

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Kedelai

Kedelai adalah tanaman herba yang berdiri tegak. Daun kedelai biasanya berbulu, berbentuk bulat (*oval*), dan runcing (*Lanceolate*). Terdapat tiga helai daun pada setiap daun. Ruas pada batang kedelai merupakan tempat bunga akan tumbuh. Ruas yang subur adalah ruas yang menghasilkan buah. Biasanya, batang tanaman akan bercabang.

Kedelai adalah tanaman perdu yang tumbuh tegak dan digunakan sebagai tanaman pangan. *Glycine ururiensis*, atau kedelai liar, adalah nenek moyang banyak kedelai modern, termasuk *Glycine max* (L) Merrill. Daerah Manshukou di Tiongkok Utara merupakan asal kedelai. Setelah itu, tanaman kedelai masuk ke daerah Mansyuria, Jepang di Asia Timur, dan negara-negara lain di Afrika dan Amerika. Tanaman ini telah ditanam sebagai tanaman pangan di Indonesia sejak abad ke-17. Selain itu, karena kedelai dapat meningkatkan kesuburan tanah, kedelai juga disebut sebagai "pupuk hijau" (Alfa tujuh, 2013).

Toleransi kesamaan tanah (Ph tanah) bagi kedelai adalah 5,8-7,0. Di sisi lain, kedelai dapat tumbuh pada pH 4,5. Keracunan aluminium menyebabkan pertumbuhan menjadi sangat lambat pada nilai pH di bawah 5,5. Lebih jauh lagi, proses nitrifikasi pengubahan amonia menjadi nirit atau proses pembusukan dan perkembangan bakteri bintil akar akan berjalan lancar. Di wilayah dengan curah hujan bulanan 100–400 mm, tanaman kedelai dapat tumbuh subur. Untuk hasil terbaik, tanaman kedelai membutuhkan curah hujan 100–200 mm/bulan (Rahmat Kurniadi, 2015).

2.2 Karakteristik Fisik Kedelai

Biji kedelai tidak memiliki jaringan endosperma, memiliki dua kotiledon, dan ditutupi oleh kulit biji. Di antara kotiledon terdapat embrio. Kulit biji berwarna coklat, hijau, hitam, dan kuning. Jaringan bekas biji yang menempel pada dinding buah dikenal sebagai pusat biji (hilum). Biji kedelai biasanya berbentuk bulat atau lonjong, tetapi bisa juga datar atau agak bulat. Jika biji kedelai kering menerima cukup air, mereka akan bertunas. Karena kotiledon kecambah kedelai muncul di atas tanah, mereka dikategorikan sebagai epigeous. Terkait dengan warna bunga, hipokotil bagian batang kecambah di bawah kotiledon memiliki rona ungu atau hijau. Kedelai hipokotil hijau memiliki bunga putih, sedangkan kedelai hipokotil ungu memiliki bunga ungu.

Tinggi batang kedelai adalah 30 hingga 100 cm. Batang dapat menghasilkan tiga hingga enam cabang, tetapi jika tanaman terlalu rapat, cabang-cabangnya akan jarang atau tidak bercabang sama sekali. Ada tiga jenis pertumbuhan batang: semi-terbatas (*semi-indeterminate*), terbatas (*determinate*), dan tak terbatas (*indeterminate*). Karena memiliki organ jantan dan betina, bunga kedelai merupakan bunga yang ideal. Untuk meminimalkan kemungkinan perkawinan silang spontan, penyerbukan terjadi saat mahkota bunga masih tertutup. Polong adalah buah kedelai. Setiap tanaman dapat menghasilkan 100–250 polong. Polong kedelai yang berbulu berwarna abu-abu atau kuning kecokelatan. Polong yang awalnya berwarna hijau akan berubah menjadi kehitaman saat buahnya matang. Dua daun tunggal terbentuk pada buku pertama tanaman yang tumbuh dari biji. Selain itu, daun majemuk selalu terbentuk dengan tiga daun di semua buku di atasnya. Tangkai daun tunggal pendek, sedangkan tangkai daun tiga daun agak panjang. Setiap daun berwarna hijau, tipis, dan lonjong. Kedua sisi daun memiliki bulu-bulu halus (*Trichoma*) di permukaannya. Ketiak tangkai daun majemuk akan menumbuhkan tunas atau bunga. Dimulai dari daun yang menempel pada pangkal batang, daun akhirnya menguning dan rontok. (Ismail Idrus, 2013).

2.3 Kulit Ari Kedelai

Kulit ari biji kedelai merupakan limbah dari sektor tempe yang dapat dikembangkan untuk menghasilkan barang yang lebih bermanfaat. Tujuan pemanfaatan ini adalah untuk menciptakan produk baru berupa pakan ternak yang akan menghasilkan limbah padat yang kualitas dan kuantitasnya jauh lebih tinggi dari sebelumnya. Selain energi metabolik sebesar 2898 kkal/kg, kulit kedelai mengandung 17,98% protein kasar, 5,5% lemak kasar, dan 24,84% serat kasar.

Mengupas kulit kedelai merupakan salah satu tahapan dalam produksi susu kedelai. Kulit kedelai memiliki kandungan lignin yang rendah, 67% serat, dan 9–16,5% protein. Bergantung pada metode pengolahan, komposisi kandungan kulit kedelai bervariasi; misalnya, mengupas secara manual akan menghasilkan nilai yang berbeda dibandingkan dengan menggunakan mesin (*digiling*). Kulit kedelai digunakan untuk pakan ternak karena kandungan ini.

Selain itu, saluran pencernaan sapi, kambing, dan ternak lainnya dapat dengan mudah mencerna kulit kedelai karena kandungan ligninnya yang rendah. Karena mengandung kolesterol dan rasanya tengik, mata dan kulit kedelai dipisahkan atau dibuang (Andra Istiansari, 2014).

2.4 Proses Pengolahan Kedelai

Sebagai bahan makanan, kacang kedelai memiliki kandungan gizi yang tinggi. Kacang kedelai memiliki kandungan protein tertinggi (35–45%), kandungan lemak (18–32%), kandungan karbohidrat (12–30%), kandungan air (7%), vitamin, mineral, dan serat dibandingkan dengan semua jenis kacang-kacangan. Dalam lemak kedelai terkandung beberapa *Fosfolipida* penting, yaitu *Lesitin*, *Sepalin* dan *Lipositol*.

Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki potensi besar untuk produksi kedelai. Banyak faktor, seperti nilai gizi kedelai yang tinggi untuk digunakan

sebagai bahan makanan dan dalam industri, yang berkontribusi terhadap meningkatnya perhatian global terhadap kedelai (Susanto, 1994).

Bahkan varietas kedelai yang unggul dapat memiliki kandungan protein sebesar 40–43%. Meskipun kandungan protein kedelai hampir sama dengan susu skim kering, namun lebih tinggi daripada bergs, jagung, tepung singkong, kacang hijau, daging, ikan segar, dan telur ayam. Makanan yang terbuat dari 157,14 gram kedelai dapat memenuhi kebutuhan protein harian sebesar 55 gram jika seseorang dilarang mengonsumsi daging atau sumber protein hewani lainnya.

