

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pengerjaan Logam

Pada proses pengerjaan logam dikenal dengan proses pengerjaan panas (*hot forming*) dan proses pengerjaan dingin (*cold forming*) Keterangan klasifikasi pengerjaan didasarkan menurut temperatur pengerjaannya.

2.1.1 Proses Pengerjaan Panas

Proses ini dapat di definisikan sebagai proses pembentukan yang dilakukan pada temperatur tinggi Keterangan logam yang dibentuk akan berada dalam keadaan plastis dan mudah dibentuk dengan tekanan. Sehingga pembebanan yang dilakukan kecil. Selain itu proses ini mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- Porositas dalam logam dapat dikurangi, batangan logam setelah dicor umumnya mengandung banyak lubang hembus kecil – kecil. Lubang tersebut tertekan dan dapat hilang oleh karena tekanan kerja yang tinggi.
- Butiran pada bahan akan diperhalus karena proses berlangsung pada daerah rekristalisasi dan pengerjaan panas berlangsung terus sehingga dihasilkan butiran yang halus
- Sifat fisis meningkat terutama disebabkan butiran menjadi halus, kekuatan dan ketahanan terhadap *impact* meningkat, kekuatan bertambah dan homogenitas dalam logam meningkat
- Jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengubah bentuk dalam keadaan plastis jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan dalam pengerjaan dingin

Selain keuntungan diatas, pada proses ini masih terdapat kekurangannya, antara lain:

- Pada suhu tinggi terjadi oksidasi dan pembentukan kerak pada permukaan logam, sehingga penyelesaian permukaan tidak bagus
- Sulit untuk mempertahankan toleransi
- Perawatan biaya peralatan cukup tinggi

Sebagai contoh dari pengerjaan panas ini antara lain:

A. Pengerolan Panas

Proses ini dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Proses pengerjaan baja setengah jadi, yaitu: *bloom*, *billet* dan sebagainya.
2. Proses pengerolan lanjutan, pengerjaan barang setengah jadi menjadi barang jadi, yaitu : *bloom*, *billet* menjadi pelat lembaran, batangan, bentuk profil atau lembaran tipis.

B. Ekstruksi

Pembentukan ini dilakukan dengan menekan logam keluar melalui cetakan dengan bentuk tertentu. Keuntungan dari proses ini adalah:

1. Memungkinkan membuat berbagai jenis bentuk berkekuatan tinggi.
2. Ketetapan ukuran baik.
3. Harga relatif murah.

2.1.2 Proses Pengerjaan Dingin

Proses ini dapat didefinisikan sebagai proses pembentukan logam yang dilakukan dibawah temperatur rekristalisasi. Proses pengerjaan ini dilakukan pada temperatur kamar atau tanpa proses pemanasan dahulu pada benda kerja. Maka pada pengerjaan dingin diperlukan tekanan yang lebih besar bila dibandingkan dengan pengerjaan panas.

Dengan meningkatnya deformasi butiran atom, tahanan terhadap deformasi meningkat sehingga logam yang dibentuk dalam proses pengerjaan dingin akan bersifat semakin getas apabila mengalami deformasi. Bila perubahan bentuk yang besar dipaksakan, maka benda akan mengalami keretakan sebagai akibat dari sifat getasnya.

Keuntungan dari proses ini adalah:

- Pengendalian dimensi benda kerja lebih baik
- Permukaan benda kerja tidak teroksidasi dan lebih baik
- Memperbaiki kemampuan permesinan
- Meningkatkan kekuatan logam

Pada pengerjaan dingin diperlukan tenaga yang lebih besar dibandingkan dengan pengerjaan panas. Logam akan mengalami deformasi tetap apabila tegangan yang diberikan melebihi tegangan elastisnya.

2.2 Sifat – sifat Bahan

Bahan yang digunakan dalam suatu proses pembentukan memiliki sifat tertentu sehingga produk yang dihasilkan mempunyai sifat seperti yang diharapkan.

