BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pemotongan

Pemotongan adalah proses pemisahan benda padat menjadi dua atau lebih, melalui aplikasi gaya yang terarah melalui luas bidang permukaan yang kecil. Benda yang umum digunakan untuk memotong adalah pisau, gergaji dan gunting, serta untuk aplikasi ilmiah dan kedokteran digunakan *scalpel* dan *microtome*. Namun pada umumnya setiap benda yang tajam mampu memotong benda yang memiliki tingkat kekerasan lebih rendah dan diapikasikan dengan gaya yang signifikan. Bahkan fluida bisa digunakan untuk memotong benda yang keras ketika gaya yang signifikan diaplikasikan. Pemotongan menggunakan fenomena tekanan dan geseran dan hanya terjadi ketika total tegangan yang dihasilkan oleh alat pemotong melebihi kekuatan benda yang dipotong. Karena tekanan adalah gaya per satuan luas, maka besarnya gaya yang dibutuhkan akan lebih rendah jika luas area permukaan diperkecil, maka banyak benda tajam yang diasah hingga lancip untuk memudahkan pemotongan. Namun memperkecil luas area permukaan benda pemotong akan lebih rapuh.

Untuk mencari gaya potongnya, digunakan rumus dari

$\tau_g = \frac{F}{A}$ ……. (2.1, Lit.8)

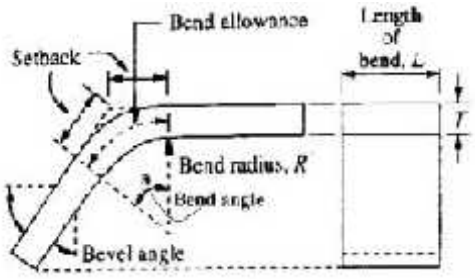
$\tau_g = 0{,}85 \, . \, \sigma_t$ ……. (2.2, Lit.8)

T = F . r ……. (2.3, Lit.8)

2.2 Proses Pembengkokan (*Bending*)

Bending adalah salah satu proses pembentukan yang biasa dilakukan untuk membuat barang kebutuhan sehari-hari seperti pembuatan komponen mobil

pesawat, peralatan rumah tangga. Proses *bending* dilakukan dengan menekuk benda kerja hingga mengalami perubahan bentuk yang menimbulkan peregangan logam pada sekitar daerah garis lurus (dalam hal ini sumbu netral). Proses ini tidak hanya berfungsi untuk membentuk logam tetapi juga berguna untuk meningkatkan sifat kekakuan dari suatu benda yang telah mengalami proses *bending* dengan cara menambah momen inersia benda. Sebagaimana diketahui bahwa lembaran plat dengan bentuk gelombang mempunyai kekakuan yang lebih tinggi daripada lembaran plat yang rata.



Gambar 2.1 Proses Bending
(sumber: Lit. 13)

Dalam proses *bending* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.1 akan terjadi perubahan pada material yang dipengaruhi beberapa hal antara lain:

1. Terjadi tegangan tarik pada sisi luar dari benda kerja dan tegangan tekan pada sisi dalamnya yang dipisahkan oleh sumbu netral yangdiasumsikan berada ditengah-tengah ketebalan plat. Jika tegangan tarik tersebut terlalu besar dapat menyebabkan retak, dan sebaliknya jika terlalu kecil akan menyebabkan kerutan pada bagian dalam benda kerja.
2. Jari-jari

   Jari-jari juga berpengaruh dalam proses *bending* dimana jika jari-jari terlalu kecil akan dapat menimbulkan regangan tarik yang cukup besar pada sisi luar yang akhirnya retak sedangkan pada bagian dalam akan terjadi kerutan akibat regangan kompresi.