Kacang kedelai dapat diolah menjadi berbagai macam makanan dengan cara yang mudah menggunakan peralatan yang memadai untuk keperluan rumah tangga sehari-hari. Kacang kedelai digunakan untuk membuat berbagai macam makanan, seperti susu kedelai, yang terbuat dari ekstrak kacang kedelai. Susu kedelai hampir sama dengan susu sapi dalam hal kandungan protein, komposisi asam amino, dan kandungan lemak. Jenis kacang kedelai dan metode pengolahannya menentukan komposisinya.

Susu kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu bagi orang yang tidak tahan terhadap susu sapi karena mengandung sumber protein dengan komposisi asam amino yang mirip dengan susu sapi, selain memiliki banyak manfaat gizi. Pembuatan susu kedelai juga sangat mudah (Deshaliman, 2003).

A. Susu Kedelai

Susu kedelai adalah minuman yang terbuat dari kacang kedelai yang menyerupai susu. Minuman yang berasal dari Tiongkok ini merupakan campuran protein, air, dan minyak yang stabil. Mirip dengan susu, susu kedelai terdiri dari 2,9% karbohidrat, 2% lemak, dan 3,5% protein. Anda dapat menggunakan mesin atau peralatan dapur dasar untuk membuat susu kedelai dengan menggiling kacang kedelai kering dengan air. Karena bebas kolesterol dan mengandung fitokimia senyawa yang ditemukan dalam bahan makanan yang memiliki manfaat kesehatan susu kedelai juga disebut sebagai minuman kesehatan. Karena susu kedelai tidak

mengandung laktosa, susu kedelai merupakan pilihan yang baik bagi mereka yang tidak toleran terhadap laktosa, yang berarti mereka tidak memiliki enzim laktase dalam tubuh mereka. Enzim laktase diperlukan untuk pencernaan makanan berlemak.

Susu kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu bagi orang yang tidak tahan terhadap susu sapi karena mengandung sumber protein dengan komposisi asam amino yang mirip dengan susu sapi. Selain menawarkan banyak manfaat gizi, pembuatan susu kedelai juga sangat mudah. Setelah kedelai direndam dalam air, kedelai digiling untuk membuat susu kedelai. Filtrat yang dihasilkan kemudian direbus dan dibumbui untuk meningkatkan rasanya (Koeswara, 1995).

B. Kandungan Nutrisi Susu Kedelai

Susu kedelai merupakan minuman yang sangat bergizi, terutama karena kandungan proteinnya yang tinggi. Komponen lain dari susu kedelai meliputi air, provitamin A, kalsium, fosfor, zat besi, lemak, karbohidrat, dan vitamin B kompleks (selain B12). Meskipun demikian, masih terdapat kurangnya kesadaran masyarakat kita terhadap jenis minuman ini. Dibandingkan dengan susu hewani, susu kedelai ini harganya lebih murah. Susu kedelai tidak memerlukan keahlian khusus dan dapat dibuat dengan peralatan dan teknologi dasar. Memanfaatkan air sumur dapat menghasilkan susu kedelai yang rasanya lebih enak. Kedelai yang berkualitas baik harus digunakan untuk menghasilkan susu kedelai yang berkualitas tinggi. Dari 1 kilogram kedelai, dapat dibuat 10 liter susu kedelai. Makanan yang terkenal karena kandungan gizinya yang tinggi adalah kedelai. Di antaranya terdapat delapan asam amino esensial lengkap yang dibutuhkan tubuh manusia (Eko Susanto, 2005).

2.5 Prinsip Kerja Mesin Pengupas Kulit Ari Kedelai

Prinsip cara kerja mesin pengupas kulit kedelai dengan metode manual dan otomatis. Ketika motor listrik dengan daya keluaran 1 HP dan kecepatan putaran 1400 rpm dihidupkan, katrol diputar oleh motor, dan sabuk transmisi menggerakkan katrol yang ada pada poros. Hal ini memungkinkan daya ditransfer melalui poros sekali lagi untuk menggerakkan rotor. Rotor menggiling kedelai setelah ditempatkan di hopper menggunakan mekanisme ini. Kemudian kacang kedelai akan jatuh ke dalam bak penampungan, pada sisi hopper terdapat selang yang berguna untuk melancarkan proses pengupasan pada rotor. Kelebihan mesin di sini apabila tidak ada aliran listrik pada motor atau sedang mati listrik, alat ini dapat berjalan sebagaimana mestinya. Karena pada mesin ini terdapat engkol pada sisi pulley, ketika engkol itu diputar menggunakan tenaga manusia maka engkol tersebut akan memutar rotor kembali tanpa memakai motor listrik dan mesin tersebut dapat digunakan kembali.

2.6 Perancangan Mesin Pengupas Kulit Ari Kedelai

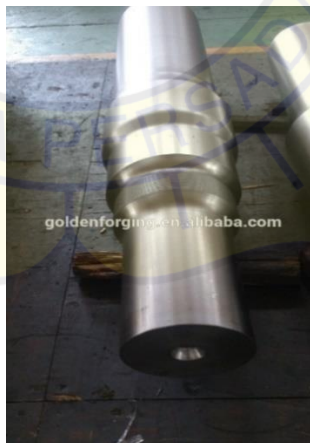
Perancangan adalah langkah pertama dalam serangkaian langkah atau tindakan dalam produksi suatu produk. Pilihan penting dibuat selama fase desain yang memengaruhi tindakan selanjutnya. Perancang menggunakan iterasi informasi, teknologi, temuan penelitian, dan pengetahuan teknik dasar terkini untuk menyelesaikan tugas desain. Pembuatan dan desain produk adalah dua proses yang saling terkait. Sebaliknya, pembuat tidak dapat mewujudkan objek teknik tanpa terlebih dahulu membuat gambar desain, artinya desain hasil kerja tidak ada gunanya jika desain tidak dibuat terlebih dahulu. Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa gambar desain produk adalah produk akhir dari desain dan berfungsi sebagai fondasi atau titik tolak bagi pembuat produk untuk mulai memproduksinya. Dapat dikatakan bahwa perancang membuat atau menyiapkan gambar desain produk dengan melalui tahapan dalam proses desain yang panjang. Dalam proses perancangan akan menggunakan :

1. Pengalaman dan pengetahuannya tentang perancangan
2. Semua informasi yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan pembuatannya. Agar pembuat dapat memahami semua informasi mengenai pembuatan peralatan, gambar teknis yang berfungsi sebagai alat komunikasi dan dianggap sangat efektif harus disertakan dalam proses desain. Lebih jauh, proses pembuatan memerlukan beberapa tahap produksi dari konsepsi hingga pembuatan mesin yang berfungsi.

2.7 Komponen Utama Mesin Pengupas Kulit Ari Kedelai

2.7.1 Poros

Poros adalah komponen stasioner yang berputar, biasanya dengan penampang melingkar, tempat komponen transmisi lainnya, roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Gambar pada halaman berikut mengilustrasikan bagaimana poros dapat mengalami beban lentur, tarik, tekan, atau torsi yang bekerja sendiri atau dalam kombinasi.