Sifat – sifat khas bahan industri perlu dikenal secara baik karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai keperluan dalam berbagai keadaan. Sifat – sifat yang diinginkan sangat banyak sebagai contoh adalah sifat – sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, kekakuan, ketahanan dan keuletan). Dalam proses pembentukan dengan *roll forming* yang diberikan pada waktu proses pengerolan berlangsung sehingga pelat baja mengalami deformasi. Agar kelengkungan pelat yang sudah dibentuk dengan rol tidak kembali ke bentuk semula maka diusahakan pembebanan pengerolan sampai pada daerah plastis.

Sifat – sifat bahan yang biasa digunakan dalam proses pembentukan logam adalah:

- *Ductility*

Adalah sifat material untuk dapat diregangkan tanpa dapat mengalami patah. *Ductility* dikaitkan dengan besar regangan permanen sebelum mengalami kepatahan. Bahan yang ulet mempunyai penyusutan penampang yang besar sebelum patah.

- *Malleability*

Adalah sifat suatu bahan yang mampu dibentuk tanpa mengalami keretakan. Bahan yang mudah dibentuk mempunyai *malleability* yang tinggi.

- *Strength*

Setiap bahan mempunyai kekuatan maksimal sebelum mengalami kepatahan, hal ini dinamakan *ultimate strength*. Kekuatan bahan terhadap deformasi plastis disebut dengan kekuatan luluh (*yield point*).

- *Toughness*

Adalah kemampuan suatu material untuk menyerap energi sampai mengalami suatu kepatahan. *Toughness* berhubungan erat dengan

ketahanan material terhadap penekanan, peregangan, dan penempaan. Material yang tangguh adalah material yang mempunyai *yield point* tinggi dan keuletan yang baik.

- *Machinability*

Adalah kemampuan suatu material untuk bisa dikerjakan dengan menggunakan proses permesinan (bubut, frais, dan skrap) dengan memperoleh hasil pengerjaan yang baik.

- *Stress*

Gaya per satuan luas selama deformasi bahan menyerap energi akibat adanya gaya yang bekerja sepanjang jarak deformasi

2.3 Proses Pembentukan

Prinsip dasar pembentukan logam merupakan proses yang dilakukan dengan cara memberikan perubahan bentuk pada benda kerja. Perubahan bentuk ini dapat dilakukan dengan cara memberikan gaya luar sehingga terjadi deformasi plastis. Aplikasi pembentukan logam ini dapat dilihat pada beberapa proses fabrikasi contohnya seperti pengerolan (*rolling*), pembengkokan (*bending*), tempa (*forging*), ekstrusi (*extruding*), penarikan kawat (*wire drawing*), penarikan dalam (*deep drawing*), dan lain-lain. Dalam proses pembentukan logam inipun digunakan perkakas (*tooling*) yang fungsinya memberikan gaya terhadap benda kerja, serta mengarahkan perubahan bentuknya. Secara makroskopis, deformasi dapat dilihat sebagai perubahan bentuk dan ukuran. Perubahan bentuk yang terjadi dapat dibedakan atas deformasi elastis dan deformasi plastis.

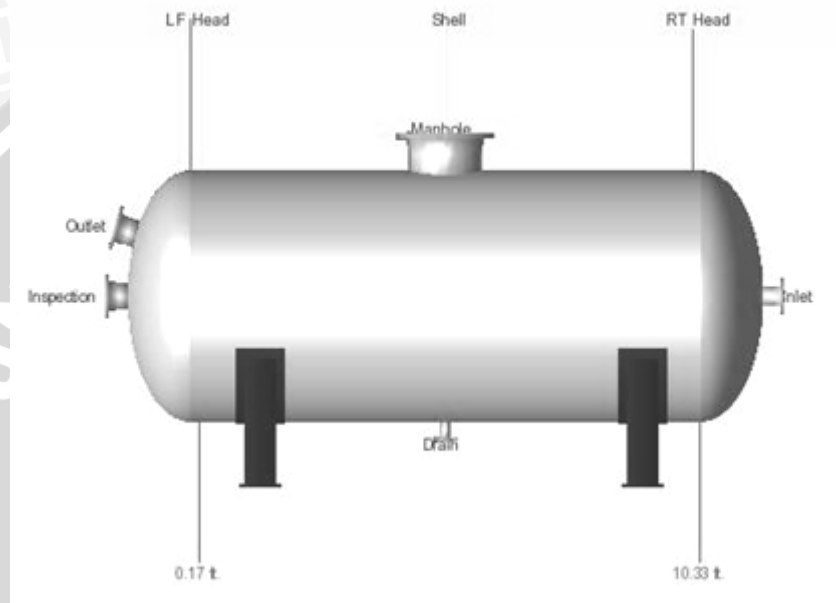
Deformasi elastis adalah perubahan bentuk yang terjadi bila ada gaya yang bekerja, serta akan hilang bila bebannya diiadakan. Dengan kata lain bila beban diiadakan, maka benda akan kembali ke bentuk dan ukuran semula. Sedangkan deformasi plastis adalah perubahan bentuk yang permanen, meskipun bebannya dihilangkan maka kondisi benda akan tetap berubah bentuknya sesuai dengan bentuk yang dikenakan pada benda tersebut.

