

ANALISA PROSES Pengerolan Pipa Dengan Menggunakan Mesin Roll

Erich Umbu Tipuk Marisi¹
Sufiyanto²

Abstraksi

Proses pengerolan merupakan pemecahan masalah yang tepat bagi perbengkelan yang membutuhkan proses pembentukan frame/kerangka pipa lengkung untuk pembuatan pagar atau canopy. Dengan penelitian ini dapat diketahui seberapa besar kemampuan mesin *roll bending* terhadap hasil proses pengerolan pipa. Pengujian yang dilakukan adalah memvariasikan jumlah tahapan proses pengerolan yang menghasilkan jarak *bending* yang berbeda yaitu 8 step, 7 step, 6 step. Pada jumlah step 8 dengan jarak *bending* 3,3 mm memerlukan gaya *bending* sebesar 43,82 kg dan daya pengerolan 0,062 kw, step 7 dengan jarak *bending* 3,7 mm memerlukan gaya *bending* sebesar 49,13 kg dan daya pengerolan 0,070 kw, step 6 dengan jarak *bending* 4,4 mm memerlukan gaya *bending* sebesar 58,43 kg dan daya pengerolan 0,083 kw. Sedangkan untuk waktu proses pada satu kali tahapan tidak berpengaruh terhadap proses *bending*, dimana waktu rata-rata hampir sama yaitu 8 step memerlukan rata-rata 57 detik, 7 step memerlukan 57 detik, 6 step memerlukan 58 detik. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa semakin banyak jumlah step maka jarak *bending* yang diperlukan semakin kecil dengan gaya dan daya yang kecil sedangkan waktu yang diperlukan akan semakin lama. Sebaliknya semakin sedikit jumlah step maka jarak *bending* yang diperlukan semakin besar dengan gaya dan daya yang diperlukan semakin besar dengan waktu yang singkat. Dampak lain yang terjadi pada proses *roll bending* adalah perubahan penampang pipa akan menjadi oval karena akibat gaya *bending* yang diberikan sehingga dapat menimbulkan cacat perubahan penampang pipa bahkan memungkinkan juga terjadi tekuk.

Kata Kunci : Proses *Roll*, Jarak *Bending*, Variasi Tahap

PENDAHULUAN

Pada proses pengerolan logam secara plastis banyak kendala yang sering terjadi dalam pengerolan karena kurang ketelitian, dengan demikian perlu adanya suatu analisa hasil pengerolan yang berlangsung pada mesin *roll* sehingga didapatkan proses pengerolan yang lebih baik dan waktu yang efisien dengan menghasilkan pengerolan pipa yang efektif. Disusunlah penelitian dengan judul Analisa Proses Pengerolan Pipa Dengan Menggunakan Mesin *Roll*.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah : Bagaimana analisa proses pembengkokkan pipa dengan

menggunakan mesin *roll* untuk meningkatkan efisiensi proses dan produk.

Batasan Masalah

- Bahan biasa ST 37 dengan diameter 37 mm ketebalan 0,75 mm.
- Pembahasan hanya dititikberatkan pada analisis tahapan proses pengerolan dan gaya *bending* yang bekerja pada pengerolan pipa.
- Mesin dianggap mampu bekerja dengan baik
- Proses pengerolan dilakukan dengan *cold working* (pengerjaan dingin).
- Putaran *roll* yang digunakan = 20 rpm

¹ Alumni Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

² Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

Tujuan Penelitian

- Untuk mencari proses waktu yang efisien dalam waktu yang efektif
- Untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan.

Manfaat Penelitian

- Mengetahui proses pengerolan pipa pada suatu usaha perbengkelan
- Menambah wawasan dalam bidang produksi terutama proses pembentukan logam
- Memberikan masukan pada mahasiswa dalam penelitian proses pengerolan pipa baja.

