEY & SONS, INC.
- Shigley, J. E., & Mischke, R. C. 1996. *Standard Handbook of Machine Design*. United States of America: McGraw-Hill.
- Smallman, R. E., & Bishop, R. J. 1995. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Stolk, i. J., & Kros, i. C. 1981. *Elemen Mesin Elemen Konstruksi Bangunan Mesin*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ugural, C. A. 2015. *Mechanical Design of Machine Components Second Edition*. Boca Raton London New York: CRC Press.

BAB 4

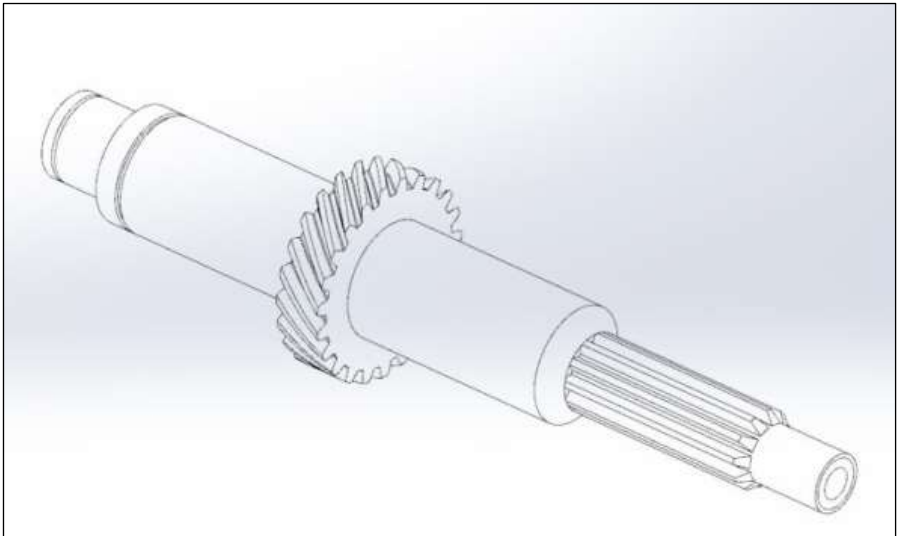
POROS

Oleh Dodi Mulyadi

4.1 Pendahuluan

Poros adalah elemen mesin yang berputar yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari suatu penggerak utama ke bagian lain yang berputar dari suatu sistem mekanik. Untuk dapat mentransmisikan daya, poros mempunyai elemen-elemen lain yang terpasang padanya, misalnya puli, roda gigi, *sprocket*, dan lain-lain. Elemen-elemen tersebut dipasang pada poros baik dengan menggunakan pasak atau juga dengan menggunakan poros bintang (*splines*).

Pada umumnya penampang poros berbentuk silinder pejal, akan tetapi ada juga yang penampangnya berbentuk persegi. Selain pejal, ada juga poros yang penampangnya berongga.



Gambar 4.1. Poros yang dilengkapi roda gigi dan *spline*.

Ada elemen mesin lainnya yang bentuknya sama dengan poros yaitu *axle* dan *spindle*. *Axle* atau gandar merupakan elemen mesin yang bentuknya sama dengan poros akan tetapi tidak berputar dan hanya digunakan untuk meneruskan momen lentur saja. Sederhananya, *axle* merupakan elemen mesin yang menumpu beban dari benda yang berputar seperti pada roda-roda keretan dan *hoisting drum*. Adapun *spindle*, ia adalah poros transmisi yang pendek, misalnya pada mesin perkakas bubut dan mesin potong lainnya.

4.2 Material, Proses Pembuatan, dan Standarisasi

Material yang digunakan untuk membuat poros harus memiliki sifat-sifat: kuat, mudah diproses dengan mesin, bagus terhadap perlakuan panas, dan tahan terhadap keausan dan korosi. Material yang umum digunakan adalah baja karbon. Namun jika diperlukan kekuatan yang tinggi, maka digunakan baja paduan nikel, krom-nikel, atau krom-vanadium.

Proses pembuatan poros biasanya dengan cara *hot rolling*, kemudian diikuti dengan proses *cold drawing*, bubut, dan grinding untuk mendapatkan dimensi akhirnya. Poros dengan diameter besar biasanya dibuat dengan cara tempa (*forged*) dan kemudian dibubut untuk mendapatkan ukuran akhirnya.

Diameter poros transmisi dibuat dengan standar, yaitu

1. Untuk diameter 25 mm sampai dengan 60 mm, kenaikan setiap 5 mm.
2. Untuk diameter 60 mm sampai dengan 110 mm, kenaikan setiap 10 mm.
3. Untuk diameter 110 mm sampai dengan 140 mm, kenaikan setiap 15 mm.
4. Untuk diameter 140 mm sampai dengan 500 mm, kenaikan setiap 20 mm.

4.3 Desain Poros

Mendesain poros adalah menentukan diameter poros berdasarkan kekuatannya, kekakuannya, dan ketahannya terhadap perubahan bentuk. Beberapa hal yang dapat dijadikan pertimbangan ketika merancang poros berdasarkan kekuatannya:

1. Poros yang hanya mengalami momen puntir atau torsi saja;
2. Poros yang hanya mengalami momen lentur saja;
3. Poros yang menerima kombinasi momen puntir dan momen lentur;
4. Poros yang menerima beban aksial disamping menerima beban kombinasi momen puntir dan momen lentur.

4.4 Poros dengan Momen Puntir (Torsi) saja

Poros yang mengalami momen puntir atau torsi saja, maka diameter poros pejal dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \cdot \tau}} \quad (4.1)$$

Adapun untuk mendapatkan diameter poros berongga, maka dapat diperoleh dengan cara:

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \cdot \tau(1 - k^4)}} \quad (4.2)$$

dengan k adalah rasio diameter (d_i/d_o).

Jika poros berongga harus dibuat sama kekuatannya dengan poros pejal, maka momen puntir keduanya harus sama. Dengan kata lain, untuk material yang sama dari kedua poros, maka:

$$(d_o^3)(1 - k^4) = d^3 \quad (4.3)$$

Momen puntir atau torsi secara umum dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$T = \frac{60P}{2\pi \times N} \quad (4.4)$$

Dengan T adalah torsi dalam satuan N-m; P sebagai daya dalam satuan watt; dan N sebagai kecepatan putar poros dalam satuan r.p.m.

Contoh soal dan penyelesaiannya.

1. Sebuah poros pejal berputar pada 200 r.p.m. digunakan untuk mentransmisikan daya sebesar 20 kW. Poros dibuat dari baja ringan dengan tegangan geser yang diijinkan sebesar 42 MPa. Tentukan diameter poros dengan mengabaikan momen lentur pada poros.

Jawab:

Diketahui:

$$N = 200 \text{ r.p.m}$$

$$P = 20 \text{ kW} = 20.000 \text{ W}$$

$$\tau = 42 \text{ MPa} = 42 \text{ N/mm}^2$$

Maka diameter poros dapat ditentukan:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \cdot \tau}}$$

Kita substitusi rumus T dan sekaligus konversi satuan ke N-mm, maka:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau} \times \left(\frac{60P \times 10^3}{2\pi \times N} \right)}$$
$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{42\pi} \times \left(\frac{60 \times 20.000 \times 10^3}{2\pi \times 200} \right)} = 48,75 \text{ mm}$$

Secara hitungan diperoleh $d = 48,75 \text{ mm}$, dan kita gunakan poros dengan diameter 50 mm.

2. Poros pejal mentransmisikan daya sebesar 1 MW pada 240 r.p.m. Tentukan diameter poros jika torsi maksimum yang ditransmisikan melebihi torsi rata-rata sebesar 20%. Poros dibuat menggunakan material dengan tegangan geser maksimum yang diijinkan sebesar 60 MPa.

Jawab:

Diketahui:

$$N = 240 \text{ r.p.m}$$

$$P = 1 \text{ MW} = 1 \times 10^6 \text{ W}$$

$$T_{max} = 1,2 T$$

$$\tau = 60 \text{ MPa} = 60 \text{ N/mm}^2$$

Kita tentukan torsi (T) terlebih dahulu:

$$T = \frac{60P}{2\pi \times N}$$

$$T = \frac{60 \times 1 \times 10^6}{2\pi \times 240}$$

$$T = 39.788 \text{ N-m} = 39.788 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

Torsi maksimum yang bisa ditransmisikan adalah:

$$T_{\max} = 1,2 T$$

$$T_{\max} = 1,2 \times 39.788 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

$$T_{\max} = 47.745 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

Sehingga diameter dari poros pejal bisa dihitung:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 T_{\max}}{\pi \cdot \tau}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau} \times 47.745 \times 10^3} = 159,43 \text{ mm}$$

Dan kita gunakan poros pejal dengan diameter 160 mm.

3. Hitung diameter poros pejal untuk mentransmisikan daya sebesar 20 kW pada 200 r.p.m. Tegangan geser maksimum bahan poros baja sebesar 360 MPa dengan faktor keamanan (FK) sebesar 8. Jika poros berongga akan digunakan sebagai pengganti poros pejal, tentukan diameter dalam dan luarnya, dengan rasio diameter dalam dan luar sebesar 0,5.

Jawab:

Diketahui:

$$N = 200 \text{ r.p.m}$$

$$P = 20 \text{ kW} = 20 \times 10^3 \text{ W}$$

$$\tau_u = 360 \text{ MPa} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$FK = 8$$

$$k = d_i/d_o = 0,5$$

Tegangan geser yang diijinkan dapat dihitung:

$$\tau = \frac{\tau_u}{FK}$$

$$\tau = \frac{360}{8} = 45 \text{ N/mm}^2$$

Torsi dapat dihitung:

$$T = \frac{60P}{2\pi \times N}$$

$$T = \frac{60 \times 20 \times 10^3}{2\pi \times 200}$$

$$T = 955 \text{ N-m} = 955 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

(i) Diameter poros pejal:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \cdot \tau}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times 955 \times 10^3}{\pi \cdot 45}} = 47,6 \text{ mm}$$

Maka dipilih poros pejal dengan diameter 50 mm.

(ii) Diameter luar poros berongga:

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \cdot \tau(1 - k^4)}}$$

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{16 \times 955 \times 10^3}{\pi \cdot 45(1 - 0,5^4)}} = 48,67 \text{ mm}$$

Maka dipilih poros berongga dengan diameter luar 50 mm.

Kemudian dihitung diameter dalam poros:

$$d_i = 0,5 \times d_o = 0,5 \times 50 = 25 \text{ mm.}$$

4.5 Poros dengan Momen Lentur saja

Ketika poros hanya menerima momen lentur saja, maka diameter poros dapat dihitung:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{\frac{\pi}{32} \times \sigma_b}} \quad (4.5)$$

Adapun untuk poros berongga, diameter poros dapat dihitung dengan persamaan:

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{M}{\frac{\pi}{32} \times \sigma_b \times (1 - k^4)}} \quad (4.6)$$

Contoh soal dan penyelesaiannya.

1. Sepasang roda membawa beban 50 kN pada setiap poros, bekerja pada jarak 100 mm di luar roda. Ukuran panjang rel adalah 1,4 m. Tentukan diameter poros antara roda, jika tegangan tidak boleh melebihi 100 MPa.

Jawab:

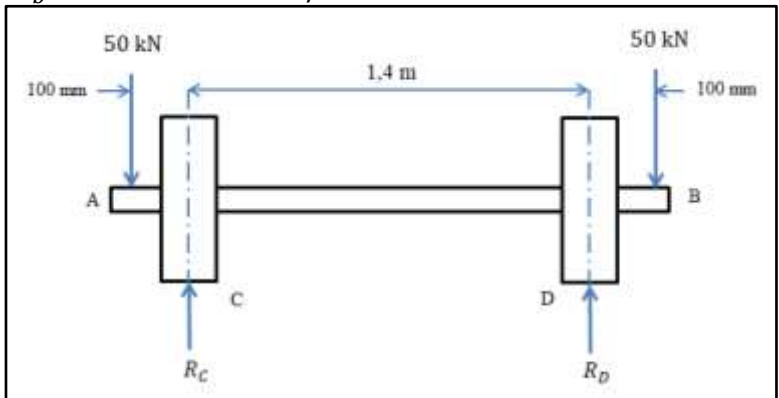
Diketahui:

$$F = W = 50 \text{ kN} = 50 \times 10^3 \text{ N}$$

$$L = 100 \text{ mm}$$

$$x = 1400 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = 100 \text{ MPa} = 100 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 4.2. Gambar contoh soal no 4.

Hitung momen lentur pada setiap titik dan tentukan momen lentur maksimumnya. Momen lentur maksimum bisa diperoleh dari:

$$\text{Reaksi di titik C dan D, } R_C = R_D = 50 \times 10^3 \text{ N}$$

$$M = F \times l$$

$$M_A = 0$$

$$M_C = (50 \times 10^3) \times 100 = 5 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

$$M_D = (50 \times 10^3) \times 1500 - (50 \times 10^3) \times 1400 \\ = 5 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

$$M_B = 0$$

Perhatikan, momen lentur maksimal ada di titik C dan D, yaitu $5 \times 10^6 \text{ N-mm}$.

Maka diameter poros dapat dihitung:

$$d = \sqrt[3]{\frac{5 \times 10^6}{\frac{\pi}{32} \times 100}} = 79,86 \text{ mm}$$

Sehingga dipilih diameter poros 80 mm.

4.6 Poros dengan Kombinasi Momen

Ketika poros mengalami kombinasi momen puntir dan momen lentur, maka poros harus dirancang menggunakan kedua momen tersebut secara bersamaan. Ada 2 (dua) teori penting yang digunakan dalam perancangan, yaitu:

1. Teori tegangan geser maksimum atau teori *Guest*. Teori ini digunakan untuk perancangan poros yang menggunakan material yang bersifat liat / ulet seperti baja ringan (*mild steel*).
2. Teori tegangan normal maksimum atau teori *Rankine*. Teori ini digunakan untuk perancangan poros yang menggunakan material getas, seperti besi cor.

Menurut teori *Guest*, diameter poros pejal dapat ditentukan dengan:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_{\max}} \times T_e} \quad (4.7)$$

Dengan $T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$ dikenal sebagai momen puntir ekuivalen.

Adapun untuk teori *Rankine*, diameter poros pejal dapat ditentukan dengan:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot \sigma_{b(\max)}} \times M_e} \quad (4.8)$$

Dengan $M_e = \frac{1}{2} (M + \sqrt{M^2 + T^2})$ dikenal sebagai momen lentur ekuivalen.

Jika porosnya berongga, maka persamaan momen puntir ekuivalen dan momen lentur ekuivalen menjadi:

$$T_e = \frac{\pi}{16} \cdot \tau_{\max} \cdot (d_o)^3 (1 - k^4) = \sqrt{M^2 + T^2} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{\pi}{32} \times \sigma_{b(\max)} \times (d_o)^3 (1 - k^4) \\ &= \frac{1}{2} \left(M + \sqrt{M^2 + T^2} \right) \end{aligned} \quad (4.10)$$

Contoh soal dan penyelesaiannya.

1. Sebuah poros pejal dikenai momen lentur sebesar 3000 N-m dan momen puntir sebesar 10.000 N-m. Poros dibuat dengan menggunakan material baja karbon dengan tegangan tarik ultimat sebesar 700 MPa dan tegangan geser ultimat sebesar 500 MPa. Jika diasumsikan faktor keamanan (FK) sebesar 6, maka tentukanlah diameter poros.

Jawab:

Diketahui:

$$M = 3000 \text{ N-m} = 3 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

$$T = 10.000 \text{ N-m} = 10 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

$$\sigma_{tu} = 700 \text{ MPa} = 700 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_u = 500 \text{ MPa} = 500 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan tarik ijin atau tegangan lentur ijin dapat dihitung dengan:

$$\sigma_t = \sigma_b = \frac{\sigma_{tu}}{FK} = \frac{700}{6} = 116,7 \text{ N/mm}^2$$

Begitu pula dengan tegangan geser ijin dapat dihitung:

$$\tau = \frac{\tau_u}{FK} = \frac{500}{6} = 83,3 \text{ N/mm}^2$$

Menurut teori tegangan geser maksimum:

$$\begin{aligned} T_e &= \sqrt{M^2 + T^2} \\ T_e &= \sqrt{(3 \times 10^6)^2 + (10 \times 10^6)^2} \end{aligned}$$

$$T_e = 10,44 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

Sehingga diameter poros pejal dapat dihitung:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_{\max}} \times T_e}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 83,3} \times 10,44 \times 10^6} = 86,12 \text{ mm}$$

Menurut teori tegangan normal maksimum:

$$M_e = \frac{1}{2} (M + \sqrt{M^2 + T^2})$$

$$M_e = \frac{1}{2} (3 \times 10^6 + 10,44 \times 10^6)$$

$$M_e = 6,72 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

Sehingga diameter poros pejal dapat dihitung:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot \sigma_{b(\max)}} \times M_e}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \times 116,7} \times 6,72 \times 10^6} = 83,72 \text{ mm.}$$

Dari kedua perhitungan diameter poros di atas, kita ambil nilai diameter terbesar yaitu 86,12 mm. Sehingga kita dapat menentukan diameter poros sebesar 90 mm.

2. Sebuah poros sepanjang 3 meter, mentransmisikan daya sebesar 100 kW pada 300 r.p.m. Dua buah puli seberat masing-masing 1500 N diletakan pada poros dengan jarak masing-masing 1 meter dari kedua ujungnya. Tentukan diameter poros dengan mengasumsikan tegangan geser ijin sebesar 60 N/mm² dan tegangan lentur ijin sebesar 104 N/mm².

Jawab:

Diketahui:

$$L = 3 \text{ m}$$

$$P = 100 \text{ kW} = 100 \times 10^3 \text{ W}$$

$$N = 300 \text{ r.p.m}$$

$$W = 1500 \text{ N}$$

$$\tau = 60 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 104 \text{ N/mm}^2.$$

Untuk memudahkan analisis, maka perhatikan gambar 4.3 di bawah ini.

Reaksi pada titik A dan B adalah $R_A = R_B = 1500 \text{ N}$.

Momen lentur maksimum akan berada pada titik C dan D, yaitu sebesar:

$$M = W \times l = 1500 \times 1 = 1500 \text{ N-m.}$$

(Periksa kembali soal no 4 tentang cara menentukan momen lentur maksimum).

Torsi dapat kita hitung dengan:

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi N}$$

$$T = \frac{100 \times 10^3 \times 60}{2\pi \times (300)}$$

$$T = 3185 \text{ N-m}$$

Momen puntir ekivalen dapat dihitung:

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$T_e = \sqrt{(1500)^2 + (3185)^2}$$

$$T_e = \sqrt{(1500)^2 + (3185)^2}$$

$$T_e = 3521 \text{ N-m} = 3521 \times 10^3 \text{ N-mm.}$$

Sehingga diameter poros dapat dihitung:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_{\max}} \times T_e}$$

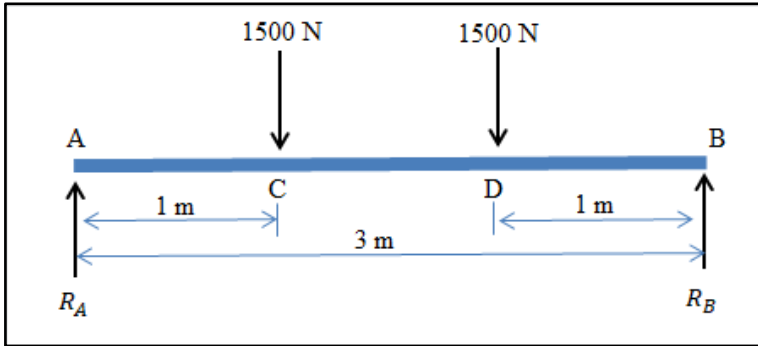
$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 60} \times 3521 \times 10^3} = 66,87 \text{ mm}$$

Menurut teori tegangan normal maksimum:

$$M_e = \frac{1}{2} (M + \sqrt{M^2 + T^2})$$

$$M_e = \frac{1}{2} (1500 \times 10^3 + 3521 \times 10^3)$$

$$M_e = 2511 \times 10^3 \text{ N-mm}$$



Gambar 4.3. Gambar contoh soal no 6.

Sehingga diameter poros dapat dihitung:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot \sigma_{b(\max)}} \times M_e}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \times 104} \times 2511 \times 10^3} = 62,66 \text{ mm.}$$

Dari kedua perhitungan diameter poros di atas, kita ambil nilai diameter terbesar yaitu 66,87 mm. Sehingga kita dapat menentukan diameter poros sebesar 70 mm.

4.7 Poros dengan Beban Berfluktuasi

Pada pembahasan di atas, kita mengasumsikan bahwa beban yang terjadi pada poros, baik itu momen puntir maupun momen lentur, merupakan beban konstan. Padahal aktualnya poros menerima momen puntir dan lentur yang berfluktuasi.

Untuk poros dengan kombinasi momen yang berfluktuasi, momen puntir ekuivalen dan momen lentur ekuivalennya adalah:

$$T_e = \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \quad (4.11)$$

$$M_e = \frac{1}{2} \left[K_m \times M + \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \right] \quad (4.12)$$

Dimana K_m = kombinasi faktor kejut dan lelah lentur, dan K_t = kombinasi faktor kejut dan lelah puntir. Rekomendasi nilai K_m dan K_t dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Rekomendasi nilai K_m dan K_t

Jenis Beban	K_m	K_t
Poros Statis		
Beban bertahap	1,0	1,0
Beban kejut	1,5 - 2,0	1,5 - 2,0
Poros Berputar		
Beban bertahap atau tetap	1,5	1,0
Beban kejut ringan	1,5 - 2,0	1,5 - 2,0
Beban kejut besar	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0

Sumber: (Khurmi & Gupta, 2005)

Contoh soal dan penyelesaiannya.

1. Sebuah poros mentransmisikan daya 20 kW pada 200 r.p.m., menumpu beban terpusat sebesar 900 N yang ditumpu oleh dua buah bantalan sepanjang 2,5 meter. Material poros mempunyai tegangan geser ijin sebesar 42 MPa dan tegangan tarik atau tekan ijin sebesar 56 MPa. Tentukan diameter poros jika poros dikenai beban fluktuasi bertahap.

Jawab:

Diketahui:

$$P = 20 \text{ kW} = 20 \times 10^3 \text{ W}$$

$$N = 200 \text{ r.p.m}$$

$$W = 900 \text{ N}$$

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$\tau = 42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = 56 \text{ N/mm}^2$$

Hitung torsi:

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi N} = \frac{20 \times 10^3 \times 60}{2\pi \times 200}$$

$$T = 955 \text{ N-m} = 955 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

Momen lentur maksimum dengan beban terpusat:

$$M = \frac{W \times L}{4} = \frac{900 \times 2,5}{4}$$

$$M = 562,5 \text{ N-m} = 562,5 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

Untuk poros berputar dengan beban fluktuasi bertahap, dari tabel 4.1 diperoleh $K_m = 1,5$ dan $K_t = 1$.

Momen puntir ekivalen:

$$T_e = \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2}$$

$$T_e = \sqrt{(1,5 \times 562,5 \times 10^3)^2 + (1 \times 955 \times 10^3)^2}$$

$$T_e = 1274 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

Momen lentur ekivalennya adalah:

$$M_e = \frac{1}{2} \left[K_m \times M + \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \right]$$

$$M_e = \frac{1}{2} [1,5 \times 562,5 \times 10^3 + 1274 \times 10^3]$$

$$M_e = 1059 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

Sehingga diameter poros dapat dihitung:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot \sigma_{b(\max)}} \times M_e}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot 56} \times 1059 \times 10^3} = 57,76 \text{ mm}$$

Maka diameter poros kita tentukan 60 mm.

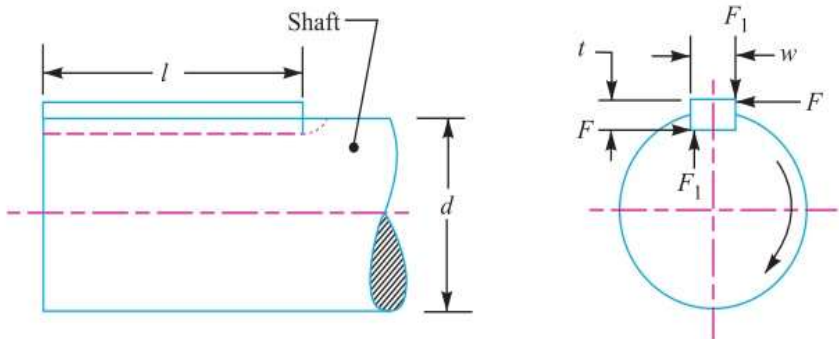
4.8 Pasak

Pasak (*key*) digunakan untuk mencegah gerakan relatif antara roda gigi, puli, kopling, dan *sprocket* terhadap poros. Fungsi yang sama juga terdapat pada *spline* (poros bintang). Terdapat berbagai macam desain pasak yaitu pasak benam, pasak pelana, pasak singgung, pasak bulat, dan juga poros bintang.



Gambar 4.4. Poros, Pasak, dan Poros Bintang.

Salah satu jenis pasak yang paling sering digunakan adalah pasak benam. Secara umum desain pasak benam ditampilkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Gaya-gaya pada Pasak Benam.

Sumber: (Khurmi & Gupta, 2005)

Dimana F = gaya tangensial yang bekerja di sekeliling poros,
 d = diameter poros,
 l = panjang pasak,
 w = lebar pasak,
 t = tebal pasak,
 τ = tegangan geser material pasak,
 σ_c = tegangan hancur material pasak,
 T = torsi yang ditransmisikan oleh poros.

Tabel 4.1. Rekomendasi Ukuran Lebar dan Tebal Pasak

Diameter Poros (mm) hingga & termasuk	Penampang Pasak		Diameter Poros (mm) hingga & termasuk	Penampang Pasak	
	Lebar (mm)	Tebal (mm)		Lebar (mm)	Tebal (mm)
6	2	2	85	25	14
8	3	3	95	28	16
10	4	4	110	32	18
12	5	5	130	36	20
17	6	6	150	40	22
22	8	7	170	45	25
30	10	8	200	50	28
38	12	8	230	56	32
44	14	9	260	63	32
50	16	10	290	70	36
58	18	11	330	80	40
65	20	12	380	90	45
75	22	14	440	100	50

Sumber: (Khurmi & Gupta, 2005)

Ukuran pasak bisa juga ditentukan secara proporsioanl dengan $w = d/4$; $t = 2w/3 = d/6$.

Dengan mempertimbangkan gaya geser tangensial yang bekerja pada pasak, torsi yang dapat ditransmisikan oleh poros adalah:

$$T = F \times \frac{d}{2} = l \times w \times \tau \times \frac{d}{2} \quad (4.13)$$

Adapun dengan mempertimbangkan gaya hancur tangensial yang bekerja pada pasak, torsi yang dapat ditransmisikan oleh poros adalah:

$$T = F \times \frac{d}{2} = l \times \frac{t}{2} \times \sigma_c \times \frac{d}{2} \quad (4.14)$$

Kekuatan pasak terhadap gaya geser dan gaya hancur akan mempunyai nilai yang sama jika:

$$l \times w \times \tau \times \frac{d}{2} = l \times \frac{t}{2} \times \sigma_c \times \frac{d}{2} \quad \text{atau}$$

$$\frac{w}{t} = \frac{\sigma_c}{2\tau} \quad (4.15)$$

Tabel 4.2 menunjukkan ukuran lebar dan tebal pasak yang direkomendasikan. Adapun untuk menentukan ukuran panjang pasak, maka kekuatan geser pasak (persamaan 4.13) harus sama dengan kekuatan geser puntir poros (persamaan 4.1). Sehingga dengan cara substitusi kedua persamaan tersebut, maka diperoleh persamaan:

$$l = \frac{\pi}{8} \times \frac{\tau_1 d^2}{w \times \tau} \quad (4.16)$$

Dimana τ_1 adalah tegangan geser pada material poros.

Contoh soal dan penyelesaiannya.

1. Tentukan ukuran pasak yang akan digunakan pada poros berdiameter 50 mm. Material yang digunakan untuk pasak sama dengan material poros, dengan tegangan geser dan tegangan hancur sebesar 42 MPa dan 70 MPa.

Jawab:

Diketahui:

$d = 50 \text{ mm}$

$\tau_1 = \tau = 42 \text{ MPa} = 42 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_c = 70 \text{ MPa} = 70 \text{ N/mm}^2$

Dari Tabel 4.1, ukuran lebar dan tebal pasak untuk poros berdiameter 50 mm adalah: lebar 16 mm dan tebal 10 mm.

Dengan menggunakan persamaan 4.1, besar torsi yang dapat ditransmisikan oleh poros dapat ditentukan:

$$T = \frac{\pi}{16} \times \tau_1 \times d^3 = \frac{\pi}{16} \times 42 \times 50^3 = 1,03 \times 10^6 \text{ N} - \text{mm}$$

Panjang pasak dihitung dengan dua cara, yaitu menggunakan persamaan 4.13 dan persamaan 4.14 dan dipilih nilai terbesar.

Dari persamaan 4.13, panjang pasak adalah:

$$l = \frac{2T}{w \times \tau \times d} = \frac{2 \times 1,03 \times 10^6}{16 \times 42 \times 50} = 61,31 \text{ mm}$$

Sedangkan dari persamaan 4.14, panjang pasak adalah:

$$l = \frac{4T}{t \times \sigma_c \times d} = \frac{4 \times 1,03 \times 10^6}{10 \times 70 \times 50} = 117,7 \text{ mm}$$

Dengan memilih nilai terbesar, maka panjang pasak ditentukan 117,7 mm atau dapat dibulatkan menjadi 120 mm.

4.9 Pengaruh Alur Pasak terhadap Poros

Alur pasak pada poros dapat mengurangi kekuatan poros terhadap beban. Hal ini karena adanya konsentrasi tegangan pada sudut alur pasak dan karena adanya pengurangan luas penampang poros. Dengan demikian kekuatan poros terhadap momen puntir akan berkurang. Menurut eksperimental H.F. Moore, pelemahan kekuatan poros dapat dihitung dengan:

$$e = 1 - 0,2 \left(\frac{w}{d} \right) - 1,1 \left(\frac{t}{2d} \right) \quad (4.17)$$

Dimana e adalah faktor kekuatan poros atau rasio kekuatan poros dengan alur pasak terhadap kekuatan poros yang sama tanpa alur pasak. Kekuatan poros berpasak biasanya diasumsikan sebesar 75% dari kekuatan poros tanpa pasak.

Contoh soal dan penyelesaiannya.

1. Motor dengan daya 15 kW pada putaran 960 r.p.m. mempunyai poros berdiameter 40 mm dan panjang pasak 75 mm. Poros dan pasak menggunakan material yang sama dengan tegangan ijin geser dan hancur sebesar 56 MPa dan 112 MPa. Buatlah desain pasak dan tentukan kekuatan geser poros beralur pasak.

Jawab:

Diketahui:

$$P = 15 \text{ kW} = 15.000 \text{ W}$$

$$N = 960 \text{ r.p.m}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$l = 75 \text{ mm}$$

$$\tau = 56 \text{ MPa} = 56 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 112 \text{ MPa} = 112 \text{ N/mm}^2$$

Hitung torsi yang ditransmisikan oleh motor:

$$T = \frac{60P}{2\pi \times N} = \frac{60 (15.000)}{2\pi \times 960} = 149 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$= 149 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Dengan menggunakan persamaan 4.13, kita hitung lebar pasak:

$$T = l \times w \times \tau \times \frac{d}{2}$$

atau

$$w = \frac{2T}{l \times \tau \times d} = \frac{2(149 \times 10^3)}{75 \times 56 \times 40} = 1,8 \text{ mm}$$

Jika menggunakan hasil hitungan di atas, lebar pasak terlalu kecil, sehingga kita gunakan perbandingan $w = d/4$.

$$w = \frac{40}{4} = 10 \text{ mm}$$

Karena diketahui $\sigma_c = 2 \tau$, maka kita gunakan pasak persegi, dimana $w = t = 10 \text{ mm}$.

Hitung faktor kekuatan poros:

$$e = 1 - 0,2 \left(\frac{10}{40} \right) - 1,1 \left(\frac{10}{2(40)} \right) = 0,8125$$

Sehingga kekuatan torsional geser poros dengan adanya alur pasak dapat ditentukan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{\pi}{16} \times \tau \times d^3 \times e \\ &= \frac{\pi}{16} \times 56 \times 0,8125 = 571.770 \text{ N} - \text{mm} \end{aligned}$$

4.10 Soal-soal Latihan

1. Poros berputar pada 400 r.p.m digunakan untuk mentransmisikan daya 10 kW. Tentukan diameter poros jika tegangan geser ijin sebesar 40 MPa.
2. Poros berongga mentransmisikan daya 600 kW pada 500 r.p.m. Tegangan geser maksimum adalah 62,4 MPa dan torsi maksimum 20% lebih tinggi dari torsi rata-rata. Tentukan diameter luar dan dalam poros, jika diameter luar dua kali dari diameter dalamnya.
3. Poros berongga dirancang untuk mentransmisikan torsi 4750 N-m. Tegangan geser ijin pada poros sebesar 50 MPa. Tentukan diameter luar dan dalam poros jika rasio diameter adalah 0,4.
4. Poros yang dibuat menggunakan material dengan kekuatan tarik 700 MPa dikenai beban statis berupa momen lentur 10

kN-m dan momen puntir 30 kN-m. Dengan menggunakan dua teori kegagalan dan faktor keamanan 2, tentukan diameter dari poros.

5. Poros berputar pada 200 r.p.m. mentransmisikan daya 200 kW. Tegangan geser ijin adalah 42 MPa dan tegangan tarik atau tekan tidak lebih dari 56 MPa. Poros membawa beban terpusat sebesar 900 N dan ditumpu bantalan berjarak 3 meter. Tentukan diameter poros.
6. Sebuah poros berdiameter 25 mm berputar dengan kecepatan 600 r.p.m. dan mentransmisikan 30 kW. Kekuatan tarik dan kekuatan luluh material poros masing-masing sebesar 650 MPa dan 353 Mpa. Dengan mengambil faktor keamanan 3 dan material pasak sama dengan material poros, tentukan ukuran pasak yang sesuai.
7. Poros berdiameter 45 mm terbuat dari baja dengan kekuatan luluh 400 Mpa, menggunakan pasak berukuran lebar 14 mm dan tebal 9 mm yang terbuat dari baja dengan kekuatan luluh 340 MPa. Jika poros dibebani untuk mentransmisikan torsi maksimum dengan faktor keamanan 2, tentukan panjang pasak yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Beer, F. P., E. Russell Johnston, J., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. 2010. *Mechanics Of Materials, Sixth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Bird, J., & Ross, C. 2015. *Mechanical Engineering Principles, Third Edition*. New York: Routledge.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. 2011. *Shigley's Mechanical Engineering Design*. New York: McGraw Hill.
- John J. Uicker, J., Pennock, G. R., & Shigley, J. E. 2017. *Theory of Machines and Mechanisms, Fifth Edition*. New York: Oxford University Press.
- Khurmi, R., & Gupta, J. 2005. *A Text Book of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House (Pvt.) Ltd.
- Mott, R. L., Vavrek, E. M., & Wang, J. 2018. *Machine Elements In Mechanical Design*. New York: Pearson Education, Inc.
- Shigley, J. E., & Mischke, C. R. 1996. *Standard Handbook of Machine Design*. New York: McGraw Hill.
- Suhardiman, S., & kawan-kawan. 2021. *Machine drawing module*. Bogor: Nonpedia.
- Suwignyo, P. A., Kusumastuti, R., Amir, Mulyadi, D., Ramdani, L., & Khoirudin. 2023. The Design of a Plastic Shredder Machine with The Crusher Cutting Knife Model for Environmentally Sustainable. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore (JTMMX)*, 58-66.

BAB 5

RANTAI DAN SABUK (CHAIN DRIVE & BELT DRIVE)

Oleh Cahyo Wibowo

5.1 Pendahuluan

Untuk memindahkan daya dari satu poros ke poros yang lain diperlukan sebuah sistem transmisi, sistem transmisi tersebut antara lain adalah sistem transmisi menggunakan rantai (*chain*) dan sistem transmisi menggunakan sabuk (*belt*). Kedua transmisi tersebut masih sangat populer hingga saat ini, masing-masing memiliki keuntungan dan kerugian sesuai aplikasi masing-masing. Rantai dan sabuk penggunaannya tidak terbatas kepada sistem transmisi saja tetapi juga dapat difungsikan sebagai *conveyor* baik *chain conveyor* maupun *belt conveyor*.

5.2 Transmisi Rantai

Sejarah rantai kisah rantai dimulai pada tahun 225 SM oleh seorang insinyur Yunani bernama Philo the Byzantium Mechanicus, yang meletakkan dasar konseptual teknik mesin seperti yang kita kenal sekarang. Maju ke tahun 1500-an, ketika penemu visioner Leonardo da Vinci mengonsep desain yang menampilkan rantai. Terakhir, selama revolusi industri pada tahun 1800-an, rantai menjadi bahan utama pada mesin pabrik tekstil dan tenun, sehingga merevolusi transmisi tenaga dari poros ke poros. Transisi dari penggerak sabuk datar ke sistem rantai roda gigi ini menandai tonggak sejarah yang signifikan, menyoroti fitur dan manfaat unik yang diberikan rantai.

5.2.1 Fungsi Rantai

Pada dasarnya rantai berfungsi untuk meneruskan daya dari satu poros ke poros yang lain menggunakan *sprocket*, poros yang dipasang *sprocket* berputar kemudian daya dari putaran *sprocket*

tersubut diteruskan oleh rantai untuk diteruskan ke sproket pada poros berikutnya.

Dalam perkembangannya rantai tidak hanya digunakan untuk meneruskan daya, tetapi juga digunakan untuk pemindahan barang seperti ban berjalan (*conveyor*), pengangkatan barang (*lifting*), dapat pula digunakan untuk merubah gerah putar bolak-balik menjadi gerak translasi bolak-balik atau sebaliknya merubah gerak translasi bolak-balik menjadi gerak putar.

Rantai sebagai transmisi dapat meneruskan daya kecil hingga daya yang sangat besar, namun tidak dapat meneruskan daya dengan putaran tinggi di atas 1500 RPM. Jika harus meneruskan putaran tinggi maka penggerak utama harus diterukan menggunakan transmisi lain semisal roda gigi maupun *V-belt* untuk diturunkan kecepatannya atau melalui perbandingan roda gigi (*gearbox*) atau perbandingan diameter *puley*.