Besar gaya yang dibutuhkan untuk membengkokkan pipa dengan diameter pipa ½ inchi yaitu:

$$\sigma_b = \frac{F}{\pi\, 3\, \left(\frac{d_0^4 - d_1^4}{d_0}\right)}$$ ……. (2.4, Lit.12, hal. 7-10)

Dimana

σ_b= tegangan bengkok (kg/mm^2)

F = gaya yang dibutuhkan untuk membengkokkan pipa (kg)

L = Panjang pipa yang akan ditumpu (mm)

d_0 = diameter luar (mm)

d_1 = diameter dalam (mm)

2.4 Tubing

Tubing atau *tube* adalah sebuah tabung, silinder berongga panjang yang digunakan untuk saluran pengalir cairan (air atau gas) atau untuk melindungi kabel listrik maupun optik dan kabel.

Tubing merupakan benda silindris yang memiliki lubang pada tengahnya untuk mengalirkan fluida. Berbeda dengan pipa, *tube* ukurannya relativ kecil dan tidak diabatasi oleh *spool* (ukuran panjang tertentu seperti pada pipa, umumnya 6 meteran). Disamping itu, *tube* lebih fleksibel dan mudah untuk di bentuk atau di *bending* di banding dengan pipa.

Tubing biasanya digunakan untuk peralatan instrumen. Contohnya, *tubing* digunakan untuk mengalirkan fluida pada *Heat Exchanger* (HE). Fluida yang di alirkan di *tubing*, biasanya nantinya akan ditingkatkan ataupun diturunkan panasnya dengan fluida lain di dalam HE. Dari sisi ukuran, *tubing* diukur dengan *Outside Diameter* (OD). Berbeda dengan pipa yang di buat dengan ukuran besar, *tubing* ukurannya di buat kecil – kecil dan biasanya berjumlah banyak. Tujuannya untuk memperluas permukaan kontak dengan fluida lain, sehingga nantinya pertukaran panas lebih efektif.

Ukuran *tubing* yang besar memiliki keuntungan lebih mudah di bersihkan, disamping itu keras. Sedangkan untuk ukuran *tubing* yang kecil, memiliki keuntungan lebih besar dalam transfer panas karena tingginya nilai koefisien *heat-transfer*-nya. *Tubing* pada HE memiliki ukuran OD ¼ inci (6.35mm) sampai dengan 2 inci (5.8 mm). Adapun OD *tubing* yang tersedia adalah ¼, 3/8, ½, 5/8, ¾, 7/8, 1, 1 ¼, 1 ½ dan 2 inci. Sedangkan untuk ukuran tebalnya *tubing*, dikenal dengan istilah BWG (*Birmingharm Wire Gauge*). BWG adalah ukuran untuk tebal *tubing* yang digunakan oleh TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*).

Karena bertujuan untuk pemindahan atau pengaliran fluida, maupun gas juga air, biasanya *tubing* ini akan di susun sedemikian rupa mengikuti pola tertentu, agar proses pemindahan alirannya efektif. Seperti halnya pipa, *tubing* juga memilik sambungan/join/connector. (Lit.6)

2.5 Komponen pada Alat Potong dan Pembengkok *Tubing*

2.5.1 Roda gigi Lurus

Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar yang berguna untuk mentransmisikan daya. Roda gigi memiliki gigi-gigi yang saling bersinggungan dengan gigi dari roda gigi yang lain. Dua atau lebih roda gigi yang bersinggungan dan bekerja bersama-sama disebut sebagai transmisi roda gigi, dan bisa menghasilkan keuntungan mekanis melalui rasio jumlah gigi. Roda gigi mampu mengubah kecepatan putar, torsi, dan arah daya terhadap sumber daya. Tidak semua roda gigi berhubungan dengan roda gigi yang lain; salah satu kasusnya adalah pasangan roda gigi dan pinion yang bersumber dari atau menghasilkan gaya translasi, bukan gaya rotasi.

