

RANCANG BANGUN MESIN PEMBENGGOK PIPA



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

Muh Fathurrahman A.	(34120036)
Muh Said	(34120043)
Ilham Ikhzal Sapan	(34120045)

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

2023

PALAMAN PENGESAHAN

Dengan ini menyatakan bahwa laporan tugas akhir dengan:

Judul : Rancang Bangun Mesin Pembengkok Pipa

Nama/Stambuk : Muh Fathurrahman A / 34120036

Muh Said / 34120043

Ilham Ikhzal Sapan / 34120045

Jurusan : Teknik Mesin

Program Studi : D-3 Teknik Mesin

Dinyatakan layak untuk diujikan

Makassar, 26 Juli 2023

Mengesahkan

Pembimbing 1



Dr. Eng. Pria Gautama, S.T., M.T.
NIP 19790922 201212 1 001

Pembimbing 2



Drs. Mastang, M.Hum
NIP 19630120 199303 1 001

Mengetahui



Koordinator Program Studi D-3 Teknik Mesin

Tri Agus Susanto, S.T., M.T.
NIP 19640811 199303 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, 18 Agustus 2023. Panitia Ujian sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa :

Muh Fathurrahman A.	341 20 036
Muh Said	341 20 043
Ilham Ikhzal Sapan	341 20 045

Dengan judul Tugas Akhir **“Rancang Bangun Mesin Pembengkok Pipa”**

Makassar, 18 Agustus 2023

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir

Tri Agus Susanto, S.T., M.T.	Ketua	(.....)
Muhammad Iswar, S.ST., M.T.	Sekretaris	(.....)
Amrullah, S.T., M.T.	Anggota	(.....)
Ir. Luther Sonda, M.T	Anggota	(.....)
Dr. Eng. Pria Gautama, S.T., M.T.	Pembimbing I	(.....)
Drs. Mastang, M.Hum.	Pembimbing II	(.....)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya, penulisan tugas akhir berjudul “Rancang Bangun Mesin Pembengkok Pipa” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Tri Agus Susanto, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Dr. Eng. Pria Gautama, S.T., M.T. selaku Pembimbing I dan Drs. Mastang, M.Hum selaku Pembimbing II.
5. Para dosen dan staff Politeknik Negeri Ujung Pandang yang tidak disebut namanya satu persatu atas limpahan ilmu yang telah diberikan.
6. Rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2020 khususnya pada program studi D-3 Teknik Mesin atas motivasi dan kerjasamanya selama ini.

Semua pihak yang terlibat yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu atas segala bentuk bantuan sehingga tugas akhir kami dapat terselesaikan.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada orang tua serta seluruh keluarga yang telah memberi bantuan materi maupun non-materi sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, Agustus 2023

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAAN	iii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL DAN SATUAN	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
SURAT PERNYATAAN	xiii
RINGKASAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan	3
1.4.1 Tujuan Kegiatan	3
1.4.2 Manfaat Kegiatan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Definisi Mesin Pembengkok Pipa	4
2.2 Komponen-Komponen Mesin Pembengkok Pipa	5

2.3 Prinsip Kerja Mesin Pembengkok Pipa	6
2.4 Dasar-Dasar Pembuatan Mesin Pembengkok Pipa.....	7
3.1.1 Sambungan Las	7
3.1.1 Gaya Pembengkokan Pada Tuas Pembengkok	9
3.1.1 Kekuatan Sambungan Mur dan Baut	10
BAB III METODE KEGIATAN	11
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	11
3.1.1 Tempat Pelaksanaan	11
3.1.2 Waktu Pelaksanaan	11
3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan	11
3.2.1 Alat yang Digunakan	11
3.2.2 Bahan yang Digunakan	12
3.3 Prosedur/Langkah Kerja Rancang Bangun	13
3.3.1 Tahap Perancangan.....	13
3.3.2 Tahap Pembuatan	13
3.3.2 Tahap Perakitan	22
3.4 Langkah Pengujian	23
3.5 Teknik Analisis Data	24
3.5 Diagram Alir	25
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI	26
4.1 Hasil Pemilihan dan Perancangan	26
4.1.1 Sambungan Las	26
4.1.2 Gaya Pembengkokan pada Tuas Pembengkok	27

4.1.2.1 Momen Inersia Penampang Pipa	27
4.1.2.2 Gaya Pembengkokan	27
4.1.2.3 Momen Bengkok	28
4.1.3 Kekuatan Sambungan Mur dan Baut	29
4.1.3.1 Tegangan Geser pada Baut	29
4.1.3.2 Tegangan Geser pada Mur	30
4.2 Hasil Pengujian	31
4.3 Deskripsi Hasil Pengujian dan Hasil Kegiatan	32
BAB V PENUTUP	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tipe Las Sudut	8
Gambar 2.2 Jenis Baut dan Mur	10



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Pembuatan Komponen Mesin Pembengkok Pipa	14
Tabel 3.2 Komponen Standar	21
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pipa 3/4 inci Tebal 2,3 mm	31
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pipa 3/4 inci Tebal 1,8 mm	31



DAFTAR SIMBOL DAN SATUAN

Simbol	Keterangan	Satuan
di	Diameter dalam	mm
do	Diameter luar	mm
F	Kekuatan sambungan las	N
Fb	Gaya pembengkokan	N
I	Momen inersia	mm ²
L	Panjang lengan tuas	mm
Mb	Momen bengkok	Nmm
S	Ultimate Tensile Strength	N/mm ²
σ_t	Tegangan Tarik Ijin Bahan	kg/mm ²
τ	Tegangan Geser	Mpa

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Tabel Sifat Minimum Logam Las	37
Lampiran 2 Tabel Ukuran Standar Baut dan Mur	38
Lampiran 3 Foto Hasil Pengambilan Data	39
Lampiran 4 Dokumentasi	45



SURAT PERNYATAAN

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh Fathurrahman A.

NIM : 341 20 036

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Mesin Pembengkok Pipa” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, Agustus 2023



Muh Fathurrahman A.

SURAT PERNYATAAN

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh Said

NIM : 341 20 043

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Mesin Pembengkok Pipa” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, Agustus 2023



Muh Said

SURAT PENYATAAN

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ilham Ikhzal Sapan

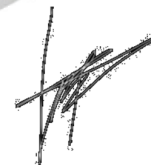
NIM : 341 20 045

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Mesin Pembengkok Pipa” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, Agustus 2023



Ilham Ikhzal Sapan

RANCANG BANGUN MESIN PEMBENGGOK PIPA

RINGKASAN

Penulisan laporan tugas akhir dilatarbelakangi oleh rendahnya kualitas hasil pembengkokan pipa. Dalam proses pembengkokan pipa masih banyak kualitas pembengkokan yang tidak baik, seperti pada daerah pipa yang dibengkokkan terjadi kerutan sehingga patah yang diakibatkan komponen yang digunakan tidak sesuai untuk membengkok pipa. Akibatnya produk yang dihasilkan sangat jauh dari yang diinginkan.

Untuk mengatasi masalah tersebut diatas, akan dibuat mesin pembengkok pipa dengan sistem manual. Pembuatan alat diawali dengan perancangan, pembuatan, perakitan. Selanjutnya, hasil perakitan dilanjutkan dengan pengujian, hasilnya menunjukkan bahwa mesin pembengkok pipa ini dapat meningkatkan hasil pembengkokan pada pipa 3/4 inci tanpa adanya kerutan, patah ulet maupun pipih.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pipa merupakan salah satu benda berbentuk silinder dengan terdapat lubang pada ditengahnya yang berfungsi sebagai menyalurkan cairan, gas atau udara. Selain penggunaannya sebagai menyalurkan cairan, gas atau udara pipa dapat juga digunakan sebagai bahan untuk pembuatan kursi roda untuk penyandang disabilitas. Tentunya dalam pembuatan rangka kursi roda, pipa yang digunakan haruslah berbentuk kelok dan dibutuhkan juga alat agar pipa tersebut dapat berbentuk kelok dan alat tersebut bernama pembengkok pipa.

Pembengkok pipa merupakan alat yang digunakan untuk membentuk pipa yang awalnya lurus menjadi bengkok seperti berbentuk huruf L ataupun huruf U. Pembengkok pipa ini juga biasa digunakan para pekerja industri untuk mempercepat dalam hal pembengkokan pipa yang dimana akan dipakai seperti pipa untuk penyalur air ataupun pembuatan rangka kursi roda untuk penyandang disabilitas.

Cara pengoperasian alat ini ialah dengan cara memasukkan pipa pada *clamp die* sampai melewati *bend die*, kemudian pipa dijepit pada *clamp die* dengan memutar baut agar pipa tidak bergeser dan *roller* sebagai *pressure die* akan menekan pipa ke *bend die* dengan cara memutar ulir penekan. Setelah itu memutar tuas searah jarum jam sehingga pipa akan mulai tertekuk.

Dalam penggunaan alat pembengkok pipa ini telah dikenal oleh sebagian pekerja industri, namun dalam proses pembengkokan pipa 3/4 inci masih banyak kualitas pembengkokan yang tidak baik, seperti pada daerah pipa yang dibengkokkan terjadi kerutan sehingga patah yang diakibatkan komponen yang digunakan tidak sesuai untuk membengkok pipa 3/4 inci sehingga produk yang dihasilkan sangat jauh dari yang diinginkan seperti tanpa kerutan, patah ulet serta pipih dan hal tersebut akan mempengaruhi harga jual dari produk tersebut.

Adapun permasalahan diatas dapat menunjukkan kurangnya kualitas pembengkokan pada pipa. Untuk mengatasi masalah tersebut diatas, akan dibuat mesin pembengkok pipa dengan sistem manual. Mesin ini dapat meningkatkan kualitas dalam pembengkokan pipa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas didapatkan rumusan masalah yaitu, bagaimana meningkatkan kualitas hasil pembengkokan pipa ?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Pada ruang lingkup ini ada beberapa jenis pembengkok, pipa dan sumber penggerak yang digunakan dalam pembengkokan pipa antara lain:

1. Pada jenis-jenis pembengkok pipa secara umum ada 4 yaitu: rotary draw bending, ram bending, roll bending, dan mandrel bending, namun pada tugas akhir ini adalah jenis yang akan digunakan adalah *rotary draw bending*, karena jenis pembengkok ini komponen yang akan digunakan tidak terlalu banyak dan telah banyak dipakai diindustri.

2. Untuk jenis-jenis pipa yang digunakan secara umum ada 5 yaitu: pipa *carbon steel*, pipa *stainless steel*, pipa galvanis, pipa aluminium, dan pipa tembaga, dan jenis pipa yang akan digunakan pada tugas akhir ini yaitu pipa besi jenis pipa hitam *carbon steel* ASTM A36 karena pipa ini memiliki harga yang murah dan mudah didapatkan.
3. Untuk jenis-jenis diameter pipa besi yang digunakan secara umum ada 18 yaitu: 1/2", 3/4", 1", hingga 16", dan pada mesin pembengkok pipa ini diameter pipa yang dapat dibengkokkan yaitu \varnothing 3/4 inci.
4. Adapun sumber penggerak yang digunakan secara umum ada 2 yaitu: manual dan motor, untuk penggerak motor secara umum ada 2 yaitu: motor listrik dan motor bakar, dan untuk sumber penggerak yang akan digunakan pada mesin pembengkok pipa ini yaitu dengan sistem manual atau tenaga manusia karena dengan penggerak secara manual penggunaan pada mesin ini menjadi mudah.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, tujuan kegiatan ini yaitu, untuk meningkatkan kualitas hasil pembengkokan pipa.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

1. Dapat memudahkan pekerja industri dalam proses pembengkokan pipa besi.
2. Dapat menambah wawasan penulis dan pembaca tentang kelebihan mesin pembengkok pipa untuk pembuatan rangka kursi roda penyanggah disabilitas

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Mesin Pembengkok Pipa

Definisi mesin pembengkok pipa masih belum banyak ditemukan oleh para ahli bahkan dapat dikatakan belum ada yang mendefinisikan oleh karena itu dalam pendefinisian mesin pembengkok pipa akan dilakukan secara kata perkata.

