

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi *Forklift*

Forklift adalah mesin yang menggunakan dua garpu untuk mengangkat dan menempatkan beban ke posisi yang biasanya sulit dijangkau. *Forklift* umumnya terbagi dalam dua kategori yaitu untuk medan industri dan kasar. *Forklift* umum digunakan dalam gudang rumah dan di sekitar dermaga truk dan kereta. Mereka memiliki ban kecil yang dirancang untuk berjalan pada permukaan aspal dan biasanya didukung oleh sebuah mesin pembakaran internal yang berbahan bakar bensin, solar, atau bahan bakar propana. Beberapa *forklift* industri kecil yang didukung oleh sebuah motor listrik berjalan dari baterai internal. *Forklift* medan kasar, seperti namanya, dirancang untuk berjalan pada kasar, permukaan beraspal. *Forklift* umumnya digunakan di seluruh lokasi konstruksi atau dalam aplikasi militer. Alat ini memiliki besar, ban pneumatik dan biasanya didukung oleh sebuah mesin pembakaran internal yang berjalan pada bensin, solar, atau bahan bakar propana. *Forklift* medan kasar dapat memiliki sebuah menara vertikal, yang mengangkat beban lurus ke atas, atau ledakan teleskopis, yang mengangkat beban dan keluar dari dasar mesin.



Gambar 2.1 *Forklift*
Sumber: [lit.1, 2015]

Forklift awal digunakan di sekitar lokasi konstruksi dan bisa mengangkat sekitar 1.000 pon (454 kg) hingga ketinggian 30 inci (76 cm). Perkembangan pesat dari *forklift* menara vertikal untuk keperluan industri disesuaikan dengan *forklift* medan kasar juga. Pada pertengahan 1950-an, kapasitas dari 2.500 pound (1.135 kg) dan tinggi angkat hingga 30 kaki (9 m) yang tersedia.

Forklift sekarang ini banyak dibutuhkan untuk pengoperasian gudang. Setiap perusahaan atau perusahaan manufaktur hampir secara keseluruhan memiliki *forklift*. Hampir setiap gudang setidaknya punya satu *forklift*, sebuah perangkat yang dapat mengangkat puluhan bahkan ratusan kilogram dengan bantuan dua garpu terbuat dari logam besi. *Forklift* adalah kendaraan seperti truk kecil, yang dikendarai oleh operator yang bisa mengangkat kontainer atau bahan menggunakan dua buah garpu. *Forks*, juga disebut *tines* atau pisau, biasanya terbuat dari baja dan mampu mengangkat berat berton-ton.

Forklift juga merupakan kendaraan yang difungsikan sebagai alat angkut dalam pemindahan barang berkapasitas besar baik indoor maupun outdoor, termasuk dalam kegiatan bongkar muat barang di pelabuhan, pabrik, gudang, ekspedisi, supermarket, dll. Dioperasikan secara electric untuk dapat menaik turunkan beban serta bermanuver dengan jarak yang cukup jauh. Operator dapat dengan mudah mengoperasikan alat ini dengan duduk diatas cab operator yang telah disediakan dengan beragam fitur, diantaranya layar LCD digital multi fungsi, tombol kendali kecepatan, alarm, rem otomatis, sabuk pengaman, dll.

2.2 Jenis – jenis *Forklift*

Menurut sumber energi yang digunakan, ada 2 macam jenis forklift yang saat ini populer digunakan.

1. *Forklift diesel*

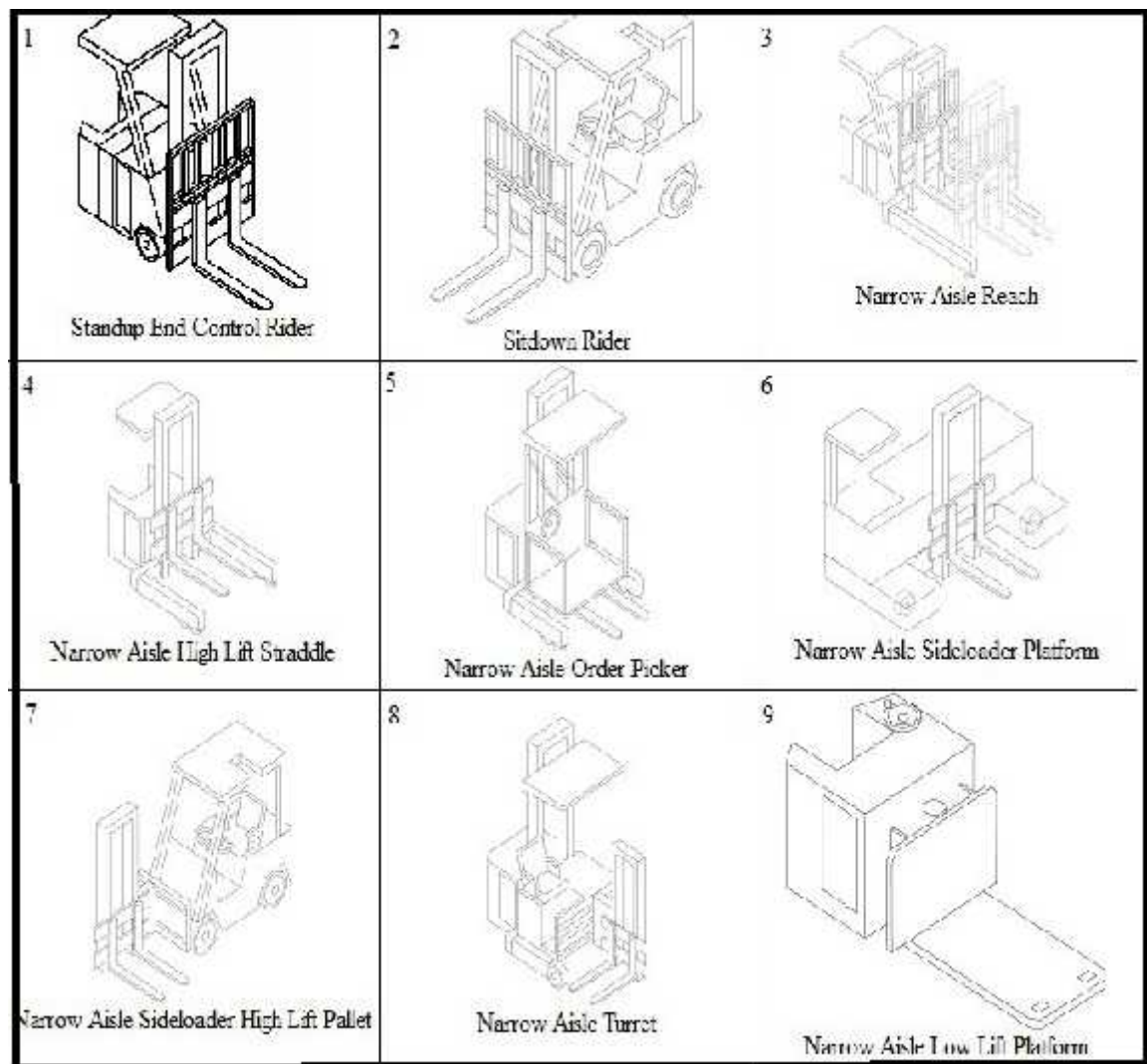
Forklift ini menggunakan mesin diesel sebagai penggerakannya. Secara otomatis, forklift ini berbahan bakar solar dan biasanya memiliki jenis ban yang terbuat dari karet seperti ban kendaraan pada umumnya.

2. Forklift electric

Forklif ini menggunakan tenaga baterai sebagai sumber energinya. *Baterai* ini mempunyai *lifetime* sehingga diperlukan sebuah alat untuk *mer-recharge* sehingga *baterai* dapat berfungsi kembali. Fungsi perawatan ini sangat penting untuk kelangsungan hidup dari sebuah *baterai*.

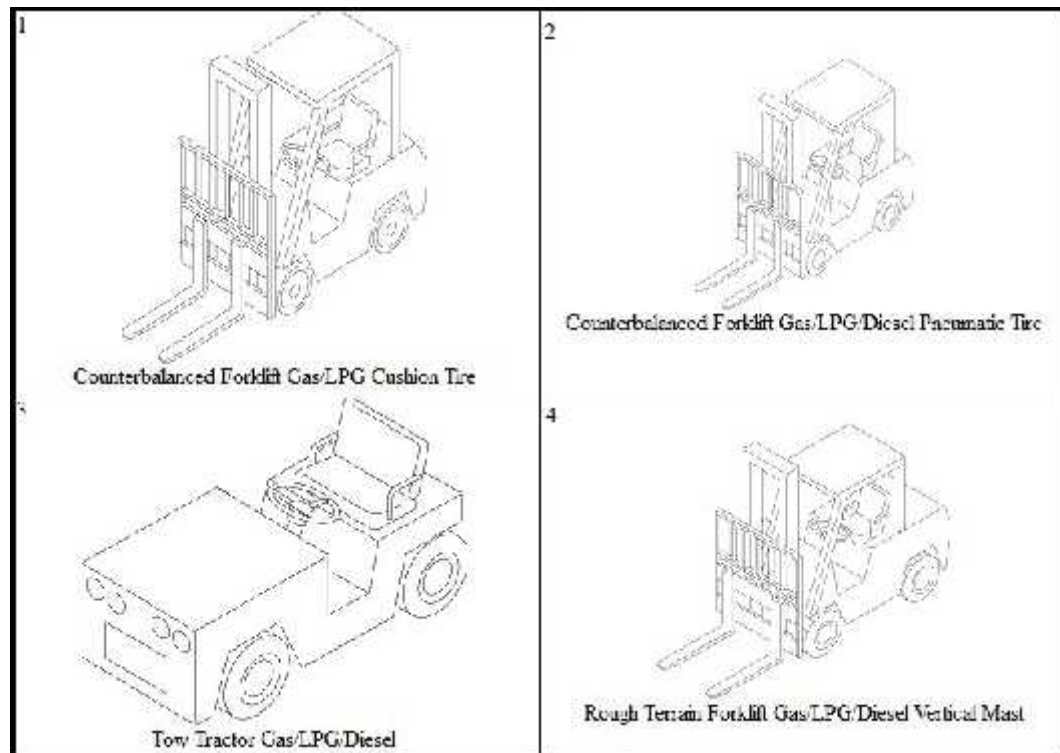
Berdasarkan bentuknya, *forklift* dibagi menjadi:

