TEKNIKA: Jurnal Teknik
VOL. 7 NO. 1 **ISSN: 2355-3553**

PERANCANGAN MESIN BENDING UNTUK PIPA BERDIAMETER SATU INCH MENGGUNAKAN METODE *ROLL BENDING*

Rusnadi*, Ambo Intang*, Angga Angkasa*, Rohmat Budi Santoso*
**Dosen JurusanTeknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tamansiswa Palembang*
email: rusnadi26@gmail.com

ABSTRAK

Proses pembentukan pipa dengan *roll bending* sudah banyak diaplikasikan pada kegiatan industri manufaktur. Proses bending pipa harus dilakukan dengan metode yang tepat agar tidak mengurangi kekuatan material pada pipa tersebut. Setiap mesin bending pipa akan memiliki spesifikasi pengerollan masing-masing. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan perancangan mesin bending pipa yang secara spesifik dapat melakukan proses bending dengan hasil yang baik pada pipa baja SC45 berdiameter satu inch. Gaya pembebanan pada pipa diperoleh sebesar 2298,06 N, sementara gaya yang dibutuhkan tiap roller penggerak adalah sebesar 8502,62 N. Daya motor listrik yang dibutuhkan dalam mesin bending untuk pipa berdiamter satu inch adalah sebesar 467,92 watt atau setara 0,63 HP. Bahan pengujian yang digunakan yaitu berupa pipa baja (SC45) berdiameter satu inch dengan ketebalan 1,6 mm , 1,8 mm , 2,0 mm. Sedangkan untuk variasi panjang pipa yang digunakan, yaitu pipa dengan panjang 1000 mm, 1500 mm, 2000 mm, 2500 mm dan 3000 mm. Hasil pengujian mesin bending diperoleh waktu rata-rata pengerollan pipa berdiameter satu inch dengan panjang 3000 mm, 2500 mm, 2000 mm, 1500 mm, serta 1000 mm masing-masing diperoleh 415 detik, 398 detik, 297 detik, 255 detik, serta 107 detik. Sementara itu, untuk rata-rata laju pengerollan pipa berdiameter satu inch dengan ketebalan bahan 1,6 mm, 1,8 mm, serta 2,0 mm masing-masing adalah 0,5 mm/detik, 0,6 mm/detik, serta 0,5 mm/detik.Pada pipa dengan panjang 3 m, 2,5 m, 2 m, 1,5 m, serta 1m menghasilkan puncak radius kelengkungan masing-masing sebesar 975 mm, 857 mm, 730 mm, 570 mm, serta 290 mm.

Kata kunci *:* *mesin bending, pipa, roll bending, gaya pengerollan, radius kelengkungan pengerollan*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada beberapa kondisi pengerjaan perpipaan dilapangan terkadang menemukan kasus yang menuntut para operator melakukan penyambungan pipa dengan sudut *fitting* yang tidak lazim atau tidak tersedia dipasaran. Keadaan tersebut memaksa kita untuk membuat alat penyambung sendiri yang berupa pipa yang dibelokan sesuai dengan sudut yang kita perlukan (Sidi & Wahyudi, 2012). Menurut Sidi & Wahyudi (2012) menyatakan bahwa pembengkokan pipa yang tidak dilakukan dengan benar, akan menghasilkan bengkokan pipa yang tidak memenuhi standar. Hal tersebut menuntut proses pembengkokan atau bending pipa harus dilakukan dengan cara yang tepat dan tentunya dengan menggunakan alat atau mesin yang tepat.

Menurut Putri *et al.* (2012), proses bending adalah suatu proses yang mengubah benda dari bentuk yang lurus menjadi lengkungan. Pada proses ini bagian luar dari benda akan mengalami tarikan dan bagian dalam akan mengalami tekanan. Salah satu contoh alat atau mesin bending yang sudah banyak diaplikasikan di lapangan adalah alat atau mesin bending pipa. Mesin bending pipa dapat menghemat waktu kerja serta dapat menghasilkan hasil yang lebih presisi dengan proses yang mudah, praktis, cepat serta memberikan hasil yang lebih baik dari sebelumnya (Maimun *et al.*, 2019).