Definisi mesin menurut Assauri (2004:79) bahwa “Mesin adalah suatu peralatan yang digerakkan oleh kekuatan atau tenaga yang dipergunakan untuk membantu manusia dalam mengerjakan produk atau bagian-bagian produk.” Adapun menurut Moeliono (2002:737) bahwa “Mesin adalah perkakas untuk menggerakkan atau membuat sesuatu yang dijalankan dengan roda, digerakkan oleh tenaga manusia atau motor penggerak, menggunakan bahan bakar minyak atau tenaga alam.”

Definisi Pembengkok menurut Moeliono (2002:133) bahwa “Pembengkok adalah alat untuk membengkok.”

Definisi pipa menurut Sihombing dkk. (2017:775) bahwa “Pipa adalah suatu benda silinder dengan lubang ditengahnya yang berfungsi sebagai sarana transportasi atau pengaliran suatu fluida (cair atau gas) dengan mempertimbangkan efek temperatur, tekanan fluida, lokasi, serta pengaruh kondisi lingkungan sekitar.” Selain itu menurut Moeliono (2002:878) menyatakan bahwa “Pipa adalah barang

yang bentuknya bulat panjang, tengahnya berongga dari ujung ke ujung, digunakan untuk mengalirkan barang cair atau gas.”

Dari pendapat-pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa mesin pembengkok pipa adalah peralatan yang membantu manusia untuk membengkokkan pada pipa yang digunakan untuk mengalirkan cairan, uap, gas, dan zat padat berjenis tepung atau serbuk yang digerakkan oleh tenaga manusia ataupun motor penggerak.

2.2 Komponen-Komponen Mesin Pembengkok Pipa

Ditinjau dari berbagai alat pembengkok pipa yang ada sebelumnya. Komponen-komponen yang di kemukakan oleh Yusnan (2004:33) bahwa “1) Dongkrak hidrolis, 2) *Roll die*, 3) *Klem*, 4) *Fixed arm*, 5) *Swing arm*, 6) *Clevis*, 7) *Link*, 8) Baut pengencang, 9) Pin penahan, 10) Baut lengan.” Pendapat yang berbeda yang dikemukakan oleh Agatha (2011) bahwa “1) Rangka, 2) Tuas pemutar, 3) Dies utama (*Bend die*), 4) Dies pandorong pipa (*Pressure die*), 5) Penahan pipa (*Clamp die*). 6). *Spur gear*.”

Dari kedua alat pembengkok pipa yang komponennya telah dikemukakan alat pembengkok pipa portable yang dikemukakan oleh Yusnan memiliki sepuluh komponen, sedangkan yang dikemukakan oleh Agatha memiliki enam komponen. Perbedaan jumlah komponen terdapat pada alat untuk membengkok pipa yang digunakan. Disisi lain alat pembengkok pipa yang dikemukakan oleh Yusnan menggunakan alat pembengkok dari dongkrak hidrolis dan komponen bergerak seperti *fixed arm* dan *swing arm* merupakan rangka dari alat pembengkok tersebut, sedangkan yang dikemukakan oleh Agatha hanya menggunakan tuas pemutar

sebagai alat untuk membengkokkan pipa dan rangkanya tidak menjadi komponen bergerak.

Dari segi kapasitasnya, alat pembengkok pipa manual yang dikemukakan oleh agatha dapat membengkok pipa ukuran diameter $\frac{1}{2}$ inci dengan panjang minimal 50 cm untuk sudut bending 180^0 , sedangkan alat pembengkok pipa portable yang dikemukakan yusnan dapat membengkok pipa berdiameter 2 inci dnegan radius 300 mm hingga 500 mm.

Berdasarkan uraian diatas bahwa komponen utama alat pembengkok pipa yaitu Dies utama (*Bend die*), Dies pendorong pipa (*Pressure die*), Penahan pipa (*Clamp die*). Adapun komponen-komponen lainnya hanyalah komponen tambahan untuk mendukung penggunaannya. Sehubungan dengan dalam penyelesaian proposal tugas akhir ini pendapat yang menjadi rujukan ialah pendapat dari Agatha, karena berdasarkan alat pembengkok pipa yang akan dibuat baik dari segi penggunaannya maupun komponen yang digunakan lebih spesifik mengenai alat yang akan dibuat walaupun dari segi bentuk memiliki perbedaan.

2.3 Prinsip Kerja Mesin Pembengkok Pipa

Prinsip kerja alat pembengkok pipa manual yang dikemukakan oleh Agatha (2011) bahwa:

Cara kerja dari pembengkok pipa dengan cara memasukkan pipa melalui clamp die dan dijulurkan masuk ke dies utama kemudian pipa akan dijepit dengan memutar baut yang berada dibagian clamp die agar pipa tidak Bergeser kemudian putar ulir penekan sehingga *roller* akan bergerak kearah dies utama yang berfungsi sebagai *pressure die*, setelah pipa dijepit langkah selanjutnya adalah memutar tuas searah jarum jam sehingga pipa akan mulai tertekuk.

Adapun prinsip kerja alat pembengkok pipa portable yang dikemukakan oleh Yusnan (2004:33) bahwa:

Saat proses pembengkokan dilakukan, bagian *swing arm* bergerak secara rotasi meneruskan gaya dari dongkrak hidrolis melalui sebuah penghubung (*link*). Mekanisme *klem* dan *roll die* dibuat sama, yaitu dengan menggunakan dua buah pin yang dapat diatur jaraknya dengan menggunakan baut pengencang. Berbeda dengan klem yang posisinya tetap pada proses pembengkokan, *roll die* dapat bergerak disepanjang pipa dengan satu titik pusat mengikuti gerakan *swing arm*, sehingga pipa dipaksa mengikuti gerakannya. Untuk mendapatkan nilai radius yang berbeda dapat dilakukan dengan menggeser posisi *klem* dan *roll die* bersamaan dan memasang pin penahan kembali.

Dari kedua prinsip diatas, pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama dengan memasukkan pipa pada *clamp die* kemudian dijulurkan masuk ke *bend die*. Kemudian *roller* sebagai *pressure die* akan menjepit pipa ke *bend die* setelah pipa terjepit selanjutnya memutar tuas searah jarum jam sehingga pipa akan mulai tertekuk.

2.4 Dasar-Dasar Pembuatan Mesin Pembengkok Pipa

Dalam pembuatan mesin pembengkok pipa, beberapa hal yang menjadi dasar pembuatan yaitu:

2.4.1 Sambungan Las

Sambungan las merupakan sambungan rapat dan tetap. Sambungan las sangat bergantung pada bahan elektroda las, dan bentuk tipe las yang dikerjakan.

Kekuatan *transverse fillet welded joint*.

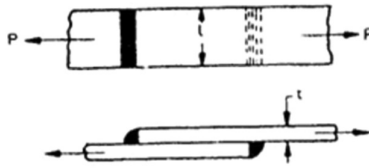
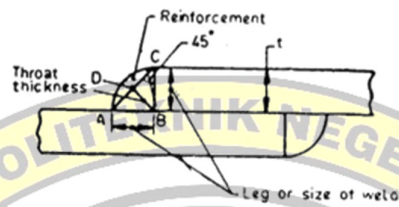


Fig. 9-6



Gambar 2.1 Tipe Las Sudut

Jika

t = Tebal las (mm)

L = Panjang lasan (mm)

Throat thickness, $BD : \text{leg} \sin 45^\circ = \frac{t}{\sqrt{2}} = 0,707 t$

A = Luas area minimum dari las (*throat weld*)

= throat thickness x length of weld

$$= \frac{t \times L}{\sqrt{2}} = 0,707 t \times L$$

σ_t = tegangan tarik ijin bahan las (kg/mm^2).

Tegangan tarik/kekuatan tarik maksimum sambungan las :

- *Single Fillet*

$$F = \frac{t \times L}{\sqrt{2}} \times \sigma_t = 0,707 \times t \times L \times \sigma_t \dots\dots\dots (1)$$

- *Double Fillet*

$$F = 2 \frac{t \times L}{\sqrt{2}} \times \sigma_t = 1,414 \times t \times L \times \sigma_t \dots\dots\dots (2)$$

2.4.2 Gaya Pembengkokan Pada Tuas Pembengkok

Pada tuas pembengkok terjadi gaya pembengkokan, oleh karena itu sebelum menghitung gaya tersebut kami menggunakan rumus momen inersia penampang pipa yaitu:

$$I = \frac{\pi.(d_o^4 - d_i^4)}{64} \dots\dots\dots (3)$$

Setelah diketahui nilai momen inersia selanjutnya dapat di cari gaya pembengkokan pada tuas pembengkok;

$$F_b = \frac{2.I.S}{d_o.a} \dots\dots\dots (4)$$

Setelah mendapatkan nilai pembengkokan maksimum selanjutnya dapat dicari momen tahanan bengkok dan momen bengkok yang terjadi pada tuas pembengkok dengan perhitungan seperti berikut;

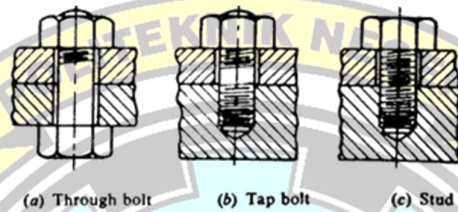
$$M_b = F_b.L \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- F_b = Gaya pembengkokan (N)
- M_b = Momen Bengkok (Nmm)
- I = Momen Inersia Penampang Pipa (mm^2)
- d_o = Diameter luar pipa (mm)
- d_i = Diameter dalam pipa (mm)
- a = Jarak antara titik pusat *roller* dengan titik pusat *bend die* (mm)
- S = *Ultimate tensile strength* material pipa (N/mm^2)
- L = Panjang Lengan Tuas (mm)

2.4.3 Kekuatan Sambungan Mur dan Baut

Sambungan mur dan baut banyak digunakan pada berbagai komponen mesin. Sambungan mur dan baut bukan merupakan sambungan tetap, melainkan sambungan yang dapat dilepas dan pasang dengan mudah.