1. Forklift dengan sumber energi listrik



Gambar 2.2 Jenis *Forklift* Sumber Energi Listrik
Sumber: [lit.1, 2015]

2. Forklift dengan sumber energi diesel / LPG



Gambar 2.3 Jenis *Forklift* Sumber Energi Diesel / LPG
Sumber: [lit.1, 2015]

2.3 Bagian Utama Forklift



Gambar 2.4 Komponen Forklift
(Sumber: [lit.2, 2014])

Pada umumnya *Forklift* tersusun atas:

1. *Fork*

Adalah bagian utama dari sebuah *forklift* yang berfungsi sebagai penopang untuk membawa dan mengangkat barang. *Fork* berbentuk dua buah besi lurus dengan panjang rata-rata 2.5 m. Posisi peletakan barang di atas *pallet* masuk ke dalam *fork* juga menentukan beban maksimal yang dapat diangkat oleh sebuah *forklift*.

2. *Carriage*

Carriage merupakan bagian dari *forklift* yang berfungsi sebagai penghubung antara *mast* dan *fork*. Ditempat inilah *fork* melekat. *Carriage* juga berfungsi sebagai sandaran dan pengaman bagi barang-barang dalam *pallet* untuk transportasi atau pengangkatan.

3. *Mast*

Mast adalah bagian utama terkait dengan fungsi kerja sebuah *fork* dalam *forklift*. *Mast* adalah satu bagian yang berupa dua buah besi tebal yang terkait dengan *hydraulic system* dari sebuah *forklift*. *Mast* ini berfungsi untuk *lifting* dan *tilting*.

4. *Overhead Guard*

Overhead guard merupakan pelindung bagi seorang *forklift driver*. Fungsi pelindungan ini terkait dengan *safety user* dari kemungkinan terjadinya barang yang jatuh saat diangkat atau diturunkan, juga sebagai pelindung dari panas dan hujan.

5. *Counterweight*

Counterweight merupakan bagian penyeimbang beban dari sebuah *forklift*. Letaknya berlawanan dengan posisi *fork*.

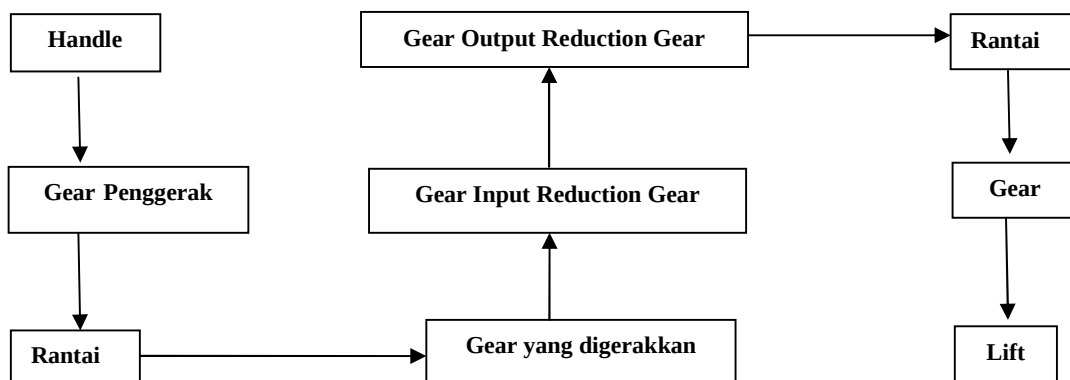
2.4 Prinsip Kerja *Forklift* Secara Umum

Pada *forklift* terdapat suatu alat yang disebut dengan *fork*. Fungsi *fork* ini adalah sebagai pemegang landasan beban yang mana *fork* ini terpasang pada kerangka (*backrest*) sebagai pembawa garpu dan tiang penyokong *mast*. *Fork assembly* diikatkan ke salah satu ujung rantai dan yang lainnya terikat pada *beam*

tiang penyokong. Rantai ini bergerak sepanjang puli (*wheel*) yang melekat pada ujung atas dari batang torak pada *lift* silinder.

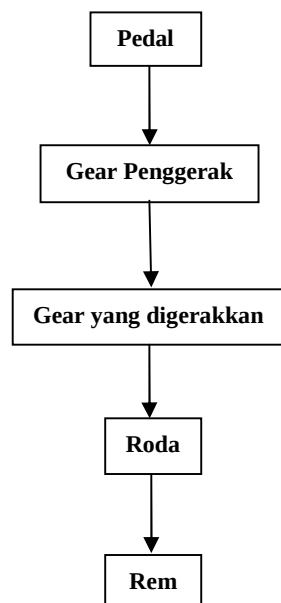
Berputarnya puli ini akibat dari tekanan fluida di dalam *lift* silinder yang mengakibatkan tertariknya salah satu ujung yang terikat pada *beam* tiang penyokong (*outer mast*). Karena rantai terikat, maka pulilah yang berputar sekaligus naik turun oleh gaya tarik yang timbul pada rantai, sedangkan ujung rantai yang lainnya akan bergerak mengangkat *backrest* dan *fork*-nya sampai ketinggian maksimum yaitu 3 m.

Prinsip kerja proses lifting dan travel pada rancang bangun forklift



Gambar 2.5 Diagram alir proses lifting forklift

Sumber: [Diolah]



Gambar 2.6 Alir proses travel forklift

Sumber: [Diolah]

2.5 Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan

Dalam setiap perencanaan maka pemilihan bahan dan komponen merupakan faktor utama yang harus diperhatikan seperti jenis dan sifat bahan yang akan digunakan seperti sifat tahan terhadap korosi, tahan terhadap keausan, tekanan dan lain-lain sebagainya.

Kegiatan pemilihan bahan adalah pemilihan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan alat agar dapat ditekan seefisien mungkin didalam penggunaannya dan selalu berdasarkan pada dasar kekuatan dan sumber pengandaannya.

Faktor – faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan material dan komponen adalah sebagai berikut:

1. Bahan Mudah Didapat

Dalam perencanaan suatu produk perlu diketahui apakah bahan yang digunakan mudah didapat atau tidak. Walaupun bahan yang direncanakan sudah cukup baik akan tetapi tidak didukung oleh persediaan dipasaran, maka perencanaan akan mengalami kesulitan atau masalah dikemudian hari karena hambatan bahan baku tersebut. Untuk itu harus terlebih dahulu mengetahui apakah bahan yang digunakan itu mempunyai komponen pengganti dan tersedia dipasaran. Bahan yang mudah didapat dalam proses rancang bangun ini seperti besi profil U, besi hollow, bantalan, sprocket sepeda motor, elektroda, dan besi profil L. Bahan tersebut mudah didapat karena sudah banyak tersedia di pasaran.

2. Spesifikasi Bahan yang Dipilih

Pada bagian ini penempatan bahan harus sesuai dengan fungsi dan kegunaannya sehingga tidak terjadi beban yang berlebihan pada bahan yang tidak mampu menerima beban tersebut. Dengan demikian pada perencanaan bahan yang akan digunakan harus sesuai dengan fungsi dan kegunaan suatu perencanaan. Bahan penunjang dari alat yang akan dibuat memiliki fungsi yang berbeda dengan bagian yang lain, dimana fungsi dan masing-masing bagian tersebut akan memengaruhi antara bagian yang satu dengan bagian yang lain.

Dalam suatu alat biasanya terdiri dari dua bagian yaitu bagian primer dan sekunder, dimana kedua bagian tersebut harus dibedakan dalam peletakkannya karena kedua bagian tersebut memiliki daya tahan yang berbeda dalam pembebanannya. Sehingga bagian primer harus diprioritaskan daripada bagian sekunder. Apabila ada bagian yang rusak atau aus yang disebabkan karena pemakaian, maka bagian sekunderlah yang mengalami kerusakan terlebih dahulu. Dengan demikian proses penggantian hanya dilakukan pada bagian sekundernya dan tidak mengganggu bagian primer.

Dalam proses rancang bangun alat ini menggunakan besi profil U 65×35×2, hollow 35×35×2, besi profil L 50×50×25 dan 40×40×2, pillow block P205 1", poros ulir persegi M22, sprocket sepeda motor, baut dan mur M10, M12, M14, M17, M30, kopling steer, pipa besi 1", dan reduction gear.

3. Pertimbangan Khusus

Dalam pemilihan bahan ini adalah yang tidak boleh diabaikan mengenai komponen-komponen yang menunjang atau mendukung pembuatan alat itu sendiri. Komponen-komponen penyusun alat tersebut terdiri dari dua jenis yaitu komponen yang dapat dibuat sendiri dan komponen yang sudah tersedia dipasaran dan telah distandarkan. Jika komponen tersebut lebih menguntungkan untuk dibuat, maka lebih baik dibuat sendiri. Apabila komponen tersebut sulit untuk dibuat tetapi terdapat dipasaran sesuai dengan standar, lebih baik dibeli karena menghemat waktu pengerjaan.