Gambar 5.1. Rantai sebagai transmisi

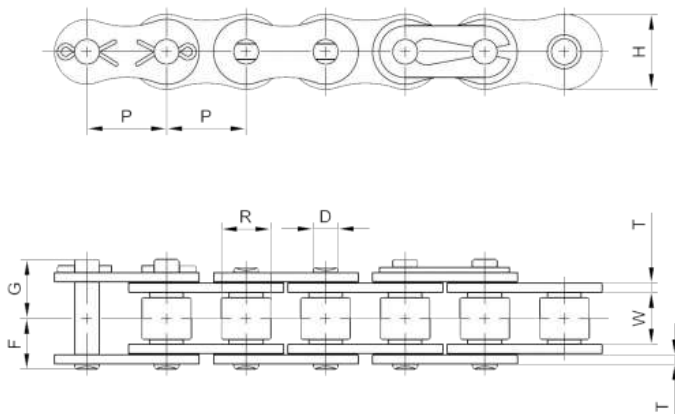
5.2.2 Keuntungan Transmisi Rantai Dibandingkan dengan Bagian Mesin dengan Fungsi yang Sama.

1. Rantai dapat mengontrol fleksibilitas hanya dalam satu bidang.
2. Rantai memiliki aksi positif terhadap *sprocket*; tidak ada selip yang terjadi sehingga daya yang dipindahkan menjadi 100%

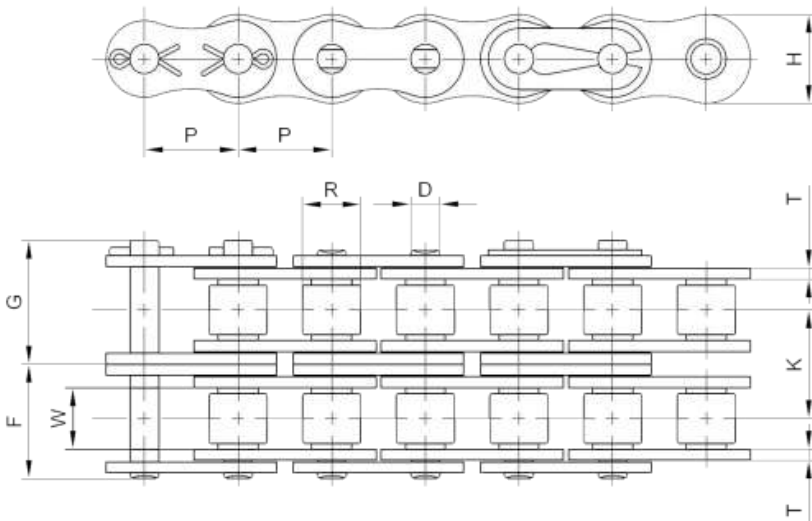
3. Pada aplikasi alat berat, rantai dapat membawa beban yang sangat berat dengan sedikit peregangan.
4. Efisiensi sambungan rantai yang melewati *sprocket* mendekati 100% karena karena tidak menimbulkan regangan yang menyebabkan kehilangan daya yang diteruskan.
5. Keuntungan mekanis internal yang besar dari *link* dalam lentur.
6. Rantai memperpanjang masa pakai karena kelenturan terjadi di antara permukaan bantalan dengan kekerasan tinggi yang dirancang khusus untuk menahan keausan.
7. Rantai dapat dioperasikan secara memuaskan di lingkungan yang tidak memungkinkan secara mekanis, seperti di bawah suhu tinggi atau di tempat yang terkena kelembapan atau bahan asing.
8. Rantai dapat dibuat dari baja khusus untuk menahan lingkungan tertentu.
9. Rantai memiliki umur simpan yang tidak terbatas; mereka tidak memburuk dengan usia atau dengan matahari, minyak, atau gemuk.
10. Dapat digunakan sesuai dengan panjang yang dibutuhkan, dapat dipotong dan disambung sesuai dengan kebutuhan.

5.2.3 Jenis

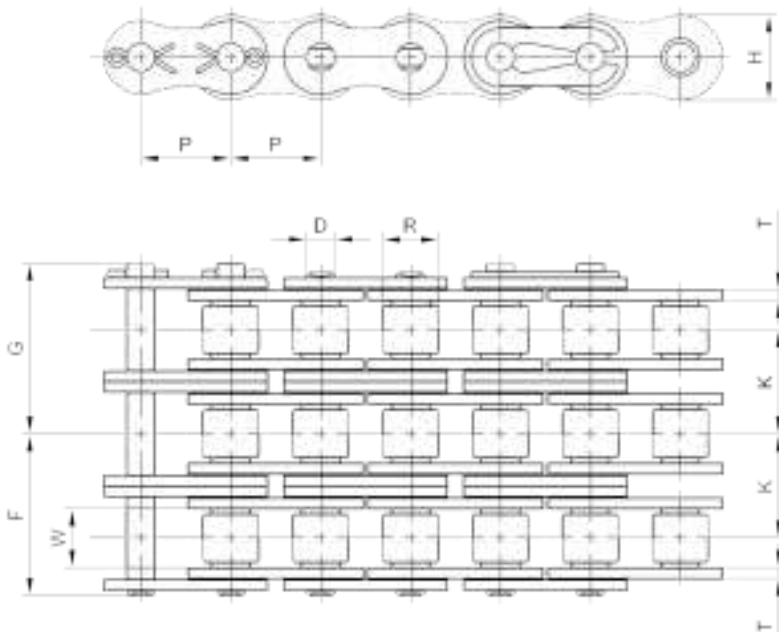
1. *Roller Chain* (Rantai Roller)



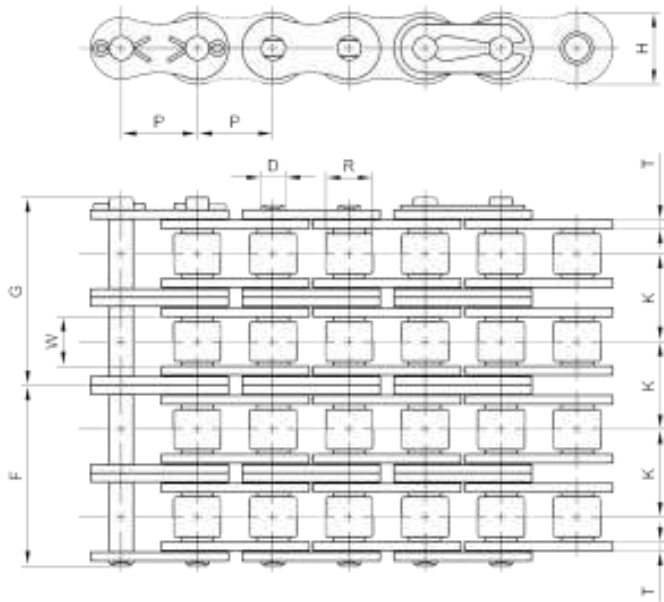
Gambar 5.2. *Single roller chain* (rantai roller dengan 1 untaian)



Gambar 5.3. *Double roller chain* (rantai roller dengan 2 untaian)



Gambar 5.4. *Triple roller chain* (rantai roller dengan 3 untaian)



Gambar 5.5. *Quad roller chain* (rantai roller dengan 4 untai)

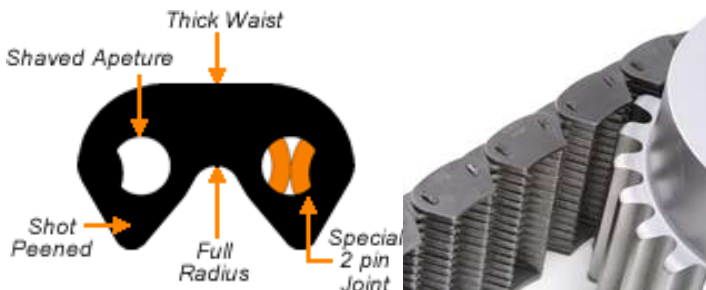


Gambar 5.6. Aplikasi *single roller chain* untuk *forklift*
 2. *Engineering steel chain for drives*

3. *Silent chain drives* (rantai senyap)

Dalam aplikasi transmisi daya, penggerak rantai senyap mampu mentransmisikan daya dengan kebisingan rendah, efisiensi tinggi, dan getaran berkurang. Kecepatan dan beban seringkali melebihi kemampuan *belt* dan rantai lainnya. Hampir semua rantai transmisi daya *Ramsey* menggunakan sambungan bantalan rol dua pin yang efisien dan senyap; teknologi yang telah terbukti mengungguli sambungan pin bulat konvensional. Rantai ini dapat ditemukan dalam berbagai macam aplikasi industri dan otomotif.

Dalam aplikasi pengangkutan, rantai pengangkutan senyap memberikan permukaan pengangkutan yang tahan panas, datar, tahan lama, anti selip, dan dapat disesuaikan agar sesuai dengan berbagai aplikasi industri. Rantai dirancang untuk menggerakkan *sprocket* secara mulus dengan variasi minimal pada kecepatan permukaan pengangkutan. Banyak pilihan tersedia baik dalam rantai konveyor tradisional maupun rantai unik yang dilindungi keausan.



Gambar 5.7. Rantai gigi

4. *Variable speed chain* (PIV Laminated chain)

Rantai ini berfungsi sebagai pemindah daya dari motor penggerak ke *gearbox*, di dalam *gearbox* terdapat semacam *pulley* yang memiliki permukaan ber-alur dan piringan *pulley* dapat bergerak melebar dan menyempit sama seperti *pulley* dengan variasi kecepatan. Rantai akan berputar dan bagian rantai akan bergerak mengikuti diameter *pulley*

sesuai bentuk alur. Rantai ini memiliki sistem pelumasan basah, artinya rantai hanya bekerja didalam minyak pelumas.

Aplikasi rantai ini untuk mesin yang diperlukan torsi besar dan kecepatan rendah. Rantai ini memiliki kelebihan antara lain, lebih awet karena pelumasan celup, suara tidak berisik. Namun memiliki kekurangan yaitu biaya pemeliharaan mahal.



Gambar 5.8. *PIV Laminated chain* terpasang di dalam *gearbox*.

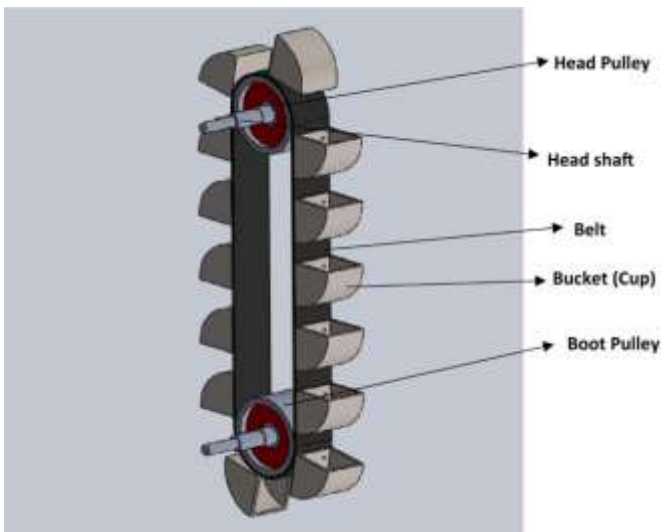
(<https://dana-sac.co.uk/>)

5. *Chain in Elevator Materials Handling*

Table top chain, adalah jenis rantai yang digunakan untuk conveyor dalam *material handling* biasanya digunakan pada conveyor *packaging* industri makanan dan minuman.

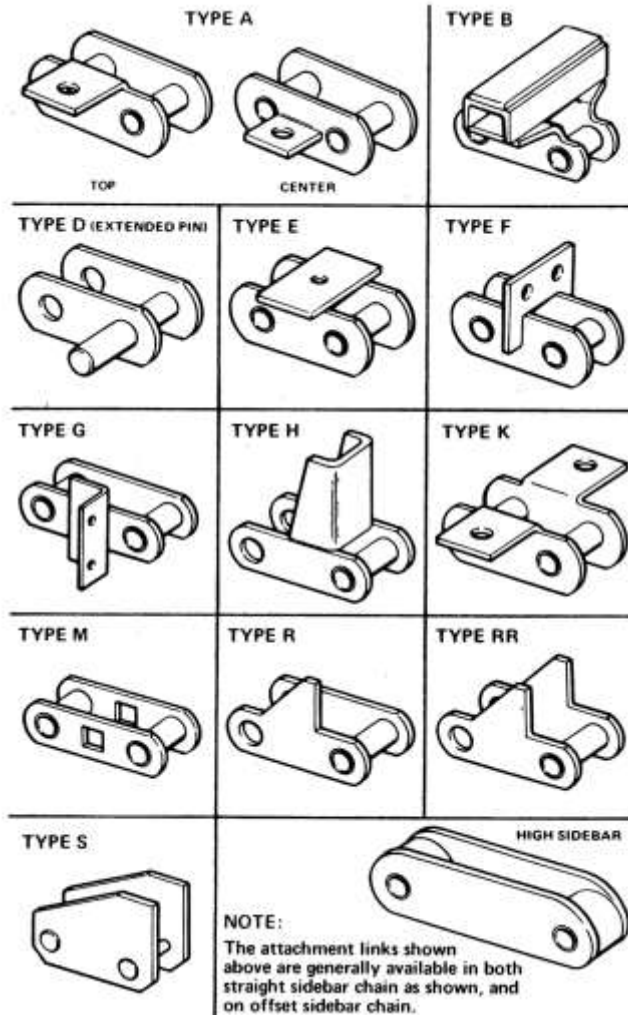


Gambar 5.9. *Table top chain (TTC)* untuk aplikasi conveyor packaging.



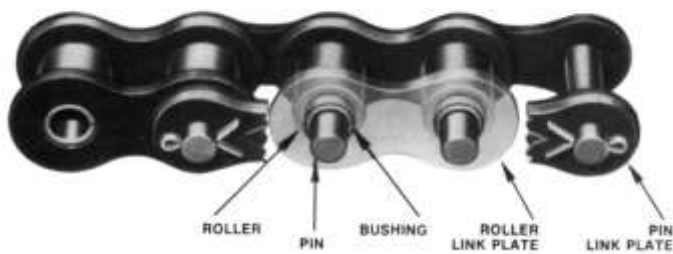
Gambar 5.10. Aplikasi rantai untuk elevator keranjang
(Sumber : <https://www.nature.com/>)

6. Chains on Conveyors and Bucket Elevators



Gambar 5.11. Rantai dengan tambahan (*attachement chain*) yang digunakan untuk material transport misalnya *bucket conveyor*.

5.2.4 Pertimbangan Desain Rantai, Konstruksi, dan Komponen
Roller chain



Gambar 5.12.Rantai untaian tunggal (*Single-strand roller chain is an assembly of alternating pin links and roller links.*)



Gambar 5.13. Bagian-bagian dari untaian rantai tunggal



Gambar 5.14. Rantai untaian ganda (*typical double-strand roller chain*)

Untuk mempermudah dan meyakinkan kesesuaian hasil pemilihan rantai, diperlukan beberapa data dan perhitungan untuk memperkuat alasan dalam memilih rantai tersebut seperti dijelaskan di bawah ini.

1. Menentukan daya yang akan ditransmisikan P (kW), Putaran poros n_1 (rpm), Perbandingan putaran i , Jarak sumbu poros C (mm)
2. Menentukan faktor koreksi f_c
3. Menentukan daya rencana poros P_d (kW)
4. Menentukan momen rencana $T_1 T_2$ ($kg\ mm$)
5. Menentukan bahan poros dan perlakuan panas
6. Menhitung diameter poros $d_{a1} d_{a2}$ (mm)
7. Memilih
 - a. Sementara jarak bagi rantai p (mm),
 - b. Menentukan kekuatan batas per 25.4 mm, $F_{do} \left(\frac{kg}{inch} \right)$.
 - c. Menentukan tinggi mata rantai dari garis jarak bagi H_1 (mm).
 - d. Menentukan jumlah gigi kecil z_1
8. Menentukan
 - a. Jumlah gigi besar z_2
 - b. Diameter jarak bagi sprocket kecil d_p (mm)
 - c. Diamater jarak bagi sprocket besar D_p (mm)
 - d. Diameter luar sprocket kecil d_2 (mm)
 - e. Diameter luar sprocket Besar D_2 (mm)

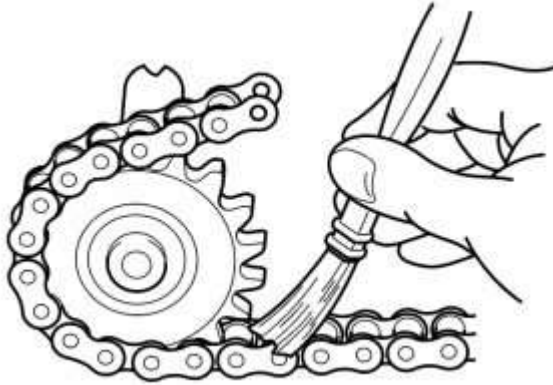
- f. Diameter naf sprocket kecil d_3 (mm)
 - g. Diameter naf sprocket Besar D_3 (mm)
 - h. Diameter luar dalam keadaan rantai terbelit $d_A D_A$ (mm)
9. Memeriksa diameter naf, diameter poros dan bahan poros
 10. Menentukan kecepatan rantai v (m/sec)
 11. Menentukan daerah kecepatan rantai, Ukuran luar maksimum L_{max} (mm)
 12. $v = (10 - 350) \frac{m}{s}$, $C = L_{1min} \frac{d_A + D_A}{2}, \frac{d_2 + D_2}{2} = C$
 13. Menentukan kapasitas transmisi daya per 25,4 (mm) P_o (kW)
 14. Menentukan faktor lebar rantai f_w , Lebar rantai W_b (mm)
 15. Menghitung kekuatan batas rata-rata F_b (kg)
 16. Menentukan beban rencana F_d (kg)
 17. Menentukan faktor keamanan Sf_c
 18. $13 = Sf_c$, $F_d = 1,055 pW_b$
 19. Menghitung panjang rantai dalam jarak bagi L_p mata rantai L
 20. Menghitung jarak sumbu poros dalam jarak bagi C_p , Jarak sumbu poros C (mm)
 21. Mengetahui cara pelumasan
 22. Diketahui :
 - a. Nomor rantai
 - b. Lebar rantai
 - c. Panjang Rantai
 - d. Jumlah gigi sprocket
 - e. Diameter poros
 - f. Jarak sumbu poros
 - g. Cara pelumasan dan jenis pelumas (oli atau grease)
 23. Selesai

5.2.5 Pemeliharaan rantai

Untuk menjamin usia pakai rantai diperlukan prosedur instalasi sesuai dengan petunjuk pemakaian dan pemeliharaan secara baik dan benar.

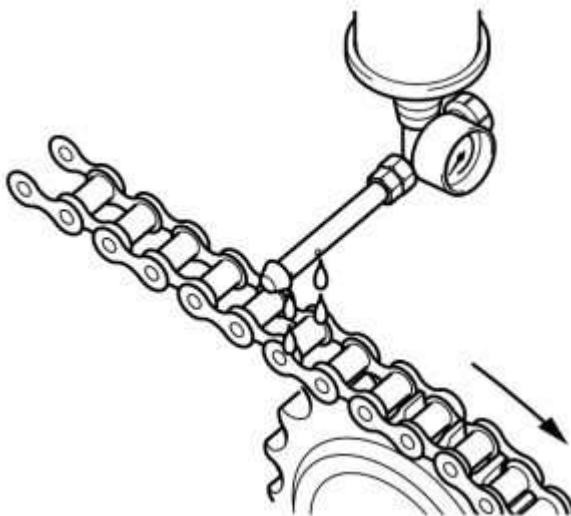
1. Pelumasan, terdapat 5 jenis pelumasan rantai antara lain, pelumasan manual menggunakan kuas yang dibasahi dengan

minyak pelumas, pelumasan tetes, pelumasan celup, pelumasan paksa dengan pompa tekanan tinggi, dan pelumasan pembersihan menggunakan aerosol.

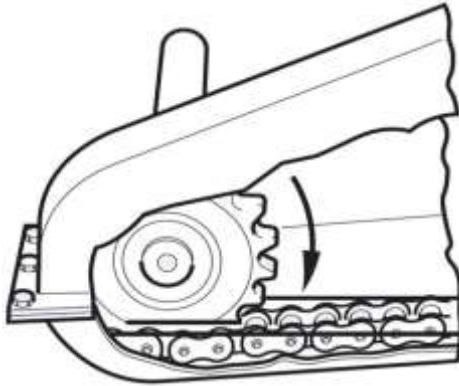


Gambar 5.15. Pelumasan manual

(Sumber : <https://ibtinc.com/roller-chain-lubrication-methods/>)



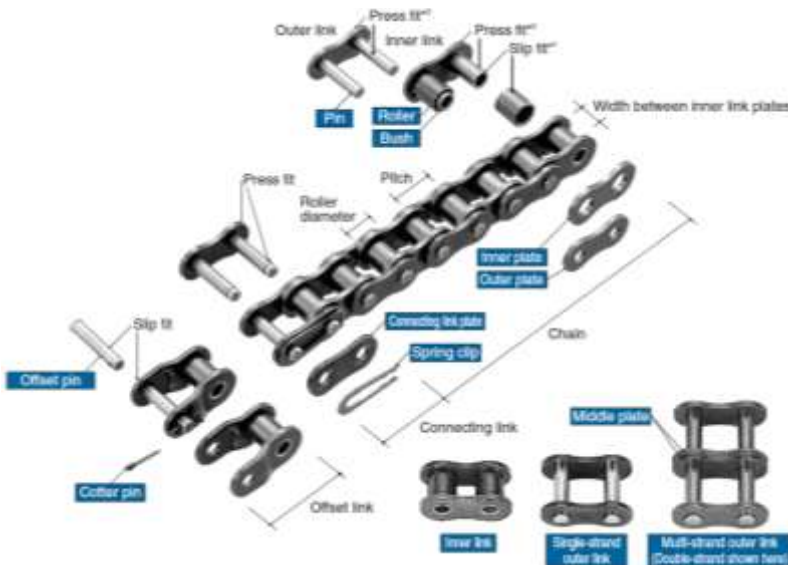
Gambar 5.16. Pelumasan tetes (*drip lubrication*)



Gambar 5.17. Pelumasan rantai secara celup

Pemotongan dan penyambungan rantai

Pemotongan rantai diperlukan jika pada saat setelah dipakai beberapa waktu seiring dengan perubahan beban dan kecepatan yang dapat merubah dimensi rantai menjadi lebih panjang maka diperlukan pemotongan. Setelah rantai dipotong selanjutnya dilakukan penyambungan. Penyambungan sendiri ada dua jenis yaitu penyambungan satu pin dan penyambungan dua pin. Untuk memotong dan menyambung rantai diperlukan alat seperti berikut.



Gambar 5.18. Bagian-bagian rantai dalam penyambungan



Gambar 5.19. Sambungan setengah



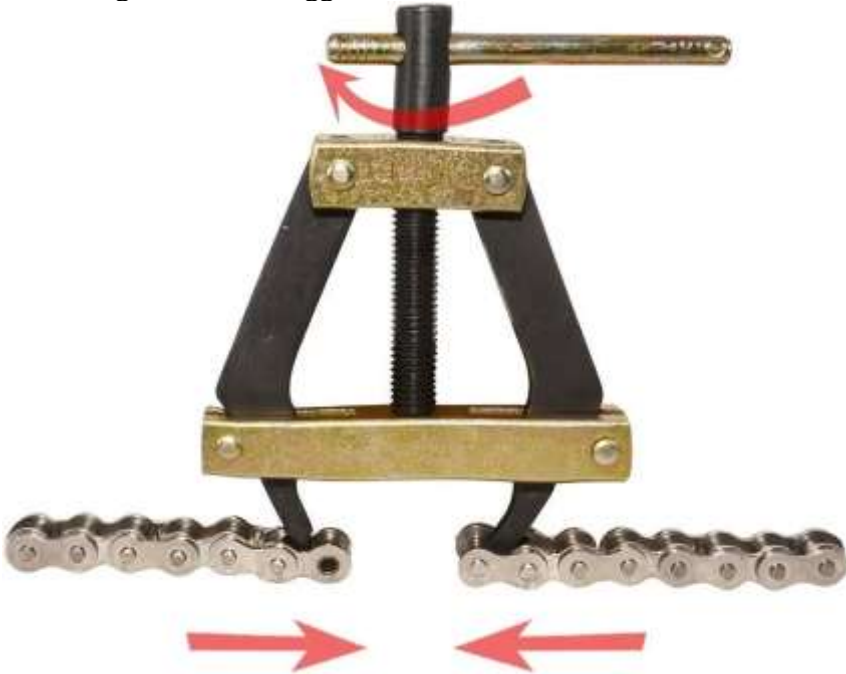
Gambar 5.20. Sambungan satu

Chain extractor digunakan untuk memotong rantai dengan cara melepas pin *link* pada rantai.



Gambar 5.21. *Chain extractor* (pemotong rantai)

Chain puller digunakan untuk menarik rantai jika tidak dapat ditarik secara manual, biasanya rantai akan kendur di kedua sisi akibat beban rantai itu sendiri dan panjang rantai sehingga diperlukan alat untuk menarik antar kedua ujung rantai agar dapat disambung kembali menggunakan *chain link*.



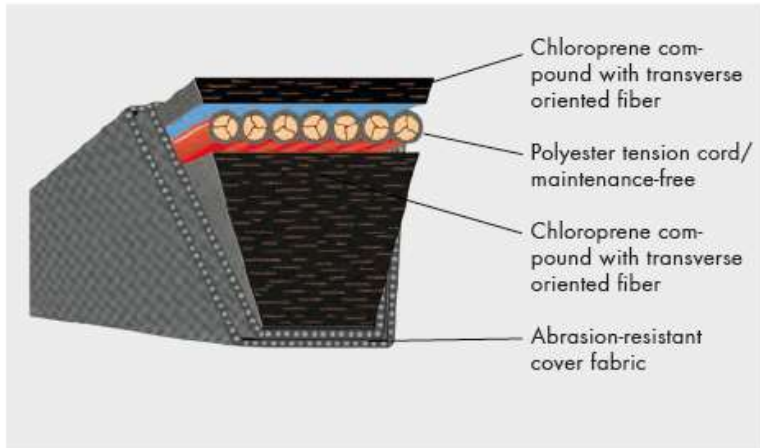
Gambar 5.22. Alat penyambung rantai

5.3 Transmisi Sabuk

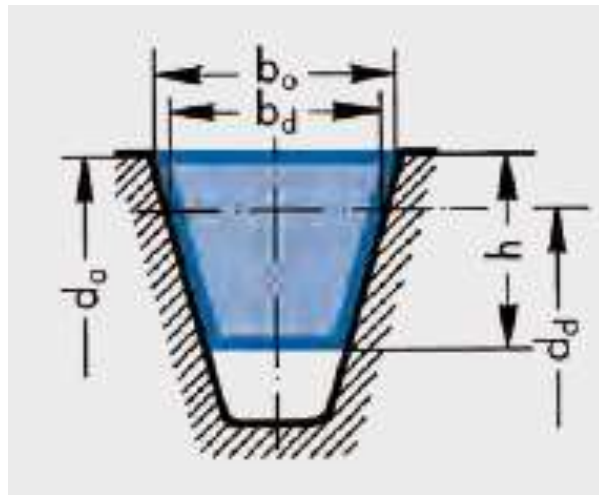
Transmisi sabuk atau lebih dikenal dengan *Van Belt* atau *V-belt* adalah transmisi yang meneruskan daya dengan menggunakan sabuk. Transmisi ini memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan transmisi rantai, transmisi roda gigi dan transmisi *coupling*. Pada dasarnya sabuk terbuat dari bahan yang sangat elastis sehingga mampu menyesuaikan sudut kontak pada puli. Jarak antar poros dapat lebih dari 5 meter, perbandingan putaran bisa mempercepat putaran atau memperlambat putaran, 1:1, 1:6 atau sebaliknya.

Structure

optibelt RED POWER 3 wedge belts:



Gambar 5.23. Struktur material *V-belt*
(Sumber : Obtibelt)



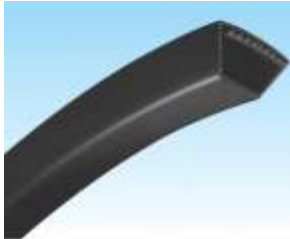
Gambar 5.24. Standard dimensi untuk menentukan ukuran dalam pemilihan sabuk

Tabel 5.5. Tabel dimensi

Profile		SPZ	SPA	SPB	SPC
Belt top width	$b_o \approx$	9.7	12.7	16.3	22
Datum width	$b_d \approx$	8.5	11	14	19
Belt height	$h \approx$	8	10	13	18
Recommended minimum datum pulley diameter	$d_{d \min}$	63	90	140	224
Weight per meter (kg/m)	$\approx$	0.074	0.123	0.195	0.377
Flex rate (s^{-1})	$f_{B \max} \approx$	100			
Belt speed (m/s)	$v_{\max} \approx$	55*			

Tabel 5.6. Tabel jenis sabuk

LIGHT DUTY Fractional HP (FHP) - Suitable for light duty applications normally using fractional horsepower motors						
CLASSICAL HEAVY DUTY Multi-Plasti - UniFastchab Wide range of sizes						
MOLDED COGGED Cogs allow use of smaller diameter pulleys and provide heat dissipation. Raw Edge Sidewalls (no fabric cover) prevent slippage.						
WEDGE Narrower, deeper profile with higher power capability than classical V-belt. Allows for smaller, more compact drives.						
WEDGE COGGED Same properties of Wedge. Cogged for greater flexibility and heat dissipation. Raw Edge Sidewalls (no fabric cover) prevent slippage.						



V-Belt

Standard V-Belt/Red-Label V-belt

The most widely-used power transmission belt.
Economical replacements are easily obtainable.

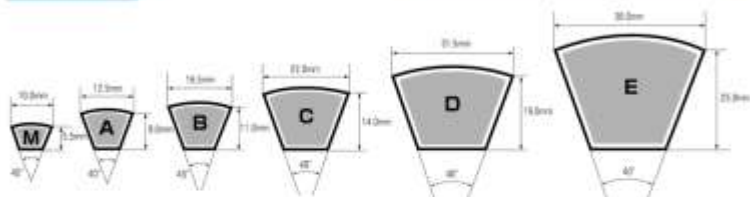
- "Set-free" belt makes for effective belt length matching and great dimensional stability.
- Red Label V-belts are heat-resistant, oil-resistant, flexible and anti-static high power capacity belts.

Product Code (R)A-50

Belt Type
Belt Number (product)

• The belt number expresses in inches the belt's effective pitch perimeter length (see table for B-type).

Belt Cross-Section Dimensions



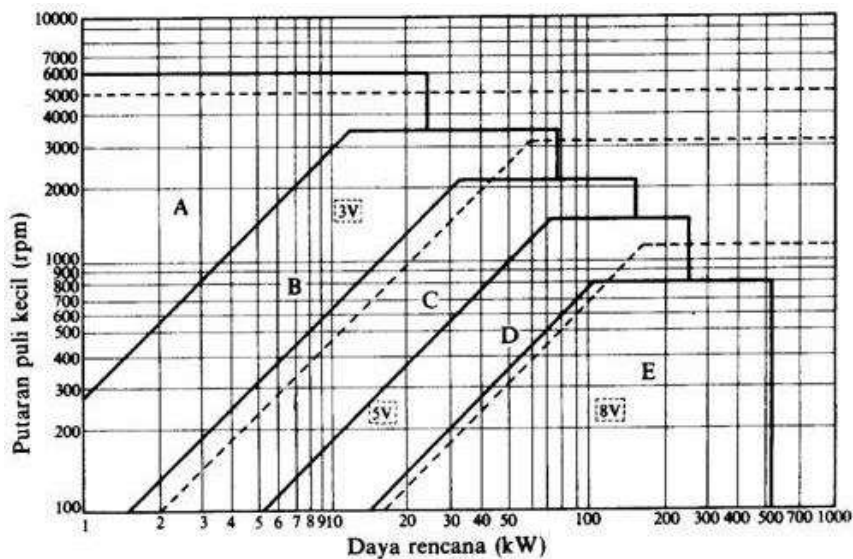
(Belt Cross-section dimensions shown in Red Figure are nominal values)

Standard Belt Sizes

M-type (product)	A-type (product)			B-type (product)			C-type (product)			D-type (product)	E-type (product)
* 20	* 20	* 40	* 100	35	* 65	* 112	42	88	* 190	* 180	180
* 21	* 21	* 41	* 102	36	* 66	* 115	42	97	* 200	* 185	210
* 22	* 22	* 42	* 106	37	* 67	* 118	43	* 98	* 210	* 190	240
* 23	* 23	* 43	* 109	38	* 68	* 120	44	98	* 220	* 195	270
* 24	* 24	* 44	* 110	39	* 69	* 122	45	99	* 230	* 200	300
* 25	* 25	* 45	* 112	* 40	* 70	* 125	45	99	* 240	* 205	330
* 26	* 26	* 46	* 113	* 41	* 71	* 128	46	100	* 250	* 210	360
* 27	* 27	* 47	* 116	* 42	* 72	* 130	46	100	* 260	* 215	390
* 28	* 28	* 48	* 120	* 43	* 73	* 132	46	100	* 270	* 220	420
* 29	* 29	* 49	* 122	* 44	* 74	* 135	47	100	* 280	* 225	
* 30	30	* 70	* 125	* 45	* 75	* 138	47	100		* 230	
* 31	31	* 71	* 128	* 46	* 76	* 140	47	100		* 235	
* 32	32	* 72	* 131	* 47	* 77	* 143	48	100		* 240	
* 33	33	* 73	* 133	* 48	* 78	* 145	48	100		* 245	
* 34	34	* 74	* 140	* 49	* 79	* 148	49	100		* 250	
* 35	35	* 75	* 143	* 50	* 80	* 150	49	100		* 255	
* 36	36	* 76	* 146	* 51	* 81	* 153	49	100		* 260	
* 37	37	* 77	* 148	* 52	* 82	* 155	49	100		* 265	
* 38	38	* 78	* 150	* 53	* 83	* 158	49	100		* 270	
* 39	39	* 79	155	* 54	* 84	* 160	49	100		* 275	
* 40	* 40	* 80	* 170	* 55	* 85	* 165	49	100		* 280	
* 41	* 41	* 81	* 180	* 56	* 86	* 170	49	100		* 285	
* 42	* 42	* 82		* 57	* 87		49	100		* 290	
* 43	* 43	* 83		* 58	* 88		49	100		* 295	
* 44	* 44	* 84		* 59	* 89		49	100		* 300	
* 45	* 45	* 85		* 60	* 90		49	100		* 305	
* 46	* 46	* 86		* 61	* 91		49	100		* 310	
* 47	* 47	* 87		* 62	* 92		49	100		* 315	
* 48	* 48	* 88		* 63	* 93		49	100		* 320	
* 49	* 49	* 89		* 64	* 94		49	100		* 325	
* 50							49	100			
* 51	* 51	* 91		* 65	* 95		49	100		* 330	
* 52	* 52	* 92		* 66	* 96		49	100		* 335	
* 53	* 53	* 93		* 67	* 97		49	100		* 340	
* 54	* 54	* 94		* 68	* 98		49	100		* 345	
* 55	* 55	* 95		* 69	* 99		49	100		* 350	
* 56	* 56	* 96		* 70	* 100		49	100		* 355	
* 57	* 57	* 97		* 71	* 101		49	100		* 360	
* 58	* 58	* 98		* 72	* 102		49	100		* 365	
* 59	* 59	* 99		* 73	* 103		49	100		* 370	
* 60	* 60	* 100		* 74	* 104		49	100		* 375	

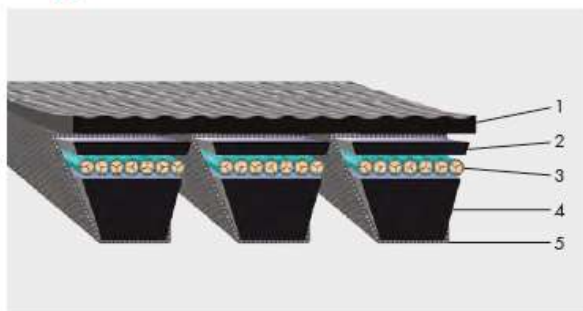
* 1: Equivalent to JIS (ISO) standard size

* 2: For information about non-standard sizes, please contact us.



