

## Pengaruh Pengisian Pasir dan Lilin terhadap Kualitas Pembentukan Batang Silinder Pipa

<sup>1)</sup>Aep Surahto, <sup>2)</sup>Novi Laura & <sup>3)</sup>Perdi  
<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Islam 45  
Jl. Cut Meutia no.83 Bekasi 171133  
Telp.(021) 8802015, 8801027 Fax. (021) 8801192  
Mobile: +081219730243, +089608981656  
Homepage: www.unismabekasi.ac.id  
Email:surahtorahto@yahoo.com, Novie.laura@gmail.com,  
Perdi079Mesin45@gmail.com

### Abstract

*Iron pipes are widely used in everyday life. At their role will be found a few problems. Based on some of the issues that arise, this research will discuss the problem of cracks. Selection of cracks due to the aftereffect that could result in a loss bebarapa both in terms of material and function. This study addressed the issue of changes in the form of 0.5-inch diameter pipe in the pipe thickness of 1.2 mm and 1.8 mm were exposed to stress (stress) during the bending process. In each pipe treated; without stuffing pipe, a pipe filled with sand and a candle stuffing pipe. In each pipe bend with an angle of 90 °. After that, the pipe is cut to determine the condition of each pipe bends. The test results in getting that on the pipe diameter of 1.2 mm change very drastically and the elbow pipe diameter of 1.8 mm changes are not too drastic changes shape. The thickness of the pipe will influence changes in the results of elbow pipe diameter, the thicker the better the pipe diameter.*

**Keywords:** *bending pipe, sand, wax*

## 1 PENDAHULUAN

Pipa besi banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan kegunaannya pipa akan banyak ditemukan berbagai macam masalah, seperti masalah: kelelahan (fatigue), korosi (corrosion), dan keretakan (crack). Dari ketiga jenis yang biasa di alami pipa, maka keretakan menjadi persoalan yang sangat diperhatikan karena efek lanjutan dari keretakan ini bisa mengakibatkan bebarapa kerugian baik dari segi material dan fungsinya.

Kekuatan pipa menjadi berkurang karena retak (crack), kekuatan pipamenurun akibat korelasi penambahan panjang keretakan sampai pipa tidak dapat lagi menahan beban (statis dan dinamis) yang diberikan. Seperti pipa yang terinstal pada sambungan angina/gas mempunyai peluang besar terjadi keretakan (crack). Hal ini bisa terjadi karena adanya

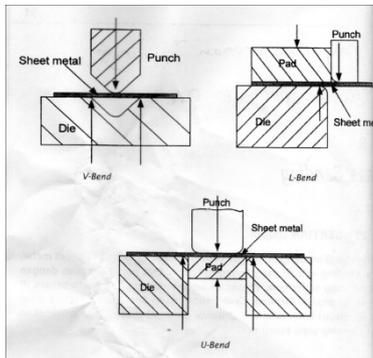
tekanan operasional yang tinggi dan adanya korosi yang diikuti oleh tekanan (hydrostatic pressure) pada pipa yang dikenal dengan istilah *Stress Corrosion Cracking* (SCC). Mengingat begitu besarnya biaya dalam perbaikan pipa terlebih pada keretakan, maka dalam perancangan awal perlu dilakukan analisa mengenai tingkat keretakan pada pipa.

## 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Bending

Proses *bending* adalah proses pembengkokan atau penekukan. Gaya-gaya yang terjadi pada proses *bending* saling berlawanan arah, sama seperti pada proses cutting. Pada proses *bending*, stress hanya terjadi pada bagian radius yang membentuk, sedangkan pada bagian yang rata tidak terjadi stress. Material pada bagian luar radius tertarik dan

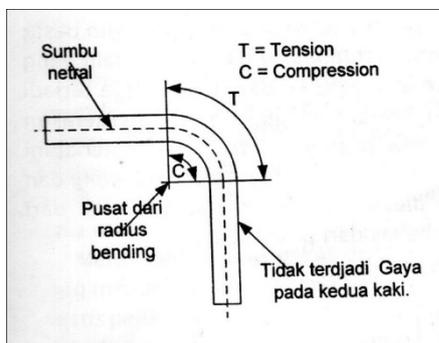
mulur, sedangkan pada radius bagian dalam terjadi sebaliknya yaitu *compression-stress*. Karena itu, bila terjadi kerusakan proses, maka pada radius bagian luar akan terjadi *crack* dan kerutuan pada radius bagian dalam.