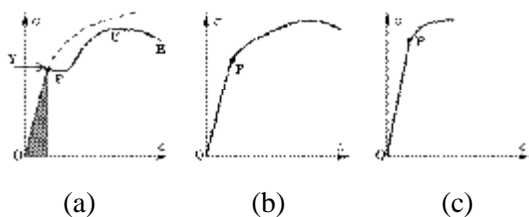
KAJIAN PUSTAKA

Dasar Teori Deformasi

Perubahan bentuk suatu material akibat gaya luar yang bekerja pada benda tersebut disebut dengan deformasi.

Kurva Tegangan Regangan

Bahan-bahan logam biasanya diklasifikasikan sebagai bahan liat (*ductile*) atau bahan rapuh (*brittle*). Bahan liat mempunyai gaya regangan (*tensile strain*) relatif besar sampai dengan titik kerusakan (misal baja atau aluminium) sedangkan bahan rapuh mempunyai gaya regangan yang relatif kecil.



Gambar 1. Diagram Tegangan-Regangan Bahan Liat (*Ductile*) Dan Bahan Rapuh (*Brittle*) (Arbianto, 2012)

Gambar yang diperoleh adalah diagram atau kurva tegangan-regangan. Kurva tegangan-regangan mempunyai bentuk yang berbeda-beda tergantung dari bahannya.

1. Gambar (a) adalah kurva tegangan regangan untuk baja karbon medium.
2. Gambar (b) untuk baja campuran.
3. Gambar (c) untuk baja karbon tinggi dengan campuran bahan non ferrous.

Keterangan:

OP : Menyatakan perbandingan beban berbanding lurus dengan pertambahan panjang. Titik P adalah titik patah bahan masih dapat kembali ke bentuk semula.

Y : *Yield point*, adalah titik dimana bahan hanya mengalami penambahan regangan (*strain*) saja,

Y-U : Pada daerah ini bahan terus bertambah panjang tidak sebanding dengan penambahan beban sebelum patah.

B : *Break point*, adalah titik dimana bahan mengalami kepatahan.

Batas Elastis (*Elastic Limit*)

Ordinat suatu titik yang hampir berimpitan dengan titik P diketahui sebagai batas elastis yaitu tegangan maksimum yang terjadi selama uji tarik.

Titik Lelah (*Yield Point*)

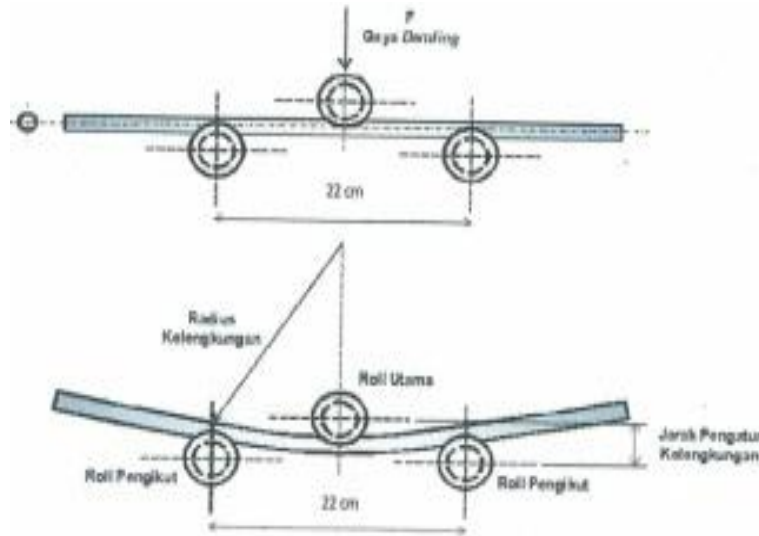
Ordinat titik Y pada gambar (a) yang dinyatakan dengan σ_{yp} , dimana terjadi peningkatan regangan tanpa adanya penambahan tegangan disebut sebagai titik leleh dari bahan.