Gambar 5.25. Diagram pemilihan sabuk

Wrapped kraftbands



- 1 Top surface
- 2 Top layer
- 3 Polyester tension cord
- 4 Core
- 5 Cover fabric

Gambar 5.26. Belt dengan 3 lajur



Gambar 5.27. Sebuah bengkel mesin menggunakan 1 poros penggerak utama kemudian diteruskan menggunakan transmisi sabuk ke masing-masing mesin.
(Sumber : <https://emke.uwm.edu/>)

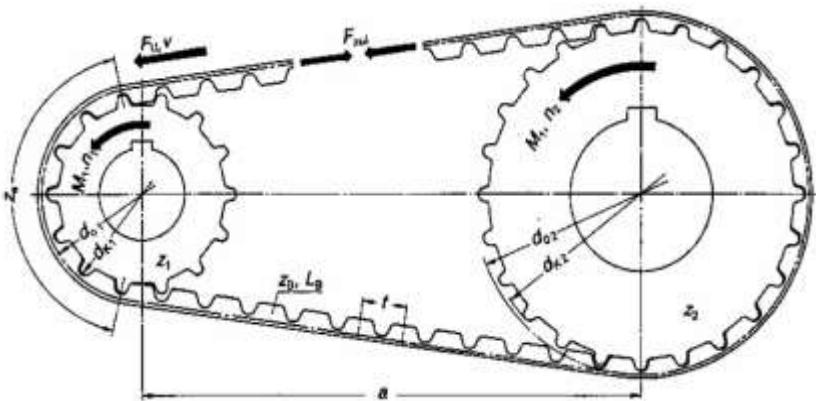
Transmisi sabuk memiliki keuntungan antara lain :

1. Mayoritas digunakan sebagai pemindah daya dari penggerak utama ke mesin
2. Tidak berisik
3. Dapat meneruskan daya dari motor atau penggerak lain dengan kecepatan tinggi hingga 1850 rpm
4. Dapat meneruskan daya dengan jarak yang relatif jauh yang tidak memungkinkan dilakukan oleh sistem transmisi yang lain.
5. Dapat meneruskan daya dengan berbagai varian kecepatan
6. Dapat menggerakkan lebih dari 2 poros

7. Dapat meneruskan daya dengan posisi tidak segaris atau tidak lurus
8. Dapat menggerakkan poros dengan perbandingan kecepatan tertentu namun tingkat akurasi tidak lebih baik dibanding roda gigi dan rantai
9. Memiliki sifat dapat slip sehingga jika terjadi kelebihan beban yang menyebabkan salah satu poros tidak dapat berputar maka sabuk akan slip.
10. Dapat dipasang *single*, *double*, *triple* dan seterusnya sesuai dengan kebutuhan daya yang dipindahkan
11. Dapat dioperasikan pada kondisi yang kurang baik kecuali basah.
12. Dapat berfungsi sebagai pemindah barang (*conveyor*)
13. Dapat berfungsi sebagai bantalan roda (*crawler*)

5.3.1 Theory Perhitungan

<https://www.brecoflex.com/blog/timing-belt-drive-definitions-formulas>

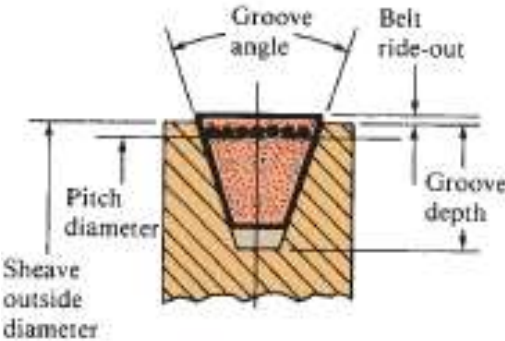


Tabel 5.7. Rumus perhitungan rantai (www.brecoflex.com)

$F_u = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M}{d_o}$ $= \frac{19,1 \cdot 10^6 \cdot P}{n \cdot d_o}$ $= \frac{10^3 \cdot P}{v}$ Peripheral Force	$M = \frac{d_o \cdot F_u}{2 \cdot 10^3}$ $= \frac{9,55 \cdot 10^3 \cdot P}{n}$ $= \frac{d_o \cdot P}{2 \cdot v}$ Torque	$P = \frac{M \cdot n}{9,55 \cdot 10^3}$ $= \frac{F_u \cdot d_o \cdot n}{19,1 \cdot 10^6}$ $= \frac{F_u \cdot v}{10^3}$ Power
$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ Angular Velocity	$n = \frac{19,1 \cdot 10^3 \cdot v}{d_o}$ RPM	$v = \frac{d_o \cdot n}{19,1 \cdot 10^3}$ Velocity
$J = 98,2 \cdot 10^{15} \cdot B \cdot p \cdot (d_k^4 - d^4)$ Load Bearing Torque	$M_a = \frac{J \cdot \Delta n}{9,55 \cdot t_s}$ Acceleration Torque	$L_b = 2a + \pi \cdot d_o$ $= 2a + z \cdot t$ Belt Length for i=1
$d_o = \frac{z \cdot t}{\pi}$ Pitch Circle Diameter		

5.3.2 Jenis-jenis sabuk

1. *V-belt*, *V-Belt* berbentuk trapesium



Gambar 5.28. Sabuk berbentuk V



Gambar 5.29. Aplikasi sabuk pada mesin mobil

2. *Flat belt* (sabuk datar)

Aplikasi sabuk datar untuk mesin dengan kecepatan rendah sebagai pemindah daya dan sebagai material transport (*conveyor*)



Gambar 5.30. Aplikasi *flat belt* untuk transmisi / pemindah daya



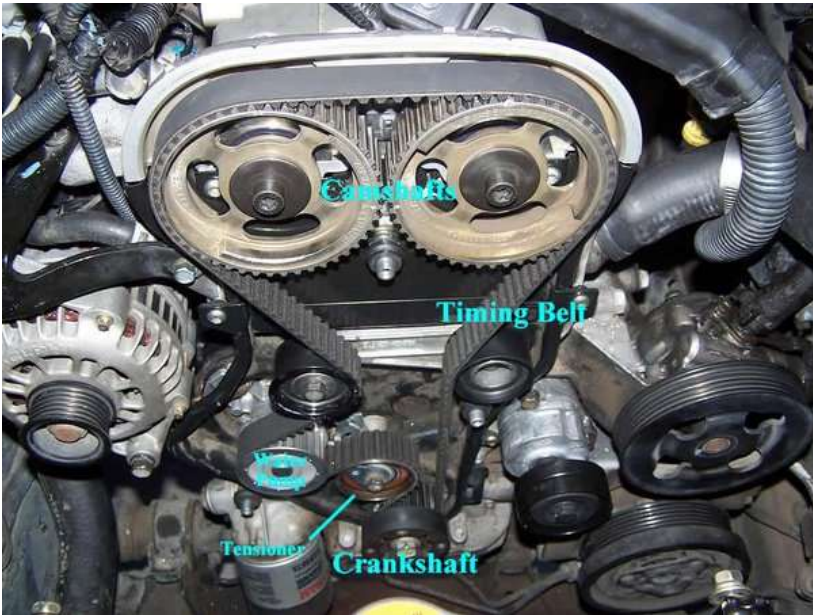
Gambar 5.31. Aplikasi *flat belt* untuk conveyor

3. *Timing belt* sabuk gilir

Sabuk gilir memiliki karakter mirip dengan *chain roller*, pada dasarnya sabuk gilir atau *timing belt* bergerak sesuai dengan jarak antar titik puncak atau jarak antar titik sumbu. Karena bergerak sesuai waktu yang telah ditentukan oleh jarak *pitch* maka *timing belt* tidak memiliki sifat tidak boleh slip pada kondisi beban apapun.



Gambar 5.32. *Timing belt*



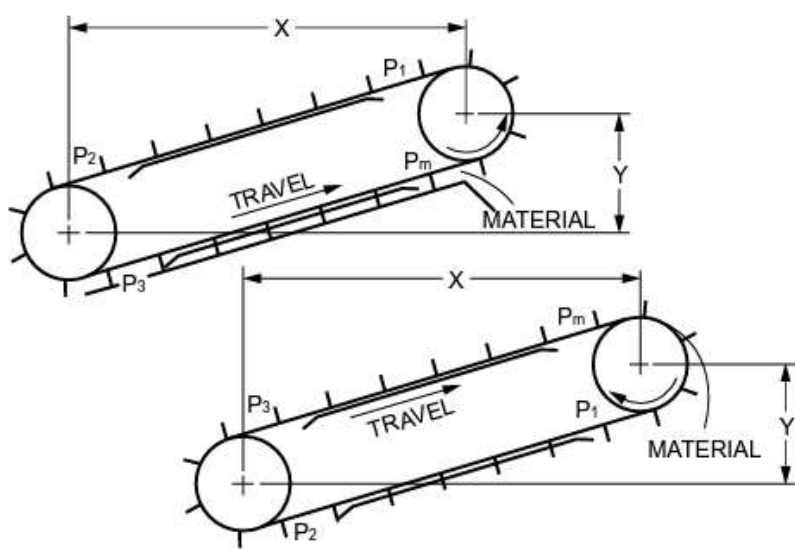
Gambar 5.33. Aplikasi *timing belt* pada mesin otomotif

Belt Conveyor



Gambar 5.34. Aplikasi *belt-conveyor*

Class 1, 1A and 2 Conveyors
(Chain sliding or rolling; Material sliding)



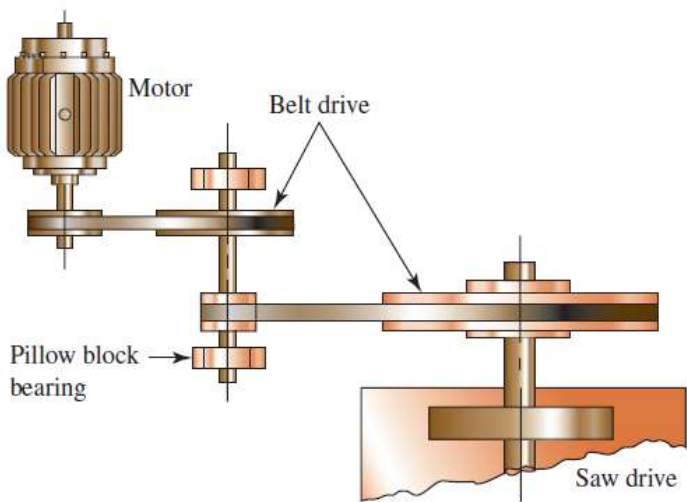
Gambar 5.35. Aplikasi *belt-conveyor*

Tabel 5.8. Rumus perhitungan sabuk

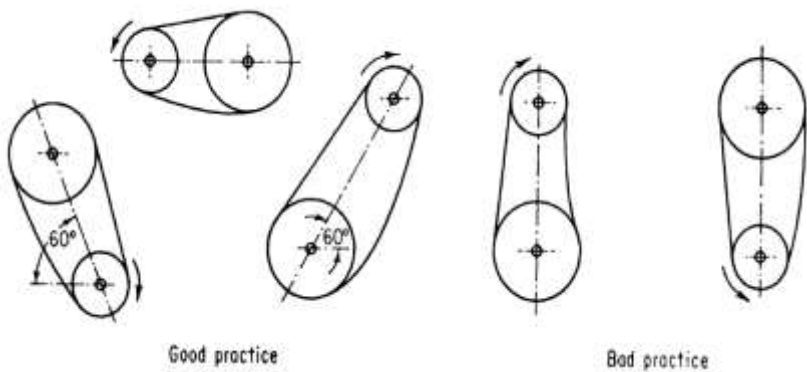
Required	Formula	Note
Design Power	$P_D = P_M \times F_S$	P_D : Design horsepower (HP) P_M : Motor or normal running power (HP) F_S : Service Factor
Belt Pitch Length	$L = 2C + 1.57 (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$	L : Belt pitch length (inches) C : Center distance (inches) D : Large sheave pitch diameter (inches) d : Small sheave pitch diameter (inches)
Center Distance	$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D - d)^2}}{8}$ $b = 2L - \pi (D + d)$	C : Center distance (inches) D : Large sheave pitch diameter (inches) d : Small sheave pitch diameter (inches) L : Belt pitch length (inches)
Arc of Contact	$\theta = 180^\circ - \frac{57.3 (D - d)}{C}$	θ : Arc of Contact (°) D : Large sheave pitch diameter (inches) d : Small sheave pitch diameter (inches) C : Center distance (inches)
Belt Speed	$V = \frac{d \times n}{3.82}$	V : Belt speed (feet per minute) d : Small sheave pitch diameter (inches) n : RPM of small sheave
Power	$HP = \frac{Tq \times n}{63,025}$	HP : Horsepower (HP) Tq : Torque (pounds-inches) n : RPM of small sheave
Power	$HP = \frac{Pe \times V}{33,000}$	HP : Horsepower (HP) Pe : Effective pull (pounds) V : Belt speed (feet per minute)
Torque	$Tq = Pe \times \frac{d}{2}$	Tq : Torque (pounds-inches) Pe : Effective pull (pounds) d : Small sheave pitch diameter (inches)
Effective Pull	$Pe = \frac{Tq}{d/2}$	Pe : Effective pull (pounds) Tq : Torque (pounds-inches) d : Small sheave pitch diameter (inches)
Effective Pull	$Pe = \frac{33,000 \times HP}{V} = T_1 - T_2$	Pe : Effective pull (pounds) HP : Horsepower (HP) V : Belt speed (feet per minute) T_1 : Tight side tension (pounds) T_2 : Slack side tension (pounds)
Tension Ratio	$T_1 / T_2 = \frac{1}{1 - 0.8F_A} = e^{\theta}$	T_1 : Tight side tension (pounds) T_2 : Slack side tension (pounds) F_A : Arc of Contact correction factor e : Base of natural logarithms (2.71828) k : A constant for V-belt design (0.5123) θ : Arc of Contact (°)
Tight Side Tension	$T_1 = \frac{41,250 \times HP}{F_A \times V}$	T_1 : Tight side tension (pounds) HP : Horsepower (HP) F_A : Arc of Contact correction factor V : Belt speed (feet per minute)
Slack Side Tension	$T_2 = \frac{33,000 (1.25 - F_A) \times HP}{F_A \times V}$	T_2 : Slack side tension (pounds) F_A : Arc of Contact correction factor HP : Horsepower (HP) V : Belt speed (feet per minute)
Flywheel Effect (Torque)	$Tq = \frac{WR^2 \times (n_2 - n_1)}{25.59 \times t}$	Tq : Torque (pounds-inches) W : Weight of rim (pounds) R : Mean radius of sheave (feet) n_2 : Final revolution (rpm) n_1 : Initial revolution (rpm) t : Time required to effect speed change (seconds)

(Sumber :Bando)

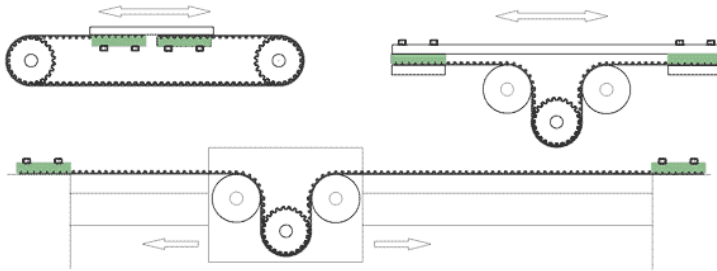
5.3.3 Aplikasi dan Instalasi



Gambar 5.36. Meneruskan daya dari motor ke mesin secara bertingkat



Gambar 5.37. Contoh pemasangan



Gambar 5.38. Transmisi bolak-balik

5.3.4 Prosedur Pemilihan Sabuk

Dalam melakukan pemilihan sabuk tentunya harus disesuaikan dengan beberapa hal misalnya beban dan fungsi, kemudian dilakukan perhitungan sehingga mendapatkan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan. Untuk mempermudah pemilihan sabuk, berikut ini dijelaskan urutan dalam pelaksanaan pemilihan sabuk.

1. Menentukan daya yang akan ditransmisikan P (kW), Putaran poros n_1 (rpm), Perbandingan putaran i , Jarak sumbu poros C (mm)
2. Menentukan faktor koreksi f_c
3. Menentukan daya rencana poros P_d (kW)
4. Menentukan momen rencana $T_1 T_2$ ($kg\ mm$)
5. Menentukan bahan poros dan perlakuan panas
6. Menghitung diameter poros $d_{a1} d_{a2}$ (mm)
7. Memilih jenis penampang sabuk
8. Menentukan diameter minimum pulley d_{min} (mm)
9. Menghitung diameter lingkaran jarak bagi pulley $d_p D_p$ (mm), diameter luar pulley $d_2 D_2$ (mm), diameter naf $d_s D_s$ (mm)
10. Menentukan kecepatan sabuk v ($\frac{m}{s}$)
11. $v = 30$
12. $C = \frac{d_2 + D_2}{2}$
13. Memilih sabuk -V (standard atau sempit), Kapasitas daya transmisi dari satu sabuk P_o (kW)
14. Menghitung panjang keliling sabuk L (mm)

15. Menentukan nomor nominal sabuk dan panjang sabuk yang sesuai dengan ketersediaan di pasaran atau sesuai dengan katalog L (mm)
16. Menentukan jarak sumbu poros C (mm)
17. $\frac{D_p - d_p}{C}$, Sudut kontak ϕ ($^\circ$), faktor koreksi K_0
18. Jumlah sabuk N
19. Menentukan daerah penyetelan jarak poros ΔC_1 (mm) ΔC_2 (mm)
20. Dari perhitungan diatas maka diperoleh data sbb :
 - a. Penampang sabuk
 - b. Panjang keliling L (mm)
 - c. Jumlah Sabuk N
 - d. Jarak sumbu poros ΔC_1 (mm) ΔC_2 (mm)
 - e. Daerah penyetelan jarak poros ΔC_1 (mm) ΔC_2 (mm)
 - f. Diameter luar pulley d_2 D_2 (mm)

Dari aktivitas diatas maka pemilihan sabuk akan lebih mudah dan sesuai dengan kebutuhan.

5.4Kesimpulan

Pada dasarnya setiap penggunaan rantai (*chain*) dan sabuk (*belt*) dapat digunakan untuk meneruskan daya (*power transmission*), baik sebagai penggerak primer, sekunder, maupun tersier. Selain itu fungsi rantai dan sabuk sebagai alat angkat dan angkut.

DAFTAR PUSTAKA

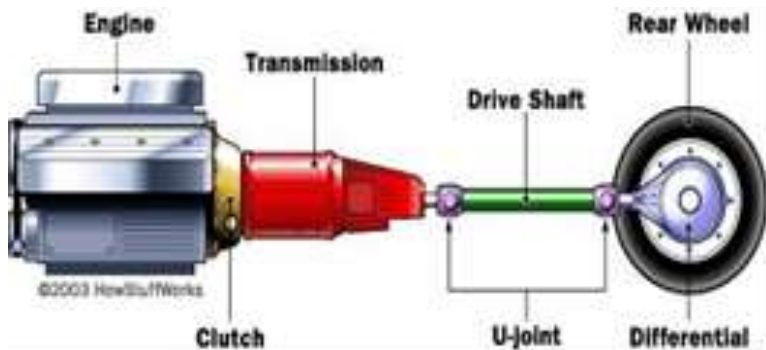
- Britanica.com. 2023, March. <https://www.britannica.com/>. Retrieved from <https://www.britannica.com/>: <https://www.britannica.com/summary/steam-engine>
- Carvill, J. 2003. *Mechanical Engineer's Data Handbook*. Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Mott, R. L. 2018. *MACHINE ELEMENTS IN MECHANICAL DESIGN*. Dayton: Pearson Education, Inc.
- Rothbart, H. A. 1996. *Mechanical Design Handbook*. San Francisco: McGRAW-HILL.
- Sularso, K. 2004. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wright, J. 2006. *Standard Handbook of Chains, Chains for Power Transmission and Material Handling*. London: Taylor & Francis Group.

BAB 6

KOPLING DAN REM

Oleh Habibi Santoso

6.1 Kopling



Gambar 6.1. Posisi unit kopling di kendaraan

Sumber: Harahap, 2017

Kopling merupakan salah satu bagian penting pada sebuah kendaraan terutama yang menggunakan transmisi manual. Fungsi dari kopling adalah sebagai penghubung poros engkol dengan transmisi mobil. Kopling berfungsi sebagai piranti peredam dan pemindah tenaga dari tenaga putar puli ke tenaga putar yang di teruskan ke roda (Saimona dkk, 2016).

Dengan menggunakan pegas diafragma, kekurangan pegas koil dapat diatasi. Dari segi konstruksinya menyerupai pegas dengan pelat tengah berlubang dan terbagi menjadi sirip. Tingkat cengkeraman lapisan kopling akan dipengaruhi oleh kualitas pegas kopling (Adji, 2021).

6.1.1 Cara kerja kopling mobil

Bagi pengguna mobil dan transmisi manual perlu mengetahui komponen-komponen penting pada mobil, termasuk kopling. Kopling merupakan penghubung antara poros engkol mobil

dan gigi transmisi serta menyalurkan tenaga dari mesin ke transmisi.

6.1.2 Fungsi Kopling

Fungsi utama kopling mobil adalah untuk menghentikan berbagai transmisi ke poros penggerak, sehingga mobil dapat berpindah gigi. fungsi untuk mentransmisikan daya dari satu komponen ke komponen lainnya Selain itu, kopling juga mempunyai fungsi sebagai berikut:

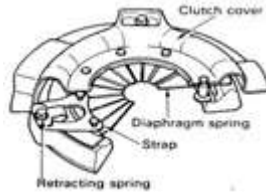
1. Menghentikan mobil tanpa mematikan mesin, misalnya di tengah lalu lintas atau di lampu merah.
2. Memudahkan pengendara dalam berpindah gigi, sehingga pergerakan mobil saat berkendara tetap lancar.
3. Membantu mengangkat mesin pada saat mobil hendak melaju, sehingga pergerakan menjadi lebih lancar dan lancar.
4. Mendukung kinerja pengereman saat berkendara melalui engine brake.
5. Cabut dan sambungkan putaran motor ke transmisi.
6. Putuskan dan sambungkan daya ke motor roda melalui transmisi.

6.1.3 Jenis kopling

Terdapat beberapa jenis kopling, di antaranya adalah:

1. Kopling manual
Kopling manual adalah kopling yang dioperasikan dan dilepaskan secara manual oleh pengemudi. Saat kopling digunakan secara manual, pengemudi dapat mengatur kecepatan mesin kendaraan sesuai kebutuhan.
2. Kopling otomatis
Dengan melepaskan dan menempelkan poros engkol pada roda belakang, kopling jenis ini bekerja sesuai dengan kecepatan putaran poros engkol. Umumnya digunakan pada kendaraan otomatis, kopling otomatis lebih mudah dioperasikan dibandingkan kopling manual.

3. Kopling gesekan



Gambar 6.2. kopling gesek

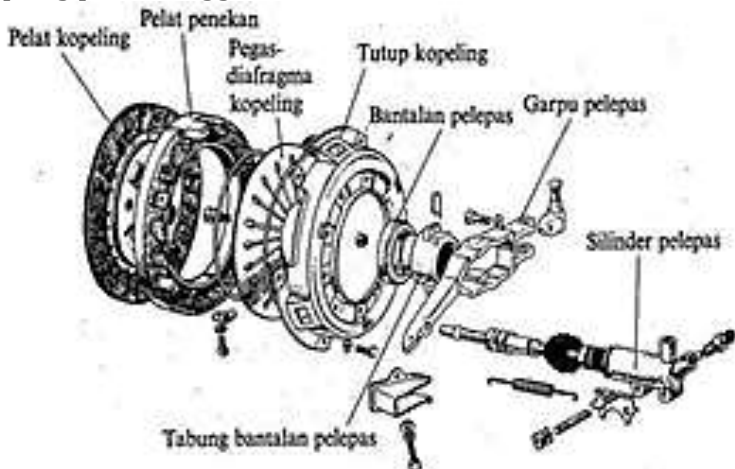
Sumber: Harahap, 2017

Kopling ini merupakan salah satu jenis seperti dengan sistem fungsional yang menggunakan gesek pada kedua plat kopling sekaligus melanjutkan tenaga.

4. Kopling pelat ganda

Kopling cakram ganda terdiri lebih dari dua bagian atau sejumlah besar bagian di areanya, karena sistem kopling pada mobil manual bekerja dengan cara bergesekan dengan komponen mesin, maka kopling jenis ini biasanya sering digunakan pada kendaraan tersebut.

5. Kopling pelat tunggal



Gambar 6.3. Konstruksi Unit Kopling Plat Tunggal

Sumber: Harahap, 2017

Kopling pelat tunggal hanya mempunyai satu cakram. Kopling plat tunggal ini lebih banyak digunakan pada mobil matic yang dilengkapi kopling matic.

6.1.4 Komponen Pada Kopling

Sistem kopling berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari mesin ke roda melalui gearbox (Syahputra, 2023).

Seperti halnya suku cadang mobil lainnya, kopling mobil juga memuat beberapa komponen. Ada kurang lebih delapan komponen pada kopling. Kedelapan komponen tersebut adalah:

1. Cakram Kopling: Ini adalah tempat yang tepat untuk menghidupkan atau mematikan daya. Khususnya tenaga dari mesin ke rumah kopling dan transmisi.
2. Pedal Kopling : Merupakan komponen kopling yang digunakan untuk melepaskan atau menyambungkan kopling.
3. Master Clutch : komponen ini merubah tenaga mekanik menjadi tekanan *hydraulic*
4. Clutch Release Bearing : Merupakan komponen yang digunakan untuk menekan komponen penutup kopling.
5. Power Clutch: komponen ini berfungsi untuk megubah tekanan sistem *hydrolic* menjadi gerakan mekanis.
6. Penutup kopling : Komponen yang ditekan oleh bantalan pelepas kopling. Fungsi utamanya adalah untuk menekan pelat kopling sehingga dapat menyalurkan tenaga dari mesin ke transmisi dan pelat kopling itu sendiri.
7. Release Fork: Untuk release bearing, bagian yang disebut dengan release fork berfungsi sebagai penekan. Selanjutnya penutup kopling akan ditekan pada tempatnya oleh bantalan pelepas.
8. Roda Gila: Komponen ini memiliki dua fungsi. Pertama, sebagai penerus putaran mesin. Dan yang kedua, sebagai penopang komponen rumah kopling dan piringan kopling.

6.1.5 Cara Merawat Kopling Mobil

Menjaga kopling kendaraan adalah suatu hal yang wajib dilakukan. Melakukan hal ini berarti memperpanjang umur kopling dan menjaga konsistensi kinerjanya. Sistem kopling rentan mengalami kerusakan yang dapat berupa: kopling berbunyi saat digunakan, kopling slip dan tidak dapat bebas seluruh permukaannya, kopling bergesekan, dan kopling tidak lepas seluruhnya (Surbakti, 2022). **JCCS**

Merawat kopling mobil sendiri tidaklah terlalu sulit. Sobat hanya perlu mengikuti cara-cara yang akan kami bagikan berikut ini!

Minimalkan penggunaan kopling setengah saat berkendara. Salah satu kebiasaan buruk pengendara saat menggunakan kopling adalah menggunakan setengah kopling. Jika Anda salah satu pengemudi tersebut, harap kurangi kebiasaan ini.

Melakukan kebiasaan ini hanya akan menyebabkan keausan cepat pada lapisan kopling. Jika dibiarkan pasti akan berdampak buruk pada kopling mobil dalam jangka panjang.

Kalaupun harus melakukannya, usahakan dilakukan saat suhu kopling mulai menurun.

Jangan memaksakan mobil Anda melewati air banjir

Selain membuat mobil kotor dan rentan berkarat, air banjir juga bisa berdampak buruk pada kopling mobil. Salah satu kekurangannya adalah sistem kopling terganggu akibat masuknya air banjir.

6.2 Rem

Sistem pengereman dirancang untuk memperlambat atau mengurangi kecepatan kendaraan dan menghentikan kendaraan. Komponen ini sangat penting sebagai alat keselamatan kendaraan. Kinerja sistem pengereman merupakan hal yang krusial pada setiap kendaraan bermotor karena mempengaruhi keselamatan berkendara (Qurohman, 2016).

6.2.1 Prinsip kerja sistem pengereman

Sistem pengereman menrubah energi kinetik kembali menjadi energi panas untuk menghentikan kendaraan. komponen rem yang bergesekan ini harus tahan terhadap gesekan (tidak

mudah aus), tahan panas dan tidak mudah berubah bentuk pada saat bekerja dalam suhu tinggi (Ramadhani, 2016).

Biasanya, rem beroperasi melalui kombinasi tekanan dan aksi putar. Efek pengereman didapat dari gesekan yang ditimbulkan antara dua benda atau sering di sebut kampas rem (*brake pads*). Tujuan dari sistem pengereman mekanis adalah untuk menghentikan gerakan (Setyono, 2015).

6.2.2 Komponen utama rem hidrolik adalah sebagai berikut:

1. Master Silinder Rem

Berfungsi untuk mengubah gerakan pedal rem menjadi tekanan hidrolik. Silinder master terdiri dari reservoir berisi minyak rem, serta piston dan silinder yang menghasilkan tekanan hidrolik.

Silinder ada dua jenis yaitu tipe tunggal dan tipe ganda. Silinder master tipe ganda (*tandem type master silinder*) banyak digunakan dibandingkan tipe tunggal.

Tandem master silinder, sistem hidroliknya dipisahkan menjadi dua, satu untuk roda depan dan belakang. Jadi, jika satu sistem tidak berfungsi, sistem lainnya akan tetap bekerja dengan baik.

2. Booster Rem

Tenaga yang diberikan pengemudi saat menginjak pedal rem tidak cukup kuat untuk menghentikan kendaraan dengan segera. Penguat rem menggandakan tekanan pada pedal, memberikan tenaga pengereman yang lebih besar.

Penguat rem memiliki diafragma yang beroperasi menggunakan perbedaan tekanan antara tekanan atmosfer dan kevakuman yang dihasilkan oleh intake manifold mesin. Silinder master terhubung ke pedal dan diafragma untuk mencapai tenaga pengereman yang signifikan dengan pergerakan pedal minimal. Jika booster rem tidak dapat beroperasi karena alasan tertentu, maka booster rem dirancang sedemikian rupa sehingga hanya tenaga pada booster rem yang hilang. Remnya sendiri memerlukan tekanan pedal yang lebih besar, namun kendaraan dapat direm secara normal tanpa bantuan booster.

Booster rem bisa dipasang satu dengan master silinder (tipe terintegrasi) atau bisa juga dipasang terpisah dari master silinder itu sendiri. Tipe integral ini banyak digunakan pada kendaraan penumpang dan truk kecil. Untuk kendaraan bermesin diesel, booster rem diganti dengan pompa vakum karena kevakuman yang tercipta pada intake manifold pada mesin diesel kurang kuat.

Booster rem terutama terdiri dari booster housing, booster piston, membran (diafragma), mekanisme reaksi dan mekanisme katup kontrol. Badan booster dibagi menjadi bagian depan (ruang tekanan tetap) dan bagian.

3. Katup pengatur

Mekanisme katup kontrol mengatur tekanan di ruang tekanan variabel. Termasuk katup udara, katup vakum, katup kontrol, dll. yang terhubung ke pedal rem melalui batang kendali katup.

DAFTAR PUSTAKA

- Harahap, M. R. 2017. Fungsi Kerusakan Dan Perbaikan Kopling Kendaraan Ringan. Buletin Utama Teknik 13(1)
- Saimona, N., Widagdo, T., Seprianto, D., dan Yunus, M. 2016. Optimasi Kopling Sentrifugal Dengan Variasi Massa Kampas Kopling. *Jurnal Austenit* 8(1)
- Adji, P.L., Winangun, K., dan Winar, Y. 2021. Pengaruh Variasi Panjang Pegas Kopling Terhadap Performa dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Honda Tiger 200 Cc. *Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo* 5(1)
- Syahputra, N., Junaidi dan Yulfitra Analisa. 2023. Kerusakan Pada Sistem Kopling Mobil Toyota Rush Menggunakan Metode Uji Sem (Scanning Electron Microscope) *Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil Vol.04, No.01, Juni 2023)*
- Surbakti. A. dan Munthe, I. 2016. Analisa Kerusakan Dan Perbaikan Sistem Kopling Mobil Toyota Avanza Veloz 1.500cc. *Jurnal Ilmiah Core It* 10(6)
- Qurohman, M.T., Syarifudin.2016. Analisa Beban Pengereman Terhadap Kualitas Kampas Rem Tromol Mobil Dengan Metode Oghosi *Jurnal Matematika* 19(1)
- Ramadhany, M.F., dan Haryadi. G.D. 2016. Pengaruh Variasi Putaran Mesin Dan Waktu Pengereman Terhadap Temperatur Dan Koefisien Gesek Pada Brake Pads Dan Brake Shoe Dengan Alat Uji Berbasis Remote Monitoring System. *Jurnal Teknik Mesin S-1* 4(1)
- Setyono, B., dan Setiawan, Y. 2015. Rancang Bangun Sistem Transmisi, Kemudi, Dan Pengereman Mobil Listrik “Semut Abang”. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan Iii 2015 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

BAB 7

PEGAS DAN PEREDAM

Oleh Ukta Indra Nyuswantoro

7.1 Definisi dan Fungsi Pegas

Pegas adalah salah satu komponen mekanik yang paling umum digunakan dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari dan teknologi modern. Ini adalah benda yang fleksibel dan memiliki kemampuan untuk menyimpan dan melepaskan energi potensial elastis saat diberi beban atau mengalami deformasi (Alfaris *et al.*, 2022). Fungsi utama pegas adalah memungkinkan peralihan energi mekanik, yang dapat digunakan dalam berbagai cara. Untuk memahami pegas lebih baik, mari kita bahas definisi dan fungsi utamanya secara lebih mendalam (Dewadi *et al.*, 2023).

Secara umum, pegas adalah komponen mekanik yang terbuat dari bahan yang elastis, seperti baja atau paduan logam khusus, dan memiliki kemampuan untuk mengembalikan bentuknya ketika beban yang dikenakan padanya dihilangkan. Ini adalah benda yang dapat menyimpan energi potensial elastis dalam bentuk deformasi dan kemudian melepaskan energi ini saat kembali ke bentuk semula. Pegas dapat memiliki berbagai bentuk dan ukuran, tergantung pada aplikasinya (Sclater, 2011).

Pegas memiliki berbagai fungsi yang sangat penting dalam berbagai aplikasi teknik dan peralatan sehari-hari. Berikut adalah beberapa fungsi utama pegas:

Penyimpan Energi: Salah satu fungsi utama pegas adalah menyimpan energi potensial elastis. Ketika pegas diberi beban atau ditarik, ia mengalami deformasi dan menyimpan energi dalam bentuk potensial elastis. Contohnya, pegas pada kendaraan bermotor dapat menyimpan energi ketika kendaraan melewati guncangan di jalan dan kemudian melepaskan energi ini untuk mengamortisasi getaran, memberikan kenyamanan kepada penumpang.

Pengatur Gerakan: Pegas digunakan untuk mengatur gerakan dalam berbagai aplikasi. Contohnya, pegas pada jam tangan digunakan untuk mengatur gerakan jarum jam, menjaga waktu yang tepat. Demikian pula, pegas dalam alat-alat musik seperti piano digunakan untuk menghasilkan nada dengan mengatur getaran senar.

Pendukung Beban: Pegas juga digunakan sebagai pendukung beban dalam banyak aplikasi. Misalnya, pegas pada kasur atau kursi memberikan dukungan yang diperlukan saat kita duduk atau berbaring di atasnya. Ini membantu dalam menciptakan kenyamanan dan menghindari rasa tidak nyaman.

Pengukur Gaya: Pegas juga digunakan sebagai komponen dalam alat-alat pengukur, seperti pengukur tekanan. Ketika beban diterapkan pada pegas, deformasi yang terjadi dapat digunakan untuk mengukur gaya yang bekerja pada pegas, yang kemudian dikonversi menjadi pengukuran tekanan.

7.2 Sejarah dan Perkembangan Pegas:

Sejarah pegas melibatkan evolusi dari pegas alami yang terbuat dari bahan-bahan seperti kayu, tulang, dan tanduk hewan ke pegas logam yang lebih kuat dan tahan lama. Inilah beberapa tahap penting dalam sejarah dan perkembangan pegas:

Pegas Alami: Manusia telah menggunakan pegas alami sejak zaman kuno. Pegas alami terbuat dari bahan-bahan alami yang mudah ditemukan, seperti kayu dan tulang. Mereka digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk peralatan pertanian dan senjata.

Penggunaan Pegas Logam: Penggunaan pegas logam pertama kali ditemukan pada abad ke-15 di Eropa. Pegas logam, terutama yang terbuat dari baja, memiliki keunggulan dibandingkan pegas alami dalam hal kekuatan dan elastisitas. Ini membuka jalan bagi perkembangan lebih lanjut dalam teknologi pegas.

Abad ke-17 dan ke-18: Pada abad ke-17 dan ke-18, perkembangan teknologi pegas mengalami peningkatan pesat. Pegas logam digunakan dalam berbagai aplikasi mekanik, termasuk jam tangan dan alat-alat mekanik lainnya. Ini memungkinkan peningkatan dalam presisi dan efisiensi dalam berbagai industri.

Revolusi Industri: Pada abad ke-18 dan ke-19 selama Revolusi Industri, penggunaan pegas logam semakin luas. Mereka digunakan dalam lokomotif, mesin tekstil, dan peralatan pertanian untuk memfasilitasi berbagai aspek produksi dan transportasi.

Abad ke-20: Pada abad ke-20, perkembangan pegas terus berkembang dengan kemajuan dalam manufaktur dan teknologi material. Pegas digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk mobil, pesawat terbang, mesin industri, dan peralatan rumah tangga. Penggunaan bahan paduan logam yang lebih kuat dan tahan lama menjadi umum dalam pembuatan pegas.

Teknologi Modern: Perkembangan pegas terus berlanjut hingga saat ini. Penerapan teknologi komputer dan perangkat lunak simulasi telah memungkinkan perancangan pegas yang lebih presisi dan efisien untuk berbagai aplikasi khusus.

Dengan perkembangan teknologi yang terus berlanjut, pegas terus menjadi komponen kunci dalam berbagai inovasi dan aplikasi. Mereka digunakan dalam berbagai industri, mulai dari otomotif hingga kedirgantaraan, dan berperan penting dalam memastikan kinerja yang andal dan aman dalam berbagai peralatan. Pegas memiliki peran yang sangat penting dalam dunia teknik modern dan terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi.

7.3 Jenis-Jenis Pegas

1. Pegas Heliks

Deskripsi: Pegas heliks adalah jenis pegas yang paling umum dan dikenal luas. Mereka terbuat dari kawat yang dililit dalam bentuk spiral atau heliks. Pegas ini dapat dirancang untuk bekerja dengan kompresi, tarikan, atau torsi.

Aplikasi: Pegas kompresi heliks digunakan di tempat-tempat seperti tombol pensil, katup mesin, dan suspensi kendaraan. Pegas tarikan heliks digunakan di tempat-tempat seperti alat pengukur gaya dan peralatan olahraga. Pegas torsi heliks digunakan di tempat-tempat seperti engsel pintu dan jam.

Material: Biasanya terbuat dari baja, namun dapat juga terbuat dari bahan lain tergantung pada aplikasinya.

2. Pegas Daun

Deskripsi: Pegas daun terdiri dari beberapa lapisan logam tipis yang disusun dan diikat bersama. Setiap lapisan biasanya memiliki panjang yang berbeda, membentuk suatu bentuk yang mirip dengan daun.

Aplikasi: Pegas daun sering digunakan dalam suspensi kendaraan, khususnya truk dan SUV. Mereka membantu menyerap guncangan dari permukaan jalan dan mendukung berat kendaraan.

Material: Pegas daun umumnya terbuat dari baja pegas, yang memiliki kekuatan tarik tinggi dan fleksibilitas yang baik.

3. Pegas Karet

Deskripsi: Pegas karet bukanlah pegas dalam arti tradisional karena mereka tidak mengikuti Hukum Hooke. Mereka terbuat dari karet atau elastomer, dan bekerja dengan cara mengubah bentuk ketika ditekan atau ditarik.

Aplikasi: Pegas karet digunakan di berbagai aplikasi seperti gasket, bantalan peredam getaran, dan di beberapa jenis suspensi kendaraan.

Material: Terbuat dari karet atau elastomer, yang memberikan sifat elastisitas yang unik.

4. Pegas Gas

Deskripsi: Pegas gas atau damper gas, adalah tipe pegas yang menggunakan gas (umumnya nitrogen) di dalam silinder tertutup dan ditambah dengan minyak pelumas untuk meredam gerakan.

Aplikasi: Pegas gas digunakan untuk mendukung pembukaan dan penutupan kap mobil dan bagasi, serta di kursi kantor dan perabotan lainnya. Mereka juga digunakan di beberapa jenis suspensi kendaraan.

Material: Terbuat dari silinder baja dengan segel yang menjaga gas di dalam dan mencegah kebocoran.