Gambar 2.2 Jenis – Jenis Baut

Untuk menghitung tegangan geser pada ulir :

- Tegangan geser pada ulir baut

$$\tau = \frac{F_b}{\pi \cdot d_o \cdot b \cdot n} \dots \dots \dots (6)$$

- Tegangan geser pada ulir mur

$$\tau = \frac{F_b}{\pi \cdot d_i \cdot b \cdot n} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan

- τ = Tegangan geser (Mpa)
- F_b = Gaya Pembengkokan (N)
- d_o = Diameter luar (mm)
- d_i = Diameter dalam (mm)
- b = Lebar ulir (mm)
- n = Jumlah baut

BAB III

METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

3.1.1. Tempat

Tempat pelaksanaan pembuatan Mesin Pembengkok Pipa ini, bertempat di Bengkel Mekanik dan Las Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.1.2 Waktu

Adapun waktu pelaksanaan pembuatan Mesin Pembengkok Pipa yaitu pada bulan September 2022 sampai bulan Juli 2023.

3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan mesin pembengkok pipa adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat yang digunakan

1. Mesin las listrik,
2. Mesin gerinda potong,
3. Mesin gerinda tangan,
4. Mesin bor duduk,
5. Mesin bor tangan,
7. Mata bor M10, M14, M17, M21
8. Mistar baja,

9. Jangka Sorong,
10. Penitik,
11. Penggores,
12. Palu besi,
13. Kunci pas,
14. Meteran,
15. Kikir,
16. Ragum,
17. Alat pelindung diri (APD).

3.2.2 Bahan yang Digunakan

1. Besi Baja UNP 80
2. Pipa besi Ukuran 1"
3. Plat besi Ukuran 50x50 3 mm,
4. Plat besi Ukuran 100x50 2,8 mm,
5. Poros berulir ukuran 3/4",
6. Poros ukuran 1/2",
7. Baut M10, M13, M17, M19 dan mur,
8. Elektroda AWS A5. E6013,
9. Mata gerinda potong,
10. Amplas dan dempul,
11. Cat dan thinner.

3.3 Prosedur/Langkah Kerja Rancang Bangun

Untuk mencapai hasil yang diharapkan, maka mesin pembengkok pipa ini dilakukan dengan prosedur kegiatan yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

3.3.1 Tahap Perancangan

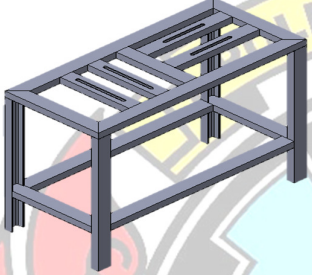
Membuat gambar rancangan (gambar desain) dari komponen-komponen yang akan dibuat, pembuatan gambar desain dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Autodesk fusion 360*.

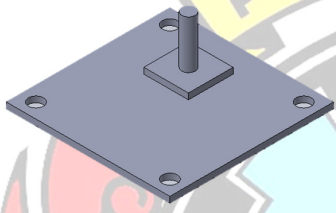
3.3.2 Tahap Pembuatan

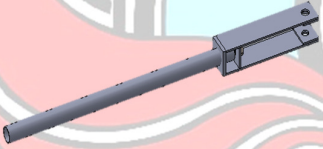
Setelah dilakukan tahap perancangan, maka tahap berikutnya adalah tahap pembuatan. Tahap pembuatan mesin pembengkok pipa ini dilakukan berdasarkan pengelompokan komponen-komponen seperti rangka utama, plat dudukan *bend dies* dan tuas, tuas pembengkok, *adjuster roller dies*, plat dudukan baut pengunci kaki rangka utama dan pencekam pipa. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam pengerjaan dan perakitan mesin pembengkok pipa.

Adapun penjelasan dari tahap pembuatan komponen-komponen tersebut, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Pembuatan Komponen Mesin Pembengkok Pipa

No	Komponen Mesin	Alat	Bahan	Proses Pembuatan
1	<p>Rangka Utama</p>  <p>Fungsi: Untuk menempatkan dan menopang komponen mesin.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesin gerinda potong, • Mesin gerinda tangan, • Mesin las listrik, • Meteran, • Penyiku, • Penggores, • APD. 	<ul style="list-style-type: none"> • Besi baja UNP 80, • Mata gerinda potong, • Elektroda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dan menandai besi baja dengan menggunakan meteran dan penggores, • Memotong besi baja yang telah diukur dan ditandai, dengan menggunakan mesin gerinda potong ataupun mesin gerinda tangan, • Menyambung potongan-potongan besi baja dengan, menggunakan mesin las listrik sesuai dengan gambar kerja, • Meratakan dan menghaluskan hasil pengelasan dengan menggunakan gerinda tangan.

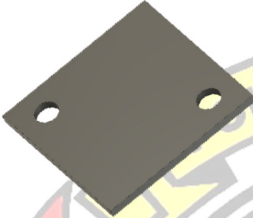
2	<p>Plat dudukan <i>bend dies</i> dan tuas pembengkok</p>  <p>Fungsi: Sebagai dudukan <i>bend die</i> dan tuas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesin bor duduk, • Mesin gerinda tangan, • Mesin las listrik, • Mata bor M17, • Meteran, • Penggores, • Penitik, • APD. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plat besi 2,8 mm, • Poros, • Mata gerinda potong, • Elektroda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dan menandai besi plat dan poros dengan menggunakan meteran dan penggores, • Memotong besi plat dan poros yang telah diukur dan ditandai dengan menggunakan mesin gerinda tangan, • Menandai plat yang akan dibor dengan menggunakan penitik, • diplat yang telah ditandai dengan penitik sebagai tempat baut penahan plat dudukan dengan menggunakan mesin bor duduk dan mata bor M17, • Menyambung hasil potongan plat besi dan poros dengan menggunakan
---	--	--	---	---

				<p>mesin las listrik sesuai dengan gambar kerja,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meratakan hasil sambungan las pada poros dan plat besi dengan menggunakan mesin gerinda tangan.
3	<p>Tuas Pembengkok</p>  <p>Fungsi: Sebagai tuas pembengkok dan dudukan dari adjuster roller dies</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesin gerinda tangan, • Mesin bor duduk, • Mesin las listrik, • Mata bor M17, M21, • Mistar baja, • Penitik, • Penggores, • APD. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plat besi 2,8 mm, • Pipa besi 1", • Mata gerinda potong, • Elektroda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dan menandai plat besi dan pipa besi menggunakan mistar baja dan penggores, • Memotong plat besi dan pipa besi yang telah diukur dan ditandai dengan menggunakan gerinda tangan, • Menandai plat besi yang akan dibor menggunakan penitik, • Mengebor plat yang telah ditandai dengan penitik sebagai tempat

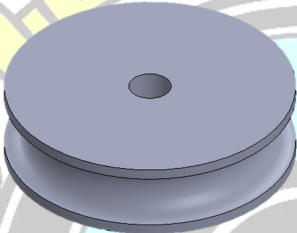
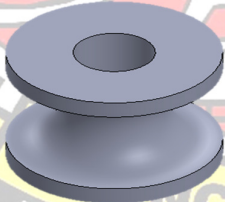
				<p>poros ulir adjuster roller dies dan poros menggunakan mesin bor duduk dan mata bor M17, M21,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyambung potongan-potongan plat dan pipa besi dengan menggunakan mesin las listrik sesuai dengan gambar kerja, • Meratakan hasil pengelasan pada plat besi dan pipa besi menggunakan gerinda tangan.
4	<p>Pencekam Pipa</p>  <p>Fungsi: Menahan Pipa agar pipa tidak bergerak</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesin bor duduk, • Mesin gerinda tangan, • Mesin Las listrik, • Mata bor M10, M21, • Mistar Baja, • Penggores, • Penitik, • APD. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plat besi 2,8 mm, • Mata gerinda, • Elektroda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dan menandai plat besi dengan menggunakan mistar baja dan penggores, • Memotong plat besi yang telah diukur dan ditandai menggunakan gerinda tangan, • Menitik plat besi yang akan dibor

				<p>menggunakan penitik,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengebor plat besi yang telah ditandai dengan penitik sebagai tempat pipa untuk dibengkokkan dengan mesin bor duduk dan mata bor M10, dan M21, • Menyambung potongan-potongan plat besi menggunakan mesin las listrik sesuai dengan gambar kerja, • Meratakan hasil pengelasan pada plat besi menggunakan gerinda tangan.
5	<p><i>Adjuster Roller Dies</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesin gerinda tangan, • Mesin bor duduk, • Mesin las listrik, • Mata bor M17, • Mistar Baja, • Penggores, • Penitik, • APD. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plat besi 2,8 mm, • Mata gerinda potong, • Poros berulir 3/4". 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dan menandai plat besi dan poros berulir dengan menggunakan mistar baja dan penggores, • Memotong plat besi dan poros berulir yang telah diukur

	<p>Fungsi : Sebagai dudukan dari roller dies dan mencekam pipa kearah alur bend dies</p>		<p>dan ditandai menggunakan gerinda tangan,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menitik plat besi yang akan dibor menggunakan penitik, • Mengebor plat besi yang telah ditandai dengan penitik sebagai tempat poros roller dies dengan mesin bor duduk dan mata bor M17, • Menyambung potongan-potongan plat besi dan poros berulir, menggunakan mesin las listrik sesuai dengan gambar kerja, • Meratakan hasil pengelasan pada plat besi menggunakan gerinda tangan.
--	--	--	---

<p>6</p>	<p>Plat dudukan baut pengunci rangka utama</p>  <p>Fungsi : Sebagai dudukan kaki untuk menahan rangka agar tidak bergerak pada saat pembengkokan pipa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesin bor duduk, • Mata bor duduk M13, • Penitik • Mistar Baja, • APD. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plat besi Ukuran 50x50 3 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menandai tanda penitik menggunakan mistar baja, • Menitik plat besi yang akan dibor menggunakan penitik, • Mengebor plat besi yang telah ditandai dengan penitik sebagai tempat baut kedaras lantai dengan mesin bor duduk dan mata bor M13.
----------	--	--	--	--

Tabel 3.2 Komponen Standar

No	Komponen	Spesifikasi
1	<p style="text-align: center;"><i>Bend Dies</i></p>  <p>Fungsi: Sebagai tempat pipa agar dapat dibengkokkan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ukuran diameter 25 cm • Lebar pitch ¾ inci • Tebal 3,5 cm
2	<p style="text-align: center;"><i>Roller Dies</i></p>  <p>Fungsi: Sebagai <i>dies</i> untuk menekan pipa ke <i>bend dies</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ukuran diameter 5 cm • Lebar pitch ¾ inci • Tebal 3,5 cm

3.3.3 Tahap Perakitan

Perakitan merupakan proses dalam suatu bentuk dimana saling mendukung, sehingga terbentuk mekanisme kerja yang diinginkan. Adapun Langkah-langkah proses perakitan mesin pembengkok pipa sebagai berikut:

1. Menyambung mur pada *handle* tuas pembengkok sebagai *handle adjuster roller dies* dengan menggunakan mesin las listrik,
2. Menyambung poros dan *roller dies* pada plat *adjuster roller dies* yang telah dibor menggunakan mesin las listrik,
3. Memasang *adjuster roller dies* pada tuas pembengkok dengan cara memasukkan *adjuster roller dies* pada tuas pembengkok kemudian *handle adjuster* yang telah disambung dengan mur, diputar sesuai arah jarum jam agar poros ulir pada *adjuster roller dies* masuk kedalam mur pada *handle*,
3. Memasang plat dudukan *bend dies* dan tuas pada meja rangka utama dengan menggunakan baut,
4. Memasang *bend dies* pada plat dudukan dengan cara memasukkan *bend dies* pada tuas pembengkok kemudian secara bersamaan memasukkan *bend dies* dan tuas pembengkok pada poros plat dudukan,
5. Menyambungkan pencekam pipa pada meja rangka utama menggunakan mesin las listrik,
6. Menyambungkan plat dudukan baut kaki rangka pada kaki rangka utama menggunakan mesin las listrik.