Proses Pembentukan Logam

Prinsip dasar dari pembentukan logam ini adalah melakukan perubahan bentuk pada benda kerja.

Gaya-gaya pembentukan yang dapat merubah bentuk benda kerja yang permanen seperti pengerjaan logam yaitu: proses

pengerjaan dingin. Proses pengerjaan dingin dapat didefinisikan sebagai proses pembentukan logam yang dilakukan dibawah temperatur rekristalisasi.

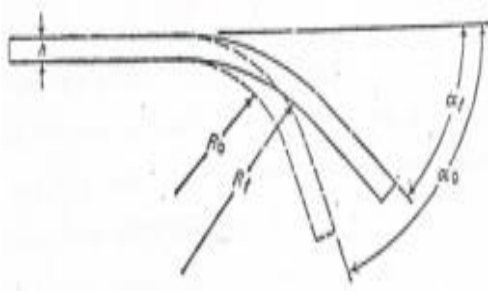


Gambar 2. Mekanisme Proses Pengerolan Pipa

Spring Back

Spring back adalah kecenderungan perubahan kembali ke dimensi awal pada material setelah beban dihilangkan.

Spring back merupakan gaya balik yang ditimbulkan akibat pengaruh elastisitas pelat yang mengalami proses pembentukan, seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Balikan Pegas Pada Pembengkokan (Dieter, George E., 1987)

Faktor-faktor yang mempengaruhi spring back :

- (a) Jenis material
 - Modulus Elastisitas suatu bahan sangat mempengaruhi spring back yang terjadi, semakin besar modulus elastisitas suatu bahan maka spring back yang terjadi akan semakin besar.
- (b) Pada proses pembentukan sudut bending sangat berpengaruh pada spring back. Apabila sudut bending besar maka spring back yang terjadi akan semakin besar. Apabila sudut bending terlalu kecil maka benda kerja akan terjadi retakan dan rusak.

Proses Pengerolan Pipa

Proses *rolling* adalah proses yang bertujuan untuk membentuk kontur yaitu dengan cara melengkungkan objek berbagai metode telah digunakan untuk melengkungkan atau membentuk kontur pada bagian yang lurus. Bagian yang membentuk silinder dibuat dengan menggunakan pengerol melengkung. Pada pembebanan tiga titik, momen lengkung maksimum terletak ditengah-tengah panjang bentangan.

Rumus–Rumus Yang Digunakan

1. Tegangan *bending* (Sebayang Darwin, 1986)

$$S_{bending} = 0,4 \times S_{tarik} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots(1)$$

2. Momen inersia (K. Giek, 1985)

$$I = \frac{p \cdot (d_{out}^4 - d_{in}^4)}{64} (mm^4) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana

d_{out} = diameter luar (37 mm)

d_{in} = diamater dalam (35,5 mm)

3. Daya mekanis motor (Sularso, 1987)

$$P = \frac{T \times n}{97,4 \cdot 10^4} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

P = Daya motor (hp)

n = Putaran (rpm)

T = Torsi (kg.m)

4. Koefisien gesek (P. Polukhin, hal 48)

$$F_{friction} = m \times F (kg) \dots\dots\dots(4)$$

5. Perhitungan Gaya (Sebayang Darwin, 1986)

$$d = \frac{FL^3}{48 \cdot EI} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

F = Gaya *Bending* (kg)

δ = Lendutan (mm)

E = Modulus Elastisitas (210 kg.mm²)

I = Momen inersia penampang pipa (mm⁴)

6. Momen torsi untuk mengatasi gesekan (M_f) (Polukin, hal 48)

$$M_f = f \cdot F \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

f = koefisien gesekan (0,04-0,08) diambil 0,08 untuk proses pengerolan dingin

M_f = momen torsi (Kg.mm)

F = gaya *bending* (kg)

7. Daya untuk mengatasi gesekan (N_f) (P. Polukhin, hal 48)

$$N_f = \frac{M_f \cdot n}{97,4 \cdot 10^4} (kw) \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