**Gambar 1** Gaya-gaya yang bekerja pada proses bending  
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

## 2.2 Sumbu Netral (*Neutral Axis*)

Karena radius sheet metal bagian luar terjadi gaya tarik dan pada bagian dalam terjadi gaya tekan, maka akan ada daerah pertemuan yang tidak ada gaya tarik ataupun gaya tekan. Titik-titik tersebut bila disambung akan menjadi garis yang disebut sumbu netral (*neutral axis*). Walaupun namanya sumbu netral, tetapi tidak selalu berada tepat di tengah-tengah antara kedua sisi. Karena panjang dari sumbu netral masih tetap sama dengan panjang material aslinya, maka dipakai untuk perhitungan panjangnya material bukaan (*development material*).

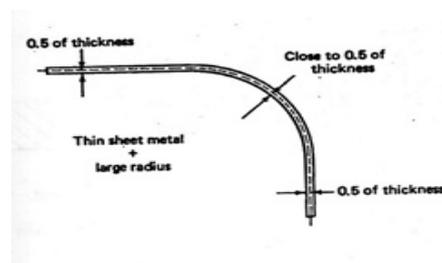


**Gambar 2** Gaya-gaya tarik dan tekan pada proses bending  
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

Beberapa hal yang mempengaruhi letak sumbu netral tersebut antara lain sebagai berikut:

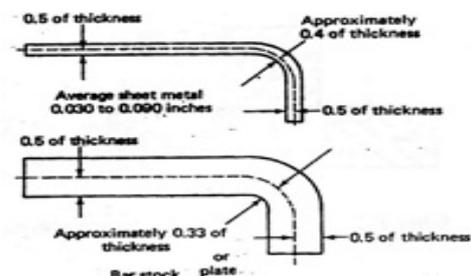
- Bila tebal material sama dan *bending radius* mengecil, maka sumbu netral akan bergerak kedalam.
- Bila *bending radius* sama dan tebal material bertambah, maka sumbu netral akan bergerak kedalam.
- Bila *bending radius* dan tebal material sama dan sudut bengkok (*degree of bend*) bertambah, maka sumbu netral akan bergerak kedalam.

Hal-hal tersebut diatas sering kali akan menyebabkan melesetnya perhitungan *blank development*, sehingga masih perlu adanya perubahan-perubahan setelah trial.



**Gambar 3** Radius yang relatif besar pada proses bending

(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

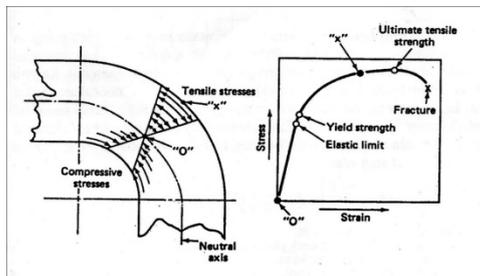


**Gambar 4** Radius yang relative kecil pada material yang relative tebal

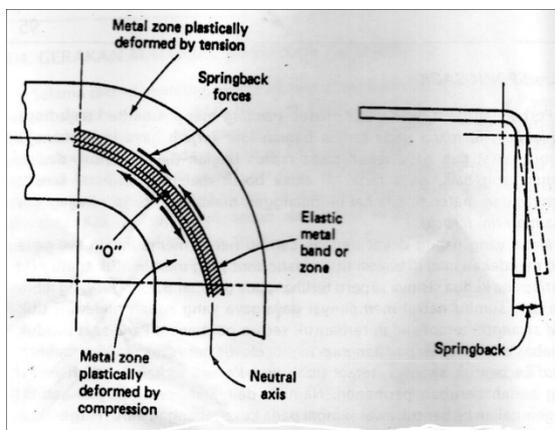
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