2.4 Shell of Pressure Vessel

Pressure Vessel atau disebut bejana tekan merupakan wadah tertutup yang dirancang untuk menampung cairan atau gas pada temperatur yang berbeda dari temperatur lingkungan. Bejana tekan digunakan untuk bermacam-macam aplikasi

di berbagai sektor industri seperti industri kimia (*petrochemical plant*), energi (*power plant*), minyak dan gas (*oil & gas*), nuklir, makanan, bahkan sampai pada peralatan rumah tangga seperti boiler pemanas air atau *pressure cooker*. Contoh gambar *pressure vessel* seperti pada gambar 2.1. Adapun bejana tekan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Berdasarkan fungsinya: seperti *reactor*, *accumulator*, *column*, *drum*, dll
2. Berdasarkan bentuk geometri: silinder, bulat/bola, kerucut, dll.



Gambar 2.1 Bagian *pressure vessel*
 Sumber: <http://engineering-training.blogspot.com/p/intergraph-pressure-vessel-design.html>

Sedangkan contoh aplikasi dalam dunia industri antara lain adalah *deaerator*, *separator*, *heater*, *cryogenic vessel*, dan *feed drier*.

Pressure Vessel dapat dibagi dalam beberapa bagian utama:

1. *Shell*

Shell atau disebut juga kulit atau cangkang merupakan bagian yang menyelimuti seluruh bagian dari bejana tekan. *Shell* ini meliputi:

- *Cylindrical shell*
- *Spherical shell*

2. *Head*

Head merupakan bagian penutup akhir dari suatu *pressure vessel*. *Head* ini meliputi:

- *Sphere and hemispherical head*

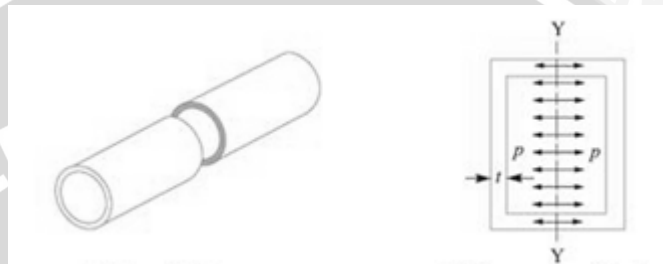
- *Ellipsoidal head*

3. Penyangga.

Penyangga digunakan untuk menahan *pressure vessel* agar tidak roboh.

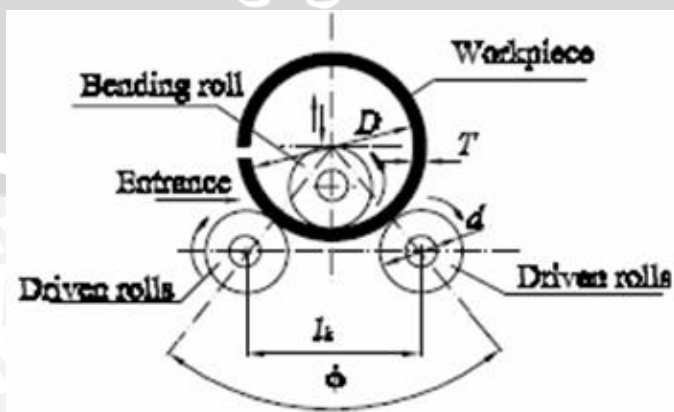
2.5 Proses Pembuatan *Shell* dengan *Roll Forming*

Proses pembuatan *shell* dilakukan pada pada pengerjaan dingin (*cold working*). Proses ini dilakukan dengan menggunakan proses *roll forming*. Gambar 2.2 adalah contoh *shell*.