Gambar 2. 1 Poros

Untuk merancang sebuah poros, hal-hal berikut ini perlu di perhatikan.

1. Kekuatan poros

Beban puntir dan lentur, atau gabungan keduanya, dapat dikenakan pada poros transmisi. Turbin dan poros baling-baling kapal adalah contoh poros yang mengalami beban tekan atau tarik.

2. Kelelahan poros

Perlu diperhitungkan dampak atau efek konsentrasi tegangan saat poros memiliki alur pasak atau saat diameter poros diperkecil (poros bertangga). Kekuatan poros harus cukup untuk menahan beban tersebut.

3. Kekakuan poros

Meskipun poros cukup kuat, jika puntiran terlalu bengkok atau menyimpang, hal itu dapat menyebabkan kebisingan dan getaran pada turbin dan kontak roda gigi, atau dapat menyebabkan ketidakakuratan pada peralatan mesin. Oleh karena itu, kekuatan poros harus diperhitungkan dan dimodifikasi sesuai dengan jenis mesin yang akan digunakan.

4. Putaran kritis

Bila ada getaran yang tidak biasa saat kecepatan mesin dinaikkan ke kecepatan tertentu. Rotasi kritis adalah istilah untuk rotasi ini. Kerusakan pada poros dan komponen lain dapat terjadi akibat hal ini pada motor listrik, turbin, motor piston, dll. Poros idealnya harus direkayasa agar memiliki rotasi kerja yang kurang dari rotasi kritisnya.

5. Korosi

Poros baling-baling dan pompa yang bersentuhan dengan cairan korosif harus terbuat dari bahan yang tahan korosi, seperti plastik. Hal ini juga berlaku untuk poros mesin yang sering berhenti dalam waktu lama dan poros yang rentan terhadap kavitasi. Perlindungan terhadap korosi juga dapat diberikan hingga tingkat tertentu.

6. Bahan Poros

Pemilihan bahan poros harus disesuaikan dengan beberapa faktor seperti kondisi lingkungan, tingkat gesekan, dan lainnya.

2.7.2 Tegangan-tegangan Pada Poros

Ada beberapa tegangan yang terjadi dalam poros :

1. Tegangan tarik
2. Tegangan bending (lengkung atau tekan)
3. Tegangan kombinasi (tarik dan bending)

2.7.3 Menentukan Poros Pada Beban Puntir

Pertama kali, ambilah suatu kasus dimana daya P (kW) harus ditransmisikan dan putaran poros n_1 (rpm) diberikan.

$$P_d = f_c P \text{ (kW)}$$

Tabel 2. 1 Faktor –faktor koreksi yang akan di transmisikan (F_c)

Daya yang harus ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

Jika momen puntir adalah T (kg.mm), maka :

$$P_d = \frac{\left(\frac{T}{1000}\right)\left(\frac{\pi n_1}{60}\right)}{102} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \dots\dots\dots(2.2)$$

Bila momen puntir T dibebankan pada suatu diameter poros d_s (mm), maka tegangan geser τ (kg/mm²) yang terjadi adalah :

$$\tau = \frac{T}{\pi d_s^3 / 16} = \frac{5,1T}{d_s^3} \dots\dots\dots(2.3)$$

Ada beberapa metode untuk menentukan tegangan geser yang dapat diterima τ_a (kg/mm²) untuk poros secara umum. Salah satu metode adalah menghitung τ_a menggunakan batas kelelahan puntir yang direkomendasikan ASME sebesar 18% dari kekuatan tarik σ_B .

Faktor keamanan dihitung sebagai $1/0,18 = 5,6$ untuk harga 18% ini. Untuk material SF, nilainya adalah 5,6, dan untuk material S-C dan baja paduan, nilainya adalah 6,0. Sf1 adalah ekspresi untuk faktor ini.

Mengingat dampak signifikan dari konsentrasi tegangan, maka perlu dipertimbangkan kembali apakah poros akan dibuat dengan alur pasak atau berundak. Dampak kekasaran permukaan juga perlu diperhitungkan.

Variabel-variabel ini direpresentasikan oleh Sf_2 , yang berkisar antara 1,3 - 3,0. Dengan menggunakan informasi di atas, seseorang dapat menentukan jumlah τ_a dengan:

$$T_a = \sigma_b / (Sf_1 \times Sf_2)$$

Penting untuk mempertimbangkan apakah beban lentur dapat digunakan di masa mendatang, meskipun estimasi sementara hanya memperhitungkan torsi. Faktor C_b , yang berkisar antara 1,2 - 2,3, dapat digunakan jika diantisipasi bahwa beban lentur akan diterapkan. Jika tidak ada beban lentur, $C_b = 1,0$.

Diperoleh rumus untuk menghitung diameter poros d_s (mm) :

$$d_s = \left[\frac{5,1}{T_a} K t C_b T \right]^{1/3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Tabel ini memungkinkan memilih diameter poros. Untuk mencocokkan diameter dalam bantalan gelinding, pilih diameter yang lebih besar dari nilai yang sesuai pada tabel di lokasi pemasangan.

2.7.4 Bantalan

Bantalan adalah Komponen mesin yang menopang poros yang dibebani agar memungkinkan rotasi atau gerakan bolak-balik yang halus, aman, dan tahan lama. Agar poros dan komponen mesin lainnya dapat

beroperasi dengan benar, bantalan harus cukup kuat. Gambar 2.2 mengilustrasikan hal ini.



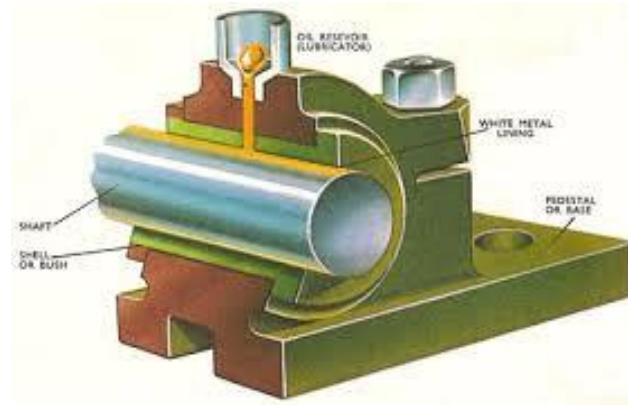
Gambar 2. 2 Bantalan

Kinerja sistem secara keseluruhan akan menurun atau terjadi malfungsi apabila bantalan tidak beroperasi dengan benar.

2.7.5 Klasifikasi Bantalan

Bersarkan gambar pada halaman berikut ini, Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros:
 - a) Bantalan luncur, karena permukaan bantalan menopang permukaan poros melalui lapisan pelumas, maka terjadi gesekan geser antara poros dan bantalan pada bantalan ini.