Dalam hal ini untuk menentukan bahan yang akan digunakan kita hendaknya mengetahui batas kekuatan bahan dan sumber pengadaannya baik itu batas kekuatan tariknya, tekanannya maupun kekuatan puntirnya karena itu sangat menentukan tingkat keamanan pada waktu pemakaian.

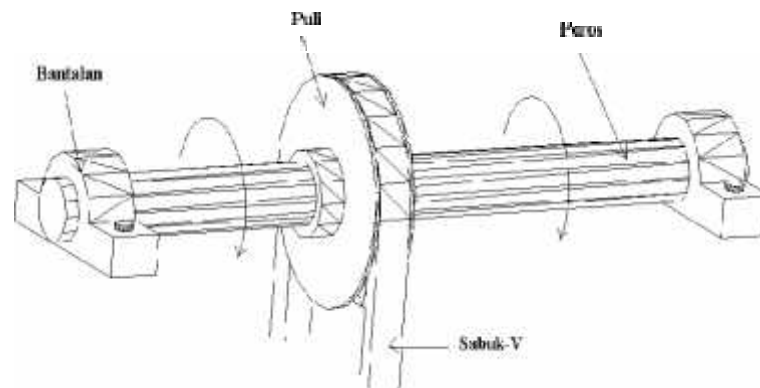
Tabel 2.1 Spesifikasi komponen bagian-bagian

No	Nama Komponen	Tipe / Spesifikasi	±Berat (kg)
1	Rangka belakang	Besi hollow 35×35×2	$1,5 \text{ kg/m} \times 9 \text{ m} = 13,5$
2	Rangka depan	Besi profil U 65×35×3, Profil L 50×50×2 dan 40×40×2, Pipa besi Fe 360 1"	$2 \text{ kg/m} \times 9 \text{ m} = 18,$ $2,6 \text{ kg/m} \times 4,5 \text{ m} =$ $11,7, 1 \text{ kg/m} \times 2 \text{ m} =$ $2, 1,3 \text{ kg/m} \times 2 \text{ m} =$ 2,6
3	Poros	1 C 40	4
4	Ban depan	Ban gerobak	$6 \times 2 = 12$
5	Ban belakang	Ban motor mio	$3,8 \times 2 = 7,6$
6	Pillow block	P205 1"	$11 \times 0,5 = 5,5$
7	Baut dan mur	M10, M12, M14, M17, M30	4
8	Steering	Variasi	1
9	Reduction gear	1 : 30	8,5
10	Sprocket	Sepeda motor	3,9
11	Poros ulir persegi	M 22	3,1
12	Kursi	Profil L 40×40×2	3
13	Pedal	Variasi	0,5
14	Handle	Variasi	0,4
15	Alas	Besi plat 350×390×3	3,5

2.6 Bagian Terpenting Dari Prototipe *Forklift*

1. Poros

Poros berperan meneruskan daya dan putaran. Umumnya poros meneruskan daya melalui sabuk, roda gigi dan rantai. Poros menerima beban puntir dan lentur. Putaran poros biasa ditumpu oleh satu atau lebih bantalan untuk meredam gesekan yang ditimbulkan seperti yang ditunjukkan gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7 Poros di tumpu oleh dua bantalan

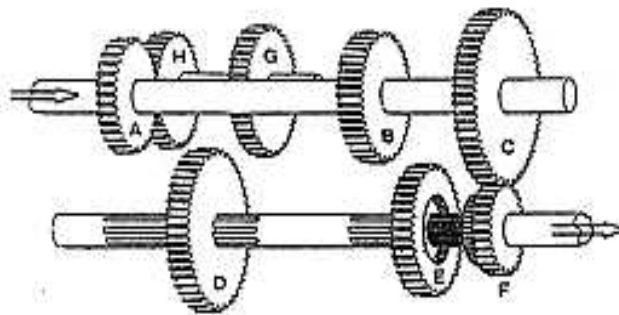
Sumber: [lit.3, 1994]

a. Macam-macam poros

Ada beberapa macam jenis poros diantaranya yaitu:

1) Poros Transmisi

Poros jenis ini mendapat beban puntir murni dan beban lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui rantai yang berfungsi untuk meneruskan tenaga mekanik ke komponen penggerak yang lain.



Gambar 2.8 Poros Transmisi

Sumber: [lit.4, 2005]

2) Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut spindle. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya yang harus kecil, dan bentuk serta ukurannya harus teliti.



Gambar 2.9 Spindel
Sumber: [lit.4, 2005]

3) Gandar

Gandar adalah poros yang tidak mendapatkan beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Contohnya seperti yang dipasang diantara roda-roda kereta barang.



Gambar 2.10 Gandar
Sumber: [lit.4, 2005]

b. Hal-hal penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan poros

Untuk merencanakan sebuah poros, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1) Kekuatan Poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau lentur, atau gabungan antara puntir dan lentur. Poros juga ada yang mendapat beban tarik atau tekan seperti poros baling-baling kapal atau turbin, dan lain-lain. Kelelahan tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil (poros bertangga) atau bila poros mempunyai alur pasak harus diperhatikan. Sebuah poros harus direncanakan cukup kuat untuk menahan beban-beban seperti yang telah disebutkan di atas.

Rumus untuk menghitung diameter poros

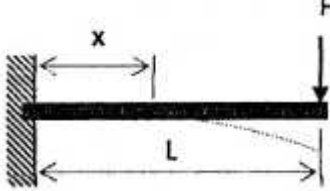
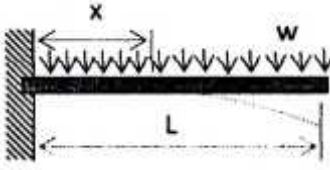
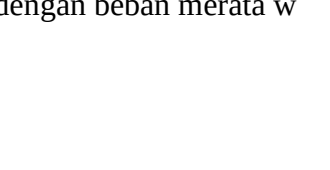
$$\left[d_s = \frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{1/3} \quad \dots(2. \text{ Lit.4, 2005: 189})$$

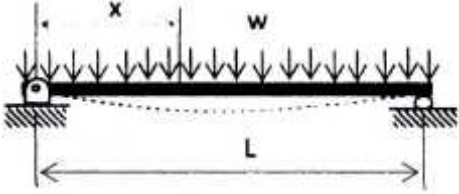
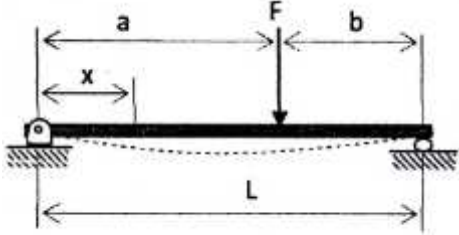
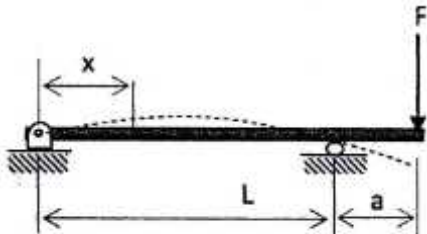
dengan τ_a = Tegangan geser yang diijinkan (N/mm^2)
 K_t = faktor koreksi momen puntir
 C_b = beban lenturan
 T = momen puntir (Nmm)

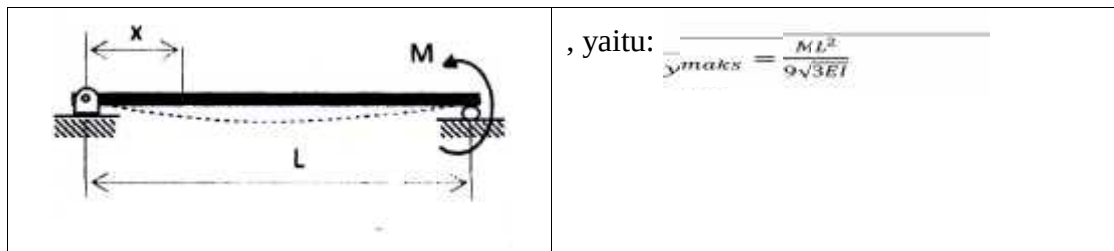
2) Kekakuan Poros

Meskipun sebuah poros telah memiliki kekuatan yang cukup, tetapi jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktelitian pada suatu mesin perkakas. Hal ini dapat berpengaruh pada getaran dan suaranya (misalnya pada turbin dan *gearbox*). Kekakuan poros juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan macam mesin yang akan menggunakan poros tersebut.

