

# ANALISIS DISTRIBUSI GAYA-GAYA YANG BEKERJA PADA MEKANISME BUSUR DAN ROLL PELAT PROSES PEMBENTUKAN LOGAM

Agus Pramono<sup>1</sup>, Handi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pengajar Jurusan Metalurgi - Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>2</sup>Pengajar Program Studi Teknik Mesin - Fakultas Teknik, Universitas Bung Karno

## Abstrak

*Pada industri pelat masih banyak industri pelat dan las yang masih menggunakan cara yang sederhana dan sulit mencapai ukuran yang diminta. Sebagai contoh kesulitan tersebut antara lain yaitu kesulitan dalam hal melengkungkan pelat yang masih menggunakan metoda yang sangat tradisional yakni dengan memakai beberapa buah mal pipa yang harus banyak dan berbagai ukuran diameter pipa yang berbeda dan melengkungkannya ditekan sampai pelat menempel pada dinding pipa (mal pipa tersebut) sehingga produktifitas rendah dan tidak efisien. Mengingat permasalahan diatas dan pentingnya suatu alat sebagai sarana pembantu untuk mencapai proses pembengkokan yang sempurna dan berkualitas, maka dibutuhkan alat "Mesin Busur Roll Pelat". mesin bending ini digunakan untuk membengkokkan pelat dengan ketebalan 2 mm, lebar 100 mm, dan panjang 750 mm, dengan menggunakan press hidrolik yang berkekuatan ratusan kgf. Sementara berdasarkan perhitungan serta analisa gaya lengkung yang dihasilkan sangat kecil jika merujuk pada besarnya tegangan luluh menurut JIS adalah 25 kgf/mm<sup>2</sup>. Dengan kekuatan hidrolik ratusan kgf gaya lengkung yang dihasilkan tentunya tidak jauh berbeda oleh karena itu membutuhkan besarnya tegangan luluh pelat yang dihasilkan untuk membengkokkan pelat tersebut didalam realisasinya.*

*Kata kunci : Pembentukan Logam, Gaya-Gaya Pembentukan dan Proses Busur dan Roll Pelat.*

## I. PENDAHULUAN

Dewasa ini ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang dengan pesat. Perkembangan ilmu dan teknologi tersebut sangat berpengaruh sekali terhadap kemajuan suatu negara. Sebagai negara berkembang, maka sudah selayaknya kalau sumber daya manusia indonesia bekerja keras untuk berkarya menciptakan karya-karya teknologi. Kehadiran karya teknologi sangat diperlukan untuk kesejahteraan umat manusia oleh karena itu banyak sekali ide dan karya teknologi dibuat untuk membantu meringankan tenaga manusia. Diharapkan dengan terciptanya suatu alat atau mesin, akan membantu mempermudah suatu proses kerja untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja. Kegunaan suatu alat/mesin hasil karya teknologi merupakan suatu hal yang sangat membantu perkembangan perekonomian dan kemajuan suatu masyarakat karena dengan mesin/alat tersebut produktifitas akan meningkat dan dengan sendirinya memberi nilai tambah bagi pemakainya. Penulis ingin kehadiran teknologi yang tepat guna berupa alat sederhana yang berguna untuk bengkel industri kecil dan menengah dalam pengerjaan logam, karena penulis menyadari dalam pengerjaan logam khususnya membengkokkan pelat logam sangat sulit jika tanpa suatu alat/mesin yang sering disebut mesin bending



roll. Pada industri pelat, mesin ini sangat membantu mempermudah suatu proses kerja untuk meningkatkan kuantitas dan efektivitas kerja. Masih banyak industri pelat dan las yang masih menggunakan cara yang sederhana dan sulit mencapai ukuran yang diminta. Sebagai contoh kesulitan tersebut antara lain yaitu kesulitan dalam hal melengkungkan pelat yang masih menggunakan metoda yang sangat tradisional yakni dengan memakai sebuah/beberapa buah mal pipa yang harus banyak dan berbagai ukuran diameter pipa yang berbeda dan melengkungkannya ditekan sampai pelat menempel pada dinding pipa (mal pipa tersebut) sehingga produktifitas rendah dan tidak efisien.