Gambar 2.2 *Shell of pressure vessel*
Sumber: ccitonline.com/view_blog.php?blogId=580

Roll forming merupakan proses pembentukan yang dilakukan dengan menjepit pelat diantara dua rol (gambar 2.3). *Roll forming* dapat disebut juga dengan proses pengerolan. Rol penekan (atas) dan dua rol utama (bawah) berputar berlawanan arah sehingga dapat menggerakkan pelat. Pelat bergerak linear melewati rol pembentuk. Posisi rol pembentuk berada di bawah garis gerakan pelat, sehingga pelat tertekan dan mengalami pembengkokan. Akibat penekanan dari rol pembentuk dengan putaran rol penjepit ini maka terjadilah proses pengerolan. Pada saat pelat bergerak melewati rol pembentuk dengan kondisi pembengkokan yang sama maka akan menghasilkan radius pengerolan yang merata.



Gambar 2.3 Proses Pengerolan Pelat
Sumber: Boljanovic, 2004:56

2.5.1 Proses penandaan (*marking*)

Lembaran baja yang sudah dipersiapkan akan diukur dan ditandai sesuai dengan panjang dan diameter yang ditentukan. Pada proses ini pelat ditandai dengan cara menarik garis dengan menggunakan penggaris dan pisau baja. Proses ini bertujuan untuk memudahkan pada proses pemotongan (*cutting*) dan sebagai pelurus pada proses pengerolan (*rolling*). Selain itu juga menandai bagian samping (sisi yang akan dilas) untuk dilakukan proses penggerindaan.

Pengerjaan penandaan di PT. Boma Bisma Indra meliputi:

- Penandaan raw material sesuai ukuran gambar
- *Stamping*

2.5.2 Proses pemotongan (*cutting*)

Setelah lembaran baja ditandai, proses selanjutnya adalah pemotongan sesuai dengan dimensi yang dibutuhkan. Pemotongan pelat baja dapat dilakukan dengan cara *flame cutting* manual dan otomatis. Ada 2 jenis penerapan *flame cutting* (pemotongan dengan api) :

- a. Pemotongan dengan api menggunakan *oxy-acetylene torch*

Oxy-acetylene flame / nyala api yang didapat dari zat asam dan asitelin (gas karbit) tekanan tinggi adalah metode yang paling umum digunakan dalam industri fabrikasi.

- b. *Portable flame cutting equipment*

Merupakan peralatan pemotong dengan api yang mudah dibawa dan dapat digunakan untuk memotong bagian-bagian yang berat serta untuk merapikan dan membuat lengkungan pada tepi plat yang akan dilas.

Proses *cutting* di PT. Boma Bisma Indra meliputi:

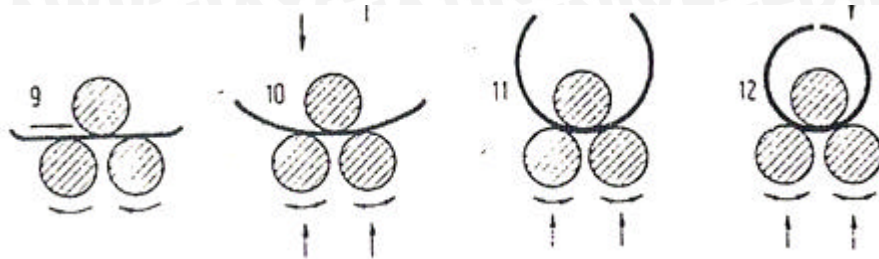
- *Cutting*
- *Champering*

2.5.3 Proses penggerindaan

Lembaran yang sudah terpotong terdapat hasil pemotongan yang perlu dihaluskan yaitu penghalusan pada sisi-sisi yang dipotong dengan menggunakan gerinda. Hal ini dilakukan agar mendapatkan dimensi yang sesuai dan pada proses pengerolan dapat dilakukan dengan benar. Selain itu juga menggerinda bagian samping yaitu sisi yang akan dilas sehingga akan terbentuk seperti "V".