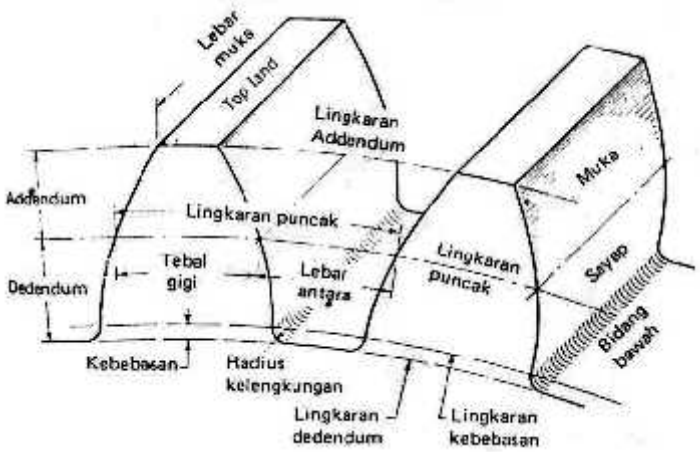
Ketika dua roda gigi dengan jumlah gigi yang tidak sama dikombinasikan, keuntungan mekanis bisa didapatkan, baik itu kecepatan putar maupun torsi, yang bisa dihitung dengan persamaan yang sederhana. Roda gigi dengan jumlah gigi yang lebih besar berperan dalam mengurangi kecepatan putar namun meningkatkan torsi.

Rasio kecepatan yang teliti berdasarkan jumlah giginya merupakan keistimewaan dari roda gigi yang mengalahan mekanisme transmisi yang lain (misal sabuk dan puli). Mesin yang presisi seperti jam tangan mengambil banyak manfaat dari rasio kecepatan putar yang tepat ini. Dalam kasus di mana sumber daya dan beban berdekatan, roda gigi memiliki kelebihan karena mampu didesain dalam ukuran kecil. Kekurangan dari roda gigi adalah biaya pembuatannya yang lebih mahal dan dibutuhkan pelumasan yang menjadikan biaya operasi lebih tinggi. (Sumber: Lit.8)

Menurut Larry D. Mitchell dkk (1984), roda gigi lurus (*spur gear*) dipakai untuk memindahkan gerakan putar antara poros-poros yang sejajar, yang biasanya berbentuk silindris, dan gigi-giginya adalah lurus dan sejajar dengan sumbu putaran.

Slip dasri suatu sabuk atau tali adalah fenomena yang biasa pada system transmisi diantara dua poros. Efek dari *slip* ini sendiri adalah mengurangi rasio kecepatan dari suatu sistem. Pada suatu mesin yang butuh tingkat presisi tinggi, yang mana rasio kecepatan sangat penting, satu-satunya penggerak yang baik adalah roda gigi. Roda gigi juga digunakan, ketika jarak diantara dua penggerak tidak terlalu jauh. (Lit. 3 hal.135)

2.5.1.1 Tata Nama



Gambar 2.2 Tata Nama Gigi pada Roda Gigi
(Sumber: Lit. 3)

Terminologi dari gigi roda gigi digambarkan pada Gambar 2.7 Lingkaran puncak (*pitch circle*) adalah suatu lingkaran teoritis dimana semua perhitungan biasanya didasarkan. Lingkaran puncak dari sepasang roda gigi yang berpasangan adalah saling bersinggungan satu terhadap yang lain. Pinion adalah roda gigi yang terkecil di antara dua roda gigi yang berpasangan Yang lebih besar sering disebut roda gigi (gear).

Jarak lengkung puncak (*circular pitch*) p adalah jarak, diukur pada lingkaran puncak, darı satu titik pada sebuah gigi ke suatu titik yang berkaitan pada gigi di sebelahnya. Jadı jarak lengkung puncak adalah sama dengan jumlah tebal gigi (*tooth thickness*) dan lebar antara (*width of space*).

Modul (*module*) m adalah perbandingan antara diameter puncak dengan jumlah sigi Satuan panjang yang biasa dipakai adalah milmeter. Modul adalah indeks dari ukuran gigi pada standar SI.