Dengan melihat kebiasaan tersebut timbul beberapa hal yang merugikan antara lain : keterbatasan tenaga manusia yang dibutuhkan, membutuhkan terlalu banyak mal-mal pipa yang dibutuhkan, kesulitan melengkungkan pelat kalau bahannya pendek, waktu yang dibutuhkan cukup banyak, hasil yang dicapai relatif sedikit , tangan mudah sakit/lecet (karena penekanannya dengan tangan langsung). Mengingat permasalahan diatas dan pentingnya suatu alat sebagai sarana pembantu untuk mencapai proses pembengkokan yang sempurna dan berkualitas, penulis menghadirkan suatu alat yang diberi nama " Mesin Busur Roll Pelat ". Dinamakan demikian karena menggunakan mekanisme busur dan roll dalam proses pembentukannya dan menggunakan tenaga hidrolik yang digerakkan oleh motor listrik.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Spesifikasi Teknis

Untuk memberikan gambaran yang lebih gamblang mengenai mesin ini berikut diberikan spesifikasi teknis antara lain:

<u>Dimensi</u>	: Panjang 800 mm: Lebar 700 mm : tinggi 700 mm
<u>Berat mesin</u>	: $\pm$ 500 Kg
<u>Kapasitas tekuk pelat</u>	: Tebal 1 – 2 mm
<u>Kapasitas hidrolik</u>	: 500 – 1300 kN
<u>Penggerak</u>	: Motor listrik Tenaga 7,5 HP Kec putaran 1445 RPM Daya listrik 5,5 KW Tegangan listrik 380 Volt, 50 HZ, 3 fasa Arus listrik 11,9 A.

### 2.2 Teori Pelengkungan Pelat

Pembengkokan adalah proses perubahan bentuk-bentuk yang harus menjadi bengkokan. Proses ini merupakan proses yang digunakan untuk merubah lembaran pelat menjadi bentuk lengkung sesuai yang diinginkan, dalam hal ini sebagai contoh adalah suatu produk yang dinamakan kabel trey. Jari-jari pembengkokan ( R ) diartikan sebagai jari-jari lengkungan cekung atau permukaan dalam bengkokan untuk pembengkokan elastis dibawah batas elastik, regangan melalui pertengahan tebal pada sumbu netral. Pada pembengkokan plastis melalui batas elastik sumbu netral bergeser lebih dekat kepermukaan dalam lengkungan. Untuk pembebanan tiga titik, momen lengkung maksimum terletak ditengah-tengah panjang bentangan. Hal ini akan menimbulkan regangan lokal. Sehingga batas pembentukan terjadi ditengah-tengah sebelum bahan

dilengkungkan sebagaimana mestinya. Dalam teori pembengkokan regangan bertambah besar dengan mengecilnya jari-jari lengkungan. Jika perubahan tebal diabaikan, sumbu netral tetap berada ditengah-tengah dan perentangan melingkar pada permukaan atas  $e_a$ , akan sama dengan pengerutan pada permukaan bahan  $e_b$ , regangan konvensional pada serat dalam diberikan oleh persamaan :

$$e_a = e_b = \frac{1}{(2R/h+1)}$$

dimana :  $e_a$  = Perentangan melingkar permukaan atas.

$e_b$  = Perentangan pada permukaan bawah.

R = Radius dalam pelengkungan.

h = Tebal pelat (mm).

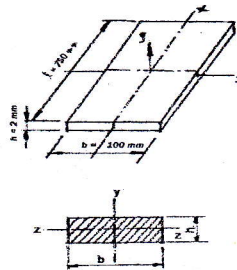
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Perhitungan Momen Inersia dan Tegangan

Bahan pelat yang akan di bengkokkan adalah besi SS 41 dengan kekuatan tarik ( $\sigma_t$ ) 41-52 kgf/mm<sup>2</sup>. dengan tebal pelat 2 mm, lebar pelat 100 mm dan panjangnya 750 mm.

a. Inersia Luas Pelat

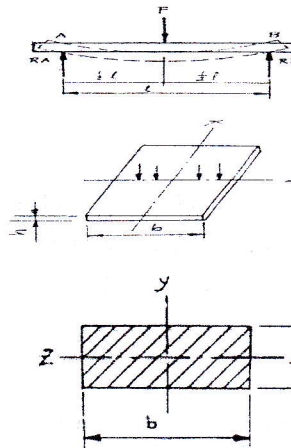
$$\begin{aligned} I_x &= \frac{1}{12}bh^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 750 \cdot 2^3 \\ &= \frac{6000}{12} \\ &= 500 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



Gambar 1 Perhitungan Momen Inersia

b. Tegangan Luluh Plat ( $\sigma_y$ )

$$\begin{aligned} \frac{M}{I} &= \frac{E}{R_{netral}} = \frac{\sigma}{Y} \\ R + \frac{1}{2}h & \\ \frac{\sigma}{y} &= \frac{M}{I} \\ \sigma &= \sigma y \\ \sigma &= \frac{My}{I} \end{aligned}$$



