

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diberikan pemaparan terkait hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan oleh peneliti saat melakukan pengujian dari hasil fabrikasi alat proyek akhir.

4.1 Hasil Perancangan Mesin Bending Pipa

Berikut merupakan hasil dari proses rancang bangun yang telah dilakukan. Gambar 4.1 menunjukkan tampilan akhir dari mesin bending pipa yang telah berhasil di fabrikasi.



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Hasil Bending Pipa

Tabel 4. 1 Keterangan Mesin Bending Pipa

No.	Keterangan
1	Roller penampang pipa
2	Tuas ulir penekan roller
3	Adjustment
4	Tensioner

4.1.1 Cara Kerja Mesin

Cara kerja mesin bending pipa dengan sistem adjustable roller diawali dengan menghubungkan sumber listrik mesin ke stop kontak, kemudian memutar sakelar utama ke posisi ON sehingga sistem kelistrikan mesin aktif dan motor penggerak siap dioperasikan. Setelah mesin menyala, operator memastikan seluruh komponen seperti roller atas dan roller bawah berada dalam kondisi awal yang sejajar dan bebas dari hambatan. Selanjutnya dilakukan pengaturan jarak antar roller bawah sesuai dengan panjang pipa dan radius pembengkokan yang diinginkan, dengan memutar mekanisme penyetel jarak roller secara manual atau menggunakan sistem ulir yang tersedia pada rangka mesin.

Setelah jarak roller bawah ditentukan, langkah berikutnya adalah mengatur posisi vertikal roller atas (adjustable roller) dengan menaikkan atau menurunkannya menggunakan tuas penyetel. Pengaturan ini bertujuan untuk menentukan besar gaya tekan yang bekerja pada pipa sehingga menghasilkan radius kelengkungan sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini, posisi roller atas harus disesuaikan secara bertahap untuk menghindari deformasi berlebihan atau kerusakan pada pipa. Setelah pengaturan roller selesai, pipa dimasukkan secara horizontal di antara roller bawah dan roller atas, dengan posisi pipa sejajar terhadap sumbu putaran roller. Operator kemudian memastikan bahwa pipa berada pada posisi yang stabil dan lurus agar proses bending dapat berlangsung secara merata.

Selanjutnya motor penggerak diaktifkan sehingga roller bawah mulai berputar dan menarik pipa secara perlahan melewati sistem roller.

Pada saat pipa bergerak, roller atas memberikan gaya tekan ke arah bawah yang menyebabkan pipa mengalami deformasi plastis dan membentuk lengkungan. Proses ini berlangsung secara kontinu hingga pipa mencapai sudut atau radius kelengkungan yang diinginkan. Apabila radius yang dihasilkan belum sesuai, operator dapat menghentikan sementara putaran mesin dan melakukan penyesuaian ulang pada ketinggian roller atas dengan menurunkannya sedikit demi sedikit, kemudian melanjutkan kembali proses pembengkokan.

Selama proses bending berlangsung, operator perlu memperhatikan keseragaman kelengkungan pipa serta memastikan tidak terjadi cacat seperti ovalisasi atau kerutan pada permukaan pipa. Penyesuaian posisi roller dapat dilakukan beberapa kali hingga diperoleh hasil pembengkokan yang optimal. Setelah pipa mencapai bentuk yang diinginkan, mesin dihentikan dan pipa dikeluarkan dari sistem roller dengan hati-hati. Langkah terakhir adalah memeriksa hasil bending pipa dengan mengukur radius kelengkungan dan kesesuaian dimensi terhadap spesifikasi yang telah ditentukan. Apabila hasil telah memenuhi kriteria, mesin dapat dimatikan dengan memutar sakelar ke posisi OFF dan sumber listrik dilepaskan. Dengan sistem adjustable roller, mesin bending pipa

4.2 Pengujian

Pengujian dilakukan di kampus Sekolah Vokasi, Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik, Universitas Diponegoro. Pengujian dilakukan dengan mengerol pipa secara langsung menggunakan mesin bending pipa. Tujuan dilakukan pengujian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan mesin bending pipa dalam mencapai target radius kelengkungan pipa sebesar 650 mm, sembari memastikan kualitas dan konsistensi produk.