Puncak diametral (*diametral pitch*) P adalah perbandingan antara jumlah gigi pada roda gigi dengan diameter puncak. Jadi, ini adalah kebalikan dari modul, karena puncak diametral hanya dipakai dalam satuan Inggris, ini dinyatakan dalam jumlah gigi per inci.

Addendum a adalah jarak radial antara bidang atas (top land) dengan lingkaran puncak. Dedendum b adalah jarak radial dari bidang bawah (bottom land) ke lingkaran puncak. Tingri keseluruhan (whole depth) h, adalah jumlah addendum dan dedendum.

Lingkaran kebebasan (clearance circle) adalah lingkaran yang bersinggungan dengan lingkaran addendum dari pasangan roda gigi tersebut. Kebebasan (clearance) c adalah besaran yang disediakan dedendum bagi addendum dari roda gigi pasangannya. Kibasan-punggung (bock-lash) adalah besaran yang diberikan oleh lebar antara dani satu roda gigi kepada tebal gigi dari roda gigi pasangannya diukur pada lingkaran puncak. (Lit.3 hal. 137)

2.5.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Transmisi Roda Gigi Dibandingkan dengan Tali dan Sabuk

1. Kelebihan
   1.1 Mentransmisikan rasio kecepatan yang tepat,
   1.2 dapat digunakan untuk mentransmisikan kekuatan yang besar,
   1.3 dapat digunakan untuk jarak pusat poros yang kecil,
   1.4 memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi,
   1.5 memiliki layanan yang dapat diandalkan,
   1.6 memiliki tata letak yang padat.
2. Kekurangan
   2.1 Dikarenakan pabrik roda gigi membutuhkan peralatan spesial, maka harganya menjadi lebih mahal,
   2.2 eror yang terjadi pada giginya menimbulkan getaran dan kebisingan selama pengoperasian,
   2.3 memerlukan pelumas dan metode yang tepat dalam pengoperasiannya. (Sumber: Lit.8 hal. 1022-1023)

2.5.2 Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang beputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya.

Poros bisa menerima beban-beban lenturan, tarikan, tekan, atau puntiran, yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya. Bila beban tersebut tergabung, kita bisa mengharapkan untuk mencari kekuatan statis dan kekuatan lelah yang perlu untuk pertimbangan perencanaan, karena suatu poros tunggal bisa diberi tegangan-tegangan statis, tegangan bolak-balik lengkap, tegangan berulang, yang semuanya bekerja pada waktu yang sama. Kata-kata "poros" mencakup berbagal variasi, seperti as (axle) dan relondong (spindle). Sebuah as (axle) adalah poros, apakah ia diam atau

berpuiar, yang tidak mendapat beban puntir. Suatu poos berputar yang pendek sering disebut gelondong (spindle).

Bila lendutan lateral atau puntiran dari poros harus dijaga pada batas yeng ketat, poros tersebut harus ditentukan ukurannya berdasarkan lendutan sebelum melakukan analisa atas tegangan-tegangan. Alasan untuk ini adalah bahwa, kalau poros tersebut dibuat cukup kaku sehingga lendutan tidak terlalu besar, ada kemungkinan bahwa tegangan-tegangan yang dihasükan akan aman. Tetapi tak ada alasan bagi perencana untuk mengandaikan bahwa rencana tersebut aman; selalu diperlukan untuk menghitungnya sedemikian mengetahut bahwa rencana tersebut berada dalam batas-batas yang dapat diterima.

Apabila mungkin, elemen pemindah-daya, seperti roda gigi atau pulli haruslah ditempatkan dekat ke bantalan penumpu. Ini mengurangi momen lentur, dan karenanya mengurangi tegangan lentur dan lendutan. (Sumber: Lit. 3 hal.262)

2.5.2.1 Bahan yang digunakan untuk poros harus memiliki sifat-sifat berikut:

1. Harus memiliki kekuatan tinggi.
2. Harus memiliki *machinability* yang baik.
3. Harus memiliki faktor sensitivitas kedudukan rendah.
4. Harus memiliki sifat perlakuan panas yang baik.
5. Harus memiliki sifat tahan aus yang tinggi. (Sumber: Lit. 8 hal.510)