3.4 Langkah Pengujian

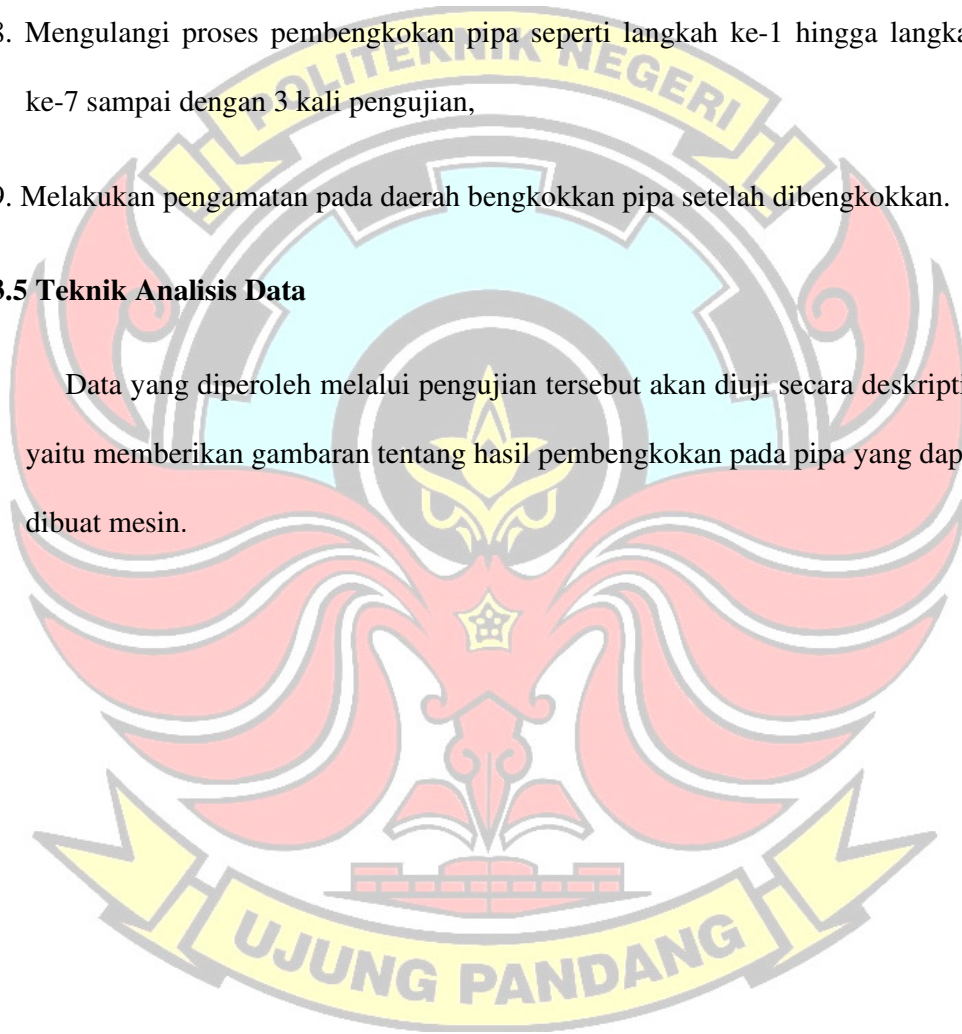
Dalam tahap pengujian ini dipastikan komponen-komponen mesin sudah terpasang dengan benar agar dalam proses pengujian tidak ada komponen yang tidak berfungsi dengan baik. Adapun tahapan pengujian yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Memberi tanda pada pipa untuk daerah pipa yang akan dibengkokkan,
2. Memasukkan pipa pada pencekam pipa kemudian melewati *roller dies* dan *bend dies*,
3. Setelah pipa masuk melewati pencekam pipa, *roller dies* dan *bend dies* selanjutnya mengunci pipa pada pencekam pipa menggunakan baut dan kunci T 10,
4. Kemudian memutar *handle adjuster* pada tuas pembengkok berlawanan arah jarum jam agar pipa masuk dalam alur *bend dies*. Setelah itu, *handle* tuas pembengkok didorong kedepan agar pipa dapat terbengkok mengikuti alur dari *bend dies*,
5. Mengembalikan posisi semula *handle* tuas pembengkok dan memutar *handle adjuster* sesuai arah jarum jam kemudian membuka baut pencekam pipa menggunakan kunci T 10 agar pipa dapat dilepas dari *bend dies*,
6. Untuk pembengkokan pipa dengan bentuk U 180° sebelum langkah ke-1 *bend dies* kedua dilepas dengan cara membuka baut plat dudukan *bend dies* menggunakan kunci 24 mm agar tuas pembengkok dapat bergerak memutar 180°

7. Untuk pembengkokan pipa dengan bentuk S 90° setelah langkah ke-4 menggeser *bend dies* kedua kearah kiri kemudian mepaskan pipa agar masuk pada alur *bend dies* kedua, setelah itu melakukan langkah yang sama lagi seperti langkah ke-4,
8. Mengulangi proses pembengkokan pipa seperti langkah ke-1 hingga langkah ke-7 sampai dengan 3 kali pengujian,
9. Melakukan pengamatan pada daerah bengkokkan pipa setelah dibengkokkan.

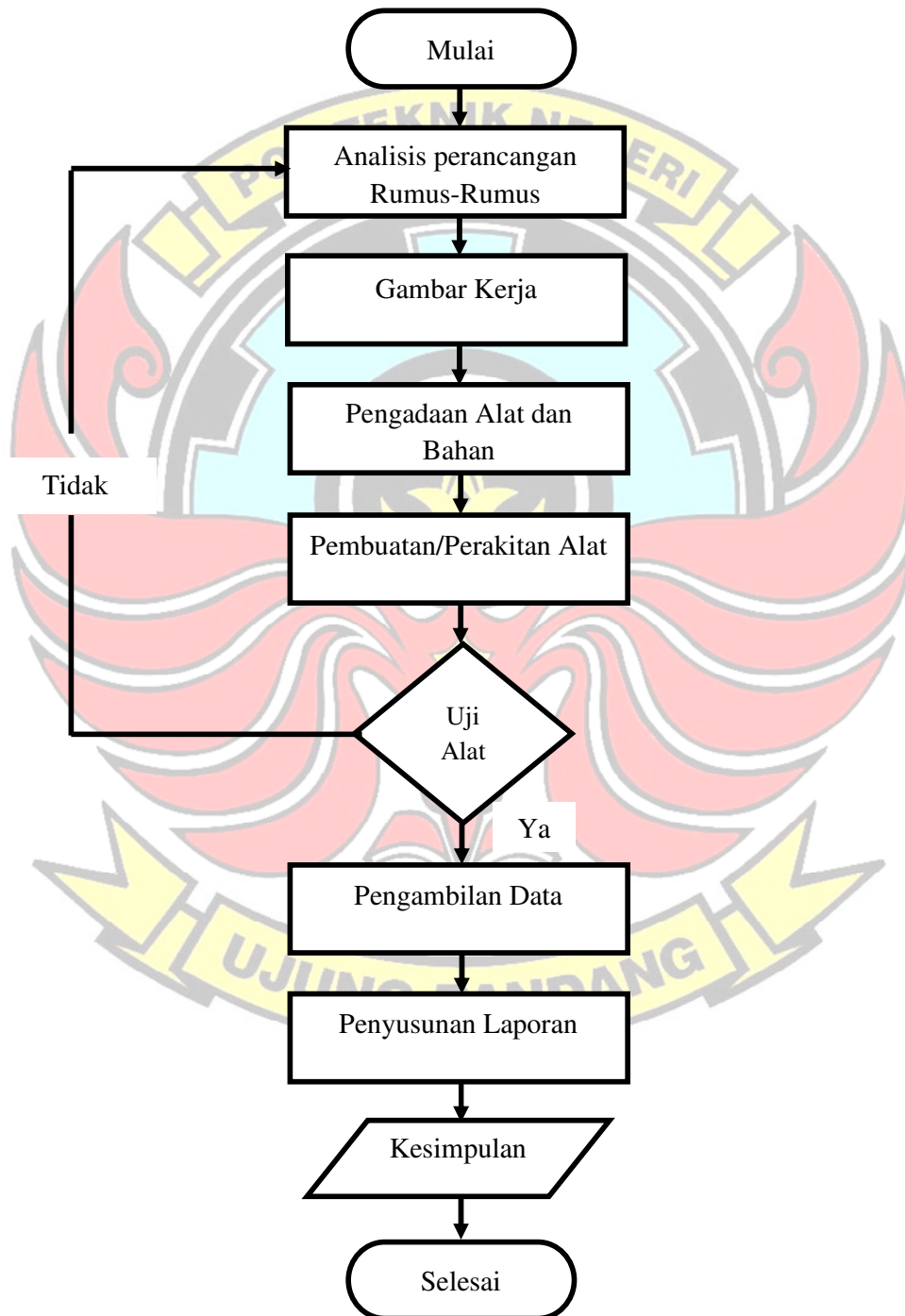
3.5 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh melalui pengujian tersebut akan diuji secara deskriptif, yaitu memberikan gambaran tentang hasil pembengkokan pada pipa yang dapat dibuat mesin.



3.6 Diagram Alir

Adapun bagan alir dalam proses pembuatan mesin pembengkok pipa dapat dilihat sebagai berikut.



BAB IV

HASIL DAN DESKRIPSI

4.1 Hasil Pemilihan dan Perancangan

4.1.1 Sambungan Las

Dalam menghitung kekuatan las pada rangka utama pada mesin pembengkok pipa ini pengelasan dilakukan dengan tipe *transverse welded single fillet* yang dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$F = \frac{t \times L}{\sqrt{2}} \times \sigma_t = 0,707 \cdot t \cdot L \cdot \sigma_t$$

Dimana :

- Tegangan tarik baja ST 37 (σ_t) = 37 kg/mm²
- Tebal las (t) = 3 mm
- Panjang lasan (L) = 65 mm
- Gaya (F) =N ?

Penyelesaian

$$F = 0,707 \cdot t \cdot L \cdot \sigma_t$$

$$F = 0,707 \cdot 3 \cdot 65 \cdot 37$$

$$F = 5101,00 \text{ kg}$$

$$F = 51010,0 \text{ N}$$

Setelah dilakukan perhitungan kekuatan las pada rangka utama didapatkan nilai beban yang dapat ditahan oleh rangka utama ini adalah 51010,0 N.

4.1.2 Gaya Pembengkokan Pada Tuas Pembengkok

4.1.2.1 Momen Inersia Penampang Pipa

Sebelum menentukan nilai gaya pembengkokan dapat dicari terlebih dahulu nilai momen inersia pada penampang pipa adapun rumus perhitungsn dapat digunakan sebagai berikut:

$$I = \frac{\pi.(do^4 - di^4)}{64}$$

Dimana :

- Diameter luar pipa (do) = 24 mm
- Diameter dalam pipa (di) = 19 mm
- Momen Inersia (I) =mm² ?