Tabel 2.2 Rumus untuk menghitung defleksi pada poros

Pembebanan Pada Poros	Rumus Defleksi
Cantilever dengan beban terpusat F 	Lenturan pada titik yang berjarak x: $y_x = \frac{Fx^2}{6EI} (3L - x)$ Lenturan maksimum terjadi di $x = L$, yaitu: $y_{maks} = \frac{FL^3}{3EI}$
Cantilever dengan beban merata w 	Lenturan pada titik yang berjarak x: $y_x = \frac{wx^2}{24EI} (x^2 + 6Lx + 4L^2)$ Lenturan maksimum terjadi diujung cantilever: $y_{maks} = \frac{wL^4}{8EI}$
Pembebanan Pada Poros	Rumus Defleksi
Balok dengan beban merata w 	Sudut lentur (θ) pada titik A maupun B $\theta_A = \theta_B = \frac{wL^3}{24EI}$ Lenturan pada titik yang bergerak x: $y_x = \frac{wx}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3)$

	Lenturan maksimum terletak pada $x = \frac{L}{2}$ yaitu: $y_{maks} = \frac{5WL^4}{384EI}$
Balok dengan beban terpusat F 	Lenturan pada titik A dan B: $\theta_A = \frac{Fb(L^2 - b^2)}{6LEI} \quad \text{dan} \quad \theta_B = \frac{Fab(2L - b)}{6LEI}$ Lenturan pada titik yang berjarak x: $y_x = \frac{Fbx}{6LEI} (L^2 - x^2 - b^2)$ Lenturan pada titik F ($x=a$), yaitu $y_F = \frac{Fa^2b^2}{3LEI}$ Lenturan maksimum yang terjadi pada $x = \sqrt{\frac{L^2 - b^2}{3}}, \text{ yaitu : } y_{maks} = \frac{Fb}{48EI} (3L^2 - 4b^2)$
	Lenturan pada titik yang berjarak x dari engsel: $y_x = \frac{Fax}{6LEI} (x^2 - L^2)$ Lenturan maks yang terjadi antara kedua tumpuan: $y_{maks} = 0,064 \frac{FaL^2}{EI} (a - L), \text{ yaitu pada } x = \frac{L}{\sqrt{3}} = 0,577 L$ Lenturan pada titik F: $y_F = \frac{Fa^2}{3EI} (a - L)$ Balok dengan beban momen M Sudut lentur di titik A dan B: $\theta_A = \frac{ML}{6EI} \quad \text{dan} \quad \theta_B = \frac{ML}{3EI}$
Pembebanan Pada Poros	Rumus Defleksi
Balok dengan beban momen M	Lenturan pada titik yang berjarak x: $y_x = \frac{Mx(L^2 - x^2)}{6LEI}$ Lenturan maksimum terjadi pada $x = \frac{L}{\sqrt{3}}$



Sumber: [lit.12, 2014: 15]

dengan	y	= lenturan /defleksi (mm)
	F	= gaya/ beban (N)
	W	= berat poros/ balok per satuan panjang (N/mm)
	L	= panjang poros/ balok (mm)
	E	= modulus elastisitas bahan poros/ balok (N/mm ²)
	I	= momen inersia linier penampang poros/ balok (mm ⁴)

3) Putaran Kritis

Bila kecepatan putar suatu mesin dinaikan, maka pada harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini dinamakan putaran kritis. Hal semacam ini dapat terjadi pada turbin, motor torak, motor listrik yang dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jika memungkinkan maka poros harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga kerjanya menjadi lebih rendah daripada putaran kritisnya.

$$n_{cr} = 29,91 \sqrt{\frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i \rho_i^2}} \quad \text{.....(3. lit.4, 2005: 20)}$$

dengan	n_{cr}	= putaran kritis (rpm)
	W	= berat benda atau gaya (N)
	y	= besarnya lenturan pada tiap – tiap beban (m)

4) Korosi

Penggunaan poros propeler pada pompa harus memilih bahan-bahan yang tahan korosi (termasuk plastik), karena akan terjadi kontak langsung dengan fluida yang bersifat korosif. Hal tersebut juga berlaku untuk poros-poros yang terancam kavitasi dan poros pada mesin-mesin yang berhenti lama. Usaha perlindungan dari korosi dapat pula dilakukan akan tetapi sampai batas-batas tertentu saja.

5) Bahan Poros

Poros pada mesin umumnya terbuat dari baja batang yang ditarik dingin. Meskipun demikian, bahan tersebut kelurusannya agak kurang tetap dan dapat mengalami deformasi karena tegangan yang kurang seimbang misalnya jika diberi alur pasak, karena ada tegangan sisa dalam terasnya. Akan tetapi, penarikan dingin juga dapat membuat permukaannya menjadi keras dan kekuatannya bertambah besar.

Poros-poros yang dipakai untuk meneruskan putaran tinggi dan beban berat umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan kulit yang sangat tahan terhadap keausan. Beberapa bahan yang dimaksud di antaranya adalah baja khrom, nikel, baja khrom, dan lain-lain. Sekalipun demikian, pemakaian baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya untuk putaran tinggi dan beban berat saja. Hal ini perlu dipertimbangkan dalam penggunaan baja karbon yang diberi perlakuan panas secara tepat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan.

Tabel 2.3 Mechanical properties of steels used for shafts

Indian standard designation	Ultimate tensile strength, Mpa	Yield strength, Mpa
40 C 8	560 – 670	320
45 C 8	610 – 700	350
50 C 4	640 – 760	370
50 C 12	700 Min.	390

Sumber: [lit.15, 2014:2]

c. Rumus Perhitungan

Perencanaan poros harus menggunakan perhitungan sesuai dengan yang telah ditetapkan. Berikut ini adalah rumus - rumus dasar yang digunakan dalam perhitungan perencanaan poros.

- Tegangan bengkok (σ_b)

$$M = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma_b \cdot d^3 \quad \text{.....(4. lit. 4, 2005: 200)}$$

dengan M = momen bengkok (Nmm)
 d = diameter poros (mm)
 σ_b = tegangan bengkok (N/mm)

- Tegangan puntir (τ)

$$T = \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot d^3 \quad \text{.....(5. lit. 4, 2005: 212)}$$

dengan T = momen puntir atau torsi (Nmm)
 d = diameter posor (mm)
 τ = tegangan puntir (N/mm)

- Tegangan Kombinasi (σ_k)

$$\sigma_k = \frac{16}{\pi d^3} (M + \sqrt{M^2 T^2}) \quad \text{.....(6. lit. 4, 2005: 212)}$$

dengan σ_k = tegangan kombinasi (N/mm²)
 M = momen bengkok (Nmm)
 T = momen puntir atau torsi (Nmm)

2. Roda

Roda depan dan belakang berfungsi sebagai penunjang *forklift* untuk dapat berjalan maju mundur. Roda depan sebagai tenaga penerus gerak *forklift* yang diterima/didapat dari tenaga yang disalurkan melalui rantai roda. Semakin besar gesekan dan beban kendaraan, maka semakin besar tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda.

3. Steer

Steer berfungsi untuk mengarahkan *forklift* agar bisa berbelok kekiri dan kekanan pada saat berjalan.

4. Mur dan Baut

Mur dan baut adalah alat pengikat yang sangat penting dalm suatu rangkaian rancang bangun ini. Jenis mur dan baut beraneka ragam sehingga dalam penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan.

Pemakaian mur dan baut pada kontruksi prototipe *forklift* umumnya digunakan untuk mengikat beberapa komponen, antara lain:

a. Pengikat pada bantalan

- b. Pengikat jok pada rangka
- c. Pengikat poros roda pada rangka
- d. Pengikat bagian *fork*



Gambar 2.11 Mur dan Baut
Sumber: [lit.5, 2005]

Pemilihan mur dan baut sebagai pengikat harus dilakukan dengan teliti untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan beban yang diterimanya sebagai usaha untuk mencegah kerusakan pada suatu alat. Adapun kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh baut antara lain tegangan akibat geser dan permukaan. Rumus dasar perhitungan tegangan geser dan permukaan pada baut sama juga dengan perhitungan tegangan komponen lain.

Tegangan geser yang terjadi (τ_g):

$$\tau_g = \frac{F}{A} \quad \text{.....(7. lit. 5, 2012)}$$

Untuk penampang pada tegangan geser

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{.....(8. lit. 5, 2012)}$$

dengan F = gaya maksimum yang terjadi (N)
 A = luas penampang baut (mm²)
 d = diameter baut (mm)

Tegangan permukaan yang terjadi (τ_p):

$$\tau_p = \frac{f}{a} \quad \text{.....(9. lit. 5, 2012)}$$

Untuk penampang pada poros pejal tegangan permukaan:

$$A = d \cdot l \quad \text{.....(10. lit. 5, 2012)}$$

dengan d = diameter baut (mm)

l = panjang baut (mm)

5. Rantai dan Sproket

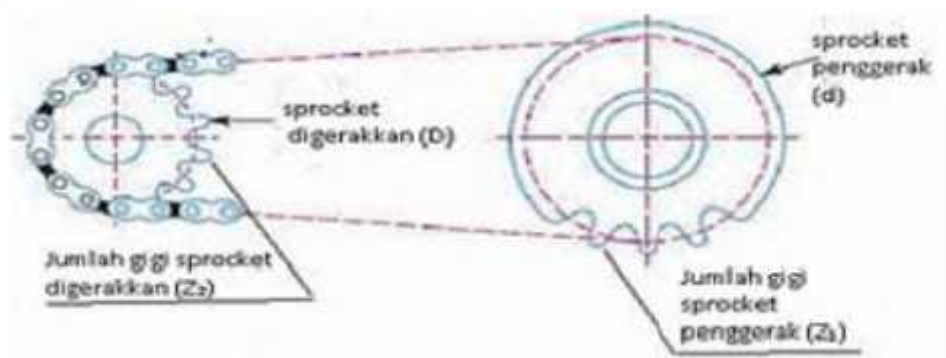
Secara umum rantai merupakan suatu elemen mesin yang berfungsi memindahkan daya dan putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakkan. Bila jarak antara dua poros relatif dekat maka dapat digunakan roda gigi, tetapi apabila jarak antara kedua poros relatif jauh, maka pemindahan daya dapat dilakukan dengan menggunakan rantai, sabuk atau dengan kawat.

Untuk memindahkan daya dan putaran yang besar antara dua poros yang terletak cukup jauh, maka rantai adalah elemen mesin yang tepat untuk digunakan. Semua rantai pada mesin umumnya digunakan untuk mereduksi, yaitu menurunkan putaran yang tinggi dari sumber penggerak menjadi putaran yang lebih rendah atau sebaliknya. Sistem ini tersusun atas bagian – bagian utama yaitu: rantai, sproket, poros bantalan dan baut.