2.5.2.2 Ukuran Standar Transmisi Poros

Ukuran standar transmisi poros adalah: 25 mm sampai 60 mm dengan 5 langkah mm; 60 mm hingga 110 mm dengan langkah 10 mm; 110 mm hingga 140 mm dengan 15mm langah; 140 mm sampai 500 mm dengan 20 mm langkah. Panjang standar poros adalah 5 m, 6 m dan 7 m. (Sumber: Lit.8 hal.510)

2.5.2.3 Tegangan dalam Poros

Tegangan-tegangan berikut ini yang diinduksikan ke dalam poros:

1. Tegangan geser karena transmisi torsi (yaitu karena beban torsional)
2. Tegangan bengkok (tarik atau tekan) karena gaya yang bekerja pada elemen mesin seperti roda gigi, pulley dll. karena berat poros itu sendiri.
3. Tegangan gabungan antara beban torsional dan lentur. (Sumber: Lit.8 hal. 511)

Ketika poros dikenakan momen putar (torsi) saja, maka diameter poros dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan torsi, yaitu:

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} \qquad \text{.....(2.8, Lit 8 hal. 511)}$$

Keterangan:

T = Momen putar (torsi) yang bekerja pada poros,

J = Momen kutub inersia poros sekitar sumbu rotasi,

τ = tegangan geser torsional

r = Jarak dari sumbu netral ke serat paling luar; d/2; dimana d adalah diameter poros.

Pada poros pejal, kita tahu momen inersia polarnya adalah:

$$J = \frac{\pi}{3} d^4 \qquad \text{.....(2.9 Lit 8 hal. 512)}$$

Bila dimasukkan ke persamaan (2.6), menjadi:

$$\frac{T}{\frac{\pi}{3} \times d^4} = \frac{\tau}{\frac{d}{2}} \text{ atau } T = \frac{\pi}{1} \times \tau \times d^3 \qquad \text{……(2.10 Lit 8 hal. 512)}$$

Dari persamaan diatas, kita dapat menentukan diameter dari poros pejal.

Pada poros hollow, kita ketahui momen inersia polarnya adalah:

$$J = \frac{\pi}{3} [(d_o)^4 - (d_i)^4] \qquad \text{.....(2.11 Lit 8 hal. 512)}$$

Dimana d_0 dan d_1 merupakan diameter luar dan dalam dari poros, disubtitusikan ke persamaan (2.6) menjadi:

$$\frac{T}{\frac{\pi}{3}[(d_0)^4-(d_i)^4]} = \frac{\tau}{\frac{d_0}{2}} \text{ or } T = \frac{\pi}{1} \times \tau \left[\frac{(d_0)^4-(d_i)^4}{d_0}\right] \quad \ldots(2.12, \text{Lit } 8 \text{ hal. } 512)$$

Apabila k = Ratio dari diameter dalam dan diameter luar poros = d_0 / d_1, maka:

$$T = \frac{\pi}{1} \times \tau \times \frac{(d_0)^4}{d_0}\left[1-\left(\frac{d_i}{d_0}\right)^4\right] = \frac{\pi}{1} \times \tau\,(d_0)^3(1-k^4) \quad \ldots..(2.13, \text{Lit } 8 \text{ hal. } 512)$$

2.5.3 Bantalan

Dalam ilmu mekanika bantalan adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bantalan menjaga poros (shaft) agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya. Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Bantalan adalah komponen sebagai bantalan untuk membantu mengurangi gesekan peralatan berputar pada poros/as. Bantalan ini biasanya berbentuk bulat. Bantalan di mobil dipasang pada as roda dan ditempat-tempat yang berputar lainnya. Tujuan dari bantaran untuk mengurangi gesekan rotasi dan mendukung radial dan aksial beban. (Sumber: Lit. 2)

2.5.4 Kayu Lapis (*Plywood)*

Kayu lapis (*Plywood*) adalah sejenis papan pabrikan yang terdiri dari lapisan kayu (veneer kayu) yang direkatkan bersama-sama. Kayu lapis merupakan salah satu produk kayu yang paling sering digunakan. Kayu lapis bersifat fleksibel, murah, dapat dibentuk, dapat didaur ulang, dan tidak memiliki teknik pembuatan yang rumit. Kayu lapis biasanya digunakan untuk menggunakan kayu solid karena lebih tahan retak, susut, atau bengkok.