Gambar 2. 3 Bantalan Luncur

(Sumber: <https://www.daviddarling.info/images/journalbearing>)

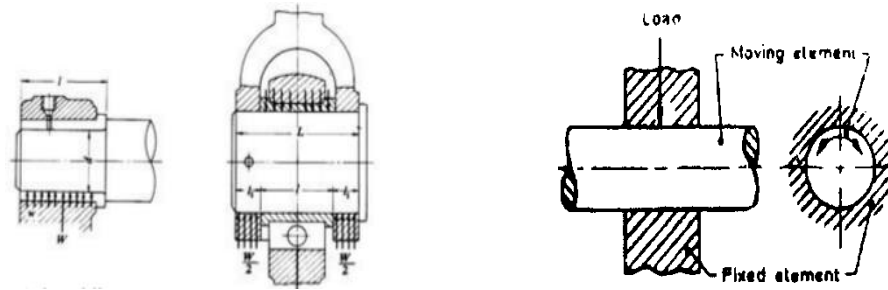
b) Bantalan gelinding dapat dilihat dibawah ini, bantalan ini menggunakan komponen bergulir seperti bola, rol jarum, dan rol bundar untuk menciptakan gesekan bergulir antara bagian yang berputar dan yang diam.



Gambar 2. 4 Bantalan Gelinding

2. Atas dasar arah beban terhadap poros:

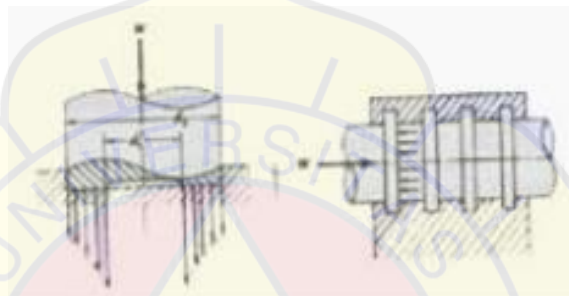
a) Bantalan radial, arah bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.



Gambar 2. 5 Bantalan Radial

(Sumber: Yunita Djamalu, 2016)

- b) Bantalan aksial, bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.



Gambar 2. 6 Bantalan Aksial

(Sumber: Sularso, 1978)

- c) Bantalan gelinding khusus, bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

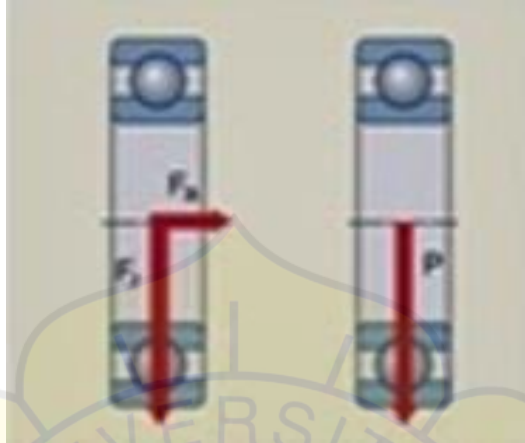


Gambar 2. 7 Bantalan Gelinding Khusus

(Sumber: Sularso, 1978)

2.7.6 Perhitungan Beban Dan Umur Bantalan Gelinding

1. Perhitungan beban ekuivalen



Gambar 2. 8 Beban Ekuivalen

Untuk bantalan radial, adapun rumus untuk beban radial :

$$P = X.V.F_r + Y.F_a \dots\dots\dots(2.5)$$

Untuk bantalan aksial, adapun rumus untuk beban aksial :

$$P = X.F_r + Y.F_a \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

P = Beban dinamik bantalan actual (kN),

F_r = Beban radial bantalan actual (kN),

F_a = Beban aksial bantalan actual (kN),

X = Radial *load factor*,

Y = Aksial *load factor*.

Tabel 2. 2 Faktor-faktor V , X , Y , X_0 dan Y_0

Beban puntir pada cincin dalam	Beban puntir pada cincin luar	Baris Tunggal		Baris ganda				E	Baris tunggal		Baris ganda	
		$Fa / VFr > e$	$Fa / VFr \geq e$	$Fa / VFr > e$		$Fa / VFr \geq e$			X0	Y0	X0	Y0
V		X	Y	X	Y	X	Y					
1	1,2		2,30				2,30	0,19				
			1,99				1,90	0,22				
			1,71				1,71	0,26				
			1,55				1,55	0,28				
		0,56	1,45	1	0	0,56	1,45	0,30	0,6	0,5	0,6	0,5
			1,31				1,31	0,34				
			1,15				1,15	0,38				
			1,04				1,04	0,42				
			1,00				1,00	0,44				
1	1,2	0,43	1,00		1,09	0,70	1,63	0,57		0,42		0,84
		0,41	0,87		0,92	0,67	1,41	0,68		0,38		0,76
		0,39	0,76	1	0,78	0,63	1,24	0,80	0,5	0,33	1	0,66
		0,37	0,66		0,66	0,60	1,07	0,95		0,29		0,58
		0,35	0,57		0,55	0,57	0,93	1,14		0,26		0,52

Untuk bantalan baris tunggal $Fa / VFr \leq e$, $X = 1$, $Y = 0$

Beban radial ekivalen statis $P0$ (kg) dan beban aksial ekivalen statis Poa (kg) untuk suatu bantalan yang membawa beban radial Fr (kg) dan beban aksial Fa (kg), dapat di tentukan dengan persamaan berikut.

$$P0 = X0 Fr + Y0 Fa$$

$P0 = Fr$, dan di ambil yang lebih besar

$$P0 = Fa + 2,3 Fr \tan \alpha$$

Harga-harga faktor $X0$ dan $Y0$ juga terdapat pada tabel.

2. Perhitungan umur nominal

Umur nominal L (90% dari jumlah sampel, setelah berputar 1 juta putaran, tidak memperlihatkan kerusakan karena kelelahan gelinding) dapat ditentukan sebagai berikut.

Jika C (Kg) menyatakan beban nominal dinamis spesifik dan P (Kg) beban ekivalen dinamis, maka faktor kecepatan f_n adalah :

$$\text{Untuk bantalan bola, } f_n = (33,3/n)^{1/3}$$

$$\text{Untuk bantalan rol, } f_n = (33,3/n)^{3/10}$$

Faktor umur adalah :

$$\text{Untuk kedua bantalan, } f_h = f_n C/P$$

Umur nominal L_h adalah :

$$\text{Untuk bantalan bola, } L_h = 500 f_h^3$$

$$\text{Untuk bantalan rol, } L_h = 500 f_h^{10/3}$$

Bantalan modern dirancang dengan L_h dikalikan dengan faktor koreksi untuk memperhitungkan peningkatan masa pakai yang dihasilkan oleh peningkatan signifikan dalam kualitas material dan kebutuhan akan keandalan yang lebih besar. Jika L_n menyatakan keandalan umur $(100 - n) \%$, maka

$$L_n = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h$$

Di mana :

a_1 : faktor keandalan $a_1 = 1$ bila keandalan 90(%) dipakai seperti biasanya, atau 0,21 bila keandalan 99(%) dipakai.

a_2 : faktor bahan. $a_2 = 1$ untuk bahan baja bantalan yang dicairkan secara terbuka, dan kurang lebih = 3 untuk baja bantalan de-gas hampa

a_3 : faktor kerja. $a_3 = 1$ untuk kondisi kerja normal, dan kurang dari 1 untuk hal-hal berikut ini (karena kondisinya tidak menguntungkan umur bantalan) :

- i. Bantalan bola, dengan pelumasan minyak berviskositas 13 (cSt) atau kurang.
- ii. Bantalan rol, dengan pelumasan minyak berviskositas 20 (cSt) atau kurang.
- iii. Kecepatan rendah, yang besarnya sama dengan atau kurang dari 10000 (rpm) dibagi diameter jarak bagi elemen gelinding.