Penyelesaian

$$I = \frac{\pi.(do^4 - di^4)}{64}$$

$$I = \frac{3,14.(24^4 - 19^4)}{64}$$

$$I = \frac{3,14.(331776 - 130321)}{64}$$

$$I = \frac{3,14.(201455)}{64}$$

$$I = 9883 \text{ mm}^2$$

Setelah dilakukan perhitungan momen inersia pada penampang pipa didapatkan nilai sebesar 9883 mm².

4.1.2.2 Gaya Pembengkokan

Dalam menghitung gaya pembengkokan pada tuas pembengkok dapat digunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$F_b = \frac{2.I.S}{d_o.a}$$

Dimana :

- Momen inersia (I) = 9883 mm²
- *Ultimate tensile strength* pipa (S) = 330 N/mm²
- Diameter luar pipa (d_o) = 24 mm
- Jarak titik pusat roller dies kearah titik pusat bend dies (a) = 95 mm
- Gaya pembengkokan (F_b) =N ?

Penyelesaian

$$F_b = \frac{2.I.S}{d_o.a}$$

$$F_b = \frac{2.9883.330}{24.95}$$

$$F_b = \frac{6522780}{2280}$$

$$F_b = 2860,8 \text{ N}$$

Adapun nilai gaya pembengkokan yang terjadi pada tuas pembengkok setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai sebesar 2860,8 N.

4.1.2.3 Momen Bengkok

Setelah didapatkannya nilai gaya pembengkokan selanjutnya dapat dicari nilai momen bengkok yang terjadi pada tuas pembengkok dengan perhitungan sebagai berikut:

$$M_b = F_b . L$$

Dimana :

- Gaya pembengkokan (F_b) = 2860,8 N
- Panjang Lengan Tuas = 806 mm

- Mb (Momen bengkok) =Nmm ?

Penyelesaian

$$Mb = Fb \cdot L$$

$$Mb = 2860,8 \cdot 806$$

$$Mb = 2305804,8 \text{ Nmm}$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai momen bengkok yang terjadi pada tuas pembengkok sebesar 2305804,8 Nmm atau dibutuhkan tenaga manual 2 orang dewasa dalam membengkokkan pipa.

4.1.3 Kekuatan Sambungan Mur dan Baut

4.1.3.1 Tegangan Geser pada Baut

Dalam menentukan nilai kekuatan sambungan mur dan baut pada komponenudukan bend dies dan tuas pembengkok dimesin pembengkok pipa ini, yaitu menggunakan perhitungan tegangan geser dengan tipe sambungan baut yaitu *through bolt* adapun perhitungan dapat digunakan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{Fb}{\pi \cdot do \cdot b \cdot n}$$

Dimana :

- Gaya pembengkokan (Fb) = 2860,8 N
- Diameter luar baut (do) = 15 mm
- Lebar ulir (b) = 2,5 mm
- Jumlah baut (n) = 8
- Tegangan geser (τ) = Mpa ?

Penyelesaian

$$\tau = \frac{Fb}{\pi \cdot do \cdot b \cdot n}$$

$$\tau = \frac{2860,8}{3,14.15.2,5.8}$$

$$\tau = \frac{2860,8}{942}$$

$$\tau = 3,03 \text{ Mpa}$$

Adapun perhitungan yang telah dilakukan nilai tegangan geser yang dapat ditahan oleh baut komponen dudukan bend dies dan tuas pembengkok sebesar 3,03 Mpa.

4.1.3.2 Tegangan Geser pada Mur

Untuk menghitung tegangan geser pada mur yang terpasang pada baut komponen dudukan bend dies dan tuas pembengkok dapat digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{F_b}{\pi \cdot d_i \cdot b \cdot n}$$

Dimana :

- Gaya pembengkokan (F_b) = 2860,8 N
- Diameter dalam mur (d_i) = 14 mm
- Lebar ulir (b) = 2,5 mm
- Jumlah baut (n) = 8
- Tegangan geser (τ) = Mpa ?

Penyelesaian

$$\tau = \frac{F_b}{\pi \cdot d_i \cdot b \cdot n}$$

$$\tau = \frac{2860,8}{3,14.14.2,5.8}$$

$$\tau = \frac{2860,8}{879,2}$$

$$\tau = 3,25 \text{ Mpa}$$

4.2 Hasil Pengujian

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pipa 3/4 Inchi Tebal 2,3 mm

Diameter (Inci)	Pengujian	Bentuk dan hasil			keterangan
		L (90°)	U (180°)	S (90°)	
3/4	1	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Kedua sisi bengkokan tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat
	2	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Kedua sisi bengkokan tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat
	3	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Kedua sisi bengkokan tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pipa 3/4 Inchi Tebal 1,8 mm

Diameter (Inci)	Pengujian	Bentuk dan hasil			keterangan
		L (90°)	U (180°)	S (90°)	
3/4	1	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Sedikit berkerut	Sisi satu pipih pada pinggiran pipa, sisi kedua tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat
	2	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Kedua sisi bengkokan tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat
	3	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Kedua sisi bengkokan tidak berkerut,tidak pipih,tidak patah ulet	Hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat

4.3 Deskripsi Hasil Pengujian dan Hasil Kegiatan

Dalam pengujian pembengkokan pipa pada mesin pembengkok pipa ini, pipa yang akan dibengkokkan berjenis pipa hitam ASTM A36 dengan ukuran 3/4 inci dengan masing- masing ketebalan 2,3 mm dan 1,8 mm. Yang menjadi indikator pada pengujian ini adalah hasil visual daerah bengkokan pipa tanpa adanya kerutan, patah ulet, dan pipih dalam pembengkokan pipa.

Data hasil pengujian ini yang dilakukan sebanyak tiga kali pada pipa 3/4 inci dengan ketebalan 2,3 mm dengan bengkokan pipa bentuk L (90°), U (180°) dan S (90°) sebagai berikut ini:

- Pengujian pertama pipa 3/4 inci dengan ketebalan 2,3 mm bentuk L, U, dan S memiliki bahwa hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat dengan hasil tidak berkerut, tidak patah ulet, dan tidak pipih.
- Pengujian kedua pipa 3/4 inci dengan ketebalan 2,3 mm bentuk L, U, dan S memiliki bahwa hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat dengan hasil tidak berkerut, tidak patah ulet, dan tidak pipih.
- Pengujian ketiga pipa 3/4 inci dengan ketebalan 2,3 mm bentuk L, U, dan S memiliki bahwa hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat dengan hasil tidak berkerut, tidak patah ulet, dan tidak pipih.

Data hasil pengujian pipa 3/4 inci dengan ketebalan 1,8 mm serta bengkokan pipa bentuk L (90°), U (180°) dan S (90°) dilakukan sebanyak tiga kali hasilnya didapatkan sebagai berikut ini:

- Pengujian pertama pipa 3/4 inci dengan ketebalan 1,8 mm bentuk L, U, dan S memiliki bahwa hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat, namun terdapat hasil yang kurang baik pada bentuk U (180°) yaitu sedikit berkerut yang disebabkan terlalu cepat dalam membengkokkan pipa serta pada bentuk S (90°) yaitu sisi kesatu pipih pada pinggiran pipa yang disebabkan pipa tidak masuk secara sempurna pada alur *bend dies*.
- Pengujian pertama pipa 3/4 inci dengan ketebalan 1,8 mm bentuk L, U, dan S memiliki bahwa hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat dengan hasil tidak berkerut, tidak patah ulet, dan tidak pipih.
- Pengujian pertama pipa 3/4 inci dengan ketebalan 1,8 mm bentuk L, U, dan S memiliki bahwa hasil pembengkokan pipa memenuhi syarat dengan hasil tidak berkerut, tidak patah ulet, dan tidak pipih.

Adapun hasil pengujian diatas dapat menunjukkan meningkatnya hasil kualitas pembengkokan pipa. Hal ini merujuk pada hasil pengujian yang dilakukan oleh Sunarto, Sisworo dkk. dimana pada pengujian pipa 3/4 inci menunjukkan patah didaerah bengkokan pipa yang disebabkan tumpuan pada proses pembengkokan pipa tidak bagus. Dengan demikian mesin pembengkok pipa ini telah sesuai dengan yang diinginkan untuk membengkokkan pipa ukuran 3/4 inci dengan hasil bengkokan yang bagus tanpa adanya kerutan, patah ulet maupun pipih.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian sebanyak 3 kali pada jenis pipa ASTM A36 diameter 3/4 inci dengan ketebalan 2,3 mm dan 1,8 mm dan bentuk bengkokan pipa L (90°), U (180°), dan S (90°), dapat disimpulkan bahwa mesin pembengkok pipa ini dapat meningkatkan hasil pembengkokan pada pipa 3/4 inci tanpa adanya kerutan, patah ulet maupun pipih.

5.2 Saran

Adapun saran sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan pembengkokan pada pipa pastikan baut pengunci pada dudukan bend dies dan plat dudukan kaki rangka telah terpasang dengan kuat.
2. Lakukan perawatan dan pembersihan pada setiap komponen mesin pembengkok pipa agar komponen dapat bertahan lama.
3. Pada pengerjaan tugas akhir selanjutnya, terutama dalam modifikasi mesin pembengkok pipa sebaiknya menambahkan alat penahan derajat tuas (*stopper*) dan sumber penggerak berupa hidrolis agar dapat mengefisiensikan waktu serta tenaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Agatha, Vincent. 2011. Perancangan dan Pembuatan Alat Bending Pipa Manual. Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknik Universitas Surabaya.
- Assauri, Sofjan. 2004. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Revisi 2008. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia (Online), (<https://adoc.pub/manajemen-produksi-operasi.html> diakses 15 Juli 2022).
- Hamonangan S., Dimas. 2007. Analisis Bungkukan Pipa Boom Actuator dengan Cosmos Work. Tugas Akhir. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma.
- Irawan., Agustinus Purna. 2009. Diktat Elemen Mesin. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.
- Moeliono, Anton M. (Peny.). 2002. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Ketiga*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Salam, Ikhwanul dkk. 2020. Pembuatan Alat Pelubang Tanah Untuk Tanaman. Tugas Akhir. Makassar: Program Studi D-3 Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Sihombing, Abdi Wira Etua dkk. 2017. Analisis Pipa Miter Bend dengan Variasi Sudut Akibat Beban Momen Bending. *Jurnal Teknik Perkapalan*, (Online), Vol 5, No. 4 (ejournal3.undip.ac.id diakses 29 Juli 2022).
- Sunarto, Sisworo dkk. 2018. Rancang Bangun Mesin Roll Bending Pipa Evaporator Freezer Kapal dengan Motor Listrik 1 HP. *Jurnal Rekayasa Mesin*, (Online), Vol. 13, No. 3 (Jurnal.polines.ac.id diakses 10 Agustus 2022).
- Suryanto. 1995. *Elemen Mesin I*. Bandung: Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik Bandung.
- Yusnan, Yusrizal. 2004. Perancangan dan Pembuatan Alat Pembengkok Pipa Portable. Tugas Akhir. Jogjakarta: Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Sifat Minimum Logam Las

No. elektroda AWS	Kekuatan Tarik (kpsi)	Kekuatan Mulur (kpsi)	Regangan %
E60XX	60	50	17-25
E70XX	70	57	22
E80XX	80	67	19
E90XX	90	77	14-17
E100XX	100	87	13-16
E120XX	120	107	14

Catatan:

1 kpsi = 6.894.757 N/m² (Suryanto, 1995:25).