7.4 Jenis-Jenis Peredam

1. Peredam Viskositas

Peredam viskositas adalah jenis peredam yang bekerja berdasarkan prinsip perlawanan terhadap aliran fluida, di mana fluida tersebut dapat berupa cairan atau gas. Dalam peredam ini, kekuatan peredaman dihasilkan oleh gesekan internal fluida saat fluida tersebut mengalir melalui saluran atau celah sempit dalam peredam. Kekuatan peredaman ini berbanding lurus dengan laju deformasi fluida, menjadikannya sangat efektif dalam merespons gerakan berkecepatan tinggi. Peredam viskositas umumnya digunakan dalam suspensi kendaraan, peralatan seismik, dan struktur bangunan untuk meredam getaran dan meningkatkan stabilitas (Dixon, 2007).

2. Peredam Karet

Peredam karet bekerja berdasarkan deformasi elastis bahan karet. Karet memiliki sifat viskoelastis yang unik, yang memungkinkannya untuk menyerap dan melepaskan energi saat dideformasi. Pada saat yang sama, karet juga mengalami histeresis, di mana sebagian energi yang diserap selama deformasi diubah menjadi panas dan hilang dari sistem. Ini menyebabkan pengurangan amplitudo getaran. Peredam karet sering digunakan dalam aplikasi seperti bantalan isolasi getaran, bantalan jembatan, dan komponen peredam getaran dalam mesin dan peralatan elektronik.

3. Peredam Magnetik

Peredam magnetik, juga dikenal sebagai peredam magnetoreologi, memanfaatkan sifat magnetoreologi dari fluida atau bahan padat yang responsif terhadap medan magnet. Ketika medan magnet diterapkan, sifat rheologis dari fluida atau bahan padat berubah, menyebabkan peningkatan viskositas atau modulus elastisitas. Hal ini memungkinkan peredam magnetik untuk dengan cepat menyesuaikan tingkat peredaman mereka responsif terhadap kondisi operasional. Peredam ini digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk

suspensi kendaraan adaptif, sistem kontrol getaran dalam pesawat dan bangunan tinggi, dan peralatan medis.

4. Peredam Getaran Struktural

Peredam getaran struktural dirancang untuk mengurangi atau menghilangkan getaran dalam struktur seperti bangunan, jembatan, dan menara. Mereka bekerja dengan menyerap sebagian dari energi getaran dan mengubahnya menjadi panas, atau dengan memindahkan energi getaran dari frekuensi asli struktur ke frekuensi yang tidak berdampak. Ada berbagai jenis peredam getaran struktural, termasuk peredam massa terdorong, peredam geser, dan peredam getaran teredam. Pilihan jenis peredam tergantung pada karakteristik getaran dan kebutuhan spesifik struktur.

7.5 Prinsip Kerja Pegas

Prinsip Kerja Pegas

Pegas adalah suatu elemen mekanik yang memiliki kemampuan untuk menyimpan energi dalam bentuk energi potensial elastis ketika mengalami deformasi. Prinsip kerja pegas bergantung pada sifat elastisitas bahan, yang memungkinkannya kembali ke bentuk awal setelah dikenai beban atau gaya luar. Energi yang disimpan dalam pegas dapat diubah menjadi bentuk energi lain, seperti energi kinetik, saat pegas kembali ke keadaan setimbang.

Hukum Hooke

Hukum Hooke adalah prinsip fundamental dalam mekanika elastisitas yang menyatakan bahwa, untuk deformasi kecil, perubahan panjang (atau deformasi) pegas berbanding lurus dengan gaya yang dikenakan padanya. Matematis, hukum ini dapat dirumuskan sebagai $F = -kx$, di mana F adalah gaya yang dikenakan pada pegas, k adalah konstanta pegas, dan x adalah perubahan panjang dari posisi setimbang. Tanda negatif menunjukkan bahwa gaya yang dikenakan oleh pegas selalu berlawanan arah dengan arah deformasi.

Analisis Tegangan dan Regangan

Tegangan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas, dan regangan didefinisikan sebagai perubahan relatif dalam panjang. Dalam konteks pegas, analisis tegangan dan regangan penting untuk memahami bagaimana bahan pegas bereaksi terhadap beban yang dikenakan. Hukum Hooke juga dapat diinterpretasikan dalam konteks tegangan dan regangan, dengan modul Young (E) sebagai proporsionalitas konstanta: $\sigma = E\epsilon$, di mana σ adalah tegangan, ϵ adalah regangan, dan E adalah modul Young dari bahan. Pemahaman tentang hubungan ini penting untuk desain dan analisis elemen elastis, termasuk pegas.

Metode Pengujian Pegas

Untuk memastikan bahwa pegas berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, pengujian komprehensif harus dilakukan. Metode pengujian pegas melibatkan serangkaian uji beban untuk menentukan karakteristik mekaniknya, seperti konstanta pegas, batas elastisitas, dan modul Young.

Uji Beban Statis: Mengukur respons pegas terhadap beban yang diterapkan secara perlahan dan terkontrol, menghasilkan kurva tegangan-regangan untuk menentukan properti materialnya. Uji Beban Dinamis: Menilai kinerja pegas di bawah kondisi beban berulang atau siklik, membantu mengidentifikasi umur lelah dan kondisi kegagalan potensial.

Analisis Getaran: Mengukur respons getaran pegas untuk memastikan bahwa ia dapat menahan kondisi operasional dinamis tanpa kegagalan.

7.6 Prinsip Kerja Peredam

1. Redam Viskositas

Redam viskositas merupakan jenis peredam yang mengandalkan sifat-sifat fluida untuk meredistensi gerakan dan menghasilkan gaya redaman. Prinsip kerjanya berdasarkan hukum Newton untuk viskositas, di mana gaya yang diperlukan untuk menggerakkan lapisan fluida atas lapisan lainnya berbanding lurus dengan laju deformasi atau perubahan kecepatan per satuan jarak antar lapisan.

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{dv}{dy}$$

Dimana

F adalah gaya geser

η adalah koefisien viskositas

A adalah area permukaan

$\frac{dv}{dy}$ = adalah gradien kecepatan

Penerapan redam viskositas meliputi shock absorber pada kendaraan, di mana cairan viskos mengalir melalui saluran sempit, menghasilkan gaya redaman yang menyerap energi kinetik dan meredam getaran.

2. Redam Elastis

Redam elastis bekerja berdasarkan sifat elastisitas bahan, biasanya berupa polimer atau komposit, yang dapat menyerap dan mendisipasi energi kinetik melalui deformasi elastis. Pegas yang bekerja berdasarkan hukum Hooke juga dapat dianggap sebagai peredam elastis karena mereka menyerap energi dan mengembalikannya ke sistem. Namun, dalam banyak aplikasi redam elastis, tujuannya adalah untuk mendisipasi sebanyak mungkin energi, bukan mengembalikannya.

Redam elastis sering digunakan dalam aplikasi isolasi getaran, di mana mereka mengurangi transmisi getaran dari satu bagian struktur ke bagian lainnya, melindungi komponen sensitif atau meningkatkan kenyamanan pengguna.

3. Teknologi Redam Magnetik

Redam magnetik menggunakan medan magnet untuk menghasilkan gaya redaman. Salah satu teknologi yang paling umum adalah redam magnetoreologi, yang menggunakan fluida dengan partikel ferromagnetik. Ketika medan magnet diterapkan, partikel-partikel ini berorientasi sepanjang garis medan, meningkatkan viskositas fluida dan dengan demikian meningkatkan gaya redaman.

Teknologi ini memungkinkan kontrol redaman yang sangat presisi dan responsif, membuatnya ideal untuk aplikasi yang

memerlukan penyesuaian cepat terhadap kondisi operasional, seperti suspensi adaptif pada kendaraan atau sistem pengendalian getaran pada struktur bangunan.

7.7 Aplikasi Pegas dan Peredam

1. Suspensi Kendaraan

Dalam sistem suspensi kendaraan, kombinasi pegas dan peredam (*shock absorbers*) digunakan untuk memaksimalkan traksi dan meminimalkan getaran dan dampak dari permukaan jalan. Pegas, umumnya berbentuk heliks atau daun, berfungsi untuk menyerap energi kinetik dari irregularitas jalan. Sedangkan peredam bekerja untuk meredam osilasi pegas, mengkonversi energi kinetik menjadi energi panas melalui proses viskositas, sehingga memastikan bahwa kendaraan tetap memiliki kontak optimal dengan jalan dan memberikan kenyamanan maksimal untuk penumpang.

2. Peredam Gempa

Dalam konstruksi bangunan dan jembatan, peredam gempa digunakan untuk melindungi struktur dari energi kinetik yang dihasilkan oleh gempa bumi. Teknologi ini melibatkan penggunaan peredam khusus yang dapat menyerap dan mendisipasi energi gerakan, mengurangi amplitudo getaran struktur. Beberapa peredam gempa bekerja berdasarkan prinsip viskositas, sementara yang lain menggunakan elastomer atau bahan yang memiliki sifat redaman inheren.

3. Mesin dan Peralatan Industri

Dalam mesin dan peralatan industri, pegas dan peredam digunakan untuk mengurangi getaran dan kebisingan, serta untuk melindungi komponen kritis dari kerusakan akibat beban kejutan atau getaran berlebih. Pegas digunakan untuk menopang beban dan menyerap energi, sementara peredam digunakan untuk mengontrol dan meredam osilasi yang dihasilkan oleh operasi mesin. Penggunaan pegas dan peredam dalam konteks ini tidak hanya meningkatkan umur layanan peralatan, tetapi

juga membantu dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan lebih nyaman.

4. Produk Konsumen

Dalam produk konsumen, seperti sepatu olahraga dan jam tangan, pegas dan peredam digunakan untuk meningkatkan kenyamanan, kinerja, dan daya tahan. Di sepatu olahraga, misalnya, pegas atau bahan berbusa elastis digunakan untuk menyerap dampak saat berlari atau melompat, sementara peredam dapat digunakan untuk mengurangi getaran dan memberikan dukungan tambahan. Di jam tangan, pegas kecil digunakan dalam mekanisme jam untuk memastikan waktu yang akurat dan konsisten, sementara peredam dapat digunakan untuk melindungi mekanisme jam dari dampak atau getaran.

7.8 Desain dan Fabrikasi Pegas dan Peredam

Pegas umumnya dibuat dari bahan elastis seperti baja pegas atau paduan berbasis nikel. Bahan ini dipilih karena sifat-sifat mekanik yang superior, termasuk kekuatan tinggi, kekerasan, dan elastisitas yang baik. Proses pembuatan pegas melibatkan langkah-langkah seperti pembentukan (melalui penekukan atau penggulangan), perlakuan panas untuk meningkatkan sifat mekanik, dan akhirnya, pemotongan dan finishing. Keakuratan dan konsistensi dalam proses ini sangat penting untuk memastikan kinerja dan daya tahan pegas.

Peredam biasanya terbuat dari bahan seperti karet, elastomer, atau cairan viskos. Proses pembuatan melibatkan pembentukan komponen, pencampuran bahan-bahan, dan vulkanisasi (untuk karet dan elastomer). Untuk peredam cair, seperti peredam viskositas, penting untuk memastikan integritas segel untuk mencegah kebocoran.

1. Analisis Elemen Hingga (FEA)

Analisis elemen hingga adalah teknik numerik yang digunakan untuk memprediksi bagaimana suatu produk akan bereaksi terhadap kondisi dunia nyata, seperti gaya, getaran, panas, dan

faktor fisik lainnya. Dalam konteks desain pegas dan peredam, FEA digunakan untuk:

- a. Menganalisis distribusi tegangan dan regangan dalam komponen.
- b. Mengidentifikasi daerah-daerah yang mungkin mengalami kegagalan atau keausan dini.
- c. Mengoptimalkan desain untuk memenuhi kriteria kinerja sambil meminimalkan berat dan biaya material.

2. Standar dan Spesifikasi

Pegas dan peredam harus memenuhi serangkaian standar dan spesifikasi untuk memastikan kinerja, keandalan, dan keselamatan. Ini mungkin termasuk standar industri, standar nasional, atau spesifikasi yang diberikan oleh pelanggan. Standar ini dapat mencakup persyaratan seperti:

3. Dimensi dan toleransi.

Sifat material dan perlakuan panas.

Pengujian kinerja, termasuk uji beban, uji kelelahan, dan uji getaran.

7.9 Analisis dan Optimalisasi Pegas dan Peredam

1. Analisis Getaran:

Analisis getaran merupakan komponen kritis dalam menilai performa pegas dan peredam. Getaran dalam sistem dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk ketidakseimbangan rotasi, eksitasi dari permukaan jalan, atau frekuensi resonansi struktural. Melalui teknik analisis getaran, kita dapat mengidentifikasi frekuensi natural sistem, mode getaran, dan respon dinamis terhadap beban eksternal.

Untuk pegas, analisis ini penting untuk memastikan bahwa mereka tidak beroperasi dekat dengan frekuensi resonansi mereka, yang dapat menyebabkan amplitudo getaran yang besar dan potensi kegagalan. Untuk peredam, analisis getaran membantu dalam menilai efektivitas mereka dalam meredam getaran dan mengidentifikasi area-area potensial untuk perbaikan.

2. Optimalisasi Performa:

Optimalisasi performa pegas dan peredam melibatkan penyesuaian desain dan parameter material untuk mencapai kinerja yang diinginkan sambil meminimalkan biaya dan berat. Ini bisa melibatkan:

- a. Pemilihan material yang tepat berdasarkan sifat mekanik dan biaya.
- b. Penentuan dimensi optimal untuk mencapai kekakuan atau fleksibilitas yang diinginkan.
- c. Desain geometri untuk meminimalkan tegangan dan memperpanjang umur layanan.

Teknik seperti analisis sensitivitas dan metode optimasi numerik dapat digunakan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai parameter desain terhadap kinerja, dan untuk menemukan kombinasi optimal dari parameter tersebut.

3. Pengujian dan Validasi:

Setelah fase desain dan optimalisasi, penting untuk melakukan pengujian eksperimental untuk memvalidasi model analitis dan numerik, dan untuk memastikan bahwa pegas dan peredam memenuhi spesifikasi dan persyaratan kinerja. Pengujian ini bisa melibatkan:

- a. Uji beban statis untuk memverifikasi kekakuan dan kekuatan.
- b. Uji kelelahan untuk menilai umur layanan dan ketahanan terhadap beban siklik.
- c. Uji getaran untuk menilai respon dinamis dan efektivitas peredaman.

7.10 Pegas dan Peredam dalam Konteks Khusus

1. Pegas dan Peredam dalam Industri Otomotif

Dalam industri otomotif, pegas dan peredam adalah komponen kritis yang sangat mempengaruhi kenyamanan berkendara, handling, dan keselamatan. Pegas, biasanya dalam bentuk pegas heliks atau daun, bertugas untuk menopang berat kendaraan dan menyerap energi dari ketidakrataan permukaan jalan. Sementara itu, peredam (*shock absorbers*) bekerja untuk

mengurangi dan meredam getaran yang dihasilkan oleh pegas, memastikan bahwa ban kendaraan tetap bersentuhan dengan permukaan jalan.

Desain dan pilihan material pegas dan peredam dalam aplikasi otomotif harus memperhitungkan faktor-faktor seperti beban, kecepatan, jenis kendaraan, dan kondisi berkendara. Analisis dinamis dan pengujian ketat digunakan untuk mengoptimalkan performa dan umur layanan komponen-komponen ini.

2. Pegas dan Peredam dalam Teknologi Aerospasial

Dalam aplikasi aerospasial, pegas dan peredam digunakan dalam berbagai sistem termasuk pendaratan, kontrol aerodinamis, dan penyerapan energi. Pegas digunakan untuk menyimpan dan melepaskan energi, sementara peredam diperlukan untuk mengontrol gerakan dan mengurangi getaran. Bahan dan proses pembuatan untuk pegas dan peredam dalam aplikasi aerospasial harus memenuhi standar ketat karena konsekuensi dari kegagalan bisa sangat serius. Analisis elemen hingga, pengujian ekstensif, dan pemantauan kinerja di lapangan adalah bagian integral dari siklus hidup produk ini.

3. Pegas dan Peredam dalam Teknik Sipil

Dalam teknik sipil, pegas dan peredam memainkan peran penting dalam mitigasi dampak gempa bumi dan isolasi getaran untuk struktur bangunan dan jembatan. Sistem isolasi seismik, yang dapat mencakup peredam getaran dan isolator dasar, dirancang untuk menyerap energi gempa dan membatasi gerakan lateral struktur.

Pegas digunakan dalam beberapa aplikasi untuk menopang beban struktural, sementara peredam digunakan untuk mengurangi dan meredam osilasi yang disebabkan oleh beban dinamis seperti angin atau lalu lintas. Desain dan implementasi sistem ini memerlukan pemahaman yang mendalam tentang dinamika struktural, serta pengujian dan pemeliharaan berkala untuk memastikan kinerja yang andal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaris, L. *et al.* 2022. *Matriks & Ruang Vektor*. Batam: Cendikia Mulia Mandiri.
- Dewadi, F.M. *et al.* 2023. *Desain Penelitian Bidang Teknik*. Padang: Get Press Indonesia.
- Dixon, J.C. 2007. *The Shock Absorber Handbook*. New York: Wiley.
- Sclater, N. 2011. *Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook*. 5th edn. New York: McGraw Hill.

BAB 8

KATROL DAN TALI

Oleh Tungga Bhimadi Karya

8.1 Pengantar

Katrol merupakan kata lain dari *Alat Pengangkat beban*. Katrol dapat dioperasikan dengan tangan atau manual, dapat juga dengan mesin. Katrol mesin berukuran jauh lebih besar dari katrol tangan, meskipun sebagian dari keduanya mempunyai komponen elemen mesin yang sama. *Ciri utama katrol* adalah: ada beban yang diangkat atau diturunkan, dan ada penggerak untuk mengangkat dan menurunkan beban tersebut. *Penggerak* paling tidak terdiri 2(dua) komponen utama yaitu: Sistem Putaran Roda dan Tali atau Rantai. *Pengangkatan* dilakukan dengan sistem putaran roda, dimana pada permukaan yang tegak lurus keliling roda ditempatkan tali atau rantai. Kedua ujung tali atau rantai tersebut, diletakkan atau dikaitkan pada beban. Sedang ujung yang lain digunakan untuk penarikan atau penurunan beban. Salah satu contoh roda katrol yang kita kenal adalah sistem puli atau yang disebut juga *pulley system*.

Katrol *paling sederhana* umumnya dioperasikan dengan tangan karena hanya untuk mengangkat beban ringan. Mekanisme katrol dengan perangkat bantu sederhana bahkan digerakkan secara manual ini, sudah dilakukan pada jaman purba yang pola tindaknya dapat kita tunjukkan misalnya untuk: mengerek tiang bendera, ambil air dari sumur dengan kerekan, digunakan sebagai peralatan senam, menaikkan/menurunkan adonan dan peralatan bangunan, dan mengatur posisi layer. Dengan perjalanan waktu meskipun masih sederhana, katrol sederhana dibuat untuk mengangkat beban awalnya dengan bantuan tangan dan bantuan bidang miring. Desain kedua sistem katrol sederhana ini belum melibatkan komponen lain selain hanya sebuah komponen untuk penyangga benda. Sehingga beban pada satu sisi, berharga sama dengan beban tarik atau ulur untuk sisi yang lain.

Dalam perkembangan setelah masa Revolusi Industri Pertama, permasalahan timbul yaitu: bagaimana jika beban yang diangkat sangat berat, dimana sisi lain yang berfungsi sebagai tarikan apakah hanya mengandalkan tangan? Solusi penggunaan pulley sudah tidak lagi berlaku dan tali yang digunakan juga diganti yang berupa rantai. Sebagai pengganti pulley adalah integrasi sistem pasangan roda gigi. Perkembangan teknologi Katrol selanjutnya adalah contoh katrol sederhana yang sudah menggunakan sistem roda gigi atau *gear* dengan perbandingan gaya tarikan kecil untuk kemampuan tarikan besar.

Perkembangan material, apalagi untuk manufaktur roda gigi yang ukuran kecil, dapat dibuat pada *laboratorium ruang angkasa*. Hal ini membantu tarikan beban semakin mudah. Kombinasi katrol dan penghubungnya berupa tali yang digabungkan dengan komponen lain seperti: motor, kopling, gear box, dan beam, membentuk *Sistem Pesawat Angkat*. Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi yang disingkat dengan IPTEK, menuju komponen katrol dan tali yang hakekatnya sudah dibuat dalam bentuk dan ukuran standar untuk memudahkan pergantian komponen yang rusak.

Berikut ini, komponen katrol yang terdapat pada katrol manual, maupun yang menggunakan penggerak mesin, disebutkan antara lain yaitu: sebagai penghubung beban berupa (tali atau *rope*, seling, rantai engsel, atau rantai skalm, *bagian penahan beban* (puli, *gear*, atau roda rantai yang disebut juga *sheave*), sebagai pemegang beban (kait beban atau *hook*, komponen Pengikat dapat berupa: soket baji, atau soket mata yang disebut juga *eyeled socket*, atau pilinan tali, atau sarung mata yang disebut juga *eyeled thimble dengan yang* dilengkapi plat dan baut, jalinan yang disebut juga *braided ropes*, atau *capstan*).

8.2 Katrol Komponen Bagian Pesawat Angkat

Bahasan pada sub bab ini, fokus pada elemen mesin komponen katrol manual dan juga yang dioperasikan dengan mesin. Pembahasan komponen tambahan setelah penempatan katrol pada Sistem Pesawat Angkat tidak dibahas. Alasan utama karena katrol merupakan bagian dari sistem pesawat angkat dengan berbagai

komponen elemen mesin lain yang sudah dibahas pada bab sebelumnya. Penentuan prestasi untuk semua katrol diperhitungkan dalam berapa kapasitas yang mampu diangkat dan dipindahkan per jam.

Untuk maksud ini, setiap katrol, mempunyai 5(*lima*) *karakteristik pembeda* untuk menyatakan sebagai ciri kapasitas dari katrol tersebut yaitu: tinggi pengangkatan, berat mati peralatan katrol sendiri, *karakteristik beban* dalam hal kapasitas berat beban yang terangkat, variasi kecepatan dalam mengangkat beban, dan dimensi katrol secara keseluruhan. Karakteristik beban katrol terdiri dari yaitu: beban total terangkat, beban dalam kemasan satuan atau *unit load*, dan beban serbuk atau tumpahan yang disebut *bulk load*.

4(empat) kondisi kerja yang masing-masing mempunyai karakteristik kerja yaitu: kerja ringan dengan waktu operasi 1/3 hari satu shift suhu ruangan normal, kerja sedang dengan waktu operasi 2/3 hari satu shift suhu ruangan normal, kerja berat dengan waktu operasi 2/3 hari dua shift suhu ruangan normal, dan kerja sangat berat dengan waktu operasi satu hari penuh dalam 3(tiga) shift suhu ruangan dapat kondisi panas sampai 45 derajat Celsius.

Integrasi katrol dan Tali Katrol mempunyai makna bahwa, Katrol yang dilengkapi Tali merupakan komponen bagian dari Mesin pada Sistem Pesawat Angkat. Istilah lain untuk Pesawat Angkat adalah *Krein atau Crane*. Contoh Pesawat angkat yang menggunakan Katrol adalah: *Derek* umumnya yang terpasang pada mobil, *Over Head Crane* umumnya dipasang dekat atap gudang, *Crane Peti Kemas*, *Crane Pemindah Barang* dari Kapal, *Crane Menara* untuk membantu cor gedung tinggi, dan *Crane Penjunгат* umumnya dipasang pada Lepas Pantai karena Batang Crane dapat naik turun dan berputar untuk menjangkau semua lokasi dibawahnya.

Selain katrol, komponen lain yang melengkapi Pesawat Angkat antara lain: Beam atau Batang Penyanggah, Gear Box pengatur putaran, Motor, Kopling, Rem, dan Dudukan Mesin. Katrol yang dilengkapi Tali yang menyatu dengan komponen lain agar merupakan Sistem Pesawat Angkat yang bekerja optimal,

memerlukan keahlian untuk mendesain agar semua komponen tersebut selaras dan tidak saling mengganggu satu sama lain.

8.3 Komponen Katrol

Komponen katrol utama yang ada pada katrol manual maupun yang dioperasikan dengan mesin sebagai bahasan dalam book chapter ini, adalah:

1. **Komponen Penghubung** berupa (rantai engsel, rantai skalm, dan tali atau rope),
2. **Komponen Penahan Beban** (*sheave*, cakra atau yang disebut *rope sheave*, drum, dan puli),
3. **Komponen Pengikat Beban** dengan tali atau rantai yang disebut juga soket (misalnya: soket baji, soket mata yang disebut juga *eyeled socket*, pilinan tali, klem bull dog, sarung mata yang disebut juga *eyeled thimble* dan dilengkapi plat dan baut, tali jalinan yang disebut juga *braided ropes*, tromol gesek atau yang disebut *friction drum*, dan *capstan*),
4. **Komponen Penggantung Beban** (alat penggantung beban, kait atau hook dengan jumlah kait Tunggal-ganda-berengsel, Perlengkapan Penggantung Kait, dan Komponen yang terletak diatas Kait atau disebut Jerat Pengangkat Beban).

Uraian untuk setiap penjelasan *komponen elemen mesin katrol* adalah sebagai berikut:

A. Komponen Penghubung

1. Rantai Skalm

Rantai Skalm berasal dari kawat baja dengan luas penampang kawat baja bulat yang dipotong dengan variasi panjang untuk mengikuti diameter penampang kawat baja tersebut. Makin kecil diameter penampang maka potongan kawat makin kecil. Kawat potongan tersebut kemudian dibentuk untuk diserupakan elips meski dengan kondisi pada dua ujungnya yang berbeda. Perbedaan itu terletak kepada perlakuan ujung skalm, yaitu: kondisi kedua ujungnya dari elemen rantai, yang jika dilepas maka bentuk kedua ujung tersebut pada sisi kiri dan kanan atau sisi atas dan bawah, merupakan bentuk setengah lingkaran dengan

diameter sama.

Potongan kawat baja sebagai bagian dari Rantai Skalm yang sebelum dibentuk sesuai standar, umumnya dipilih dengan ukuran diameter minimal 5 mm sampai diameter maksimum 44 mm. Kemudian kawat baja yang dijadikan Skalm dipotong-potong pendek mulai dari ukuran terpendek, yaitu: dari 18 mm sampai ukuran panjang maksimum 125 mm. Untuk mempermudah penggunaan komponen umumnya dan rantai skalm khususnya, engineer sepakat dan kesepakatan ini yang disupport oleh industri, adalah menyediakan produk Rantai Skalm hanya dalam bentuk standar. 3(tiga) dimensi utama untuk rantai skalm adalah: lebar bagian dalam (b), diameter kawat baja (d), dan Panjang bagian dalam (L). Yang dicermati dalam standar ini, adalah *harga beban* yang tercantum dalam tabel standar untuk dapat terangkat dan yang dapat diturunkan.

Untuk tabel 8-1, harga beban sebagai kapasitas angkat, dinyatakan dalam kolom "*pembebanan kerja dalam kg*". Untuk tabel 8-2 beban kerja terdapat pada kolom "*muatan kerja dalam kg*". Standar rantai skalm ini masih berlaku sampai saat ini, meskipun mulai awal saat diberlakukan mulai sebelum tahun 1936, yang sampai sekarang masih digunakan. Kedua standar ini yang dicantumkan pada Tabel 10-1 dan tabel 10-2, berlaku untuk batasan kekuatan kawat baja 300-500 kg/mm² untuk katrol manual, dan 500-600 kg/cm² untuk katrol yang menggunakan mesin. Meskipun demikian, penggunaan rantai pendek perlu mempertimbangkan pilihan standar umumnya dua level diatas dari yang disyaratkan.

Tabel 8.1. Standarisasi untuk Rantai Skalm Mengikuti Aturan N-202

Diameter d (mm)	Rantai mata-pendek (panjang-dalam 2,5-3 d, lebar-dalam 1,2-1,5 d); tidak bersekat			Rantai mata-panjang (panjang-dalam 4-6 d, lebar-dalam 1,5-2 d); tidak bersekat		
	Baja yang kekuatan tariknya			Baja yang kekuatan tariknya		
	34-42 kg/mm ²	42-50 kg/mm ²	> 50 kg/mm ²	34-42 kg/mm ²	42-50 kg/mm ²	> 50 kg/mm ²
	tegangan bahan yang dibolehkan			tegangan bahan yang dibolehkan		
	6 kg/mm ²	7,5 kg/mm ²	9 kg/mm ²	4 kg/mm ²	5 kg/mm ²	6 kg/mm ²
muatan kerja dalam kg				muatan kerja dalam kg		
6	340	420	500	220	280	340
7	460	580	690	300	380	460
8	600	750	900	400	500	600
9	760	950	1140	500	630	760
10	940	1180	1410	630	780	940
11	1140	1420	1710	760	950	1140
12	1360	1700	2000	900	1130	1360
13	1600	1950	2300	1060	1320	1600
14	1850	2300	2700	1230	1540	1850
15	2100	2600	3100	1410	1760	2100
16	2400	3000	3600	1600	2000	2400
17	2700	3400	4000	1800	2200	2700
18	3100	3800	4500	2000	2500	3100
19	3400	4200	5100	2300	2800	3400
20	3800	4700	5600	2500	3100	3800
21	4200	5100	6200	2800	3400	4200
22	4600	5700	6800	3000	3800	4600
23	5000	6200	7400	3300	4100	5000
24	5400	6700	8100	3600	4500	5400
25	5900	7300	8800	3900	4900	5900
26	6400	7900	9500	4200	5300	6400
27	6900	8600	10300	4600	5700	6900
28	7400	9200	11000	4900	6100	7400
29	7900	9900	11800	5300	6600	7900
30	8500	10600	12700	5700	7000	8500
31	9100	11300	13500	6000	7500	9100
32	9700	12000	14400	6400	8000	9700
33	10300	12800	15400	6800	8500	10300
34	10900	13600	16300	7300	9000	10900
35	11500	14400	17300	7700	9600	11500
36	12200	15200	18300	8100	10100	12200
37	12900	16010	19300	8600	10700	12900
38	13600	17000	20300	9100	11300	13600
39	14300	17900	21400	9600	11900	14300
40	15100	18800	22600	10100	12500	15100
41	15900	19300	23700	10600	13200	15800
42	16600	20800	24900	11100	13800	16600
43	17400	21800	26000	11600	14500	17400
44	18200	22800	27200	12200	15200	18200
45	19100	23300	28600	12700	15900	19100
46	20000	24900	30000	13300	16600	20000
47	21000	26000	31000	13900	17300	21000
48	22000	27000	33000	14500	18000	22000
49	23000	28000	34000	15100	18800	23000
50	24000	29000	35000	15700	19600	24000
51	25000	30000	36000	16300	20000	25000

Dari: Devries (1953)

Tabel 8.2. Standarisasi dari Komisi Rantai Skalm Terbit Tahun 1936

PANITIA UTAMA UNTUK NORMALISASI DI NEGERI BELANDA

d = garis tengah nominal dari mata rantai (sekslem)

L = panjang dalam dari mata rantai

b = lebar dalam dari mata rantai

W = pembebanan kerja dalam kg

g = bobot terhitung untuk tiap-tiap m rantai dalam-kg (kira-kira) ²⁰

Ukuran-ukuran dalam mm

d ²⁰	L ²⁰	b	W	g ²⁰
5	18	7	235	0,52
6	21	8	339	0,79
7	22	9	451	1,1
8	24	13	603	1,4
9,5	27	16	850	2,1
11	31	15	1140	2,7
13	36	18	1592	3,8
14 [*]	39	20	1847	4,4
16	45	22	2412	5,6
17	48	24	2723	6,5
19	53	27	3402	8,2

d ²⁰	L ²⁰	b	W	g ²⁰
21	59	29	4156	10,1
22	62	31	4561	11
24	67	34	5428	13,1
25	70	35	5890	14,1
27	76	38	6870	16,3
29	81	41	7926	19,1
32	90	45	9650	23
35	98	49	11545	28
38	106	53	13609	33
41	115	57	15843	38
44	123	62	18246	44

- Bilamana tiada dimufakati apa-apa dengan fabrikasi, akan dapat ditizinkan suatu simpangan dari ukuran pada garis tengah nominal (d) dari mata rantai, seperti yang diperlihatkan di samping ini. Untuk simpangan-simpangan ukuran ke bawah, d itu boleh dihitung pada tiap-tiap bagian yang dikehendaki dari mata rantai untuk simpangan ukuran ke atas, d itu harus diukur menurut garis p-q.
- Untuk rantai yang dikerjakan atas jarak, maka untuk tiap-tiap ujung sekehendaknya dari 11 mata rantai, diukur antara tepi dalam dari mata-mata rantai ujung, hanyalah dibutuhkan simpangan ukuran ke atas. Batas di atas sekali dari simpangan ukuran ini terletak, bergantung kepada tebal rantai, antara harga-harga 0,9 dan 1,5% dari panjang yang diukur (III.); prosenan yang tepat hendaknya dimufakati dengan fabrikasi.
- Untuk bobot jenis telah diambil 7,85.

d ²⁰	Simpangan Ukuran	
	ke bawah	ke atas
5 + 25	0,5	0,5
26 + 44	1,-	1,-

Rantai Kran

Definisi: Rantai kran ialah suatu penunjukan kualitas untuk rantai-rantai, yang diperuntuk bagi mengangkat beban-beban dan maksud-maksud demikian, di mana diperlukan kestiaan sangat besar.

Pengujian: Rantai yang bergantung bebas harus tiada mempunyai puntiran. Rantai, pada pembebanan percobaan sebesar dua kali pembebanan kerja yang diberi dalam daftar, tidak boleh memperlihatkan cacah-cacah dalam las serta retak-retak dalam besi. Dalam hal ini, bagian-bagian yang rusak harus diganti oleh bagian baru dan rantai diuji sekali lagi. Pembebanan putus sekurang-kurangnya harus berjumlah dua kali pembebanan percobaan. Dalam hal bimbang maka tiga mata rantai dari rantai harus dibebani sampai putus (pada garis tengah nominal dari mata rantai lebih kecil dari 13 mm, 5 mata rantai); dalam pada itu tegangan putus sekurang-kurangnya harus 24 kg/mm², dalam hal mana rantai disipkir.

Pembebanan Kerja: pembebanan kerja yang dapat diizinkan setinggi-tingginya boleh menyebabkan suatu tegangan 6 kg/mm².

Perhatian: Sebagai kualitas kran dapat juga diberikan rantai dengan L = 2,6 d (dibulatkan) dan b = 1,25 d (dibulatkan).

Peraturan-peraturan Bahan dan Pengujian

Rantai Bersifat Biasa: Syarat-syaratnya supaya dimufakati pada pemasangan.

Rantai keran: Syarat-syarat yang dianjurkan S.M. Besi cair, kualitas 1 D menurut A.V.II—K.I.v.I-1911 (dihatilah perhatian-perhatian, di sebelah belakang) tegangan patah 34-42 kg/mm², regangan minimum 25%, regangan kali tegangan patah sekurang-kurangnya 34-38 kg/mm² tegangan minimum 20%. Untuk menentukan regangan haruslah dipakai batang-batang bundar, yang panjang ukurannya ialah 10d. Besinya setinggi-tingginya boleh mengandung: zat arang, 0,10% fosfor, 0,25% (pada besi aduk 0,10%) belerang : 0,05%, mangan 0,50%, dan Silisium 0,30%.

Suatu batang yang dilas untuk percobaan harus mempunyai pembebanan putus sekurang-kurangnya 85% dari batang yang tidak dilas.

Besinya harus kenyal dan mudah dapat ditempa dan ditumpu. Ia tak boleh berpecahan dingin maupun berpecahan merah. Penambahan las elektrik atau otogen daripada retak-retak, tidak diizinkan.

Rantai Jangkar: Bilamana rantai yang bermata rantai jenis A dipakai untuk rantai jangkar, lihat juga N 203.

Perhatian: } 1* bilamana dikehendaki rantai biasa ialah: G

pada pemasangan hendaknya diberi sebagai } 2* bilamana dikehendaki kualitas kran ialah: Kr

penunjukan dagang } 3* bilamana dikehendaki kualitas jangkar ialah: A

} 4* bilamana dikehendaki rantai yang dikerjakan atas jarak ialah: STK

PENUNJUKKAN DAGANG untuk 25 m pada rantai yang dikerjakan atas jarak dengan d = 19 mm N 202-19-STK-25

RANTAI-RANTAI BERMATA RANTAI PENDEK

ISTIMEWA DIPERUNTUKKAN BAGI RANTAI KRAN

N 202

I.L.B. 621.86

Dari: Ludolph (1953)

Untuk menjamin rantai skalm tidak mengalami keausan pada sambungan kawat baja yang di las dan diameter bengkokan kawat baja yang tidak lagi membentuk setengah

lingkaran, disarankan rantai skalm bekerja pada beban 70 persen dari yang ditentukan. Untuk lebih berlaku umum, dimana sudah mempertimbangkan faktor keamanan, dan menggunakan kekuatan material kawat baja diluar standar, maka persamaan berikut ini diberlakukan yaitu:

$$S = 2 \frac{\pi}{4} d^2 \frac{\sigma b}{K} \quad kg \quad (8.1)$$

dimana, “S” adalah beban yang dialami rantai skalm (kg), “d” adalah diameter penampang kawat baja (mm), K merupakan faktor keamanan, dan σb adalah tegangan patah dari kawat baja yang tidak sesuai standar (kg/mm²). Penggunaan material kawat baja tidak standar dari pabrik mewajibkan engineering pabrik memberikan harga patokan untuk faktor keamanan. Umumnya harga ini bervariasi yang tergantung penggunaannya.

2. Rantai Engsel

Rantai Engsel terdiri dari: plat strip baja yang: dipotong dalam ukuran relatif kecil dengan bagian kiri-kanan plat dibuat berlubang, dan plat baja dipotong segi-4 kemudian dipilin dan dibentuk sebagai penghubung adalah plat dengan kedua lubang di kedua ujungnya. Plat dirupakan silinder datar dimana lubang dari plat penghubung tersebut, dimasukkan pada bagian luar lingkaran dari silinder datar. Kemampuan meneruskan beban untuk rantai engsel jauh lebih kecil dibanding kemampuan dari rantai skalm.

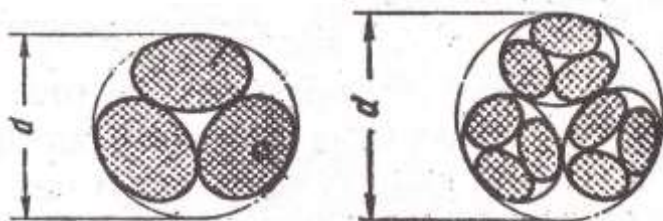
Itulah sebabnya rantai engsel jarang digunakan untuk kelengkapan katrol yang umumnya beban yang terangkat besar. Rantai engsel umum digunakan untuk pemindah beban kecil dan pemindahan dilakukan perlahan, misalnya pengaturan gear pada sepeda. Tabel 8-3 adalah tabel ukuran standar rantai engsel. Apabila pabrik yang memproduksi ukuran rantai engsel tidak standar, maka persamaan 8.1 dapat digunakan.

