

**DESAIN ALAT PEMBENGGOK DAN PENEROL PIPA
DIAMETER MAKSIMAL 2 INCI**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun oleh:

Wahyu Putra Aji	NIRM	0021630
Yuni	NIRM	0021629

**POLITEKNIK MANUFATUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN ALAT PENBENGGOK DAN PENEROL PIPA DIAMETER MAKSIMAL 2 INCI

Oleh:

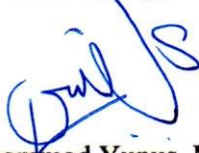
Wahyu Putra Aji / 0021630

Yuni / 0021629

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

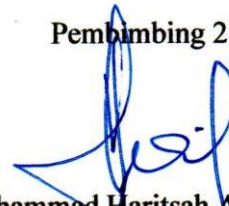
Menyetujui,

Pembimbing 1



Muhammad Yunus, M. T

Pembimbing 2



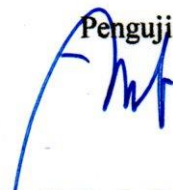
Muhammad Haritsah A., M. Eng

Penguji 1



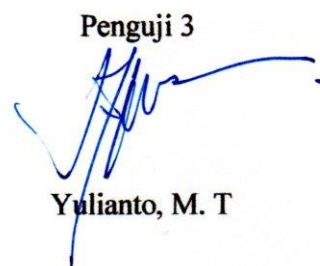
Adhe Anggry, M. T

Penguji 2



Yudi Oktriadi, M. Eng

Penguji 3



Yulianto, M. T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Wahyu Putra Aji NIRM : 0021630
Nama Mahasiswa 2 : Yuni NIRM : 0021629

Dengan Judul : Desain Alat Pembengkok dan Pengerol Pipa Diameter Maksimal
2 Inchi

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 20 Agustus 2019

Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1. Wahyu Putra Aji
2. Yuni

ABSTRAK

Proses pembengkok dan pengerolan yang dilakukan di bengkel menggunakan 2 alat yang berbeda. Permasalahan yang dihadapi dengan proses tersebut memerlukan dimensi pemutar yang panjang dan tenaga yang dibutuhkan sangat besar, oleh karena itu alat harus berat dan pengikatannya harus kuat. Tujuan dari proyek akhir ini adalah mendesain alat pembengkok dan pengerol pipa yang mudah digunakan dengan metode VDI 2222, membuat simulasi pergerakan untuk pembengkokan dan pengerolan, menganalisa kekuatan alat untuk membengkok dan mengerol pipa diameter 2 inch terutama pada bagian/komponen yang kritis. Perancangan alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ini mengacu pada tahapan perancangan VDI 2222 adalah merencana/menganalisa, mengkonsep, merancang, penyelesaian rancangan. Hasil perancangan dengan metode VDI 2222 sangat sesuai dan mempercepat proses perancangan sehingga didapat desain alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci, alat pembengkokan dan pengerol pipa ini dibuatkan simulasi pergerakan dengan menggunakan motion study pada software solidworks 2018. Torsi untuk mengerol sebesar 2325,15 N.m dan untuk membengkok pipa 2 inch diperlukan torsi 4259.3 N.m, ukuran pipa yang bisa dibengkokan dengan alat ini adalah pipa galvanis berukuran 1 inci. Rangka mesin terbuat dari bahan dasar besi kotak berukuran 60 mm x 40 mm x 3,2 mm dengan jenis baja St 42. Bahan dasar poros menggunakan besi As St 60 diameter 45 mm. Dimensi alat 700 mm x 700 mm x 735 mm.

Kata kunci : Pipa, Pembengkok, Pengerol, VDI 2222, Simulasi

ABSTRACT

Bending and rolling process in the workshops using 2 different tools. The problems faced with this process require a long rotating dimension and the required power is very large, therefore the tool must be heavy and the fastener must firm. The purpose of this final project is to design a pipe bending and rolling tool that is easy to use with the VDI 2222 method, make a simulation of the movement for bending and rolling, analyze the strength of the tool for bending and rolling 2 inch diameter pipes, especially on critical parts / components. The design of bending and rolling pipes with a maximum diameter of 2 inches refers to the design phase of VDI 2222 is to plan / analyze, conceptualize, design, complete the design. The results of the design with the VDI 2222 method are very appropriate and accelerate the design process so that the design of the bending tool and rolling tool with a maximum diameter of 2 inches, bending and rolling pipes are made to simulate the movement using motion studies in the 2018 Solidworks software. Torque for roll is 2325.15 N.m and to bend the 2 inch pipe required 4259.3 N.m of torque, size of the pipe that can be bent with this tool is a 1-inch galvanized pipe. The frame of the machine is made of iron base material measuring 60 mm x 40 mm x 3.2 mm with a type of steel St 42. The basic material of the shaft uses As St 60 iron diameter of 45 mm. Dimensions of the tool 700 mm x 700 mm x 735 mm.

Keywords : Pipe, Bending, Rolling, VDI 2222, Simulation

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga pada akhirnya penullis dapat menyelesaikan karya tulis proyek akhir ini dengan baik.

Karya tulis Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang-orang yang telah berperan sehingga dapat terselesaikannya Proyek Akhir ini, sebagai berikut:

1. Orang tua yang selalu senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun materi dan semangat.
2. Bapak M. Yunus, M.T selaku pembimbing I dan bapak M. Haritsah Amrullah M.Eng selaku pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga serta pikiran di dalam memberikan pengarahan dalam penulisan karya tulis Proyek Akhir ini dan telah banyak pula memberi saran-saran dan solusi dari masalah-masalah yang penulis hadapi selama proses penyusunan karya tulis Proyek Akhir ini.
3. Seluruh staf pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu selama menyelesaikan Proyek Akhir.

Penulis menyadari bahwa penulisan Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan penulis adalah manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan. Karena yang benar hanya datang dari ALLAH SWT dan yang salah datang dari penulis sendiri. Oleh karena itu, sangat diharapkan segala petunjuk, kritik, dan saran yang membangun dari pembaca agar dapat menunjang pengembangan dan perbaikan penulisan selanjutnya.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan proyek Akhir ini masih banyak kekurangan, baik dalam segi bahasa maupun sistematika penulisan. Oleh

karena itu, sangat diharapkan segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar dapat menunjang pengembangan dan perbaikan penulisan dikemudian hari. Semoga Proyek Akhir ini dapat berguna untuk menambah wawasan bagi rekan-rekan mahasiswa. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Sungailiat, 20 Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah	2
1.2.1. Rumusan Masalah	2
1.2.2. Batasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Proyek Akhir.....	2
BAB II LANDASAN TEORI.....	3
2.1. Pipa.....	3
2.1.1. Pipa Struktural	3
2.1.2. Klasifikasi dan Bahan Pipa	4
2.2. Metodologi Perancangan VDI 2222	6
2.2.1. Merencana / menganalisa	6
2.2.2. Mengkonsep	6
2.2.3. Merancang	8
2.2.4. Penyelesaian Rancangan.....	9
2.3. Pengerolan dan Pembengkok pipa	9
2.4. Kajian Alat Pembengkok dan Pengerol Pipa.....	11
2.5. Komponen Utama Alat dan Pembengkok dan Pengerol Pipa	12

2.3.1. <i>Dies roll</i>	12
2.5.2. Poros.....	13
2.5.3. Bantalan	15
2.5.4. Penekan.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1. Tahapan-tahapan Penelitian	21
3.1.1. Pengumpulan Data	21
3.1.2. Membuat Daftar Tuntutan	22
3.1.3. Menguraikan Fungsi Keseluruhan	23
3.1.4. Membuat Alternatif Fungsi Bagian.....	23
3.1.5. Membuat Varian Konsep.....	23
3.1.6. Membuat Simulasi Pergerakan Varian Konsep.....	24
3.1.7. Melakukan Penilaian Varian Konsep	24
3.1.8. Membuat Perhitungan dan Analisa Kekuatan.....	24
3.1.9. Membuat Detail Rancangan.....	24
3.1.10. Penyelesaian.....	25
BAB IV PEMBAHASAN	26
4.1. Pengumpulan Data	26
4.2. Daftar Tuntutan.....	26
4.3. Penguraian Fungsi Keseluruhan	27
4.3.1. Diagram Blok Fungsi (<i>Black Box</i>).....	27
4.3.2. Analisa Fungsi Bagian.....	28
4.4. Alternatif Fungsi Bagian	30
4.5. Varian Konsep	35
4.6. Membuat Simulasi Varian Konsep	39
4.7. Penilaian Varian Konsep	40
4.8. Perhitungan dan Analisa Kekuatan	41
4.8.1 Analisis Pipa yang Digunakan.....	41
4.8.2 Perhitungan Pada Poros	45

4.8.3. Analisa Pipa Galvanis Ukuran dibawah 2 Inchi	47
4.9. Detail Rancangan.....	48
4.10. Penyelesaian	51
BAB V PENUTUP.....	56
5.1. Kesimpulan.....	56
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	xv
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	<i>Principal Dimensions For ACME Threads</i>	17
Tabel 3. 1	Daftar Pertanyaan.....	22
Tabel 4. 1	Daftar Tuntutan.....	26
Tabel 4. 2	Deskripsi Fungsi Bagian	29
Tabel 4. 3	Alternatif Fungsi Rangka	30
Tabel 4. 4	Alternatif Fungsi Transmisi	31
Tabel 4. 5	Alternatif Fungsi <i>Roller</i>	32
Tabel 4. 6	Alternatif Fungsi Pengerak	33
Tabel 4. 7	Alternatif Fungsi Penekan.....	34
Tabel 4. 8	Kotak Morfologi	35
Tabel 4. 9	Kriteria Penilaian Teknis	40
Tabel 4. 10	Kriteria Penialian Ekonomis	40
Tabel 4. 11	Standar Pipa Galvanis dan Perhitungan	47
Tabel 4. 12	Optimasi Varian Konsep.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	<i>Ram bending</i>	9
Gambar 2. 2	<i>Rotary draw bending</i>	10
Gambar 2. 3	<i>Rol bending</i>	10
Gambar 2. 4	<i>Compression bending</i>	10
Gambar 2. 5	<i>Dies roll</i>	12
Gambar 2. 6	Poros.....	13
Gambar 2. 7	Tuas <i>power screw</i>	16
Gambar 2. 8	Jenis - jenis ulir <i>power screw</i>	17
Gambar 2. 9	Dongkrak hidrolik	18
Gambar 2. 10	<i>Hand wheel</i>	19
Gambar 2. 11	Engkol pemutar	19
Gambar 3. 1	Diagram alir pelaksanaan	21
Gambar 4. 1	<i>Black box</i>	27
Gambar 4. 2	Diagram analisa fungsi bagian	28
Gambar 4. 3	Diagram pembagian fungsi bagian.....	29
Gambar 4. 4	Varian konsep 1.....	36
Gambar 4. 5	Varian konsep.....	38
Gambar 4. 6	Varian konsep 3.....	39
Gambar 4. 7	Diagram S persentase penilaian aspek teknis dan ekonomis	41
Gambar 4. 8	Gaya pembebanan pada pipa.....	43
Gambar 4. 9	Torsi <i>roller</i>	43
Gambar 4. 10	Diagram benda bebas sitem pembengkok	44
Gambar 4. 11	Simulasi pembebanan <i>roller</i>	45
Gambar 4. 12	Simulasi pembebanan pada poros	47
Gambar 4. 13	Gambar assembly sebelum dan sesudah optimasi.....	49
Gambar 4. 14	Gambar proses <i>assembly</i>	50
Gambar 4. 15	Langkah 1 simulasi pembengkokan	51
Gambar 4. 16	Langkah 2 simulasi pembengkokan	52

Gambar 4. 17	Langkah 3 simulasi pembengkokan	52
Gambar 4. 18	Langkah 4 simulasi pembengkokan	53
Gambar 4. 19	Langkah 1 simulasi pengerolan.....	53
Gambar 4. 20	Langkah 2 simulasi pengerolan.....	54
Gambar 4. 21	Langkah 3 simulasi pengerolan.....	54
Gambar 4. 22	Langkah 4 simusi pengerolan.....	55
Gambar 4. 23	Langkah 5 simulasi pengerolan.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2 : Tabel Standar Kriteria Penilaian
- Lampiran 3 : Gambar Kerja
- Lampiran 4 : Baja Konstruksi Umum Menurut DIN 17100
- Lampiran 5 : Simbol Tanda Pengerjaan
- Lampiran 6 : Tabel Modulus Elastisitas Bahan
- Lampiran 7 : Nilai Kekasaran
- Lampiran 8 : Lambang – Lambang Dari Diagram Alir
- Lampiran 9 : Standar Ukuran Pipa Galvanis
- Lampiran10 : Harga Kekasaran
- Lampiran 11 : Diameter Poros
- Lampiran 12 : Tabel Standar Baja

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin ketatnya persaingan dalam dunia industri, semua pekerjaan dituntut untuk semakin mudah. Salah satunya adalah proses pembengkok dan pengerol pipa, pada umumnya pembengkokan pipa dibengkel masih menggunakan tenaga manusia yang besar. Biasanya alat pembengkok dan pengerol ini digunakan untuk membengkok maupun mengerol pipa dalam pembuatan kanopi, pagar tralis, jendela tralis, pintu tralis, maupun untuk membengkok bagian atap dari rangka sepeda becak, dan lain-lain.

Pada umumnya, dalam proses pembengkokan dan pengerol pipa di bengkel-bengkel las biasanya dibuat dengan 2 alat yang berbeda, kemudian menggunakan tenaga manusia dengan cara memutar langsung pada bagian *roller* tanpa ada pengurangan gaya dorong, namun cara tersebut memerlukan lengan tuas pemutar dengan dimensi yang sangat panjang dan tenaga yang dikeluarkan cukup besar, dan dibutuhkan alat yang berat atau alat harus diikat pada rantai dengan baut agar pada saat proses pembengkokan maupun pengerolan pipa alat tidak bergeser dan berputar. Selain itu, metode tersebut hanya mampu membengkokkan dan mengerol pipa dengan diameter maksimum 1 inci, kemudian pada bagian radius hasil bengkokan sering terjadi cacat atau bentuk pipa menjadi “gepeng”.

Melihat kendala pada bengkel tersebut menjadikan salah satu alasan untuk merancang dan menginovasi alat pembengkok pipa dan pengerol pipa dalam satu alat, dengan penambahan roda gigi dengan perbandingan rasio yang tepat sebagai pengurang gaya, agar tenaga yang dikeluarkan oleh operator lebih kecil kemudian diameter material yang dibengkokkan lebih besar dan alat tidak perlu diikat dengan baut pada rantai. Kemudian diharapkan dapat mengurangi terjadinya cacat yang terjadi pada permukaan radius bengkokan pipa.

1.2. Rumusan dan Batasan Masalah

1.2.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan pada latar belakang rumusan masalah pada Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah desain dan gambar kerja dari alat pembengkok dan pengerol pipa?
2. Bagaimana membuat simulasi pergerakan untuk pembengkokan dan pengerolan ?
3. Bagaimanakah tingkat ketepatan hasil analisa untuk kekuatan alat pembengkok dan pengerol pipa?

1.2.2. Batasan Masalah

Agar penelitian Proyek Akhir ini dapat berjalan secara fokus dan terarah serta dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka batasan masalah yang diberlakukan sebagai berikut :

1. Membuat desain alat pembengkok dan pengerol pipa dengan ukuran maksimal 2 inci.
2. Metode perancangan yang digunakan adalah metode *Verein Deutsche Ingenieur* (VDI 2222).
3. Membuat gambar *draft*, gambar susunan, gambar bagian dan simulasi pergerakan menggunakan *software* solidworks.

1.3. Tujuan Proyek Akhir

Mengacu pada perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mendesain alat pembengkok pipa yang mudah digunakan dengan metode VDI 2222.
2. Membuat simulasi pergerakan untuk pembengkokan dan pengerolan dengan *software* solidworks.
3. Menganalisa kekuatan alat untuk membengkok dan mengerol pipa diameter maksimal 2 inci terutama pada bagian/komponen yang kritis.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pipa

Pipa merupakan saluran tertutup yang digunakan untuk transportasi fluida (cair, gas) dari suatu tempat ke tempat lainnya, atau dari suatu *equipment* ke *equipment* lainnya. Fungsi lain dari pipa yaitu dapat digunakan untuk bahan membuat tralis, *canopy*, tangga putar, dll. (Rahman, 2017)

2.1.1. Pipa Struktural

Secara umum, pipa struktural adalah jenis pipa konstruksi baja yang memenuhi standar komposisi kimia dan sifat mekanik tertentu. Pipa ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi struktural. Jenis pipa struktural yang umum termasuk:

a. Pipa Baja *Seamless*

Pipa struktural baja *seamless* adalah produk pipa tahan lama yang biasa digunakan untuk menumpuk dermaga, penumpukan pipa, *caissons* dan *bollard*.

b. Pipa Baja ERW

Pipa Baja ERW merupakan pipa struktural yang biasa dikenal oleh industri konstruksi sebagai pipa saluran berkualitas tinggi dan biasanya digunakan oleh perusahaan minyak dan utilitas. Pipa baja ini bisa digunakan untuk tiang tenda, kolom, dermaga, dan konstruksi terowongan.

c. Pipa Baja Spiral

Pipa baja spiral merupakan jenis pipa struktural yang ekonomis dan tahan lama yang menawarkan daya tahan lama untuk hal-hal seperti casing jalan, penumpukan dan parit.

d. Pipa Baja Karbon DSAW

Pipa baja karbo DSAW merupakan pipa struktural ini dilas pada OD dan ID. Ini tersedia dalam berbagai kelas dan digunakan untuk casing jalan, jalan yang, gorong-gorong, dan banyak lagi.

e. Pagar Pipa

Pipa ini adalah jenis pipa struktural yang menjadi populer untuk bangunan pagar karena daya tahan dan kekuatannya yang tinggi. Pipa struktural ini digunakan untuk melampirkan taman, tempat parkir, dan banyak lagi.

2.1.2. Klasifikasi dan Bahan Pipa

Klasifikasi dan bahan pipa dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Pipa GIP (*Galvanized Iron Pipe*)

Pipa ini sering disebut pipa galvanis yang merupakan semacam pipa besi yang ditutupi dengan lapisan pelindung seng yang dapat sangat mengurangi kecenderungan pipa untuk menimbulkan krosi. Pipa galvanis mempunyai banyak manfaat salah satunya sebagai penyalur utama bahan gas, air, minyak, uap atau gas agar instalasinya kuat, aman dan tahan lama. Pada beberapa keperluan lain, bahan ini juga digunakan sebagai konstruksi, misalnya penopang/ tiang dan sebagainya, tergantung kebutuhan penggunaannya. Adapun keuntungan pipa galvanis seperti tahan pecah, tahan lama, sambungan menggunakan ulir, permukaan kuat, anti karat, harga murah dan *inspeksi* yang mudah.

2. Pipa Plastik PVC

Pipa PVC yaitu jenis pipa plastik, umumnya digunakan sebagai bahan penyalur air dingin dan air limbah ringan dan berat, terutama cairan kimia sebab bahan pipa ini sangat baik untuk bahan cairan yang sifatnya menimbulkan reaksi tertentu dengan ada tidaknya perubahan suhu. Pipa PVC memiliki beberapa keuntungan seperti tahan terhadap bahan kimia, sangat kuat, biaya instalasi murah, daya konduksi panas yang rendah, memiliki daya tahan korosi dan bebas pemeliharaan.

3. Pipa Baja (*Steel Pipe*)

Pipa baja berfungsi sebagai jalur pipa untuk pasokan energi, misalnya : air, minyak, gas dan cairan mudah terbakar lainnya. Pada dunia industri, kegunaan pipa sangatlah dominan. Antara lain sebagai sistem transportasi berbagai produk industri. Oleh karena itu pemilihan material sangatlah penting mengingat fluida yang akan dialirkan mempunyai karakteristik yang berbeda-

beda sehingga medianya (pipa) akan menyesuaikan. Pipa baja terdiri dari dua jenis yaitu pipa baja karbon dan baja paduan, baja karbon adalah bahan pipa yang paling umum dalam industri *power plant*, kimia, hidrokarbon dan pipa industri. Sedangkan baja paduan salah satu baja yang mengandung sejumlah elemen paduan, seperti 0,3% kromium (Cr), nikel 0,3% (Ni), molibdenum 0,08% (Mo). Baja paduan umumnya dipakai dalam operasi temperature tinggi dan tekanan tinggi seperti pembangkit listrik, penukar panas dan tabung tungku.

4. Pipa Tembaga

Pipa tembaga merupakan jenis pipa yang kuat dan tahan lama, dan biasanya lebih banyak digunakan untuk instalasi air panas. Pipa Tembaga dapat menjadi alternative karena lebih flexible dan tidak berkarat, selain itu juga tahan panas dan tekanan tinggi. Bahan pipa tembaga merupakan bahan tambang dari bumi sebagaimana layaknya bahan boksit, monel, timah maupun besi, tetapi tembaga memiliki sifat istimewa: karena kuat, tahan karat, mudah dibentuk dan dapat digunakan dalam berbagai keperluan seperti kebel elektrinika dan sebagainya.

5. Pipa Beton

Pipa Beton merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen atau bahan perekat sejenisnya, batu koral, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu pipa beton itu. Digunakan untuk saluran limbah, terowongan dan irigasi.

6. Pipa Kuningan

Kuningan adalah paduan logam tembaga dan logam seng dengan kadar tembaga antara 60-96%. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut. Komponen utama dari kuningan adalah Tembaga sehingga kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga Kuningan sangat mudah untuk di bentuk ke dalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi dari air garam.

7. Pipa besi tuang (*cast iron*)

Pipa besi tuang adalah jenis pipa yang sangat keras dibanding pipa besi sejenis karena dengan hasil cor, karbon (C) sehingga mempunyai sifat carbon (sifat mengeras) dan tahan atas karat. Oleh karenanya sangat sesuai digunakan sebagai penyaluran limbah industri pada proyek sanitasi (*purification Plan*).

2.2. Metodologi Perancangan VDI 2222

Metode perancangan *Verein Deutsche Ingenieuer* (VDI 2222) merupakan metode yang disusun oleh persatuan insinyur jerman secara sistematis terhadap pendekatan faktor kondisi real dari sebuah proses. Berikut ini merupakan 4 (empat) tahapan perancangan menurut metode VDI 2222 yaitu merencana/menganalisa, mengkonsep, merancang dan penyelesaian rancangan (Komara, 2014).

2.2.1. Merencana / menganalisa

Tahap ini bertujuan untuk mendefinisikan pekerjaan yang akan dilakukan dengan cara mempelajari lebih lanjut permasalahan pada produk sehingga mempermudah perancang untuk mencapai tujuan atau target rancangan. Untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dapat dilakukan dengan mengumpulkan data-data pendukung melalui wawancara, mempelajari hasil penelitian terkait permasalahan tersebut, mengumpulkan keterangan para ahli baik keterangan tertulis maupun keterangan non-tertulis, mereview desain-desain terdahulu, serta melakukan metode *brainstorming*. Hasil akhir dari tahap ini berupa *design review* serta mencari bagaimana masalah desain disusun ke dalam sub-*problem* yang lebih kecil dan mudah diatur.

2.2.2. Mengkonsep

Pada tahap ini dibuat beberapa konsep dari produk yang dapat memenuhi tuntutan yang sudah ditetapkan sebelumnya. Semakin banyak konsep yang dapat dirancang, maka konsep yang terpilih akan semakin baik dikarenakan perancang memiliki lebih banyak pilihan alternatif konsep yang dapat dipilih. Konsep

produk menampilkan bentuk dan dimensi dasar produk, namun tidak perlu diberi ukuran detail. (Batan, 2007)

a. Daftar Tuntutan

Daftar berisi kebutuhan dan keinginan yang harus dicapai oleh rancangan. Daftar tuntutan dibuat berdasarkan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Daftar tuntutan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu Keharusan (*demands*), dan keinginan (*wishes*). *Demands* disingkat D, yaitu sarat mutlak yang harus dimiliki alat jika tidak terpenuhi maka alat tidak diterima. Sedangkan *Wishes* disingkat W, yaitu syarat yang masih bisa dipertimbangkan keberadaannya, agar jika mungkin alat dapat dimiliki oleh alat yang dibuat. Dari kedua tuntutan tersebut, tuntutan yang harus diutamakan untuk dicapai adalah tuntutan keharusan (*demands*) (Mustaqim, 2012).

b. Menguraikan Fungsi Keseluruhan

Hasil akhir yang ingin didapatkan pada tahap ini adalah uraian fungsi bagian mesin dan uraiannya penjelasannya. Untuk mencapai hal tersebut, langkah awal yang dapat dilakukan adalah membuat *black box*, dan dilanjutkan dengan membuat ruang lingkup perancangan dan diagram fungsi bagian.

c. Membuat alternatif fungsi bagian

Pada tahap ini, perancangan harus memuat alternatif konsep untuk setiap fungsi bagian yang telah ditentukan sebelumnya. Pada alternatif konsep, yang diperlukan hanyalah ukuran dasar dan bentuknya saja, sehingga tidak perlu dicantumkan ukuran detail. Alternatif konsep tidak harus digambar menggunakan *software* CAD namun juga dapat ditampilkan dalam bentuk gambar manual, foto bagian mesin, maupun mekanisme lain dari suatu alat yang dapat diterapkan kedalam rancangan.

Minimal harus ada 3 (tiga) alternatif konsep untuk melakukan penilaian konsep, namun perancang dapat membuat alternatif konsep sebanyak mungkin sesuai dengan kemampuan masing-masing perancang. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk menyeleksi alternatif fungsi bagian adalah metode *screening* (Urlich, 1995). Untuk memudahkan proses pemilihan, maka dibuat uraian kekurangan serta kelebihan untuk setiap alternatif yang akan dipilih.

d. Varian konsep

Membuat varian konsep dilakukan dengan cara memadu padankan masing-masing alternatif fungsi bagian dengan menggunakan diagram atau tabel pemilihan. Garis pemilihan alternatif fungsi keseluruhan diambil secara acak berdasarkan intuisi perancang. Hasil akhir pada tahap ini adalah 3 jenis varian konsep produk dan dilengkapi dengan kekurangan serta kelebihan masing-masing (Sudiro, 2018).

f. Penilaian varian konsep

Penilaian varian konsep dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis serta aspek ekonomin dari setiap konsep. Untuk mempermudah proses penilaian, maka perlu ditentukan bobot kebutuhan dari masing-masing fungsi bagian. Berdasarkan bobot tersebut, akan diperoleh kesimpulan fungsi mana yang harus didahulukan dibandingkan dengan fungsi yang lain. Skala penilaian varian konsep dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Skala Penilaian Varian Konsep

4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Cukup Baik	Kurang Baik

2.2.3. Merancang

Pada tahap ini, dilakukan optimalisasi dan perhitungan rancangan secara menyeluruh pada varian konsep yang terpilih. Optimalisasi yang dilakukan dapat berupa merancang komponen pelengkap produk, menghilangkan bagian kritis, atau melakukan perbaikan rancangan. Sedangkan perhitungan rancangan yang dilakukan dapat berupa perhitungan gaya-gaya yang bekerja, momen yang terjadi, daya yang dibutuhkan pada transmisi, kekuatan bahan (material), pemilihan material, pemilihan bentuk komponen penunjang, faktor penting lain seperti faktor keamanan, keandalan, dan lain-lain. Hasil akhir dari tahap ini adalah rancangan yang lengkap dan siap dituangkan kedalam gambar teknik (Batan, 2007).