Rumus dasar perhitungan *sprocket*:

Jumlah gigi *sprocket* yang digerakkan (lihat gambar 2.6):

$$\frac{d}{D} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{.....(11. lit. 6, 2012)}$$



Gambar 2.12 Sprocket

Sumber: [lit.6, 2012]

dengan d = diameter sproket penggerak (mm)

- D = diameter *sprocket* yang digerakan (mm)
 Z_1 = jumlah gigi *sprocket* penggerak (buah)
 Z_2 = jumlah gigi *sprocket* yang digerakan (buah)

Putaran *sprocket*

$$n_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \times n_1 \dots \dots (12. \text{ lit. 6, 2012 })$$

- dengan Z_1 = jumlah gigi *sprocket* penggerak (buah)
 Z_2 = jumlah gigi *sprocket* yang digerakan (buah)
 n_1 = putaran *sprocket* penggerak (rpm)
 n_2 = putaran *sprocket* yang digerakan (rpm)

Diameter rata-rata *sprocket*

Untuk *sprocket* penggerak

$$D_p = \frac{P}{\sin (180/Z_1)} \dots (13. \text{ lit. 6, 2012})$$

Untuk *sprocket* yang digerakan

$$D_p = \frac{P}{\sin (180/Z_2)} \dots (14. \text{ lit.6, 2012})$$

- dengan D_p = diameter rata-rata *sprocket* (mm)
 p = *pitch* (mm)
 z = jumlah gigi buah (buah)

Rumus dasar perhitungan rantai:

Kecepatan rantai (V , m/s)

$$V = \frac{p.n.z}{60 \times 1000} (m/s) \dots (15. \text{ lit. 6, 2012})$$

- dengan n = putaran *sprocket* penggerak (rpm)
 Z = jumlah gigi *sprocket* penggerak
 p = *pitch* (mm)

Beban yang ditimbulkan *sprocket* terhadap rantai

$$F = \frac{102 \times d}{v} kg \dots (16. \text{ lit. 6, 2012 })$$

Kekuatan tarik rantai

$$f_t = s_f \times f \dots (17. \text{ lit. 6, 2012 })$$

Nilai S_f yang dipakai untuk kekuatan tarik adalah 10

Panjang mata rantai

$$L_p = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2c}{p} + \frac{(Z_2 - Z_1 / 2\pi)^2}{c/p} \quad \text{.....(18. lit. 6, 2012)}$$

dengan Z_1 = jumlah gigi sprocket penggerak
 Z_2 = jumlah gigi sprocket yang digerakan
 p = *pitch* (mm)
 c = jarak sumbu sprocket (cm)

6. Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban sehingga putaran atau gerak bolak-balik dapat bekerja dengan aman, halus dan panjang umur.

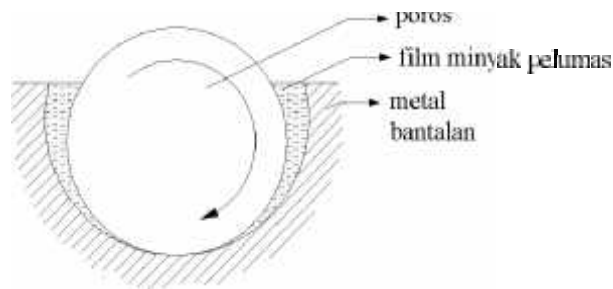
Bantalan harus kokoh untuk memungkinkan poros atau elemen mesin lainnya dapat bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak bekerja dengan baik, maka prestasi kerja seluruh sistem akan menurun atau tidak dapat bekerja semestinya.

Berdasarkan dasar gerakan bantalan terhadap poros, maka bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Bantalan luncur

Bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban yang besar. Bantalan ini memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dibuat dan dipasang dengan mudah.

Bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar karena gesekannya yang besar pada waktu mulai jalan. Pelumasan pada bantalan ini tidak begitu sederhana, gesekan yang besar antara poros dengan bantalan menimbulkan efek panas sehingga memerlukan suatu pendinginan khusus seperti terlihat pada gambar 2.13 di bawah ini.



Gambar 2.13 Pelumasan bantalan luncur
Sumber: [lit.7, 2011]

Lapisan pelumas pada bantalan ini dapat meredam tumbukan dan getaran sehingga hampir tidak bersuara. Tingkat ketelitian yang diperlukan tidak setinggi bantalan gelinding sehingga harganya lebih murah. Macam-macam bantalan luncur adalah bantalan radial, bantalan aksial dan bantalan khusus.

b. Bantalan gelinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol jarum dan rol bulat

Bantalan gelinding pada umumnya cocok untuk beban kecil daripada bantalan luncur, tergantung pada bentuk elemen gelindingnya. Putaran pada bantalan ini dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada elemen gelinding tersebut.

Bantalan gelinding hanya dibuat oleh pabrik-pabrik tertentu saja karena konstruksinya yang sukar dan ketelitiannya yang tinggi. Harganya pun pada umumnya relatif lebih mahal jika dibandingkan dengan bantalan luncur.

Bantalan gelinding diproduksi menurut standar dalam berbagai ukuran dan bentuk, hal ini dilakukan agar biaya produksi menjadi lebih efektif serta memudahkan dalam pemakaian bantalan tersebut.

Keunggulan dari bantalan gelinding yaitu, gesekan yang terjadi pada saat berputar sangat rendah. Pelumasannya pun sangat sederhana, yaitu cukup

dengan gemuk, bahkan pada jenis bantalan gelinding yang memakai sil sendiri tidak perlu pelumasan lagi.

Meskipun ketelitiannya sangat tinggi, namun karena adanya gerakan elemen gelinding dan sangkar, pada putaran yang tinggi bantalan ini agak gaduh jika dibandingkan dengan bantalan luncur.



Gambar 2.14 Komponen bantalan gelinding
Sumber: [lit.7, 2011]

Tabel 2.4 Bantalan nilai x dan y pada beban dinamis

Jenis Bantalan	Spesifikasi	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r \geq e$		e
		X	Y	x	Y	
Peluru Alur dalam	$F_a/C = 0.025$	1	0	0.56	2.0	0.22
	$= 0.04$				1.8	0.24
	$= 0.07$				1.6	0.27
	$= 0.13$				1.4	0.31
	$= 0.25$				1.2	0.37
	$= 0.50$				1.0	0.44
Peluru Kontak Angular	Baris tunggal	1	0	0.35	0.57	1.14
	Baris Dua Tandem		0	0.35	0.57	1.14
	Baris Dua		0.55	0.57	0.93	1.14
	Membelakangi		0.73	0.62	1.17	0.86
	Baris Ganda					

Jenis Bantalan	Spesifikasi	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r \geq e$		e
		X	Y	x	y	
Mengarah Sendiri	Ringan: untuk <i>bore</i> 10 – 20 mm	1	1.3	0.65	2.0	0.50
	25 – 35		1.7	0.65	2.6	0.37
	40 – 45		2.0		3.1	0.31
	50 – 65		2.3		3.5	0.28
	70 – 100		2.4		3.8	0.26
	105 – 110		2.3		3.5	0.28
	Medium: untuk <i>bore</i> 12 mm		1.0		1.6	0.63
	15 – 20		1.2		1.9	0.52
	25 – 50		1.5		2.3	0.43
	55 – 90		1.6		2.5	0.39
Rol Bulat (<i>Sphere</i>)	Untuk <i>bore</i> 25 – 35 mm	1	2.1	0.67	3.1	0.32
	40 – 45		2.5		3.7	0.27
	50 – 100		2.9		4.4	0.23
	100 – 200		2.6		3.9	0.26
Rol Kerucut	Untuk <i>bore</i> 30 – 40 mm	1	0	0.4	1.60	0.37
	45 – 110				1.45	0.44
	120 – 150				1.35	0.41

Sumber: [lit.7, 2011]

a. Rumus perhitungan

Rumus perhitungan bantalan gelinding antara lain mengenai:

1. Beban ekuivalen dinamis

$$P_e = x \cdot v \cdot F_r + F_a \cdot Y \quad \dots(19. \text{ lit. } 7, 2011: 120)$$

dengan P_e = beban ekuivalen dinamis (N)

x = faktor beban radial

y = faktor beban aksial

v = faktor kecepatan

jika cincin dalam yang berputar = 1,2

jika cincin luar yang berputar = 1

F_r = beban radial (N)

F_a = beban aksial (N)

1) Faktor kecepatan bantalan (f_v)Untuk elemen gelinding bola

$$f_n = \left[\frac{33,3}{n} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{.....(20. lit. 7, 2011: 120)}$$

dengan n = putaran (rpm)2) Faktor umur bantalan (f_h)

$$f_h = f_n \frac{C}{p_e} \quad \text{.....(21. lit. 7, 2011: 120)}$$

dengan f_h = faktor umur bantalan f_n = faktor kecepatan C = beban nominal dinamis spesifik (N)3) Umur nominal bantalan (L_h)

$$L_h = 500 \cdot f_h^3 \quad \text{.....(22. lit. 7, 2011: 120)}$$

dengan L_h = umur nominal bantalan f_h = faktor umur bantalan**2.7 Hukum Keseimbangan dan Newton**

1. Hukum Newton I

Jika resultan gaya pada suatu benda sama dengan nol, maka benda yang diam akan tetap diam dan benda yang bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan tetap

$$R = P_1 + P_2 - P_3 = (2 + 3 - 5) \text{ ton} = 0 \text{ ton}$$

2. Hukum Newton II

Percepatan sebuah benda berbanding lurus dengan gaya total yang bekerja padanya dan berbanding terbalik dengan massanya. Arah percepatan sama dengan arah gaya total yang bekerja padanya.