AWS = American Welding Society untuk elektroda

62 kpsi = 427 MPa

Lampiran 2 Tabel Ukuran Standar Baut dan Mur

Designation (1)	Pitch mm (2)	Major or nominal diameter Nut and Bolt ($d = D$) mm (3)	Effective or pitch diameter Nut and Bolt (d_p) mm (4)	Minor or core diameter (d_c) mm		Depth of thread (bolt) mm (7)	Stress area mm ² (8)
				Bolt (5)	Nut (6)		
Coarse series							
M 0.4	0.1	0.400	0.335	0.277	0.292	0.061	0.074
M 0.6	0.15	0.600	0.503	0.416	0.438	0.092	0.166
M 0.8	0.2	0.800	0.670	0.555	0.584	0.123	0.295
M 1	0.25	1.000	0.838	0.693	0.729	0.153	0.460
M 1.2	0.25	1.200	1.038	0.893	0.929	0.158	0.732
M 1.4	0.3	1.400	1.205	1.032	1.075	0.184	0.983
M 1.6	0.35	1.600	1.373	1.171	1.221	0.215	1.27
M 1.8	0.35	1.800	1.573	1.371	1.421	0.215	1.70
M 2	0.4	2.000	1.740	1.509	1.567	0.245	2.07
M 2.2	0.45	2.200	1.908	1.648	1.713	0.276	2.48
M 2.5	0.45	2.500	2.208	1.948	2.013	0.276	3.39
M 3	0.5	3.000	2.675	2.387	2.459	0.307	5.03
M 3.5	0.6	3.500	3.110	2.764	2.850	0.368	6.78
M 4	0.7	4.000	3.545	3.141	3.242	0.429	8.78
M 4.5	0.75	4.500	4.013	3.580	3.688	0.460	11.3
M 5	0.8	5.000	4.480	4.019	4.134	0.491	14.2
M 6	1	6.000	5.350	4.773	4.918	0.613	20.1
M 7	1	7.000	6.350	5.773	5.918	0.613	28.9
M 8	1.25	8.000	7.188	6.466	6.647	0.767	36.6
M 10	1.5	10.000	9.026	8.160	8.876	0.920	58.3
M 12	1.75	12.000	10.863	9.858	10.106	1.074	84.0
M 14	2	14.000	12.701	11.546	11.835	1.227	115
M 16	2	16.000	14.701	13.546	13.835	1.227	157
M 18	2.5	18.000	16.376	14.933	15.294	1.534	192
M 20	2.5	20.000	18.376	16.933	17.294	1.534	245
M 22	2.5	22.000	20.376	18.933	19.294	1.534	303
M 24	3	24.000	22.051	20.320	20.752	1.840	353
M 27	3	27.000	25.051	23.320	23.752	1.840	459
M 30	3.5	30.000	27.727	25.706	26.211	2.147	561
M 33	3.5	33.000	30.727	28.706	29.211	2.147	694
M 36	4	36.000	33.402	31.093	31.670	2.454	817
M 39	4	39.000	36.402	34.093	34.670	2.454	976
M 42	4.5	42.000	39.077	36.416	37.129	2.760	1104
M 45	4.5	45.000	42.077	39.416	40.129	2.760	1300
M 48	5	48.000	44.752	41.795	42.587	3.067	1465
M 52	5	52.000	48.752	45.795	46.587	3.067	1755

(Irawan, 2009:40)

Lampiran 3 Foto Hasil Pengambilan Data

Pipa 3/4 tebal 2,3 mm bentuk L (90°)



(Pengujian ke-1)



(Pengujian ke-2)



(Pengujian ke-3)

Pipa 3/4 tebal 1,8 mm bentuk L (90°)



(Pengujian ke-1)



(Pengujian ke-2)



(Pengujian ke-3)

Pipa 3/4 tebal 2,3 mm bentuk U (180°)



(Pengujian ke-1)



(Pengujian ke-2)



(Pengujian ke-3)

Pipa 3/4 tebal 1,8 mm bentuk U (180°)



(Pengujian ke-1)



(Pengujian ke-2)



(Pengujian ke-3)

Pipa 3/4 tebal 2,3 mm bentuk S (90°)



(Pengujian ke-1)



(Pengujian ke-2)



(Pengujian ke-3)

Pipa 3/4 tebal 1,8 mm bentuk S (90°)



(Pengujian ke-1)



(Pengujian ke-2)



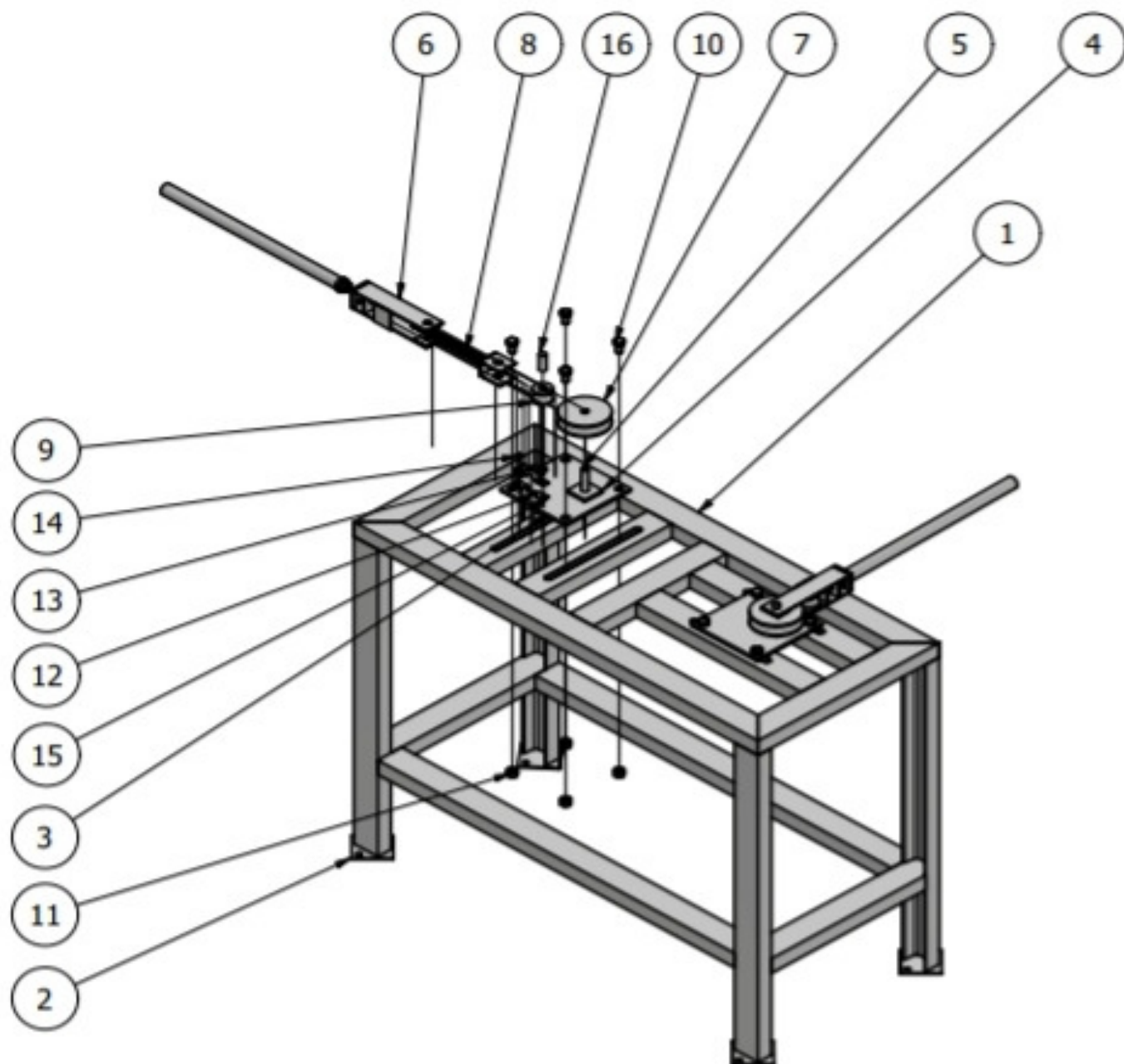
(Pengujian ke-3)