2.2.4 Penyelesaian Rancangan

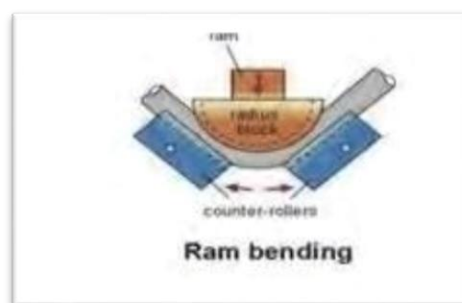
Pada tahap ini dilakukan pembuatan gambar kerja dan gambar susunan produk. Kemudian dilanjutkan dengan penyelesaian dokumen seperti gambar-gambar, daftar bagian, spesifikasi tambahan, petunjuk pengerjaan dan sebagainya (Batan, 2007).

2.3. Pengerolan dan Pembengkok pipa

Menurut (Hermawan, 2014) alat pembengkokan dan pengerolan pipa ini merupakan proses pengerjaan pipa yang asalnya dalam bentuk lonjoran lurus berubah bentuk menjadi lengkungan dan kelengkungan pipa ini disesuaikan dengan kebutuhan dan kegunaan. Beberapa metode yang sering digunakan dalam kegiatan pembengkok dan pengerol pipa untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan. Metode-metode tersebut antara lain:

a. *Ram style bending*

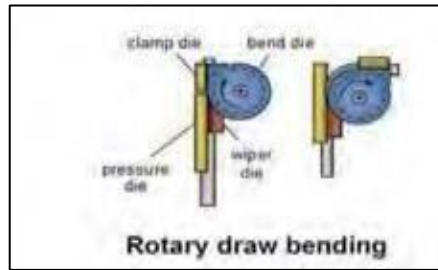
Metode ini dilakukan dengan menggunakan sebuah batang penekan dan pipa yang akan ditebuk dipasang pada dua buah penahan, setelah itu batang penekan akan menekan pipa tepat diantara dua buah penahan, sehingga pipa akan tertekuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *Ram bending*

b. *Rotary draw bending*

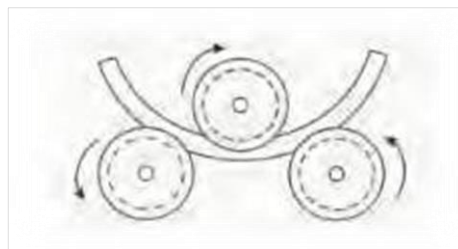
Metode ini dilakukan dengan cara menjepit salah satu ujung pipa, kemudian pipa akan diputar ke sekeliling *dies* dengan radius bengkok sesuai dengan radius *dies rol* yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 *Rotary draw bending*

c. *Rol bending*

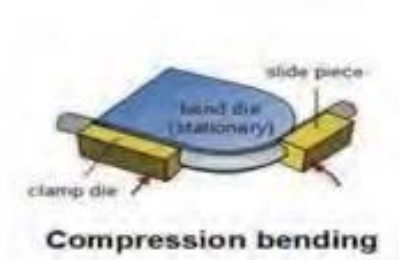
Metode ini digunakan untuk membengkokkan pipa secara kontinu serta membentuk suatu lengkungan yang besar. Metode ini dilakukan dengan menggunakan tiga buah *dies rol* yang terbagi menjadi dua bagian, yaitu rol bawah (*lower rol*) dan rol atas (*upper rol*) seperti yang ditunjukkan Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 *Rol bending*

d. *Compression bending*

Metode ini dilakukan dengan cara menjepit salah satu ujung pipa, kemudian pipa akan digeser mengelilingi *dies rol* yang diam, sehingga membentuk radius tekuk yang sesuai dengan radius *dies rol*. Proses pelengkungan metode ini seperti kereta geser *slide piece* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *Compression bending*

2.4. Kajian Alat Pembengkok dan Pengerol Pipa

Menurut (Mustaqim, 2012) alat pembengkok maupun pengerol pipa merupakan salah satu alat tepat guna. Alat pembengkok dan pengerol pipa adalah alat yang digunakan untuk mengerol pipa yang semula dalam bentuk lonjoran lurus berubah menjadi melengkung dan melengkungnya pipa ini disesuaikan sesuai kebutuhan dan kegunaan. Alat pembengkok maupun pengerol pipa ini menggunakan tenaga manusia sebagai alat penggerakannya. Untuk proses ini ini dibutuhkan penekanan pada bagian pipa yang akan dibuat melengkung.

Untuk konsep cara kerja alat ini memiliki persamaan dengan alat pengerol pipa dengan menggunakan mesin. Dengan mempunyai dua *roller* sebagai penompang dan satu *roller* sebagai penekannya. Selain itu, penggunaan tenaga manusia pada alat dilakukan pengurangan gaya dengan menggunakan roda gigi sebagai perbandingan putaran, hal ini sangat membantu untuk mempermudah dalam proses pengerolan maupun pembengkokan karena hanya membutuhkan sedikit tenaga untuk memutar *handle* penekanannya. Pada *roller* penekan dihubungkan dengan *handle* oleh poros berulir sebagai penerus tekanannya. *Handle* ini akan diputar secara pelan-pelan saat alat di operasikan.

Penekanan pada *roller* ini lah yang nantinya akan menentukan hasil dari pengerolan. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka dalam memutar *handle* ini harus pelan-pelan dan terus menerus. Proses kerja pada alat ini dilakukan secara bolak balik dari arah kiri kekanan atau sebaliknya. Prinsip kerja dalam proses pengerolan maupun pembengkokan pipa ini ada beberapa tahap yaitu:

1. Pengukuran benda kerja, pada tahap ini benda kerja ditentukan bagianbagian yang akan dilakukan proses pengerolan. Setelah itu, pada bagian yang akan dirol diberi tanda.
2. Pengerolan benda kerja, pada tahap ini benda kerja yang sudah diberi tanda selanjutnya akan dimulai proses pengerolan. Pada proses ini dilakukan secara berulang ulang dari kiri kekanan atau sebaliknya.

3. Pemeriksaan benda kerja, pada tahap ini benda kerja yang sudah dirol akan diperiksa kelengkungannya apakah sudah sesuai keinginan atau masih ingin dilakukan proses pengerolan lagi.
4. Pemeriksaan akhir, pada tahap ini benda kerja yang sudah selesai dirol akan diperiksa kembali. Untuk memeriksa apakah bentuknya sudah baik dan apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan.

Pada kalangan UKM (Usaha Kecil Menengah) harga produk sangat berpengaruh besar yang diharapkan adalah dapat terjangkau dalam ekonomi menengah kebawah. Untuk itu dibutuhkan desain yang dapat meminimalisasi kontruksi dari alat pembengkok dan pengerol pipa yang bertujuan untuk mengurangi harga dari produk, sehingga harga dari produk dapat terjangkau usaha kecil menengah. Akan tetapi, tidak meninggalkan dari segi keamanan penggunaanya dan kualitasnya dari alat/mesin.

2.5. Komponen Utama Alat dan Pembengkok dan Pengerol Pipa

Komponen-komponen utama pada alat pembengkok dan pengerol pipa terdiri dari *dies roll*, poros, bantalan, penekan dan pemutar (Shobirin, 2017).

2.3.1. Dies roll

Dies roll merupakan komponen yang berperan penting pada proses pembengkokan pipa yang berfungsi sebagai tempat duduknya pipa atau penopang dan pada saat mesin beroperasi. Ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 *Dies roll*

Kriteria–kriteria dalam menentukan bahan *dies roll* adalah mampu tekan, mampu puntir, tidak mudah berubah bentuk dan mudah dilakukan proses permesinan.

Dalam pertimbangan menentukan diameter *dies roll* yaitu mampu membuat diameter pengerolan 460 mm dan diameter pembengkokan 200 mm, jika diameter *roll* terlalu besar maka tidak bisa membuat diameter pengerolan dan pembengkokan yang kecil, tergantung pada poros yang akan dipasang pada *roll* jika diameter poros besar dan dan diameter roll kecil, maka tidak akan seimbang untuk menahan beban pembengkokan maupun pengerolan.

2.5.2. Poros

Poros berfungsi sebagai elemen penerus daya dan putaran dari sistem penggerak dan juga sebagai tempat duduknya elemen-elemen lain seperti *roller dies*. Pada dasarnya poros harus mampu menerima beban momen puntir, beban momen luar dan menerima kombinasi beban torsi. Ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Poros

Hal-hal penting dalam merencanakan sebuah poros sebagai berikut ini perlu diperhatikan (Sularso, 1994) :

➤ **Beban poros**

Suatu poros transmisi dapat mengalami suatu beban puntir atau lentur atau gabungan antara puntir dan lentur seperti telah diutarakan diatas juga ada poros yang mendapat beban tarik atau tekan seperti poros baling-baling kapal atau turbin. Kelemahan, tumbukan atau pengaruh kosentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil (poros bertangga) atau bila poros mempunyai alur pasak, harus diperhatikan. Sebuah poros harus di rencanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban-beban di atas.

➤ Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup tetapi jika lenturan atau defleksi puntiran terlalu besar akan mengakibatkan ketidak telitian atau getaran dan suara. Disamping kekuatan poros, kekakuanya juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan macam mesin yang akan dilayani poros tersebut.

➤ Putaran kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikan maka suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor torak, motor listrik, dan lain-lain. Juga dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian bagian lainnya jika mungkin, poros harus direncanakan sedemikian rupa hingga putaran kerjanya lebih rendah dari putaran kritisnya.

➤ Korosi

Bahan-bahan tahan korosi (termasuk plastik) harus dipilih untuk poros propeller dan pompa bila terjadi dengan kontak dengan fluida yang korosif. Demikian juga yang terancam kavitasi, dan poros-poros mesin yang sering berhenti lama.sampai dengan batas tertentu dapat pula dilakukan perlindungan terhadap korosi.

a. Perhitungan pada poros

- Tegangan geser yang diijinkan (τ_a):

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1)(Sf_2)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

σ_B = Kekuatan tarik (kg/mm²)

Sf_1 = Faktor keamanan yang tergantung pada jenis bahan

Sf_2 = Faktor keamanan yang bergantung dari bentuk poros, berkisar 1,3-3,0

- Diameter poros

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

C_b = Faktor lenturan

T = Momen puntir

K_t = Faktor koreksi untuk momen puntir

- Besarnya Tegangan Geser Maksimum (τ) :

$$\tau = \frac{5,1}{d^3} \sqrt{(K_b \cdot M_b)^2 + (K_t \cdot T)^2} \quad (2.3)$$

2.5.3. Bantalan

Bantalan adalah suatu elemen yang berfungsi sebagai penunpu poros berbeban, sehingga gerakan yang terjadi yaitu gerakan berputar atau menggelinding dan gerakan bolak-balik dapat berlangsung dengan halus, aman, dan panjang umur.

Dalam memilih bantalan yang digunakan, hal - hal yang perlu diperhatikan adalah tinggi rendahnya putaran poros, jenis bahan yang digunakan, besar kecilnya beban yang dikenakan dan kemudahan perawatan. (Sularso, 2008)

Tahapan penentuan bantalan yang digunakan sebagai berikut :

- a. Tekanan permukaan / bidang

$$k = \frac{P_0}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (2.4)$$

Keterangan :

K = tekanan bidang radial pada bantalan (kg/cm^2)

P_0 = gaya tekan radial pada bantalan (kg)

d = diameter bantalan / poros (cm)

- b. Kecepatan keliling

$$V = \frac{\pi d_0 n}{60 \cdot 100} \quad (2.5)$$

Keterangan :

V = kecepatan bantalan (m/s)

d_0 = diameter tap poros (cm)

n = putaran bantalan (rpm)

c. Gaya gesek bantalan

$$w_f = f \cdot P \quad (\text{kg}) \quad (2.6)$$

Keterangan :

f = koefisien gesek bidang pada bantalan

d. Momen karena gesek pada bantalan

$$M_f = W_f \cdot \frac{d_r}{2} \quad (2.7)$$

e. Umur bantalan

$$\text{Untuk ball bearing : } L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \text{ da untuk roller bearing : } L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \quad (2.8)$$

2.5.4. Penekan

Metoda penekan pada alat pengerol pipa secara umum ada 2 jenis yaitu dengan memakai tuas *power screw* dan memakai dongkrak hidrolis.

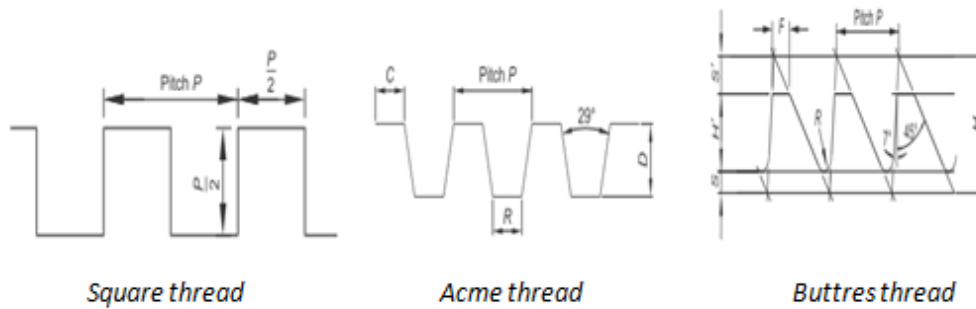
a. Tuas *Power Screw*

Tuas *power screw* mempunyai keuntungan untuk mengangkat dan menekan beban yang berat, sehingga pada alat pengerol pipa biasanya digunakan untuk penekanan, tetapi tuas *power screw* mempunyai kekurangan yaitu harus menggunakan gaya tangan atau tenaga manusia yang besar seperti yang ditunjukkan Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Tuas *power screw*

Jenis ulir yang digunakan untuk power screw antara lain *Square thread*, *acme thread* dan *buttruss thread* sebagaimana terlihat pada Gambar 2.8. Sedangkan Dimensi pokok pada *ACME thread* diperlihatkan pada tabel 2.2. (Childs, 2014)



Gambar 2. 8 Jenis - jenis ulir *power screw*

Tabel 2. 2 *Principal Dimensions For ACME Threads*

Major diameter (in.)	Threads per inch	Thread pitch (in.)	Pitch diameter (in.)	Minor diameter (in.)	Tensile stress area (in. ²)
0.25	16	0.063	0.219	0.188	0.032
0.313	14	0.071	0.277	0.241	0.053
0.375	12	0.083	0.333	0.292	0.077
0.438	12	0.083	0.396	0.354	0.110
0.500	10	0.100	0.450	0.400	0.142
0.625	8	0.125	0.563	0.500	0.222
0.750	6	0.167	0.667	0.583	0.307
0.875	6	0.167	0.792	0.708	0.442
1.000	5	0.200	0.900	0.800	0.568
1.125	5	0.200	1.025	0.925	0.747
1.250	5	0.200	1.150	1.050	0.950
1.375	4	0.250	1.250	1.125	1.108
1.500	4	0.250	1.375	1.250	1.353
1.750	4	0.250	1.625	1.500	1.918
2.000	4	0.250	1.875	1.750	2.580
2.250	3	0.333	2.083	1.917	3.142
2.500	3	0.333	2.333	2.167	3.976
2.750	3	0.333	2.583	2.417	4.909
3.000	2	0.500	2.750	2.500	5.412
3.500	2	0.500	3.250	3.000	7.670
4.000	2	0.500	3.750	3.500	10.321
4.500	2	0.500	4.250	4.000	13.364
5.000	2	0.500	4.750	4.500	16.800

Dasar perhitungan dalam menentukan *power screw* sebagai berikut :

Kemiringan dari bidang dinamakan *lead angle* λ

$$\tan \lambda = \frac{L}{\pi d_p} \quad (2.9)$$

Pada kasus mengangkat beban, jumlah gaya dihitung menggunakan persamaan

$$F = N (\mu \cos \lambda + \sin \lambda) \quad (2.10)$$

dan

$$N = \frac{P}{\cos\lambda - \mu \sin\lambda} \quad (2.11)$$

Dimana μ adalah koefisien gesek antara baut dan mur, koefisien gesek yang digunakan biasanya 0,15.

$$F = \frac{P(\mu \cos\lambda + \sin\lambda)}{\cos\lambda - \mu \sin\lambda} \quad (2.12)$$

Torsi *screw* yang dibutuhkan untuk mengangkat beban adalah

$$T_S = F \frac{D_P}{2} \quad (2.13)$$

b. Dongkrak Hidrolik

Dongkrak hidrolik mengaplikasikan fluida untuk menghasilkan tekanan yang diperlukan untuk pengangkatan, daya yang dihasilkan jauh lebih besar dan tenaga yang dibutuhkan untuk pengoperasian lebih sedikit. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Dongkrak hidrolik

Saat fluida berada pada sebuah silinder kemudian *handle* yang terhubung dengan piston diberi gaya maka fluida cair akan meneruskan gaya dengan sama besar ke setiap dinding silinder sesuai dengan rumus :

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.14)$$

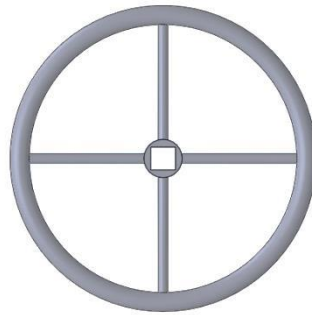
Dimana, P adalah tekanan (*pressure*) (pascal), F adalah gaya (*force*) (*newton*) dan A adalah luas penampang silinder (m^2)

2.5.5. Pemutar

Metode pemutar pada alat pembengkok maupun pengerol pipa secara manual pada umumnya ada 2 jenis yaitu dengan memakai *hand wheel* dan engkol pemutar.

a. *Hand wheel*

Alat putar ini merupakan alat yang paling sederhana dan digerakkan atau diputar dengan tenaga tangan. Kepala putaran selain sebagai tempat memutar juga berfungsi sebagai beban pemberat agar putaran lebih tahan lama, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 *Hand wheel*

b. Engkol pemutar

Engkol pemutar merupakan alat yang sering digunakan untuk mengerjakan/memutar konstruksi yang sederhana, yang digerakkan oleh tangan, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.11.

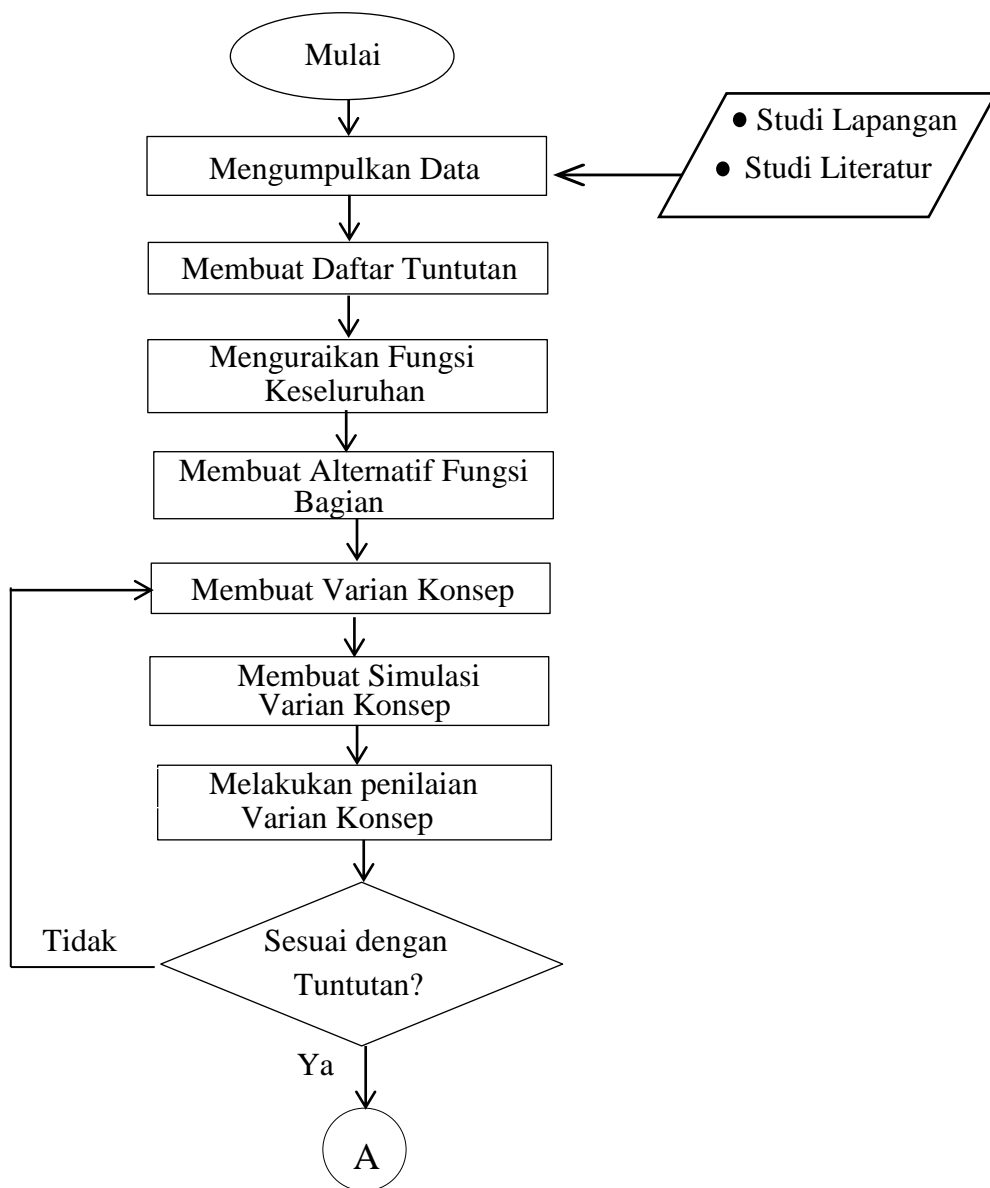


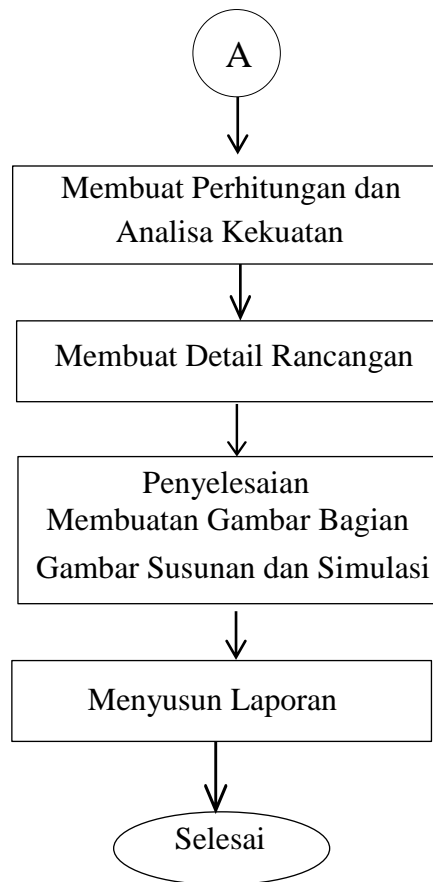
Gambar 2. 11 Engkol pemutar

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan diuraikan langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan desain alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci. Adapun langkah – langkah yang akan dilakukan mengacu pada metode perancangan VDI 2222 yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Diagram alir pelaksanaan

3.1. Tahapan-tahapan Penelitian

3.1.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode yang bertujuan untuk mendapatkan data-data yang mendukung untuk pembuatan desain alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci. Beberapa metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Studi literatur merupakan metode yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data teori yang berhubungan dengan masalah-masalah yang akan dibahas. Studi literatur dilakukan dengan mencari dasar-dasar teori melalui buku, jurnal, karya ilmiah maupun internet yang berkaitan dengan alat pembengkok maupun pengerol.

2. Studi lapangan

Penelitian lapangan merupakan kegiatan untuk meninjau secara langsung ke objek proyek akhir. Dalam penelitian ini, ada 2 macam studi lapangan yang dilaksanakan, yaitu :

➤ Observasi

Observasi merupakan kegiatan pengumpulan data atau keterangan dengan cara melihat dan mengamati secara langsung objek dari proyek yang akan dibuat. Berdasarkan observasi yang dilakukan di bengkel-bengkel las, bahwa untuk membengkokkan maupun mengerol masih menggunakan cara manual dengan menggunakan tenaga yang besar, pipa yang dibengkokkan dengan cara tersebut hanya berukuran 1 inci. Saat ini, untuk di bengkel-bengkel memiliki kendala pada pipa yang berukuran diatas 1 inci.

➤ Wawancara

Wawancara adalah kegiatan pengumpulan data yang dilakukan dengan mengadakan tanya jawab secara langsung atau lisan dengan subjek dari proyek. Adapun dalam hal ini wawancara dilakukan kepada Pak Yusuf desa kurau timur yang memiki bengkel las. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan, kami mengajukan beberapa pertanyaan. Adapun pertanyaan yang diajukan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Daftar Pertanyaan

No	Pertanyaan
1	Apa itu alat pembengkok dan pengerol pipa ?
2	Apa saja jenis pipa yang biasa dibengkokkan di bengkel las ?
3	Berapakah ukuran pipa yang bisa dibengkokkan dengan cara manual ?
4	Apa saja cara untuk membengkokkan maupun mengerol pipa ?

3.1.2. Membuat Daftar Tuntutan

Dalam tahapan ini, akan diuraikan tuntutan yang ingin dicapai dari desain alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci. Daftar tuntutan nantinya akan dikelompokan dalam 2 (dua) jenis tuntutan, yaitu tuntutan

keharusan (*Demands*) yang berkaitan dengan fungsi dan hal-hal yang bersifat teknis, penggunaan alat dan syarat mutlak yang harus dimiliki alat, tuntutan keinginan (*wishes*) yang bersifat dengan penampilan alat dan syarat yang masih dipertimbangkan keadanya. Serta keinginan yang berkaitan dengan tampilan fisik alat.

3.1.3. Menguraikan Fungsi Keseluruhan

Dalam tahapan ini, dilakukan proses pemecahan masalah dengan menggunakan *black box* untuk menentukan fungsi bagian utama alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci. Kemudian dibuatkan analisa fungsi bagian untuk menerangkan tentang bagian yang dirancang.

3.1.4. Membuat Alternatif Fungsi Bagian

Dalam tahapan ini, akan dijabarkan fungsi bagian utama alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci dengan menggunakan *black box*. Kemudian dibuat 3 (tiga) alternatif untuk setiap fungsi dari alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci dan analisa keuntungan dan kerugian dari setiap alternatif.

3.1.5. Membuat Varian Konsep

Dalam tahapan ini, masing-masing alternatif fungsi bagian dipilih dan digabungkan satu sama lain, sehingga terbentuk sebuah varian konsep alat pembengkok dan pengerol pipa. Nantinya akan dibuat 3 (tiga) jenis varian konsep agar terdapat perbandingan dalam proses pemilihan dan diharapkan dapat dipilih varian konsep yang benar – benar dapat memenuhi tuntutan yang diinginkan. Setiap varian tersebut akan disimulasi menggunakan *software* dan dianalisa keuntungan maupun kerugiannya untuk mempermudah proses pemilihan.