Perhitungan L tidak dilakukan jika bantalan berosilasi, berputar dengan kecepatan tidak lebih dari 10 rpm, atau diam ketika cincin dalam, cincin luar, dan elemen bergulir berputar sebagai satu kesatuan (tidak ada gerakan relatif antara bagian-bagiannya).

2.7.7 Sabuk-V

Sabuk-V adalah transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Seperti yang terlihat pada gambar 2.9



Gambar 2. 9 Sabuk-V

Transmisi kotak roda gigi langsung seringkali tidak memungkinkan karena jarak yang sangat jauh antara dua poros.

Untuk merancang sebuah sabuk-V, hal-hal berikut ini perlu di perhatikan:

1. Kontruksi sabuk-V
2. Ukuran penampang sabuk-V
3. Profil alur sabuk-V

2.7.8 Pulley

Definisi *pulley* adalah roda putar pada poros yang dibuat untuk membantu distribusi gerakan. Atau umumnya *pulley* dapat berupa apa saja dengan dasar roda untuk membantu gerakan. Seperti gambar dapat dilihat pada halaman berikut ini.



Gambar 2. 10 *Pulley*

Pulley merupakan komponen terpenting dari mesin, jadi ketika membuat *pulley*, nilai ekonomis dari bahan *pulley* harus diperhitungkan bersama dengan kekuatan *pulley* dan metode pemrosesannya. Dalam bidang teknik, khususnya dalam konstruksi mesin, menyadari bahwa berbagai jenis *pulley* dapat dibuat menggunakan bahan yang berbeda, tergantung pada tujuan penggunaan *pulley* tersebut. Jenis-jenis *pulley* ini meliputi yang berikut:

1. Bahan Besi Cor/Besi Tuang

Besi cor adalah komponen pertama yang digunakan untuk membuat pulley adalah bahan yang dapat mengirimkan atau menerima daya dalam jumlah besar; sebagai hasilnya, bahan ini banyak digunakan dalam mesin mobil, mesin pertanian, mesin industri, dan lain-lain.

2. Bahan *Pulley* Aluminium

Bahan *pulley* aluminium banyak digunakan pada perangkat elektronik, peralatan, dan mesin rumah tangga.

1. Bahan *Pulley Plastic*

Pulley dengan bahan *plastic* yang umum digunakan pada perangkat elektronik dan disebut telepon.

2. Bahan *Pulley Mild Steel*

Bahan *pulley* dengan *mild steel* banyak kita jumpai pada mesin-mesin industri dan otomobil.

2.7.9 Pelat

Pelat Bahan pelat terdiri dari berbagai jenis bahan yaitu *ferro* dan *non ferro*. Pelat baja lembaran merupakan produk umum di pasaran dan merupakan bagian dari bahan pelat logam *ferro*. Memahami karakteristik bahan pelat sangatlah penting. Karakteristik bahan ini memiliki dampak yang signifikan terhadap prosedur pembentukan yang akan digunakan pada bahan pelat. Kemampuan bentuk merupakan faktor penentu kualitas bahan. Bahan pelat biasanya dibuat dengan cara digulung di bawah tekanan tinggi. Metode ini menghasilkan pelat dengan bentuk yang lebih panjang.

Ada banyak jenis lembaran logam di pasaran, seperti tembaga, kuningan, perunggu, baja tahan karat, baja paduan, seng, baja, dan pelat aluminium. Gambar pelat *stainless steel* dapat dilihat pada halaman berikut ini.



Gambar 2. 11 Pelat *Stainless Steel*

Ada dua kategori ukuran lembaran logam yang dijual di pasaran, antara lain:

1. Ukuran Panjang 1800 mm x Lebar 900 mm dengan tebal bervariasi.
2. Ukuran Panjang 2400 mm x Lebar 1200 mm dengan tebal bervariasi.

2.7.10 Sambungan Mur dan Baut

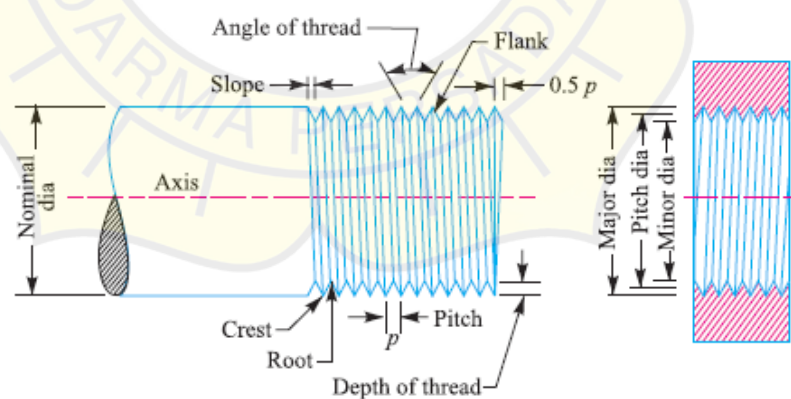
Menurut baut R.S Khurmi dan J.K Gupta, *A Text Book Of Machine Design* mur dan baut merupakan alat pengikat yang krusial untuk mencegah kerusakan mesin; pemilihan ukuran baut dan mur yang tepat untuk alat pengikat memerlukan pertimbangan yang cermat.

Baut dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan bentuk kepala bautnya: persegi, heksagonal, dan soket heksagonal. Baut penjepit, sekrup mesin, sekrup pemasangan, dan mur merupakan kategori baut dan mur yang berbeda. Pada rancangan mesin ini digunakan baut penjepit sendiri dapat berbentuk :

- Baut tembus digunakan untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus, dan mur digunakan untuk mengencangkan klem.
- Baut tap, yang menjepit dua bagian dengan mengencangkan klem dengan ulir yang dipasang pada salah satu bagian.
- Baut tanam adalah baut dengan ulir di kedua ujungnya dan tidak memiliki kepala. Untuk menjepit dua bagian, mur digunakan untuk mengencangkan klem setelah baut dimasukkan ke salah satu bagian dengan lubang berulir.

Bagian yang terpenting dari baut dan mur adalah ulir. Baut dan mur biasanya merupakan dua komponen yang membentuk sambungan sekrup. Sambungan sekrup secara luas digunakan di bagian-bagian mesin mana pun yang diperlukan untuk siap disambungkan atau dilepaskan tanpa merusak mesin atau pengikat.