Pada setiap alat atau mesin pembengkok pipa akan memiliki spesifikasi dan kinerja yang berbeda-beda. Setiap ukuran pipa yang dibengkokan akan membutuhkan spesifikasi alat atau mesin yang spesifik. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan sebuah perancangan mesin pembengkok pipa, yang secara spesifik dapat melakukan proses bending pipa berdiameter

satu inch dengan menggunakan metode *roll bending*. Metode *roll bending* digunakan untuk menekuk pipa secara kontinu serta membentuk suatu radius yang besar (Fernando *et al*., 2019).

1.2. Tujuan

Perancangan mesin bending pipa ini bertujuan agar dapat diperoleh sebuah alternatif rancangan mesin yang dapat melakukan proses bending pada pipa berdiameter satu inch dengan hasil yang baik. Selain itu, perancangan ini pun bertujuan untuk mengetahui kinerja dari proses bending pipa berdiameter satu inch dengan metode *roll bending*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perhitungan gaya untuk membending atau mengeroll pipa didapati dari persamaan defleksi pipa. Pada penelitian ini digunakan bahan pengujian berupa pipa baja (SC45) berdiameter satu inch dengan ketebalan 2 mm. Untuk menentukan gaya pengerolan pipa berdiameter 31 mm dengan tebal 2 mm, dapat diketahui dengan pendekatan persamaan (1) hingga persamaan (3).

$$I = \frac{\pi}{64}(A_1^4 - A_2^4) \quad \text{..... (1)}$$

$$Y_{max} = \frac{F \,.\, L^3}{48 \,.E.I} \quad \text{..... (2)}$$

$$F = \frac{Y_{max} \,.\, 48 \,.\, E \,.I}{L^3} \quad \text{.....(3)}$$

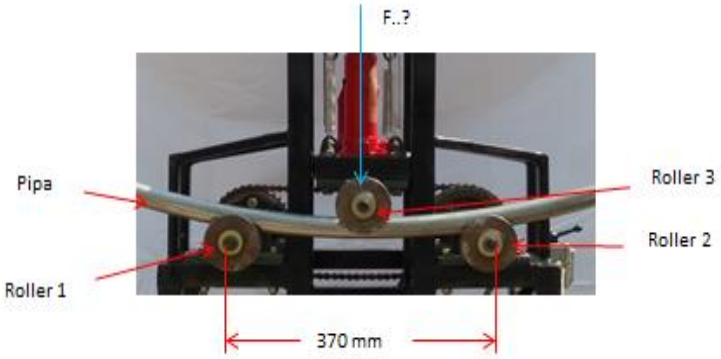
$$F_s = F \times \mu \quad \text{..... (4)}$$

$$P_m = T_m\left(\frac{2\pi .\, n_m}{60 \,x\, fc}\right) \quad \text{.....(5)}$$

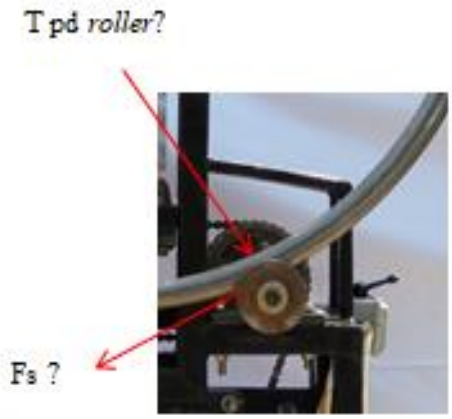
Keterangan :

Y = Defleksi pada pipa (cm)
F = Beban/gaya (N)
L = Panjang pipa (cm)
E = Modulus elastisitas (Gpa)
I = Momen inersia
A_1 = Diameter luar pipa = 31 mm
A_2 = Diameter dalam pipa = 27 mm
F_s = gaya gesek (N)
μ = koefisien gesek baja/besi (0,74)
P_m = Daya motor
T_m = Torsi motor
n_m = Kecepatan puta motor
f_c = *Safety factor*(1.2)

Mesin bending pipa ini dirancang agar mampu melakukan proses pengerolan pipa berdiameter satu inch dengan kedalaman penekanan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan. Ilustrasi gaya pembebanan pada pipa dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk ilustrasi gaya pengerolan pada pipa tersaji pada Gambar 2.