3.1.6. Membuat Simulasi Pergerakan Varian Konsep

Dalam tahapan ini, dilakukan pembuatan simulasi pergerakan alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci pada semua varian konsep. Simulasi dilakukan menggunakan *software* solidworks.

3.1.7. Melakukan Penilaian Varian Konsep

Dalam tahapan ini, dilakukan penilaian terhadap varian konsep dengan skala penilaian 1–4. Tujuannya adalah untuk memutuskan varian konsep yang akan ditindak lanjut ke proses pembuatan detail rancangan untuk memudahkan dalam penilaian. Untuk memudahkan dalam penilaian digunakan 2 (dua) kriteria aspek penilaian, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis. Dari proses penilaian yang telah dilakukan, konsep yang dipilih adalah konsep alat yang persentasenya mendekati 100 persen. Sehingga dapat diperoleh hasil rancangan alat pembengkok dan pengerol pipa yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Metode yang digunakan untuk melakukan penilaian varian konsep yaitu metode diagram *Scatter* (S).

3.1.8. Membuat Perhitungan dan Analisa Kekuatan

Dalam tahapan ini dilakukan analisa perhitungan pada komponen–komponen yang kritis. Serta dibuatkan analisa kekuatan dan pembebanan alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci.

3.1.9. Membuat Detail Rancangan

Dalam tahapan ini, dilakukan pembuatan gambar draf alat pembengkok dan pengerol pipa serta dilakukan optimasi rancangan beberapa komponen sehingga mendapatkan detail konstruksi yang ringkas dan mudah dalam proses permesinannya. Beberapa komponen dapat ditambahkan atau dikurangi sesuai dengan pertimbangan perancangan dan tingkat kesulitan pembuatan komponen itu sendiri, kemudian dibuatkan proses *assembly* rancangan yang telah dioptimasi.

3.1.10. Penyelesaian

Tahapan penyelesaian yaitu pembuatan gambar kerja, gambar susunan dan simulasi pergerakan beserta langkah-langkah simulasi pada alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci dengan menggunakan *software* solidwork yang diharapkan dapat memberikan informasi tentang fungsi dan kegunaan alat pembengkok dan pengerol pipa ini.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya dengan melakukan survei dan studi literatur baik melalui referensi buku, dan penelusuran di internet. Data yang didapat dari kegiatan tersebut diantaranya tentang jenis pipa yang sering dibengkokkan maupun dirol yaitu pipa galvanis, macam-macam proses pembengkokkan maupun pengerolan pipa yang telah ada, ukuran pipa yang biasa dikerjakan secara manual yaitu 1 inci dan *software* yang digunakan untuk merancang alat pembengkok dan pengerol pipa tersebut.

4.2. Daftar Tuntutan

Daftar tuntutan merupakan hal-hal yang mencakup tuntutan dari penelitian yang harus dicapai atau menjadi batasan maupun acuan dalam merancang. Adapun tuntutan yang diinginkan dalam desain alat pembengkok dan pengerol pipa dengan diameter maksimal 2 inci ini terdiri dari dua jenis tuntutan, yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Daftar Tuntutan

No.	Tuntutan Perancangan	Persyaratan	Tingkat Kebutuhan
1	Fungsi utama	a. Menggunakan tenaga manusia b. Mampu membengkokkan dan mengerol pipa sesuai dengan ukuranya	D D
2.	Proses pembuatan	a. Dapat diproduksi dibengkel PolmanBabel b. Biaya produksi relatif murah c. Menggunakan material yang mudah didapat, murah dan mempunyai sifat mekanis yang baik	D D W

Tabel 4.1 Daftar Tuntutan (Lanjutan)

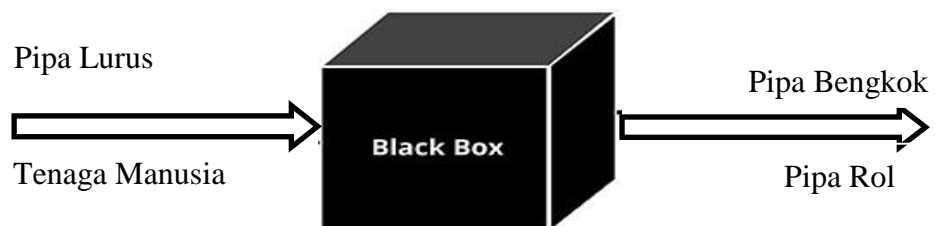
		d. Dimensi alat dengan panjang 700 mm, lebar 700 mm dan tinggi 735 mm	W
3.	Komponen standar	a. 60% menggunakan komponen standar	D
4.	Perakitan	a. Bisa dikerjakan oleh mahasiswa tanpa tenaga ahli	D
5.	Perawatan	a. Biaya perawatan murah b. Perawatan dilakukan berkala c. Perawatan mudah dilakukan	D D W
6.	Ergonomi	a. Warna Menarik b. Tidak bising c. Mudah dioperasikan	W D D
7.	Keamanan	a. Kontruksi harus kokoh b. Tidak menimbulkan polusi	D D
8.	Kinematika	a. Arah putaran bolak balik b. Mekanismenya mudah beroperasi. c. Menggunakan sistem transmisi untuk mendapatkan keuntungan mekanis.	D D D

4.3. Penguraian Fungsi Keseluruhan

Pada tahapan ini dilakukan proses pemecahan masalah dengan menggunakan *black box* untuk menentukan fungsi bagian utama pada alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci.

4.3.1. Diagram Blok Fungsi (*Black Box*)

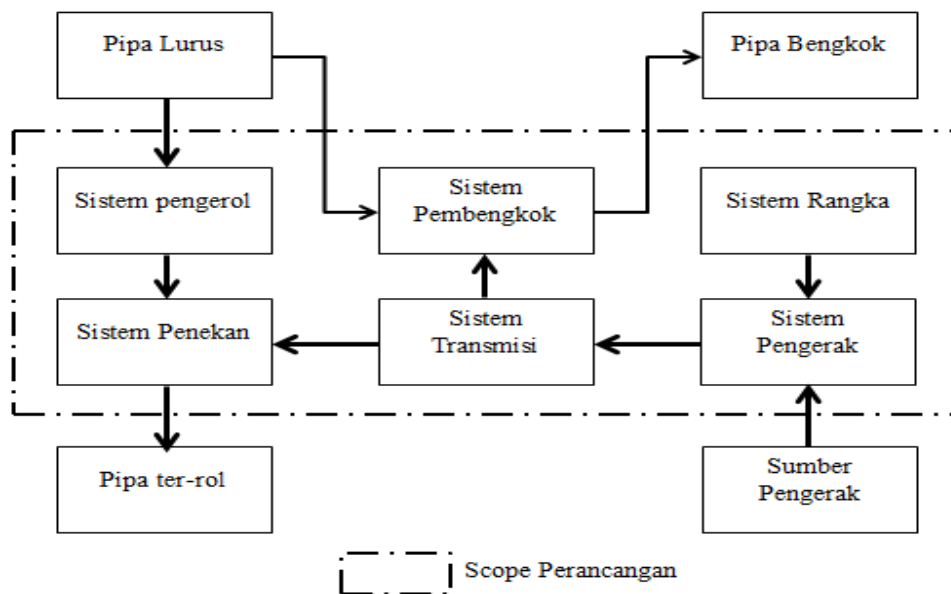
Berikut ini merupakan analisa *black box* pada alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maks 2 inch, yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 *Black Box*

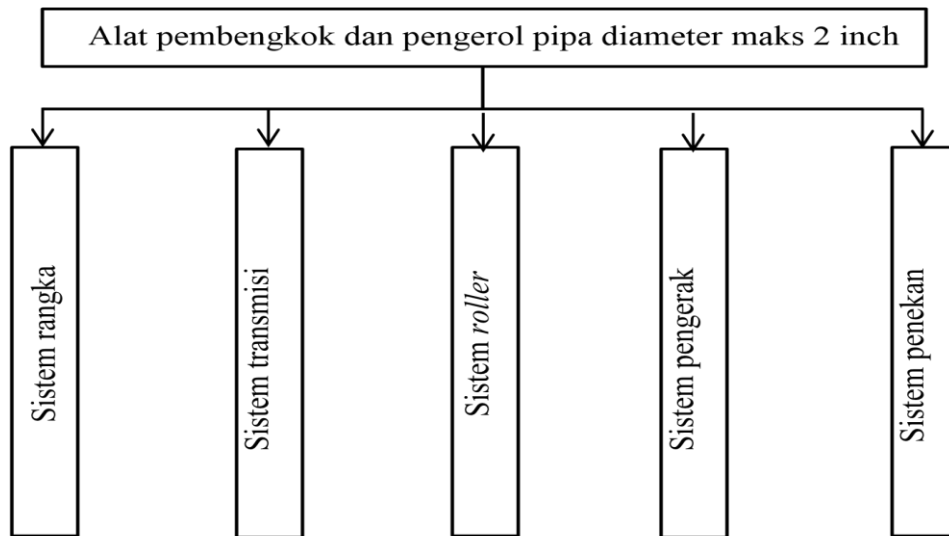
4.3.2. Analisa Fungsi Bagian

Jangkauan desain alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci, menerangkan tentang bagian yang dirancang. Adapun sebelum membuat analisa fungsi bagian, dibuat terlebih dahulu diagram struktur fungsi bagian. Gambar 4.2 menggambarkan diagram struktur fungsi bagian alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci.



Gambar 4. 2 Diagram Analisa Fungsi Bagian

Berdasarkan diagram struktur fungsi bagian di atas, maka selanjutnya akan dibuat analisa fungsi bagian alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci. Adapun diagram analisa fungsi bagian terdapat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Diagram pembagian fungsi bagian

Tahapan ini bertujuan untuk mendiskripsikan tuntutan yang diinginkan dari masing-masing fungsi bagian sehingga dalam pembuatan alternatif fungsi bagian alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci disesuaikan dengan daftar tuntutan. Deskripsi fungsi bagian alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maks 2 inch ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Deskripsi Fungsi Bagian

No.	Subfungsi Sistem	Deskripsi
1	Sistem rangka	Rangka harus mampu menopang keseluruhan berat subsistem lainnya agar kondisi tetap stabil saat dioperasikan.
2	Sistem transmisi	Sistem transmisi dalam hal ini berfungsi sebagai penerus gaya untuk memperkecil gaya yang dikeluarkan oleh operator
3	Sistem <i>roller</i>	Sistem <i>roller</i> berfungsi untuk membengkokkan maupun mengerol pipa agar bisa terproses dengan baik

Tabel 4.2 Deskripsi Subfungsi Bagian (Lanjutan)

4	Sistem penggerak	Sistem penggerak berfungsi untuk menggerakkan subsistem agar proses pembengkokan dan pengerolan bisa terjadi
5	Sistem penekan	Sistem penekan yang dimaksud adalah system untuk menggerakkan system pembengkokan dan pengerolan (<i>roller</i>) agar bisa bergerak maju mundur

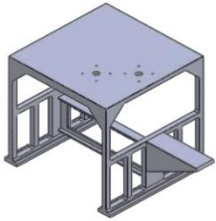
4.4. Alternatif Fungsi Bagian



Adapun fungsi bagian yang telah ditentukan diatas, kemudian dibuat alternatif-alternatif dari setiap fungsi bagiannya. Pemilihan alternatif fungsi bagian disesuaikan dengan deskripsi fungsi bagian (Tabel 4.2) dengan dilengkapi gambar rancangan. Berikut ini adalah beberapa alternatif fungsi bagian yang dirancang untuk alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci

a. Alternatif Fungsi Rangka

Alternatif fungsi rangka yang dapat digunakan untuk alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Alternatif Fungsi Rangka

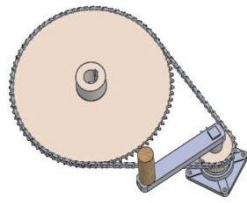
No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
A.1	Rangka cor 	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruksi kokoh • Komponen yang digunakan sedikit • Mampu meredam getaran 	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruksi berat • Pembuatan sulit • Membutuhkan tenaga ahli • Biaya pembuatan mahal

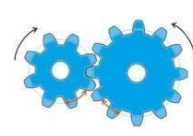
A.2	Rangka dengan profil kotak 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen yang digunakan sedikit • Mampu meredam getaran • Konstruksi cukup ringan 	<ul style="list-style-type: none"> • Sulit dibongkar • Sulit di modifikasi
A.3	Rangka dengan profil I 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah di modifikasi • Mudah dibuat • Mudah dibongkar pasang • Konstruksi murah • Material mudah didapat 	<ul style="list-style-type: none"> • Kemungkinan terjadi pergeseran pada saat proses pengerjaan • Rigiditas rendah • Tidak terlalu kokoh • Sulit di modifikasi

b. Alternatif Fungsi Transmisi

Alternatif fungsi transmisi yang dapat digunakan untuk alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Alternatif Fungsi Transmisi

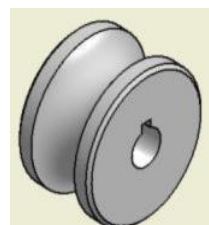
No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
B.1	Rantai sproket 	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat menyalurkan daya yang besar • Perbandingan pitaran tetap 	<ul style="list-style-type: none"> • Suara dan getaran tinggi • Konstruksi cenderung kotor • Perawatan sulit

B.2	<p>Pulley belt</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah diganti jika rusak • Perawatan mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Sabuk mudah putus • Mudah terjadi slip jika beban yang diputar besar
B.3	<p>Roda gigi</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah diterapkan pada konstruksi poros bersilangan • Perpindahan tanpa terjadi slip • Mampu bekerja pada torsi tinggi • Bisa dioperasikan oleh tenaga manusia maupun mesin 	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan sulit • Sulit dibongkar • Jarak terbatas

c. Alternatif Fungsi *Roller*

Alternatif fungsi *roller* yang dapat digunakan untuk alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Alternatif Fungsi *Roller*

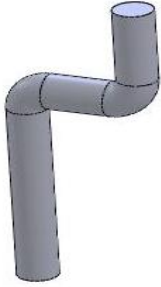
No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
C.1	<p><i>Roller</i> bulat</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Digunakan untuk pipa bulat • Jenis <i>roller</i> ini paling banyak digunakan • Roller jenis ini banyak terdapat dipasaran • Hasil radius untuk pembengkokan maupun pengerolan lebih baik dibandingkan alternatif lainnya 	<ul style="list-style-type: none"> • Proses pembuatan cukup sulit

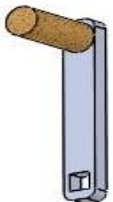
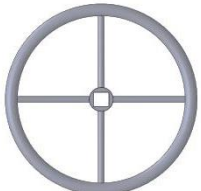
C.2	<p><i>Roller</i> kotak</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Digunakan untuk bahan pipa kotak 	<ul style="list-style-type: none"> Pengerjaan dengan <i>roll</i> ini sedikit karena jenis pipa kotak tidak banyak digunakan
C.3	<p><i>Roller</i> kombinasi</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Menghemat penggunaan roller karena pada satu part terdapat dua alur 	<ul style="list-style-type: none"> Proses pembuatan yang sulit sehingga harus dikerjakan oleh ahli dan butuh ketelitian yang tinggi

d. Alternatif Fungsi Pengerak

Alternatif fungsi *roller* yang dapat digunakan untuk alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Alternatif Fungsi Pengerak

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
D.1	<p>Pemutar dengan poros bengkok</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Lebih menghemat penggunaan biaya karena poros langsung terhubung dengan bantalan Material mudah didapat Untuk gerakan harizontal lebih memudahkan operator dibandingkan alternatif lainnya 	<ul style="list-style-type: none"> Dioperasikan secara manual sehingga tenaga yang dikeluarkan cukup besar


D.2	<p>Engkol Pemutar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Harga murah • Konstruksi ringan 	<ul style="list-style-type: none"> • Dioperasikan secara manual sehingga tenaga yang dikeluarkan cukup besar • Harga cukup mahal
D.3	<p><i>Hand Wheel</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Dioperasikan oleh tangan sebagai beban pemberat agar putaran lebih tahan lama 	<ul style="list-style-type: none"> • Dioperasikan secara manual sehingga tenaga yang dikeluarkan cukup besar • Harga cukup mahal

e. Alternatif Fungsi Penekan

Alternatif fungsi *roller* yang dapat digunakan untuk alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Alternatif Fungsi Penekan

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
E.1	<p>Tuas <i>Power Screw</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Menekan dan mengangkat beban yang berat • Harga cukup murah 	<ul style="list-style-type: none"> • Tenaga yang dikeluarkan pada saat pengoperasian cukup besar
E.2	<p>Dongkrak Hidrolik</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Daya yang dihasilkan lebih besar dibanding alternative lainnya • Tenaga yang dibutuhkan pada saat pengoperasian lebih sedikit 	<ul style="list-style-type: none"> • Harga lebih mahal • Ukuran lebih besar yang membutuhkan tempat yang cukup luas untuk pengikatan

E.3		<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar • Bentuk konstruksi kecil sehingga tidak memerlukan tempat luas untuk pengikatan 	<ul style="list-style-type: none"> • Tenaga yang dikeluarkan pada saat pengoperasian lebih besar
-----	---	--	---

4.5. Varian Konsep

Pada masing-masing alternatif setiap fungsi bagian, dipilih dan digabungkan satu sama lain sesuai dengan hasil penilaian berdasarkan aspek-aspeknya. Kemudian, didapatkan variasi konsep dengan jumlah tiga buah konsep. Ketiga konsep yang dipilih menggambarkan secara keseluruhan alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci. Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk menggabungkan konsep tersebut. Untuk memudahkan dalam penggabungan dapat menggunakan kotak morfologi untuk mengetahui tiap alternatif yang sudah digabungkan menjadi varian konsep. Tabel 4.8 merupakan kotak morfologi untuk penentuan konsep berdasarkan analisa masing-masing alternatif.

Tabel 4. 8 Kotak Morfologi

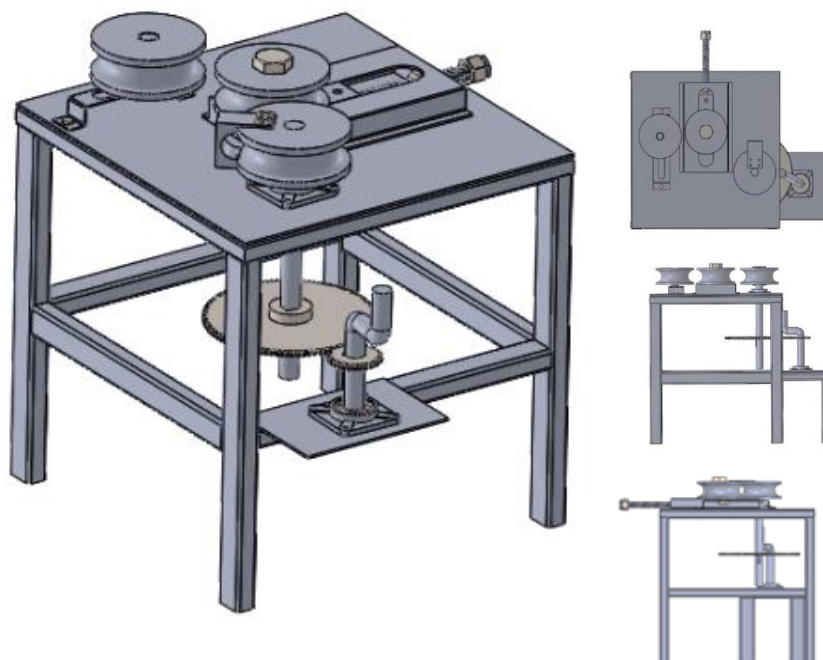
No	Fungsi Bagian	Varian (v) Alternatif Fungsi Bagian		
1	Sistem Rangka	a1	a2	a3
2	Sistem Transmisi	b1	b2	b3
3	Sistem Roller	c1	c2	c3
4	Sistem Pengerak	d1	d2	d3
5	Sistem Penekan	e1	e2	e3
		V1	V2	V3

Dengan menggunakan metode kotak morfologi, alternatif-alternatif fungsi bagian tersebut dikombinasikan menjadi alternatif fungsi keseluruhan. Untuk memudahkan dalam membedakan varian konsep yang telah disusun, maka disimbolkan dengan huruf “V” yang berarti varian.

Dari hasil penentuan varian konsep menggunakan kotak morfologi, diperoleh dua buah varian konsep yang ditampilkan dalam model *3D design*. Setiap kombinasi varian konsep tersebut dideskripsikan sesuai fungsi bagian yang digunakan dengan disertai kelemahan dan kelebihan dari setiap varian konsep tersebut. Berikut ini adalah varian konsep desain alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maks 2 inci yang telah dikombinasikan dengan kotak morfologi. Adapun ketiga varian konsep tersebut diuraikan pada keterangan dibawah ini.

A. Varian Konsep 1

Varian Konsep 1 merupakan kombinasi dari fungsi bagian rangka dengan profil kotak, menggunakan transmisi roda gigi lurus, *roller* alur bulat, dengan penggerak menggunakan profil kotak dan penekan menggunakan *power screw*, seperti terdapat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Varian Konsep 1

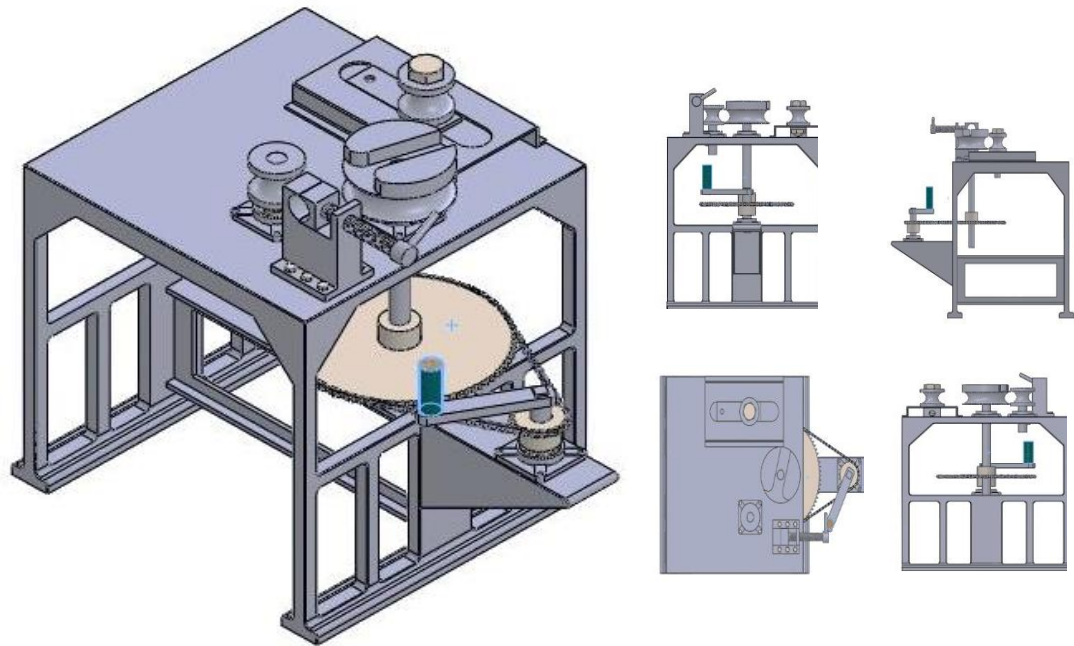
Cara kerja dari alat dari varian konsep ini, pertama pipa lurus dimasukkan ke alur *roller* dan *clamp* (untuk proses pembengkokan) dan untuk proses pengerolan *clamp* diabaikan, kemudian untuk proses pembengkokan putar sistem pengerak sampai bentuk bengkok pipa yang diinginkan dan untuk sistem pengerolan putar sistem pengerak bolak balik kemudian penekan *power screw* diputar.

Adapun keuntungan dan kerugian varian konsep 1, keuntungan varian konsep ini yaitu menggunakan tenaga manusia dan dapat digantikan dengan perangkat lain, konstruksi rangka kokoh, dengan rancangan yang sederhana, mekanisme mudah dioperasikan, menggunakan part-part standar. Disamping itu konstruksi menggunakan transmisi roda gigi untuk mempermudah dalam proses pengerjaan. Sedangkan kerugian dari varian konsep ini adalah Penggunaan biaya mahal karena rangka yang digunakan batang berongga dan pengelasan yang digunakan pengelasan keliling.

B. Varian Konsep 2

Varian Konsep 2 merupakan kombinasi dari fungsi bagian menggunakan rangka cor, sistem transmisi rantai sproket, *roller* kombinasi, tuas pemutar dan sistem penekan menggunakan dongkrak hidrolis, seperti terdapat pada Gambar 4.5.

Adapun keuntungan dan kerugian varian konsep 2, keuntungan varian konsep ini yaitu konstruksi kokoh karena menggunakan rangka besi cor, mudah dioperasikan, menggunakan sistem transmisi roda gigi dan hidrolis agar tenaga yang dikeluarkan sedikit dan gaya tekan yang lebih besar. Sedangkan kerugian di varian konsep ini adalah Pembuatan rangka cor mahal dan membutuhkan waktu yang lama untuk proses pengerjaannya, penggunaan sistem transmisi rantai sproket yang lumayan berat dalam pengerakannya, rangka yang sudah dibuat sulit untuk dimodifikasi sehingga harus berhati-hati dalam perencanaan prosesnya, radius yang dihasilkan hanya radius siku untuk proses pembengkokan.



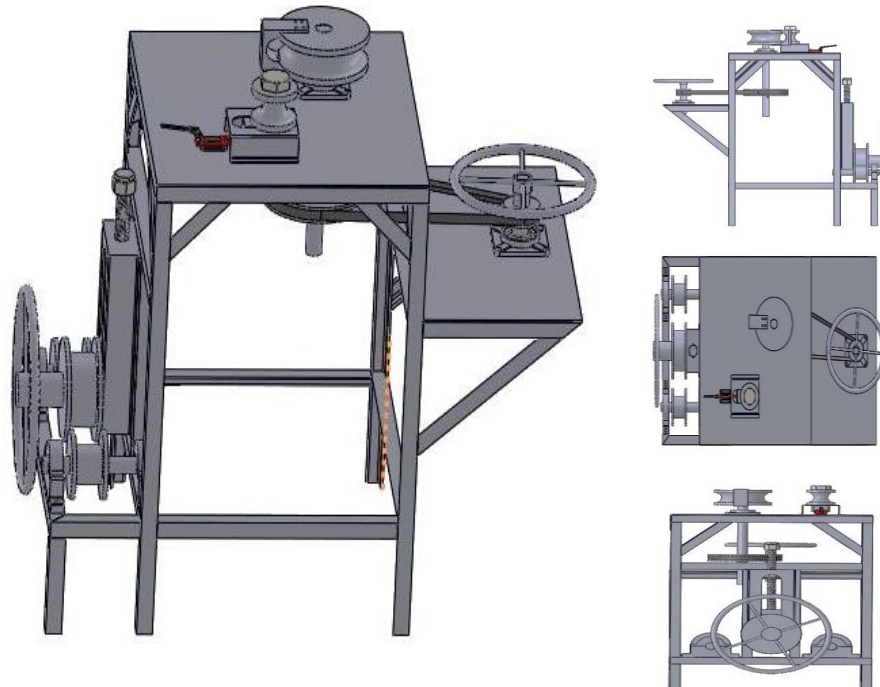
Gambar 4. 5 Varian konsep

Cara kerja dari alat ini adalah pertama untuk proses pembengkokan masukan pipa pada *clamp* dan *roller*, putar rantai sproket menggunakan pemutar tuas dan untuk proses pengerolan masukan pipa pada alur ketiga *roller* setelah itu pipa ditekan oleh dongkrak hidrolik kemudian putar rantai sproket dengan tuas pemutar dilakukan secara bolak balik dan seterusnya sampai hasil *roll* yang diinginkan.