2.7.11 Istilah-istilah Terpenting pada Baut dan Mur



Gambar 2. 12 Terminologi ulir (Khurmi,2005, p378)

Berikut definisi ulir sekrup secara umum dari segi pokok materi berdasarkan pada gambar 2.12.

2.7.12 Diameter Mayor

Baik ulir sekrup internal maupun eksternal dengan diameter terbesar. Diameter ini digunakan untuk menentukan sekrup. Nama lain untuk diameter ini termasuk diameter nominal dan diameter luar.

2.7.13 Diameter Minor

Diameter sekrup terkecil, baik internal maupun eksternal. Kadang-kadang disebut sebagai diameter pangkal atau inti.

2.7.14 Pitch Diameter

Diameter ulir sekrup silinder, direpresentasikan oleh silinder imajiner. Permukaan yang melewati ulir adalah apa adanya. Pada titik-titik di mana luas permukaan antara ulir dan ulir itu sendiri sama, misalnya. Nama alternatifnya adalah diameter efektif. Dalam perakitan mur dan baut menyentuh lengkap dengan ujung mur yang sesuai.

2.7.15 Pitch

Secara matematis, jarak antara dua titik pada satu benang dan titik yang sama pada benang berikutnya diukur dalam arah aksial antara titik-titik yang sama pada bidang aksial:

$$\text{pitch} = \frac{1}{\text{jumlah ulir persatuan panjang sekrup}} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.7.16 *Lend*

Pemisahan dua titik identik pada satu garis sekrup. Cara lain untuk menggambarkaninya adalah jarak yang ditempuh sumbu ulir selama satu putaran mur. Untuk ulir awal tunggal, lead sama dengan pitch. Lead adalah dua kalinya pitch double start, tiga kalinya pitch start triple dan seterusnya.

2.7.17 Tegangan Yang Terjadi Pada Baut

Berikut adalah tegangan pada ulir saat pengencangan akibat beban statis yang secara umum dari tinjauan berikut.

2.7.18 Tegangan Akibat Gaya Pengencangan

Berikut adalah tegangan yang terjadi pada baut atau batang saat pengencangan:

Tegangan tarik pada baut

Jika tidak ada gaya lain yang bekerja dimana baut dirancang bekerja, tegangan tarik langsung dengan angka keamanan yang besar dengan tujuan meningkatkan gaya tarik awal pada baut atas dasar percobaan dinyatakan dengan persamaan

$$P_i = 2840d [N]$$

Dengan

$$P_i = \text{Gaya tarik awal dalam baut}$$

$$d = \text{diameter nominal baut [mm]}$$

Persamaan diatas digunakan untuk membuat sambungan ikat fluida seperti sambungan tutup silinder pada mesin uap dan lain-lain. Jika pengikat tidak diperlukan rapat pada sambungan fluida maka tegangan awal baut dapat diperitungkan setengah dari harga tersebut. Seperti pada kasus :

$$P_i = 1420d [N]$$

Baut ukuran kecil bisa menjadi rusak selama pengencangan, oleh karena itu baut ukuran dibawah M16 dan M18 tidak diperkenankan untuk penyekatan.

Jika baut tidak mengalami tegangan awal, maka gaya aksial maksimum yang boleh bekerja dapat diberikan.

$P = \text{tegangan izin} \times \text{luasan bidang pada baut (luas tegangan)}$

Luasan tegangan bisa diperoleh dari table dimensi standar ulir atau dapat ditentukan dengan persamaan,

$$\text{Luasan Tegangan} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_p + d_c}{2} \right)^2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

$d_p = \text{Diameter Pitch}$

$d_c = \text{Diameter inti atau minor}$

Tegangan puntir akibat gesekan pada ulir saat pengencangan

Tegangan puntir akibat gesekan pada ulir saat pengencangan diperoleh dengan persamaan torsi, kita tahu bahwa

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\tau = \frac{T}{J} \times r = \frac{T}{\frac{\pi}{32}(d_c)^4} \times \frac{d_c}{2} = \frac{16T}{\pi(d_c)^3} \dots\dots\dots(2.10)$$

.Dengan :

$\tau_v = \text{Tegangan Puntir}$

$T = \text{torsi yang terjadi}$

$d_c = \text{diameter minor ulir}$

Tegangan geser melintang pada ulir

Tegangan geser rata-rata pada ulir sekrup diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\tau_s = \frac{P}{\pi d_c \times b \times n} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

$b = \text{Lebar ulir bagian dasar}$

Tegangan geser rata-rata mur adalah

$$\tau_n = \frac{P}{\pi d \times b \times n} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan :

d = Diameter mayor

Tegangan crushing pada ulir

Tegangan crushing antara ulir bisa diperoleh dengan persamaan :

$$\sigma_c = \frac{P}{\pi [d^2 - (d_c)^2] n} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan :

d = Diameter mayor

d_c = Diameter minor, dan

N = Nomor ulir yang berpasangan

Tegangan bengkok

Saat permukaan bagian luar terhubung tidak sejajar satu terhadap yang lain, kemudian baut bekerja bengkok. Tegangan bengkok dipindahkan oleh kepala baut dan dinyatakan dengan.

$$\sigma_b = \frac{x.E}{2l} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dengan :

x = Perbedaan tinggi antara bagian luar dari mur/kepala baut

l = Panjang kepala baut

E = Modulus young untuk bahan baut

2.7.19 Tegangan Akibat Gaya dari Luar

Berikut tegangan yang disebabkan baut yang bekerja pada beban eksternal.

1. Tegangan Tarik

Baut, Batang, dan Sekrup biasanya menahan beban segaris dengan sumbunya dimana dipindahkan tegangan tarik pada baut.

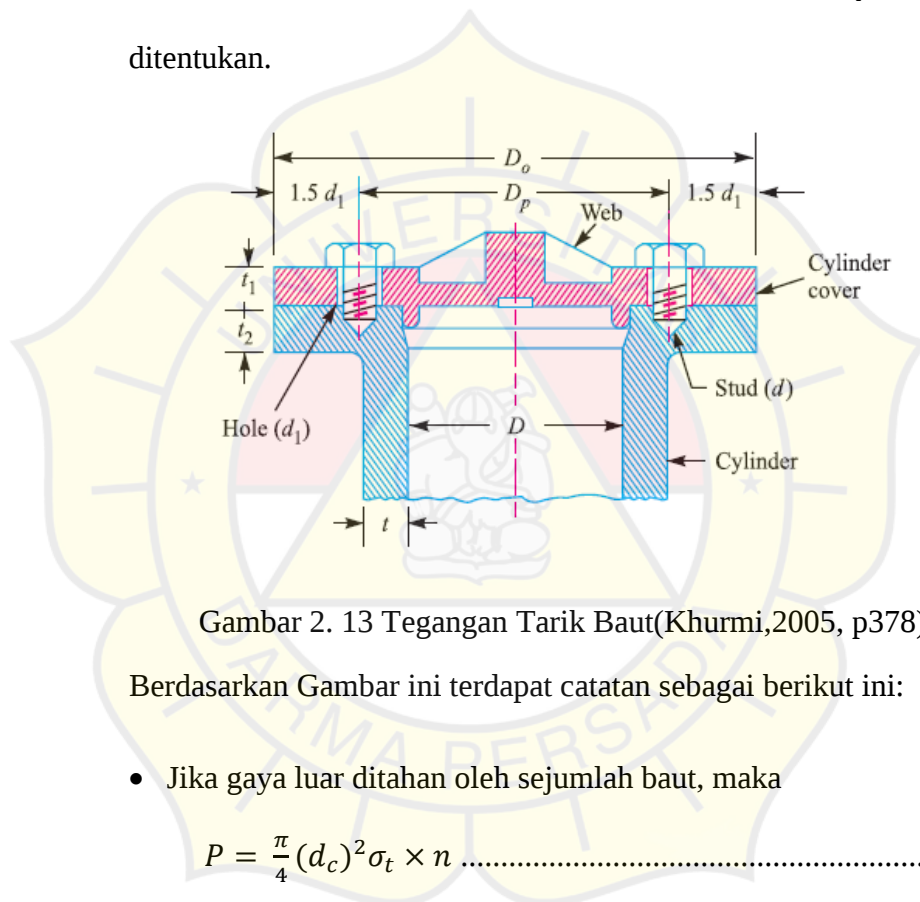
Jika :