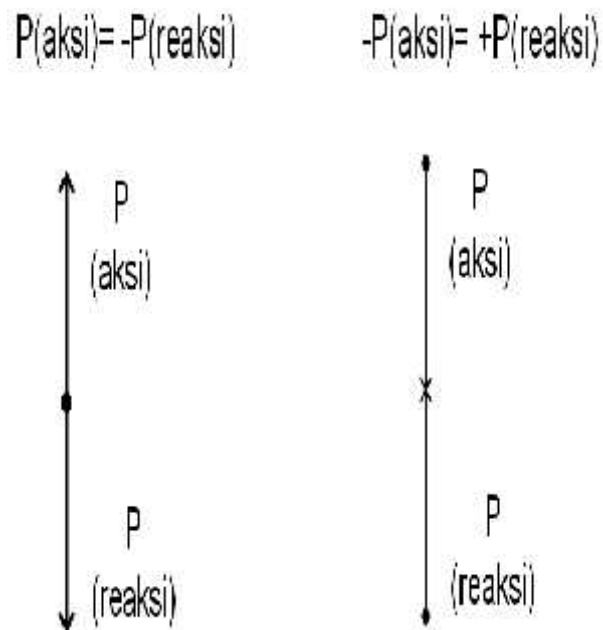
$$a = \frac{\sum F}{m} \text{ atau } \sum F = m \cdot a$$

dengan a = percepatan (m/s^2) $\sum F$ = resultan gaya (N)

$M = \text{massa benda (kg)}$

3. Hukum Newton III

Ketika suatu benda memberikan gaya pada benda kedua, benda kedua tersebut memberikan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah terhadap benda pertama



Gambar 2.17 Hukum newton tiga

Sumber: [lit.13, 2013]

2.8 Titik Berat Benda

Titik berat benda merupakan pusat massa benda dimana benda akan berada dalam keseimbangan rotasi.

Rumus titik berat benda dengan f_i = gaya yang terjadi dititik i , x_i = jarak sumbu x dititik i , dan y_i = jarak sumbu y dititik i adalah

- Untuk sumbu x :

$$x = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i}$$

- Untuk sumbu y :

$$y = \frac{\sum f_i \cdot y_i}{\sum f_i}$$

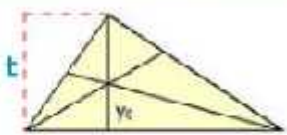
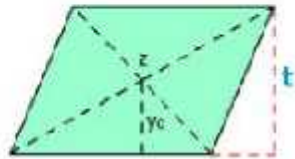
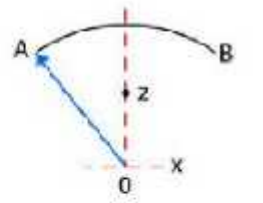
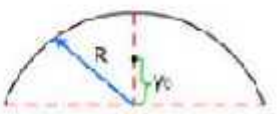
- Resultan sumbu x dan sumbu y:

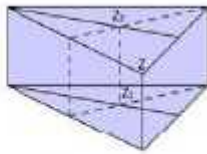
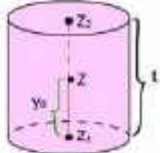
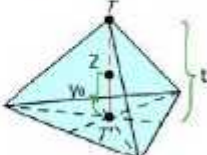
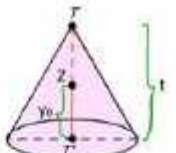
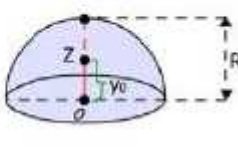
$$R = \sqrt{e_x^2 + e_y^2}$$

- Arah R terhadap $f_i \cdot y_i$:

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{\sum f_i \cdot x_i}{R}$$

Tabel 2.5 Titik berat

Nama benda	Gambar benda	Letak titik berat	Keterangan
1. Bidang segitiga		$y_0 = \frac{1}{3} t$	t = tinggi segitiga
2. Jajargenjang		$y_0 = \frac{1}{2} t$	t = tinggi
3. Bidang juring lingkaran		$y_0 = \frac{2}{3} R \cdot \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$	θ = busur AB / busur AB R = jari-jari lingkaran
4. Busur lingkaran		$y_0 = \frac{4R}{3\theta}$	

Nama benda	Gambar benda	Letak titik berat	Keterangan
1. Prisma pejal beraturan		Z pada titik tengah z_1, z_2 $y_0 = \frac{1}{2} l$ $V = \text{luas alas} \times \text{tinggi}$	z_1 = titik berat bidang alas z_2 = titik berat bidang atas l = panjang sisi tegak V = volume
2. Silinder pejal		$y_0 = \frac{1}{2} t$ $V = \pi R^2 \cdot t$	t = tinggi silinder R = jari-jari lingkaran
3. Limas pejal beraturan		$y_0 = \frac{1}{4} t$ $V = \frac{\text{luas alas} \times \text{tinggi}}{3}$	t = tinggi limas beraturan
4. Kerucut pejal		$y_0 = \frac{1}{4} t$ $V = \frac{\pi R^2 \cdot t}{3}$	t = tinggi kerucut R = jari-jari lingkaran
5. Setengah bola		$y_0 = \frac{3}{8} R$ $V = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi R^3$ $= \frac{2}{3} \pi R^3$	R = jari-jari bola

Sumber: [lit. 14, 2015]

2.9 Statistika

Setelah dilakukan beberapa pengujian pada prototipe *forklift* maka dari hasil pengujian tersebut dapat dibuat grafik pengujian untuk lebih mudah mengetahui hasil dari pengujian tersebut.

1. Ukuran tendensi sentral (M)

a. Rata-rata hitung sentral *arithmetical mean*, M

1) Data tak tersusun (data mentah)

$$M = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \dots (23. \text{ lit. 8 2010: 16})$$

2) Data tersusun

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k f_i \cdot X_i \quad \text{.....(24. lit. 8, 2010: 17)}$$

Untuk memperkecil angka perhitungan maka rumus diatas disederhanakan dengan menggunakan cara *coding* yang rumusnya adalah:

$$M = X_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k f_i \cdot c_i \quad \text{.....(25. lit. 8, 2010: 17)}$$

dengan X_o = nilai tengah pada kode 0

I = interval (jarak antar kelas)

n = jumlah data

f_i = frekwensi tiap-tiap kelas

c_i = koding tiap-tiap kelas

b. Median atau Nilai tengah (M_d)

1) Data tak tersusun (data mentah)

Misal sekelompok data: 64,67,70,66,68,72 dan 65. Maka data ini harus disusun kedalam *array*, yaitu: 64,65,66,67,68,70, dan 72. Dari *array* ini dapat diketahui bahwa data yang terletak ditengah adalah 67, atau median (M_d) = 67.

2) Data tersusun

Untuk data yang sudah tersusun kedalam distribusi frekuensi, maka perhitungan nilai median akan sedikit mengalami kesulitan, karena harus berdasarkan grafik batang atau histogram.

$$M_d = B_b + I \left(\frac{n/2 - \sum f_{sb}}{f_{md}} \right) \quad \text{..... (26. lit. 8, 2010: 19)}$$

Dengan B_b = batas bawah kelas median

I = interval (jarak antar kelas)

n = jumlah data

$\sum f_{sb}$ = jumlah frekw. Kelas-kelas sebelum median

f_{md} = frekw. Kelas median

c. Modus (M_o)

$$M_o = B_b + I \left(\frac{f_{mo} - f_{sb}}{f_{mo} - f_{sb} + f_{mo} - f_{sd}} \right) \quad \dots (27. \text{ lit.8, 2010: 20})$$

dengan B_b = batas bawah kelas median

I = interval (jarak antar kelas)

f_{mo} = frekwensi kelas modus

f_{sb} = frekwensi kelas sebelum kelas modus

f_{sd} = frekwensi kelas sesudah kelas modus

2. Ukuran sebar (simpangan baku/*standard deviation*)

a. Data tak tersusun

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - M)^2}{n}} \text{ untuk } (n \geq 30) \quad \dots (28. \text{ Lit.8, 2010: 22})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - M)^2}{n-1}} \text{ untuk } (n < 30) \quad \dots (29. \text{ lit.8, 2010: 22})$$

b. Data tersusun

Untuk data yang sudah tersusun dalam table distribusi frekwensi, maka besarnya simpangan baku dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i (X_i - M)^2}{n}} \text{ untuk } (n \geq 30) \quad \dots (30. \text{ lit.8, 2010: 22})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i (X_i - M)^2}{n-1}} \text{ untuk } (n < 30) \quad \dots (31. \text{ lit.8, 2010: 22})$$

Untuk menyederhanakan perhitungan, kedua rumus diatas dapat diubah menjadi:

$$s = \sqrt{\frac{n \sum f_i x_i^2 - (\sum f_i x_i)^2}{n^2}} \text{ untuk } (n \geq 30) \quad \dots (32. \text{ lit.8, 2010: 22})$$

$$s = \sqrt{\frac{n \sum f_i x_i^2 - (\sum f_i x_i)^2}{n^2(n-1)}} \text{ untuk } (n < 30) \quad \dots (33. \text{ lit.8, 2010: 22})$$

2.10 Rumus lain yang terkait dalam perancangan prototipe *forklift*

Rumus kecepatan linear (V, m/s)

$$V = \frac{s}{t} \quad \text{..... (34. lit.9, 2011: 19)}$$

dengan s = jarak yang ditempuh (m, km)

v = kecepatan (km/jam, m/s)

t = waktu tempuh (jam, sekon)