Lampiran 4 Dokumentasi



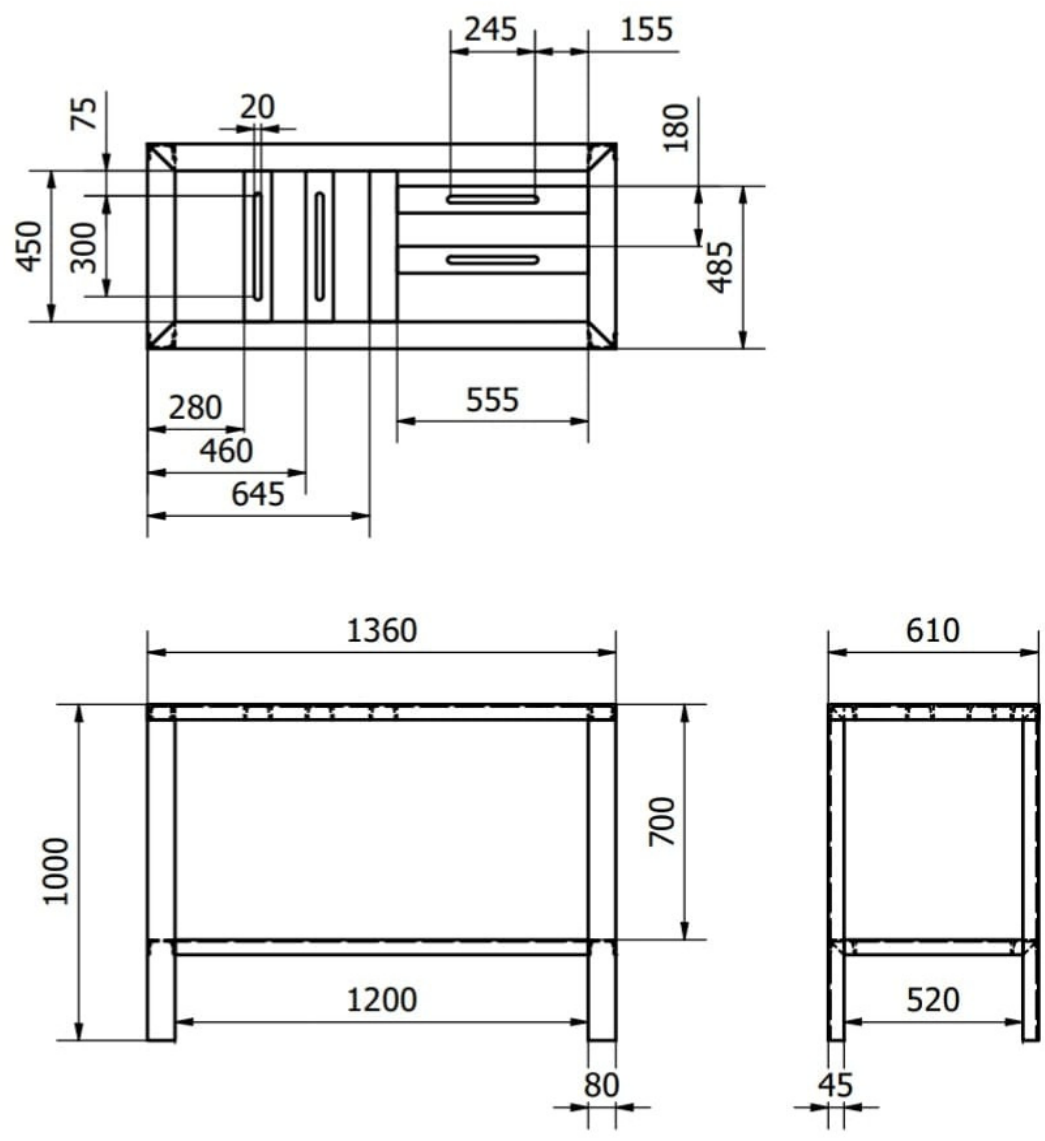






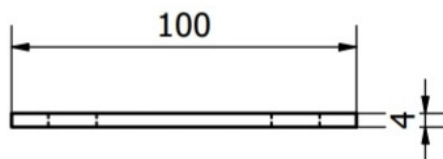
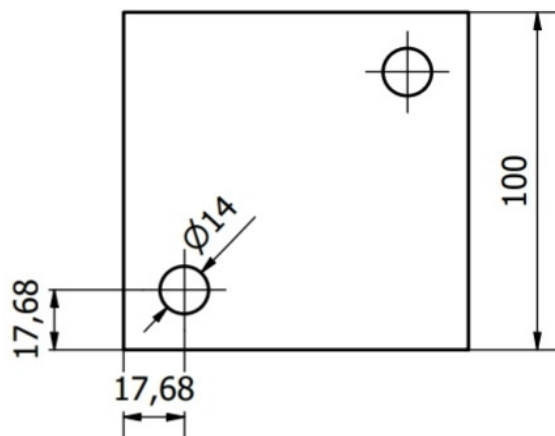
	2	Poros Roller Dies	15	ST-37	Ø18 x 7	Dibeli		
	2	Mur Pencekam Pipa	15	ST-37	M8	Dibeli		
	2	Baut Pencekam Pipa	14	ST-37	M8 x 18	Dibeli		
	1	Pencekam Pipa	13	Pelat	96 x 25 x 8	Dibuat		
	1	Dudukan Pencekam Pipa	12	Pelat	96 x 34 x 8	Dibuat		
	8	Mur Dudukan Pembengkok	11	ST-37	M16	Dibeli		
	8	Baut Dudukan Pembengkok	10	ST-37	M16 x 35	Dibeli		
	2	Roller Dies	9	ST-37	Ø50 x 35	Dibeli		
	2	Adjuster Roller Dies	8	Pelat	177 x 56 x 4	Dibuat		
	2	Bend Dies	7	ST-37	Ø130 X 35	Dibeli		
	2	Tuas Pembengkok	6	ST-37		Dibuat		
	2	Poros Bend Dies	5	ST-37	Ø18 X 65	Dibuat		
	2	Dudukan Bend Dies	4	Pelat	60 X 60 X 8	Dibuat		
	2	Dudukan Pembengkok Pipa	3	Pelat	220 X 220 X 8	Dibuat		
	4	Alas Kaki Rangka	2	Pelat	100 X 100 X 4	Dibuat		
	1	Rangka Utama	1	UNP 80	13.210 x 80 x 45	Dibuat		
	Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan					
MESIN PEMBENGGKOK PIPA					Skala	Digambar	TEAM	15 JUN
					1 : 15	Diperiksa	MPG	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG					34120036 TM / 34120043 / 1-8 34120045			

② Tol . ± 0.5

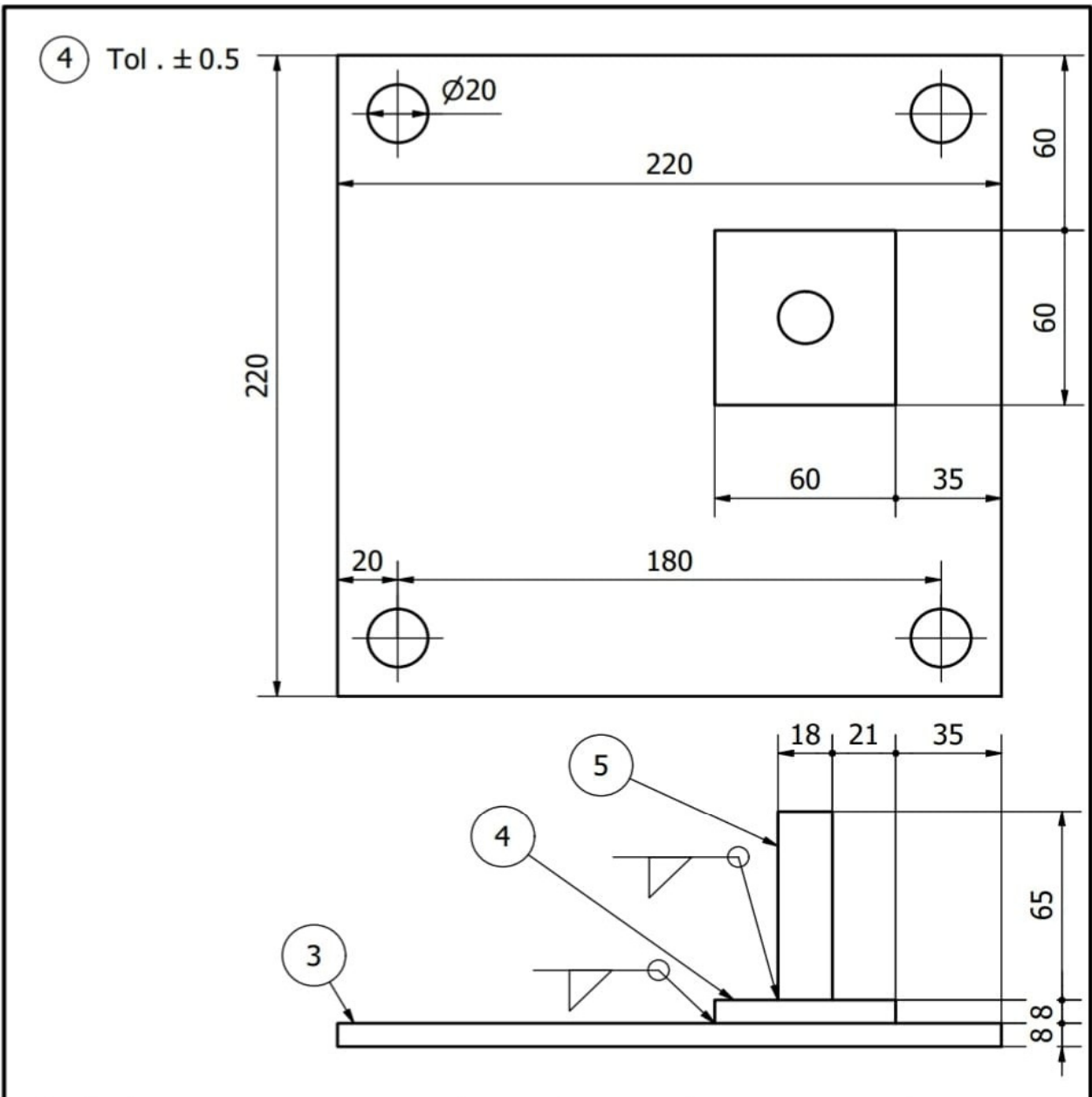


	1	Rangka Utama	1	UNP 80	13.210 x 80 x 45	Dibuat
Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan			
			MESIN PEMBENGKOK PIPA		Skala	Digambar
					1 : 20	TEAM
						15 JUNI
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			MPG
						34120036
						TM / 34120043 / 2-8
						34120045

③ Tol . ± 0.5



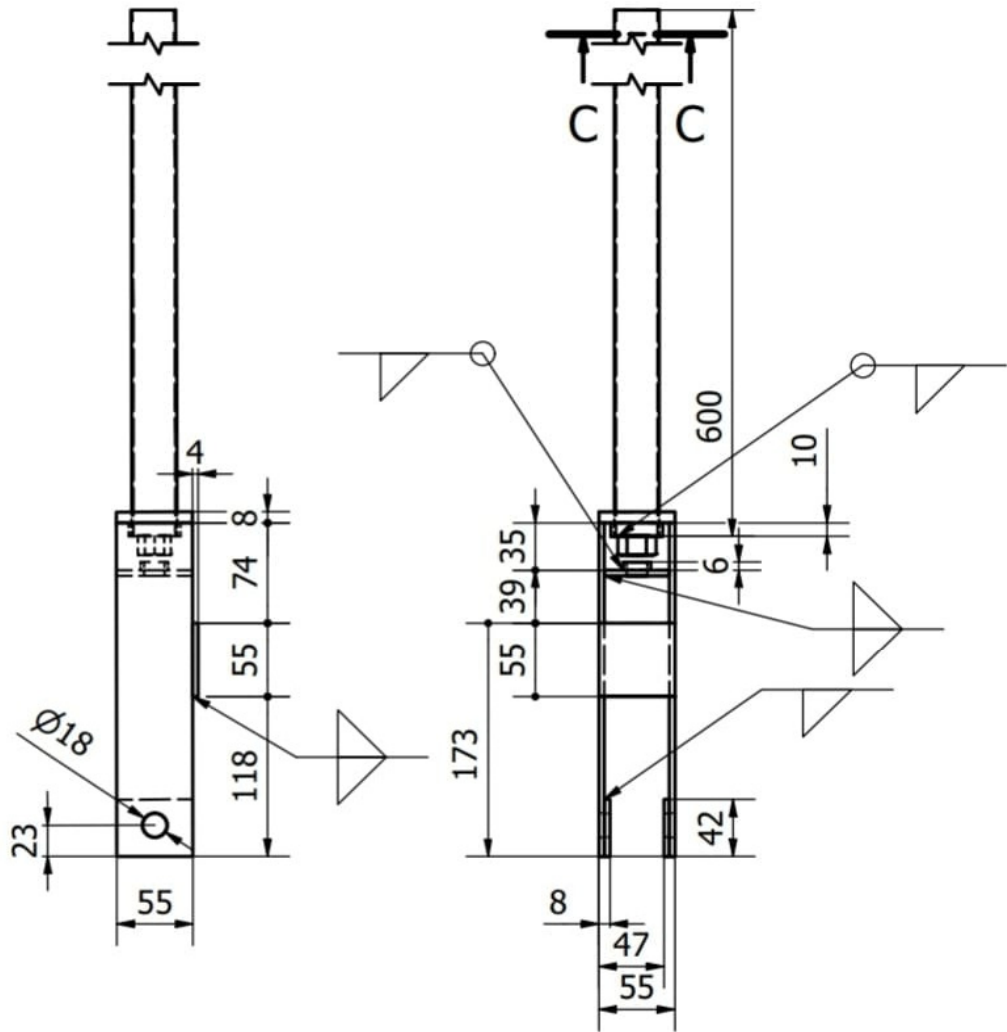
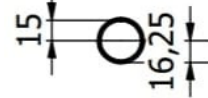
		4	Alas Kaki Rangka	2	Pelat	100 x 100 x 4	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
///		/	Perubahan						
			MESIN PEMBENGGKOK PIPA			Skala	Digambar	TEAM	15 JUNI
						1 : 2	Diperiksa	MPG	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			34120036 TM / 34120043 / 3-8 34120045			