2.5.4 Proses pengerolan

Lembaran yang sudah siap ditempatkan pada mesin rol, kemudian diatur jarak penurunan (rol atas). Dilakukan beberapa tahap pengerolan untuk membuat bentuk menjadi silindris (gambar 2.4). Tahap ini dilakukan agar hasil yang didapat berbentuk silindris dengan rata-rata 5-10 tahap pengerolan.



Gambar 2.4 Tahapan pengerolan pelat
Sumber: Lange, 1991:19.28

2.5.5 Proses pengelasan

Setelah proses pengerolan, langkah berikutnya adalah proses pengelasan. Proses ini dilakukan untuk menyambung antara sisi plat antara sisi satu dengan lainnya.

2.6 Perhitungan Proses Pengerolan

Dalam melakukan pengerolan terlebih dilakukan perhitungan agar dapat menghasilkan plat yang silinder. Perhitungan ini meliputi panjang material, jarak penurunan rol, panjang pelengkungan, gaya penekanan, daya motor, energi dan waktu yang dibutuhkan.

2.6.1 Lebar pelat datar

Bila akan membentuk silinder maka langkah awal adalah mengetahui lebar pelat datar yang diperlukan dalam pembuatan *shell of pressure vessel*. Lebar pelat datar dapat diketahui dengan persamaan:

$$BA = \pi (ID + t) \text{ (mm)} \quad \text{(Muslimin, 2009) (2-1)}$$

Keterangan:

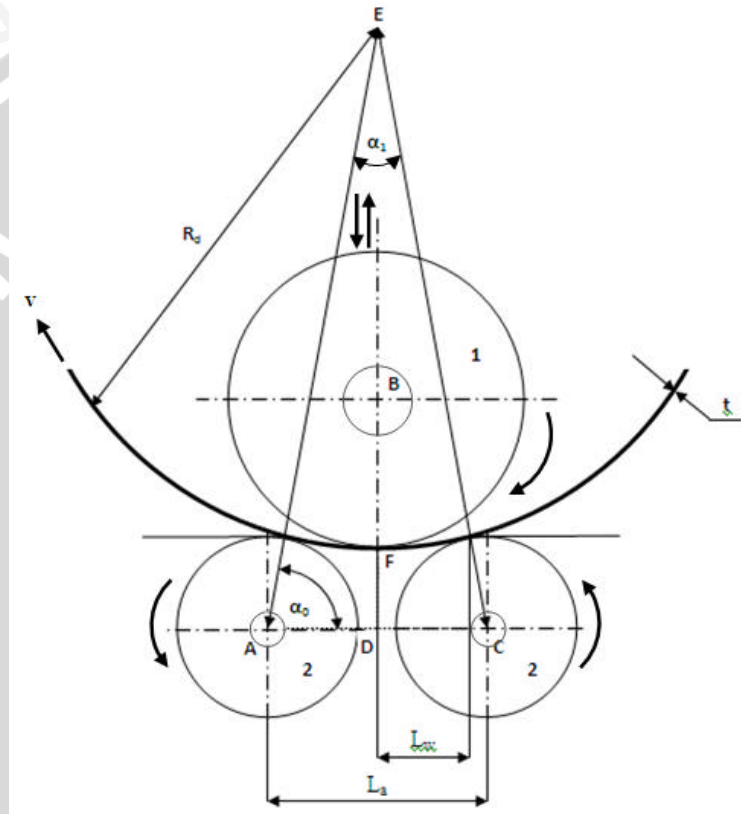
BA = Lebar pelat datar atau panjang *blank* (mm)

ID = Diameter dalam *shell* = 3556 mm

t = Tebal plat = 22 mm

2.6.2 Diagram daerah pengerolan

Untuk mengetahui skema kerja proses pengerolan, maka diperlukan diagram daerah pengerolan seperti pada gambar 2.5. Pada gambar tersebut dijelaskan bahwa terjadi suatu korelasi hubungan segitiga (*pythagoras*) antar titik terutama titik A, D, dan E pada setiap penurunan rol atas (proses *bending*). Pelat datar akan menjadi silinder bila rol atas diturunkan sampai batas maksimal untuk membentuk diameter silinder yang diinginkan.