Kecepatan di jalan menanjak (lihat gambar 2.13):

$$V = \frac{s.m.a}{w . \cos \alpha . t} \quad \text{..... (35. lit.9, 2011: 19)}$$

dengan

s = jarak yang ditempuh (m, km)

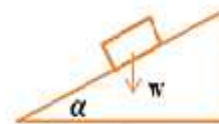
V = kecepatan (km/jam, m/s)

m = berat (kg)

a = percepatan (m/s²)

w = beban (kgm/s²)

t = waktu tempuh (jam, sekon)



Gambar 2.18 Kecepatan di jalan menanjak

Sumber: [lit.9, 2011]

Kecepatan di jalan menurun (lihat gambar 2.14):

$$V = \frac{h . m . a}{w . \sin \alpha . t} \quad \text{.....(36. lit.9, 2011: 19)}$$

dengan

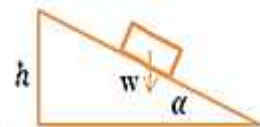
V = kecepatan (km/jam, m/s)

h = ketinggian (m)

a = percepatan (m/s²)

w = beban (N)

t = waktu tempuh (jam, sekon)



Gambar 2.19 Kecepatan di jalan menurun

Sumber: [lit.9, 2011]

Rumus hukum kesetimbangan

Syarat Keseimbangan Translasi

.....(37. lit.9, 2011. 20)

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

Syarat Keseimbangan Translasi dan Rotasi

.....(38. lit.9, 2011. 20)

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma \tau = 0$$

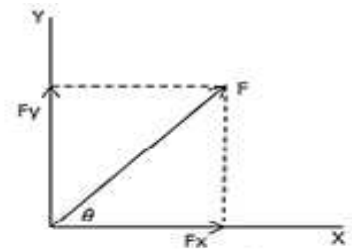
Penguraian Gaya (lihat gambar 2.15)

$$F_x = F \cos \theta$$

$$F_y = F \sin \theta$$

Keterangan:

θ = sudut antara gaya F terhadap sumbu X



Gambar 2.20 Penguraian gaya
Sumber: [lit.9, 2011]

Momen bengkok poros

$$M = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma_b \cdot d^3$$

dengan

σ_b = tegangan bengkok (N/mm²)

M = momen bengkok (Nmm)

d = diameter poros (mm)

.....(39. lit.9. 2011: 21)

2.11 Perhitungan Waktu Permesinan

Proses pengerjaan komponen-komponen rancang bangun prototipe dikerjakan dengan beberapa mesin yaitu mesin bubut, mesin bor dan gerinda. Disamping itu mempergunakan jenis mesin diatas, proses pengerjaannya juga dikerjakan dengan cara manual seperti mengikir, mengelas, *bending* dan menggerinda.

Dibawah ini akan diuraikan perhitungan waktu produksi dengan menggunakan mesin dan secara manual.

1. Perhitungan waktu produksi pada mesin bubut

- Kecepatan potong (V_c , m/detik)

Kecepatan potong adalah panjang potongan dalam m/min (meter per menit), maka rumusnya adaalah:

$$V_c = \frac{1000 \cdot \pi \cdot D}{60} (m/detik) \quad \text{.....(40. lit.10, 2010: 89)}$$

Dengan V_c = Kecepatan potong (m/detik)

D = diameter benda kerja (mm)

N = putaran mesin (rpm)

- Pembubutan permukaan

$$T_m = \frac{r}{S_r N} \quad \text{.....(41. lit.10, 2010: 89)}$$

- Pembubutan memanjang

$$T_m = \frac{L}{S_r N} \quad \text{.....(42. lit.10, 2010: 89)}$$

dengan T_m = waktu pengerjaan (jam)

r = jari – jari benda kerja (mm)

L = panjang benda kerja (mm)

S_r = kedalaman permukaan (mm/put)

N = putaran mesin (rpm)

2.12 Perhitungan Biaya produksi

Biaya produksi terdiri dari:

1. Biaya material

Untuk mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pembelian bahan baku dalam rancang bangun prototipe *forklift*.

2. Biaya sewa mesin

Dalam menentukan biaya sewa mesin, dapat diperhitungkan berdasarkan biaya penyusutan harga biaya sewa mesin serta biaya faktor penunjang lainnya, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$K_M = (K_D + K_p) \cdot t_m \quad \text{.....(43. lit.11 2011: 99)}$$

$$K_D = \frac{V - v}{N_u \cdot T_f}$$

$$K_p = 20\% \times K_D$$

dengan K_M = biaya sewa mesin (Rp/jam)

K_D = penyusutan harga (Rp)

K_p = faktor penunjang

T_f = pemakaian mesin efektif (2000 jam/tahun)

- T_m = waktu pemesinan (jam)
 V = nilai ganti (1,5 harga x harga mesin)
 v = nilai sisa (10% x harga mesin)
 N_u = umur mesin (diambil 13 tahun)

3. Biaya listrik

Untuk menentukan biaya pemakaian listrik dapat diambil biaya rata-rata Rp. 1000/Kwh untuk industry menengah keatas. Perhitungan biaya listrik dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$B_1 = T_m \cdot B_1 \cdot P \quad \text{..... (44. lit.11, 2011: 99)}$$

- dengan B_1 = biaya listrik (Rp)
 T_m = waktu pemesinan (jam)
 B_1 = biaya pemakaian listrik (Kwh)
 P = daya mesin (Kw)

4. Biaya operator

Biaya operator mesin bubut, las dll = biaya operator perjam x waktu total pengerjaan.

5. Biaya produksi total

Dari semua biaya yang didapat, maka biaya produksi untuk pembuatan prtotipe *forklift* ini terdiri dari biaya material, biaya sewa mesin, biaya listrik, dan biaya operator.

BP = biaya material + biaya sewa mesin

Biaya produksi = (biaya material + biaya sewa mesin) + biaya listrik + biaya operator)

6. Biaya perencanaan

Biaya perencanaan ditetapkan 20% dari biaya produksi, jadi besar ongkos adalah:

Biaya perencanaan = 20% x biaya produksi

7. Biaya penjualan

Untuk biaya penjualan prototipe *forklift* terdiri dari biaya transportasi yang diambil sebesar 3% dari biaya produksi, biaya

promosi diambil 5% dari biaya produksi, dan biaya administrasi diambil 1% dari biaya produksi:

- a. Biaya transportasi = $3\% \times \text{biaya produksi}$
- b. Biaya promosi = $5\% \times \text{biaya produksi}$
- c. Biaya administrasi = $1\% \times \text{biaya produksi}$

Jadi total biaya penjualan adalah biaya transportasi + biaya promosi + biaya administrasi.

8. Biaya Pajak

Biaya pajak yang dikenakan dalam pembuatan rancang bangun prototipe *forklift* ini sebesar 5% dari biaya produksi.

Biaya pajak = $5\% \times \text{biaya produksi}$

9. Biaya tak terduga

Biaya tak terduga yang diambil dalam rancang bangun ini sebesar 15% dari biaya produksi, jadi biaya tak terduga = $15\% \times \text{biaya produksi}$.

10. Keuntungan

Keuntungan yang diharapkan dari penjualan prototipe *forklift* adalah 25% dari biaya produksi.

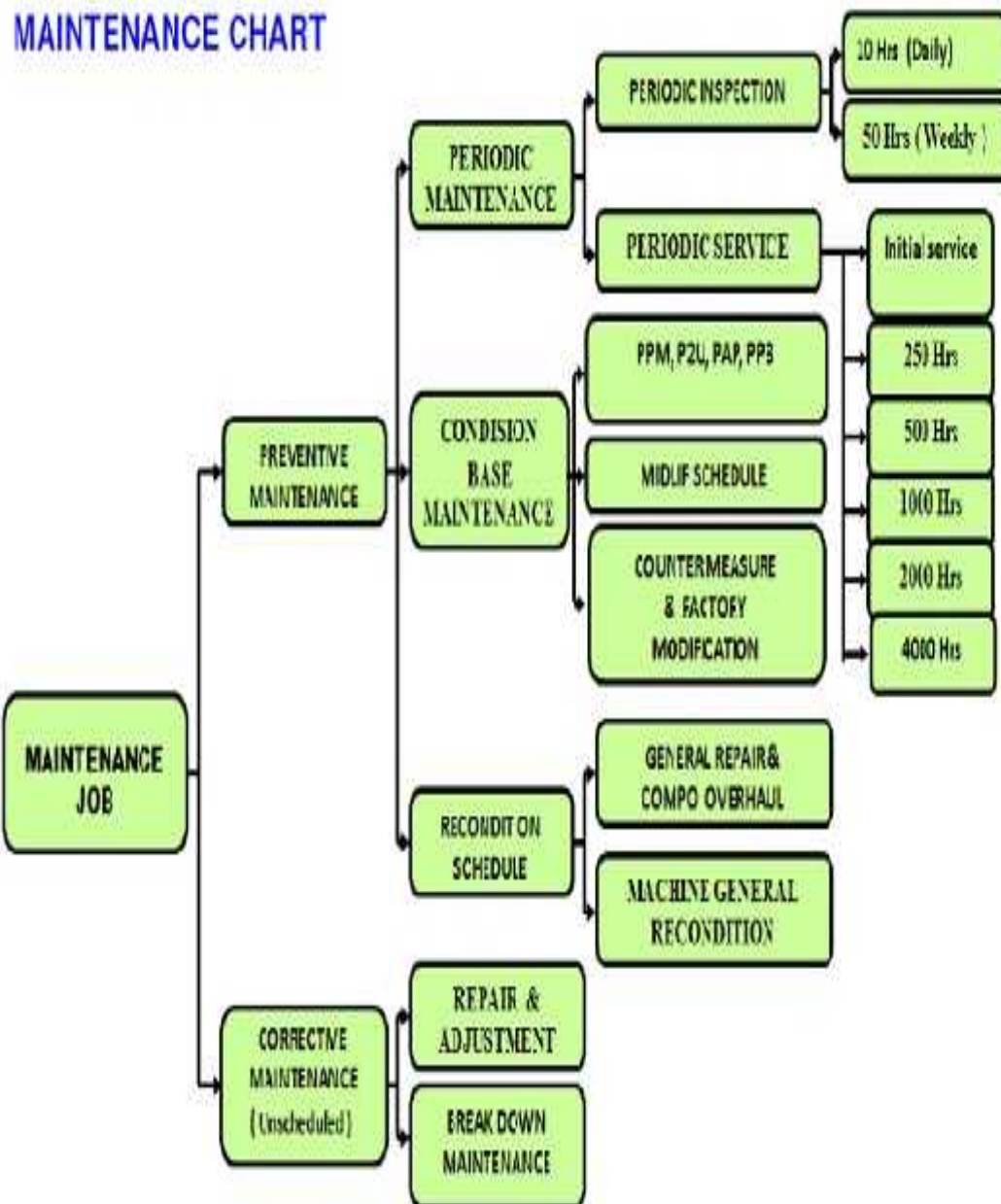
Keuntungan = $25\% \times \text{biaya produksi}$