N_f = Daya gesekan (hp)

M_f = Momen puntir (Kg.mm)

n = Putaran *roll* (rpm)

8. Efisiensi Pengerolan (P. Polukhin, hal 48)

$$h_d = h_1 \cdot h_2 \cdot h_3 \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

η_1 = Efisiensi kerja (0,95–0,97) diambil 0,97

η_2 = Efisiensi penggerak (0,94–0,96) diambil 0,96

η_3 = Efisiensi gear (0,93–0,96) diambil 0,96

9. Daya Pengerolan (Nm) (P. Polukhin, hal 48)

$$T = \frac{1}{2} F \cdot r \text{ (mm)} \dots\dots\dots(9)$$

$$Nm = \frac{T \cdot n}{97,4 \cdot 10^4} \text{ (kw)}$$

$$Total_daya = \frac{Nf(kw) + Nm(kw)}{hd} \text{ (kw)}$$

Dimana :

N_f = Daya gesekan (hp)

M_f = Momen puntir (Kg.mm)

n = Putaran roll (rpm)

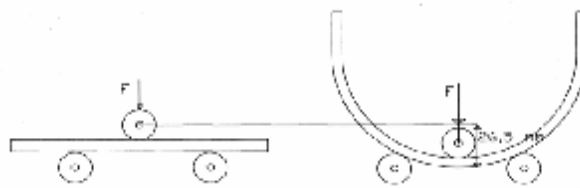
T = Torsi (mm)

F = Gaya bending (kg)

r = Jari-jari rol (mm)

Cara kerja mesin pengerol pipa ini adalah sebagai berikut :

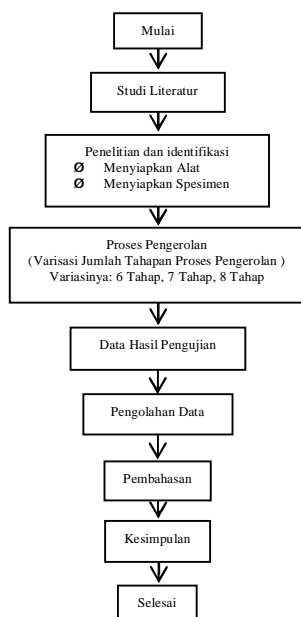
- a) Rol utama dinaikkan dengan cara memutar roda pengatur agar pipa dapat dipasang diantara roll pengarah.
- b) Pipa yang akan dirol diposisikan ditengah-tengah
- c) Motor penggerak dihidupkan
- d) Langkah diatas diulang setelah posisi roll utama diturunkan sampai pada tahap dimana kelengkungan yang diinginkan tercapai.



Gambar 4. Lay Out Proses Pengerolan Pipa

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Variabel / Parameter Penelitian

Parameter yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah **Variasi Jumlah Tahapan Proses Pengerolan**.

1. Variabel bebas
 - Jumlah tahapan proses
2. Variabel terikat
 - Waktu pengerolan
 - Diameter penampang pipa

Ada 3 Variabel penelitian yaitu :
8 step, 7 step, dan 6 step.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No	Steep	Jarak bending (mm)
1	8	3,3
2	7	3,7
3	6	4,4

Langkah-Langkah Penelitian (Langkah saat pengambilan data)

1. Pengukuran diameter pipa
2. Pengukuran panjang pipa
3. Pemotongan pipa
4. Pengukuran tinggi pengerolan
5. Persiapan pengerolan pipa
6. Penempatan pipa di atas roll
7. Penurunan roll utama secara manual sampai menyentuh permukaan pipa dalam keadaan konstan.
8. Melakukan pembendingan dengan sekali menurunkan roll utama sambil menyesuaikan tinggi pengerolan yang sudah di ukur.
9. Menghidupkan mesin pengeroll yang berlawanan arah sesuai dengan keinginan (kiri / kanan) di setiap step yang sudah di ukur pada tinggi pengerolan, dan seterusnya pada setiap step.