Gambar 2



ambil :  $\sigma = \sigma_y$

$$\sigma_y = \frac{RA \times \frac{1}{2} \ell \times \frac{1}{2} h}{\frac{1}{12} bh^2}$$

$$\sigma_y = \frac{Mx.Yt}{Ix}$$

Tegangan lentur X searah sumbu Y

$$\sigma_y = \frac{RA \times \frac{1}{2} \ell \times \frac{1}{2} h}{\frac{1}{12} bh^2}$$

$$RA = \frac{1}{2} F$$

$$\sigma_y = \frac{\frac{1}{2} F \times \frac{1}{2} \ell \times \frac{1}{2} h}{\frac{1}{12} bh^2}$$

$$\sigma_y = \frac{F \times \ell \times h \times \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = \frac{3}{2} F \ell h$$

$$\sigma_y = \frac{M y}{I}$$

$$\sigma_y = \frac{\left( \frac{1}{2} F \times \frac{1}{2} \ell \right) \times \frac{1}{2} h}{\frac{1}{12} bh^2}$$

$$25 = \frac{\frac{1}{2} F \times \frac{1}{2} 750 \times \frac{1}{2} 2}{\frac{1}{12} 100 \cdot 4}$$

$$\frac{1}{2} F = \frac{25 \times 100 \times 4}{375 \cdot 12}$$

$$\frac{1}{2} F = 2,22 \text{ kgf}$$

$$F = 2,22 \times 2$$

$$F = 4,44 \text{ kgf}$$

jika tegangan luluh pelat SS41 = 25 kgf/mm<sup>2</sup>

$$= \frac{\frac{1}{2} 4,44 \times \frac{1}{2} 750 \times \frac{1}{2} \times 2}{\frac{1}{12} 100 \cdot 2^2}$$

jika gaya lengkungnya F = 4,44 kgf

$$\sigma_y = \frac{\frac{1}{2} F \times \frac{1}{2} \ell \times \frac{1}{2} h}{\frac{1}{12} bh^2} = 24,975 \text{ kgf/mm}^2$$

$$= \frac{2,22 \times 375 \times 1 \times 12}{100 \cdot 4}$$

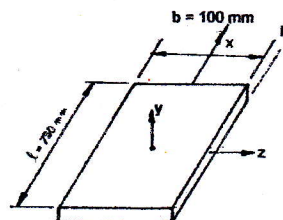
Didapat tegangan luluh  $\sigma_y = 24,975 \text{ kgf/mm}^2$

$\sigma_y$  St 41 menurut tabel JIS Hand Book adalah = 25 kgf/mm<sup>2</sup>

jadi  $\sigma_y$  rencana  $\leq \sigma_y$  bahan St 41

$$Ix = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

Gambar 3 Ukuran Bahan



$$= \frac{1}{12} \cdot 750 \cdot 2^2$$

$$= \frac{6000}{12} = 500 \text{ mm}^4$$

$$M = \frac{1}{2} \cdot F \times \frac{1}{2} \ell$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 4,44 \times \frac{1}{2} \cdot 750$$

$$= 832,5 \text{ kgf mm}$$

$$R_{\min} = 50 \text{ mm}$$

$$M = 83,25 \text{ kgf.cm}$$

Jika gaya lengkungnya 5 kgf

jadi  $\sigma_{y \text{ rencana}} \geq \sigma_{y \text{ bahan}}$  St41

$$M = \frac{1}{2} F \times \frac{1}{2} \ell$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 5 \times \frac{1}{2} \cdot 750$$

$$= 937,5 \text{ kgf mm}$$

$$E = \frac{M \cdot R}{I} = \frac{937,5 \times 50}{500}$$

$$= 93,75 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_y}{y} = \frac{E}{R}$$

$$E = \frac{M R}{I}$$

$$= \frac{41625}{mm^4}$$

$$\sigma_y = \frac{\left( \frac{1500}{2} \cdot 5 \times \frac{1}{2} \cdot 750 \right) \times \frac{1}{2}}{\frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 4}$$

$$\sigma_y = \frac{2,5 \times 375 \times 1 \times 12}{100 \cdot 4}$$

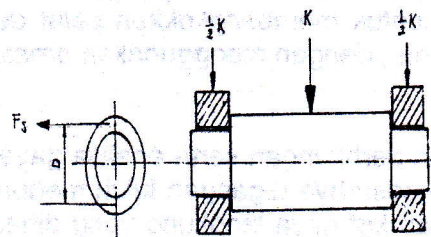
$$\sigma_y = \frac{11250}{400} = 28,125 \text{ kgf/mm}^2$$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 750 \cdot 8$$

$$= \frac{6000}{12} = 500 \text{ mm}^4$$

### 3.2. Perhitungan Gaya Gesek



Gambar 4 Gaya Gesek

a. Gaya Gesek saat Pelengkungan Pelat

$$F_S = 2 \times \frac{1}{2} K \times \mu_R = 2 \times \frac{1}{2} \times 40 \times 0,2$$

$$= 8 \text{ kgf}$$

harga dari K berdasarkan asumsi  
dimana :