d_c = Dasar atau diameter core ulir, dan

σ_t = Tegangan tarik izin bahan baut

$$P = \frac{\pi}{4} (d_c)^2 \sigma_t \quad \text{atau} \quad d_c = \sqrt{\frac{4P}{\pi \sigma_t}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dari tabel dimensi standar ulir metric, harga diameter minimal menjadi patokan dari harga d_c atau luasan tegangan $[\frac{\pi}{4} (d_c)^2]$ dapat ditentukan.



Gambar 2. 13 Tegangan Tarik Baut(Khurmi,2005, p378)

Berdasarkan Gambar ini terdapat catatan sebagai berikut ini:

- Jika gaya luar ditahan oleh sejumlah baut, maka

$$P = \frac{\pi}{4} (d_c)^2 \sigma_t \times n \dots\dots\dots(2.16)$$

- Jika dalam tabel tidak dicantumkan juga, untuk nilai ulir kasar, $d_c = 0,84d$, dimana d adalah diameter nominal baut.

2. Tegangan geser

Kadang-kadang , baut digunakan untuk menahan atau mencegah gerakan relative dari dua bagian atau lebih, seperti pada kopling Flange,

kemudian tegangan geser disebabkan pada baut. Tegangan geser harus dihindarkan sejauh mungkin. Itu harus dicatat bahwa jika baut bekerja untuk beban geser langsung, maka harus ditempatkan sedemikian mungkin beban geser terjadi pada bagian baut dan tidak terjadi pada bagian ulir. Dalam hal ini, baut bisa menerima beban pergeseran dengan pin. Bila nomor baut digunakan untuk menggeserkan beban, maka baut terakhir harus dipasang pada lubang yang lebar.

$d = \text{Diameter mayor baut}$

$n = \text{Nomor baut}$

Gaya geser yang ditahan oleh baut :

$$PS = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \tau_g \times n \quad \text{atau} \quad d = \sqrt{\frac{4 \times P_s}{\pi \times \tau_g \times n}} \dots\dots\dots(2.17)$$

3. Tegangan kombinasi tarik dan geser

Ketika baut menahan dua tegangan tarik dan geser, seperti pada kasus baut atau bearing, dimana kepala baut menerima beban geser dan bagian ulir menerima beban tarik. Pembesaran diameter diabaikan, kemudian terjadi gaya geser tarik, baik tegangan tarik dan tegangan geser yang dikehendaki dapat diasumsikan dan tegangan kombinasi dapat diperiksa dengan rumus sebagai berikut,

$$\tau_g \max = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_t)^2 + 4\tau_g^2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dan tegangan tarik maximum,

$$\sigma_{t(max)} = \frac{\sigma_t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t)^2 + 4\tau g^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

4. Gaya kombinasi tarik dan geser

Ketika baut menahan gaya tarik dan geser bersamaan, maka gaya kombinasi yang terjadi dapat dihitung dengan rumus :

Gaya geser maksimum,

$$F_{g \max} = \frac{1}{2}\sqrt{F_t^2 + 4F_g^2} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dan gaya tarik maksimum,

$$F_{t \max} = \frac{1}{2}[F_t + \sqrt{F_t^2 + 4F_g^2}] \dots\dots\dots(2.21)$$

2.7.20 Besi Siku Dan Kanal

1. Besi siku

Besi siku sebenarnya adalah Plat besi yang bentuknya siku atau 90 derajat. Besi siku ini biasanya memiliki panjang enam meter. Penampakan dapat dilihat pada halaman berikut ini.



Gambar 2. 14 Besi Siku

Adapun tabel spesifikasi besi siku pada umumnya dapat dilihat melalui tabel berikut ini:

Tabel 2. 3 Spesifikasi Besi Siku

No.	Ukuran					Berat	Unit
1	20	x	20	x	2 mm x 6M	6.72	kg
2	30	x	30	x	3 mm x 6M	8.16	kg
3	40	x	40	x	3 mm x 6M	11.00	kg
4	40	x	40	x	4 mm x 6M	14.50	kg
5	50	x	50	x	4 mm x 6M	18.50	kg
6	50	x	50	x	5 mm x 6M	22.60	kg
7	60	x	60	x	5 mm x 6M	27.30	kg
8	60	x	60	x	6 mm x 6M	32.52	kg
9	65	x	65	x	6 mm x 6M	35.46	kg
10	70	x	70	x	7 mm x 6M	44.28	kg
11	75	x	75	x	6 mm x 6M	41.22	kg
12	75	x	75	x	8 mm x 6M	54.18	kg
13	80	x	80	x	8 mm x 6M	57.96	kg
14	90	x	90	x	9 mm x 6M	73.20	kg
15	100	x	100	x	8 mm x 6M	73.20	kg
16	100	x	100	x	10 mm x 6M	90.60	kg
17	120	x	120	x	10 mm x 6M	119.40	kg
18	120	x	120	x	12 mm x 12M	260.00	kg
19	125	x	125	x	12 mm x 12M	280.00	kg
20	130	x	130	x	9 mm x 12M	214.20	kg
21	130	x	130	x	12 mm x 12M	280.00	kg
22	150	x	150	x	12 mm x 12M	328.00	kg
23	150	x	150	x	15 mm x 12M	404.00	kg
24	200	x	200	x	15 mm x 12M	544.00	kg
25	200	x	200	x	20 mm x 12M	716.00	kg

2.7.21 Motor Listrik

Motor listrik adalah suatu peralatan untuk menghasilkan energi mekanik dari energi listrik. Generator atau dinamo adalah suatu alat yang melakukan hal sebaliknya, yaitu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dapat dilihat pada gambar 2.15 berikut ini.