3. Tali atau Rope

Dua jenis tali, dari Keine Autorengaben (1970), adalah sebagai berikut:

a. Tali Non Logam

Yang termasuk Tali Non Logam disini adalah manila, plastik, dan tali rami. Kekuatan Tali Non Logam lebih banyak digunakan untuk mengangkat atau menurunkan beban dengan “dicoba-coba”. Itulah sebabnya, kapasitas angkat Tali Non Logam terbatas. Tali Non Logam metal mudah rusak dan umumnya hanya untuk pengangkatan dengan tangan. Khusus untuk menjaga agar tidak rusak pada Tali Rami, maka Tali Rami dioles dengan aspal atau ter. Tali Rami dibuat dengan pilinan dari jenis tali lain, misalnya dari: ijuk atau manila. Pilinan tersebut dapat dibuat 2(dua) macam, yaitu: pilinan dengan serat seragam, dan pilinan dengan serat dari pilinan jenis lain, gambar 8.1.



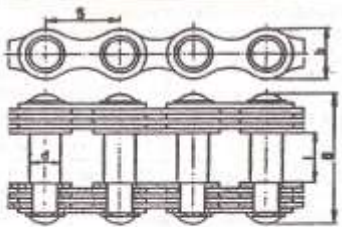
a. Pilinan dengan serat seragam, b. Pilinan dengan serat dari pilinan jenis lain

Gambar 8.1. Dua Pilinan Tali Non Logam

b. Tali Baja (Steel Wire Rope)

Tali Baja merupakan pilinan kawat baja kecil yang disebut *bendrat* yang khusus diproduksi untuk Tali Baja dengan perlakuan panas atau *heat treatment*, sehingga tali menjadi: ringan, internal stress sedikit timbul, tegangan kawat merata, fleksibel, tahan terhadap beban getaran dan fatik, penyambungan mudah, kuat, dan awet. Hal yang tidak terduga terjadi pada tali baja dan perlu diwaspadai saat penggunaan, yaitu:

Tabel 8.3. Ukuran Standar Rantai Engsel.

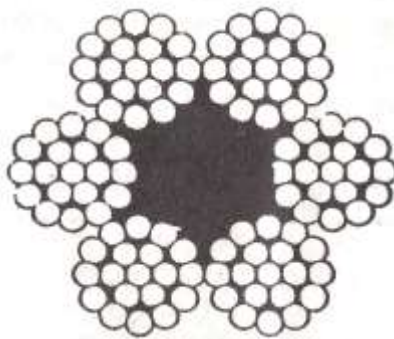


Muatan yang di- bolehkan (kg)	Jarak Sumbu s (mm)	Baut		Banyak- nya plat dari 1 (mm)	Tebal- nya plat (mm)	Lebar- nya plat b (mm)	Lebar nya rantai B ± (mm)	Berat nya 1 m (kg)
		diameter ter d (mm)	pan- jang l (mm)					
20	6	2,5	3	2	0,6	5	7	0,1
30	8	3,5	6	2	1	7	12	0,2
50	10	4	8	2	1,5	9	17	0,4
80	13	5	10	2	2	11	21	0,6
100	15	5	12	2	2	12	23	0,7
250	20	8	15	2	2	16	28	1
500	25	10	18	2	3	19	38	2
750	30	11	20	4	2	20	45	2,8
800	30	11	20	4	3	20	54	3,5
1000	35	12	22	4	2	26	50	3,8
1200	35	12	22	4	3	26	58	5
1500	40	14	25	4	2,5	30	60	5
2000	45	17	30	4	3	36	67	7,1
3000	50	22	35	6	3	38	90	11,2
4000	55	24	40	6	4	43	110	16,5
5000	60	26	45	6	4	46	118	19
6000	65	28	45	6	4,5	52	125	24
7500	70	32	50	8	4,5	52	150	32
8500	75	34	55	8	4,5	56	157	34
10000	80	36	60	8	4,5	60	165	37
12000	85	38	65	8	5,5	65	180	45
15000	90	40	70	8	5,5	70	195	56
17500	95	43	75	10	5,5	72	208	64
20000	100	46	75	10	5,5	80	208	82

Dari: Keine Autorenangaben (1970)

Beban yang terangkat berlebihan atau merupakan beban tak terduga, penggunaan drum untuk pengaturan panjang tali saat proses pengangkatan menjadi penyebab tali terdeformasi plastis sehingga selang waktu operasi kemampuan angkat berkurang, waspadai lingkungan operasional tali dalam kondisi lembab atau dioperasikan dalam air sehingga tali korosif yang umum diatas dengan pelumasan, penggunaan beban yang sangat ringan penyebab regangan antar bendrat, dan lingkungan temperatur tinggi yang menyebabkan tali rapuh. Tali ini dibentuk dengan pilinan dari serat-serat baja yang berpola.

Pola pilinan serat baja dinyatakan dengan: 2(dua) bilangan yang dipisahkan tanda 'x; atau 3(tiga) bilangan dimana tambahan satu bilangan yang dipisahkan dengan tanda "+". Satu bilangan tambahan tersebut hanya menunjukkan apakah tali baja bagian core kosong atau diisi pilinan tipe sama atau berbeda. Contoh pilinan serat baja sesuai pola dinyatakan pada gambar 8-2 dengan pola penampang wire tipe: 6 x 19 x 1, dimana angka terakhir =1 menunjukkan bahwa core wire terbuat dari fiber. Variasi pilinan serat baja memberikan tali baja dengan penamaan khusus, misalnya tali baja pilinan: regular. Parallel, standar, komposit (pilin kiri aatau pilin kanan), *ordinary wire rope*, *one size wire*, *Warrington compound rope*, *Warrington seal*, nonspinning wire rope, dan flattenend wire. Contoh penampang variasi pilinan ini terdapat pada gambar 8-3, dengan disertakan harga dimensi dan kekuatannya.



Gambar 8.2. Pola penampang wire tipe: 6 x 19 x 1

Tabel 8.4. Contoh Karakteristik Kekuatan Wire Tipe 6 x 19 x1

Diameter tali (mm)	Berat per meter (kg)	Beban patah aktual (kg)		
		140/159 (kg/mm ²)	160/179 (kg/mm ²)	180/199 (kg/mm ²)
7,9	0,20	2850	3200	3600
9,5	0,29	4100	4650	5200
10,3	0,35	4800	5450	6100
11,1	0,40	5550	6350	7100
12,6	0,52	7250	8250	9300
14,2	0,66	9200	10.500	11.700
16,6	0,90	12.500	14.200	16.000

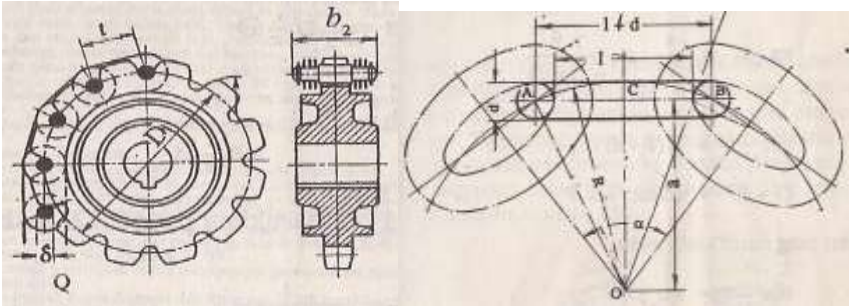
Dari: Keine Autorenangaben (1970)

B. Komponen Penahan Beban

Komponen penahan beban ini dalam arti yang sebenarnya adalah penghubung tali agar berfungsi sebagai katrol. Fungsi tersebut dilakukan oleh Komponen Penahan Beban dengan dengan menjadikan tali, dengan putaran komponen Penahan Beban, dapat menaikkan dan menurunkan beban untuk semua jenis tali seperti: Rantai Skalm, Rantai Engsel, Tali Rami maupun Tali Baja yang agar dapat digunakan, harus diletakkan sesuai dengan bentuk sarang rantai dan tali tersebut. Tali pada sarang diletakkan di bagian luar lingkaran dari komponen penghubung sesuai jenisnya.

Komponen yang disebut sebagai penahan beban yaitu: Sarang Rantai (*Pocket Sheave*) untuk tempat lilitan rantai skalm, Cakra Rantai (*Sprocket*) untuk tempat lilitan rantai engsel, c. Sarang Tali (*Rope Sheave*) untuk tempat lilitan Tali Rami maupun Tali Baja, Puli (*pulley*) dan Drum untuk tempat lilitan Tali Baja. Ilustrasi lima komponen penghubung ini dinyatakan dalam Gambar 8-4.

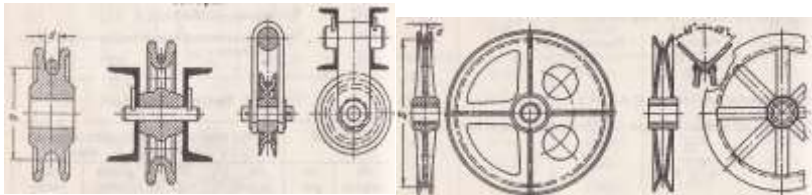
Serikat Perusahaan dan Perdagangan			Ditetapkan April 1929			Lemb. Ker. Insinyur ⁸											
Komisi Besar Untuk Normalisasi di Negeri Belanda																	
d = Girth tengah nominal dan tegangan yang dibebankan di luar			G = Berat (kg) per m. (nominal)			P = Pembebanan putus dalam 1 (dikawat silang)											
n = Total ulir			n = Tegangan putus dalam kg/cm ²														
																	
d x n = 134 ulir			d x n = 222 ulir			d x n = 306 ulir											
UKURAN UKURAN DALAM mm																	
d	G ¹	G ²	P putus m			d	G ¹	G ²	P putus m			d	G ¹	G ²	P putus m		
			130-140	150-160	170-180				130-140	150-160	170-180				130-140	150-160	170-180
8	0.6	0.18	1.8	2.36	2.93	10	0.45	0.33	4.6	5.5	6.0	19	0.5	1.31	18.2	21.2	24.0
9	0.25	0.20	2.4	2.93	3.50	11	0.5	0.40	5.1	6.55	7.4	24	0.8	1.75	23.6	26.4	31.0
10	0.25	0.25	2.9	3.48	4.05	12	0.55	0.50	5.6	7.0	8.08	25	0.9	2.01	26.4	29.0	34.0
11	0.25	0.30	3.4	4.05	4.62	13	0.55	0.55	6.0	7.4	8.5	26	1.0	2.27	27.2	30.0	35.0
12	0.25	0.40	3.9	4.62	5.19	14	0.6	0.6	6.5	7.9	9.0	27	1.1	2.53	28.0	31.0	36.0
13	0.6	0.53	4.4	5.19	5.76	15	0.6	0.6	7.0	8.4	9.5	28	1.2	2.79	28.8	32.0	37.0
14	0.9	0.64	4.9	5.76	6.33	16	0.6	0.6	7.5	8.9	10.0	29	1.3	3.05	29.6	33.0	38.0
15	1.2	0.83	5.4	6.33	6.90	17	0.6	0.6	8.0	9.4	10.5	30	1.4	3.31	30.4	34.0	39.0
16	1.2	1.00	5.9	6.90	7.47	18	0.6	0.6	8.5	9.9	11.0	31	1.5	3.57	31.2	35.0	40.0
17	1.5	1.25	6.4	7.47	8.04	19	0.6	0.6	9.0	10.4	11.5	32	1.6	3.83	32.0	36.0	41.0
18	1.5	1.45	6.9	8.04	8.61	20	0.6	0.6	9.5	10.9	12.0	33	1.7	4.09	32.8	37.0	42.0
19	1.5	1.65	7.4	8.61	9.18	21	0.6	0.6	10.0	11.4	12.5	34	1.8	4.35	33.6	38.0	43.0
20	1.5	1.85	7.9	9.18	9.75	22	1.3	1.60	10.5	11.9	13.0	35	1.9	4.61	34.4	39.0	44.0
21	1.5	2.05	8.4	9.75	10.32	23	1.3	1.60	11.0	12.4	13.5	36	2.0	4.87	35.2	40.0	45.0
22	1.5	2.25	8.9	10.32	10.89	24	1.3	1.60	11.5	12.9	14.0	37	2.1	5.13	36.0	41.0	46.0
23	1.5	2.45	9.4	10.89	11.46	25	1.3	1.60	12.0	13.4	14.5	38	2.2	5.39	36.8	42.0	47.0
24	1.5	2.65	9.9	11.46	12.03	26	1.3	1.60	12.5	13.9	15.0	39	2.3	5.65	37.6	43.0	48.0
25	1.5	2.85	10.4	12.03	12.60	27	1.3	1.60	13.0	14.4	15.5	40	2.4	5.91	38.4	44.0	49.0
26	1.5	3.05	10.9	12.60	13.17	28	1.3	1.60	13.5	14.9	16.0	41	2.5	6.17	39.2	45.0	50.0
27	1.5	3.25	11.4	13.17	13.74	29	1.3	1.60	14.0	15.4	16.5	42	2.6	6.43	40.0	46.0	51.0
28	1.5	3.45	11.9	13.74	14.31	30	1.3	1.60	14.5	15.9	17.0	43	2.7	6.69	40.8	47.0	52.0
29	1.5	3.65	12.4	14.31	14.88	31	1.3	1.60	15.0	16.4	17.5	44	2.8	6.95	41.6	48.0	53.0
30	1.5	3.85	12.9	14.88	15.45	32	1.3	1.60	15.5	16.9	18.0	45	2.9	7.21	42.4	49.0	54.0
31	1.5	4.05	13.4	15.45	16.02	33	1.3	1.60	16.0	17.4	18.5	46	3.0	7.47	43.2	50.0	55.0
32	1.5	4.25	13.9	16.02	16.59	34	1.3	1.60	16.5	17.9	19.0	47	3.1	7.73	44.0	51.0	56.0
33	1.5	4.45	14.4	16.59	17.16	35	1.3	1.60	17.0	18.4	19.5	48	3.2	7.99	44.8	52.0	57.0
34	1.5	4.65	14.9	17.16	17.73	36	1.3	1.60	17.5	18.9	20.0	49	3.3	8.25	45.6	53.0	58.0
35	1.5	4.85	15.4	17.73	18.30	37	1.3	1.60	18.0	19.4	20.5	50	3.4	8.51	46.4	54.0	59.0
36	1.5	5.05	15.9	18.30	18.87	38	1.3	1.60	18.5	19.9	21.0	51	3.5	8.77	47.2	55.0	60.0
37	1.5	5.25	16.4	18.87	19.44	39	1.3	1.60	19.0	20.4	21.5	52	3.6	9.03	48.0	56.0	61.0
38	1.5	5.45	16.9	19.44	20.01	40	1.3	1.60	19.5	20.9	22.0	53	3.7	9.29	48.8	57.0	62.0
39	1.5	5.65	17.4	20.01	20.58	41	1.3	1.60	20.0	21.4	22.5	54	3.8	9.55	49.6	58.0	63.0
40	1.5	5.85	17.9	20.58	21.15	42	1.3	1.60	20.5	21.9	23.0	55	3.9	9.81	50.4	59.0	64.0
41	1.5	6.05	18.4	21.15	21.72	43	1.3	1.60	21.0	22.4	23.5	56	4.0	10.07	51.2	60.0	65.0
42	1.5	6.25	18.9	21.72	22.29	44	1.3	1.60	21.5	22.9	24.0	57	4.1	10.33	52.0	61.0	66.0
43	1.5	6.45	19.4	22.29	22.86	45	1.3	1.60	22.0	23.4	24.5	58	4.2	10.59	52.8	62.0	67.0
44	1.5	6.65	19.9	22.86	23.43	46	1.3	1.60	22.5	23.9	25.0	59	4.3	10.85	53.6	63.0	68.0
45	1.5	6.85	20.4	23.43	24.00	47	1.3	1.60	23.0	24.4	25.5	60	4.4	11.11	54.4	64.0	69.0
46	1.5	7.05	20.9	24.00	24.57	48	1.3	1.60	23.5	24.9	26.0	61	4.5	11.37	55.2	65.0	70.0
47	1.5	7.25	21.4	24.57	25.14	49	1.3	1.60	24.0	25.4	26.5	62	4.6	11.63	56.0	66.0	71.0
48	1.5	7.45	21.9	25.14	25.71	50	1.3	1.60	24.5	25.9	27.0	63	4.7	11.89	56.8	67.0	72.0
49	1.5	7.65	22.4	25.71	26.28	51	1.3	1.60	25.0	26.4	27.5	64	4.8	12.15	57.6	68.0	73.0
50	1.5	7.85	22.9	26.28	26.85	52	1.3	1.60	25.5	26.9	28.0	65	4.9	12.41	58.4	69.0	74.0
51	1.5	8.05	23.4	26.85	27.42	53	1.3	1.60	26.0	27.4	28.5	66	5.0	12.67	59.2	70.0	75.0
52	1.5	8.25	23.9	27.42	27.99	54	1.3	1.60	26.5	27.9	29.0	67	5.1	12.93	60.0	71.0	76.0
53	1.5	8.45	24.4	27.99	28.56	55	1.3	1.60	27.0	28.4	29.5	68	5.2	13.19	60.8	72.0	77.0
54	1.5	8.65	24.9	28.56	29.13	56	1.3	1.60	27.5	28.9	30.0	69	5.3	13.45	61.6	73.0	78.0
55	1.5	8.85	25.4	29.13	29.70	57	1.3	1.60	28.0	29.4	30.5	70	5.4	13.71	62.4	74.0	79.0
56	1.5	9.05	25.9	29.70	30.27	58	1.3	1.60	28.5	29.9	31.0	71	5.5	13.97	63.2	75.0	80.0
57	1.5	9.25	26.4	30.27	30.84	59	1.3	1.60	29.0	30.4	31.5	72	5.6	14.23	64.0	76.0	81.0
58	1.5	9.45	26.9	30.84	31.41	60	1.3	1.60	29.5	30.9	32.0	73	5.7	14.49	64.8	77.0	82.0
59	1.5	9.65	27.4	31.41	31.98	61	1.3	1.60	30.0	31.4	32.5	74	5.8	14.75	65.6	78.0	83.0
60	1.5	9.85	27.9	31.98	32.55	62	1.3	1.60	30.5	31.9	33.0	75	5.9	15.01	66.4	79.0	84.0
61	1.5	10.05	28.4	32.55	33.12	63	1.3	1.60	31.0	32.4	33.5	76	6.0	15.27	67.2	80.0	85.0
62	1.5	10.25	28.9	33.12	33.69	64	1.3	1.60	31.5	32.9	34.0	77	6.1	15.53	68.0	81.0	86.0
63	1.5	10.45	29.4	33.69	34.26	65	1.3	1.60	32.0	33.4	34.5	78	6.2	15.79	68.8	82.0	87.0
64	1.5	10.65	29.9	34.26	34.83	66	1.3	1.60	32.5	33.9	35.0	79	6.3	16.05	69.6	83.0	88.0
65	1.5	10.85	30.4	34.83	35.40	67	1.3	1.60	33.0	34.4	35.5	80	6.4	16.31	70.4	84.0	89.0
66	1.5	11.05	30.9	35.40	35.97	68	1.3	1.60	33.5	34.9	36.0	81	6.5	16.57	71.2	85.0	90.0
67	1.5	11.25	31.4	35.97	36.54	69	1.3	1.60	34.0	35.4	36.5	82	6.6	16.83	72.0	86.0	91.0
68	1.5	11.45	31.9	36.54	37.11	70	1.3	1.60	34.5	35.9	37.0	83	6.7	17.09	72.8	87.0	92.0
69	1.5	11.65	32.4	37.11	37.68	71	1.3	1.60	35.0	36.4	37.5	84	6.8	17.35	73.6	88.0	93.0
70	1.5	11.85	32.9	37.68	38.25	72	1.3	1.60	35.5	36.9	38.0	85	6.9	17.61	74.4	89.0	94.0
71	1.5	12.05	33.4	38.25	38.82	73	1.3	1.60	36.0	37.4	38.5	86	7.0	17.87	75.2	90.0	95.0
72	1.5	12.25	33.9	38.82	39.39	74	1.3	1.60	36.5	37.9	39.0	87	7.1	18.13	76.0	91.0	96.0
73	1.5	12.45	34.4	39.39	39.96	75	1.3	1.60	37.0	38.4	39.5	88	7.2	18.39	76.8	92.0	97.0
74	1.5	12.65	34.9	39.96	40.53	76	1.3	1.60	37.5	38.9	40.0	89	7.3	18.65	77.6	93.0	98.0
75	1.5	12.85	35.4	40.53	41.10	77	1.3	1.60	38.0	39.4	40.5	90	7.4	18.91	78.4	94.0	99.0
76	1.5	13.05	35.9	41.10	41.67	78	1.3	1.60	38.5	39.9	41.0	91	7.5	19.17	79.2	95.0	100.0
77	1.5	13.25	36.4	41.67	42.24	79	1.3	1.60	39.0	40.4	41.5	92	7.6	19.43	80.0	96.0	101.0



Rantai skalm dalam sarangnya

Rantai Engsel pada Sprocket

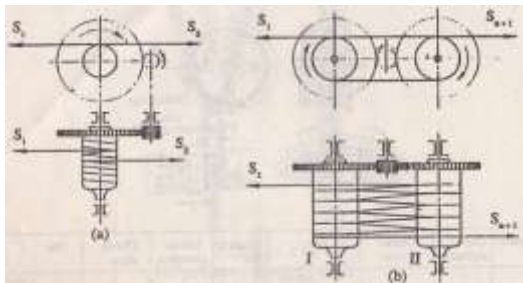
a. Sarang Rantai (Pocket Sheave)



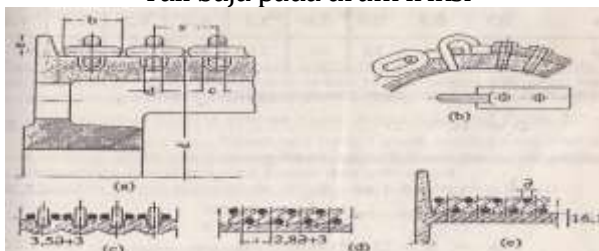
Melilit pada Cakra Kompensasi

Melilit pada Cakra Puli

b. Sarang Tali (Rope Sheave)

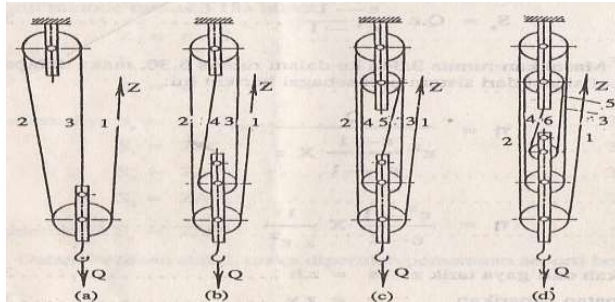


Tali baja pada drum friksi

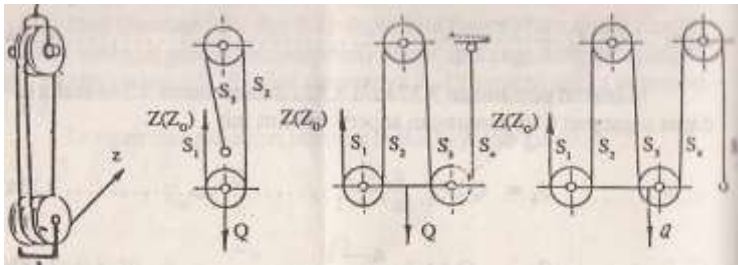


Drum dililit rantai skalm

c. Drum



Tali penarik dari arah Puli tetap



Tali penarik dari arah Puli bergerak

d. Sistem Puli (Pulley Systems)

Gambar 8.4. Komponen Penahan Beban, Syamsir A. Muin (1990)

1. Sarang Rantai (Pocket Sheave)

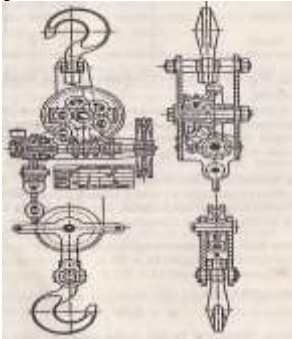
Sarang rantai umumnya difungsikan sebagai *katrol tangan* dengan dilengkapi komponen lain, *Katrol tangan* portable ini, dapat dijinjing menuju beban yang akan diangkat, sesuai kapasitas, yaitu:

a. Katrol kapasitas 75 kg

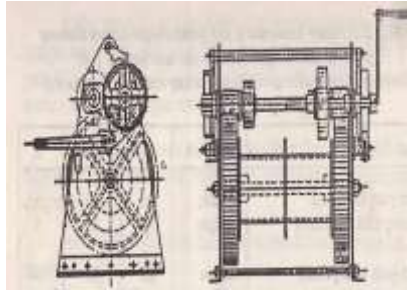
Katrol kapasitas ini dilengkapi dengan komponen antara lain: ongel pemutar, disatukan pada poros, yang terdapat juga pasangan roda gigi, dan ditumpu pada struktur penyangga. Apabila akan difungsikan maka karol tangan ini diletakkan pada meja yang kokoh.

b. Katrol kapasitas 125 kg

Katrol tangan dengan kapasitas ini dilengkapi sepasang kait, dimana satu kait untuk mengangkat dan kait berikutnya dikalungkan pada beam melintang sebagai penahan.



Katrol dengan sepasang kait



Katrol kapasitas 75 kg

Gambar 8.5. Dua Contoh Katrol Tangan, Syamsir A. Muin (1990)

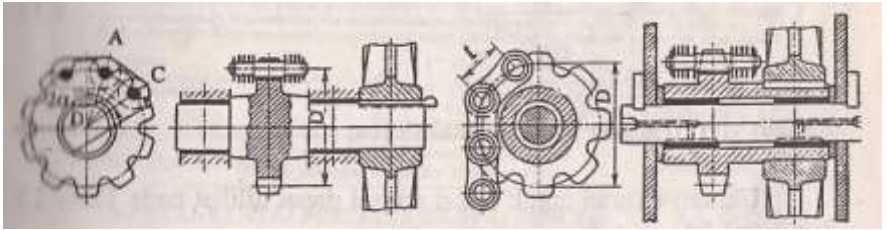
2.Cakra Rantai (Sprocket)

Kapasitas angkut Cakra Rantai ini dapat mencapai 1 ton. Pada bagian lubang dalam Cakra dimana bagian luar tempat lilitan rantai engsel, dipasang bearing yang sudah direkatkan dengan poros sesuai *persyaratan dalam suaian*. Sebelah cakra ditempatkan puli Tali Baja dengan salah satu ujungnya ditempelkan permanen dengan Puli. Ujung yang lain didesain yang memungkinkan untuk mengangkat barang tanpa pemasangan bearing tetapi dengan penempatan pasak.

Dua kondisi penempatan tumpuan untuk menjadikan Cakra dengan lilitan rantai dan puli sebagai komponen Kait, yaitu:

1. Kait dengan tumpuan ditempatkan pada kedua ujung poros,
2. Kait dengan tumpuan diletakkan pada sisi kiri Cakra dan sisi kiri Puli atau penempatan sebaliknya.

Kondisi penempatan tumpuan yang terakhir ini (b), memberikan kapasitas angkut 1 ton. Kondisi lainnya sesuai kait-b, dapat didesain dengan kapasitas lebih.



Tumpuan diletakkan sisi kiri Cakra dan sisi kiri Puli tumpuan ditempatkan pada kedua ujung poros

Gambar 8.6. Dua Contoh Katrol dengan Rantai Engsel, Syamsir A. Muin (1990)

3. Sarang Tali (Rope Sheave)

Sarang Tali yang umumnya untuk penempatan Tali Baja, merupakan bagian dari komponen katrol yang dapat dikembangkan sebagai komponen yang dipentingkan atau utama katrol, dengan kapasitas angkat tak terbatas. Tak terbatas disini artinya, adalah keterbatasan kemampuan angkat hanya tergantung dari hasil desainnya. Kita sering melihat katrol raksasa dan katrol tersebut terpasang dalam ketinggian. Komponen utamanya adalah Sarang Tali dengan lilitan Tali Baja. Penggunaan Salang Tali agar dapat bertahan lama, penampang penempatan Tali Baja harus dengan bentuk penampang dan dimensi khusus.

Dimensi khusus ini dimunculkan untuk penyebutan istilah antara lain: sudut laluan (*flee angle*) dengan notasi " α " yaitu sudut belokan tali baja pada sarang tali, sudut alur tali (*rope run-off angle*) dengan notasi " β ". Dimensi lain umumnya distandarkan dengan harga tertentu mengikuti Tabel 8.5.

Tabel 8.5. Ukuran Standar Sarang Tali Baja berbentuk Cakra, Robert S. Young



Diameter tali (d)	a	b	c	e	h	i	r	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
4,8	22	15	5	0,5	12,5	8	4,0	2,5	2,0	8	6
6,2	22	15	5	0,5	12,5	8	4,0	2,5	2,0	8	6
8,7	28	20	6	1,0	15,0	8	5,0	3,0	2,5	9	6
11,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
13,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
15,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
19,5	55	40	10	1,5	30,9	15	12,0	5,0	5,0	17	10
21,0	65	50	10	1,5	37,5	18	14,5	5,0	5,0	20	15
28,0	80	60	12	2,0	45,0	20	17,0	6,0	7,0	25	15
34,5	90	70	15	2,0	55,0	22	20,0	7,0	8,0	28	20
39,0	110	85	18	2,0	65,0	22	25,0	9,0	10,0	40	30

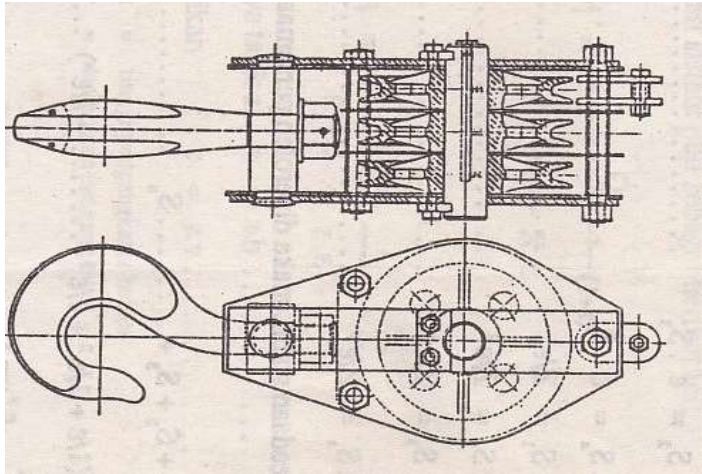
4. **Drum**

Material untuk pembuatan drum disesuaikan dengan kapasitas beban. Untuk beban yang besar dengan diameter Tali Baja besar, drum umumnya dibuat dari besi cor. Panjang drum disesuaikan dengan tinggi-rendah angkatan beban. Operasional drum dipergunakan untuk menggulung, dengan permukaan silinder sesuai penggunaan untuk yaitu: Rantai Engsel, Rantai Skalm, Tali Baja, atau Tali Rami. Perbedaan bentuk drum terletak pada permukaan silindernya yang disesuaikan dengan kontur jenis lilitannya, cermati gambar 8-4C.

5. **Sistem Puli (*Pulley Systems*)**

Sistem Puli merupakan sekumpulan Cakra atau *Sheave* dengan alur tempat tali atau *Groove* yang disusun sedemikian hingga menghasilkan pada ujung tali dikaitkan dengan beban yang akan diangkat, sampai pada ujung tali yang lain beban menjadi ringan. Komposisi serta pola lilitan tali dibedakan dari tinjauan fungsi Tali Baja dimana beban ditempatkan: dari puli tetap, atau dari puli bergerak. Penggunaan sistem puli memperhatikan kondisi dari sisi yang menguntungkan dalam tinjauan untuk gaya dan kecepatan. Ujung Tali Baja lokasi

tempat pembebanan, umumnya dilengkapi dengan komponen lain seperti: kait, plat penyatu, poros, dan bearing, Gambar 8-7.



Gambar 8.7. Kelengkapan Puli untuk Mengangkat Beban, Syamsir A. Muin (1990)

C. Komponen pengikat beban (Soket)

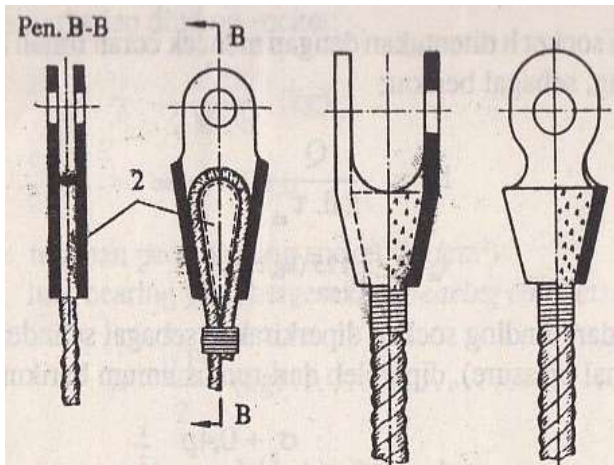
Beban atau barang sebelum terangkat dapat dipastikan sudah terikat oleh ujung Tali Baja misalnya, dengan aman. Pengikatan ini menjadikan ujung Tali Baja dibentuk sedemikian, sehingga memudahkan pengikatan dengan barang yang akan diangkat. Berikut ini, 8(delapan) variasi komponen dalam hal ini ujung Tali Baja sebagai komponen pengikat beban, atau disebut soket.

1. Soket Baji

Baji atau *lug* merupakan bentukan khusus, contoh Gambar 8-8. Baji umumnya dibuat dari baja carbon tinggi yang dilakukan dengan proses galvanis. Cara memasang ujung tali pada Baji, yaitu, masukkan ujung tali dari bawah kemudian Tali dilipat sepanjang dudukan Baji, kemudian dililitkan pada bagian tali yang lain dan dijepit. Sehingga hasil jepitan adalah tonjolan yang apabila Baji menerima beban maka benjolan hasil jepitan tali akan tertekan, Gambar 8-9. Baji



Gambar 8.8. Soket Baji Machining Part



Gambar 8.9. Pemasangan Tali pada Baji

2. Soket Mata (*eyeled socket*)

Soket jenis ini disebut soket mata karena hasil ikatannya sepintas seperti gambaran sebuah mata terjungkir. Sebelum membuat soket mata, disiapkan guntingan plat kemudian ditekuk mengikuti diameter Tali Baja sebagai landasan. Sebelum bagian atas diikat, dimasukkan kait, gambar 8-10a.

3. Pilinan Tali

Hasil Soket ini bervariasi tergantung kepada pilinan dan komponen tambahan yang disatukan. Gambar 8-10b menjelaskan pembuatan Pilinan Tali untuk kemudian digunakan dengan bantuan komponen lain.

4. Klem Bull Dog

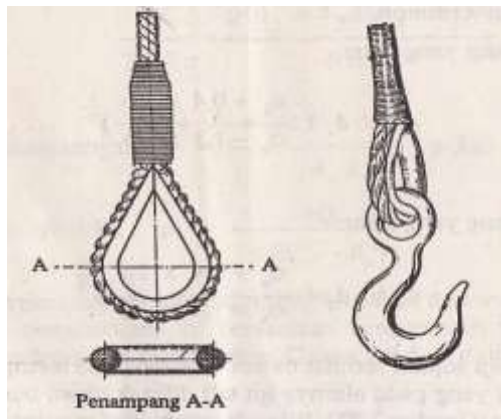
Bentuk dasar Soket ini sama dengan Soket Mata, disebut Klem Bull Dog karena untuk penguatan Soket perlu bagian di atas soket mata ditambahkan jepitan, dapat 2(dua) atau 3(tiga) buah, Gambar 8-10c. Gambar pada kiri atas adalah bentuk klemnya.

5. Sarung Mata (*eyeled thimble*) yang dilengkapi plat dan baut

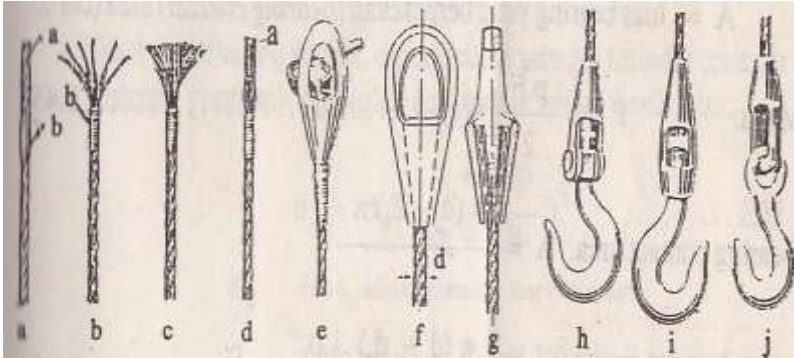
Eyeled thimble tidak dilengkapi dengan kait. Sebagai gantinya adalah tambahan komponen yang bernama thimble. Bentuk dan konstruksi komponen dinyatakan pada Gambar 8-10d.

6. Tali Jalinan (*braided ropes*)

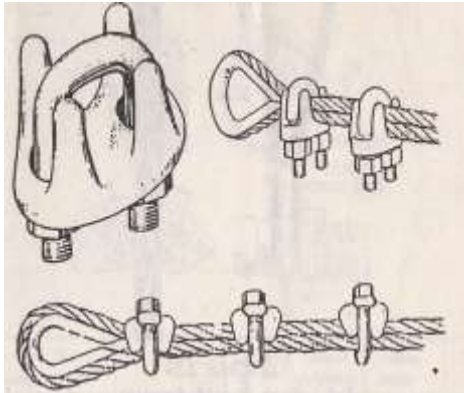
Hasil Soket seperti Soket Mata, tetapi tanpa sandaran plat dan tanpa tambahan kait. Umumnya pilinan dipilih untuk Tali baja diameter kecil. Fungsi utama adalah untuk pengangkatan beban ringan dan kondisi beban hanya diikat, Gambar 8-10e.