- K = Beban Pengerolan (gaya lengkung rol) ..... (kg)  
 $\mu_R$  = Koefisien gesek pada bantalan  
Fs = Gaya yang terjadi pada *bushing* ..... (kgf)

b. Torsi di *Bushing*

jika diameter roll = 100 mm

$$T = F_S \times \frac{1}{2} D = 8 \times \frac{1}{2} 100 = 400 \text{ kgf.mm}$$

#### IV. PENUTUP

##### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan :

1. Mesin *Bending Busur Roll* ini berfungsi untuk membengkokkan pelat dengan sudut pelengkungan 90° menjadi suatu produk yang dinamakan kabel tray (dudukan kabel untuk sebuah instalasi listrik didalam bangunan-bangunan besar).
2. Mesin *Bending* ini mempunyai kapasitas pengerjaan tergantung dari pada sudut pembengkokkan, tebal pelat, dan juga panjang pelatnya yang akan dibengkokkan. Kapasitas bahan yang bisa dikerjakan pada mesin *bending* ini adalah tebal 2 mm dan lebar 100 mm.
3. Sebagai pembentuk menggunakan hidrolis dengan kapasitas 500-1300 kN yang digerakkan oleh motor listrik dengan tenaga 7,5 HP, dengan kecepatan putaran 1445 rpm.

##### 4.2. Implikasi

Berdasarkan kesimpulan diatas dan cara pengoperasian mesin *bending* ini, maka mesin *bending* ini digunakan untuk membengkokkan pelat dengan ketebalan 2 mm, lebar 100 mm, dan panjang 750 mm, dengan menggunakan *press* hidrolis yang berkekuatan ratusan kgf.

Sementara berdasarkan perhitungan serta analisa gaya lengkung yang dihasilkan sangat kecil jika merujuk pada besarnya tegangan luluh menurut JIS adalah 25 kgf/mm<sup>2</sup>. Dengan kekuatan hidrolis ratusan kgf gaya lengkung yang dihasilkan tentunya tidak jauh berbeda oleh karena itu membutuhkan besarnya tegangan luluh pelat yang dihasilkan untuk membengkokkan pelat tersebut didalam realisasinya.

## V. DAFTAR PUSTAKA

1. George .E Dieter, Sriati Djaprie, "*Metallurgy Mechanic*".Edisi 3 Penerbit Erlangga, 1986
2. Van Vlack, Sriati Djaprie, :"*Ilmu dan Teknologi Bahan*", edisi ke 5, Penerbit Erlangga, 1991
3. ASM Handbook, "*Mechanical Testing*" ,ASTM E 384-89, Vol.8,Formerly Ninth Edition, Metal Handbook. (1998).
4. Avner, H, S. 1974. "*Introduction to Physical Metallurgy*". 2<sup>nd</sup> edition, New York; McGraw-Hill International Editions.
5. Calister, William D., "*Materials Science and Enggeneering An Introduction*", New York, John Willey and Sons, 2003.
6. J.N. Harris , "*Mechanical Working of Metals Theory and Practice*" , International Series on Materials science and Technology, Volume 36



V. DAFTAR PUSTAKA

1. George E. Dieter, Stahl Djahe, 'Metallurgy Mechanics', Edisi 3 Penerbit Erlangga, 1992
2. Van Vlack, Stahl Djahe, 'Ilmu dan Teknologi Bahan', Edisi ke 2, Penerbit Erlangga, 1991
3. ASM Handbook, 'Mechanical Testing', ASTM E 384-89, Vol. 8, Formally Fifth Edition, Metal Handbook (1990)
4. Averb, H. S. 1974, 'Introduction to Physical Metallurgy', 2<sup>nd</sup> edition, New York McGraw-Hill International Editions
5. Callister, William D., 'Materials Science and Engineering An Introduction', New York, John Wiley and Sons, 2003
6. J.N. Hume, 'Mechanical Working of Metals Theory and Practice', International Series on Materials Science and Technology, Volume 28