### 2.3 Springback

Perbedaan gaya-gaya pada proses *bending* mengakibatkan terjadinya *springback*, dimana pada radius bagian luar terjadi gaya tarik menuju sumbu netral dan gaya tekan pada radius bagian dalam. Untuk design produk yang baik, gaya tarik tidak boleh melebihi *ultimate tensile strength* dari material. Bila hal ini dilanggar, maka akan terjadi kegagalan pada material (*crack*).



Gambar 5 Changing stress pattern in a bend  
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)



Gambar 6 Springback forces

(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

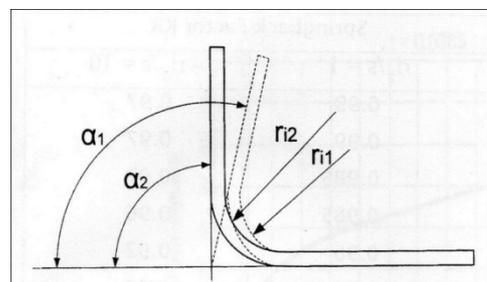
Bila kita akan memancang bedning die, maka perlu memperhitungkan factor springback yang akan terjadi setelah gaya-gaya pada material (produk) dibebaskan. Springback tergantung pada jenis material. Karena adanya springback, sudut die  $\alpha_1$  tidak akan menentukan secara tepat sudut pada produk yang di inginkan  $\alpha_2$ .

Rasio sudut ini disebut factor springback KR, yang tergantung pada spesifikasi material (*sheet metal thickness*) atau r/s:

$$KR = \frac{\alpha_1 \alpha_1}{\alpha_2 \alpha_2} = \frac{r_{i1} + 0,5 \cdot s}{r_{i2} + 0,5 \cdot s} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

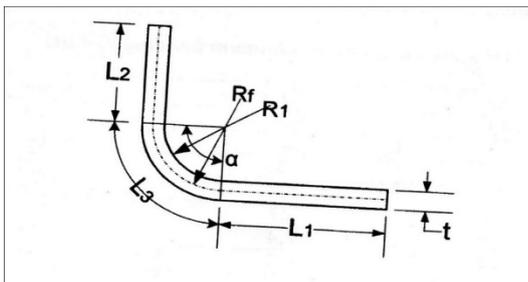
- $\alpha_1$  = Sudut dari die (°)
- $\alpha_2$  = Sudut dari produk yang diinginkan (°)
- s = Tebal material (mm)
- $r_{i1}$  = Punch radius (mm)
- $r_{i2}$  = Radius dalam dari produk (mm)



Gambar 7 Elastic recovery after bending  
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

### 2.4 Bending untuk Round Bar dan Pipa

Berbagai rumus di kembangkan untuk menghitung panjangnya bukaan suatu produk sheet metal sebelum proses *bending*. Namun semua perhitungan tentunya merupakan pendekatan, yang masih tergantung dari banyak faktor-faktor yang lain, misalnya ketelitian proses pemesinan dari punch maupun die. Pada rumus perhitungan berikut ini sering di pakai untuk menghitung panjang bukaan pipa maupun besi pejal bulat (round bar), tetapi dapat juga dipakai untuk menghitung bukaan sheet metal.