C. Varian Konsep 3

Varian konsep 3 merupakan kombinasi dari fungsi bagian rangka dengan profil L, transmisi pulley belt, *roller* alur kotak, sistem pemutar *hand wheel*, dan sistem penekan *toggle*, seperti yang terdapat pada gambar 4.6 berikut.

Cara kerja alat dari varian konsep ini adalah pertama untuk proses pembengkokan masukan pipa pada *clamp* dan *roller* kemudian putar rantai sproket menggunakan pemutar tuas, untuk proses pengerolan masukan pada ketiga alur *roller* selanjutnya pipa ditekan oleh *toggle*, putar *pulley belt* dengan tuas pemutar *hand wheel* tekan lagi *toggle* kemudian putar rantai dan sproket menggunakan tuas dilakukan secara bolak balik dan seterusnya.



Gambar 4. 6 Varian konsep 3

Adapun keuntungan dan kerugian dari varian konsep ini, keuntungan dari varian konsep ini yaitu menggunakan rangka profil siku yang memudahkan dalam proses *assembly*, tingkat keberhasilan proses sangat tinggi karena sistem pengerolan dan pembengkokan menggunakan sistem roller yang berbeda (terpisah), sistem terpisah memungkinkan dalam satu proses dua sistem yang bekerja. Kemudian kerugian dari varian konsep ini adalah pembuatan alat lebih rumit dan lama, dengan sistem pembengkok dan pengerol yang tidak satu tempat hal tersebut membuat jumlah part-part bertambah seperti *roller* dan pengerak.

4.6. Membuat Simulasi Varian Konsep

Setelah tersusun ketiga varian konsep, dilakukan simulasi *motion study* dengan *software* solidworks 2018. Untuk mengetahui pergerakan setiap varian konsep dan melihat fungsi dari alternatif - alternatif bagian pada varian konsep yang tersusun.

4.7. Penilaian Varian Konsep

Setelah tersusun ketiga varian konsep, penilaian varian konsep dilakukan untuk menentukan varian konsep mana yang akan dipilih untuk masuk ke tahap perancangan. Kriteria aspek penilaian dibagi dua kelompok, yaitu aspek teknik dan aspek ekonomis. Skala penilaian yang diberikan terdapat pada Tabel 2.1.

Hasil penilaian varian konsep dari aspek teknis ditunjukkan pada tabel 4.09.

Tabel 4. 9 Kriteria Penilaian Teknis

No	Aspek yang dinilai	Bobot (%)	VK						Nilai Ideal
			VK 1		VK 2		VK 3		
1	Pencapaian Fungsi	19	3	57	2	38	4	57	4
2	Proses Pembuatan	14	3	41	2	27	3	41	4
3	Optimalisasi Komponen Standar	8	2	16	2	16	2	16	4
4	Perakitan	5	4	22	4	22	4	22	4
5	Perawatan	8	4	32	4	32	4	32	4
6	Keamanan	14	4	54	4	54	4	54	4
7	Ergonomis	14	3	41	2	27	2	27	4
8	Kinematika	14	4	54	3	41	3	41	4
9	Penyimpanan	5	3	16	2	11	3	16	4
Nilai Total				332		268		306	400
Persentase		100,00		83		67		76	100

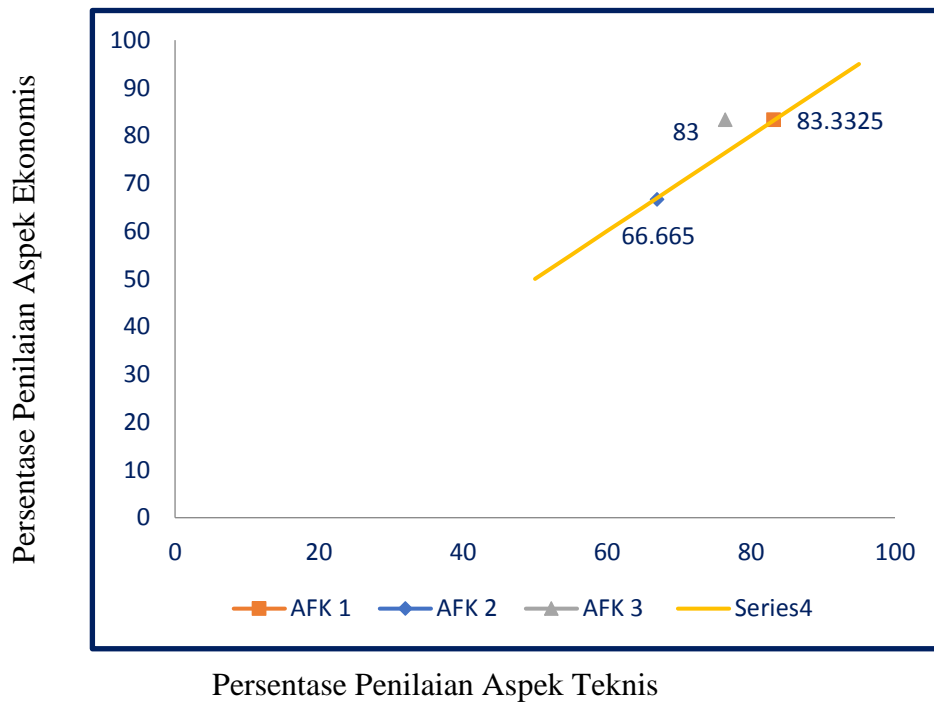
Hasil penilaian varian konsep dari aspek ekonomis ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Kriteria Penilaian Ekonomis

No	Aspek yang dinilai	Bobot (%)	VK						Nilai Ideal
			VK 1		VK 2		VK 3		
1	Biaya Pembuatan	67	3	200	2	133	3	200	4
2	Biaya Perawatan	33	4	133	4	133	4	133	4
Nilai Total				333		300		333	400
Persentase		100		83.3		66.6		83	

Dari penilaian yang telah dilakukan di atas, varian konsep yang dipilih adalah varian dengan penilaian mendekati 100%. Varian konsep yang dipilih

adalah varian konsep 1 dengan persentase aspek teknis sebesar 83% dan aspek ekonomi sebesar 83,33%. Adapun gambar diagram S untuk mengetahui persentase penilaian aspek teknis dan ekonomi seperti terlihat pada Gambar 4.7 .



Gambar 4. 7 Diagram S persentase penilaian aspek teknis dan ekonomis

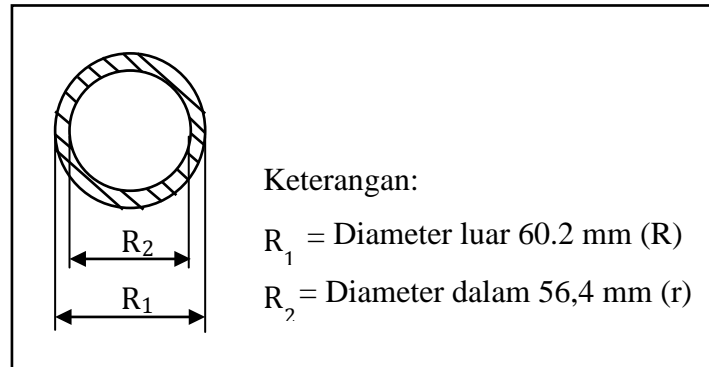
4.8. Perhitungan dan Analisa Kekuatan

4.8.1. Analisis Pipa yang Digunakan

Pipa yang umum digunakan untuk pengerolan pembuatan tralis biasanya adalah pipa galvanis, dikarenakan pipa galvanis mempunyai keuntungan nilai ekonomis yang cukup tinggi dan tahan karat atau korosi. Pipa galvanis pada dasarnya adalah pipa baja yang diproses pelapisan *galvanizing*. *Galvanizing* merupakan suatu metode pelapisan pada baja dengan menggunakan cairan seng untuk melapisi baja. Untuk pengerolan ini dipilih pipa galvanis sebagai perhitungan awal dalam merancang alat/mesin. Jenis bahan dasar pipa adalah baja karbon rendah (*low carbon steel*) dengan unsur karbonnya sekitar $< 0,3\%$. Modulus elastisitas baja (E) adalah 190-210 GPa, Modulus elastisitas geser (G)

adalah 75-80 GPa, dan *poisson's ratio* adalah 0,27-0,30 (Gere dan Timoshenko, 2000:462).

➤ Luas penampang pipa



Gambar 4. 8 Penampang pipa

$$A_1 = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \times (30,1^2)$$

$$= 3,14 \times 906,01$$

$$= 2846,3 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \times (28,2^2)$$

$$= 3,14 \times 795,24$$

$$= 2498,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A_1 - A_2$$

$$= 2846,3 - 2498,3$$

$$= 348 \text{ mm}^2$$

➤ Momen Inersia (I) pada pipa

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

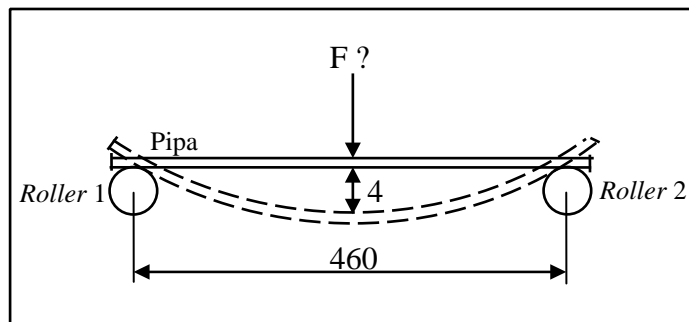
$$= \frac{314}{64} (6,02 \text{ cm}^4 - 5,62 \text{ cm}^4)$$

$$= 0,049 (315.79) = 15,47 \text{ cm}^4.$$

➤ Dalam membengkokan pipa sebesar 4 mm (lihat Gambar 4.10). Diketahui modulus elastisitas (E) : 207 Gpa = 30 Mpsi = 2100.000 kg/cm², maka membutuhkan gaya sebesar:

$$Y_{\text{max}} = \frac{FL^3}{48.E.I} \quad (\text{Sumber: Joseph E, Larry D, Gandhi. H, 1984:470})$$

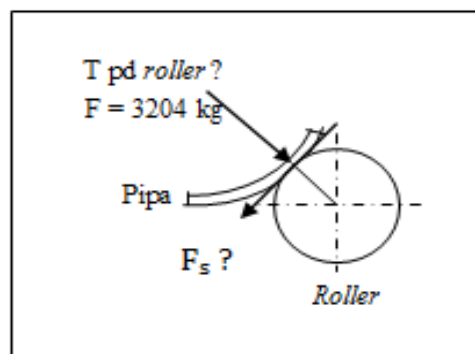
$$\begin{aligned}
 F &= \frac{Y_{max} \cdot 48 \cdot E \cdot I}{L^3} \\
 &= \frac{0.4 \times 48 \times 2100000 \times 15.47}{46^3} \\
 &= 7183.56 \text{ kg} \\
 &= 6408 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 8 Gaya pembebanan pada pipa

- Torsi pada *roller*

Untuk menghitung besarnya torsi pada *roller* maka terlebih dahulu mengetahui gaya gesek antara *roller* dengan pipa (baja dengan baja). Diketahui besarnya gaya (F) pada pipa 3204 kg, maka besarnya torsi pada *roller* adalah:



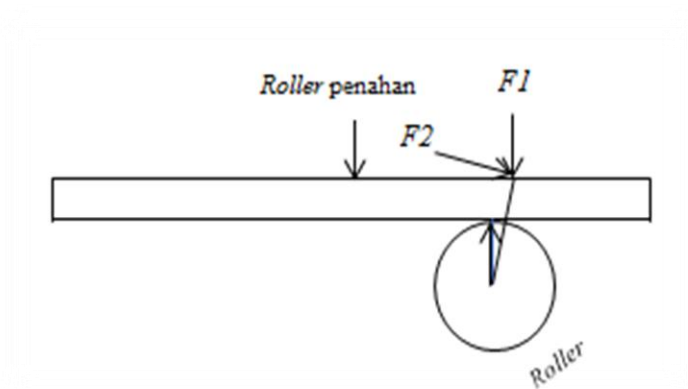
Gambar 4. 9 Torsi *roller*

$$\begin{aligned}
 F_s &= F \times \mu \\
 &= 3204 \times 0.74 \\
 &= 2371.04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= F_s \times r \\
 &= 2371.04 \times 0.1 \\
 &= 237.1 \text{ kg.m} = 2325,15 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

➤ Dalam membengkokkan pipa sebesar 1 mm (lihat gambar 4.10), maka membutuhkan gaya sebesar :

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{Y_{max} \cdot 48 \cdot E \cdot I}{L^3} \\
 &= \frac{0.1 \times 48 \times 2100000 \times 15.47}{23^3} \\
 &= 12816 \text{ kg} \\
 &= 125682.03 \text{ N} \longrightarrow F1
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 10 Diagram benda bebas sitem pembengkok

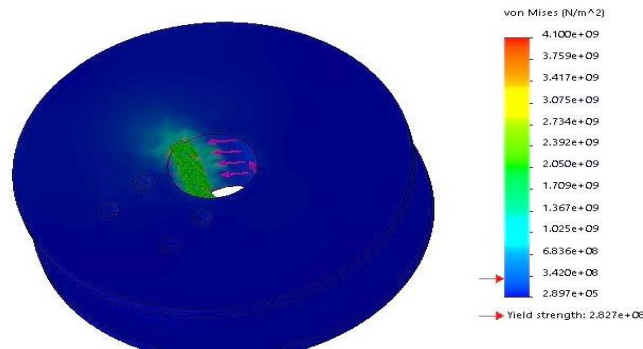
$$\begin{aligned}
 F2 &= \cos 78^\circ \times F1 \\
 &= \cos 78^\circ \times 125682.03 \\
 &= 26130.76 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Torsi pada *roller*

Diketahui (r) = jarak antara titik sumbu *roller* ke titik gaya $F2$ sebesar 163,76
maka :

$$\begin{aligned}
 T &= F2 \times r \\
 &= 26130.76 \times 0.163 \\
 &= 4259.3 \text{ N.m} \\
 &= 434327.72 \text{ kg.mm}
 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan simulasi pembebanan untuk *roller* menggunakan *software* Solidworks.



Gambar 4. 11 Simulasi pembebanan *roller*

Berdasarkan *software*, tegangan yang terjadi sebesar $4.100e^{+09}$ N/mm² atau sama dengan 33222.64 N/mm².

Jadi setelah dilakukan perhitungan manual menggunakan *software* dapat disimpulkan bahwa *roller* aman menerima torsi sebesar 4259.3 N.m

- Perbandingan torsi manusia dengan torsi alat pembengkok dan pengerol pipa diketahui gaya manusia (F) sebesar 400 N jarak pemutar (r) sebesar 20 cm, maka:

$$T_m = 400 \times 0.3$$

$$= 120 \text{ N.m}$$

- Maka didapat perbandingan torsi manusia dengan torsi sistem pembengkok (dipilih karena nilai torsi pembengkok lebih besar)

$$T_m : T$$

$$120 \text{ N.m} : 4259.3 \text{ N.m}$$

$$1 : 35$$

4.8.2. Perhitungan Pada Poros

- Bahan poros

Bahan poros yang digunakan adalah *St 60* dengan kekuatan tarik (σ_B) sebesar 60 kg/mm².

Sehingga :

Faktor keamanan yang tergantung pada jenis bahan (Sf_1) yang diambil adalah 6 (untuk bahan St 37)

Faktor keamanan yang tergantung pada bentuk poros (Sf_2) adalah 2 (dengan alur pasak)

Faktor koreksi untuk momen puntir (K_t) adalah 1

Faktor lenturan (C_b) adalah 2

➤ Tegangan geser yang diijinkan (τ_a):

$$\begin{aligned}\sigma_a &= \frac{\sigma_b}{(Sf_1)(Sf_2)} \\ &= \frac{60}{(6)(2)} = 5 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

Keterangan:

σ_B = Kekuatan tarik (kg/mm^2)

Sf_1 = Faktor keamanan yang tergantung pada jenis bahan

Sf_2 = Faktor keamanan yang bergantung dari bentuk poros, harganya berkisar antara 1,3 – 3,0.

➤ Diameter poros

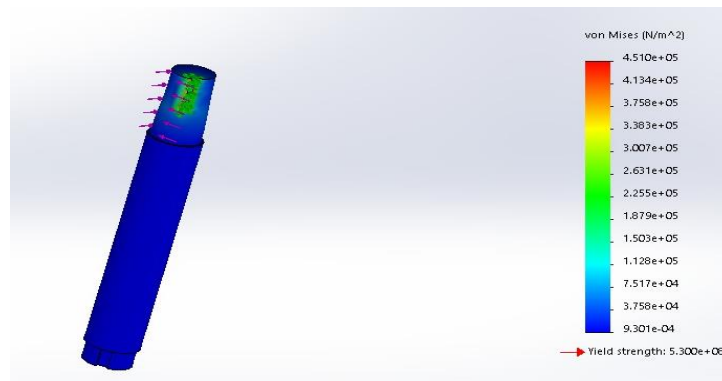
Diketahui:

- $C_b = 1$
- $K_t = 1$
- $T = 7674.25 \text{ N.m}$
- $\sigma_a = 5 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$

Rumus :

$$\begin{aligned}d_s &= \left(\frac{5,1}{\sigma_a} K_t \cdot C_b \cdot T\right)^{\frac{1}{3}} \\ &= \left(\frac{5,1}{5} 1.1.434327.72\right)^{1/3} \\ &= 76 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berikut ini merupakan simulasi pembebanan pada poros menggunakan *software* Solidworks



Gambar 4. 12 Simulasi pembebanan pada poros

Berdasarkan *software*, tegangan maksimal yang terjadi sebesar $4,510 \times 10^5$ N/mm² atau sama dengan 669,343 N/mm²

Jadi setelah dilakukan perhitungan manual maupun menggunakan *software* dapat disimpulkan bahwa poros dengan diameter 45 mm aman jika diberi torsi 4259.3 N.m

4.8.3. Analisa Pipa Galvanis Ukuran dibawah 2 Inchi

Karena untuk proses pembengkokan pipa dengan ukuran pipa 2 inch sulit dilakukan dan harus menggunakan pemanasan terlebih dahulu maka dilakukan perhitungan untuk pipa ukuran dibawah 2 inch untuk mengetahui sampai ukuran berapa inch alat ini bisa membengkokan pipa galvanis, berikut ini tabel 4.12.

Tabel 4. 11 Standar Pipa Galvanis dan Perhitungan

Diameter pipa (Inch)	Ukuran	Momen inersia pipa (cm ⁴)	Gaya (N)	Torsi (N.m)	Tm : T	D poros
1/2	21.4 mm, 2 mm	0,578	976,68	159,2	1:1,33	25
3/4	26,9 mm, 2 mm	1,22	2059,4	335,68	1:2.8	32
1	33,8 mm, 2 mm	2,53	4275,1	696.84	1:5,8	45
1 1/4	42,5 mm, 2 mm	5.23	8837,44	1440,5	1:12	53
1 1/2	48.4 mm, 2 mm	7.86	13281,5	2164,8	1:18	60


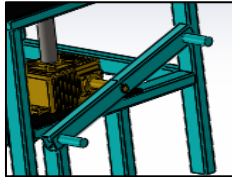
4.9. Detail Rancangan

Setelah melakukan perhitungan dan analisa kekuatan maka dilakukan optimasi pada beberapa alternatif fungsi dengan tujuan memperoleh rancangan alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maks 2 inch yang ideal kemudian dibuat gambat *draft* (terlampir). Uraian singkat mengenai optimasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.13.

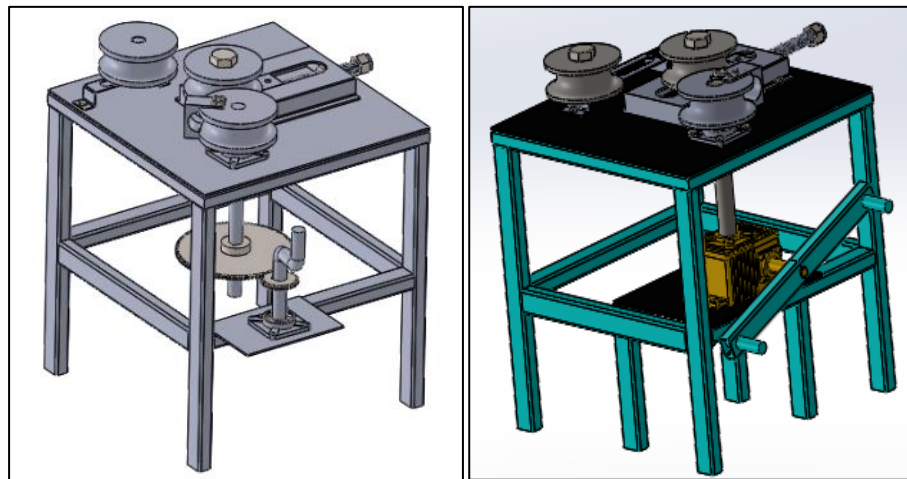
Tabel 4. 12 Optimasi Varian Konsep

No	Fungsi	Kondisi		Keterangan
		Sebelum	Setelah	
1	Roda gigi			<p>Sistem transmisi roda gigi yang dipilih adalah reducer dengan penerapan roda gigi cacing yang diharapkan mampu mereduksi putaran yang tinggi dan rasio yang besar, dengan bentuk yang lebih kecil dari pada menggunakan roda gig lurus. Selain itu menggunakan reducer lebih menguntungkan karena pada awalnya sistem pemutar digerakan harizontal tetapi dengan menggunakan reducer sistem sistem pengerak digerakan secara vertikal sehingga lebih mempermudah operator dalam mengoperasikan alat.</p>

Tabel 4.13 Optimasi Varian Konsep (Lanjutan)

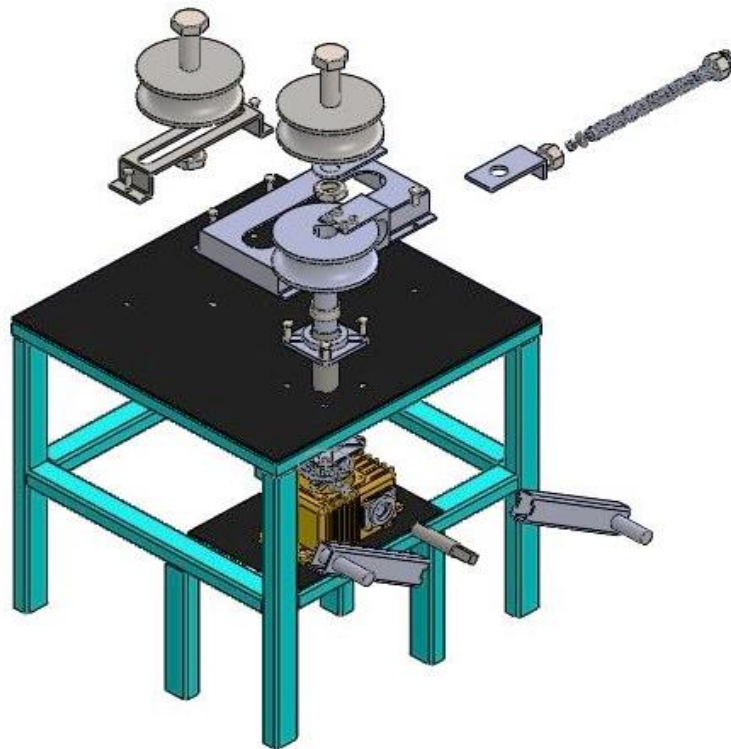
2	Pengerak			<p>Sistem pemutar yang kepilih adalah pemutar dengan menggunakan besi profil kotak dengan memanfaatkan hasil pembuatan rangka, kemudian arah putaran yang awalnya horisontal menjadi vertikal karena menggunakan reducer horisontal, pemutaran vertikal mempermudah operator dalam melakukan pekerjaan dibandingkan arah mutar horisontal.</p>
---	----------	---	--	--

Berikut ditunjukkan gambar assembly sebelum dan sesudah dioptimasi pada Gambar 4.13



Gambar 4. 13 Gambar assembly sebelum dan sesudah optimasi

Adapun proses *assembly* rancangan alat pembengkok dan pengrol pipa diameter maksimal 2 inci yang telah dioptimasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Gambar Proses *Assembly*

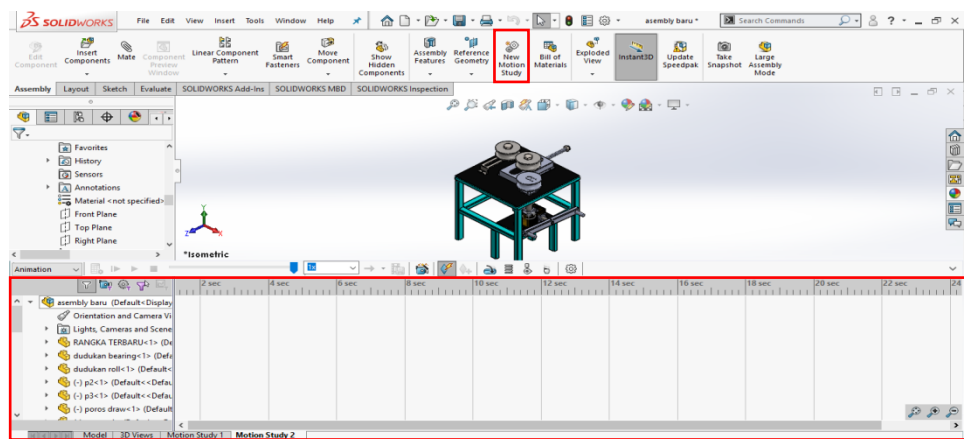
Urutan *assembly* pada rancangan yang telah di optimasi adalah yang pertama *assembly* rangka, kemudian *assembly* reducer danudukan yang diikat oleh baut, kemudian *assembly* bearing pada meja dan diikat menggunakan baut, kemudian poros di *assembly* pada bearing meja dan bearing pada reducer kemudian masuk kedalam alur roda gigi pada reducer kemudian dikunci agar poros bisa meneruskan putaran yang dihasilkan oleh roda gigi pada reducer, kemudian pasang poros pemutar pada bearing dan dan roda gigi yang terdapat pada reducer agar poros pemutar bisa meneruskan putaran terhadap roda gigi pada reducer, kemudian *assembly* pemutar besi kotak pada bagian poros pemutar yang berbentuk persegi, kemudian *assembly*udukan penekan danudukan penahan pada meja yang diikat menggunakan baut, kemudian pasang *roller* pembengkok pada poros utama kemudian pasang *clamp* pada *roller* pembengkok, kemudian pasang *roller* padaudukan penekan yang diikat menggunakan baut kemudian di pasang *power screw* dan selanjutnya *roller* di *assembly* denganudukan penahan yang diikat dengan baut.

4.10. Penyelesaian


Rancangan alat yang telah dioptimasi kemudian dibuat gambar susunan dan gambar bagian (terlampir), dengan menggunakan *software* solidworks yang diharapkan dapat memberikan gambaran fungsi alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci.