		4	Poros Bend Dies	5	ST-37	Ø18 x 65	Dibuat	
		4	Dudukan Bend Dies	4	Pelat	60 x 60 x 8	Dibuat	
		4	Dudukan Pembengkok Pipa	3	Pelat	220 x 220 x 8	Dibuat	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
///		/	Perubahan					
MESIN PEMBENGGKOK PIPA						Skala	Digambar TEAM 15 JUN	
						1 : 2	Diperiksa MPG	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						34120036 TM / 34120043 / 4-7 34120045		

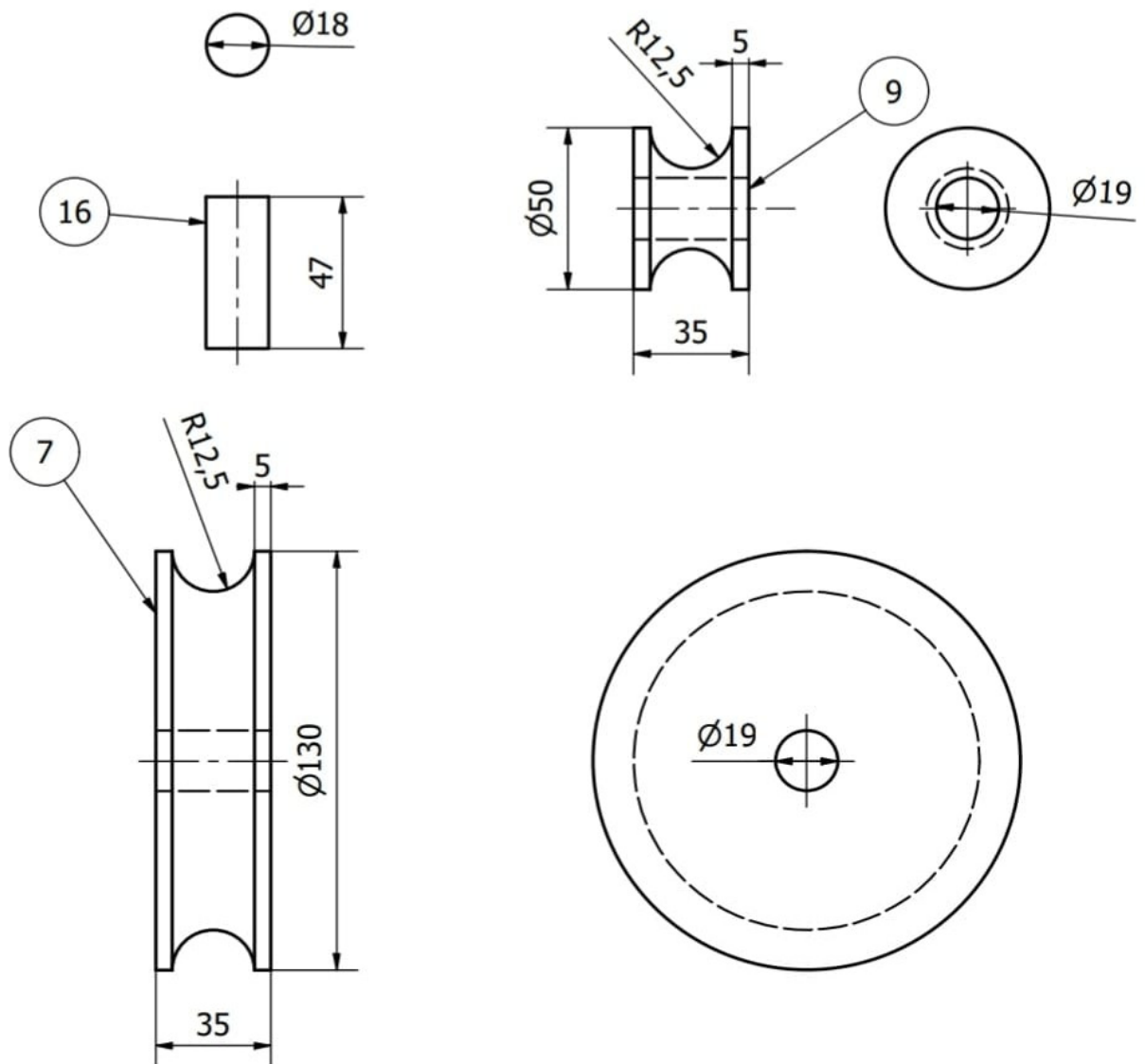
5 Tol. ± 0.5

C-C (1 : 5)



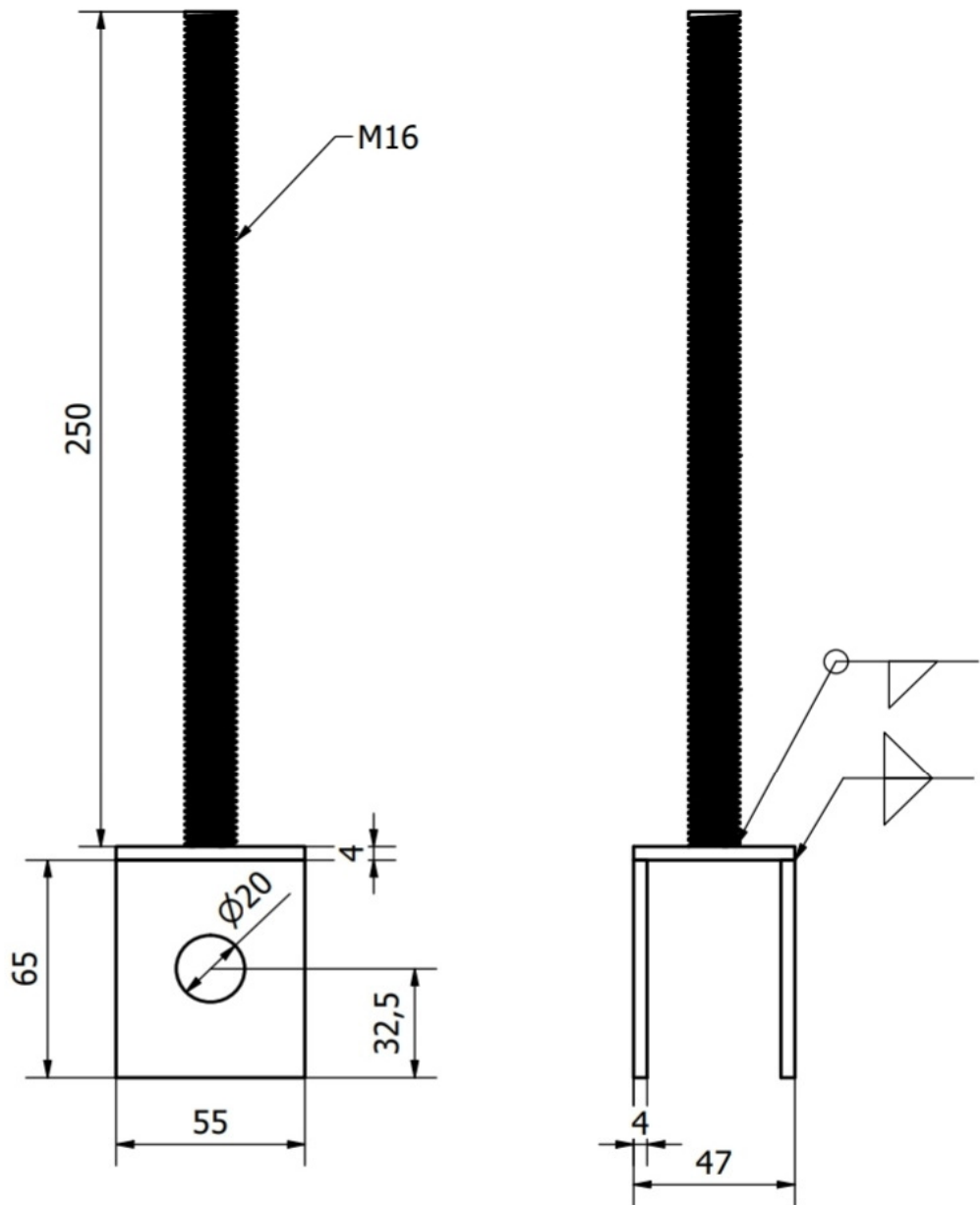
	4	Tuas Pembengkok	6	ST-37		Dibuat		
Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
///		/	Perubahan			 		
		MESIN PEMBENGKOK PIPA			Skala	Digambar	TEAM	15 JUN
					1 : 5	Diperiksa	MPG	
		POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			TM /	34120036	34120043	/ 5-8
						34120045		

⑥ Tol. ± 0.5



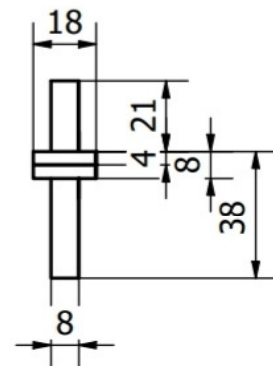
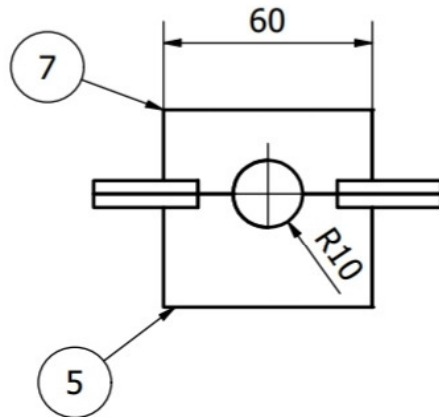
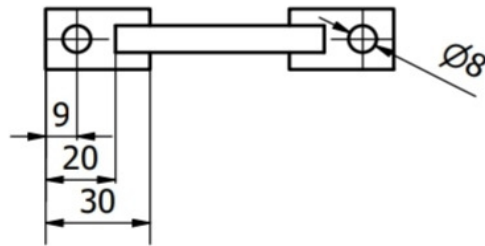
		2	Roller Dies	9	ST-37	Ø50 x 35	Dibeli	
		2	Bend Dies	7	ST-37	Ø130 x 35	Dibeli	
		2	Poros Roller Dies	16	ST-37	Ø18 x 47	Dibuat	
Jumlah	Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan					
MESIN PEMBENGGKOK PIPA					Skala	Digambar	TEAM	15 JUN
					1 : 2	Diperiksa	MPG	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG					TM /	34120036 34120043 34120045	/ 6-8	

7 Tol. ± 0.5



		2	Adjuster Roller Dies	8	Pelat	177 x 55 x 4	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan						
MESIN PEMBENGGKOK PIPA						Skala	Digambar	TEAM	15 JUNI
						1 : 2	Diperiksa	MPG	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						34120036 TM / 34120043 / 7-8 34120045			

8 Tol . ± 0.5



		1	Pencekam Pipa	7	Pelat	96 x 25 x 8	Dibuat		
		1	Dudukan Pencekam Pipa	5	Pelat	96 x 34 x 8	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan						
			MESIN PEMBENGKOK PIPA			Skala	Digambar	TEAM	15 JUNI
						1 : 2	Diperiksa	MPG	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			34120036 TM / 34120043 / 8-8 34120045			