Gambar 8 Mengetahui Panjang Bukaian L

Bukaian (L) = L + L<sub>1</sub> + L<sub>2</sub> + L<sub>3</sub>..... (2)

Panjang L<sub>3</sub> =  $\frac{R_f \times \pi \times \alpha}{180} - \frac{R_1 \times \pi \times \alpha}{180}$  ..... (3)

Harga dari x,  $\alpha = 0^\circ \sim 30^\circ$ , maka x = s/2

Apabila  $\alpha = 30^\circ \sim 120^\circ$ , maka x = s/3

Apabila  $\alpha = 120^\circ \sim 180^\circ$ , maka x = s/4

Keterangan:

L<sub>1</sub> dan L<sub>2</sub> = Panjang kaki yang tidak mengalami perubahan (mm)

L<sub>3</sub> = Panjang kaki yang mengalami perubahan (mm)

S = Tebal sheet metal, round bar atau pipa (mm)

R<sub>1</sub> = Radius dalam (mm)

X = Nilai sumbu netral setelah proses *bending* (mm)

R<sub>f</sub> = R<sub>1</sub> + (mm)

$\alpha$  = Sudut *bending* (°)

**2.5.1 Minimum Bending Radius**

Agar supaya hasil *bending* tidak sobek ataupun berkerut maka setiap kali merencanakan proses *bending* harus selalu memperhatikan minimum *bending* radius. Untuk mencari minimum *bending* radius dapat mempergunakan rumus berikut ini.

Minimum *bending* radius (R min) = c x s ..... (3)

Keterangan:

S = Tebal sheet metal, round bar atau pipa (mm)

C = Nilai konstan tergantung dari jenis material

**Table 1** Nilai konstan c, untuk minimum *bending* radius

Material	Nilai c	R min
ST 37 / ST 50	0,5	0,5 s
Copper	0,25	0,25 s
Brass	0,35	0,35 s
Bronze	1,2	1,2 s
Aluminium (murni)	0,7	0,7 s
Aluminium MG	1,4	1,4 s
Aluminium SI MG	2,5	2,5 s

**2.5.2 Bending Radius Khusus untuk Pipa**

Untuk kebutuhan produksi masal, maka proses *bending* menggunakan mesin bender, tetapi untuk kebutuhan produksi yang tidak terlalu banyak masih banyak menggunakan hand bender, yang tentu saja biaya untuk membuat tool dan proses produksinya lebih murah. Untuk mencegah agar hasil *bending* pipa tidak pecah atau berkerut, maka pipa dapat diisi dengan pasir. Tetapi yang paling praktis tentu saja proses *bending* tanpa diisi pasir, namun harus selalu memperhatikan minimum *bending* radius yang diizinkan untuk berbagai diameter pipa.

**Table 2** Minimum radius untuk pipa air

Water pipe (pipa air)	Radius min
WP 1/2" (Ø 22)Ø 22)	65 mm
WP 3/4" (Ø 27)Ø 27)	90 mm
WP 1" (Ø 33)Ø 33)	120 mm

**Table 3** Minimum bending radius untuk pipa listrik

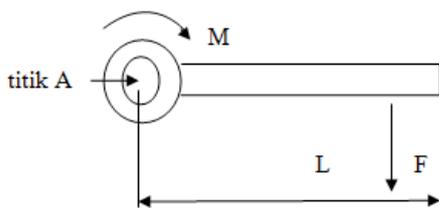
Electric pipe (pipa listrik)	Radius min
EP $5/8 \times 5/8$ " ( $\varnothing 16$ ) $\varnothing 16$ )	65 mm
EP $3/4 \times 3/4$ " ( $\varnothing 19$ ) $\varnothing 19$ )	90 mm
EP 1" ( $\varnothing 25$ ) $\varnothing 25$ )	

**2.6 Karakteristik Baja St 37 (AISI 1045)**

Baja St 37 adalah baja karbon sedang yang setara dengan AISI 1045, dengan komposisi kimia Karbon : 0.5 %, Mangan : 0.8 %, Silikon : 0.3 % ditambah unsure lainnya. Dengan kekerasan  $\pm 170$  HB dan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm<sup>2</sup>. Secara umum baja St 37 dapat digunakan langsung tanpa mengalami perlakuan panas, kecuali jika diperlukan pemakaian khusus. St 37 adalah salah satu baja yang dihasilkan untuk pembuatan berbagai komponen permesinan dan konstruksi.