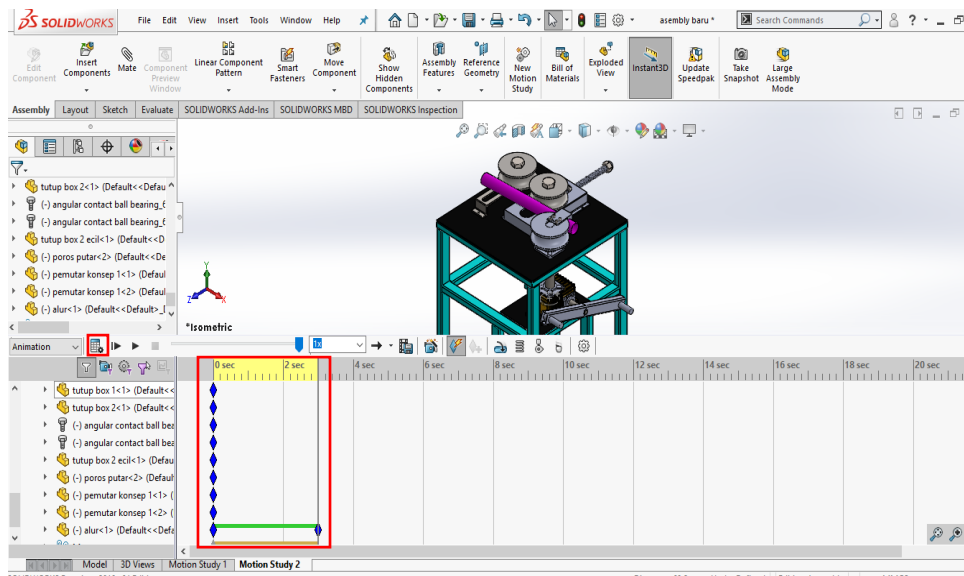
Langkah- langkah dalam pembuatan simulasi alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci adalah sebagai berikut:

1. Buka Part *Assembly* yang akan disimulasikan, kemudian klik 'New Motion Study' pada tool bar lalu akan muncul bar di bagian bawah layar seperti pada Gambar 4.15.




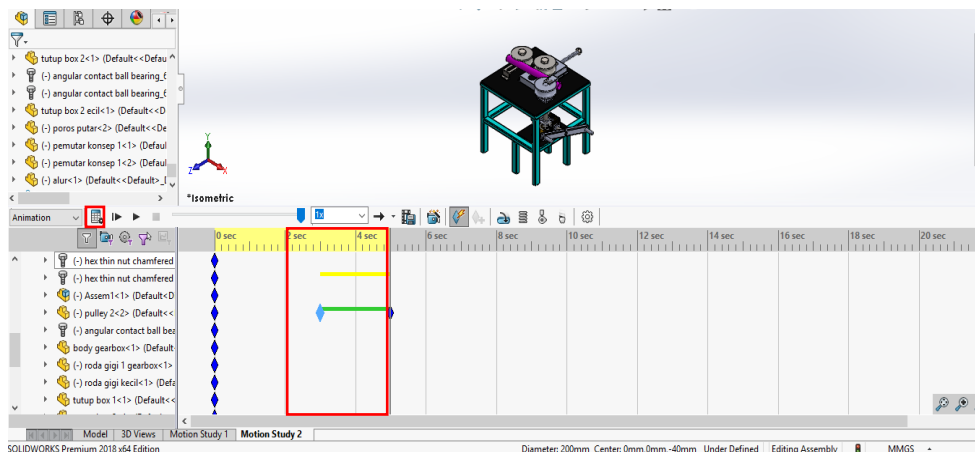
Gambar 4. 15 Langkah 1 Simulasi Pembengkokan

2. Tarik *Key Time* ke menit 2,5 sec untuk memulai gerakan, kemudian geser pipa satu sumbu dengan clamp, kemudian klik calculate , seperti pada Gambar 4.16.




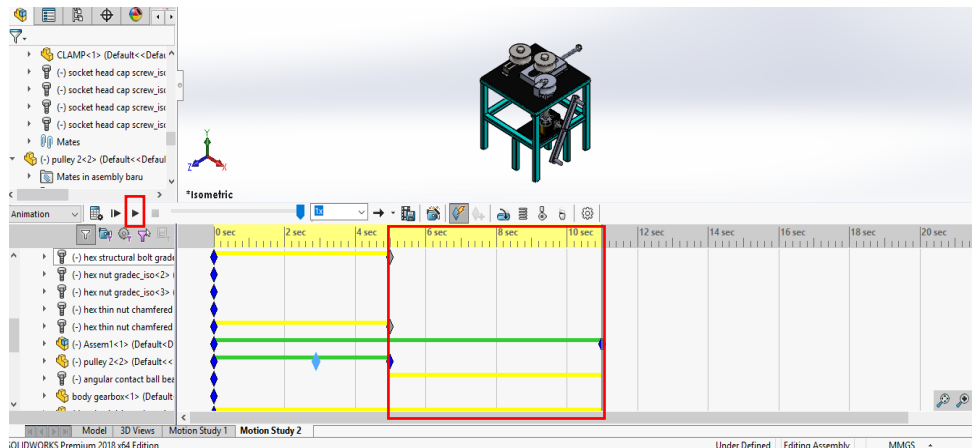
Gambar 4. 16 Langkah 2 Simulasi Pembengkokan

3. Lanjutkan pergerakan kedua, tarik *key time* ke 4 sec kemudian gerakkan roller penahan untuk penahan pipa lalu klik calculate . Seperti pada Gambar 4.17.





Gambar 4. 17 Langkah 3 Simulasi Pembengkokan

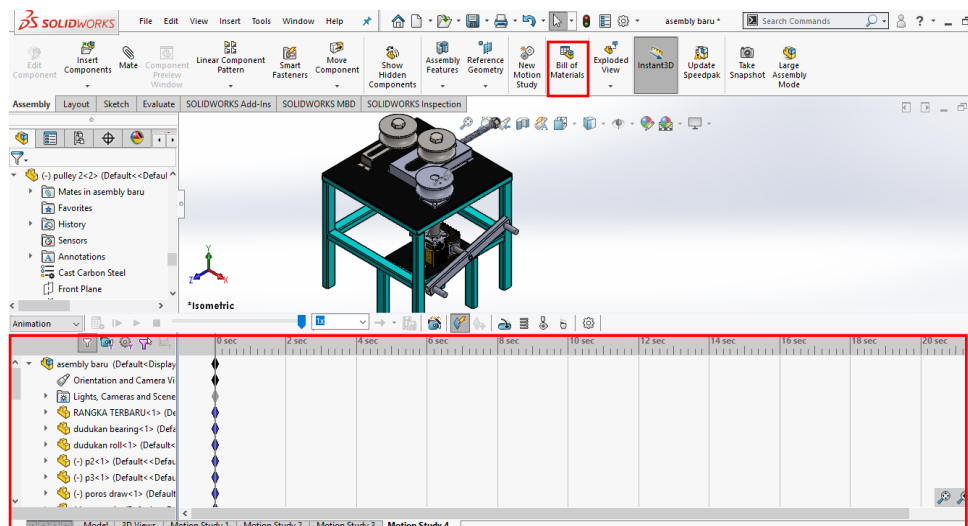
4. Geser *key time* ke 10,5 sec kemudian putar roller pembengkok 180° lalu klik calculate . Seperti Gambar 4.18.




Gambar 4. 18 Langkah 4 Simulasi Pembengkokan

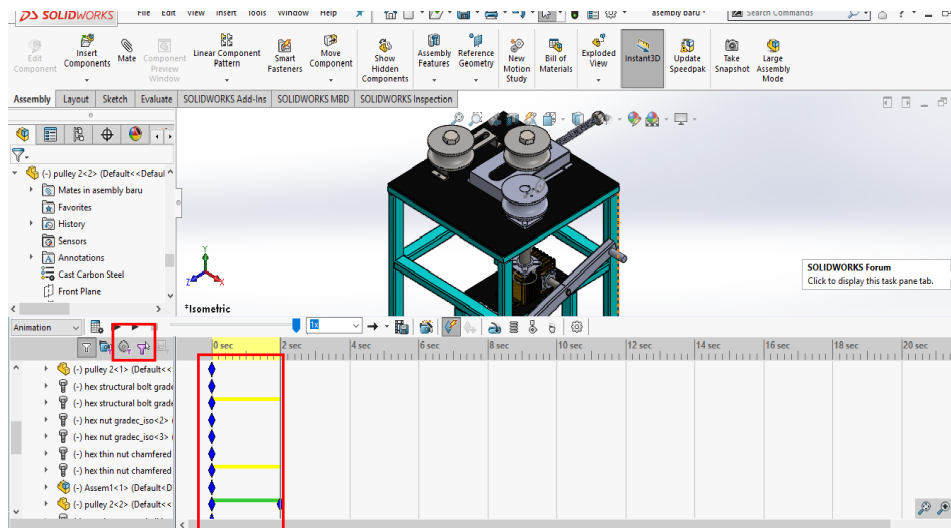
5. Jika sudah selesai, klik *save animation*  dan video simulasi akan tersimpan dalam format .avi.

6. Untuk proses pengerolan buka *file assembly* kemudian suppress part clam dan pengikat clamp. Lalu klik *new motion study*  pada tool bar, seperti Gambar 4.19.




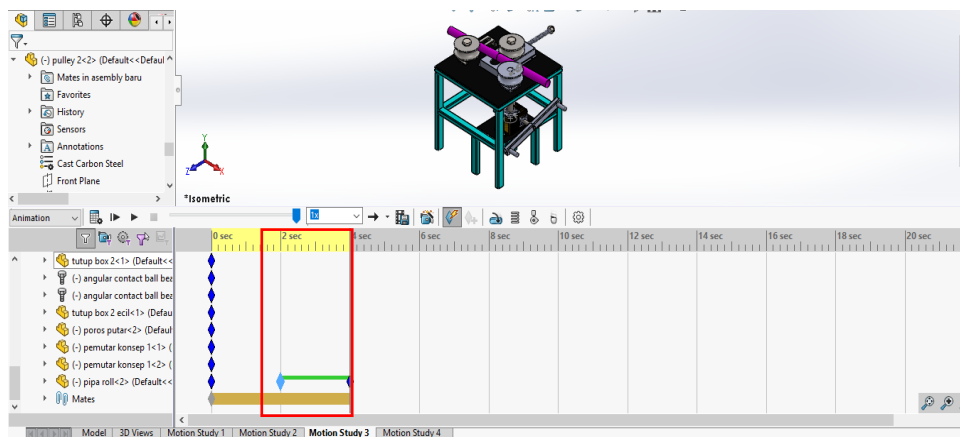
Gambar 4. 19 Langkah 1 Simulasi Pengerolan

7. Geser *key time* ke 2 sec kemudian arahkan *roller* penekan sejajar dengan *roller* pemutar, lalu klik *calculate*  seperti pada Gambar 4.20.




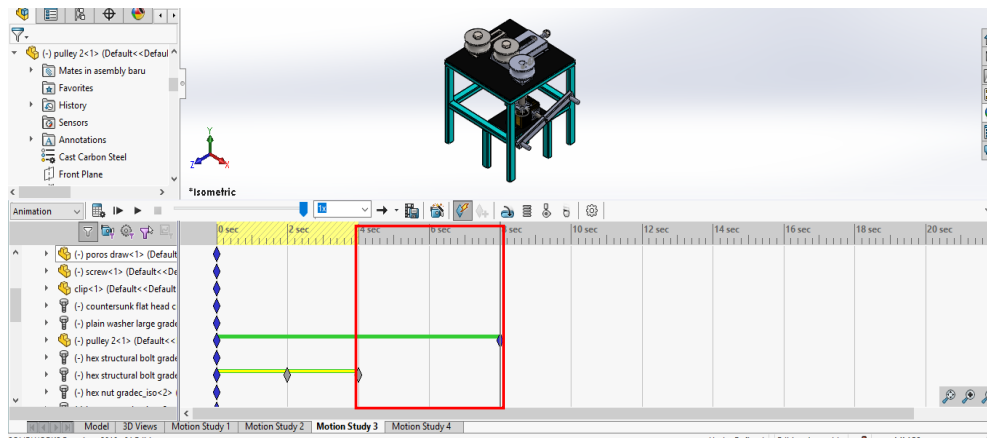
Gambar 4. 20 Langkah 2 Simulasi Pengerolan

8. Geser *key time* ke 4 sec kemudian masukkan pipa, lalu klik *calculate* , seperti pada Gambar 4.21.




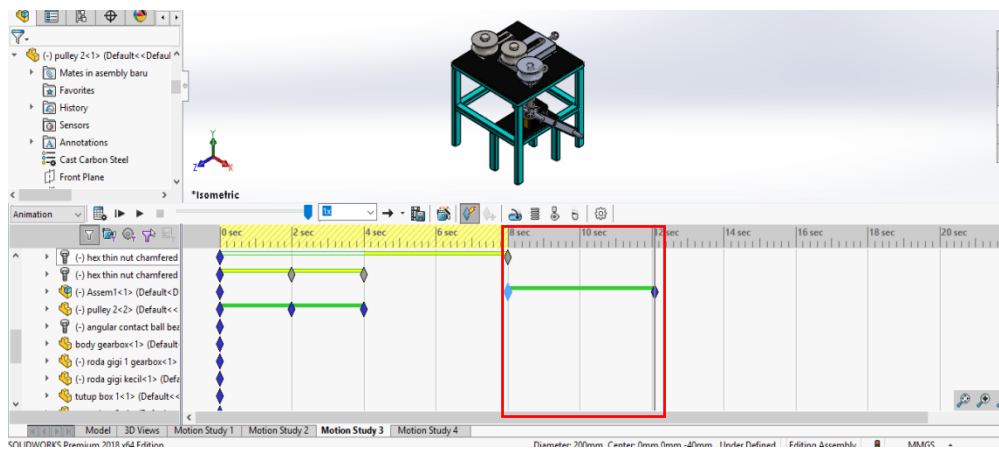
Gambar 4. 21 Langkah 3 Simulasi Pengerolan

9. Suppress pipa kemudian arahkan *key time* ke 8 sec, geser *roller* penekan sejauh 230 mm ke bawah lalu klik *calculate* , seperti pada Gambar 4.22.




Gambar 4. 22 Langkah 4 Simulasi Pengerolan

10. Geser *key time* ke 12 sec kemudian putar 360° *roller* pemutar bolak-balik lalu klik *calculate* , seperti gambar 4.23.



Gambar 4. 23 Langkah 5 Simulasi Pengerolan

11. Jika sudah selesai membuat semua pergerakan simpan simulasi dengan klik *save animation*  vidio simulasi akan tersimpan dalam format .avi.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat dari desain alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ini sebagai berikut:

1. Perancangan dengan metode VDI 2222 sangat sesuai dan mempercepat proses perancangan sehingga didapat desain alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci.
2. Alat pembengkokan dan pengerol pipa ini dibuatkan simulasi pergerakan untuk melihat cara kerja alat dengan menggunakan *motion study* pada *software* solidworks 2018.
3. Torsi yang diperlukan untuk mengerol sebesar 2325,15 N.m dan untuk membengkok pipa 2 inci diperlukan torsi 4259.3 N.m, setelah dilakukan perhitungan ukuran pipa yang bisa dibengkokkan dengan alat ini adalah pipa galvanis berukuran 1 inci. Rangka mesin terbuat dari bahan dasar besi kotak berukuran 60 mm x 40 mm x 3,2 mm dengan jenis baja *St* 42. Bahan dasar poros menggunakan besi *As St* 60 dengan ukuran diameter 45 mm. Dengan dimensi alat 700 mm x 700 mm x 735 mm.

5.2. Saran

Perancangan alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu diharapkan nantinya alat ini dapat disempurnakan lagi di kemudian hari. Adapun beberapa saran untuk langkah pengembangan dan penyempurnaan alat/mesin ini sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan pembengkokan dan pengerolan yang baik dan sempurna alat ini diperlukan tambahan komponen yaitu alat yang mampu mengukur radius lingkaran sewaktu proses pengerolan.
2. Dibutuhkan *software* lain yang bisa membuat simulasi dari pipa lurus hingga pipa bengkok.

3. Untuk mengurangi gaya yang dikeluarkan bisa diminimalisir dengan menambah panjang pemutar dan memperkecil *roller*.
4. Diperlukan penekan otomatis untuk penekananya agar lebih mudah dalam pengoperasian alat pembengkok dan pengerol pipa diameter maksimal 2 inci ini.
5. Untuk mempermudah dan mempercepat pekerjaan sebaiknya alat ini di inovasi dengan menggunakan motor.
6. Agar dapat membengkok dan mengerol maka dianjurkan material poros yang lebih kuat, ulet dan tidak mudah berubah bentuk.
6. Untuk proses pengerolan pipa diameter maksimal 2 inci bisa dilakukan dengan alat ini, namun untuk proses pembengkokan harus dilakukan pemanasan terlebih dahulu karena gaya yang dikeluarkan untuk proses pembengkokan terlalu besar untuk dikerjakan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Asep Indra Komara, S. (2014). Aplikasi Metoda VDI 2222 Pada Proses Perancangan Welding Fixture Untuk Sambungan Cerobong Dengan Teknologi CAD/CAE. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cylinder, Vol. 1 No. 2*, 1-8. Bandung
- Batan, I. M. (2007). Pengembangan Produk 1. *Diktat Kulia, ITS*. Surabaya
- Childs, P. R. (2014). *Mechanical Design Engineering Handbook*. Elseiver. Amsterdam.
- Fajrian, A. F. (2018). Rancang Bangun Mesin Bending Pipa Dengan (Studi Kasus Diameter Pipa 1 1/4 Inchi Pada Jenis Pipa Welded Ketebalan 1,2 mm). *Tugas Akhir Universitas Diponegoro*.
- Fauzan. (2010). Roll Bending Pipa Untuk Pembuatan Rangka Canopy. *Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya*.
- Gere, J. M. (2000). Dalam *Mekanika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Hermawan, N. (2014). Perancangan Mesin Roll Pipa Untuk Kebutuhan Laboraturium Teknik Produksi. *Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung*.
- Jarwo, P. (2006). *Elemen Mesin Dasar*. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNY. Yogyakarta
- Mustaqim, A. (2012). Perancangan Alat Pengerol Pipa. *Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Rahman, A. S. (2017). Pembuatan Alat Pengerol Pipa 1 inch Dengan Diameter 500 MM. *Laporan Proyek Akhir Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung*.
- Rohim, M. C. (2015). Rancang Bangun Mesin Pengerol Plat Bergelombang. *Jurnal Rekaya Mesin, 2(02)*.
- Ruswandi, A. (2008). *Metoda Perancangan 1*. Politeknik Manufaktur Bandung. Bandung.

- Shobirin, E. N. (2017). Rancang Bangun Alat Bending Kaki Kursi Material Pipa Diameter 3/4 Inch. *Laporan Akhir Politeknik Negeri Sriwijaya*. Palembang.
- Sudiro, S. (2018). Optimasi Rancang Bangun Alat Bantu Perakitan Presstool Dengan Metode Pendekatan Sistematis. *Jurnal Ilmiah Teknobiz Vol. 2 No. 1*.
- Sularso, K. S. (1994). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT Pradnya Paramita. Jakarta
- Sularso, K. S. (2008). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT Pradnya Paramita. Jakarta
- Ulrich, K. T. (1995). *Desain dan Pengembangan Produk*. *Mc Graw Hill, inc.*



Lampiran 1

Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Wahyu Putra Aji
Tempat & tanggal lahir : Tanjung Tinggi, 9 Agustus 1998
Alamat rumah : Tanjung Tinggi Rt 04 Rw 01
Sijuk, Belitung
Telp : -
Hp : 082120951627
Email : wahyu9865@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 14 Sijuk	2004-2010
SMP Negeri 1 Sijuk	2010-2013
SMA Negeri 1 Sijuk	2013-2016
D-III POLMAN BANGKA BELITUNG	2016-sekarang

3. Pendidikan Non Formal

.....
.....
.....

Sungailiat, 6 Agustus 2019

Wahyu Putra Aji

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Yuni
Tempat & tanggal lahir : Batam Riau, 23 Maret 1998
Alamat rumah : Kp Pulau Riau, Rt 04 Rw 01
Air Jukung, Belinyu
Telp : -
Hp : 083175457328
Email : yuni67615@gmail.com
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 6 Belinyu	2004-2010
SMP Negeri 1 Belinyu	2010-2013
SMK YPN Belinyu	2013-2016
D-III POLMAN BANGKA BELITUNG	2016-sekarang

3. Pendidikan Non Formal

.....
.....
.....

Sungailiat, 6 Agustus 2019

Yuni



Lampiran 2

Tabel Standar Penilaian Teknis Dan Ekonomis

Tabel Standar Kriteria Penilaian Aspek Teknis

No.	Aspek yang dinilai	Kriteria Penilaian			
		1	2	3	4
1	Pencapaian Fungsi	alat tidak mampu membengkokkan maupun mengerol dengan baik sehingga produk yang dihasilkan tidak sempurna	alat hanya mampu membengkokkan tetapi tidak dengan pengerolan maupun sebaliknya	alat mampu membengkokkan dan mengerol tapi produk yang dihasilkan tidak sempurna	Alat ini mampu membengkokkan dan mengerol pipa sesuai dengan ukuranya dan menghasilkan produk yang baik
2	Proses Pembuatan	Banyak part yang tidak dapat dikerjakan dengan mesin yang terdapat di Bengkel Polman Negeri Babel	Sedikit part yang dapat dikerjakan dengan mesin yang terdapat di Bengkel Polman Negeri Babel tetapi menggunakan tenaga ahli khusus	Banyak part yang dapat dikerjakan dengan mesin yang terdapat di Bengkel Polman Negeri Babel tetapi menggunakan tenaga ahli khusus	Banyak part yang dapat dikerjakan dengan mesin yang terdapat di Bengkel Polman Negeri Babel tanpa menggunakan tenaga ahli khusus
3	Optimalisasi Komponen Standar	Penggunaan komponen standar antara 1-50%	Penggunaan komponen standar antara 51-70%	Penggunaan komponen standar antara 71-85%	Penggunaan komponen standar antara 86-100%
4	Perakitan	Sulit dalam perakitan	Perakitan perlu	Perakitan oleh	Perakitan mudah

			menggunakan alat khusus	tenaga ahli	tanpa menggunakan tenaga ahli dan alat khusus
5	Perawatan	Perawatan dilakukan setiap 1 bulan sekali	Perawatan dilakukan setiap 2 bulan sekali	Perawatan dilakukan setiap 3 bulan sekali	Perawatan dilakukan setiap 6 bulan sekali
6	Keamanan	Membahayakan operator dan orang lain pada saat digunakan dan disimpan	Membahayakan operator pada saat digunakan	Tidak membahayakan operator pada saat digunakan	Tidak membahayakan pada saat disimpan dan digunakan
7	Ergonomis	Operator memerlukan alat khusus untuk memindahkan alat, ukuran alat yang lebar sehingga memerlukan tempat yg luas, dikerjakan oleh dua orang operator	Operator memerlukan alat khusus untuk memindahkan konstruksi, ukuran alat yang tidak terlalu besar dan dikerjakan oleh dua orang operator	Operator mengalami kesulitan dalam memindahkan alat ini, ukuran alat yang tidak terlalu besar dan dikerjakan oleh satu orang operator	Operator tidak mengalami kesulitan dalam memindahkan alat ini, tidak memerlukan tempat luas dan lebar karena ukuran alat ini tidak terlalu besar, bisa dikerjakan oleh satu orang operator
8	Kinematika	Arah putaran searah, sistem transmisi susah sulit dioperasikan	arah putaran bolak balik tetapi susah dilakukan karena	Arah putaran bisa bolak balik, tetapi untuk sistem	Arah putaran bisa bolak balik, mudah dioperasikan dan

		menggunakan tenaga manusia	sistem transmisi yang berat	transmisi susah dilakukan menggunakan tenaga manusia	sistem transmisi yang digunakan bisa mengurangi gaya yang dikeluarkan
9	Penyimpanan	Susah dipindahkan dan memerlukan alat khusus	Susah dipindahkan dan tidak memerlukan alat khusus	Mudah dipindahkan tetapi masih menggunakan alat bantu dalam proses penyimpanan	Mudah dipindahkan tanpa alat khusus

Tabel Standar Kriteria Penilaian Aspek Ekonomis

No.	Aspek yang dinilai	Kriteria Penilaian			
		1	2	3	4
1	Biaya Pembuatan	Harga produksi lebih dari 5 juta rupiah	Harga produksi 3 - 5 juta rupiah	Harga produksi 1 - 3 juta rupiah	Harga produksi kurang dari 1 juta rupiah
2	Biaya Perawatan	Diatas 1 juta per tahun	Antara 500 ribu - 1 juta per tahun	Antara 100-500 ribu per tahun	Kurang dari 100 ribu per tahun



Lampiran 3

Standar – Standar Yang Digunakan

Lampiran 4. Baja konstruksi umum menurut DIN 17100

Simbol dengan grup kualitas	Type deoksidasi	No. bahan	Jenis baja menurut EURONORM 2.5	Kadar C (%)	Kekuatan		Penggunaan		
					σ_B sampai 100 mm ϕ (N/mm ²)	σ_s min (N/mm ²)	σ_s min (N/mm ²)	δ_5 min (%)	HB
St 33-1		1.0033	Fe 33-0	—	340...490	190	18	—	Untuk bagian tanpa beban khusus
St 33-2		1.0035	—	—	340...490	190	18	—	
St 34-1	U	1.0100	Fe 34-A	0,17	330...410	200	28	95...120	Baja tempa, mudah dikerjakan, baik untuk paku keling dan sekrup, pelat ekstrusi dan pipa.
St 34-2	U	1.0102	Fe 34-B3FU	0,15					
	R	1.0108	Fe 34-B3FN						
St 37-1	U	1.0110	Fe 37-A	0,20	360...440	240	25	105...125	Baja tempa, biasa dipakai dikonstruksi mesin, untuk tangki dan ketel, mudah dilas.
	R	1.0111							
St 37-2	U	1.0112	Fe 37-B3FU	0,18					
	R	1.0114	Fe 37-B3FN						
St 37-3	RR	1.0116	Fe 37-C3	0,17					
St 42-1	U	1.0130	Fe 42-A	0,25	410...490	250	22	120...140	Komponen pres dan tempa, poros beban sedang, batang engkol kecil, mudah dilas.
	R	1.0131							
St 42-2	U	1.0132	Fe 42-B3FU	0,25					
	R	1.0134	Fe 42-B3FN						
St 42-3	RR	1.0136	Fe 42-C3	0,23					
St 50-1	R	1.0530	Fe 50-1	0,25	490...590	290	20	140...170	Poros beban tinggi, batang engkol mudah dikerjakan, sulit dikeraskan.
St 50-2	R	1.0532	Fe 50-2	0,30					
St 52-3	RR	1.0841	Fe 52-C3	0,2	510...610	350	22	—	Baja konstruksi bangunan, mudah dilas.
St 60-1	R	1.0540	Fe 60-1	0,35	590...710	330	15	170...195	Untuk komponen pembebanan tinggi dan beban gesek, pena pasak, spi, roda gigi, spindel, dapat dikeraskan.
St 60-2	R	1.0572	Fe 60-2	0,40					
St 70-2	R	1.0632	Fe 70-2	0,5	690...830	360	10	195...240	Untuk komponen yang sangat keras, noken as, penggiling, cetakan, dapat dilakukan, temper dan bisa dikerjakan.