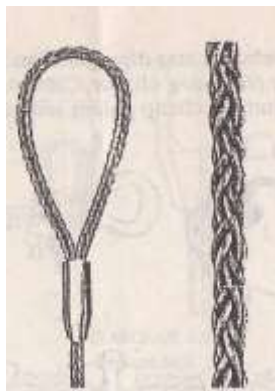
Gambar 8.10a. Soket Mata (*eyeled socket*)



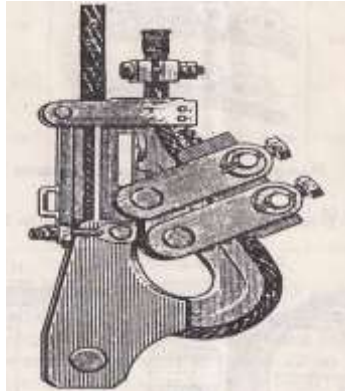
Gambar 8.10b. Pilinan/Pengikatan Tali



Gambar 8.10c. Klem Bull Dog



Gambar 8.10d .Tali Jalinan (*braided ropes*)



Gambar 8.10e. Sarung Mata-Plat-Baut (*eyeled thimble*)
Gambar 8.10. Alat Penggantung Beban, United Ropeworks (1970)

D. Komponen Penggantung Beban

Alat Penggantung Beban dikelompokkan menjadi 3(tiga) bagian yaitu: kait untuk suspense dan penggantung, perlengkapan penggantung yang berada di atas Kait atau Hook, dan komponen pemegang Kait yang dihubungkan dengan tumpuan di atas posisi kait. Ketiga kelompok tersebut masih membutuhkan pijakan atau tumpuan yang berada di atas Komponen Penggantung Beban, agar dapat digunakan. Berikut ini adalah 5(lima) contoh Komponen Penggantung dan Suspense (penekanan pada) Beban.

1. Kait untuk Penggantung dan Suspense

Kait atau *hook* yang dipasangkan di bawah Tali Baja mempunyai 2(dua) kondisi, yaitu: menggantung dan suspense (dengan kait yang berbentuk variasi dalam kondisi Tali Baja tegang tanpa Hook). Kait yang menggantung mempunyai desain khusus dengan lekukan kait sesuai jumlahnya, yaitu kait dengan lekukan: Tunggal, ganda, dan 3(tiga) engsel. Yang penting harus diperhatikan agar mendapatkan kemudahan dalam operasional pengangkatan adalah pemilihan Tali Baja dengan harga diameter diupayakan seminimum mungkin selisihnya dengan diameter lekukan kait.

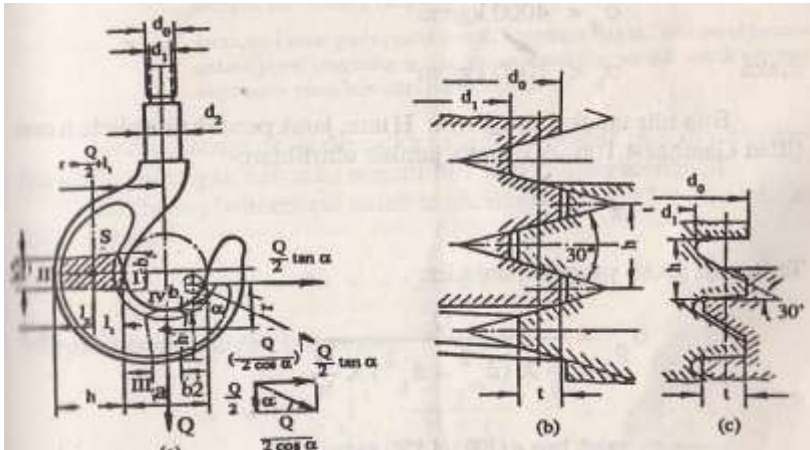
a. Kait Lekukan Tunggal

Semua kait umumnya sudah dibuatkan secara manufaktur dalam bentuk standar. Meskipun demikian dalam hal, pengertian mengetahui lokasi tegangan kritis kait perlu

dicermati. **Tiga lokasi kritis** Kait Tunggal umumnya terjadi, yaitu pada penampang:

- 1) Sisi kiri Kait Tunggal,
Kritis terhadap kondisi beban bending maksimum yang menyebabkan tegangan normal, akibat jarak antara lokasi dengan pusat Tali Baja untuk beban umumnya ke bawah menjadi paling panjang.
- 2) Sisi bawah Kait Tunggal,
Kritis terhadap kondisi beban gaya lintang sebesar berat beban yang menyebabkan tegangan geser.
- 3) Sisi kanan Kait Tunggal,
Menyatakan bahwa kritis terhadap kondisi beban kombinasi antara, bending dari jarak berat yang diangkat terhadap pusat lingkaran Tali Baja, dan beban vertical arah kekanan sebagai gaya lintang. Meskipun berupa beban kombinasi, tetapi harga kedua beban tersebut relatif kecil. Itulah sebabnya ujung Kait Tunggal dapat dibuat kecil.

Kapasitas angkut Kait Tunggal sesuai yang ada minimal 250 kg sampai maksimum 10.000 kg atau maksimum 10 ton. Kapasitas ini terhubung dengan kemampuan Tali Baja yang ada. Untuk kait lekukan tunggal, lokasi tegangan kritis Kait Tunggal ditunjukkan sesuai Gambar 8-11. Produk kait Tunggal sudah terdapat dipasaran dalam bentuk standar dengan parameter-parameter baku, sesuai Tabel 8-6.



Gambar 8.11. Lokasi Tegangan Kritis Kait Tunggal, Syamsir A. Muin (1990)

Tabel 8.6. Standar Dengan Parameter-Parameter Baku Kait Tunggal

Kapasitas angkat Q (ton)	Luas penampang kritis A (cm ²)	Jarak antara garis pusat dan sisi dalam Penampang s ₁ (mm)	Jari-jari radius kait	Radius of hook curvature r, cm	Area resistance		Faktor $X = 2 \left(\frac{r}{s_1} - f_1 \right)$	Jarak antara garis tali dan garis pusat penampang $\frac{p \times}{Y = \frac{r}{1 + X}}$	Jarak antara garis tali dan sisi dalam penampang: $s_2 = s_1 - Y$
					f_1	f_2			
0.25	344	1.13	1.5	2.63	0.138	0.278	0.081	0.196	0.934
0.5	537	1.56	2.0	3.56	0.227	0.488	0.089	0.292	1.268
1.0	1026	1.98	2.5	4.48	0.437	0.919	0.094	0.384	1.596
1.5	1752	2.63	3.0	5.63	0.760	1.578	0.0915	0.481	2.149
2.0	287	3.30	3.5	6.80	1.381	2.800	0.098	0.610	2.690
3.0	41.1	3.96	4.0	7.96	1.690	3.970	0.110	0.787	3.173
5.0	58.0	4.61	4.75	9.36	2.930	5.720	0.0961	0.820	3.790
7.5	77.8	5.40	5.5	10.90	3.551	7.730	0.108	1.060	4.340
10.0	104.0	6.28	6.5	12.78	4.250	10.500	0.120	1.185	5.095

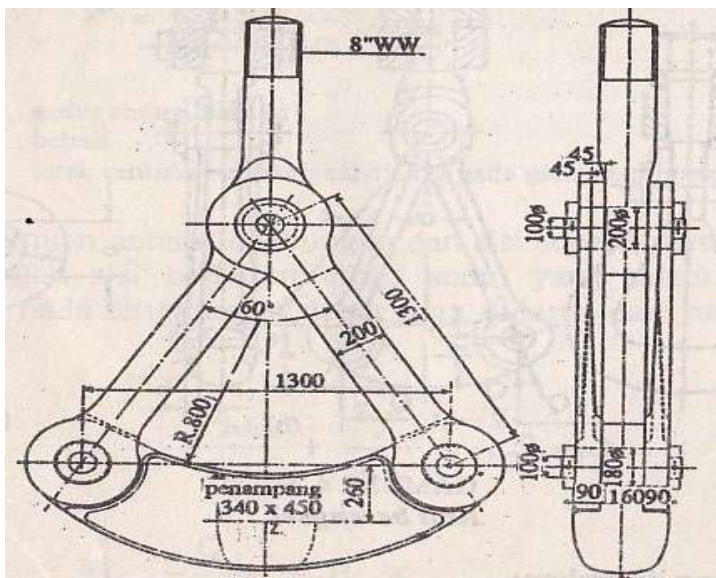
b. Kait Lekukan Ganda

Kait Lekukan Ganda digunakan manakala dibutuhkan untuk mengangkat dua beban sekaligus baik dengan berat sama ataupun berbeda. Tali Baja penghubung tidak dapat terpasang tegak melainkan miring sesuai dimensi benda yang terikat. Secara teori diupayakan, Penampang Kait Ganda didesain dengan asumsi untuk dapat menerima beban yang menghasilkan tegangan penampang kurang lebih sama. Bagian bawah sepanjang kait ini semuanya merupakan

daerah kritis. Lokasi daerah kritis yang bagian mana tergantung komposisi beban. Standar Kait Ganda sesuai yang diproduksi mengikuti standar Kait Tunggal dalam hal dimensi dan kekuatan angkat, yang digandengkan. Dalam hal untuk mengangkat dua beban yang berbeda harganya, perlu dilakukan perhitungan beban dinamik berupa benturan.

c. Kait Berengsel

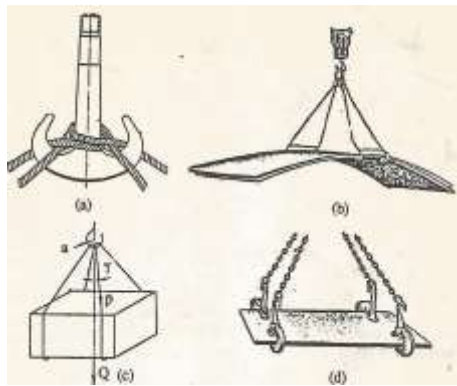
Banyak engsel yang terdesain adalah kait dengan satu dan tiga engsel. Kait ini khusus untuk pengangkatan beban, selain getaran juga dengan resiko ayunan, terutama untuk angkatan pada ruang terbuka dan menerima gangguan angin. Standar dimensi kait ini tidak terdapat dipasaran, mengingat merupakan kait dengan desain khusus dan, untuk mengangkat beban berat tertentu. sesuai penggunaan yang sering dilakukan Perusahaan. Contoh kait dengan engsel-3 dicantumkan pada Gambar 8-12.



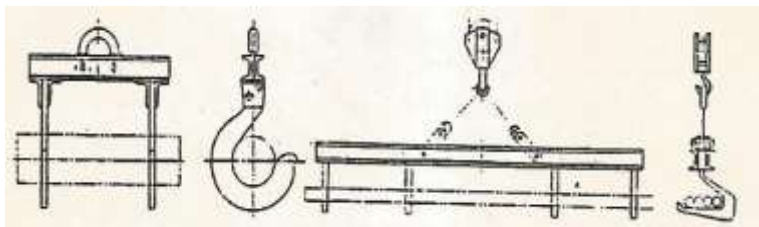
Gambar 8.12. Kait dengan engsel-1 dan kait engsel-3

2. Perlengkapan Penggantung Kait

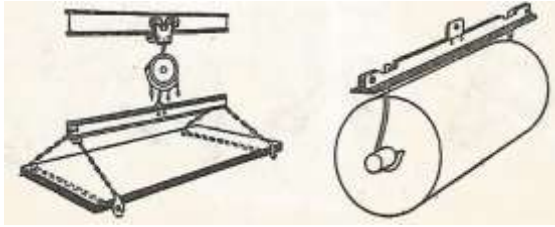
Perlengkapan penggantung yang berada diatas Kait atau Hook ini, mengikuti Denis Peshevski (2020), adalah komponen tambahan yang dipasang di atas kait untuk memperkuat kait dalam mengangkat beban. Contoh komponen tersebut adalah perlakuan terhadap beban, yaitu beban digantungkan: pada empat posisi Tali Baja sesuai Gambar 8-13a, dengan bantuan batang yang menyatu dengan Tali Baja sesuai Gambar 8-13b, perlakuan beban yang digantungkan dengan bantuan komponen penggantung sesuai Gambar 8-13c, menggantung dengan bantuan alat penahan beban sesuai Gambar 8-13d, dilengkapi keranjang untuk buang samping sesuai Gambar 10-13e, dilengkapi keranjang untuk buang beban ke bawah sesuai Gambar 8-13e, dilengkapi penjepit sesuai Gambar 8-13f, dilengkapi alat bantu pemegang plat sesuai Gambar 8-13g, dilengkapi alat perletakan barang, Gambar 8-13h, dan dilengkapi alat Pencengkeram Beban, Gambar 8-13i.



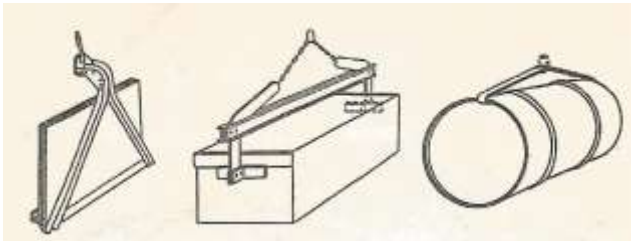
Gambar 8.13a. Empat Posisi Tali Baja



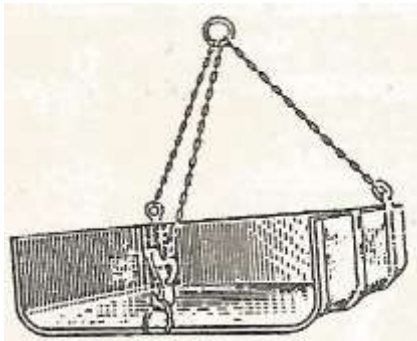
Gambar 8.13b. Batang yang menyatu dengan Tali Baja



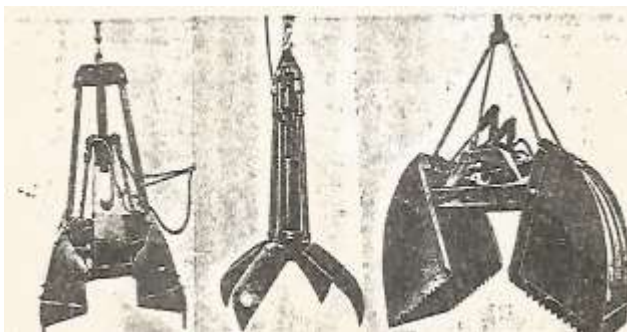
Gambar 8.13c. Bantuan Komponen Penggantung



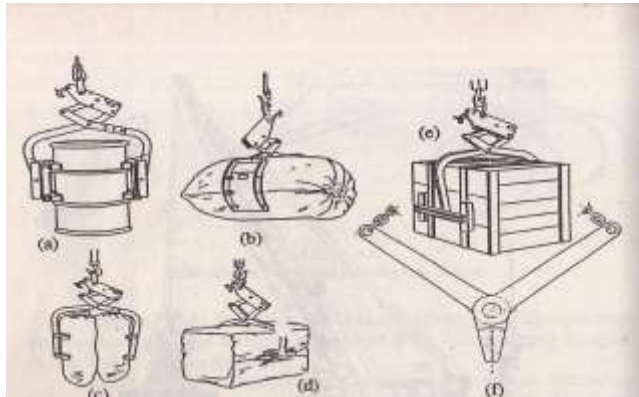
Gambar 813d. Alat Penahan Beban



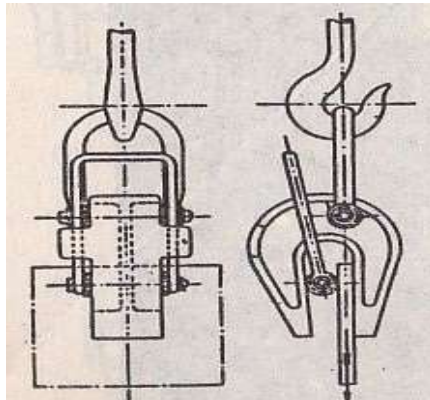
Gambar 8.13e. Keranjang Buang Samping



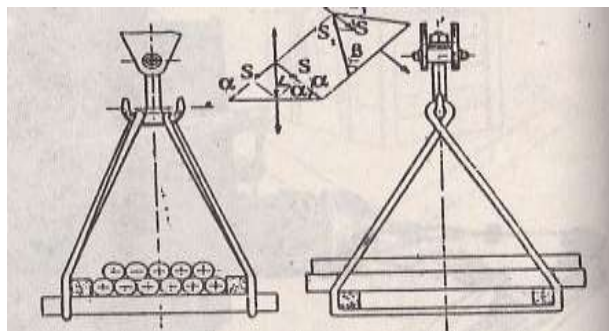
Gambar 8.13f. Keranjang Buang Beban ke Bawah



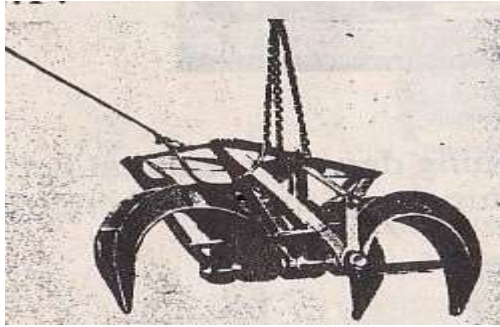
Gambar 8.13g. Dilengkapi Penjepit



Gambar 8.13h. Alat Bantu Pemegang Plat



Gambar 8.13h. Alat Perletakan Barang

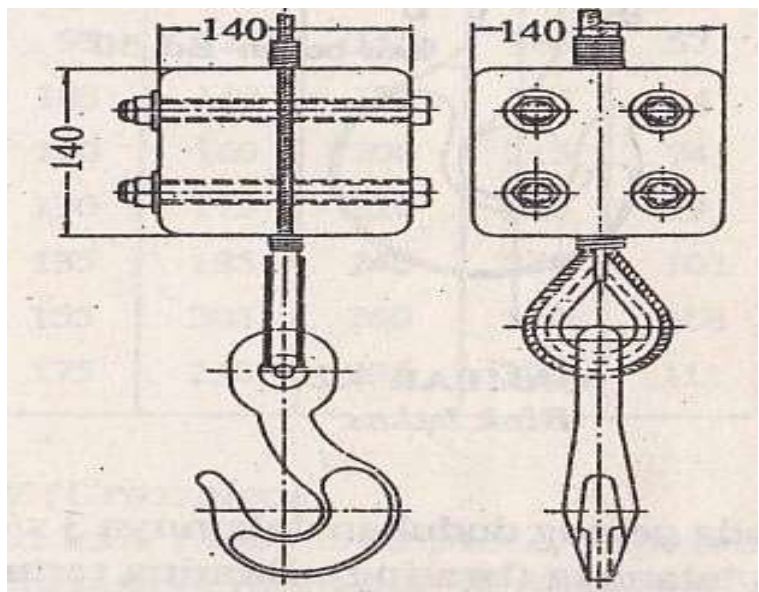


Gambar 8.14i. Alat Cengkeram beban

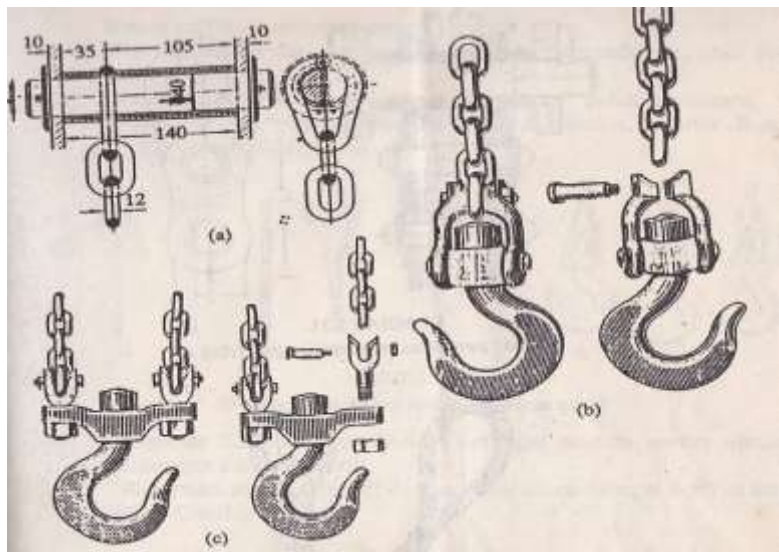
Gambar 8.13. Perlengkapan Penggantung Kait, Denis Peshevski (2020)

3. Jerat Pengangkat Beban

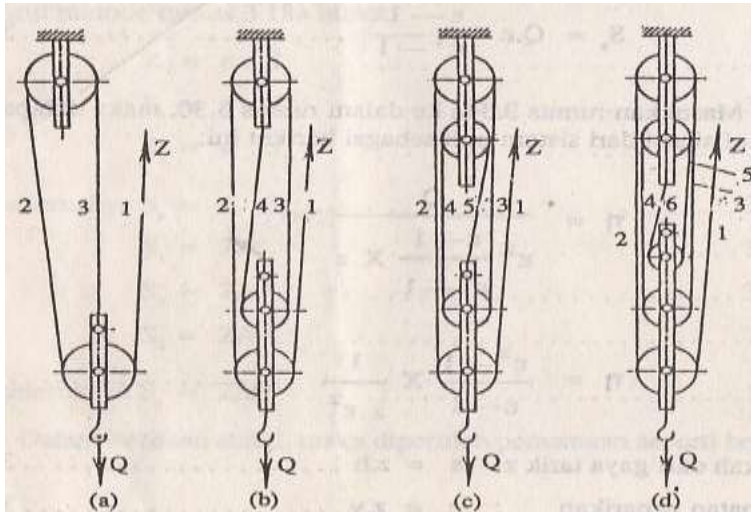
Jerat Pengangkat Beban selalu diletakkan diatas kait atau Komponen Pemegang Beban yang lain. Komponen ini sengaja ditambahkan untuk memperkuat kait terhadap gangguan, misal goyangan sewaktu beban diangkat dan dipindahkan, atau untuk menambah kekakuan kait kait itu sendiri. Berikut ini adalah contoh Komponen Pemegang Beban sebagai berikut: dengan *Per Penggantung Kait* sebagai pencegah gesekan dan beban hantakan meskipun penggunaannya untuk beban ringan (kurang dari 1 ton) sesuai Gambar 8-14a, dengan *bantalan luncur* atau bantalan peluru atau Ball Thrust Bearing dengan angkatan sampai 75ton dan tabel harga ukuran produk standar komponen ini, dengan gantungan dari Rantai Skalm atau Rantai Engsel seperti Gambar 8-14b, dengan desain *Gantungan Kait* dimana pada gantungan ditempatkan Cakra umumnya sampai 4(empat) buah, dibuatkan sebagai *Pasangan Mur-Baut* dengan mur dari lengan kait sesuai, dan Gantungan dengan Sistem Puli, sesuai Gambar 8-14c.



Gambar 8.14a. Gantungan Dilengkapi Per



Gambar 8.14b. Gantungan dengan Rantai Skalm dan Engtsel



Gambar 8.14c. Gantungan dengan Sistem Puli

Gambar 8.14. Contoh Gantungan Atau Jerat Pengangkat Beban, Syamsir A. Muin (1990)

Integrasi katrol dan Tali Katrol mempunyai makna bahwa, Katrol yang dilengkapi Tali merupakan komponen bagian dari Mesin pada Sistem Pesawat Angkat. Istilah lain untuk Pesawat Angkat adalah Krein *atau* Crane. Contoh Pesawat angkat yang menggunakan Katrol adalah: *Derek* umumnya yang terpasang pada mobil, *Over Head Crane* umumnya dipasang dekat atap gudang, *Crane Peti Kemas*, *Crane Pemindah Barang* dari Kapal, *Crane Menara* untuk membantu cor gedung tinggi, dan Crane Penjunjat umumnya dipasang pada Lepas Pantai karena Batang Crane dapat naik turun dan berputar untuk menjangkau semua lokasi dibawahnya.

Selain katrol, komponen lain yang melengkapi Pesawat Angkat antara lain: Beam atau Batang Penyanggah, Gear Box pengatur putaran, Motor, Kopling, Rem, dan Dudukan Mesin. Katrol yang dilengkapi Tali yang menyatu dengan komponen lain agar merupakan Sistem Pesawat Angkat yang bekerja optimal, memerlukan keahlian untuk mendesain agar semua kompponen tersebut selaras dan tidak saling mengganggu satu sama lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Autorenangaben, K. 1970. United Ropeworks. Rotterdam. Penerbit NV. Vereenigde Touwfabrieken
- Devries, J. E. 1953. Beknopt Leerboek der Hijswerktuigen. Penerbit NV De Technische Uitgeverij. Stam Harlem
- Lodolph, G. L. 1953. Technisch Vademecum Werkatuigboukunde. Penerbit NV De Technische Uitgeverij. Stam Harlem
- Muin, S. A. 1990. Pesawat Pesawat Angkat. Jakarta. Penerbit Rajawali Pers
- Peshevki, D. 2010. The International Rigging and Lifting Handbook. Aberdeen. Penerbit North Sea Lifting.

BAB 9

TOLERANSI DAN KEAKURATAN

Oleh Shanti Kumbarasari

9.1 Pendahuluan

Didalam dunia manufaktur gambar teknik merupakan sebuah media komunikasi antara desainer dan pelaksana produksi agar mencapai performa produk yang sesuai dengan kebutuhan *customer*. (Giesecke, 2001) Gambar teknik mencakup garis, simbol serta tulisan sesuai standar tertentu (G.T. Sato, 2013). Pada gambar teknik dapat menampilkan kualitas performa produk serta pemilihan proses pengerjaan permesinan yang akan dilakukan oleh pelaksana produksi. (J. Santoso, 2013)

Gambar teknik merupakan pedoman dasar untuk beberapa tahapan proses permesinan yang mencakup persiapan material, pemilihan metode pengerjaan material, proses permesinan dan kontrol kualitas produk yang sudah ditetapkan (Purwanto, 2002). Untuk pembuatan produk secara massal dengan standar kualitas tertentu dari sisi material, geometri secara konsisten, terdapat beberapa penyimpangan dari ukuran material saat persiapan material sampai pada proses kontrol kualitas produk sehingga dibutuhkan batasan penyimpangan maksimal dan minimal dengan rentang batas nilai tertentu dan sudah ditetapkan.

Dalam proses pengukuran produk manufaktur yang perlu dipertimbangkan adalah akurasi, presisi dan toleransi produk yang dihasilkan. Keakurasian menunjukkan ketepatan dimensi elemen mesin terhadap desain tanpa kesalahan dan mempengaruhi fungsi mekanis, kepresisian merupakan ukuran elemen mesin yang diproduksi secara massal mempunyai nilai dimensi yang konsisten serta toleransi adalah penyimpangan dari hasil pengukuran elemen mesin yang didapatkan dari proses permesinan.

Apabila pengerjaan elemen-elemen mesin sudah selesai maka langkah selanjutnya adalah perakitan menjadi satu susunan benda kerja. Untuk penyusunan benda kerja lebih efisien maka

menggunakan standar ISO (*International Organization for Standardization*) dimana ISO merupakan badan organisasi internasional yang mengatur serta mengesahkan ukuran-ukuran standar yang diakui secara internasional(Juhana, 2012)

Penggunaan simbol pada desain

10 H7	Angka 10 adalah ukuran dasar
	Huruf H adalah posisi toleransi untuk lubang
	Indeks 7 adalah kualitas toleransi
	Angka 10 adalah ukuran dasar
10g6	Huruf g adalah posisi toleransi untuk poros
	Indeks 6 adalah kualitas toleransi

9.2 Toleransi

Toleransi merupakan penyimpangan ukuran dengan dua batas maksimal dan minimal yang diijinkan agar saat proses perakitan dapat dilakukan. Untuk komponen/part mesin pada gambar teknik memiliki ukuran dasar dan nilai toleransi.

Contoh :

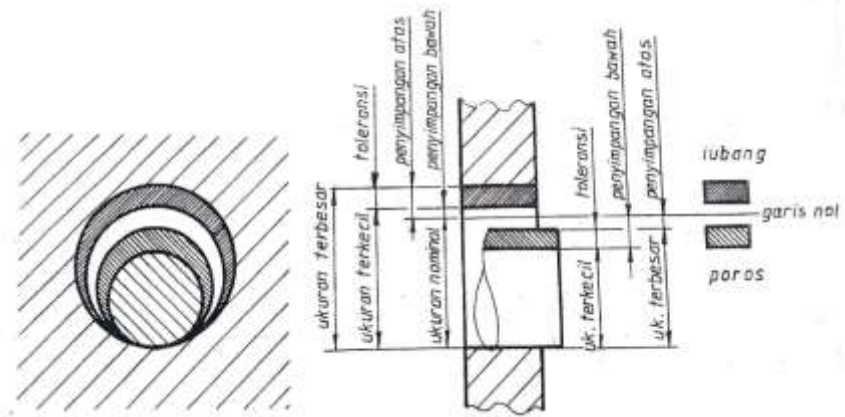
$C \pm d$

Dimana

- C : ukuran utama part
- $\pm d$: nilai toleransi

Toleransi pada produk bertujuan agar mampu pada pemenuhan fungsi, mampu tukar untuk antar elemen yang saling berkaitan.

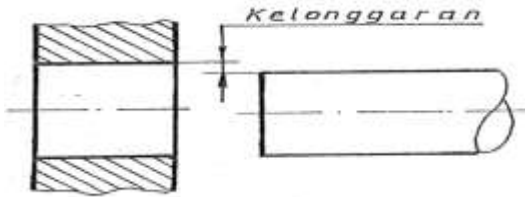
Setiap ukuran komponen elemen mesin mempunyai ukuran dasar (*basic size*) dan mempunyai 2 batasan nilai yaitu nilai batas maksimum dan nilai batas minimum. Daerah toleransi merupakan nilai penyimpangan yang diperbolehkan terhadap ukuran dasar. Ukuran utama merupakan bilangan bulat, besaran penyimpangan positif atau negative diperoleh mengurangi ukuran utama terhadap nilai batas.



Gambar 9.1. Notasi dan Definisi Toleransi
Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

1. Nilai nominal N
Nilai/angka/ ukuran yang tertera pada gambar benda kerja tanpa nilai toleransi
2. Nilai aktual I
Nilai/angka yang diijinkan yang didapatkan dari hasil pengukuran
3. Penyimpangan
 - a. Penyimpangan atas U
Selisih antara ukuran nominal dan ukuran actual maximal (atas) yang diijinkan
 - b. Penyimpangan bawah L
Selisih antara ukuran nominal dan ukuran actual minimal (bawah) yang diijinkan
4. Toleransi T atau IT
Harga absolut dari selisih penyimpangan maximal (atas) dan penyimpangan minimal (bawah)
5. Garis nol/garis dasar
Garis nol/garis dasar menunjukkan garis ukuran nominal sebagai garis dimulainya nilai penyimpangan.
6. Kelonggaran (E) dan kesesakan (F)
 - a. Kelonggaran E (*clearance*)

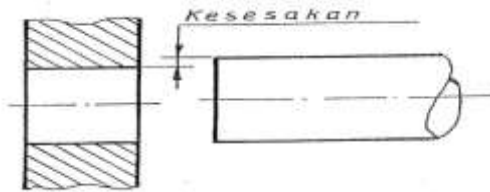
Kelonggaran merupakan akibat dari selisih antara ukuran lubang yang lebih besar terhadap ukuran poros sebagai pasangan suaianya.



Gambar 9.2. Kelonggaran E (*Clearance*)

b. Kesesakan F (*interference*)

Ukuran poros lebih besar dari pada ukuran lubang sehingga poros tidak dapat dimasukkan ke dalam lubang.



Gambar 9.3. Kesesakan F (*Interference*)

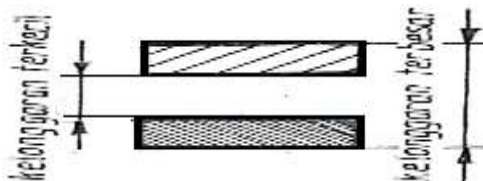
7. Suaian (*fit*)

Suaian merupakan hasil proses dari perakitan antara poros dan lubang.

Jenis suaian dapat dibedakan menjadi :

a. Suaian longgar (*clearance fit*)

Jenis suaian ini yang memiliki keleluasaan area poros dan lubang

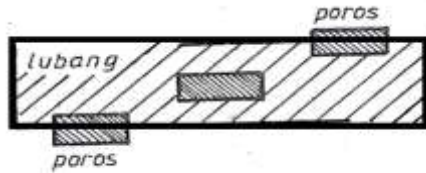


Gambar 9.4. Suaian longgar (*clearance fit*)

Sumber : Menggambar mesin menurut standar

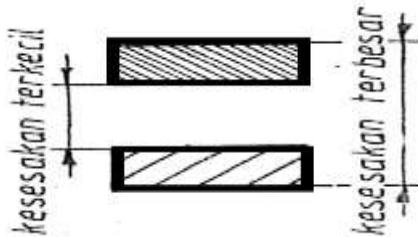
ISO

- b. Suaian transisi (*transition fit*)
 Kelonggaran/keleluasaan serta kesesakan kecil merupakan suaian transisi.



Gambar 9.5. Suaian transisi (*transition fit*)
 Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

- c. Suaian sesak (*press fit*)
 Jenis suaian ini yang memiliki area sempit /kesesakan



Gambar 9.6. Suaian sesak (*press fit*)
 Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

9.2.1 Tingkat Toleransi

Besaran toleransi berdasarkan dari metode pengerjaan, tujuan penggunaan elemen mesin (suaian yang diinginkan) serta kehalusan suaian.

1. Toleransi Internasional(IT) / Toleransi Standar

Berdasarkan ISO, secara fungsional terdapat 18 toleransi standar yaitu IT 01, IT 0, IT 1, IT 2 dan mencapai IT 16.

Berdasarkan hasil dari proses pengerjaan serta toleransi saat pengukuran maka dapat dibedakan beberapa kualitas yaitu sebagai berikut :

- a. Untuk pengerjaan yang membutuhkan ketelitian sangat tinggi maka dapat dikategorikan kualitas 1 – 4 misalnya instrument alat ukur, optic dan lain –lain.

- b. Hasil proses pengerjaan dengan menggunakan mesin perkakas dan menghasilkan part/komponen mesin mampu tukar maka komponen/part mesin tersebut termasuk pada kualitas 5 -11.
- c. Part/komponen yang dihasilkan dari pengerjaan kasar misalnya proses pengerjaan pengecoran, penempaan, pengerolan merupakan kualitas 12-16.

2. Toleransi Umum dan Toleransi Khusus

a. Toleransi Umum

Pada suatu perencanaan dan desain penggunaan toleransi umum adalah pada dimensi yang secara fungsional tidak menempati posisi vital (*non critical point*), tetapi tetap mempunyai dimensi dengan toleransi yang mengikat yaitu toleransi umum. Seperti *Handle* mesin, *casing* mesin, *surface body platec*, dan lain-lain. Nilai toleransi umum dilekatkan pada ukuran dasar dengan kualitas toleransi teliti, kasar atau sedang.

Tabel 9.1. Toleransi Umum

Ukuran Nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-2000
Penyimpangan yang diizinkan	Teliti	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5
	Sedang	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2
	Kasar	-	±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3

Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

Tabel 9.2. Toleransi Umum untuk Radius dan Chamfer

Ukuran Nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000
Penyimpangan yang diizinkan	Teliti, sedang	±0,2	±0,5	±1	±2	± 4	± 8
	Kasar	± 0,5	±1	±2	± 4	± 8	± 16

Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

Tabel 9.3. Toleransi Umum untuk Sudut

Panjang Sisi Terpendek (mm)		s.d. 10	>10-50	>50-120	>120-400
Penyimpangan yang diizinkan	Dalam Derajat dan Menit	$\pm 1^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 10^\circ$
	Dalam mm tiap 100 mm	$\pm 1,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$

Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

Ukuran penyimpangan sudut dapat dipilih dalam satuan

1. Derajat menit

mm/100 mm

$1 \text{ mm}/100 \text{ mm} = 0,573^\circ = 34,38' = 1 \text{ sentirad}$

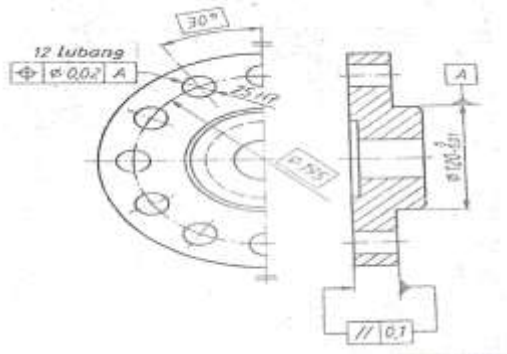
$0,1 \text{ mm}/100 \text{ mm} = 1 \text{ milirad}$

$1 \text{ rad} = 57,3^\circ$

2. Toleransi Khusus

Toleransi khusus dinyatakan dengan angka nominal yang tercantum pada ukuran dasar desain/element mesin serta angka nominal tidak termasuk pada angka toleransi umum.

Pada suatu konsep desain toleransi khusus digunakan untuk suatu suaian komponen yang berdasarkan perhitungan konstruksi dan komponen tersebut merupakan hasil permesinan yang dibuat sendiri. Contoh : koordinat lubang pada plat, stopper, bushing dan shaft.



Gambar 9.7. Penepat Pengeboran

9.2.2 Tempat Kedudukan Toleransi ISO

Posisi toleransi ISO pada sebuah desain sebuah produk ditunjukkan dengan huruf, yaitu

1. Huruf kapital mewakili ukuran dalam/lubang

Berikut huruf kapital yang menunjukkan profil lubang adalah

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y
Z	ZA	ZB	ZC						

2. Huruf kecil digunakan untuk ukuran luar/poros

a	b	c	d	E	f	g	h	j	k
m	n	p	r	S	t	u	v	X	y
z	za	zb	zc						

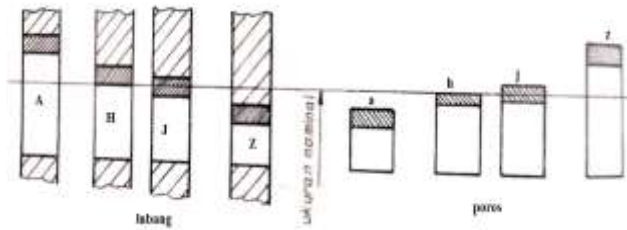
Huruf yang tertera pada desain sebuah elemen/part mesin menjelaskan posisi toleransi terhadap garis nol. Huruf A(a) dan Z(z) menunjukkan jarak terbesar toleransi terhadap garis nol dan dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Jika dilihat dari segi posisi lubang :

- 1) Posisi lubang di atas garis nol merupakan toleransi A
- 2) Posisi lubang di bawah garis nol termasuk toleransi Z
- 3) Posisi lubang di sisi bawah dari bidang pada garis nol merupakan toleransi H

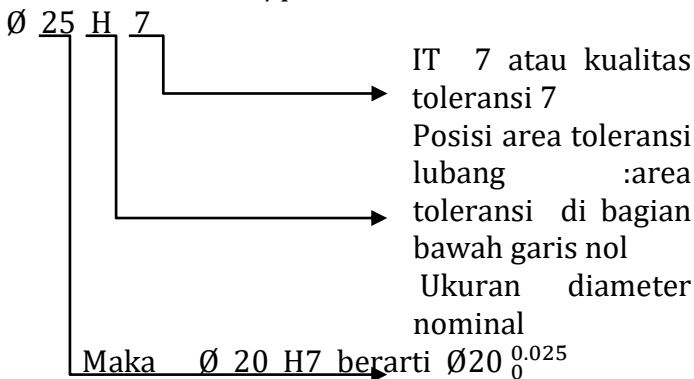
b. Jika ditinjau dari segi posisi poros :

- 1) Posisi poros dibawah garis nol maka termasuk di area toleransi a
- 2) Posisi poros di atas garis nol maka digolongkan di area toleransi z
- 3) Posisi poros pada sisi atas dari area di garis nol merupakan area toleransi h



Gambar 9.8. Kedudukan/posisi toleransi ISO
Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

Contoh kedudukan/posisi toleransi ISO



9.2.3 Suaian

Pada penulisan toleransi suaian huruf besar maka menunjukkan bentuk toleransi lubang serta untuk bentuk toleransi poros menggunakan toleransi poros namun tidak berlaku pada huruf I, L, O, Q, W dan 'i', l, o, q, w.