Lapisan kayu lapis (yang biasa disebut *veneer*) direkatkan bersama dengan sudut urat (*grain*) yang disesuaikan untuk menciptakan hasil yang lebih kuat. Biasanya lapisan ini ditumpuk dalam jumlah ganjil untuk mencegah terjadinya pembelokan (*warping*) dan menciptakan konstruksi yang seimbang. Lapisan dalam jumlah genap akan menghasilkan papan yang tidak stabil dan mudah terdistorsi. Saat ini kayu lapis tersedia dalam berbagai ketebalan, mulai dari 0,8 mm hingga 25 mm dengan tingkat kualitas yang berbeda-beda. (Sumber: Lit. 7)

2.6 Perancangan Rangka

Perancangan rangka dimulai dengan menentukan berat masing-masing komponen yang membebani rangka. Berat komponen dapat dihitung dengan :

$W = V \cdot \rho \cdot g$ ….. (2.14 Lit 8)

Setelah berat komponen didapatkan, hitung momen innersia dengan cara

1. Pada mata potong menggunakan innersia silinder berrogga

   $I = {}^{1}/_{2}\ M\ (R1^2 + R2^2)$ ….. (2.15 Lit 4)

2. Pada poros pedal

   $I = {}^{1}/_{3}\ mr^2$ …... (2.16 Lit 4)

3. Pada rangka dudukan poros dan bantalan menggunakan inersia persegi *hollow*

   $I = {}^{1}/_{12}\ (B^3 - bh^3)$ ……. (2.17 Lit.4)

4. Pada meja pembengkok menggunakan innersia persegi

   $I = {}^{1}/_{12}\, B^{3}$ ……. (2.18 Lit.4)

   Setelah itu tentukan titik berat suatu benda, pada alat ini rata-rata titik berat suatu benda berada ditengah. (Lit.4)

   Setelah itu tentukan momen maksimum suatu benda berdasakan free body diagram masing-masing komponen (Lit. 4)

   Lalu tentukan tegangan tarik izin suatu bahan dengan cara

   $\sigma_{t\,iz} = \frac{M \quad .Y}{I}\, x\, S_f$ …… (2.19 Lit. 4)

   Suatu rangka dikatakan bisa menahan beban apabila tegangan tarik izin nya lebih rendah dari tegangan Tarik maksimumnya. (Lit. 4)

2..7 Spesifikasi Bahan

2.7.1 Kekuatan Tarik

Tabel 2.1 Daftar kekuatan tarik bahan

1	Baja karbon rendah	723,83 N/mm^2
2	Kayu	82,5 N/mm^2
3	*Stainless steel*	410,67 N/mm^2

Sumber:

(1. Lit. 4)

(2. Lit. 9)

(3. Lit. 5)

2.7.2 Masa Jenis

Tabel 2.2 Daftar Masa Jenis bahan

1	Besi cor	7250 Kg/m^3
2	Baja karbon rendah	7850 Kg/m^3

Sumber:

(1. Lit. 8)

(2. Lit. 4)

2.7.3 *Safety Factor*

Tabel 2.3 Daftar Faktor Keamanan

Material	*Steady load*	*Live load*	*Shock load*
Cast iron	5 to 6	8 to 12	16 to 20
Wrought iron	4	7	10 to 15
Steel	4	8	12 to 16
Soft materials and alloys	6	9	15
Leather	9	12	15
Timber	7	10 to 15	20

(Lit. 8)