¹ Untuk grup kualitas utama, harus mengandung kadar % P, S atau N yang rendah.

Q : Tepi yang tidak retak; Z : batang tarik; P : tempa; Ro : untuk pipa.

² U : tidak stabil, R : stabil, RR : dituang dalam keadaan sangat stabil.

³ Harga untuk tebal \leq 16 mm, untuk 16... 40, σ_s ... 10 N/mm², untuk 40... 100 mm, σ_s ... 20 N/mm² dipilih lebih rendah.

Lampiran 5. Simbol tanda pengerjaan

Simbol dasar/pokok yang tidak mempunyai arti untuk pengerjaan.	
Harus dikerjakan dengan suatu mesin, simbol pokok ditambah garis mendatar.	
Tidak boleh dikerjakan sedikitpun, simbol pokok ditambah lingkaran.	
<u>Simbol-simbol dengan harga kekasaran yang dikehendaki :</u>	
Harga kekasaran yang harus dicapai dikerjakan dengan mesin, misal N 6	
Harga kekasaran yang harus dicapai dikerjakan dengan cara-cara apapun boleh, kecuali dengan mesin.	
Harga kekasaran yang harus dicapai tanpa dikerjakan sedikitpun.	
<u>Simbol-simbol dengan tambahan perintah pengerjaan :</u>	
Perintah harus dikerjakan dengan mesin yang dikehendaki mesin gerinda.	
Harus diberi ukuran kelebihan, untuk pengerjaan berikutnya.	
Arah alur/serat permukaan, bekas pengerjaan dengan mesin : L ; = ; X ; M ; C ; R	

(H, Sirod dan Pardjono, 1983:152)

BAHAN	MODULUS ELASTISITAS (E)		Modulus Elastisitas Geser (G)		Poisson's Rasio
	ksi	GPa	ksi	GPa	
Paduan Aluminium	10.000-11.400	70-79	3.800-4.300	26-30	0.33
2014-T6	10.600	73	4.000	28	0.33
6061-T6	10.000	70	3.800	26	0.3
7075-T6	10.400	72	3.900	27	0.33
Kuningan	14.000-16.000	96-110	5.200-6.000	36-41	0.34
Perunggu	14.000-17.000	96-120	5.200-6.300	36-44	0.34
Besi Tuang	12.000-25.000	83-170	4.600-10.000	32-69	0.2-0.3
Beton (tekan)	2.500-4.500	17-31			0.1-0.2
Tembaga dan paduannya	16.000-18.000	110-120	5.800-6.800	40-47	0.33-0.36
Gelas	7.000-12.000	48-83	2.700-5.100	19-35	0.17-0.27
Paduan Magnesium	6.000-6.500	41-45	2.200-2.400	15-17	0.35
Monel (67% Ni, 30% Cu)	25.000	170	9.500	66	0.32
Nikel	30.000	210	11.400	80	0.31
Plastik					
Nilon	300-500	2.1-3.4			0.4
Polietilin	100-200	0.7-1.4			0.4
Batu (tekan)					
Granit, Marmer	6.000-14.000	40-100			0.2-0.3
Kuarsa, Sandtone	3.000-10.000	20-70			0.2-0.3
Karet	0.1-0.6	0.0007-0.004	0.03-0.2	0.0002-0.001	0.45-0.50
Baja	28.000-30.000	190-210	10.800-11.800	75-80	0.27-0.30

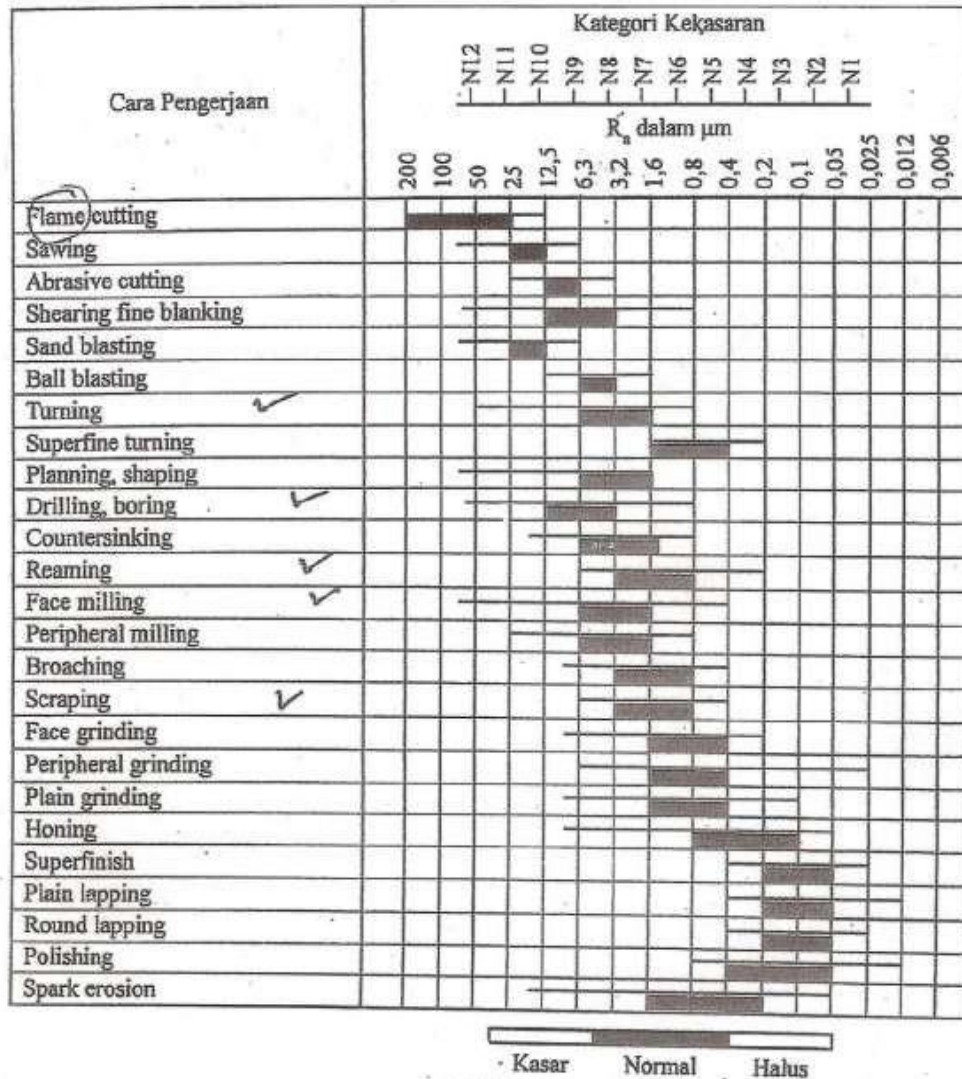
Lampiran 6. Tabel Modulus Elastisitas Bahan

Paduan Titanium	15.000-17.000	100-120	5.600-6.400	39-44	0.33
Tungsten	50.000-55.000	340-380	21.000-23.000	140-160	0.2
Kayu (bengkok)					
Douglas fir	1.600-1.900	11-13			
Oak	1.600-1.800	11-12			
Southern pine	1.600-2.000	11-14			

(Gere dan Timoshenko, 2000:462)


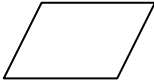

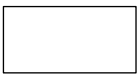
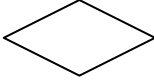



Lampiran 7. Nilai Kekasaran

Nilai kekasaran yang dicapai oleh beberapa cara pengerjaan



(Juhana, dan Suratman, 2000:243)

Lampiran 8. Lambang-lambang dari Diagram Alir

Lambang	Nama	Keterangan
	Terminal	Untuk menyatakan mulai (start), berakhir (end) atau berhenti (stop).
	Masukan dan keluarkan data	Dogunakan untuk mewakili data masuk dan data keluar
	Pekerjaan orang	Di sini diperlukan pertimbangan-petimbangan seperti pemilihan persyaratan kerja, persyaratan pengerjaan, bahan dan perlakuan panas, penggunaan faktor keamanan dan factor-faktor lain, harga-harga empiris, dll.
	Pengolahan	Pengolahan dilakukan secara mekanis dengan menggunakan persamaan, tabel dan gambar.
	Keputusan	Harga yang dihitung dibandingkan dengan harga Patokan, dll. Untuk mengambil keputusan.
	Dokumen	Hasil perhitungan yang utama dikeluarkan pada alat ini.
	Pengubung	Untuk menyatakan pengeluaran dari tempat keputusan ke tempat sebelumnya atau berikutnya, atau suatu pemasukan ke dalam aliran yang berlanjut.
	Garis aliran	Untuk menghubungkan langkah-langkah yang berurutan.

Lampiran 9. Standar ukuran pipa galvanis














Spesifikasi teknis

DIAMETER LUBANG NOMINAL		DIAMETER LUAR		TEBAL	BERAT tanpa ulir
inch	mm	max(mm)	min(mm)	mm	Kg/m
1/2	15	21.4	21.0	2.00	0.957
3/4	20	26.9	26.4	2.00	1.228
1	25	33.8	33.2	2.00	1.583
1 1/4	32	42.5	41.9	2.00	1.997
1 1/2	40	48.4	47.8	2.00	2.288
2	50	60.2	59.6	2.00	2.900
2 1/2	65	76.0	75.2	2.00	3.650
3	80	88.7	87.9	2.90	6.136
4	100	113.9	113.0	2.90	7.938
5	125	140.6	138.7	2.90	9.847
6	150	166.1	164.1	2.90	11.671
8	200	221.3	216.9	5.00	26.399
10	250	275.7	270.3	5.00	33.044
12	300	327.1	320.7	6.35	49.710
14	350	359.2	352.0	6.35	54.689
16	400	410.5	402.3	6.35	62.644

- KOMPOSISI KIMIA
 - Pospor (P) 0.06% max
 - Belerang (S) 0.06% max
- SIFAT MEKANIK
 - Kuat tarik (Tensile Strength) = 33.7 Kgf/mm² min
 - Batas ulur (Yield Strength) = 21.1 Kgf/mm² min
 - Regang (Elongation) = 20% min
- TAHAN TEKAN AIR (HYDROSTATIC TEST PRESSURE) = 50 Kgf/cm²
 - ** Hydrostatic Test dapat diganti dengan Ultrasonic Test atau Eddy Current Examination
- PANJANG PIPA = 6 meter per batang
- TOLERANSI
 - Tebal = plus (+) tidak terbatas, minus (-) 10% maximum
 - Panjang = plus/minus 2%

Lampiran 10. Harga kekasaran

		<i>Hal yang ditoleransi</i>	<i>Lambang</i>
<i>Toleransi bentuk</i>		<i>Kelurusan</i>	—
		<i>Kerataan</i>	
		<i>Bentuk bulat /lingkaran</i>	
		<i>Bentuk silinder</i>	
		<i>Bentuk lengkung suatu sisi</i>	
		<i>Bentuk lengkung suatu permukaan</i>	
<i>Toleransi posisi</i>	<i>Arah</i>	<i>Kesejajaran</i>	//
		<i>Ketegaklurusan</i>	
		<i>Kedudukan sudut</i>	
	<i>Lokasi</i>	<i>Kedudukan</i>	
		<i>Kesatusumbuan (konsentrisitas)</i>	
		<i>Kesimetrisan</i>	
	<i>Putar</i>	<i>Penyimpangan putar tunggal</i>	/
		<i>Penyimpangan putar total</i>	

Lampiran 11. Tabel diameter poros

4	10	*22,4	40	100	*224	400
		24		(105)	240	
	11	25	42	110	250	420
					260	440
4,5	*11,2	28	45	*112	280	450
	12	30			300	450
		*31,5	48		*315	480
5	*12,5	32	50	125	320	500
				130	340	530
		35	55			
5,6	14	*35,5	56	140	*355	560
	(15) 16			150	360	
6	(17) 18	38	60	160	380	600
	19			170		
*6,3	20		63	180		630
	22			190		
				200		
			65	220		
7			70			
*7,1			71			
			75			
8			80			
			85			
9			90			
			95			

Keterangan :

1. Tanda * menyatakan bahwa bilangan yang bersangkutan dipilih dari bilangan standar
2. Bilangan didalam kurung hanya dipakai untuk bagian dimana akan dipasang bantalan gelinding

Lampiran 12. Tabel Standar Baja

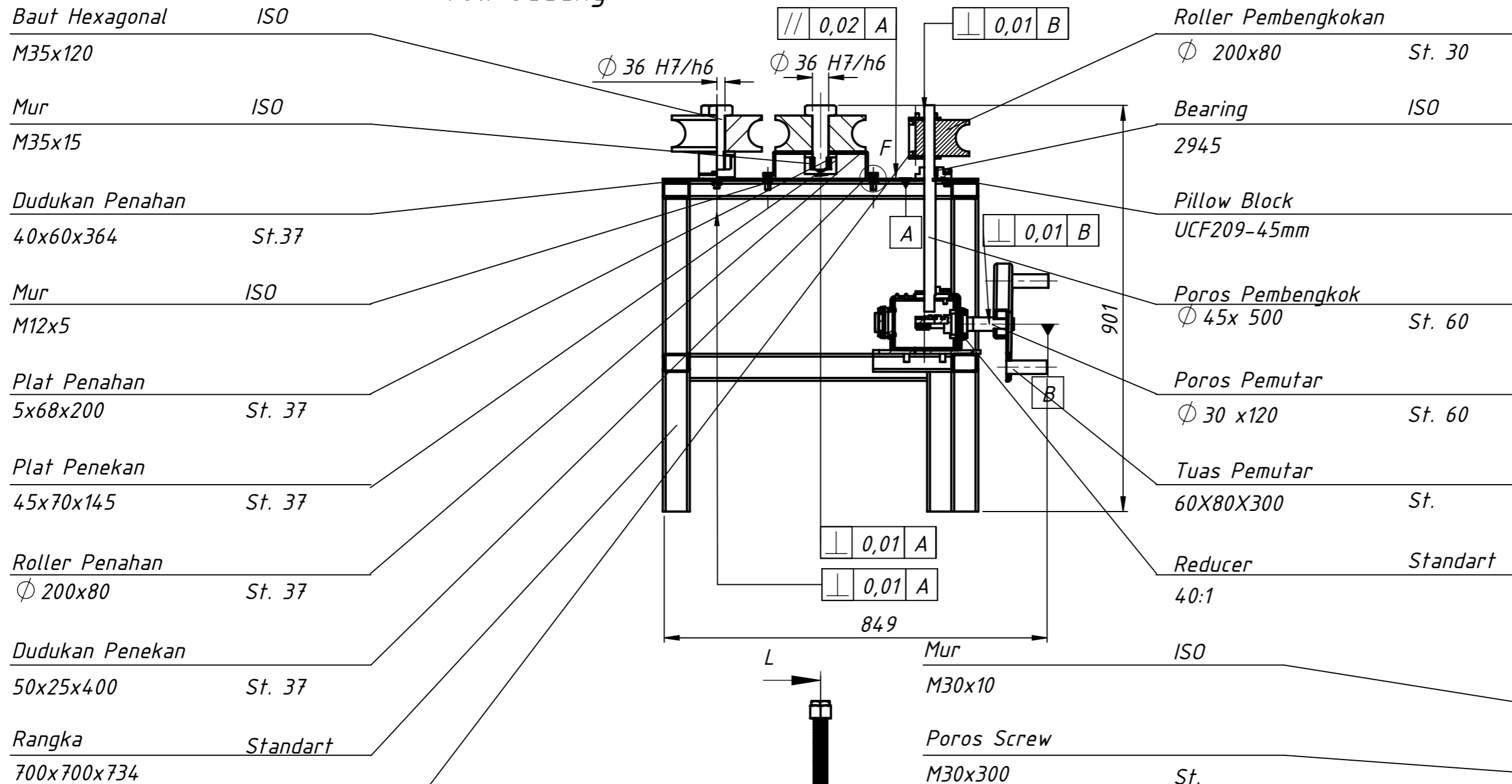
Nama	Standar Jepang (JIS)	Standar Amerika (AISI), Inggris(BS) dan Jerman (DIN)
Baja Karbon Konstruksi Mesin	S25C S30C S35C S40C S45C S50C S55C	AISI 1025, BS060A25 AISI 1030, BS060A30 AISI 1035, BS060A35, DIN C35 AISI 1040, BS060A40 AISI 1045, BS060A45, DIN C45, CK 45 AISI 1050, BS060A50, DIN St 50.11 AISI 1055, BS060A55
Baja Tempa	SF 40,45,50,55	ASTM A 105-73
Baja Nikel Khrom	SNC SNC 22	BS 653M31 BS En36
Baja Nikel Khrom Molibden	SNCM 1 SNCM 2 SNCM 7 SNCM 8 SNCM 22 SNCM 23 SNCM 25	AISI 4337 BS830M31 AISI 8645, BS En100D AISI 4340, BS817M40, 816M40 AISI 4315 AISI 4320, BS En325 BS En39B
Baja Khrom	SCr 3 SCr 4 SCr 5 SCr 21 SCr 22	AISI 5135, BS530A36 AISI 5140, BS530A40 AISI 5145 AISI 5115 AISI 5120
Baja Khrom Molibden	SCM 2 SCM 3 SCM 4 SCM 5	AISI 4130, DIN 34CrMo4 AISI 4135, BS708A37, DIN34CrMo4 AISI 4140, BS708M40, DIN42CrMo4 AISI 4145, DIN50CrMo4



Lampiran 4
Gambar Kerja

Tol. Sedang

Potongan L-L
Skala 1 : 10



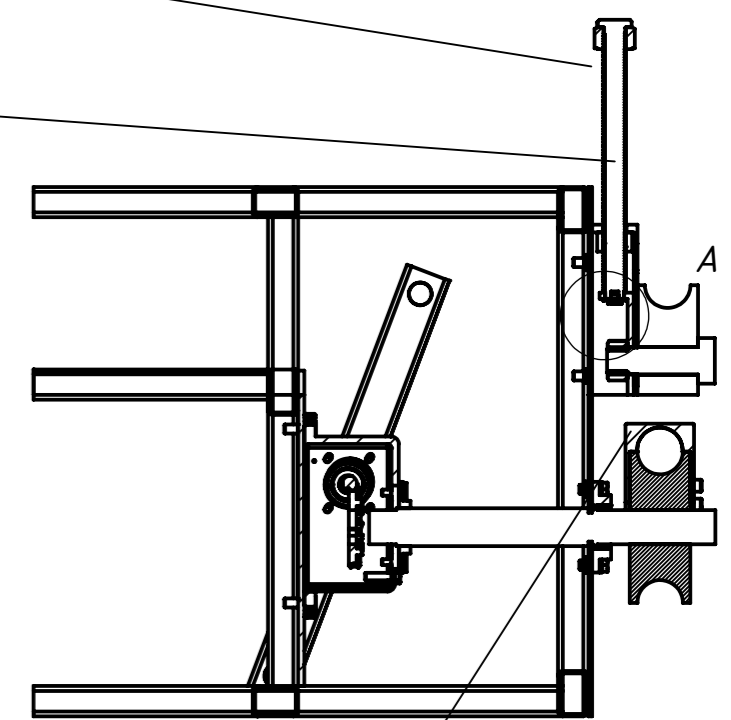
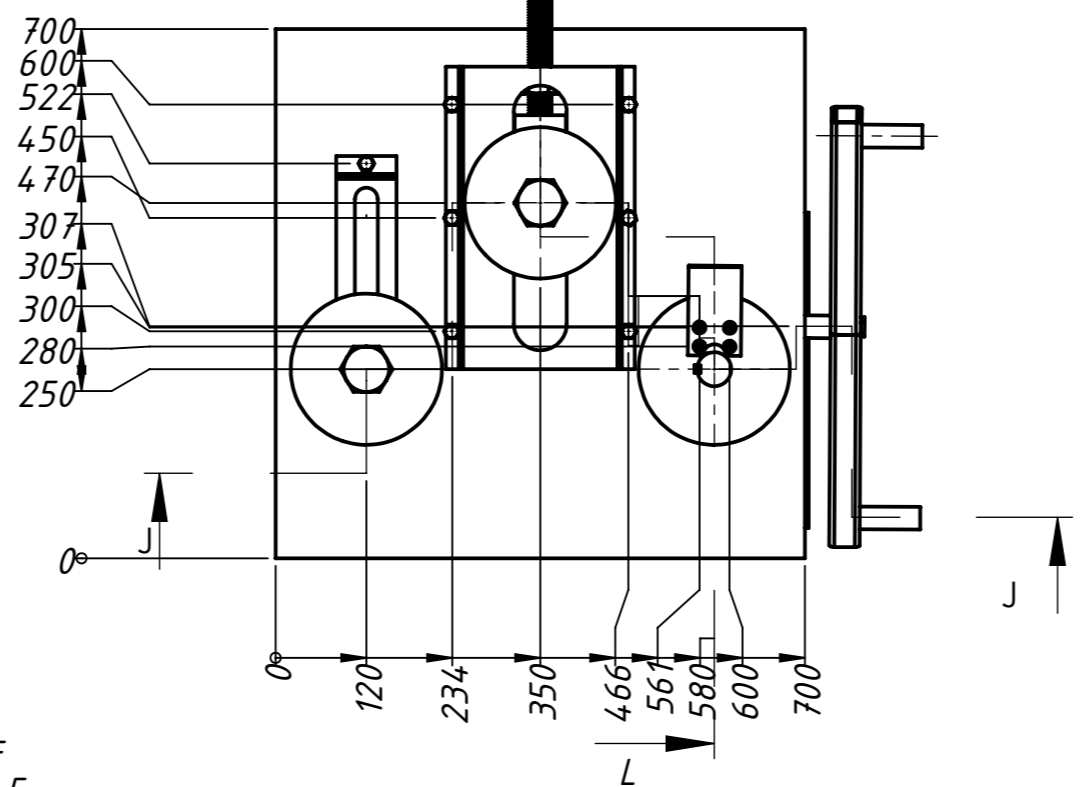
- Baut Hexagonal ISO
M35x120
- Mur ISO
M35x15
- Dudukan Penahan
40x60x364 St.37
- Mur ISO
M12x5
- Plat Penahan
5x68x200 St. 37
- Plat Penekan
45x70x145 St. 37
- Roller Penahan
Ø 200x80 St. 37
- Dudukan Penekan
50x25x400 St. 37
- Rangka Standart
700x700x734
- Baut Inbus ISO
M10x90
- Baut Kontersunk ISO
M10x10
- Ring ISO
M10x2
- Baut Hexagonal ISO
M12x30

- Roller Pembengkokan
Ø 200x80 St. 30
- Bearing ISO
2945
- Pillow Block
UCF209-45mm
- Poros Pembengkok
Ø 45x 500 St. 60
- Poros Pemutar
Ø 30 x120 St. 60
- Tuas Pemutar
60X80X300 St.
- Reducer Standart
40:1
- Mur ISO
M30x10
- Poros Screw
M30x300 St.

*Alat Pembengkok dan Pengerol Pipa Dimeter Maks. 2 Inch
Oleh: Wahyu Putra Aji (0021630)
Yuni (0021629)*