Gambar 2.5 Diagram daerah pengerolan

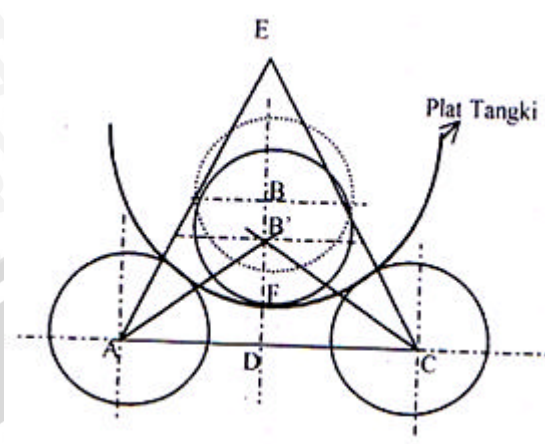
Keterangan:

- R_d = Jari-jari dalam pengerolan plat
- t = Tebal plat
- L_a = Jarak antara 2 rol penggerak
- L_w = Jarak sumbu rol penekan dengan titik deformasi
- α_1 = Sudut bending

2.6.3 Jarak penurunan rol

Jarak penurunan rol adalah jarak rol besar dari keadaan normal untuk menekan plat sampai berbentuk silinder. Untuk mempermudah pengerjaan dan

mampunyai hasil yang halus, juga memperpanjang umur roll, maka proses pengerolan dilakukan secara bertahap sampai batas jarak penurunan rol. Seperti pada gambar 2.6 terlihat jarak penurunan rol dari titik B ke titik B'.



Gambar 2.6 Jarak penurunan rol

Sumber: Basu, 1979:152

Keterangan:

AC = Jarak antara rol A dengan rol C

$AD = \frac{1}{2} AC$

$AE = R_A + t + R_{\text{dalam shell}}$

$BD = R_B + t + R_A$

Adapun tahapan perhitungan untuk menemukan jarak penurunan rol adalah sebagai berikut:

$$BB' = BD - B'D \text{ (mm)} \quad \text{(Basu, 1979:153) (2-2)}$$

Keterangan:

BB' = Jarak penurunan rol (mm)

BD = Jarak radius rol atas dengan tengah jarak radius rol bawah (mm)

$B'D$ = Jarak turun rol atas (mm)

Untuk mencari nilai BD bisa dicari dengan:

$$BD = R_{\text{roll atas}} + t + R_{\text{roll kecil}} \text{ (mm)} \quad \text{(Basu, 1979:153) (2-3)}$$

Sedangkan nilai $B'D$ dicari dengan:

$$\begin{aligned} B'D &= B'F + FD \\ &= B'F + (ED - EF) \text{ (mm)} \end{aligned} \quad \text{(Basu, 1979:153) (2-4)}$$

Untuk mencari radius dalam *shell* (R) menggunakan $\triangle ADE$ dengan rumus Phytagoras:

$$AD^2 + ED^2 = AE^2$$

$$(\frac{1}{2} \cdot L_a)^2 + (R + t + FD)^2 = (R + t + R_{\text{rol penggerak}})^2 \quad (\text{Basu, 1979:153}) \quad (2-5)$$

Keterangan:

R = Radius dalam *shell* (mm)

L_a = Jarak antara 2 rol penggerak (mm)

t = Tebal pelat (mm)

FD= Jarak antara titik pusat pelat bending dengan rol penggerak (mm)

$R_{\text{rol penggerak}}$ = Radius rol penggerak (mm)

Untuk mencari ED menggunakan sifat ? .AED :

$$ED = AE \times \sin a_0 \quad (\text{mm}) \quad (\text{Basu, 1979:153}) \quad (2-6)$$

Keterangan:

$$a_0 = \cos^{-1} \frac{??}{??} \quad (^\circ)$$

2.6.4 Panjang Pelengkungan

Plat yang di rol akan mengalami deformasi dan penambahan panjang. Panjang pelengkungan adalah panjang plat yang dikenai gaya sehingga terdeformasi dari lembaran menjadi silinder. Panjang pelengkungan bisa dicari dengan rumus:

$$? \frac{??}{??} \text{ Q Q Q } ? \text{ Q? } \quad (\text{mm}) \quad (\text{Wilson, 1962:22}) \quad (2-7)$$