11. Harga jual

Harga jual = biaya produksi + biaya perencanaan + biaya penjualan

2.13 Maintenance

Maintenance pada umumnya dapat diklasifikasikan seperti pada bagam berikut:



Gambar 2.21 Diagram Klasifikasi Maintenance

1 Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah inspeksi periodic untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan produksi berhenti atau berkurangnya fungsi mesin dikombinasikan dengan pemeliharaan untuk menghilangkan, mengendalikan, kondisi tersebut dan mengembalikan mesin ke kondisi semula atau dengan kata lain deteksi dan penanganan diri kondisi abnormal mesin sebelum kondisi tersebut menyebabkan cacat atau kerugian. Secara umum, *preventive maintenance* dibagi menjadi tiga, yaitu *periodic maintenance*, *schedule overhaul*, dan *condition base maintenance*.

a. Periodic Maintenance

Periodic maintenance adalah pelaksanaan service yang harus dilakukan setelah peralatan bekerja untuk jumlah jam operasi tertentu. Jumlah jam kerja ini adalah sesuai dengan jumlah yang ditunjukkan oleh pencatat jam operasi (service meter) yang ada pada alat tersebut. Pelaksanaan periodic maintenance ini meliputi perawatan harian dan perawatann berkala.

b. Schedule overhaul

Jenis perawatan yang dilakukan dengan interval tertentu sesuai dengan standard overhaul di lakukan yang telah ditemukan terhadap masing-masing komponen yang ada. *Schedule overhaul* dilaksanakan untuk merekondisi mesin atau komponen agar kembali ke kondisi standard sesuai dengan *Standard Factory*. Interval waktu yang telah di tentukan dipengaruhi oleh kondisi yang beraneka ragam seperti kondisi medan operasi, *periodic service*, *skill operator* dan sebagainya.

Overhaul di laksanakan secara terjadwal tanpa menunggu mesin / komponen tersebut rusak. Dalam pelaksanaannya kadang kala terjadi sesuatu yang merubah jadwal schedule.

Macam - macam *overhaul* :

- *Engine overhaul*
- *Transmission overhaul*

- *Final drive overhaul*
- *General overhaul*, dan sebagainya.

c. Condition Base Maintenance

Condition Base Maintenance adalah Jenis perawatan yang bertujuan untuk mengembalikan kondisi unit seperti semula (standard), dengan cara melakukan pekerjaan service, seperti: PPM, PPU yang hasil pengukurannya disesuaikan dengan standard yang terbaru (service news dan modification program).

1. Program Analisa Pelumas (PAP)



Gambar 2.22 Bagan Program Analisa Pelumas (PAP)

Analisa minyak pelumas dan keausan adalah merupakan suatu sistem perawatan yang dilakukan secara ilmiah. Hal ini untuk mengetahui sedini mungkin keausan dan gejala kerusakan pada komponen yang disebabkan oleh keausan yang tidak wajar tanpa harus membongkar komponen tersebut.

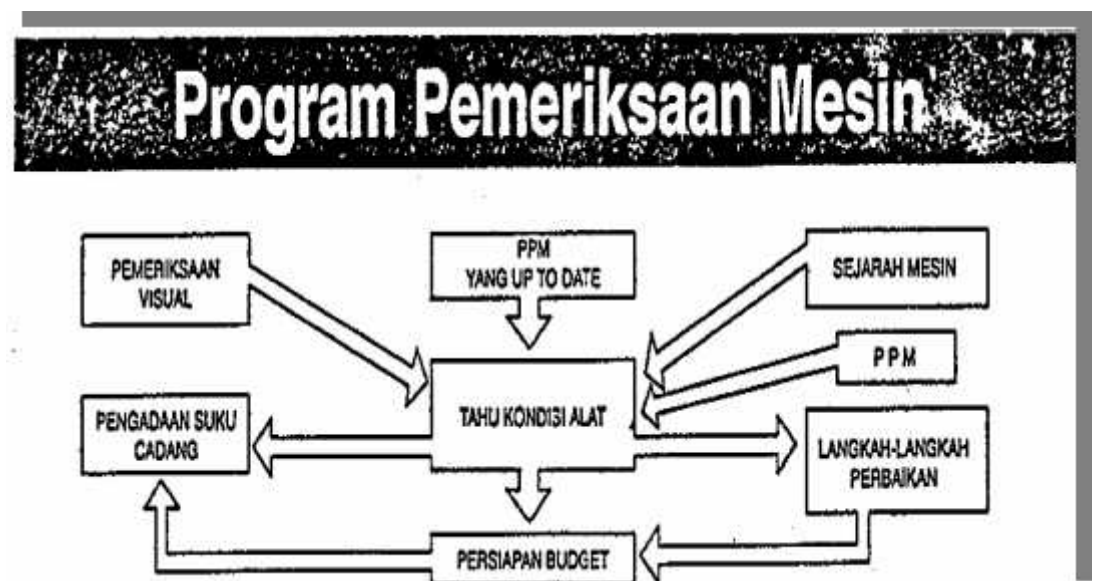
Program ini dilaksanakan dengan mengambil contoh minyak pelumas (sample) pada alat yang dilakukan secara berkala. Setiap contoh minyak pelumas yang diambil akan dianalisa dilaboratarium untuk

mengetahui jenis serta kadar logam yang terdapat didalam minyak pelumas tersebut, sehingga dapat diketahui kemungkinan kerusakan yang akan terjadi. Sebagai contoh, data diketahui keausan yang tidak wajar pada bearing, piston, crankshaft. Hydraulic pump atau valve.

Melalui Program Analisa Pelumas dapat diketahui juga gejala penurunan kemampuan engine, masalah-masalah pembakaran, kebocoran air pendinginan atau bahan anti freeze dan kotoran-kotoran yang bercampur dengan oil.

Dengan demikian kerusakan yang berakibat fatal dapat diketahui secepatnya, disamping itu membantu rencana perawatan yang lebih ekonomis, untuk dapat meningkatkan produktivitas.

2. Program Pemeriksaan Mesin (PPM)



Gambar 2.23 Bagan Program Pemeriksaan Mesin (PPM)

Program Pemeriksaan Mesin (PPM) bertujuan untuk mendapatkan data yang akurat atas kondisi unit. Caranya dengan memakai Metode Pengukuran dan Instrument Diagnostik. Berdasarkan data yang didapat, rekomendasi yang diperlukan dapat diberikan untuk memperbaiki keadaan mesin menuju kondisi operasi yang optimum. Data yang telah terkumpul

kemudian dimasukkan dalam Sistem Manajemen Mesin untuk mencatat umur pemakaian mesin, biaya perbaikan dan membantu jadwal penggantian mesin, dan sebagai historical dari mesin.

d. *Corrective Maintenance*

Perawatan yang dilakukan untuk mengembalikan mesin ke kondisi standard bisa berupa repair atau penyetelan berbeda dengan *preventive maintenance* yang pelaksanaannya teratur tanpa menunggu adanya kerusakan, pada *corrective maintenance* justru perbaikan dilakukan setelah komponen/mesin tersebut telah menunjukkan adanya gejala kerusakan atau rusak sama sekali. *Corrective maintenance* di terbagi menjadi 2 (dua), yaitu:

1. *Repair dan Adjustment*

Perawatan yang sifatnya memperbaiki kerusakan yang belum parah atau mesin belum break down (tidak bisa digunakan).

2. *Break Down Maintenance*

Perawatan yang dilaksanakan setelah mesin tersebut betul -betul rusak. Hal ini biasanya terjadi karena adanya kerusakan yang diabaikan terus tanpa ada usaha untuk memperbaiki. Sehingga kerusakan tersebut makin lama makin parah. Bila Machine Break Down seperti ini, umumnya kerusakan kecil tadi menjadi besar dan menyebabkan komponen lain ikut-ikut menjadi rusak juga. Perawatan yang demikian ini akan menyebabkan biaya perbaikan yang melambung tinggi. Untuk menghindari hal ini, lakukanlah *Preventive Maintenance* dengan baik dan segera perbaiki bila ada gejala kerusakan agar kerusakan yang lebih besar dapat dihindari.