DETAIL A
SCALE 1 : 5

DETAIL F
SCALE 1 : 5

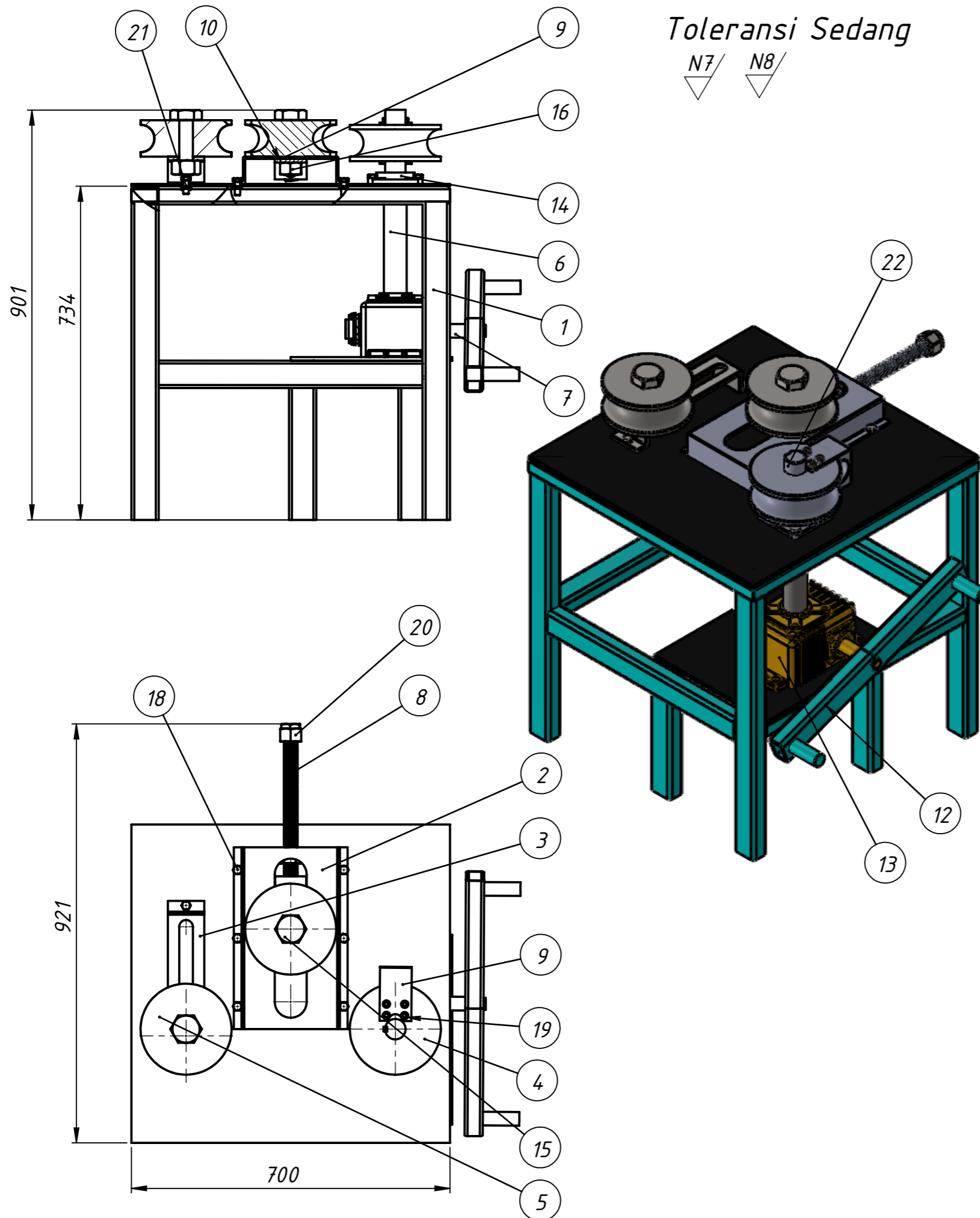


Clamp
70x90x119 St. 37

Potongan J-J
Skala 1 : 10

Toleransi Sedang

N7/ N8/



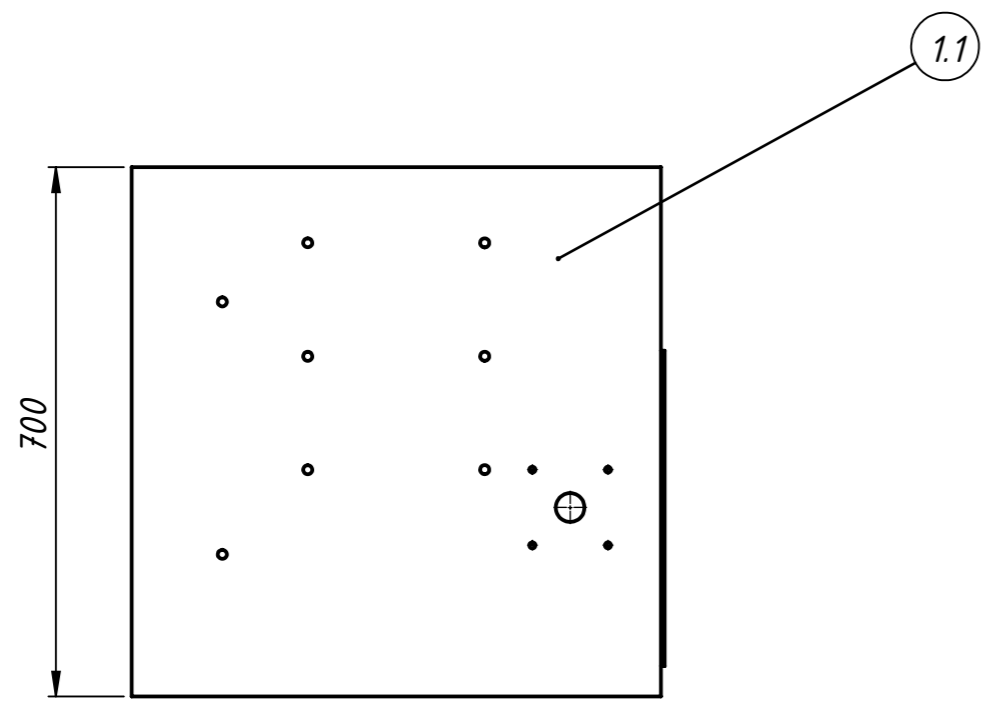
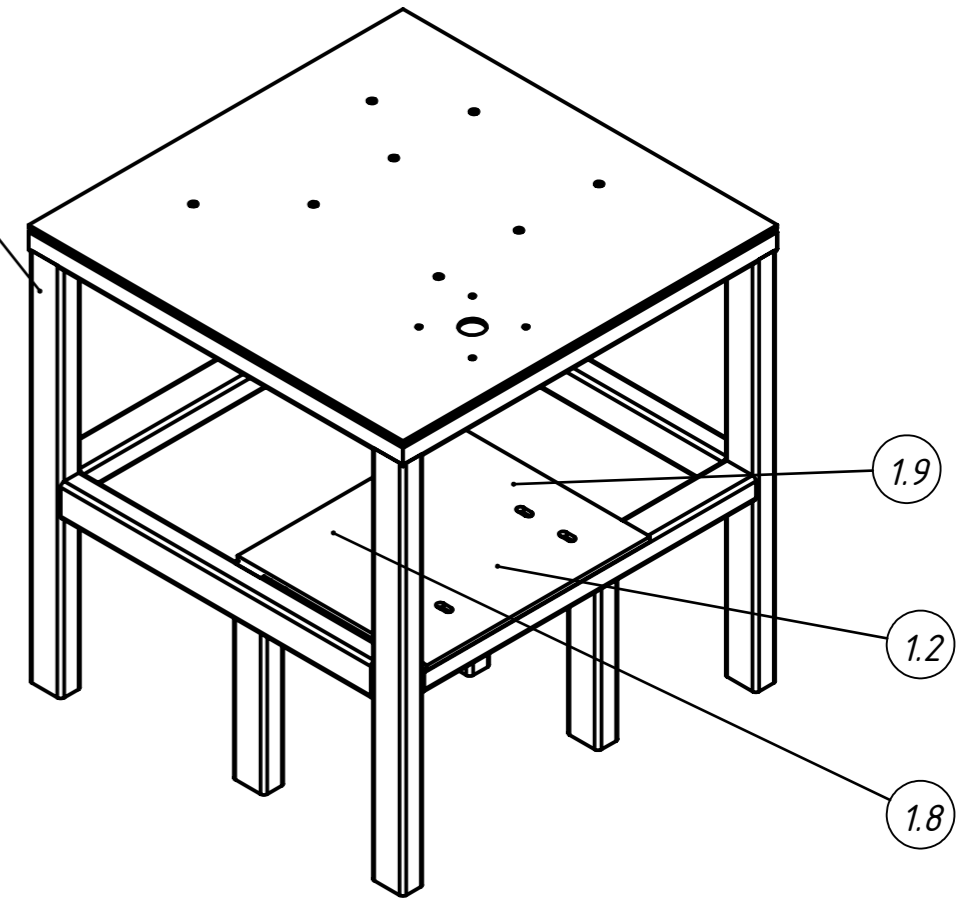
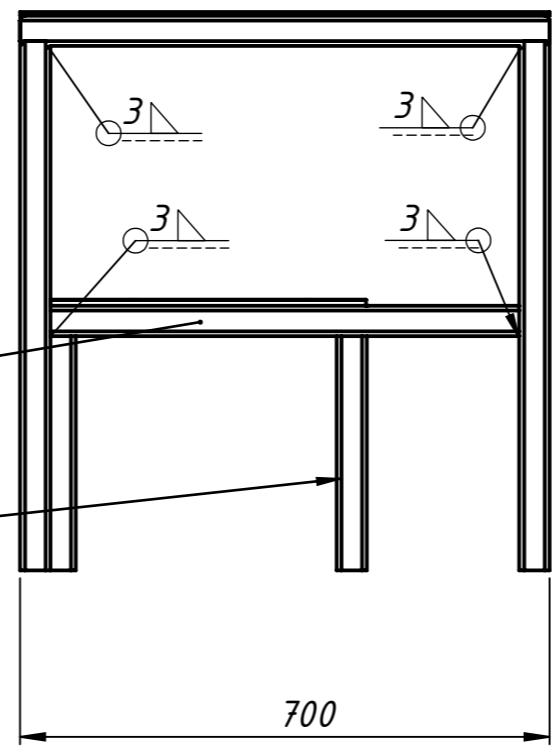
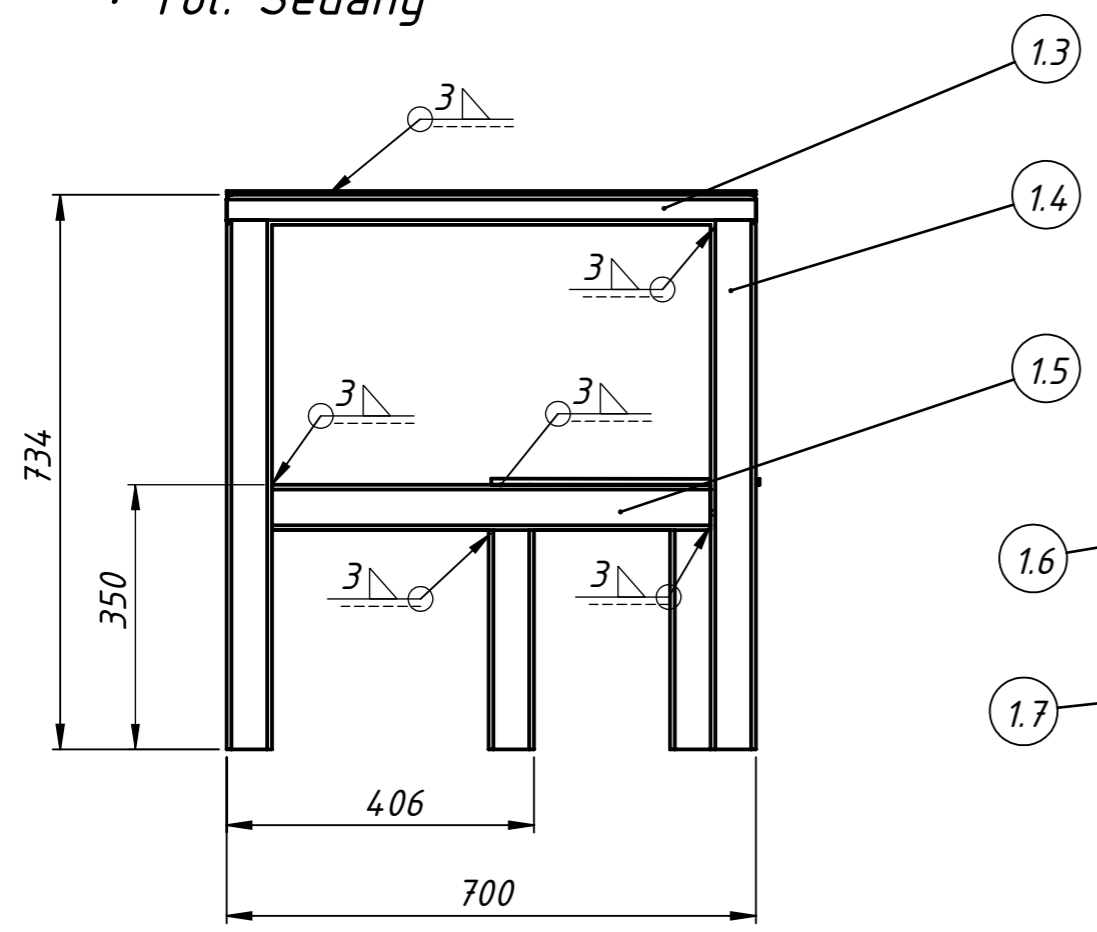
	1	Ring	24		M10x2	ISO
	1	Baut Kontersunk	23		M10x10	ISO
	3	Pasak	22		5x10x30	ISO
	18	Mur	21		M10x8	ISO
	2	Mur	20		M30x10	ISO
	4	Baut Inbus	19		M10x70	ISO
	18	Baut Hexagonal	18		M10x50	ISO
	1	Bearing	17		5445	ISO
	2	Mur	16		M35x15	ISO
	2	Baut Hexagonal	15		M35x120	ISO
	1	Pillow Block	14		UCF209-45mm	UCF
	1	Reducer	13		Rasio 40:1	Standart
	2	Tuas Pemutar	12	St. 42	40x60x300	
	1	Pelat Penekan	11	St. 37	8x70x145	
	1	Plat Penyanggah	10	St. 37	5x68x200	
	1	Clamp	9	St. 37	72x90x122	
	1	Poros Screw	8	St. 37	M30x370	
	1	Poros Pemutar	7	St. 60	∅ 35x300	
	1	Poros Roller Pembengkok	6	St. 60	∅ 35x500	
	2	Roller Penahan	5	St. 37	∅ 200x80	
	1	Roller Pembengkokan	4	St. 37	∅ 200x80	
	1	Dudukan Penahan	3	St. 42	40x80x364	
	1	Dudukan Penekan	2	St. 42	50x250x400	
	1	Rangka	1	St. 42	700x740x950	

Jumlah	Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket
III	II	I	Perubahan		
				Pengganti dari: Diganti dari:	
<p style="text-align: center;">Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa</p>				Skala 1:5	Digambar 31/7/19 Yuni
					Diperiksa
					Dilihat
Politeknik Manufaktur Negeri Babel				PAR19/A3-001	

N8/

1 Tol. Sedang

Rectangular Tube 60x40x3,2

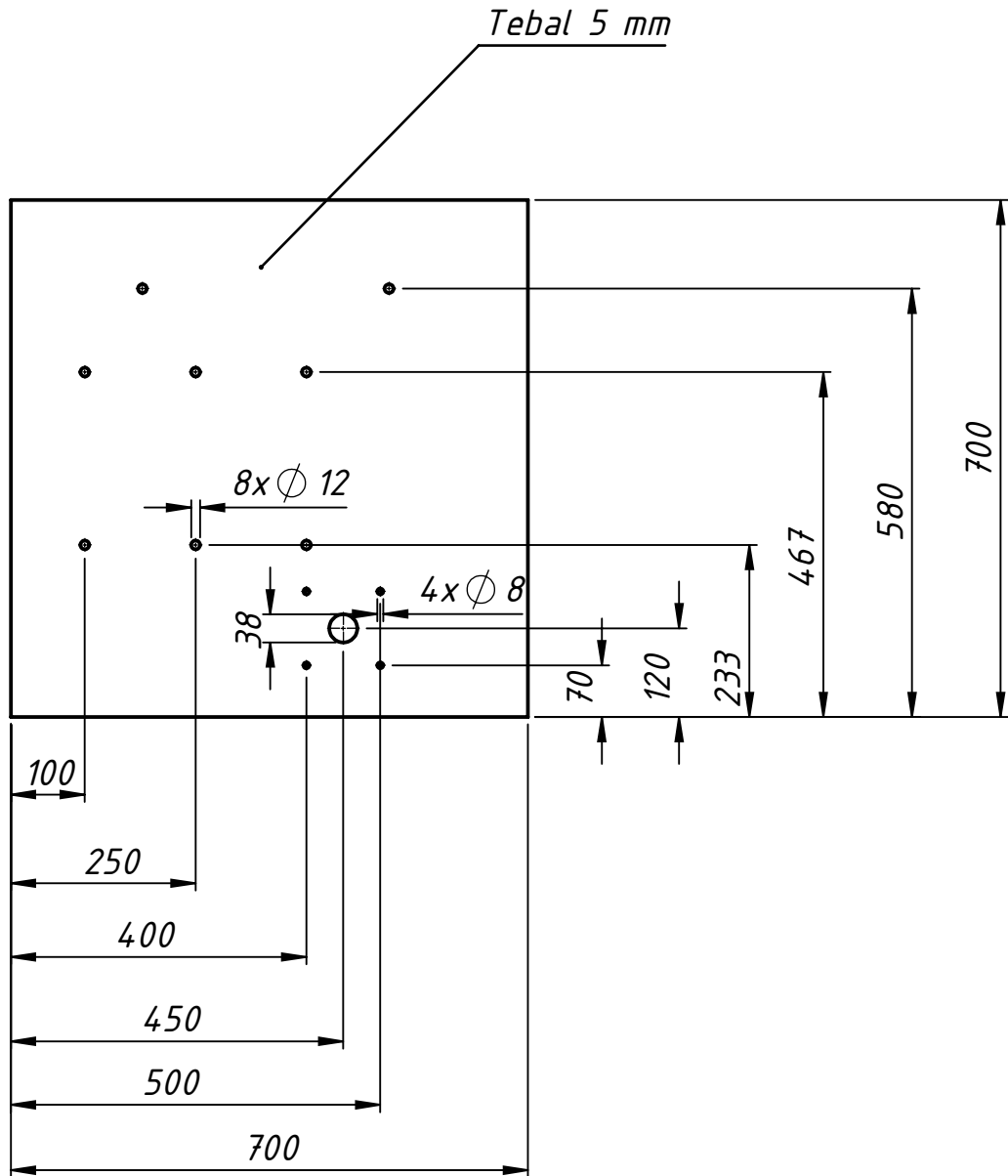


1	Rangka	1.9	St. 42	60x40x3.2	Rectangular Tube
1	Rangka	1.8	St. 42	60x40x3.2	Rectangular Tube
1	Rangka	1.7	St. 42	60x40x3.2	Rectangular Tube
2	Rangka	1.6	St. 42	60x40x3.2	Rectangular Tube
2	Rangka	1.5	St. 42	60x40x3.2	Rectangular Tube
4	Rangka	1.4	St. 42	60x40x3.2	Rectangular Tube
4	Rangka	1.3	St. 42	60x40x3.2	Rectangular Tube
1	Rangka	1.2	St. 42	5x355x417	
1	Rangka	1.1	St. 42	5x700x700	
Jumlah	Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket

III	II	I	Perubahan			Pengganti dari: Diganti dari:			
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:10	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A3-002			

1.1 ∇ N8/

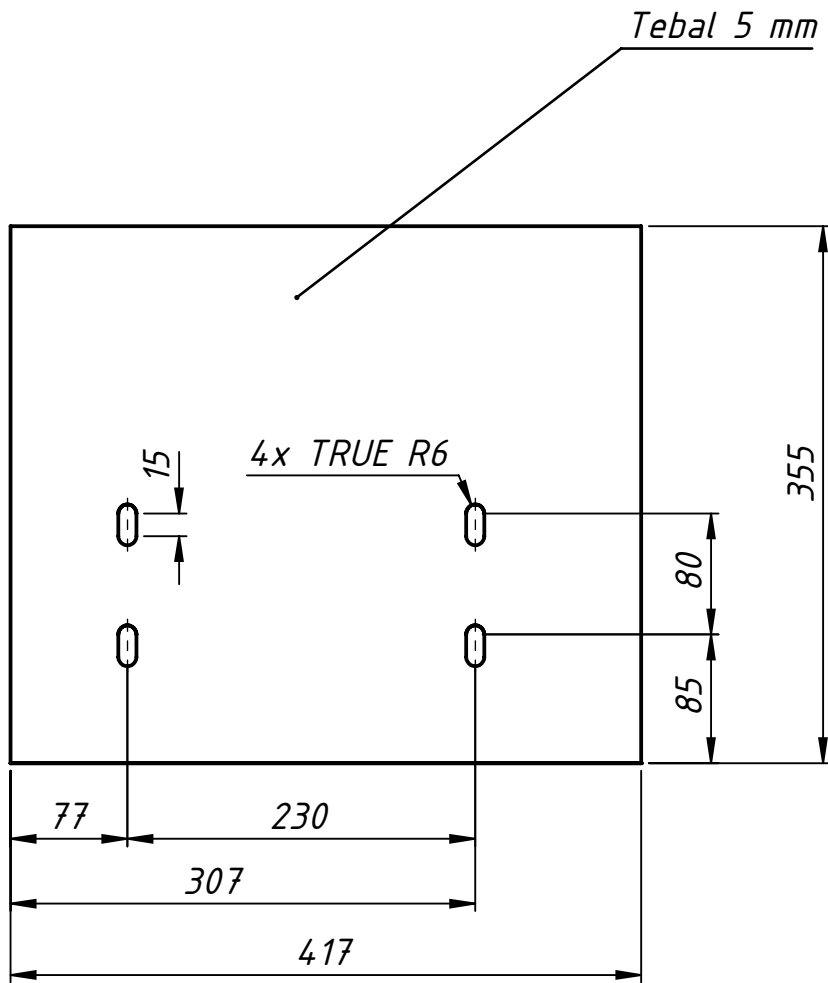
Tol. Sedang



		1	Rangka	1.1	St. 37	60x40x3.2				
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket			
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:			
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa				Skala	Digambar	31/7/19	Yuni
							1:10	Diperiksa		
								Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-001				

1.2 ∇ N8/

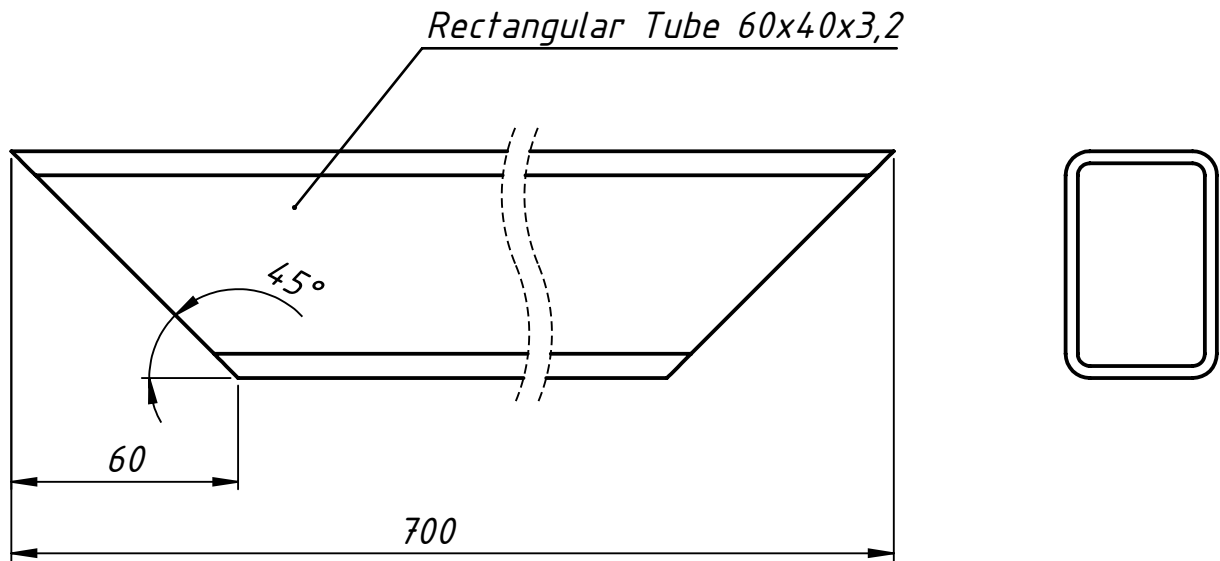
Tol. Sedang



		1	Rangka	1.2	St. 37	60x40x3.2			
Jumlah		Nama Bagian		No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa						Skala 1:5	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-002			

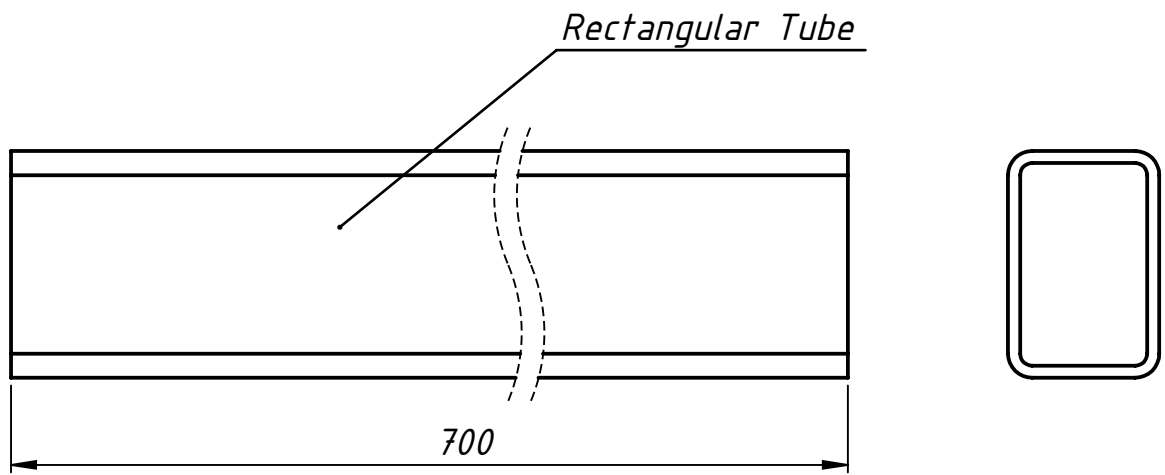
1.3 $\frac{N8}{\nabla}$

Tol. Sedang



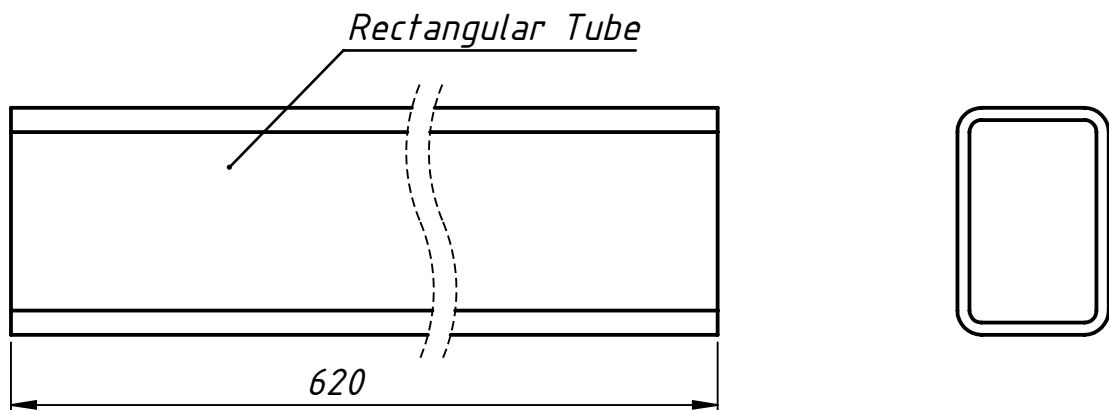
		4	Rangka	1.3	St. 37	60x40x3,2				
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket			
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:			
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa				Skala 1:2	Digambar	31/7/19	Yuni
								Diperiksa		
								Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-003				

1.4 $\nabla \frac{N8}{}$
Tol. Sedang



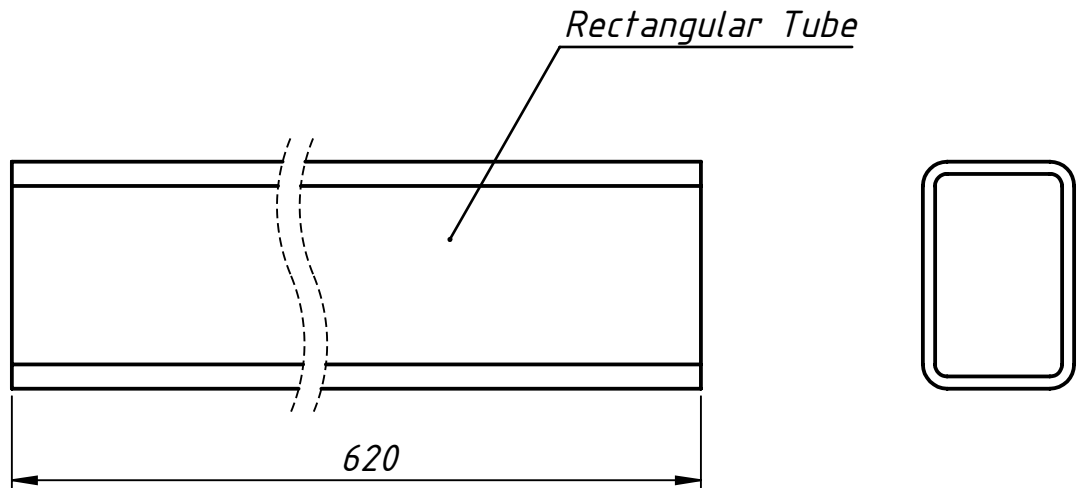
		4	<i>Rangka</i>	1.4	<i>St. 37</i>	<i>60x40x3.2</i>				
<i>Jumlah</i>			<i>Nama Bagian</i>	<i>No.bag</i>	<i>Bahan</i>	<i>Ukuran</i>	<i>Ket</i>			
<i>III</i>	<i>II</i>	<i>I</i>	<i>Perubahan</i>				<i>Pengganti dari:</i>			
			<i>Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa</i>				<i>Skala</i>	<i>Digambar</i>	<i>31/7/19</i>	<i>Yuni</i>
							<i>1:2</i>	<i>Diperiksa</i>		
								<i>Dilihat</i>		
<i>Politeknik Manufaktur Negeri Babel</i>						<i>PAR19/A4-004</i>				

1.5 ∇ ^{N8/}
 Tol. Sedang



		2	Rangka	1.5	St.42	60x40x3.2			
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:2	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-005			