**2.7 Momen Gaya**

Momen ialah hasil kali gaya terhadap jarak dari titik tersebut sampai ke garis kerja gaya. Apabila momen bekerja ke arah kanan (searah dengan jarum jam) maka dinamakan momen positif (+), sebaliknya apabila momen bekerja berlawanan arah jarum jam maka momen tersebut dinamakan momen negative (-).



**Gambar 9** Skema Momen Sederhana

Karena gerakan gaya itu memutar maka momen gaya tersebut besarnya sama dengan besar

gaya yang dikalikan dengan jarak . Maka besar momen yang terjadi adalah :

$$M = F \times L \dots\dots\dots (4)$$

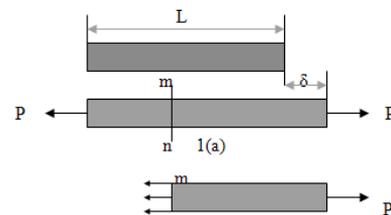
Dimana M : Momen gaya (N/ cm, kgf.cm)  
 F : Gaya (kg)  
 L : Panjang Lengan (cm)

**2.8 Analisa Tegangan**

**2.8.1 Tegangan Normal**

Konsep dasar dari tegangan dapat dilakukan dengan meninjau batang prismatic (*prismatic bar*) yang di bebani dengan gaya-gaya aksial (P) pada setiap ujung-ujungnya. Batang prismatic adalah batang lurus yang memiliki penampang yang sama pada keseluruhan panjangnya.

Gaya-gaya aksial menimbulkan tarikan sama rata pada batang sehingga batang mengalami tegangan tarik (*tension stress*).



**Gambar 10** Batang Prismatic yang Mengalami Tarik

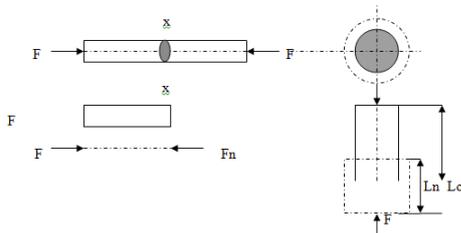
Dengan menganalisa tegangan internal yang ditimbulkan oleh gaya aksial maka dibuat suatu irisan mn, irisan ini dikenal sebagai suatu penampang (cross section). Beban tarik (P) bekerja pada ujung batang, sementara pada bagian lain bekerja yang menyatakan gaya aksi dari bagian batang yang dipisahkan. Tegangan terdistribusi secara merata pada gambar 10 bahwa resultannya sama dengan intensitas ( $\sigma$ ) kali luas penampang A, resultan ini besarnya sama dengan beban P yang di kenakan tetapi arahnya berbeda, maka di peroleh

$$\sigma \text{ tarik} = \frac{P}{A} \sigma \text{ tarik} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana  
 $\sigma$  : tegangan yang terjadi pada penampang(kgf/cm<sup>2</sup>)  
 P : gaya pada penampang batang (kg/cm)  
 A: luas penampang batang (cm<sup>2</sup>)

**2.8.2 Tegangan Tekan**

Pembebanan tekan merupakan kebalikan dari pembebanan tarik, maka tegangan tekan tekan juga merupakan tegangan tarik. Pembebanan tekan terjadi apabila gaya luar bekerja sejajar dengan sumbu batang ke arah batang tersebut. Akibat beban tekan tersebut , penampang batang akan bertambah pendek dan terjadi pembesaran penampang. Bila batang tidak mampu menahan beban tekan tersebut maka batang akan rusak atau pecah.