HASIL DAN PEMBAHASAN

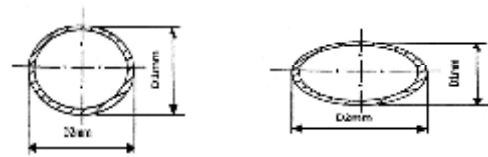
Data-data hasil percobaan sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai Total Waktu Rata-Rata Tiap Step

Nilai total rata-rata untuk setiap step			
No	Step 8(dtk)	Step 7(dtk)	Step 6(dtk)
1	59	57	58
2	57	57	57
3	56	57	59
Rata-rata	57,3 Detik	57 Detik	58 Detik

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Diameter Pipa Setelah di Bending Spesimen 1-3 Untuk Setiap Step

No	Step	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)
1	Step 6	31,4 mm	39,4 mm
2	Step 7	33mm	39,2mm
3	Step 8	35,5mm	39,6mm



(a) Sebelum (b) Sesudah di roll

Gambar 5. Perubahan Diameter Pipa

Dari diameter pipa proses pengerolan mengalami perubahan bentuk spesimen akibat gaya yang terjadi dapat dilihat pada **tabel 3**. step 8 spesimen 1-3 berubah bentuk yaitu : D_1 nilai rata-rata sebesar 35,5 mm, D_2 nilai rata-rata sebesar 39,6 mm, step 7 spesimen 1-3 berubah bentuk D_1 nilai rata-rata sebesar 33 mm, D_2 nilai rata-rata sebesar 39,6 mm, step 6 spesimen 1-3 berubah bentuk D_1 nilai rata-rata sebesar 31,4 mm, D_2 sebesar 39,4 mm, untuk diameter D_2 nilai rata-rata hampir sama karena diameter pipa lebih besar dari diameter roll. (**Gambar 6-7**)

Perhitungan Gaya Bending ($\sigma_{bending}$)

1. Tegangan bending

$$S_{bending} = 0,4 \times S_{tarik} \left(\frac{kg}{mm^2} \right)$$

$$= 0,4 \times 37 = 14,8 kg / mm^2$$

Momen inersia penampang untuk pipa, dapat diperoleh dengan persamaan :

2. Momen inersia

$$I = \frac{p \cdot (d_{out}^4 - d_{in}^4)}{64} = \frac{3,14 \cdot (37^4 - 35,5^4)}{64}$$

$$= 14028,48 mm^4$$

3. Daya mekanis motor

$$P = \frac{T \times n}{97,4 \cdot 10^4} = \frac{3672,9 \times 20}{97,4 \times 10^4} = 0,075 kw$$

4. Koefisien gesek

$$F_{friction} = m \times F = 0,3 \times 204,05 \\ = 61,215 \text{ kg}$$

5. Perhitungan gaya dan daya

Gaya step 6 :

$$F = \frac{d.48.EI}{(L)^3} = \frac{4,48.210.14028,48}{(220)^3} \\ = 58,43 \text{ kg}$$

Momen puntir mengatasi gesekan (M_f)

step 6 :

$$M_f = f.F.d = 0,08 \times 58,43 \times 60 \\ = 280,46 \text{ kg.mm}$$

Daya untuk mengatasi gesekan (N_f)

step 6 :

$$N_f = \frac{M_f.n}{97,4.10^4} = \frac{280,46 \times 20}{97,4.10^4} \\ = 0,057 \text{ kw}$$