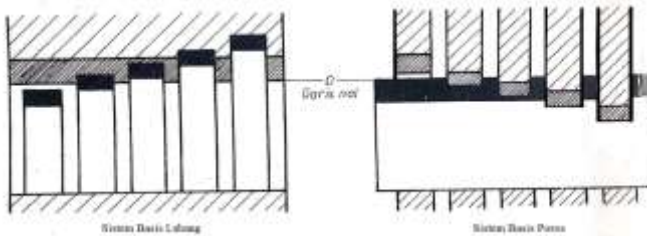
Toleransi suaian dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Sistem Basis Lubang

Ukuran poros dengan ukuran batas terkecil dari lubang tetap sama dengan ukuran nominal pada suaian sistem basis lubang. Apabila ukuran poros menyesuaikan sistem suaian basis lubang maka pasangan suaian tertata berbasis toleransi H yang berarti :

- Toleransi lubang yang tercantum huruf H
- Toleransi poros mencakup huruf a mencapai huruf zc

Ukuran lubang terkecil diijinkan dinyatakan dengan ukuran nominal/garis nol.



Gambar 9.9. Sistem basis lubang dan poros
Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

Suaian longgar dapat dibedakan berdasarkan kondisi basis lubang :

1) Suaian sangat longgar

Suaian yang sangat longgar di digunakan untuk assembly elemen mesin yang mudah berotasi, elemen mesin yang mudah dipasang serta di bongkar tanpa di paksa. Contoh penggunaan suaian sangat longgar pada aplikasi permesinan pada poros roda gigi H11-c11, H9-d10 dan H9-e9

2) Suaian longgar

Suaian longgar diaplikasikan pada elemen mesin berotasi secara terus menerus contoh dari aplikasi suaian longgar yaitu bantalan jurnal dengan suaian longgar

H8-f7, H7-g6

3) Suaian geser

Suaian geser digunakan elemen mesin yang tidak berotasi misalnya digunakan poros spindle H7h6

a. Suaian transisi

Gabungan suaian longgar dan sesak pada lubang serta poros menghasilkan sebuah suaian yang dinamakan suaian transisi dimana pemilihan suaian tergantung area toleransi yang akan digunakan :

1) Suaian puntir

Saat pemasangan, pelepasan elemen mesin yang terakit menggunakan suaian sesak dengan metode di puntir. Suaian H7-k6.

2) Suaian paksa

Pada pemasangan elemen mesin yang berbentuk agak panjang terjadi kesesakan permukaan. Suaian H7-n6.

b. Suaian sesak

1) Suaian kempa ringan

Elemen mesin yang menggunakan suaian kempa ringan memerlukan dipukul atau ditekan dengan menggunakan palu . suaian H7-p6.

2) Suaian kempa berat

Pemasangan serta pelepasan pada proses penggabungan antar dua elemen mesin membutuhkan gaya tekan yang agak berat serta menggunakan mesin penekan. Suaian H7-p6

2. Sistem Berbasis Poros

Untuk sistem suaian basis poros menggunakan notasi "h" serta pada ukuran batas terbesar poros dan ukuran nominal bernilai sama Pada sistem basis poros yang menyesuaikan atau yang diubah adalah ukuran lubang. Pada pasangan suaian basis lubang bercirikan

a. Toleransi h pada poros

b. Lubang mempunyai area toleransi dari huruf A dan mencapai huruf ZC.

Nilai ukuran terbesar poros diijinkan, digunakan pada ukuran nominal/garis nol.

Pada sistem berbasis lubang maka suaianya dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Suaian longgar
Merupakan dua/lebih elemen mesin yang dirakit pada area toleransi h dan area toleransi dari lubang A mencapai H
- b. Suaian transisi
Dua atau tiga elemen mesin yang terakit mempunyai area toleransi h untuk poros serta area toleransi dari lubang J mencapai H
- c. Suaian sesak
Untuk rakitan dua atau tiga elemen mesin merupakan area toleransi h untuk poros serta area dari lubang P mencapai Z

Secara umum, sistem berbasis poros dipakai dalam proses pengerjaan bagian komponen pesawat angkut serta motor listrik.

Untuk basis poros:

- a. Suaian longgar
 - 1) Suaian sangat longgar
Pada umumnya suaian sangat longgar digunakan pada pemasangan bantalan pada poros misalnya pasangan h11-C11 ; h9-D10 dan h9-E9
 - 2) Suaian longgar
Aplikasi suaian longgar yaitu pada bantalan dengan elemen mesin yang tidak berputar.
Suaian h7-F8, h6- G7
 - 3) Suaian geser
Suaian geser digunakan pada elemen mesin yang tidak berputar misalnya poros spindle mesin bubut
Suaian h6-H7
- b. Suaian transisi
Lubang serta poros saat di rakit dapat menghasilkan suaian longgar dan suaian sesak. Maka daerah toleransi yang digunakan suaian transisi yaitu:

- 1) Suaian puntir
Saat proses perakitan satu atau dua elemen mesin dengan cara pemasangan serta pelepasan terdapat penekanan dilengkapi metode puntiran.
Suaian h6-K6
 - 2) Suaian paksa
Kesesakan permukaan produk yang panjang saat proses pemasangan dan pelepasan pada tahapan proses perakitan. Contohnya kopling.
Suaian h6-N7
- c. Suaian Sesak
- 1) Suaian kempa ringan
Proses perakitan dengan memasang elemen mesin dengan ditekan
Suaian h6-P7
 - 2) Suaian kempa berat
Proses pemasangan dan pelepasan menggunakan metode penekanan dengan gaya tekan yang kuat..
Suaian h6-S7

Tabel 9.4. Suaian

Sistem basis lubang		Karakter suaian	Sistem basis poros	
Lubang	Poros	Karakter Suaian	Lubang	Poros
H	a b c d c d d	Suaian longgar	A B C D C D D	hh
	e e f f f g f h		E E F F F G F H	
	js j k m n	Suaian transisi	J S J K M N	
	p r s t u v x	Suaian sesak	P R S T U V X	
	y z za zb zc		Y Z ZA ZB ZC	

Pemilihan kualitas poros berdasarkan ISO 1829-1975 :

[illegible]

Pemilihan kualitas lubang berdasarkan ISO 1829-1975 :

						G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6
					F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
			E8	F8			H8	JS8	K8	M8	N8	P8	R8		
		D9	E9	F9			H9								
		D10	E10				H10								
A11	B11	C11	D11				H11								

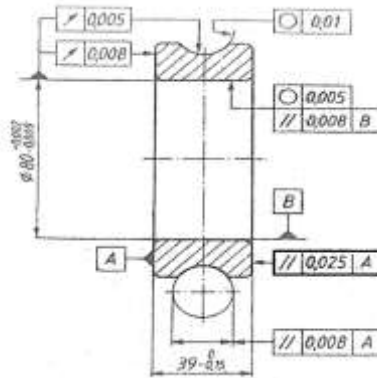
9.2.4 Toleransi Geometri

Toleransi geometri meliputi posisi, tempat, bentuk serta penyimpangan putar. Dalam tabel 9.5 menunjukkan lambang toleransi bentuk bangun datar, garis dan variasinya yang menyatakan adanya penyimpangan pada sebuah elemen mesin.

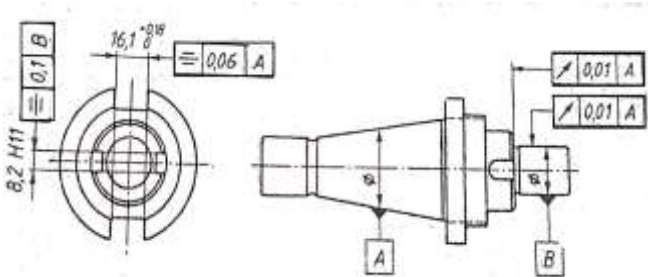
Tabel 9.5. Simbol toleransi geometri

Elemen dan Toleransi		Sifat toleransi yang diberikan	Simbol
Elemen Tunggal	Toleransi bentuk	Kelurusan	—
		Kedataran	
		Kebulatan	
		Kesilindrisan	
Elemen Tunggal atau yang Berhubungan	Toleransi bentuk	Profil garis	
		Profil permukaan	
Elemen – elemen yang Berhubungan	Toleransi orientasi	Kesejajaran	
		Ketegaklurusan	
		Ketirusan	
	Toleransi lokasi	Posisi	
		Konsentrisitas dan koaksialitas	
		Kesimetrisan	
	Toleransi Putar	Putar tunggal	
		Putar total	

Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO



Gambar 9.10. Cincin dalam dari bantalan bola



Gambar 9.11. Arbor pada mesin frais

9.2.5 Simbol Pengerjaan atau Texture Permukaan pada Perancangan Desain Produk

Salah satu kualitas perform produk adalah nilai kekasaran/teksture permukaan serta arah akibat dari proses permesinan yang sudah dilaksanakan. Nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh keausan, gesekan, pelumasan, tahanan kelelahan, suaian dan lain-lain. Untuk merencanakan kekasaran permukaan performa produk dapat dinyatakan dengan standar yang sudah ditetapkan.

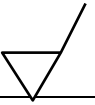
Berdasarkan standar ISO/R, 468-1966, nilai kekasaran digolongkan menjadi 12 tingkat dimana disimbolkan dari N1 mencapai N12. Berikut tabel spesifikasi kekasaran dengan pencantuman nilai Ra atau tingkat kekasaran.

Tabel 9.6. Nilai kekasaran/ *Roughnes values*

Roughness values Ra μm	Roughness grade number	Roughness grade symbol
50	N12	
25	N11	
12,5	N10	
6,3	N9	
3,2	N8	
1,6	N7	
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	
0,1	N3	
0,05	N2	
0,025	N1	

sumber : standar ISO/R, 468-1966

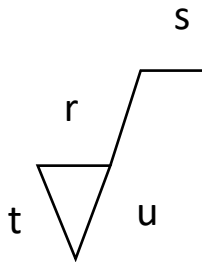
Tabel 9.7. Lambang permukaan tanpa angka, huruf atau perkataan

Lambang	Definisi
	Lambang dasar Simbol dasar ini menunjukkan bahwa proses pengerjaan pada permukaan benda kerja dapat dilakukan oleh semua jenis proses pengerjaan
	Lambang dasar dengan garis mendatar Simbol dasar dengan garis mendatar merupakan simbol permukaan benda kerja yang

Lambang	Definisi
	didapatkan dari hasil pengerjaan pemotongan mesin misalnya dengan menggunakan proses permesinan di bubut dan di milling
	Lambang dasar dengan lingkaran Simbol dasar dengan lingkaran menunjukkan tidak berlakunya semua jenis pengerjaan/permesinan pada permukaan benda kerja yang sedang di kerjakan

Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

Lambang permukaan dengan tuntutan pelengkap pada gambar 9.12 menunjukkan lambang kekasaran permukaan dapat diwakilkan dengan segitiga bersudut 60° dengan salah satu lengan yang memanjang dan puncak yang bergaris menunjukkan notasi kekasaran permukaan

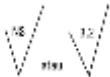
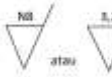


Gambar 9.12. Simbol permukaan dengan tuntutan pelengkap

Letak	Jenis tuntutan
r	nilai / kualitas kekasaran permukaan
s	type proses pengerjaan
t	kelebihan ukuran / <i>allowance</i> (mm)
u	arah jalur proses pengerjaan

Sumber : Menggambar mesin menurut standar ISO

Tabel 9.8. Lambang nilai kekasaran permukaan (μm)

Lambang			Definisi
Jenis Proses Permesinan			
bebas	wajib	dilarang	
			Permukaan dituntut memiliki tingkat tertinggi N8 atau harga kekasaran tertinggi 3,2 μm
			Permukaan dituntut memiliki tingkat kekasaran tertinggi N9 dan terendah N7 atau harga kekasaran tertinggi 6,3 μm dan terendah 1,6 μm

Tabel 9.9. kekasaran permukaan dalam proses manufaktur

No	Proses Manufaktur	R _a in μm															
		0,012	0,025	0,050	0,10	0,20	0,40	0,80	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	
7	Extrusion				0,16					5							
8	Flame cutting sawing & chipping									6,3					100		
9	Radial cut-off sawing						1			6,3							
10	Hand grinding									6,3			25				
11	Disc grinding						1,6					25					
12	Filling				0,25								25				
13	Planing							1,6						50			
14	Shaping							1,6					25				
15	Drilling							1,6				20					
16	Turning & Milling					0,32								25			
17	Boring					0,4					6,3						
18	Reaming					0,4				3,2							

Activate Wi
Go to Settings

No	Proses Manufaktur	R _a in μm															
		0,012	0,025	0,050	0,10	0,20	0,40	0,80	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	
19	Broaching						0,4										
20	Hobbing						0,4										
21	Surface grinding		0,063														
22	Cylindrical grinding		0,063														
23	Honing	0,025															
24	Lapping	0,012					0,16										
25	Polishing		0,04				0,16										
26	Burnishing		0,04														
27	Super finishing	0,016															

Tabel 9.9 sebagai acuan para drafter/desainer saat pembuatan desain produk pada kekasaran permukaan dengan metode pengerjaan proses permesinan.

Untuk mendapatkan angka kekasaran permukaan dengan kehalusan tertentu serta semakin sedikit penyimpangan ukuran yang diijinkan pada sebuah benda kerja maka akan semakin sulit dalam proses permesinannya sehingga perlu dipertimbangkan biaya permesinannya yang semakin mahal.

9.3 Keakuratan

Tolak ukur keberhasilan setiap industri manufaktur yaitu kemampuan memproduksi elemen mesin/produk secara konsisten dengan dimensi produk yang presisi serta akurat.

Keakuratan serta kepresisian produk yang sesuai dengan standart atau kebutuhan user maka dapat mempengaruhi beberapa hal yaitu

1. Peningkatan kualitas produk secara keseluruhan :
2. Pengurangan biaya produksi
3. Produktivitas yang meningkat
4. Loyal customer dapat dipertahankan
5. Waktu pengiriman/pemasaran lebih cepat

Ketidakakuratan pada produk yang dihasilkan dapat disebabkan oleh :

1. Pemilihan toleransi yang kurang tepat pada gambar teknik suatu desain
2. Ketidaktepatan pemilihan, persiapan, pelaksanaan saat proses manufaktur.
3. Ketidaktepatan saat proses perakitan/assembly produk
4. Ketidakakuratan saat proses pengukuran
5. Pengaruh keadaan lingkungan terhadap kondisi produk misalnya kelembaban udara dan suhu panas lingkungan.

Ketidakakuratan pada produk industri manufaktur dapat diantisipasi dengan :

1. Desain/gambar teknik
Pada saat mendesain sebuah produk maka desainer perlu memperhatikan kelengkapan data kepala/etiket gambar, skala gambar, pemilihan dan penggunaan proyeksi secara konsisten, toleransi dengan memperhatikan fungsi produk dan pemilihan proses permesinan yang akan digunakan.
2. Proses manufaktur
Mempersiapkan raw material dengan toleransi ukuran yang sesuai standar, work preparation untuk menentukan metode pengerjaan, pemilihan cutting tool serta mesin/peralatan yang akan digunakan, penentuan operator yang akan mengerjakan.
3. Pengukuran hasil produk
Quality control sheet digunakan sebagai dokumentasi ukuran produk yang dihasilkan oleh proses permesinan. Apabila ukuran produk melampaui batas toleransi maka

operator mengisi form ketidaksesuaian dan mengembalikan ke bagian produksi.

4. Lingkungan kerja

Temperatur, tekanan udara, kebersihan pada area perakitan mempengaruhi performa produk. Contohnya produk polimer dikondisikan pada suhu 35° apabila suhu di atas 35° maka produk tersebut akan memuai dan mengakibatkan penyimpangan pada ukuran produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Normen Auszug für Technishe Schule*.1978 . Swiss ;VSM, Zürich.
- Roloff, Hermann dan Matek, Wilhelm. 1976 *Maschinenelemente-Normung, Berechnung ünd Gestaltung*. Jerman Barat: Vieweg Verlag, Braunschweig.
- Takeshi Sato, G, Sugiarto Hartanto,N. 2013. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: PT.Pradnya Paramita.
- G. Purwanto, 2002. *Menggambar Teknik Dasar*: Yogyakarta: Kanisius.
- Juhana.2012.*Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO*.2012 Bandung: Pustaka Grafika
- Giesecke, Mitchell, Spencer, Hill, Dygdon, Novak,2001. *Gambar Teknik Jilid 1*.Jakarta: Erlangga
- Dr.Wahyudin P.Syam. 2019. *Toleransi Dimensi dan Geometri, Analisis Rantai Variasi dalam Proses Perakitan Produk*. UK, Nottingham. <https://osf.io/r9h8y/download>
- Prof. Dr. Agustinus Purna Irawan,IPM, 2017. *Perancangan dan Pengembangan Produk Manufaktur*.Yogyakarta: Penerbit Andi. ISBN: 978 979 29 6032-7

BAB 10

PERAWATAN DAN PEMELIHARAAN ELEMEN MESIN

Oleh Mokhamad Munir Fahmi

10.1 Pendahuluan

Salah satu faktor keberhasilan suatu industri manufaktur adalah kelancaran proses produksinya. Oleh karena itu, ketika proses produksi berjalan lancar, maka dihasilkanlah produk yang berkualitas tinggi dengan waktu pembuatan yang akurat dan biaya yang rendah. Proses ini bergantung pada keadaan sumber daya yang dimiliki manusia, mesin, atau fasilitas pendukung lainnya. Keadaan masalah mengacu pada kesiapan, baik dari segi ketelitian, kemampuan, maupun kapasitas, untuk melaksanakan pekerjaan produksi. Kesehatan mesin dan peralatan dapat dipelihara dan ditingkatkan dengan melaksanakan program pemeliharaan yang terencana, teratur, dan terkendali. Selanjutnya keterampilan sumber daya manusia perlu disesuaikan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Istilah "pemeliharaan" sering diterjemahkan sebagai "perawatan" atau "pemeliharaan", dan "perawatan" dan "pemeliharaan" memiliki arti yang sama.

Pemeliharaan merupakan salah satu fungsi utama suatu perusahaan, bersama dengan fungsi lainnya seperti pemasaran, produksi, keuangan, dan sumber daya manusia. Fungsi pemeliharaan harus dijalankan dengan baik karena membantu menjaga kondisi peralatan produksi. Pemeliharaan mesin, peralatan, dan fasilitas lainnya memegang peranan penting dalam menunjang operasional industri. Pemeliharaan mempunyai dampak yang signifikan terhadap kelangsungan operasional industri dan memerlukan perhatian yang cermat. Oleh karena itu, kegiatan pemeliharaan merupakan bagian

penting dalam industri untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi.

10.1.1 Arti Dan Definisi Perawatan

Pemeliharaan atau yang lebih sering disebut dengan perawatan dapat diartikan sebagai kegiatan yang diperlukan untuk memelihara atau menjaga kualitas pemeliharaan suatu aset agar dapat tetap berfungsi dengan baik dalam kondisi operasional.

Tentunya sistem yang dimaksud di sini tidak hanya mencakup sistem seperti mesin produksi yang memerlukan perawatan saja, namun juga sistem seperti peralatan operasi seperti genset, mesin diesel, dan turbin, peralatan kantor seperti komputer dan mesin ketik, serta peralatan transportasi. Meluas ke crane, forklift, dll. Berdasarkan definisi tersebut, terdapat beberapa alasan pentingnya melakukan pekerjaan perawatan antara lain:

1. Untuk memastikan bahwa fasilitas tersedia saat dibutuhkan.
2. Tentu saja, seiring berjalannya waktu, kesehatan sistem Anda dan kinerjanya akan menurun secara bertahap. Tanpa pemeliharaan, semua sistem ini perlahan tapi pasti akan melemah dan tidak dapat dioperasikan secara teknis dan ekonomis.
3. Hal ini diharapkan dapat memperpanjang masa manfaat fasilitas tersebut.

10.1.2 Peranan Perawatan Dalam Sistem Produksi

Dalam industri, kita berbicara tentang produk yang diperoleh sebagai hasil proses yang bersifat intermiten maupun yang berkesinambungan, dimana proses-proses tersebut membentuk suatu sistem yang saling berhubungan. Ini bisa disebut sistem produksi. Dalam pengertian yang lebih luas, sistem produksi adalah sarana atau sarana yang digunakan untuk mentransformasikan input seperti manusia, mesin/peralatan, dan lain-lain untuk menghasilkan barang dan jasa yang bermanfaat. Secara singkat operasional sistemnya ditunjukkan pada Gambar 10.1 di bawah ini. Didalamnya selalu terkandung masukan (input), fungsi operasi dan keluaran (output).

Kehati-hatian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem digunakan secara optimal dan produksi berjalan lancar untuk mencapai hasil yang diinginkan. Agar kegiatan produksi tetap lancar maka diperlukan kegiatan pemeliharaan.

Peranan kegiatan pemeliharaan dalam suatu sistem produksi lebih dari sekedar menjaga fungsionalitas sistem, tetapi menghasilkan produk juga dan mengirimkannya ke konsumen dalam waktu yang ditentukan dengan kualitas yang diharapkan. Memastikan proses berjalan dengan baik agar sistem dapat beroperasi secara efisien. Oleh karena itu peran pemeliharaan dalam sistem produksi sangatlah penting terutama dalam hal kelancaran produksi, penundaan, kualitas, keluaran, dan efisiensi produksi. Peran ini biasanya baru terlintas di pikiran setelah kerusakan atau crowding terjadi. Apabila pekerjaan pemeliharaan dilakukan secara menyeluruh dan akurat, maka kelangsungan proses produksi akan dapat terjamin meskipun terjadi kemacetan akibat kerusakan peralatan produksi. Dengan demikian, hubungan antara pemeliharaan dan sistem produksi dapat dilihat melalui peran pemeliharaan itu sendiri. Lihat Gambar 10.1 di bawah.



Gambar 10.7. Peran Perawatan dalam Sistem Produksi.

Berdasarkan uraian diatas menunjukkan:

1. Pemeliharaan berhubungan dengan proses produksi.
2. Profesi keperawatan sebagai penunjang atau pendukung.
3. Perawatan membuat peralatan produksi dapat dipakai secara berulang.

4. Kegiatan pemeliharaan selalu melibatkan peralatan, mesin dan peralatan lainnya.
5. Kegiatan pemeliharaan harus terus dipantau.
6. Pemeliharaan biasanya diperlukan ketika:
 - a. Batas kualitas minimum yang diperbolehkan untuk fasilitas tersebut.
 - b. Masa manfaat suatu aset disebut masa manfaatnya.

10.2 Konsep Dasar Manajemen

10.2.1 Pengertian Manajemen

1. Beberapa ahli telah mengemukakan pendapatnya berikut mengenai pengertian dan pengertian dasar manajemen.
2. Stoner dan Wankel merumuskan manajemen sebagai proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian usaha anggota organisasi dalam proses pemanfaatan sumber daya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
3. Di sisi lain, Mary P. Follett mendefinisikan manajemen sebagai seni menyelesaikan pekerjaan melalui orang lain.
4. Terry merumuskan manajemen sebagai suatu proses khusus yang terdiri dari kegiatan perencanaan, pengorganisasian, dan pengerahan sumber daya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan oleh suatu organisasi.

Demikianlah definisi dan arti dari hal-hal seperti manajemen. Kemudian dari beberapa definisi tersebut, masalah manajemen adalah suatu upaya menjalin dan memelihara kerja sama antar sekelompok orang menjadi bagian dari unit dan menggunakan sumber daya lain untuk mencapai tujuan spesifik yang telah ditentukan sebelumnya.

Berdasarkan pengertian manajemen tersebut, kita dapat melihat bahwa pembahasan utama dalam manajemen adalah bagaimana menjalankan fungsi-fungsi berikut:

1. Perencanaan
2. Pengorganisasian
3. Memimpin

4. Pengendalian

Sedangkan unsur manajemen itu sendiri, terdiri dari apa yang dikenal dengan 5 (lima) M, plus 2 (dua) S yang terdiri dari :

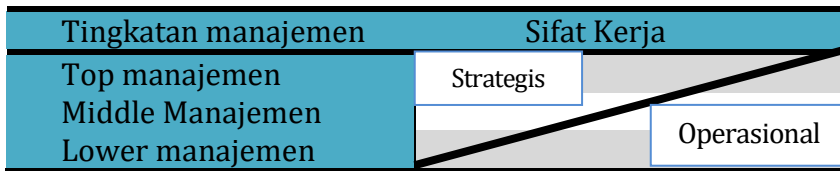
1. Manusia (*man*)
2. Mesin (*machine*)
3. Material (*material*)
4. Metoda (*method*)
5. *Money* (uang), ditambah dengan *Space* (tempat) dan *System*.

10.2.2 Tingkatan Manajemen

Organisasi biasanya mempunyai tingkatan tertentu antara satu sama lain. Ada yang disebut sebagai level organisasi, dan ada pula yang bersifat operasional atau eksekutif, seperti operator mesin, sementara yang lain bersifat strategis, seperti direktur. Tergantung pada tingkat ini, kita dapat membedakan tingkat manajemen umum. Pada dasarnya ada tiga tingkatan manajemen:

1. Sub-manajer atau manajer lini pertama mengacu pada tingkat manajemen terendah, atau tingkat terendah dalam suatu organisasi. Fungsi pada tingkat ini adalah memberikan bimbingan kepada pegawai dunia usaha, misalnya mandor.
2. Tingkat kedua adalah manajemen menengah, atau tingkat eksekutif, yang tugasnya mengendalikan aktivitas manajemen tingkat bawah.
3. Tingkat ketiga adalah manajemen puncak, yaitu tingkat manajemen tertinggi dan biasanya hanya terdiri dari beberapa orang.

Bila dilihat dari perencanaan, terlihat bahwa hubungan dari tingkatan manajemen dengan sifat-sifat diatas dapat dilihat dari gambar 10.2.



Gambar 10.8. Hubungan tingkatan manajemen dengan sifat kerjanya.

10.2.3 Proses Berfikir dalam Manajemen

Faktanya, manusia sudah lama melakukan proses manajemen karena harus hidup dan bekerja sama dalam kelompok untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Awal sumber perputaran tata usaha seperti suatu keahlian lapangan dimulai depan periode Revolusi Industri Pertama yang mengadakan alas pusat perputaran tata usaha.

Proses berpikir dalam manajemen tentunya diikuti dalam manajemen keperawatan dan didasarkan pada beberapa pendekatan, diantaranya adalah pendekatan manajemen ilmiah yang dikembangkan oleh orang Amerika bernama F.W. Tuan Taylor melakukan reformasi industri untuk meningkatkan produktivitas. Pendekatan Taylor secara umum adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi persoalan
2. Pengumpulan data dan informasi melalui pengamatan
3. Perumusan hipotesis awal
4. Pembuktian hipotesis, dan
5. Pemecahan persoalan
6. Selain pendekatan Taylor ada pula pendekatan lainnya seperti :
7. Pendekatan hubungan manusia, dipelopori oleh Hogo Munstrerberg.
8. Pendekatan penyelidikan operasional
9. Pendekatan situasional
10. Pendekatan sistem.

10.2.4 Proses Manajemen

Proses manajemen adalah serangkaian kegiatan yang diperlukan untuk mencapai satu atau lebih tujuan yang memberikan arah dan menyatukan pandangan elemen-elemen dalam suatu organisasi. Secara umum, proses manajemen dikategorikan ke dalam kelompok berikut:

1. Penetapan tujuan (*Goal setting*)

Menetapkan tujuan adalah langkah pertama pada proses manajemen, dan tujuan adalah tujuan yang akan dicapai oleh organisasi. Manajer bertanggung jawab menetapkan arah organisasi untuk mencapai tujuan organisasi yang telah ditentukan. Tujuan sebuah organisasi harus memenuhi ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Spesifik, tujuan memiliki kejelasan,
- b. Realistis, dapat dicapai,
- c. Terukur, memiliki ukuran dalam mengukur keberhasilannya,
- d. Terbatas waktu dimana tujuan yang ingin dicapai memiliki batas waktu.

Adapun pendekatannya, dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu *top down* atau pendekatan dari atas, atau *bottom up* atau dari bawah.

2. Perencanaan (*planning*)

Planning atau perencanaan adalah proses memilih informasi dan data, mengasumsikan kondisi masa depan, dan merumuskan kegiatan yang perlu dilakukan untuk mencapai tujuan tertentu.

Bentuk rencana pada umumnya dapat berupa kebijakan, prosedur, metode, program, anggaran, atau standar.

3. Staffing

Staffing adalah ini menyangkut manajemen, penempatan, pelatihan, dan pengembangan tenaga kerja dalam suatu organisasi. Idealnya, prinsip pada tahap proses ini adalah menempatkan orang yang tepat di tempat yang tepat dan waktu yang tepat.

4. Directing

Directing adalah upaya memanfaatkan sumber daya organisasi secara efektif dan bergerak sejalan dengan tujuan.

5. Supervising

Ini adalah interaksi langsung antara individu dan organisasi untuk mencapai kinerja dan tujuan organisasi.

6. Pengendalian (*Controlling*)

Pengendalian adalah proses penerapan apa yang telah dicapai organisasi, proses evaluasi kinerja, dan biasanya memerlukan perbaikan yang harus dilakukan sesuai rencana yang telah ditetapkan.

10.2.5 Pengertian Manajemen Perawatan

Dari penjelasan dan definisi di atas dapat dijelaskan bahwa pengertian manajemen pemeliharaan adalah pengelolaan kegiatan pemeliharaan melalui proses perencanaan, pengorganisasian dan pengendalian kegiatan pemeliharaan untuk mencapai kinerja fasilitas industri. Gagasan yang timbul dari gagasan pokok rencana digambarkan dengan pertanyaan-pertanyaan mendasar berikut ini:

1. Apa yang harus dirawat ?
2. Bagaimana cara merawatnya ?
3. Kapan melakukan perawatannya ?
4. Siapa yang melakukannya ?

Di sisi lain, penerapan metode manajemen akan dimasukkan secara sistematis ke dalam organisasi. Oleh karena itu jelas bahwa pencapaian tujuan pemeliharaan di industri, perbengkelan dan unit kerja lainnya tidak hanya memerlukan dukungan peralatan dan teknologi pemeliharaan, tetapi juga manajemen yang tepat.

10.2.6 Pentingnya Manajemen Perawatan

Dalam dunia bisnis, prinsipnya adalah “Ketika suatu masalah menjadi kompleks dan berdampak besar, maka dilakukanlah manajemen yang tepat.” Sama halnya dengan pemeliharaan sistem bisnis, manajemen pemeliharaan yang

tepat juga penting untuk operasional bisnis di masa depan. menguntungkan *system* pertanyaan.

Pengobatannya mahal, tapi mengabaikan perawatan yang tepat bisa memakan biaya lebih banyak. Oleh karena itu, ketika masalah pemeliharaan menjadi rumit dan berdampak besar, pengendalian yang tepat harus dilakukan. Dapat disimpulkan bahwa manajemen pemeliharaan yang baik menunjang kegiatan pemeliharaan dan manajemen pemeliharaan yang sukses membawa berbagai manfaat seperti:

1. Perpanjang waktu kerja mesin Anda semaksimal mungkin dengan perawatan minimal.
2. Saat menggunakan mesin, pastikan ketersediaan mesin dan sistem secara optimal.
3. Pastikan Anda memiliki semua peralatan yang diperlukan siap digunakan jika terjadi keadaan darurat.
4. Menjamin keselamatan kerja bagi semua orang yang mengoperasikan mesin/peralatan
5. Penyediaan informasi yang dapat menunjang operasional pemeliharaan;
6. Menentukan metode penilaian untuk membantu memantau perawatan.
7. mendukung terciptanya kondisi kerja yang aman dan tertib,
8. Meningkatkan keterampilan keperawatan.

10.2.7 Aspek Dasar Manajemen Perawatan

Aspek dasar manajemen perawatan terkait dengan efisiensi, subyek ini sangat berhubungan dengan:

1. Tujuan sangat penting dalam mengevaluasi dan menetapkan tujuan pengobatan.
2. Organisasi mengacu pada alokasi personel dan pembagian peran di antara personel pemeliharaan.
3. Metode, metode, atau sistem adalah urutan pelaksanaan tugas pemeliharaan dan bagaimana serta di mana tugas tersebut dilaksanakan.
4. Ketenagakerjaan. Biasanya mencakup perekrutan, penempatan, pelatihan, promosi, dan pemutusan hubungan kerja.

5. Lingkungan tersebut meliputi kondisi lingkungan kerja seperti tempat kerja, kantor, gudang, dan lain-lain serta kondisi fisik lainnya.
6. Hanya mesin dan peralatan yang digunakan untuk pekerjaan pemeliharaan.

10.2.8 Terminologi

1. Perawatan (*Maintenance*)
Ini adalah serangkaian tindakan atau aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan suatu aset atau membawanya ke kondisi yang layak.
2. Perawatan darurat (*Emergency Maintenance*)
Tindakan perbaikan yang perlu segera dilakukan untuk mencegah akibat yang lebih serius.
3. Perawatan terencana (*Planned maintenance*)
Metode konservasi disistematisasikan dan dilaksanakan berdasarkan rencana yang telah dikembangkan sebelumnya.
4. Perencanaan Perawatan (*Maintenance Planning*)
Sebelum melakukan pekerjaan pemeliharaan, kami menentukan pekerjaan/tugas, metode kerja, bahan, peralatan/peralatan, mesin, jam kerja, jam kerja, dan lain-lain yang diperlukan untuk pekerjaan pemeliharaan di masa mendatang, serta mencatat dan mengelolanya berdasarkan rencana.
5. Kerusakan (*Break down*)
Suatu kondisi saat sistem tidak memberikan keuntungan teknis atau ekonomi. Ini adalah kegagalan yang membuat perangkat tidak dapat digunakan.
6. Perawatan Perbaikan (*Corective Maintenance*)
Metode pemeliharaan untuk memperbaiki suku cadang dan komponen/mesin, termasuk penyesuaian dan perbaikan untuk mengembalikannya ke kondisi yang dapat diterima.
7. Perawatan Pencegahan (*Preventive maintenance*)
Pemeliharaan dilakukan pada interval waktu tertentu sesuai rencana tertentu untuk mencegah kemungkinan kerusakan.

- Metode pemeliharaan yang dapat dilakukan pada saat peralatan sedang beroperasi atau digunakan.
8. Perawatan berjalan (*Running Maintenance*)
Suatu sistem pemeliharaan yang hanya dapat dilakukan pada saat sistem dihentikan atau pada saat mesin/peralatan tidak digunakan.
 9. Perawatan Terbatas (*Shut Down Maintenance*)
Suatu sistem pemeliharaan yang hanya dapat dilakukan pada saat sistem dihentikan atau pada saat mesin/peralatan tidak digunakan.
 10. Inventaris
Daftar inventaris berbagai peralatan seperti pabrik, bengkel, gedung, dll.
 11. Program Perawatan (*Maintenance Programme*)
Daftar penugasan aktivitas pemeliharaan pada jangka waktu yang ditentukan.
 12. Jadwal Perawatan (*Maintenance Schedule*)
Tinjauan komprehensif tentang aktivitas pemeliharaan, termasuk daftar kejadian dan hasilnya.
 13. Laporan Kerja (*Job report*)
Daftar tugas pemeliharaan yang telah diselesaikan dan informasi tentang status sistem.
 14. Overhaul
Proses melakukan perbaikan besar, restorasi menyeluruh, dan pengujian suatu aset untuk membawanya ke kondisi yang dapat diterima.
 15. Waktu Kerusakan (*Down Time*)
Periode di mana suatu fasilitas tidak tersedia atau tidak berfungsi sebagaimana spesifikasinya.
 16. Spesifikasi Pekerjaan (*Job specification*)
Dokumen yang menjelaskan pekerjaan pemeliharaan yang akan dilakukan.
 17. Kartu Riwayat (*History Card*)
Catatan penggunaan fasilitas dan acara serta aktivitas yang diadakan di dalam fasilitas.

10.3 Kebijakan Perawatan

Dengan berkembangnya industri, mesin produksi dapat melakukan banyak tugas yang membosankan dan rumit, sehingga diperlukan perawatan yang tepat dan tepat sasaran. *Maintenance* adalah pemeliharaan kesinambungan sistem untuk meningkatkan produktivitas sistem.