**Gambar 11** Batang yang Mengalami Pembebanan Tekan

Gaya dalam (Fn) benda itu menahan pengaruh gaya luar, makin besar luas penampangnya makin besar pula kekuatan benda itu. Untuk mengetahui besar tegangan yang terjadi maka dapat di ketahu dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma \text{ tekan} = F / A \dots\dots\dots(6)$$

Dimana  
 $\sigma$ : tegangan tekan yang terjadi pada penampang (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 F : gaya pada penampang batang ( kg/cm)  
 A: luas penampang batang ( cm )

**2.8.3 Deformasi Plastis**

Proses perubahan bentuk yang terjadi diakibatkan dari tegangan yang melampaui kekuatan dari bahan tersebut sehingga mengakibatkan penampang/permukaan bahan mengalami tarikan atau tekukan permukaan bagian luar mengalami perpanjangan dan permukaan pada bagian dalam terjadi tekukan akibat tarikan/gaya yang bekerja pada bahan tersebut. Deformasi plastis inilah yang terjadi pada proses penekukan pipa, karena pipa mengalami gaya tarik yang bekerja memutar pada sebuah titik sumbu.

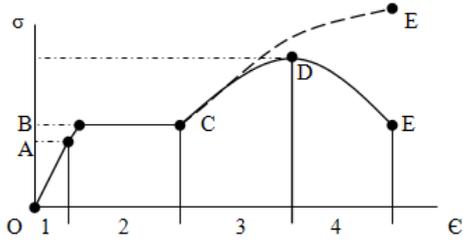
**2.8.4 Hukum Hooke**

Apabila beban yang dikenakan pada suatu batang sebelum melampaui batas proposionalnya maka akan berlaku ketentuan sebagai berikut:

1. Perpanjangan atau perpendekan akan berbanding lurus dengan beban dan panjang semula, tetapi berbanding terbalik dengan penampangnya.
2. Perubahan memanjang dari sebuah batang berbanding lurus dengan beban dan panjang semula, tetapi berbanding terbalik dengan modulus kenyal.

**2.8.4 Diagram Tegangan dan Regangan**

Apabila batang dalam pemakaian pada konstruksi dibebani gaya luar melebihi kekuatan bahan itu sendiri maka bahan akan mengalami kerusakan seperti memanjang, memendek, melengkung, bahkan patah atau pecah. Tegangan yang terjadi pada beban maksimum merupakan batas tegangan patah. Tegangan patah adalah beban maksimum yang menyebabkan patah dan dibagi dengan luas penampang batang.



Gambar 12 Diagram Tegangan Regangan

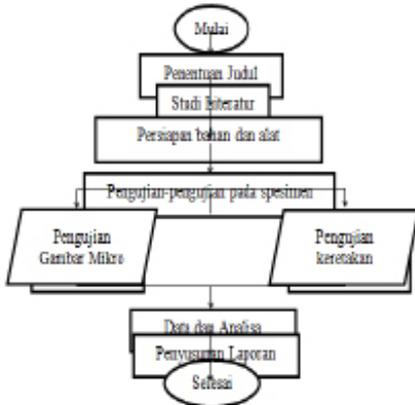
Keterangan :

- A: Batas sebanding 1 : Daerah linear
- B: Tegangan leleh 2 : Plastisitas sempurna
- C: Tegangan leleh 3 : Perkuatan regangan
- D: Tegangan batas 4 : Konstruksi luas
- E: Putus

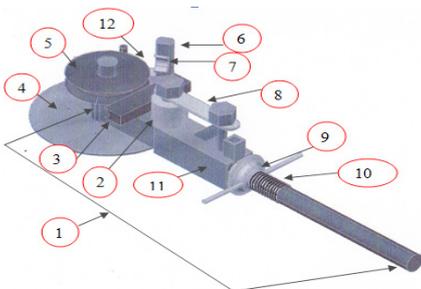
### 3 METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah penelitian mengacu pada diagram alir pada gambar berikut:



#### 1.2 Konstruksi dan Bagian Alat Penekuk Pipa



Gambar 13 Konstruksi Alat Penekuk Pipa

Keterangan :

- 1. Lengan momen 7. Stoper
- 2. Roll 8. Plat Penyangga
- 3. Dies Dinamis 9. Penahan Rumah Roll
- 4. Plat Landasan 10. Ulir Penahan
- 5. Dies Statis 11. Rumah Roll
- 6. Batang Stoper 12. Dudukan Stoper



Gambar 14 Penekuk Pipa

### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian ini dibahas mengenai bagaimana hasil proses *bending* yang sudah dilakukan.