Keterangan :

IR = Jari-jari dalam tangki ($R_{\text{luar tangki}} - t$) (mm)

K = Konstanta ; 0,5 bila $IR > 2 \cdot t$ (Wilson, 1962:22)

0,3 bila $IR < 2 \cdot t$

t = Tebal plat (mm)

a_1 = Sudut pengerolan ($^\circ$)

Untuk mencari a_1 dapat diketahui nilainya :

$$a_1 = 2 \cdot (90^\circ - a_0) \quad (^\circ) \quad (\text{Basu, 1979:153}) \quad (2-8)$$

2.6.5 Gaya Pengerolan

Gaya pengerolan adalah pemberian beban oleh rol atas yang diturunkan sejauh jarak yang direncanakan. Beban untuk menekan pelat agar memperoleh

bentuk silinder dilakukan dengan bertahap, yaitu pemberian beban sedikit demi sedikit sehingga pelat terbentuk sesuai dengan yang diinginkan.

Untuk mengetahui gaya pengerolan yang terjadi maka digunakan persamaan:

$$P = \frac{G^2}{k} \quad (\text{Kg}) \quad (\text{Donaldson, 1973:740}) \quad (2-9)$$

Keterangan :

- k = Ketetapan rol = 0,67
- L = Lebar pelat (mm)
- W = Panjang pelengkungan (mm)
- S = *Tensile strength* (kg/mm²)
- t = Tebal pelat (mm)

2.6.6 Daya Pengerolan

Daya pengerolan yang terjadi ada 2 yaitu daya yang dibutuhkan untuk memutar pelat (*rolling*) dan daya yang dibutuhkan untuk menekan pelat (*bending*).

A. Daya rol penggerak yang dibutuhkan untuk memutar pelat dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$N_r = \frac{F_t v}{1000} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Dobrovolsky, 251}) \quad (2-10)$$

Keterangan:

- N_r = Daya yang dibutuhkan untuk memutar rol penggerak (kW)
- F_t = Gaya tangensial rol penggerak (kg)
- v = Kecepatan pengerolan (m/s)

Gaya tangensial (F_t) yang terjadi pada rol penggerak dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$F_t = \frac{F G^2}{\beta} \quad (\text{kg}) \quad (\text{Dobrovolsky, 199}) \quad (2-11)$$

Keterangan:

- F = Gaya pengerolan (kg)
- f = Koefisien gesek (0,1 – 0,15) (Dobrovolsky, 204)
- β = Kontak faktor (1,5 – 2) (Dobrovolsky, 199)
- θ = Sudut antara pusat gaya dengan titik singgung pelat dan rol penggerak (°)

Untuk mencari ? menggunakan rumus Phytagoras:

$$L_w^2 = B'^2 + F^2 \quad (Basu, 1979:153) \quad (2-12)$$

Keterangan:

L_w = Jarak sumbu rol penekan dengan titik deformasi (mm)

$B'F$ = Jarak turun rol dari pusat (mm)

B. Daya rol penekan yang dibutuhkan untuk menekan pelat oleh dicari dengan menggunakan persamaan:

$$N_p = \frac{F \cdot v}{1000} \quad (kW) \quad (Dobrovolsky, 251) \quad (2-13)$$

Keterangan:

N_p = Daya yang dibutuhkan untuk menekan pelat (kW)

F = Gaya tangensial rol penggerak (kg)

v = Kecepatan pengerolan (m/s)

2.6.7 Penggunaan Energi

Penggunaan energi dalam proses pengerolan dipengaruhi oleh daya kerja dan waktu proses . Semakin besar daya kerja yang digunakan maka semakin besar pula energi yang dikeluarkan. Begitu juga dengan waktu proses, semakin lama proses pengerolan semakin besar energi yang digunakan.