Secara umum perawatan bertujuan untuk:

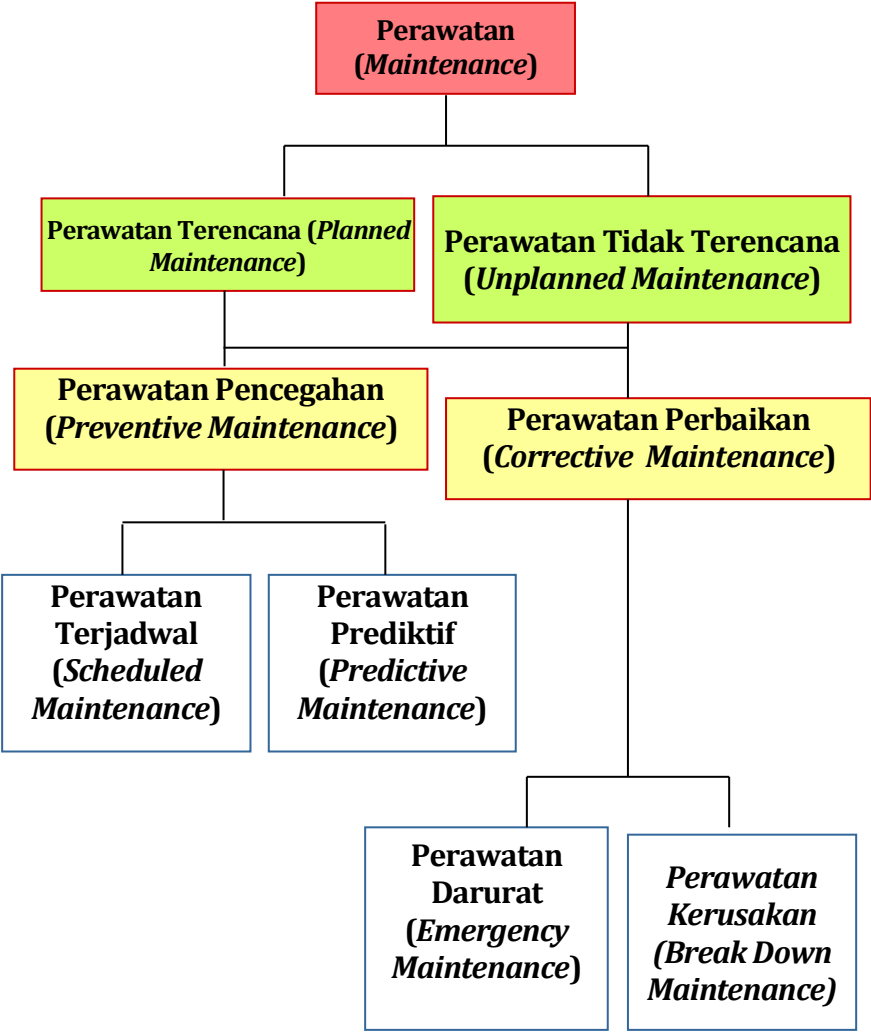
1. Menjamin ketersediaan dan keandalan sistem (mesin dan sistem) secara ekonomis dan teknis sehingga dapat digunakan sebaik mungkin.
2. Memperpanjang masa manfaat aset.
3. Memastikan kesiapan operasional semua fasilitas yang diperlukan jika terjadi keadaan darurat.
4. Menjamin keselamatan kerja dan keselamatan penggunaan.

Berdasarkan pembahasan di atas, pemeliharaan dapat diartikan sebagai kegiatan menjaga sesuatu agar tetap dalam kondisi baik. Mengacu pada BS 3811 (1974), pemeliharaan adalah gabungan dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk memelihara atau membawa suatu barang ke dalam kondisi yang dapat diterima. Penerapan pemeliharaan memerlukan pengetahuan ilmiah dan penerapan prinsip-prinsip dasar pemeliharaan yang bertujuan untuk menjaga kondisi mesin dan peralatan dalam kondisi mendekati sempurna atau asli.

Saat ini, berbagai pola dan sistem layanan berkembang dengan cepat, dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemilihan pola atau sistem yang sesuai dengan karakteristik fasilitas. Suatu pola atau sistem yang digunakan di satu perusahaan belum tentu berhasil di perusahaan lain.

Sistem, pola, atau teknik pemeliharaan telah banyak mengalami perubahan sebagai respons terhadap kebutuhan operasional industri dan perkembangan teknologi. Hal ini juga harus dibarengi dengan perubahan pola penyediaan sumber daya, baik sumber daya manusia maupun sumber daya lainnya. Dalam implementasinya, industri mengenal dua bentuk dasar kebijakan program pemeliharaan yang umum dikenal:

pemeliharaan korektif dan pemeliharaan preventif, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.3.



Gambar 10.9. Bentuk Kebijakan Perawatan.

10.3.1 Bentuk Kebijakan Perawatan

Perawatan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Pemeliharaan korektif adalah konsep pemeliharaan yang melibatkan perbaikan atau penggantian mesin dan peralatan setelah terjadi kegagalan untuk mencegah terjadinya kegagalan selama penggunaan. Karena mesin mati, keselamatan pekerja tidak terjamin, status mesin tidak diketahui, dan kurangnya perencanaan waktu, tenaga, dan biaya yang tepat mengakibatkan biaya tinggi dan mengeksploitasi keuntungan perusahaan. Karena peluang bisa saja hilang. .

Metode ini disebut juga pemeliharaan berbasis kesalahan. Kebijakan pemeliharaan ini tidak cocok untuk mesin dengan tingkat kekritisan tinggi atau harga mahal. Hanya cocok untuk mesin sederhana yang tidak memerlukan perawatan intensif.

Keuntungan dari kebijakan perawatan kerusakan:

Murah dan tidak perlu melakukan perawatan.

Cocok untuk mesin/peralatan yang murah dan sederhana, dan atau modular.

Adapun kerugiannya adalah:

1. Kasar dan berbahaya.
2. Biaya tinggi apabila dipasang pada mesin yang mahal, rumit, dan memerlukan tingkat keamanan yang tinggi.
3. Tidak mampu menyiapkan sumber daya manusia.

Perawatan pencegahan (*Preventive maintenance*)

Perawatan preventif adalah perawatan yang dilakukan sebelum mesin mengalami kerusakan. Kebijakan ini bisa sangat efektif dalam mencegah pemadaman mesin yang tidak direncanakan. Literatur pertama tentang pemeliharaan preventif diterbitkan pada tahun 1925 dan merujuk pada sistem inspeksi kendaraan berkala yang diperkenalkan pada tahun 1930 di pabrik baja Amerika. Itu diperkenalkan di Jepang pada tahun 1951 dari Esso melalui Torful. Ketika mesin kritis digunakan dalam suatu sistem manufaktur, tidak ada suku cadang dan jadwal pada produksi yang sangat ketat sehingga mematikan sistem dan mengakibatkan kerugian yang tinggi,

aspek pemeliharaan menjadi sangat penting dan Kebijakan pemeliharaan preventif menjadi opsional. Teknik pemeliharaan yang digunakan antara lain pemeliharaan preventif berbasis waktu atau pemeliharaan prediktif.

Manfaat kebijakan pemeliharaan preventif terutama untuk memastikan keandalan sistem, menjamin keselamatan pengguna, memperpanjang umur mesin, dan mengurangi waktu henti proses produksi. Kerugian terkait antara lain banyaknya waktu kerja yang terbuang dan kemungkinan terjadinya kesalahan manusia dalam proses perakitan. Kebijakan pemeliharaan preventif biasanya dilakukan sebelum terjadi kegagalan mesin. Ciri-ciri kebijakan ini dapat dilihat dari pemeriksaan berkala dan pelaksanaan rencana secara sistematis. Di sisi lain, kegiatan utama kebijakan ini difokuskan pada inspeksi berkala dan rencana perbaikan kondisi mesin akibat kerusakan fungsi. Pemeliharaan preventif adalah pemeliharaan preventif untuk mencegah terjadinya kegagalan mesin/peralatan.

Kegiatan pemeliharaan preventif dapat dilakukan secara online. Ini berarti sistem beroperasi. Selain itu, beberapa tugas pemeliharaan preventif juga harus dilakukan secara offline. Program pemeliharaan preventif harus dimulai dengan keterlibatan seluruh departemen terkait (produksi, pemeliharaan, manajemen, dll) untuk menyajikan program dan memastikan manfaatnya.

Di sisi lain, parameter keberhasilan program diukur dengan proporsi biaya dan waktu henti yang terjadi, dan juga dapat diukur dengan rasio perintah kerja yang direncanakan terhadap perintah kerja darurat. Tujuan pemeliharaan preventif adalah untuk memaksimalkan ketersediaan dan meminimalkan biaya dengan meningkatkan keandalan. Ruang lingkup kegiatannya dapat mencakup area proses saja (operasi, persediaan, proses utama, dll) atau dapat diperluas ke area lain, seperti pembangunan perkantoran atau fasilitas umum.

Kriteria penentuan fasilitas yg masuk dalam program perawatan pencegahan dilihat dari:

1. Apakah kerusakan alat berdampak pada *safety*?

2. Apakah kerusakan alat dapat menyebabkan *system down*?
3. Apakah repair *cost* – nya tinggi dan lama?
4. Ketersediaan *spare part* dari fasilitas tersebut
5. Kondisi kerja dari fasilitas tersebut

Perawatan terjadwal (*Scheduled maintenance*)

Pemeliharaan terencana merupakan bagian dari pemeliharaan preventif. Pemeliharaan ini dimaksudkan untuk mencegah kerusakan dan dilakukan secara berkala dalam jangka waktu tertentu. Strategi pemeliharaan ini juga dikenal sebagai pemeliharaan berbasis waktu.

Kebijakan pemeliharaan ini dapat membantu mencegah sejumlah besar waktu henti alat berat yang tidak ada dalam rencana. Waktu perawatan ditentukan dari pengalaman, data historis, atau rekomendasi dari masing-masing produsen mesin. Kerugiannya adalah jangka waktu perawatan yang terlalu singkat dapat mengganggu kegiatan produksi dan meningkatkan kesalahan karena kurangnya kehati-hatian teknisi saat merakit komponen yang sedang diperbaiki dan kemungkinan masuknya kontaminan ke dalam sistem. Jika masa perawatan terlalu lama, mesin bisa rusak sebelum masa perawatan tercapai. Selain itu, kerugian timbul jika mesin atau bagian/peralatan mekanis dalam kondisi baik dan perlu diganti atau diperbaiki sesuai jadwal.

Perawatan prediktif (*Predictive maintenance*)

Pemeliharaan prediktif ini juga merupakan bagian dari pemeliharaan preventif. Pemeliharaan prediktif dapat diartikan sebagai strategi pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan kondisi mesin itu sendiri. Inspeksi atau pemantauan berkala dilakukan untuk mengetahui kondisi mesin. Jika terjadi tanda atau gejala kerusakan, tindakan perbaikan akan segera dilakukan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Jika tidak ada tanda-tanda kerusakan maka akan segera terdeteksi.

Pemeliharaan prediktif juga dikenal sebagai pemeliharaan berbasis kondisi atau pemantauan kondisi mesin. Hal ini termasuk menentukan kondisi mesin melalui inspeksi

berkala terhadap mesin untuk menentukan keandalannya dan menjamin keselamatan kerja.

Secara umum, ada beberapa cara untuk memantau atau memantau kesehatan mesin Anda:

Pemantauan pelumas. Selain berperan sebagai pendingin, oli pelumas juga berperan sebagai darah mesin, mencegah korosi dan meredam getaran, serta berperan sebagai pembawa kontaminan dan kotoran yang masuk ke dalam mesin baik luar maupun dalam. Kontaminasi atau kotoran dapat dideteksi dengan:

1. Uji viskositas
2. Tes penghitungan partikel (tes penghitungan partikel)
3. Uji kuantifikasi partikel
4. Uji abrasi
5. Uji bilangan asam
6. Tes ferrografi (tes ferrografi)
7. Tes gelembung (tes gelembung)

Pemantauan visual yang menggunakan panca indera, meliputi rasa, penciuman, penglihatan, pendengaran, dan sentuhan, dalam pengecekan kondisi mesin. Lebih tepatnya, kami menggunakan alat yang berbeda.

Pemantauan kinerja adalah teknik untuk memantau kesehatan mesin dengan memeriksa dan mengukur parameter kinerja dan membandingkannya dengan standar.

Pemantauan geometris bertujuan untuk mengetahui simpangan geometri yang terjadi di dalam mesin. Area pengoperasian meliputi pengukuran leveling dan pengukuran posisi (*alignment*).

Pemantauan Getaran: Pemantauan ini meliputi pemeriksaan dan pengukuran parameter getaran secara berkala dan terus menerus. Dengan memantau getaran yang terjadi, kerusakan mesin dapat dideteksi sejak dini dan kerusakan lebih lanjut atau bahkan fatal dapat dicegah.

1. Pemantauan kebisingan/akustik
2. Pemantauan korosi
3. Deteksi kebocoran

4. Metode termal

Kegiatan pemantauan (*monitoring*) yang dilakukan terlebih dahulu menentukan prosedur pemeriksaan/pemeriksaan, merencanakan proses pemeriksaan untuk menghemat waktu, dan melakukan pemeriksaan berkala terhadap keutuhan mesin dan sistem dengan tujuan sebagai berikut:

1. Verifikasi bahwa sistem berfungsi sesuai rencana.
2. Periksa status sistem.
3. Menilai potensi menyebabkan gangguan atau kerusakan.
4. Melakukan penilaian kerusakan.
5. Melakukan penilaian kerusakan.
6. Identifikasi komponen pengganti.
7. Buat rencana perbaikan berdasarkan kebutuhan Anda.

Memeriksa kesehatan sistem/mesin Anda memastikan bahwa tanda-tanda kerusakan dapat diidentifikasi sejak dini. Saat menentukan frekuensi inspeksi, beberapa aspek harus dipertimbangkan, termasuk beban kerja, usia, pengalaman, dan pentingnya fasilitas. Kegiatan yang dilakukan adalah:

Perawatan. Prosedur perawatan rutin berdasarkan metode perawatan harian, mingguan, bulanan, dll. Alternatifnya, hal ini dapat didasarkan pada jumlah jam penggunaan atau unit output/produksi tertentu.

Perbaikan yang dalam hal ini disebut perbaikan adalah perbaikan kecil yang mungkin timbul dari hasil pemeriksaan.

Tujuan utama pemeliharaan prediktif adalah:

1. Mengurangi kerusakan dan kecelakaan akibat kerusakan peralatan
2. Peningkatan waktu kerja dan produktivitas
3. Mengurangi waktu dan biaya pemeliharaan
4. Meningkatkan kualitas produk dan layanan

Perawatan prediktif dimulai berdasarkan kerusakan yang terjadi kemudian berkembang seperti pada gambar 10.4.



Gambar 10.10. Evolusi perawatan prediksi.

10.3.2 Lingkup Kegiatan Perawatan

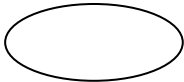
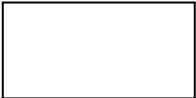
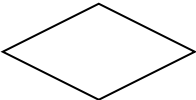
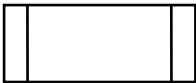
Tergantung pada industrinya, cakupan aktivitas pemeliharaan sistem/mesin bisa sangat luas. Kisaran ini dapat dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan:

1. Kegiatan pada kebijakan perawatan diantaranya:
 - a. Pemeliharaan terjadwal
 - b. Pemeliharaan *breakdown*
 - c. Pemeliharaan prediktif
2. Langkah perawatan diantaranya:
 - a. Pengecekan (evaluasi awal)
 - b. Pembongkaran (*disassembling*)
 - c. Pencucian (*cleaning*)
 - d. Inspeksi
 - e. Perbaikan (Maintenance)
 - f. Perakitan (*assembling*)
 - g. Inspeksi akhir.
3. Penggolongan kegiatan diantaranya:
 - a. Instalasi
 - b. Operasi mesin
 - c. Inspeksi
 - d. Trouble shooting
 - e. Monitoring
 - f. Pelumasan
 - g. Perawatan dan perbaikan
 - h. Semi overhaule
 - i. Overhaule
 - j. Kalibrasi.

10.3.3 Prosedur Perawatan

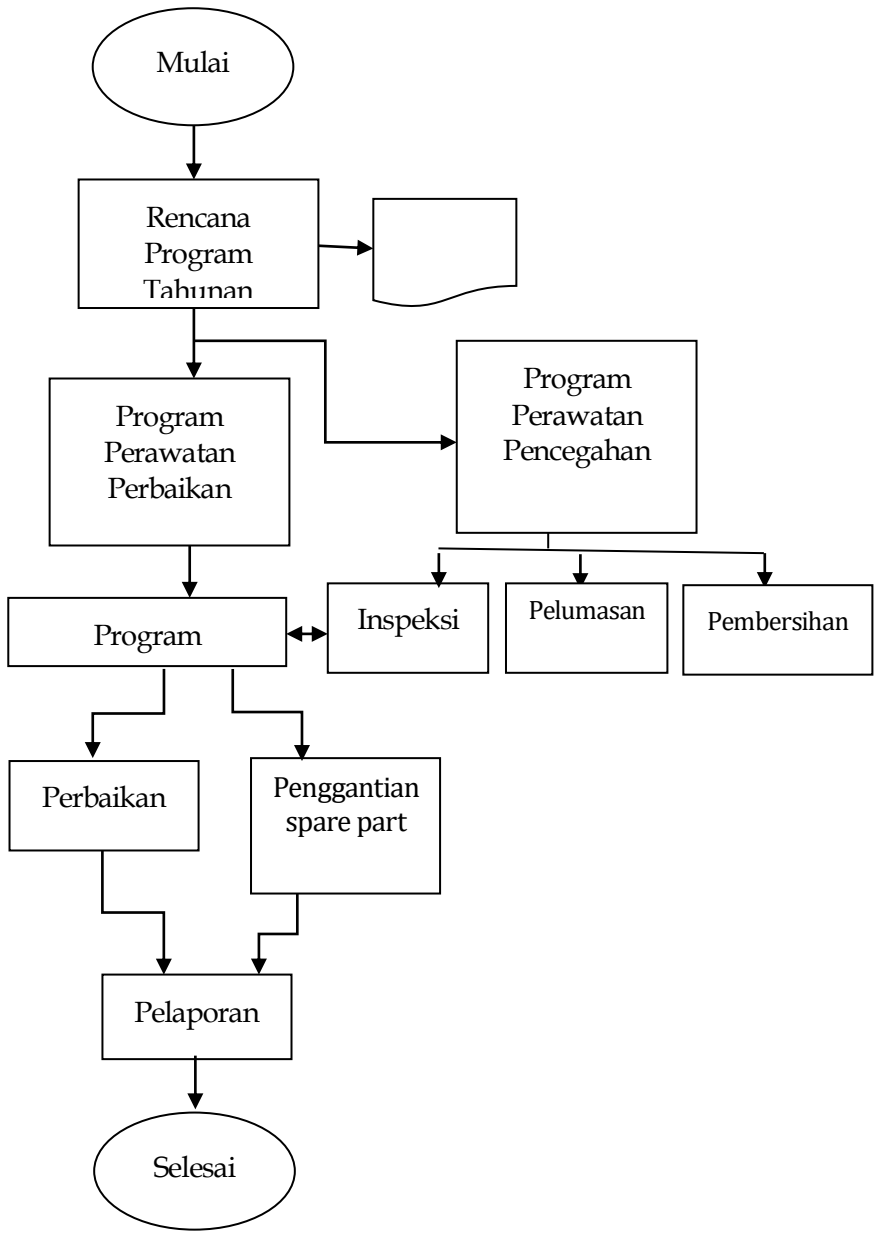
Prosedur pemeliharaan adalah serangkaian tugas pemeliharaan yang harus dilakukan selama pemeliharaan terencana dan tidak terencana. Khusus dalam pemeliharaan terencana, prosedur-prosedur tersebut biasanya disajikan dalam bentuk flowchart sehingga alur seluruh kegiatan terlihat jelas urutan dan langkah-langkahnya. -prosedur.

Prosedur perawatan ini biasanya mengacu pada manual peralatan atau mesin yang ditulis oleh produsen peralatan. Prosedur yang dibuat menggunakan diagram alur biasanya menggunakan simbol standar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.5.

<u>SIMBOL</u>	<u>KETERANGAN</u>
	Mulai atau Selesai
	Kegiatan
	Keputusan
	Prosedur

Gambar 10.11. Simbol yang digunakan dalam prosedur perawatan.

Contoh Proses Perawatan:



Gambar 10.12. Proses Perawatan.

Kegiatan	Produksi	Perencanaan Perawatan	Supervisor Perawatan	Pelaksana	Gudang
Program Tahunan					
Program Mingguan					
Pembersihan					
Pelumasan					
Inspeksi					
Perbaikan					
Penggantian spare part					
Pelaporan					

10.4 Perakitan dalam Pembongkaran dalam Perawatan

Perakitan dan pembongkaran merupakan bagian dan fase terakhir dan awal dari pemeliharaan. Perakitan adalah memasang secara bersama, sedangkan pembongkaran adalah memisahkan bagian-bagian mesin. Perakitan terjadi pada mesin yang baru atau setelah kegiatan pemeliharaan mesin.

Perakitan bertujuan untuk meletakkan komponen secara bersama untuk membentuk suatu mesin atau gabungan dari komponen tersebut. Sedangkan maksud dan tujuan dari pembongkaran adalah memisahkan komponen mesin.

Perakitan dan pembongkaran dengan benar akan menentukan umur mesin. Dalam suatu kasus komponen dipasang dan dibongkar dengan gaya yang berlebihan, memasang paking atau sil dengan tidak benar semuanya ini akan mengakibatkan timbul keausan yang lebih. Tidak hanya komponen yang dirakit yang akan cepat aus tetapi komponen lain juga akan terpengaruh menjadi cepat aus.

Untuk setiap mesin terdapat prosedur perakitan dan pembongkaran yang telah ditentukan. Prosedur ini harus selalu diikuti. Dengan mengikuti prosedur yang telah ditentukan dalam perakitan dan pembongkaran keselamatan kerja dan kualitas terjamin.

10.4.2 Aspek dalam Perakitan dan Pembongkaran

Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam perakitan dan pembongkaran antara lain :

1. Keselamatan kerja
2. Pemeriksaan keausan
3. Ketepatan kerja
4. Perakitan dan pembongkaran dengan cara yang benar
5. Perakitan dan pembongkaran dengan urutan yang benar
6. Fungsi dari komponen tersebut
7. Ketepatan perakitan
8. Alat bantu perakitan dan pembongkaran.

Keselamatan Kerja

Semua mesin yang digunakan disyaratkan dapat dioperasikan dengan aman. Misalnya pada pipa gas yang silnya tidak dipasang dengan benar akan mengakibatkan kebocoran gas yang akan dapat menimbulkan kebakaran atau dapat meracuni karyawan dan lingkungannya.

Pengencangan baut yang tidak tepat akan mengakibatkan keausan ulir atau komponen yang dipasang dapat terlepas.

Dalam kasus kebocoran gas, sil sebelum dipasang perlu diperiksa terhadap kerusakannya dan ketepatan pemasangan. Hal ini juga perlu dilakukan pada pipa-pipa pada mesin.

Begitu juga ketika memasang dan melepas komponen listrik harus hati-hati dalam menangani keselamatan kerjanya.

Pikirkan bahwa jaga keselamatan anda sebaik mungkin dan selalu mengikuti aturan keselamatan dan kesehatan kerja di tempat kerja.

Jangan menggunakan peralatan listrik pada ruangan atau tempat kerja yang memiliki resiko mudah meledak.

Terapkan semboyan : ***“prevention is better than cure”***

Pemeriksaan Keausan

Setelah melakukan pembongkaran atau sebelum melakukan perakitan harus selalu diperiksa keausannya. Komponen yang telah melewati batas keausan segera diganti atau diperbaiki. Perlu juga memberikan perhatian pada keausan yang terjadi, misalnya menentukan kemungkinan penyebab terjadinya keausan tersebut. Misalnya terdapat keausan yang berlebihan yang disebabkan adanya debu, hal ini disebabkan karena pemasangan sil yang tidak tepat. Hal yang sangat perlu diperhatikan juga yaitu ketika merakit, hindarkan komponen mesin dari kotoran baik karena alat, komponen itu sendiri, lingkungan tempat kerja dan tangan dari teknisi yang merakit.

Ketepatan Kerja

Perakitan dan pembongkaran merupakan pekerjaan yang memerlukan disiplin. Artinya bahwa pekerjaan ini harus dilakukan dengan benar dan hati-hati.

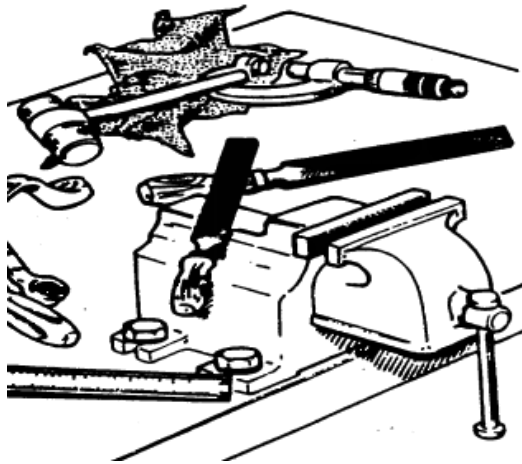
Komponen harus dibersihkan sebaik mungkin sesuai dengan media yang tepat sebelum dilakukan perakitan. Komponen harus diletakkan berurutan sesuai dengan urutan perakitan.

Tempat kerja itu sendiri harus selalu dijaga sebersih mungkin ketika bekerja.

Pola yang baku dalam perakitan dan pembongkaran harus selalu diikuti. sebagai contoh setelah menggunakan suatu alat

setelah selesai digunakan dikembalikan lagi ke tempat semula, walaupun akan segera digunakan kembali. Dengan cara yang demikian tidak akan kelupaan dalam menjalankan tugas dan dapat mengkonsentrasikan pada pekerjaan yang sedang ditangani.

Peralatan yang digunakan dikelola sedemikian rupa sehingga tidak kacau. Alat ukur dan alat tangan dipisah dan ditata sedemikian rupa sehingga jika dibutuhkan mudah diambil. Contoh penataan alat ukur dan alat tangan yang tidak baik ditunjukkan seperti pada gambar 10.8.



Gambar 10.8. Pengaturan alat yang tidak baik.

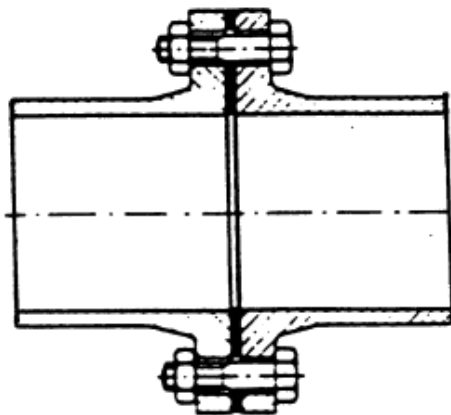
Perakitan dan pembongkaran dengan cara yang benar.

Untuk mesin yang umur pakainya panjang dan keselamatannya terjamin salah satu hal yang menyebabkan demikian karena perakitan yang dilakukan dengan benar. Oleh karena itu aturan baku dalam perakitan harus selalu diikuti

Komponen yang dirakit tak boleh dilakukan dengan gaya manusia yang terlalu besar, karena terdapat alat yang tepat untuk digunakan dalam merakit komponen tersebut. Disamping itu terdapat juga alat bantu yang lain.

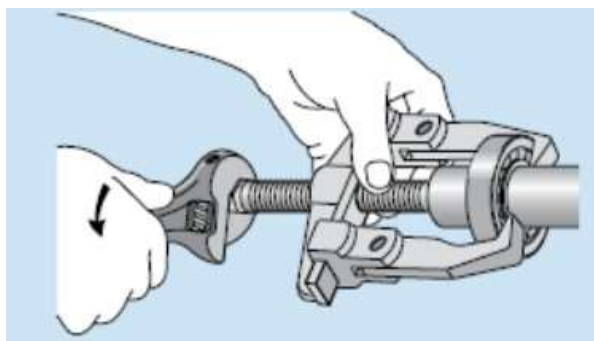
Dalam pembongkaran komponen mesin diperlukan pelepasan tanpa merusak sedikitpun, jika perlu semua kotoran dan cairan yang ada dijauhkan dari mesin.

Dalam gambar berikut ditunjukkan flens pipa yang menurut aturan perakitan pengencangan baut dilakukan dengan menggunakan kunci torsi. Besarnya torsi yang diperlukan untuk mengencangkan tersebut tergantung dari ukuran baut, bahan dan standard khusus yang diperlukan.



Gambar 10.9. Sambungan Flens Pipa.

Untuk pembongkaran, hal yang penting adalah menggunakan alat dengan cara yang benar. Misalnya untuk melepas bantalan bola, penarik ditekankan pada cincin dalam (*internal ring*) bukan pada cincin luar (*external ring*), ditunjukkan seperti pada gambar 14.10.

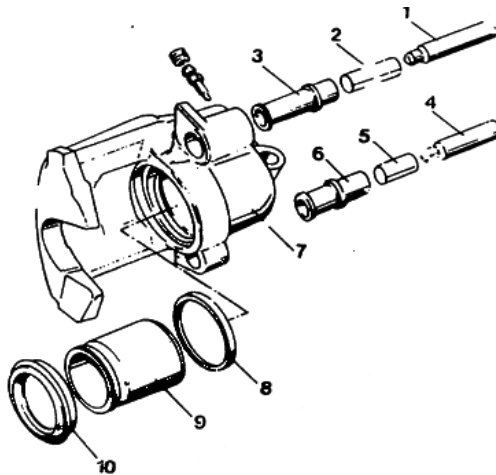


Gambar 10.10. Pelepasan bantalan bola.

Perakitan dan Pembongkaran dengan urutan yang benar

Setiap kegiatan perakitan dan pembongkaran harus disiapkan dengan hati-hati sesuai dengan urutan. Setiap konstruksi biasanya memiliki gambar uraian (*exploded view*) yang menyebutkan nomer komponen dan sekaligus nomer urutan pembongkaran. Komponen mesin harus dipasang sesuai dengan urutan yang benar.

Jika mungkin komponen harus ditata dalam urutan yang sesuai dan didekatkan dengan mesin. Mengurutkan komponen dengan benar merupakan hal yang penting karena salah satu alasannya adalah untuk mencegah komponen yang sudah dirakit dibongkar kembali.



Gambar 10.11. Uraian Silinder Rem.

Fungsi Komponen

Dalam perakitan komponen harus diketahui bagaimana gerakannya di dalam mesin. Apakah komponen membuat gerakan lurus, gerakan putar atau tak bergerak. Selama perakitan perakitan harus memeriksa dan meyakinkan apakah komponen telah dapat melakukan gerakan.

Ketepatan Perakitan

Komponen harus diletakkan dengan tepat pada mesin. Ketepatan penempatan pada umumnya ditentukan oleh gambar atau manual perakitan. Setiap mesin harus dirakit menurut gambar dan aturan-aturannya. Misalnya poros harus dibalancedan disebariskan, bantalan dan rumahnya harus didapat batas tepi dengan benar.

Alat Bantu Perakitan dan Pembongkaran

Sebelum mulai merakit dan membongkar semua perkakas dan alat bantu harus disediakan. Tenaga yang akan menggunakannya hendaknya juga memiliki pengetahuan tentang perkakas ini. Kesalahan menggunakan jangka sorong atau mikrometer atau alat lain akan menimbulkan pemeliharaan tambahan yang tidak perlu.

10.4.3 Langkah Langkah Perbaikan

Sebelum melakukan perbaikan atau penggantian komponen mesin langkah langkah sederhana yang harus ditempuh antara lain meliputi evaluasi atau pemeriksaan awal, pelepasan/pembongkaran, pembersihan, inspeksi, perakitan dan evaluasi/pemeriksaan akhir.

Evaluasi Awal

Sebelum melakukan perbaikan suatu mesin diperlukan evaluasi awal mesin atau peralatan tersebut. Evaluasi ini dapat dilakukan dengan visual atau dengan peralatan tertentu dalam keadaan mati atau dalam keadaan dihidupkan. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan ada kerusakan atau bagian mana yang diduga rusak. Jika tidak terdapat kerusakan maka tidak perlu dilakukan penggantian atau pembongkaran. Jika dapat diidentifikasi adanya kerusakan dan bagian yang rusak maka dapat dilakukan langkah pelepasan atau pembongkaran (*disassembling*).

Pelepasan

Pembongkaran adalah langkah pelepasan dari sub sistem mesin induk atau komponen dari sub sistem tersebut sesuai

dengan ruang lingkup kasus yang dihadapi. Pembongkaran dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah disesuaikan yang dituangkan dalam *exploded view* dari komponen tersebut. Setelah dilakukan pembongkaran dilakukan proses pembersihan.

Pembersihan

Proses pembersihan diperlukan agar kotoran yang menempel pada komponen tersebut hilang. Pembersihan dapat dilakukan dengan cairan pembersih khusus tergantung dari tuntutan tingkat kebersihan yang dianjurkan. Setelah dilakukan pembersihan proses selanjutnya ada proses inspeksi atau evaluasi komponen.

Inspeksi

Proses inspeksi ini bertujuan untuk mengvalusi komponen masih layak digunakan atau tidak. Inspeksi dapat dilakukan dengan inspeksi visual, metrologis, geometris atau NDT jika diperlukan. Jika masih layak, komponen dapat digunakan kembali. Jika tidak layak diperlukan penggantian atau diperbaiki. Jika semua komponen yang rusak telah siap maka dilakukan perakitan (*assembling*).

Perakitan

Perakitan bertujuan untuk menyusun kembali komponen yang telah diganti atau setelah diperbaiki. Perakitan dilakukan sesuai dengan urutan prosedur perakitan dan dengan standard kekencangan yang sesuai. Setelah perakitan selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah pengujian atau evaluasi akhir.

Evaluasi Akhir

Evaluasi akhir dilakukan setelah proses perakitan selesai. Dilakukan untuk mengetahui secara pasti bahwa perbaikan telah dilakukan dengan benar sesuai dengan standard yang ditentukan.

Hal ini dilakukan dengan cara dihidupkan, kemudian diperiksa lagi untuk mengetahui adanya kesalahan. Jika telah

dapat dioperasikan sesuai dengan standardd maka proses perbaikan dapat dikatakan selesai. Jika masih adanya kesalahan maka disetel kembali hingga memenuhi syarat yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhillon, B.S., MECHANICAL RELIABILITY : Theory, Models and Applications, AIAA Education Series, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, USA, 1988.
- Garg, H.P., INDUSTRIAL MAINTENANCE, S. Chand & Company Ltd, New Delhi - 110055, 1976.
- ENGINEERING DATA HAND BOOK, SI Version, Volume II, Sections 16 – 26, Published as a service to the gas processing and related process industries by the Gas Processors Suppliers Association, Twelfth Edition-SI, 2004.
- GPA Section M, MAINTENANCE PRACTICES, Gas Processors Association, Tulsa, Oklahoma, USA, 2001.
- Keith Mobley, R., MAINTENANCE FUNDAMENTALS, Newnes, Boston.
- Levitt, Joel, PREVENTIVE AND PREDICTIVE MAINTENANCE, Industrial Press Inc., 200 Madison Avenue, New York, NY 10016-4078, 2003.
- Patton, Joseph D., Jr., PREVENTIVE MAINTENANCE, 2nd Edition, The International Society for Measurement and Control, 1995.
- Stoner, MANAJEMEN, Alih Bahasa, Alexander Sindoro, Edisi Indonesia, PT Indeks, Gramedia Grup, 1996.
- Sudradjat, Ating, MANAJEMEN PERAWATAN, Buku Pegangan Seri "Maintenance System", Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung, 2007.
- Wursanto, Ig., DASAR-DASAR ILMU ORGANISASI, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2005.

BIODATA PENULIS



Binsar Maruli Tua Pakpahan, S.T., M.Eng.

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan

Penulis lahir di Medan. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin di Universitas Sumatera Utara dan melanjutkan Magister pada Departemen Teknik Mesin dan Industri di Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang Rekayasa Material, Teknik Manufaktur dan Pengelasan.

Penulis juga melakukan pengabdian kepada masyarakat untuk melaksanakan bagian dari tri dharma perguruan tinggi dengan membuat mesin pengering biji kopi terkontrol hasil dari sikripsi mahasiswa saya. Pada perancangan mesin tersebut banyak ilmu dari elemen mesin yang digunakan, antara lain: Pemilihan jenis material, pemilihan jenis sambungan, perhitungan jarak antara roda gigi poros sumbu utama dengan poros yang digerakkan.

BIODATA PENULIS



Ir. Andi Haslinah, ST., M.Si., MT

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar

Penulis lahir di Ujung Pandang atau sekarang namanya Makassar tanggal 28 Maret 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Universitas Musli Indonesia dan melanjutkan S2 pada Universitas Hasanuddin serta S2 yang kedua kalinya di Universitas Muslim Indonesia. Penulis melanjutkan kuliah S3 di Universitas Hasanuddin, dan menekuni bidang Menulis.

BIODATA PENULIS



Yanti, S.Pd., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Fajar, Makassar

Lahir di Makassar, 26 April. Menyelesaikan studi pada tahun 2007 pada program studi Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Makassar (UNM) lalu melanjutkan studi pada program studi Teknik Mesin di Universitas Hasanuddun (UNHAS) pada tahun 2008. Saat ini bertugas sebagai Dosen sejak tahun 2012 dan pernah menjadi Ketua Program Studi dari tahun 2019 sampai 2023 pada program studi Teknik Mesin Universitas Fajar (UNIFA).

Aktif dalam berbagai kegiatan penelitian dan pengabdian.

E-mail: yanti@unifa.ac.id

BIODATA PENULIS



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. 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. 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 *google scholar* dengan ID xpbHyy4AAAAJ.

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 malakukan penelitian sesuai bidangnya dan beberapa telah dijurnalkan selain itu sebagai bagian dari masyarakat di lingkunagn tempat tinggalnya penulis juga pengabdian kepada masyarakat.

BIODATA PENULIS



Habibi Santoso, S.T., M.T.

Dosen Program Studi DIII Pemeliharaan Mesin
Politeknik Negeri Media Kreatif Jakarta

Penulis lahir di Jakarta, pada tanggal 28 Juli 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi DIII Pemeliharaan Mesin Politeknik Negeri Media Kreatif Jakarta. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Budi Utomo dan pada tahun 2010 dan menyelesaikan S2 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila pada tahun 2015. Pengalaman di industri dan konsultan *Mechanical & Electrical* selama 11 tahun.

BIODATA PENULIS



Ukta Indra Nyuswantoro, S.T.

Sr. Structure Engineer di PT Asiatek Energi Mitratama

Penulis menyelesaikan Pendidikan di SMAN 1 Geger Madiun, selanjutnya menempuh pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis mempunyai pengalaman selama 10 tahun sebagai structure engineer di beberapa perusahaan di Indonesia dan memiliki ketertarikan di bidang Mekanika Klasik dan Analisis Numerik. Buku yang pernah ditulis “Pengantar Matematika Lubang Hitam”

BIODATA PENULIS



Shanti Kumbarasari, S.T., M.T.
Dosen Program Studi Mesin Industri
Politeknik Industri ATMI

Penulis lahir di Blora tanggal 26 Mei 1979. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Mesin Industri Politeknik Industri ATMI. Menyelesaikan pendidikan S1 Universitas Sanata Dharma Yogyakarta pada Jurusan Teknik Mesin dan melanjutkan S2 Universitas Pancasila pada Jurusan Magister Teknik Manufaktur . Telah menulis buku bersama mengenai Evaluating online Learning Challenges and Strategies, ISBN :978-93-90753-23-9.