Gambar 2. 15 Motor Listrik

(Sumber: <https://www.xinnuomotor.com/1-hp-single-phase-motor/>)

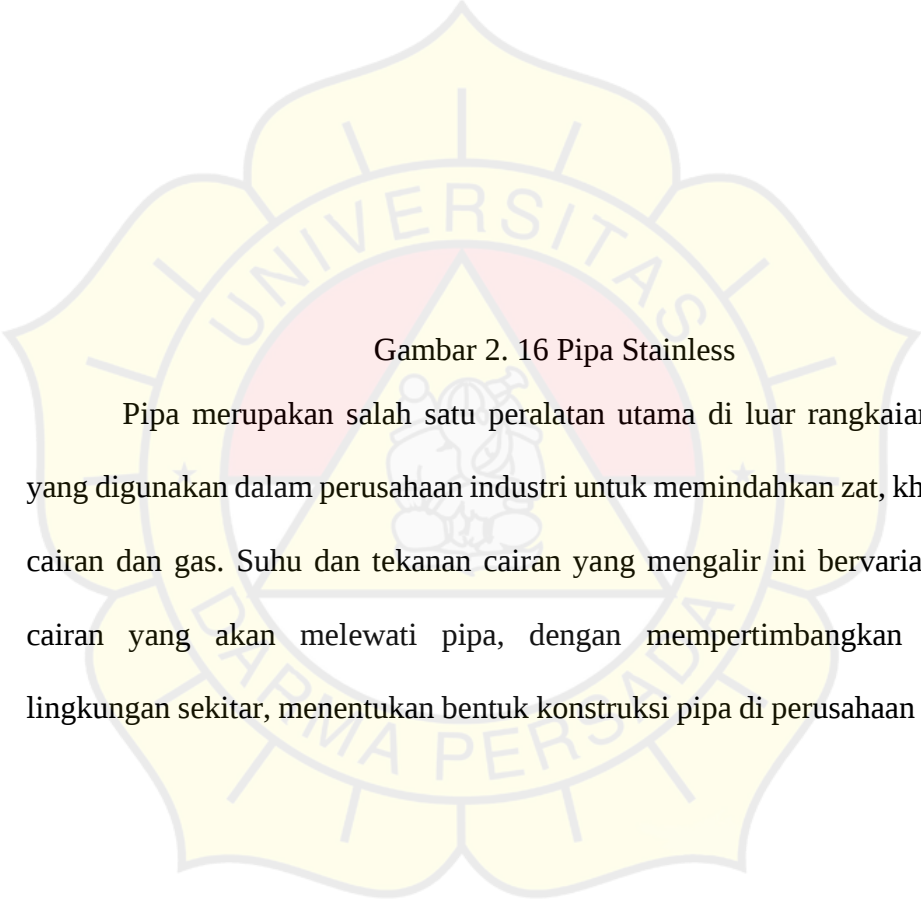
Motor listrik ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti penyedot debu, kipas angin, mesin cuci, dan pompa air. Motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi listrik diubah menjadi magnet yang dikenal sebagai elektromagnet untuk mewujudkan perubahan ini. Seperti diketahui, kutub-kutub magnet yang satu akan saling tolak, sedangkan kutub-kutub magnet yang berlawanan akan saling tarik menarik. Oleh karena itu, dengan memposisikan satu magnet pada sumbu yang berputar dan magnet lainnya pada posisi tetap, kita dapat mencapai gerakan. Berikut ini adalah beberapa manfaat motor listrik ini:

1. Dapat dihidupkan dengan hanya memutar sakelar
2. Suara dan getaran tidak menjadi gangguan

Pengukuran polusi lingkungan dan ventilasi tidak diperlukan karena tidak ada gas buang atau udara yang terhisap. Namun, untuk mencegah kebakaran, motor antiledakan harus digunakan di area yang percikannya berbahaya.

2.7.22 Pipa

Berdasarkan pada gambar dibawah ini, pipa adalah Saluran tertutup dapat digunakan untuk aliran energi, aliran fluida, atau pergerakan dalam suatu aliran. *Tube* adalah jenis pipa yang diidentifikasi berdasarkan diameter luarnya, sedangkan pipa biasanya diidentifikasi berdasarkan ukuran nominalnya.



Gambar 2. 16 Pipa Stainless

Pipa merupakan salah satu peralatan utama di luar rangkaian proses yang digunakan dalam perusahaan industri untuk memindahkan zat, khususnya cairan dan gas. Suhu dan tekanan cairan yang mengalir ini bervariasi. Jenis cairan yang akan melewati pipa, dengan mempertimbangkan dampak lingkungan sekitar, menentukan bentuk konstruksi pipa di perusahaan industri.



Gambar 2. 17 Pengelasan

2.7.23 Pengelasan

Ada beberapa aplikasi untuk pengelasan. Dapat melihat pengelasan pada Gambar 2.17. Selain baja, besi tuang, dan baja tuang, bahan non-ferrous seperti tembaga, aluminium, paduan magnesium, nikel, seng, dan bahan sintesis termoplastik juga dapat disambung dengan pengelasan. Yang mampu disambung dengan pengelasan tidak hanya baja, besi tuang dan baja tuang, tetapi juga termasuk bahan-bahan *non-ferro* seperti: tembaga, aluminium, paduan magnesium, nikel, seng dan bahan sintesis termoplastik.

Penggunaan pengelasan :

- Menggantikan konstruksi sambungan paku keling dan konstruksi tuangan atau tempaan.
- Menyambung bagian yang retak atau patah (reparasi).
- Menambal bagian yang aus (*built up welding*).
- Memotong dan menghancurkan bagian konstruksi.

Pengelasan biasanya dilakukan dengan memanaskan permukaan objek hingga mencapai suhu pengelasan, yang juga dikenal sebagai suhu leleh, baik menggunakan material tambahan atau tidak.

Pengikatan benda terjadi karena dua kemungkinan :

1. Karena tekanan bersama (*pressure welding*)
2. Karena peleburan (*fusion welding*)

Keuntungan sambungan pengelasan dibanding paku keling :

1. Lebih rapat
2. Lebih kuat
3. Konstruksi lebih ringan

2.7.24 Pembengkokan / Penekukan

Pada proses tekuk ini pada gambar 2.18, Baik *Hydraulic Pipe Bender* maupun mesin pembengkok manual digunakan untuk melipat atau membengkokkan pelat. Setelah pelat kerja selesai untuk pekerjaan pertama, pelat tersebut dilipat atau dibengkokkan dengan tangan.



Gambar 2. 18 Penekukan

Pelat setebal 3 meter dan panjang 1,5 meter dapat ditekuk dengan mesin ini, dan benda kerja berbentuk silinder dapat ditekuk dengan pembengkok *hydraulic pipe bender*.

2.7.25 Pengeboran

Mesin bor adalah sejenis mesin yang memutar alat pemotong, dengan arah umpan mata bor hanya pada sumbu mesin (pekerjaan lubang). Dengan menggunakan pemotong berputar yang dikenal sebagai bor, pengeboran menciptakan lubang bundar di lembar kerja. Gambar pengeboran dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2. 19 Pengeboran