Untuk mengetahui seberapa besar penggunaan energi dalam proses pengerolan, maka dapat dicari dengan persamaan:

$$E = P \cdot t \quad (Sumber: Giancoli, 2001:200) \quad (2-14)$$

Keterangan:

Daya = daya yang terjadi (kW)

Energi = energi per satuan waktu (kJ)

Waktu = satuan waktu (detik)

Energi tiap satuan waktu berbeda dengan konsumsi energi, karena konsumsi energi adalah jumlah energi yang dikeluarkan dalam satuan waktu. Untuk mencari konsumsi energi dapat dilakukan dengan persamaan:

$$E = \frac{P}{1000} \cdot t \quad (kJ)$$



2.6.8 Waktu Pengerjaan

Total waktu yang dibutuhkan selama suatu proses berlangsung disebut dengan waktu pengerjaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pengerjaan adalah metode proses, kinerja pekerja dan kondisi mesin. Dalam hal ini kinerja pekerja dan kondisi mesin dianggap standar. Waktu yang dihitung adalah waktu pada *bending* dan pada *rolling*.

Waktu pengerjaan saat proses *bending* (t_b) dapat dicari menggunakan persamaan:

$$t_b = \frac{BB'}{v_b} \quad (\text{detik}) \quad (\text{Muslimin, 2009}) \quad (2-15)$$

Keterangan:

t_b = waktu penurunan rol (detik)

BB' = jarak penurunan rol (mm)

v_b = kecepatan *bending* (mm/detik)

Waktu pengerjaan saat proses *rolling* (t_r) dapat dicari menggunakan persamaan:

$$t_r = \frac{BA + W}{v_r} \quad (\text{detik}) \quad (\text{Muslimin, 2009}) \quad (2-16)$$

Keterangan:

t_r = waktu pengerolan pelat (detik)

BA = panjang pelat (mm)

W = panjang pelengkungan (mm)

v_r = kecepatan *rolling* (mm/detik)

Total waktu yang digunakan pada tahap ini dapat dicari dengan persamaan:

$$t_{\text{total}} = t_b + t_r$$

Keterangan:

t_b = waktu *bending* pelat (detik)

t_r = waktu *rolling* pelat (detik)

2.7 Energi Listrik

Energi Listrik adalah energi akhir yang dibutuhkan bagi peralatan listrik untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Energi yang dihasilkan ini dapat berasal dari berbagai

sumber misalnya, air, minyak, batu bara, angin, panas bumi, nuklir, matahari dan lainnya. Energi ini besarnya dari beberapa volt sampai ribuan hingga jutaan volt.

2.7.1 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Ampere.

Untuk arus yang konstan, besar arus I dalam Ampere dapat diperoleh dengan persamaan:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (\text{Ampere}) \quad (\text{Selaksa, 2011}) \quad (2-17)$$

Keterangan:

I = arus listrik (Ampere)

V = tegangan listrik / perbedaan potensial (Volt)

R = tahanan Listrik (Ohm)

2.7.2 Tegangan Listrik

Tegangan listrik / voltase adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt. Secara definisi tegangan listrik menyebabkan obyek bermuatan listrik negatif tertarik dari tempat bertegangan rendah menuju tempat bertegangan lebih tinggi. Sehingga arah arus listrik didalam suatu konduktor mengalir dari tegangan tinggi menuju tegangan rendah.

Untuk mencari tegangan listrik (V) dalam Volt dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$V = IR \quad (\text{Volt}) \quad (\text{Aditya, 2011}) \quad (2-18)$$

Keterangan:

V = tegangan listrik / perbedaan potensial (Volt)

I = arus listrik (Ampere)

R = tahanan Listrik (Ohm)

2.7.3 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Arus listrik yang mengalir dalam

rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Peralatan mengkonversi kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang berguna, seperti panas (seperti pada pemanas listrik), cahaya (seperti pada bola lampu), energi kinetik (motor listrik), dan suara (loudspeaker). Listrik dapat diperoleh dari pembangkit listrik atau penyimpanan energi seperti baterai.

$P = G \cdot Q \cdot t$ (Watt)

(Humardhani, 2010) (2-19)

Keterangan:

P = daya Listrik (Watt)

V = tegangan listrik / perbedaan potensial (Volt)

I = arus listrik (Ampere)

$\cos \phi$ = faktor daya