Efisiensi pengerolan step 6 :

$$h_d = h_1 h_2 h_3$$

$$h_d = 0,97.0,96.0,96 = 0,89 = 89\%$$

Daya pengerolan (N_m) step 6 :

$$T = \frac{1}{2} F.r \\ = 58,43.30 = \frac{1752,9}{2} = 876,45 \text{ mm}$$

$$N_m = \frac{T.n}{97,4.10^4} = \frac{876,45.20}{97,4.10^4} = 0,017 \text{ kw}$$

$$Total _ daya = \frac{0,057(kw) + 0,017(kw)}{0,89} \\ = 0,083 \text{ kw}$$

6. Perhitungan gaya dan daya

Gaya step 7 :

$$F = \frac{d.48EI}{(L)^3} = \frac{3,748.210.14028,48}{(220)^3} \\ = 49,13 \text{ kg}$$

Momen puntir mengatasi gesekan (M_f)

step 7 :

$$M_f = f.F.d = 0,08 \times 49,13 \times 60 \\ = 235,82 \text{ kg.mm}$$

Daya untuk mengatasi gesekan (N_f)

step 7 :

$$N_f = \frac{M_f.n}{97,4.10^4} = \frac{235,82 \times 20}{97,4.10^4} = 0,048 \text{ kw}$$

Efisiensi pengerolan step 7 :

$$h_d = h_1 h_2 h_3$$

$$h_d = 0,97.0,96.0,96 = 0,89 = 89\%$$

Daya pengerolan (N_m) step 7 :

$$T = \frac{1}{2} F.r = 49,13.30 = \frac{1473,9}{2} = 736,95 \text{ mm}$$

$$N_m = \frac{T.n}{97,4.10^4} = \frac{736,95.20}{97,4.10^4} = 0,015 \text{ kw}$$

Daya total step 7 :

$$Total _ daya = \frac{0,048(kw) + 0,015(kw)}{0,89} \\ = 0,070 \text{ kw}$$

7. Perhitungan gaya dan daya

Gaya step 8 :

$$F = \frac{d.48EI}{(L)^3} = \frac{3,348.210.14028,48}{(220)^3} \\ = 43,82 \text{ kg}$$

Momen puntir mengatasi gesekan (M_f)

step 8 :

$$M_f = f.F.d = 0,08.43,82.60 \\ = 210,33 \text{ kg.mm}$$

Daya untuk mengatasi gesekan (N_f)

step 8 :

$$N_f = \frac{M_f.n}{97,4.10^4} = \frac{210,33 \times 20}{97,4 \times 10^4} \\ = 0,043 \text{ kw}$$

Efisiensi pengerolan step 8 :

$$h_d = h_1 h_2 h_3$$

$$h_d = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,96 = 0,89 = 89 \%$$

Daya pengerolan (N_m) step 8 :

$$T = \frac{1}{2} F \cdot r = 43,82 \cdot 30 = \frac{1314,6}{2} = 657,3 \text{ mm}$$

Daya total step 8 :

$$Nm = \frac{T \cdot x_n}{97,4 \cdot 10^4} = \frac{657,3 \cdot 20}{97,4 \cdot 10^4} = 0,013 \text{ kw}$$

$$\begin{aligned} \text{Total_Daya} &= \frac{Nf(\text{kw}) + Nm(\text{kw})}{hd} \\ &= \frac{0,043(\text{kw}) + 0,013(\text{kw})}{0,89} = 0,062 \text{ kw} \end{aligned}$$

Pembahasan

Tabel 4. Nilai Dari Jarak Bending (mm), Gaya (kg), Daya (kw), Daya Total (kw)

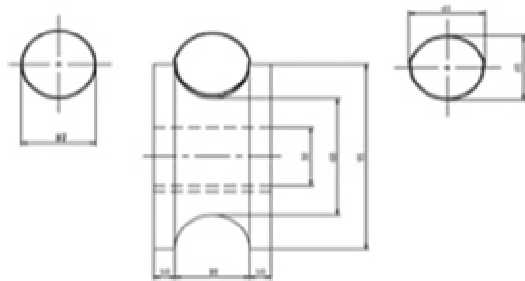
No	Jumlah Step	Jarak Bending (mm)	Gaya (kg)	Daya Mekanis (kw)	Daya Total (kw)
1	8	3,3 mm	43,82	0,013kw	0,062
2	7	3,7 mm	49,13	0,015 kw	0,070
3	6	4,4 mm	58,43	0,17kw	0,083