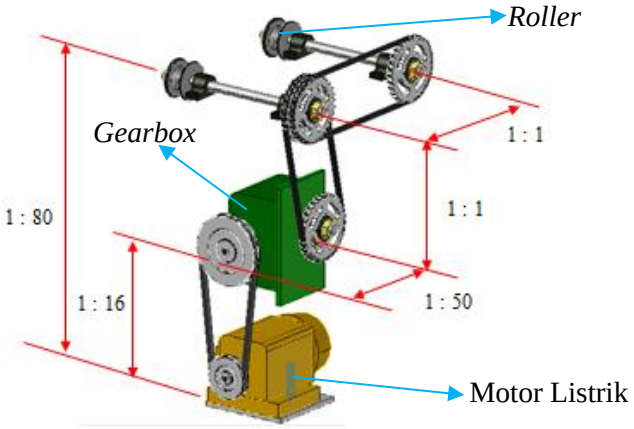


Gambar 1. Ilustrasi Gaya Pembebanan Pipa



Gambar 2. Ilustrasi Gaya Pembebanan Pipa

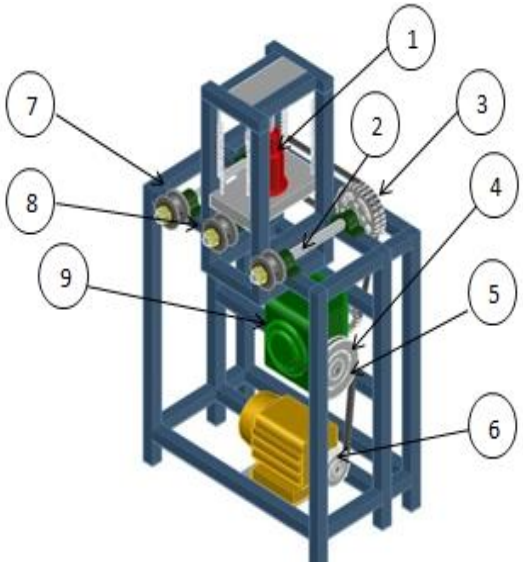
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) hingga persamaan (4) di diperoleh momen inersia yaitu sebesar 19246,18 mm^4, sehingga didapatkan gaya pembebanan pada pipa sebesar 2298,06 N. Sementara itu, gaya yang dibutuhkan tiap roller penggerak adalah sebesar 8502,62N.



Gambar 3. Skema Konfigurasi Rasio Transmisi Daya Penggerak Mesin Bending Pipa

Pada mesin bending yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi sistem transmisi seperti yang telah tersaji pada Gambar 3. Dari konfigurasi tersebut diperoleh rasio total transmisi yang digunakan adalah sebesar 1:80. Melalui nilai rasio tersebut diperoleh kebutuhan torsi motor listrik (T_m) yang dibutuhkan untuk menggerakan mesin bending pipa sebesar 3,83 N. Perhitungan kebutuhan daya motor listrik pada mesin bending pipa menggunakan persamaan (5).

Melalui persamaan (5) tersebut diperoleh daya motor listrik yang dibutuhkan dalam mesin bending pipa tersebut adalah sebesar 467,92 watt atau setara 0,63 HP. Sehingga dalam pengaplikasinnya digunakan motor listrik yang memiliki daya yang lebih besar dari nilai tersebut, yakni sebesar 1 HP. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan maka diperolehlah desain konseptual mesin bending untuk pipa berdiameter satu inch. Bentuk dari desain konseptual tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Konseptual Mesin Bending untuk Pipa Berdiameter Satu Inch

Keterangan :

1. Dongkrak
2. Poros As
3. Gigi sproket dan rantai
4. *Pulley*
5. V-*belt*
6. Motor listrik
7. Roller penggerak pipa
8. Roller penekan
9. *Gear Box*

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini secara umum terbagi menjadi tiga buah kegiatan utama, yakni : kegiatan pertama adalah perancangan mesin bending pipa; kegiatan kedua adalah pengujian kinerja mesin bending pipa yang telah dirancang; serta kegiatan ketiga adalah kegiatan analisis pengaruh kedalaman penekanan pipa terhadap radius kelengkungan pipa yang dihasilkan. Mesin yang dirancang pada penelitian ini secara spesifik digunakan untuk membengkokan pipa berdiameter satu inch.