#### 1.1 Data Hasil Pengujian pada Pipa Ø1,27 cm dengan Ketebalan 0,12 cm



Gambar 15 Pipa Standar



*Gambar 16 Pipa Diisi dengan Lilin*



*Gambar 19 Pipa Diisi dengan Lilin*



*Gambar 17 Pipa Diisi dengan Pasir*



*Gambar 20 Pipa Diisi dengan Pasir*

## 1.2 Data Hasil Pengujian pada Pipa $\varnothing 1,27$ cm dengan Ketebalan 0,18 cm



*Gambar 18 Pipa Standar*

Dari gambar diatas maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada percobaan pertama yang menggunakan pipa standar atau kosong dengan ketebalan pipa 1,2 mm hasil *bending* yang diperoleh tidak bagus, pada bengkokan mengalami perubahan diameter dan radius dalam *bending* mengalami pengkerutan.
2. Pada percobaan kedua yang menggunakan pipa diisi dengan lilin dengan ketebalan pipa 1,2 mm hasil *bending* yang dihasilkan lebih lembut dan pada bengkokan tidak terlalu mengalami perubahan diameter pada bengkokan pipa.
3. Pada percobaan ketiga yang menggunakan pipa diisi dengan pasir dengan ketebalan

yang sama 1,2 mm hasil *bending* yang dihasilkan lebih bagus tidak terlalu mengalami perubahan diameter pada bengkokan pipa.

4. Pada percobaan keempat yang menggunakan pipa standar atau kosong dengan ketebalan pipa 1,8 mm hasil *bending* yang dihasilkan lebih bagus dibandingkan dengan pipa standar dengan ketebalan 1,2 mm.
5. Pada percobaan kelima yang menggunakan pipa diisi dengan lilin dengan ketebalan pipa 1,8 mm hasil *bending* yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan ketebalan pipa 1,2 mm.
6. Pada percobaan keenam yang menggunakan pipa diisi dengan pasir dengan ketebalan 1,8 mm hasil *bending* yang dihasilkan jauh lebih bagus dan hampir mendekati sempurna.

## 5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian maka dapat diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari tekukan tidak terjadi retakan pada permukaan bengkokan pipa hanya saja terjadinya perubahan diameter pada bengkokan pipa. Diameter awal pipa sebelum di bengkokan 22,20 mm setelah di bengkokan diameter pipa 1,2 mm mendapatkan diameter actual sumbu x 18,54 mm dan actual sumbu y 24,64 mm, dan pada pipa 1,8 mm diameter actual yang didapat pada diameter actual sumbu x 18,90 mm dan diameter actual sumbu y 24,48.
2. Pengisian lilin dan pasir sangat berpengaruh terhadap hasil bending pipa, dari hasil pengujian yang telah penulis lakukan pipa dengan ketebalan 1,2 mm lebih pas dengan melakukan pengisian

lilin pada saat proses bendingnya, dan pipa ketebalan 1,8 mm lebih pas dengan melakukan pengisian pasir pada saat proses bending.

3. Semakin tebalnya ketebalan pipa maka hasil bengkokan yang dihasilkan setelah proses bending akan semakin bagus.

## KEPUSTAKAAN

- [1] Rony Sudarman Thenyo, Teknologi Press Diess. Proses Bending
- [2] Syarifudin, Rancang Bangun Alat Penekuk Pipa. Fakultas Teknik Universitas Islam 45 Bekasi.(2011)
- [3] <http://arissulistyo.blogspot.com/2014/05/proses-bending-plat.html>
- [4] Pranowo Sidi, M.Thoriq Wahyud., Analisis Kekerasan Pada Pipa Yang Dibengkokan Akibat Pemanasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.(2012).
- [5] <http://www.idpipe.com/2014/10/tabel-nominal-pipe-size-dan-pipe-schedule.html>
- [6] <http://petraelang.blogspot.co.id/2014/01/ndt-non-destructive-test-dye-penetrant.html>