Jarak bending dipengaruhi oleh jumlah step dalam proses pengerolan. Semakin banyak jumlah stepnya, maka jarak pengerolan yang dibutuhkan semakin kecil. Untuk 8 step diperlukan jarak pengerolan 3,3 mm, untuk 7 step jaraknya 3,7 mm, dan untuk 6 step 4,4 mm. Jarak pengerolan akan berpengaruh terhadap besarnya gaya dan daya yang dibutuhkan untuk proses pengerolan tersebut. Sehingga gaya dan daya yang dibutuhkan akan besar pula, dimana pada step 8 gaya pengerolannya 43,82 kg dengan daya sebesar 0,062 kw, step 7 gaya pengerolannya 49,13 kg dengan daya pengerolan 0,070 kw dan step 6 gaya pengerolannya 58,43 kg dengan daya

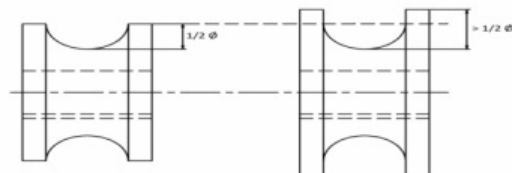
pengerolan 0,083 kw. Jarak pengerolan step 6 lebih besar dari jarak pengerolan step 8 sehingga deformasi untuk 6 step itu lebih besar akibat gaya yang dibutuhkan lebih besar juga otomatis daya pengerolan meningkat, perubahan bentuk tidak bulat pada diameter pipa karena :

§ Diameter roll lebih kecil dari diameter pipa

§ Bentuk tepi dari roll ukurannya harus lebih besar dari $\frac{1}{2}$ diameter lingkaran (Gambar 7).



Gambar 6. Diameter Pipa Dengan Tepi Roll



Gambar 7. Tepi Roll $> \frac{1}{2}$ Diameter Pipa

SIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Adanya pengaruh gaya pengerolan, daya pada pengerolan dan waktu bending yang dibutuhkan.
2. Dari hasil pengujian bending dengan pipa baja ST 37 semakin besar jarak bending dalam step 6 (nilai = 4,4 mm), waktu yang diperlukan untuk membentuk

semakin singkat. Semakin kecil jarak *bending* dalam step 8 (nilai = 3,3 mm) dan step 7 (nilai = 3,7 mm), waktu yang diperlukan untuk membentuk sudut semakin banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbianto, 2012, [http:// www.slideshare.Net](http://www.slideshare.net/Abrianto67/1-karakteristik-kelelahan-logam-aa)
Abrianto67/1-karakteristik-kelelahan-
logam-aa
- Arifin, 2005, **Bengkel Las Teknik Restu Jaya.**
- Baumeister Theodore, 1987, Edisi III, ***Hand Book For Mechanical Engeneering***, Penerbit Eugene A. Avalone, Marks Standard
- Dieter George E, 1987, Edisi III, **Metalurgi Mekanik**, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Heslop.S, 1991, **Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan**, Penerbit. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- K. Giek, 1985, Edisi VI, ***A Collection Of Technical Formulae***, Penerbit Pradya Pamita, Jakarta
- P. Polukhin, N Fedosov, ***Rolling Mill Practice***, Peace Publisher, Moscov
- Sebayang Darwin, 1986, Edisi III, ***Teori Kokoh-Strength Of Materials***
Penerbit Erlangga, Jakarta
- Smith, Bill and Mark King, 2002, ***Bending Square and Rectangular Tubing***, The Tube & Pipe Journal.
- Sularso, Kiyokatsu Suga, 1987, **Dasar-Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin**, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta