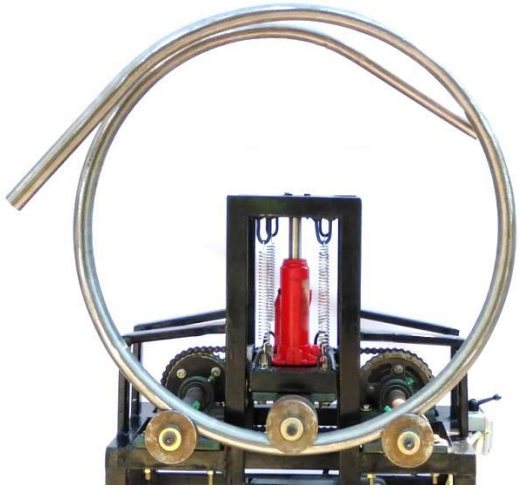
Kegiatan awal perancangan mesin bending pipa dilakukan dengan menganalisis gaya yang dibutuhkan untuk membending pipa berdiameter satu inch hingga menghitung kebutuhan daya motor penggerak mesin bending pipa.

Kegiatan pengujian kinerja mesin bending pipa dilakukan dengan mengukur waktu proses pengerollan yang dibutuhkan untuk tiap-tiap parameter pengujian. Bahan pengujian yang digunakan yaitu berupa pipa baja (SC45) diameter satu inch, dengan ketebalan yang berbeda dan dengan panjang pipa yang berbeda pula. Adapun ketebalan pipa yang digunakan adalahketebalan

1,6 mm , 1,8 mm , 2,0 mm. Sedangkan untuk variasi panjang pipa yang digunakan, yaitu pipa dengan panjang 1000 mm,1500 mm,2000 mm,2500 mm dan 3000 mm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kegiatan perancangan mesin yang telah dilakukan, diperoleh sebuah rancangan mesin bending untuk pipa berdiameter satu inch. Bentuk mesin tersebut tersaji pada Gambar 5.Mesin yang dirancang memiliki dimensi umum panjang mesin sebesar 380 mm, lebar mesin sebesar 600 mm, dan tinggi mesin sebesar 1150 mm. Spesifikasi komponen mesin hasil rancangan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 5. Bentuk Mesin Bending untuk Pipa Berdiameter Satu Inch

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Bending untuk Pipa Berdiameter Satu Inch

No	Komponen	Spesifikasi
1	Motor Listrik Penggerak	1 HP AC Induksi 1 *phase*
2	Jarak Beban Dongkrak	160 mm
3	Jari-jari Sprocket Poros 1 (r_1)	70 mm
4	Jari-jari Sprocket Poros 2 (r_2)	70mm
5	Jari-jari Sprocket Poros 3 (r_3)	70mm
6	Diameter Roller	32 mm
7	Dongkrak Botol	2 ton
8	*Gear Box*	1: 50
9	*Pulley* Motor	100 mm
10	*Pulley Gear Box*	160 mm
11	Jarak antar Roller Penggerak	370 mm
12	V-*belt*	A42
13	*House Bearing*	205

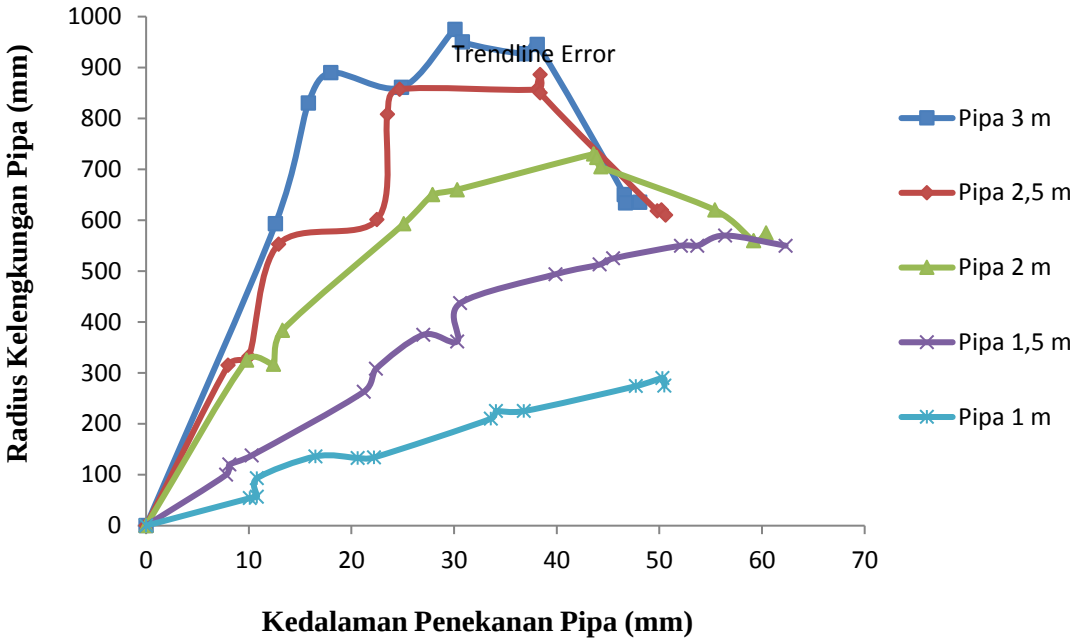
Berdasarkan kegiatan pengujian mesin bending diperoleh data kinerja mesin hasil rancangan. Kinerja mesin dapat dilihat dari performa waktu proses pengerollan pipa serta laju pengerollan pipa yang dihasilkan. Laju pengerollan pipa yang dimaksud dalam pengujian kali ini merupakan kecepatan kedalaman lengkungan pipa yang dihasilkan per satuan waktu proses pengerollan. Data hasil pengujian mesin pada proses pengerollan pipa berdiameter satu inch

secara umum dapat dilihat pada Tabel 2. Waktu rata-rata pengerollan pipa berdiameter satu inch dengan panjang 3000 mm, 2500 mm, 2000 mm, 1500 mm, serta 1000 mm masing-masing diperoleh 415 detik, 398 detik, 297 detik, 255 detik, serta 107 detik. Sementara itu, untuk rata-rata laju pengerollan pipa berdiameter satu inch dengan ketebalan bahan 1,6 mm, 1,8 mm, serta 2,0 mm masing-masing adalah 0,5 mm/detik, 0,6 mm/detik, serta 0,5 mm/detik. Dalam hal ini pengaruh ketebalan pipa tidak terlalu berdampak pada perolehan laju penggerollan. Berbeda dengan pengaruh panjang pipa terhadap waktu proses pengerollan yang dibutuhkan, semakin panjang pipa yang akan dibending maka semakin besar pula waktu proses pengerollan yang dibutuhkan. Selain itu, dari data pada Tabel 2 diperoleh bahwa ketebalan pipa akan berpengaruh pada nilai kedalaman maksimal lengkungan pipa yang dihasilkan. Semakin tebal pipa yang dibending maka semakin besar nilai kedalaman maksimal lengkungan pipa yang didapatkan. Hal tersebut diakibatkan pada pipa yang memiliki ketebalan tipis akan cepat ditemukan kerutan pada lengkungan pipa hasil proses bending. Menurut Iswahyudi (2012), menyatakan bahwa ada kasus penekukan profil berdinding tipis, daerah yang menerima beban tekan mengalami *buckling* yang ditandai oleh munculnya kerutan-kerutan sebagai kegagalan dari proses ini.

Tabel 2. Data PengujianMesin Bending untuk Pipa Berdiameter Satu Inch

No	Panjang Pipa (mm)	Ketebalan Pipa (mm)	Kedalaman Penekanan Pipa (mm)	Kedalaman Lengkungan Pipa (mm)	Waktu Proses Pengerollan (detik)
1	3000	1,6	48,1	635,0	378
2		1,8	46,7	634,0	489
3		2,0	46,6	650,0	377
4	2500	1,6	49,8	618,0	391
5		1,8	50,6	610,0	401
6		2,0	50,2	620,0	402
7	2000	1,6	55,4	620,0	299
8		1,8	59,2	560,0	288
9		2,0	60,4	575,0	304
10	1500	1,6	62,3	550,0	249
11		1,8	52,1	550,0	255
12		2,0	56,4	570,0	261
13	1000	1,6	50,5	275,0	107
14		1,8	50,3	290,0	103
15		2,0	47,7	274,0	111