4.2.1 Prosedur Pengujian

Pengujian mesin bending pipa mengikuti prosedur pengujian. Adapun prosedur pengujian mesin bending pipa adalah sebagai berikut :

- a. Mesin bending pipa yang telah didesain dan dibuat, selanjutnya akan dipersiapkan untuk diuji apakah berhasil atau tidaknya. Lakukan pemeriksaan kembali mesin secara menyeluruh sebelum menguji dengan bahan.
- b. Mempersiapkan bahan uji pipa galvanis. Pipa yang akan diuji dipersiapkan dengan cara dipotong terlebih dahulu sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan kemudian setting penkan roller untuk mengatur kedalaman.
- c. Selama mesin beroperasi, hitung jarak pengerolan pipa antara roller. Pastikan pipa yang di roll memiliki ukuran sesuai dari target pengujian.
- d. Catat berapa hasil diameter kelengkungan yang dihasilkan oleh pipa yang dibending
- e. Pada tahapan uji coba ini, dengan melakukan uji coba terhadap hasil kelengkungan diameter pipa parameter yang paling penting untuk menghasilkan kelengkungan kedalaman jarak antar roller

4.3 Data Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memantau proses pengerolan pipa secara sistematis per interval waktu. Variabel uji nya berupa hasil radius kelengkungan pipa untuk menghitung hasil kedalaman kelengkungan pipa. Pengujiannya di lakukan sesuai dengan masing-masing ukuran pipa 1 ¼ inci dicatat hasil radius kelengkungan pipa, panjang pipa, ketebalan pipa, waktu proses pengerolan, dan jari-jari roller yang digunakan, dihitung secara rumus untuk mendapatkan data nya. Berikut adalah hasil data pengujian yang diperoleh.



Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Pipa

Seluruh data hasil pengukuran tersebut diolah dan dihitung menggunakan rumus yang relevan untuk mendapatkan data akhir yang akurat. Hasil visual dari produk yang diuji menunjukkan variasi bentuk kelengkungan, mulai dari lengkungan penuh (lingkaran) hingga lengkungan sebagian, seperti yang ditunjukkan di Tabel ini

Tabel 4. 2 Data Aktual Pengujian

No	Panjang Pipa	Diameter Luar Pipa	Variasi Adjustment	Radius kelengkungan Pipa (R)
1.	3000 mm	42	150 mm	375
2.	2800 mm	42	190 mm	355
3.	2500 mm	42	160 mm	325
4.	2000 mm	42	200 mm	275
5.	1500 mm	42	180 mm	245

Setelah melakukan pengamatan hasil pipa yang dibending kemudian dibuatka variasi perhitungan pada variasi roller adjustment , maka dari itu hasil radius kelengkungan tersebut menjadi variabel untuk parameter perhitungan mencari kedalaman penekanan pipa dan jarak vertikal roller.

1. Langkah Perhitungan

Untuk setiap variasi jarak antar roller dan panjang pipa, perhitungan dilakukan secara sistematis menggunakan persamaan yang telah ditentukan. Pada pembahasan ini digunakan salah satu hasil radius kelengkungan pipa sebesar 325 mm sebagai dasar analisis. Tahap pertama perhitungan adalah menentukan bend allowance, yang digunakan untuk mengetahui panjang efektif pipa yang mengalami deformasi selama proses pembendingan. Tahap kedua yaitu menghitung jarak vertikal roller, yang berpengaruh langsung terhadap besarnya gaya pembendingan serta pembentukan kelengkungan pipa. Tahap ketiga adalah menentukan radius kelengkungan pipa, yang digunakan sebagai

parameter evaluasi kesesuaian hasil pembendingan terhadap spesifikasi desain, untuk perhitungan di bawah ini :

a. Bend Allowence

$$BA = 2\pi \frac{A}{360} (R + Kbat)$$

Dimana :

R = Radius Bending = 325 mm

BA = Panjang Pipa

A = Sudut yang diinginkan (derajat)

t = tebal pipa $0,9 \times (2) = 1,8 \text{ mm}$

Ka = Konstanta material yang menentukan letak garis netral saat ditekuk

$$BA = 2\pi \frac{A}{360} (R + Kbat)$$

$$BA = 2\pi \frac{360}{360} (325 + 0,5 \times 0,9 \times (2))$$

$$BA = 1733,530 \text{ mm}$$

b. Mencari Jarak H

$$H = \sqrt{(R + L + r)^2 - (a/2)^2} \quad 3.5$$

H = Pelengkungan Diameter Pipa

R = Radius Kelengkungan Pipa

L = Ukuran Diameter Pipa

r = Jari-jari Roller

a = Jarak Penampang Roller

$$H = \sqrt{(R + L + r)^2 - (a/2)^2}$$

$$H = \sqrt{(325 + 1,8 + 50)^2 - (150/2)^2}$$

$$H = 297,4$$

c. Mencari jarak vertikal (b)

$$b = H - (R - r_0)$$

$$b = 297,4 \text{ mm} - (325 - 50)$$

$$b = 22,4$$

d. Mencari Radius Kedalaman Pipa

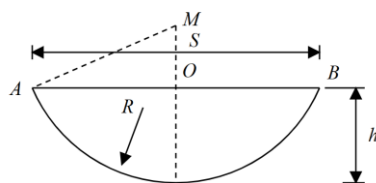
$$D = (r_0 + r + L) - b$$

$$D = (50 + 1,8) - 94,9$$

$$D = -43,1$$

Maka diperoleh data untuk menentukan kedalaman penekan dan jarak vertikal roller dari contoh hasil perhitungan diatas.

2. Perhitungan Radius Pipa



Perhitungan ini diperoleh untuk mencari Radius yang dihasilkan dalam membengkokkan sebuah pipa, dari gambar tersebut bisa kita menggunakan rumus theorema pythagoras yang dimana :

Persamaan Matematis Radius Kelengkungan, Diasumsikan kelengkungan pipa membentuk busur lingkaran.

Diketahui :

Geometri dasar:

Ambil titik pusat lingkaran O. Tarik garis dari O ke :

- Titik tengah tali busur M
- Ujung tali busur A

Maka terbentuk segitiga siku-siku OMA dengan :

- $OM = R - h$
- $MA = \frac{s}{2}$
- $OA = R$

Persamaan Pythagoras :

$$OA^2 = OM^2 + MA^2$$

Substitusi :

$$R^2 = (R - h)^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2$$

$$R^2 = R^2 - 2Rh + h^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2$$

$$2Rh = \left(\frac{s}{2}\right)^2 + h^2$$

$$R = \frac{\left(\frac{s}{2}\right)^2 + h^2}{2h}$$

Maka untuk mencari R didapatkan :

$$R = \frac{s^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

s = Panjang Tali Busur

h = Tinggi Kelengkungan

R = Radius Lingkaran

$$R = \frac{s^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

$$R = \frac{1120^2}{8(500)} + \frac{500}{2}$$

$$R = 563,6 \text{ mm}$$

4.4 Analisis Hasil Pengujian pipa 1 ¼ Inch

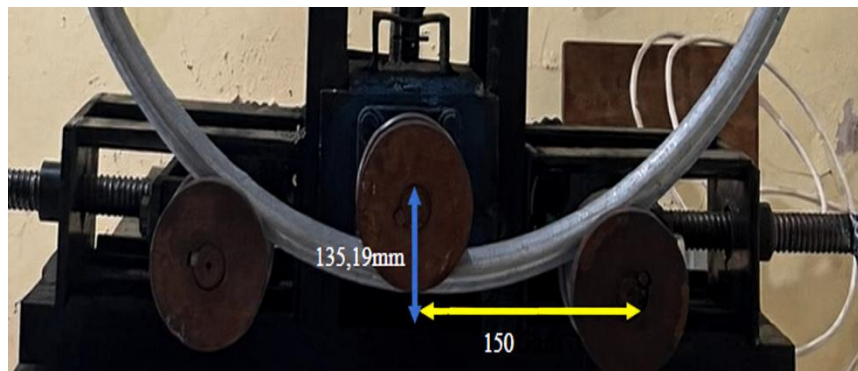
Setelah melakukan proses perhitungan, hasil kedalaman penekanan pipa (D) dan jarak Vertika roller (b) untuk setiap variasi pengujian dirangkum dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4. 3 Analisis Hasil Pengujian pipa 1 ¼ inch

No	Panjang Pipa	Jarak Roller (a)	Jarak vertikal Roller (b)	Radius kelengkungan Pipa (R)
1.	3000 mm	250	124.9599982	375 mm
2.		240	126.3191775	
3.		230	127.6190451	
4.		220	128.8601106	
5.		210	130.0428551	
6.		200	131.1677323	
7.		190	132.2351693	
8.		180	133.2455674	
9.		170	134.1993031	
10.		160	135.096729	
11.		150	135.9381737	
1.	2800 mm	250	124.1666343	355 mm
2.		240	125.5914537	
3.		230	126.9537012	
4.		220	128.2539671	
5.		210	129.4928078	
6.		200	130.6707472	
7.		190	131.7882782	
8.		180	132.8458633	
9.		170	133.8439358	
10.		160	134.782901	
11.		150	135.6631366	
1.	2500	250	122.8240817	325 mm
2.	mm	240	124.3607392	
3.		230	125.8291407	

4.	220	127.2300337
5.	210	128.5641213
6.	200	129.8320639
7.	190	131.0344813
8.	180	132.1719538
9.	170	133.2450245
10.	160	134.2541997
11.	150	135.1999512

Berdasarkan hasil pengujian pada pipa berdiameter $1\frac{1}{4}$ inci dengan panjang 2500 mm, diperoleh bahwa variasi adjustment sebesar 150 mm menghasilkan radius kelengkungan sekitar 325 mm. Data tersebut mengkonfirmasi bahwa variasi adjustment berpengaruh terhadap dengan Vertikal Roller. Dimana pada jarak penekanan tercatat pada posisi 135,19 mm



Gambar 4. 3 Hasil Jarak Vertikal Roller dan Jarak Adjustment

— = Jarak Vertikal Roller (b)

— = *Adjustment* Roller (a)

Beberapa hasil pengujian diantaranya dari pipa yang paling panjang 3000 mm dengan variasi adjustment di paling kecil 150 mm berada pada posisi 135,93 mm, 2800 mm, diperoleh bahwa variasi adjustment sebesar 200 mm berada di posisi 130,67 mm, 1800 mm.

Maka di simpulkan Pada tiap-tiap panjang pipa yang dibending akan menghasilkan puncak (titik balik) radius kelengkungan pipa yang berbeda beda pula. semakin pendek pipa yang dibending, semakin tajam (kecil) radius kelengkungan optimal yang dapat dihasilkan. Dengan Demikian, variasi adjustment juga berpengaruh terhadap besar atau kecilnya jarak vertikal roller. Semakin jauh jarak penekanan roller terhadap pipa, gaya tekan vertikal yang diberikan menjadi semakin besar. Hal yang sama berlaku ketika variasi adjustment berada pada posisi minimum: jarak vertikal roller menjadi semakin dekat, sehingga gaya penekanan yang diterapkan pada pipa meningkat dan kelengkungan yang dihasilkan pun lebih tajam.