Pada Gambar 6 telah tersaji pengaruh kedalaman penekanan pipa terhadap radius kelengkungan pipa yang dihasilkan. Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh bahwa korelasi kedalaman penekanan pipa tidak berdanding lurus (linear) pada radius kelengkungan pipa yang akan dihasilkan. Korelasi keduanya bersifat eksponensial, sehingga pada setiap panjang pipa akan memiliki puncak (titik balik) radius kelengkungan pipa yang akan dihasilkan. Selain itu,semakin panjang pipa yang akan dibending maka semakin besar pula puncak radius kelengkungan pipa yang akan dihasilkan.Pada tiap-tiap panjang pipa yang dibending akan menghasilkan puncak (titik balik) radius kelengkungan pipa yang berbeda-beda pula. Pada pipa dengan panjang 3 m, 2,5 m, 2 m, 1,5 m, serta 1m menghasilkan puncak radius kelengkungan masing-masing sebesar 975 mm, 857 mm, 730 mm, 570 mm, serta 290 mm. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa jika semakin panjang radius kelengkungan pipa yang ingin dihasilkan makapanjang pipa yang dibutuhkan pun akan semakin panjang.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Kedalaman Penekanan Pipa terhadap Radius Kelengkungan Pipa SC45 berdiameter Satu Inch

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1) Rancangan mesin bending untuk pipa berdiameter satu inch telah berhasil dirancang dengan rata-rata laju proses pengerollan sebesar 0,5 - 0,6 mm/detik.
2) Mesin bending pipa yang dirancang telah mampu melakukan proses bending pipa SC45 berdiamater satu inch dengan radius kelengkungan maksimum pipa pada panjang 3 m, 2,5 m, 2 m, 1,5 m, serta 1 m masing-masing adalah 975 mm, 857 mm, 730 mm, 570 mm, serta 290 mm.
3) Semakin panjang pipa yang akan dibending maka semakin besar pula waktu proses pengerollan yang dibutuhkan.
4) Semakin tebal pipa yang dibending maka semakin besar nilai kedalaman maksimal lengkungan pipa yang didapatkan.
5) Kedalaman penekanan pipa tidak berdanding lurus (linear) pada radius kelengkungan pipa yang akan dihasilkan. Korelasi keduanya bersifat eksponensial, sehingga pada setiap panjang pipa akan memiliki puncak (titik balik) radius kelengkungan pipa yang akan dihasilkan. Semakin panjang pipa yang akan dibending maka semakin besar pula puncak radius kelengkungan pipa yang akan dihasilkan.

4.2 Saran

1) Perlu dikaji mengenai pengaruh material *roller* yang digunakan pada mesin bending terhadap kaitannya dengan gesekan serta efektifitas proses pengerollan yang dihasilkan.
2) Perancangan mesin bending pipa berikutnya sebaiknya mesin yang dirancang agar dapat fleksibel melakukan proses bending pada beberapa ukuran diameter pipa. Hal tersebut dapat dilakukan dengan perancangan profil kontur *roller* yang dapat fleksibel menyesuaikan terhadap diameter pipa yang akan dibending.

DAFTAR PUSTAKA

Fernando, R., Duskiardi, Iman S. 2019. Perancangan Alat Bending Pipa *Starbus/Hollow* (50 mm x 50 mm x 2 mm). Jurnal Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta : Vol 13, No 2 (2019). Tersedia di : http://www.ejurnal.bunghatta.ac.id/?journal=JFTI&page=article&op=view&path%5B%5D=13992&path%5B%5D=11763.

Iswahyudi, Sigit. 2012. Kajian Teoretis Kerutan di Daerah Tekukan pada Pipa Hasil Proses Bending. Jurnal Teknik Mesin : Vol. 14, No. 1 (2012) 47-51. Tersedia di : http://203.189.120.189/ejournal/index.php/mes/article/view/18754/18484.

Maimun, Ilyas Y., & Dailami. 2018. Jurnal Mesin Sains Terapan Politeknik Negeri Lhokseumawe : Vol.2 No.2. Tersedia di : http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/mesinsainsterapan/article/download/532/1343.

Studi Laju Korosi dan *Surface* Morfologi Pipa Bawah Laut API 5L Grade X65 dengan Variasi Sudut Bending. Jurnal Teknik ITS : Vol. 1(2012). Tersedia di : http://www.ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/1898/641.

Sidi, P., & M.T. Wahyudi. 2012. Analisis Kekerasan pada Pipa yang dibengkokan akibat Pemanasan. Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Brawijaya Vol.3, No. 3 Tahun 2012 : 398-403. Tersedia di : https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/164/160.