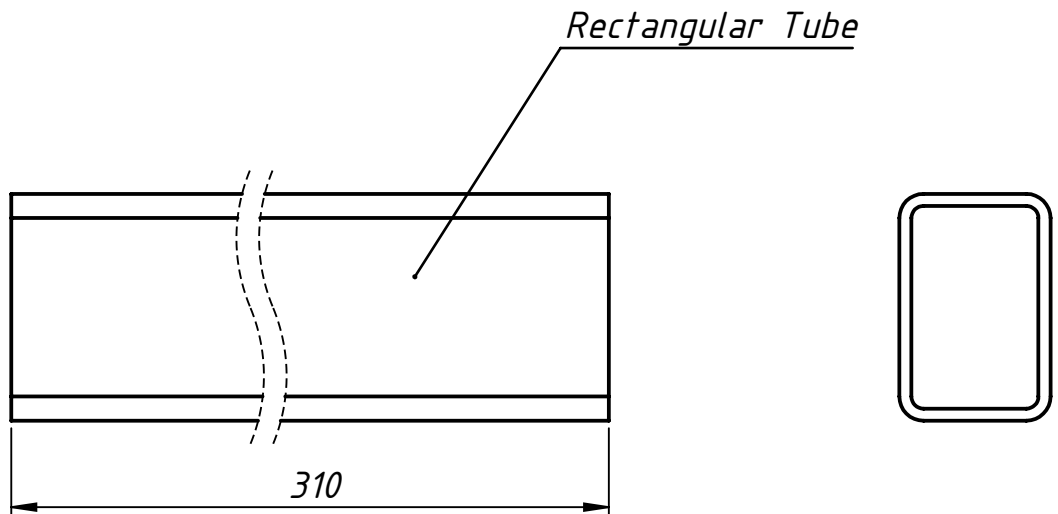
1.6 $\frac{N8}{\nabla}$
Tol. Sedang



		2	<i>Rangka</i>	1.6	<i>St. 42</i>	<i>60x40x3.2</i>			
<i>Jumlah</i>			<i>Nama Bagian</i>	<i>No.bag</i>	<i>Bahan</i>	<i>Ukuran</i>	<i>Ket</i>		
III	II	I	<i>Perubahan</i>				<i>Pengganti dari:</i> <i>Diganti dari:</i>		
			<i>Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa</i>			<i>Skala</i> <i>1:2</i>	<i>Digambar</i>	<i>31/7/19</i>	<i>Yuni</i>
							<i>Diperiksa</i>		
							<i>Dilihat</i>		
<i>Politeknik Manufaktur Negeri Babel</i>						<i>PAR19/A4-006</i>			

1.7 ∇ N8/

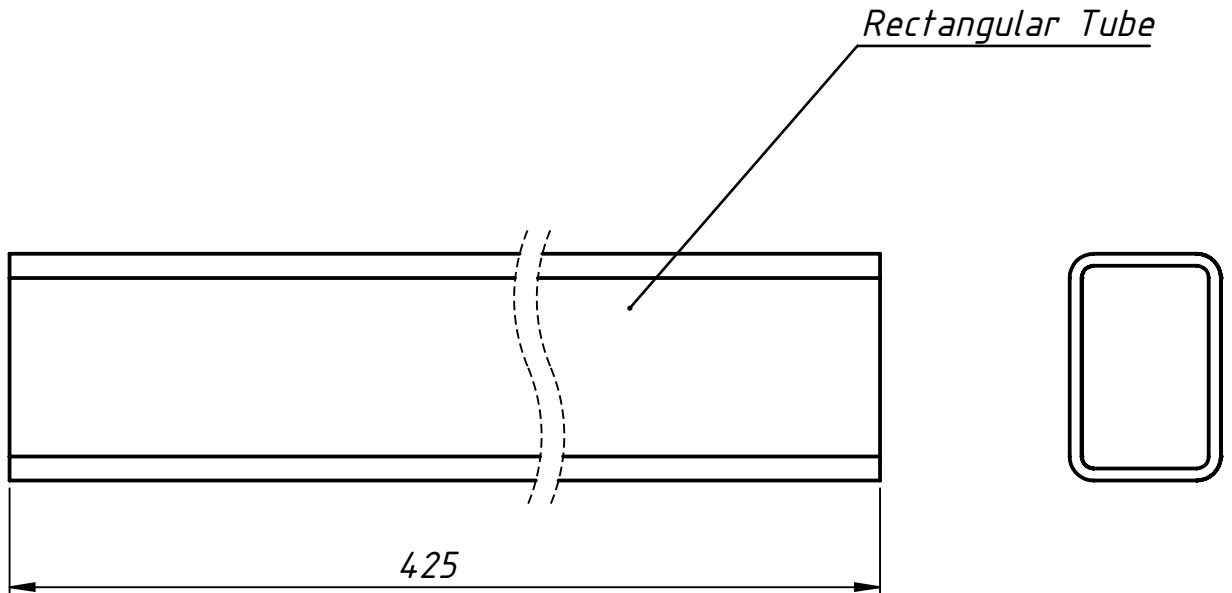
Tol. Sedang



		3	Rangka	1.7	St. 42	60x40x3.2			
Jumlah		Nama Bagian		No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:2	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-007			

1.8 ∇ N8/

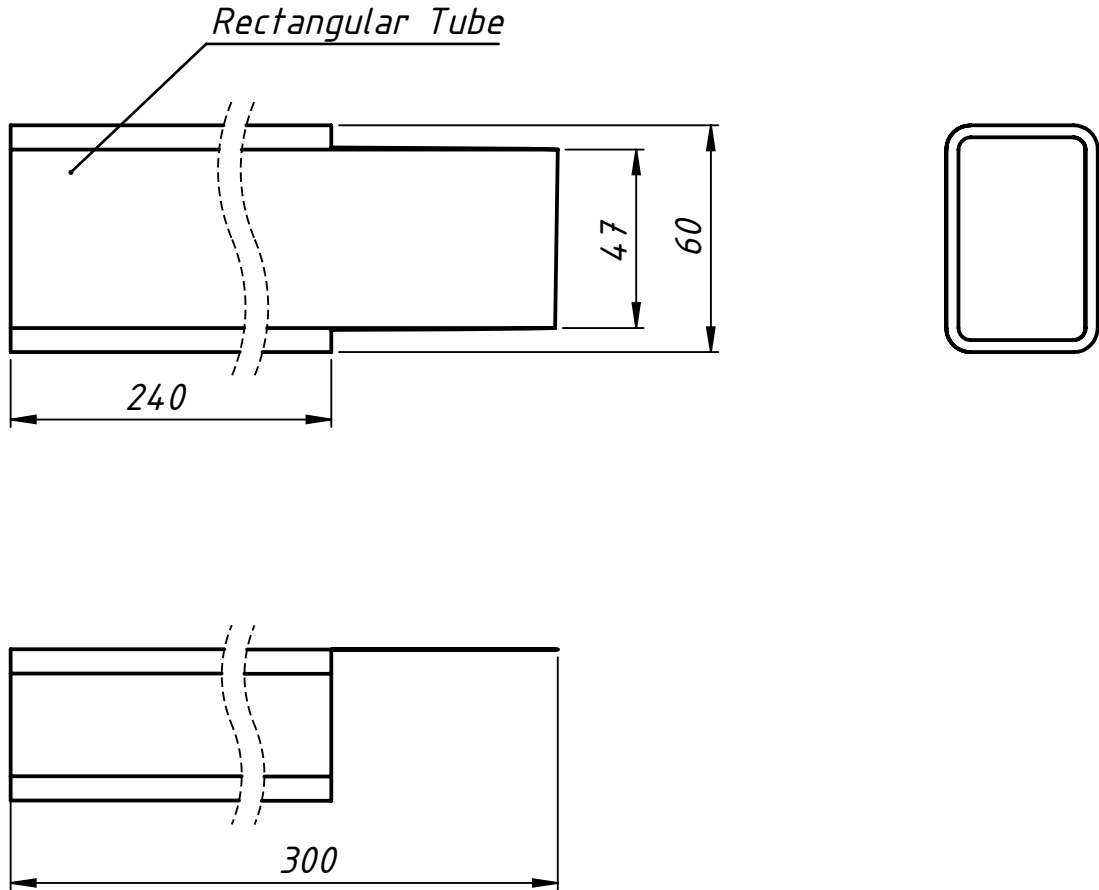
Tol. Sedang



		1	Rangka	1.8	St. 37	60x40x3.2			
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:2	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-008			

1.9 ∇ N8/

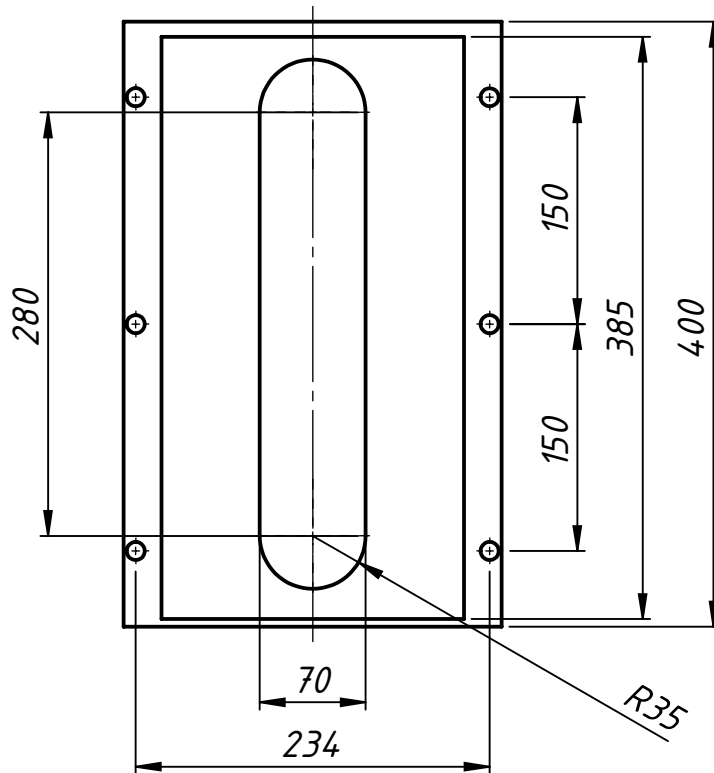
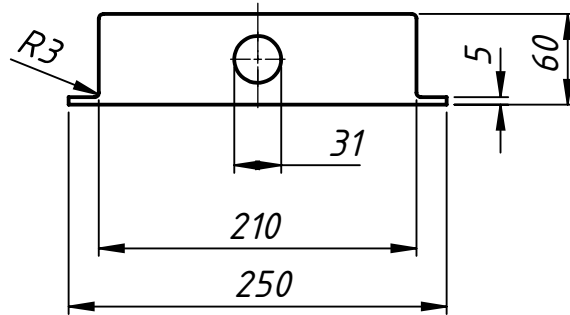
Tol. Sedang



		1	Rangka	1.9	St. 37	60x40x3.2			
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:2	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-009			

2 ∇ N7/

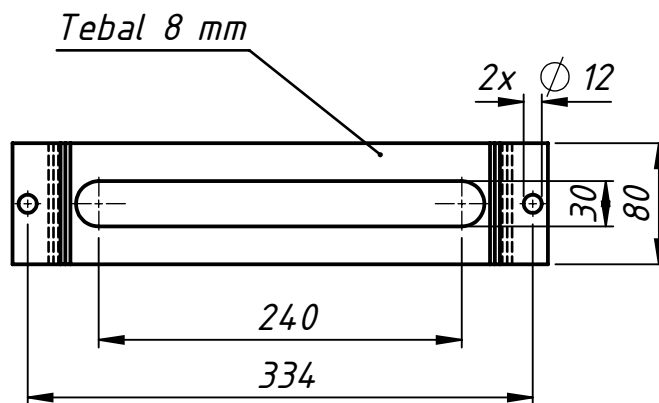
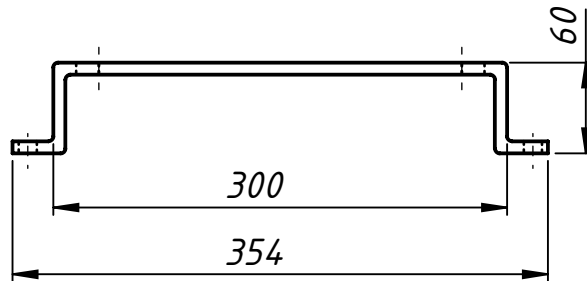
Toleransi Sedang



	1	Dudukan Penekan	2	St. 37	50x250x400			
Jumlah		Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan			Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:5		
						Digambar	31/7/19	Yuni
						Diperiksa		
					Dilihat			
Politeknik Manufaktur Negeri Babel					PAR19/A4-010			

3 $\frac{N7}{\nabla}$

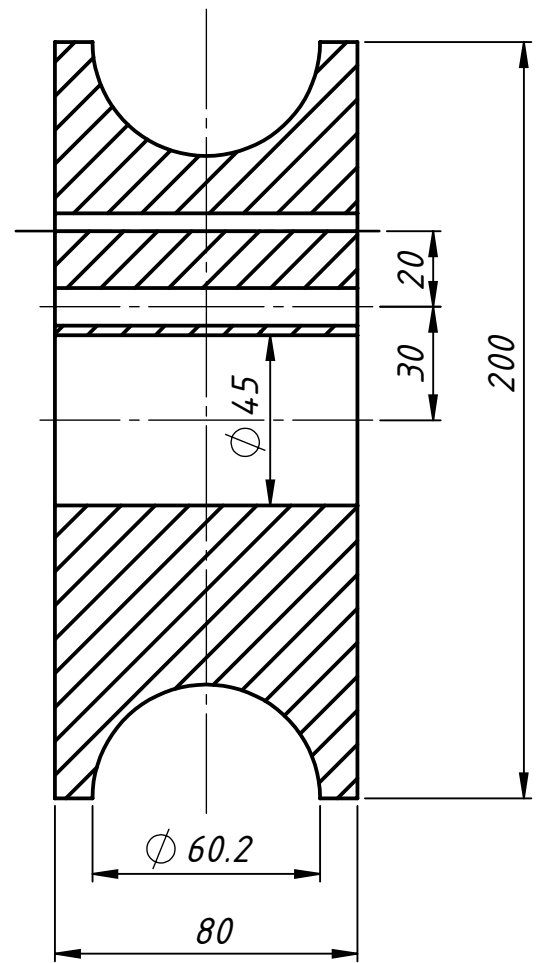
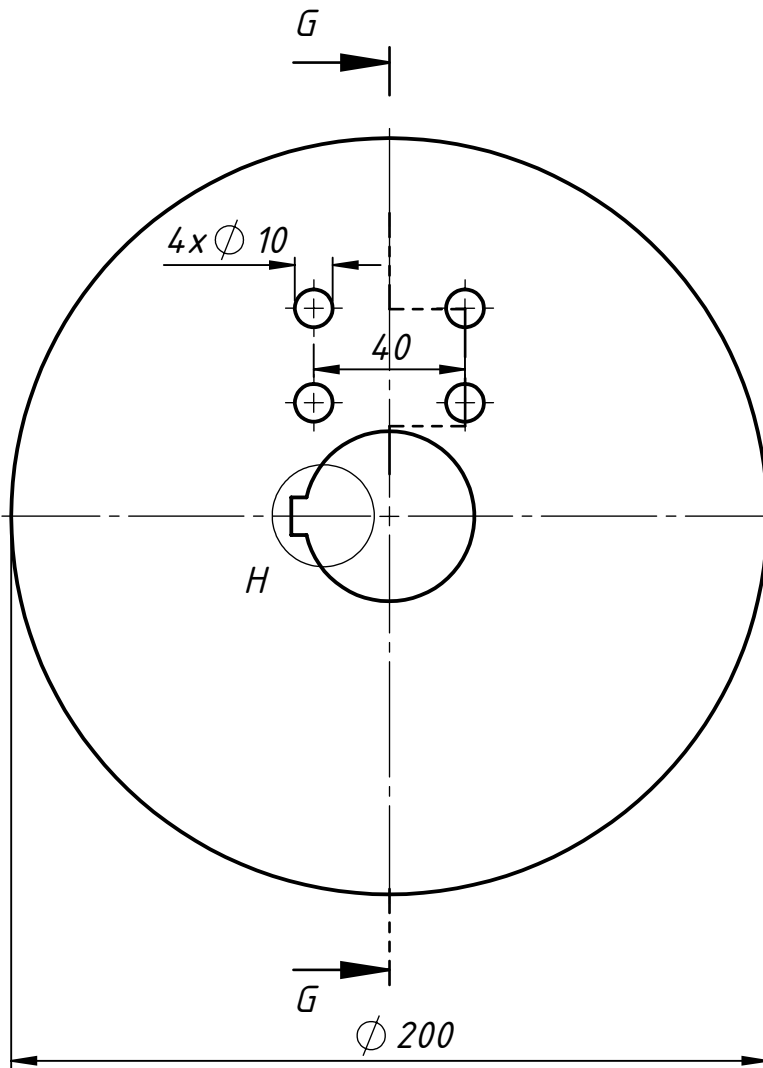
Toleransi Sedang



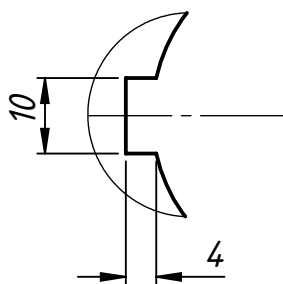
		1	Dudukan Penahan	3	St. 37	40x80x364				
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket			
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:			
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa				Skala 1:5	Digambar	31/7/19	Yuni
								Diperiksa		
								Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-011				

4 $\frac{N7}{\nabla}$

Toleransi Sedang



SECTION G-G
SCALE 1 : 2

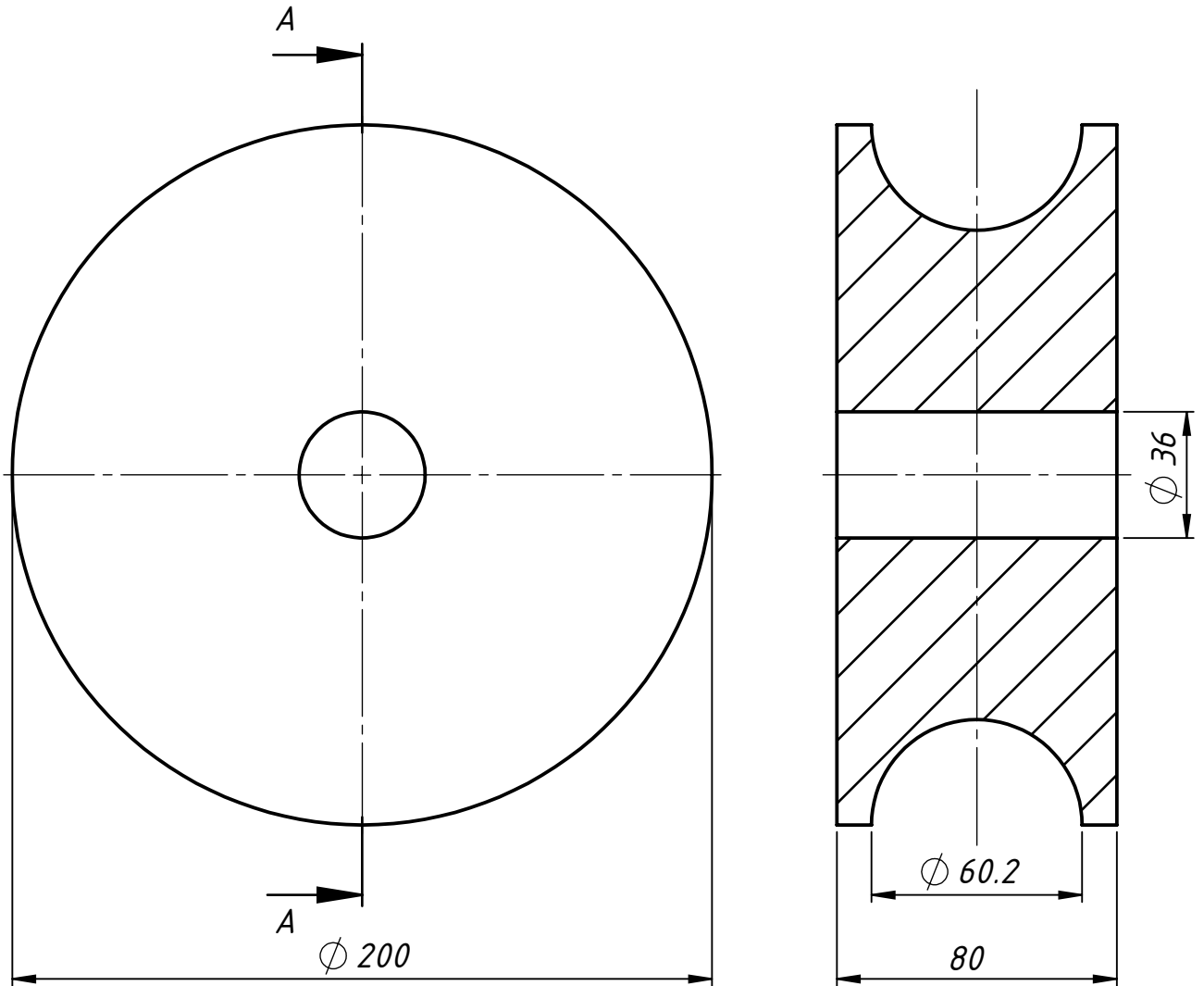


DETAIL H
SCALE 1 : 1

		1	Roller Pembengkok	4	St. 37	ϕ 200x80			
	Jumlah		Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:2	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
			Politeknik Manufaktur Negeri Babel			PAR19/A4-012			

5 $\nabla N7$

Toleransi Sedang



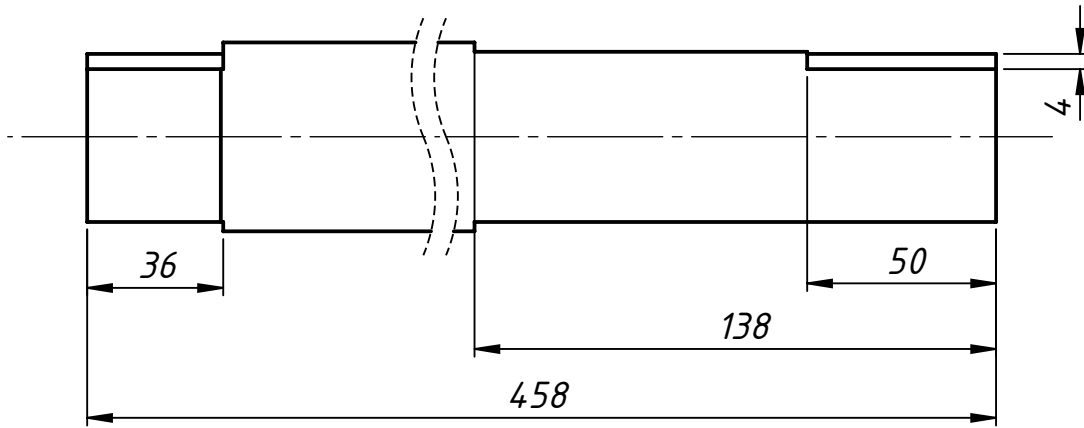
SECTION A-A
SCALE 1 : 2

		2	Roller Penekan	5	St. 37	ϕ 200x80		
Jumlah		Nama Bagian		No.bag	Bahan	Ukuran	Ket	
III	II	I	Perubahan			Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:2	Digambar 31/7/19 Yuni	
							Diperiksa	
							Dilihat	
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-013		

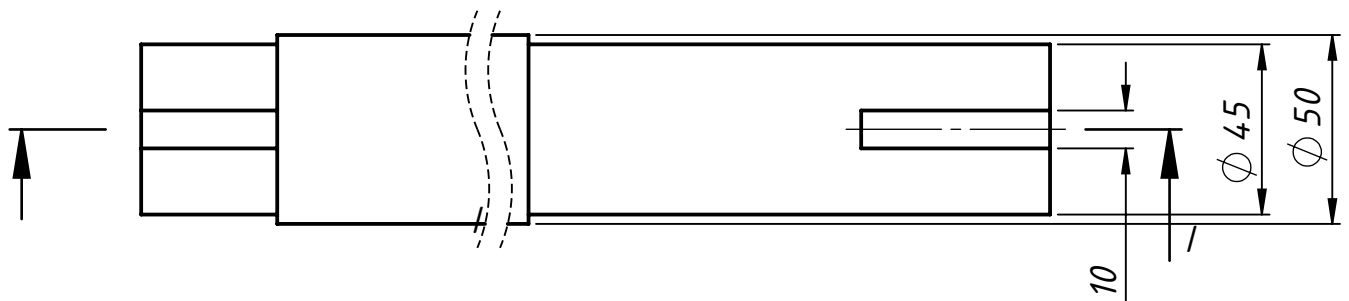
6

N7/

Toleransi Sedang

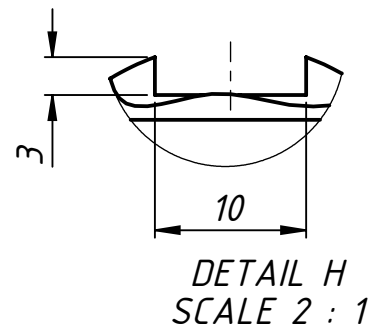
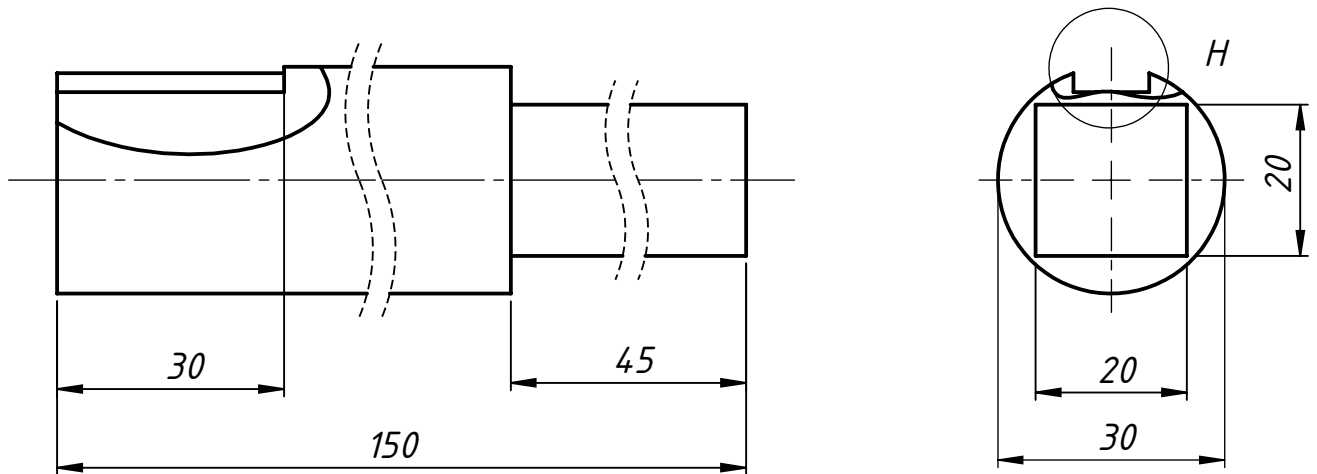


Potongan I-I
Skala 1 : 2



		1	Poros Pembengkok	6	St. 60	ϕ 45x470		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket	
III	II	I	Perubahan			Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:2	Digambar 31/7/19 Yuni	
						Diperiksa		
						Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-014		

7 ∇ N7/
Tol. Sedang

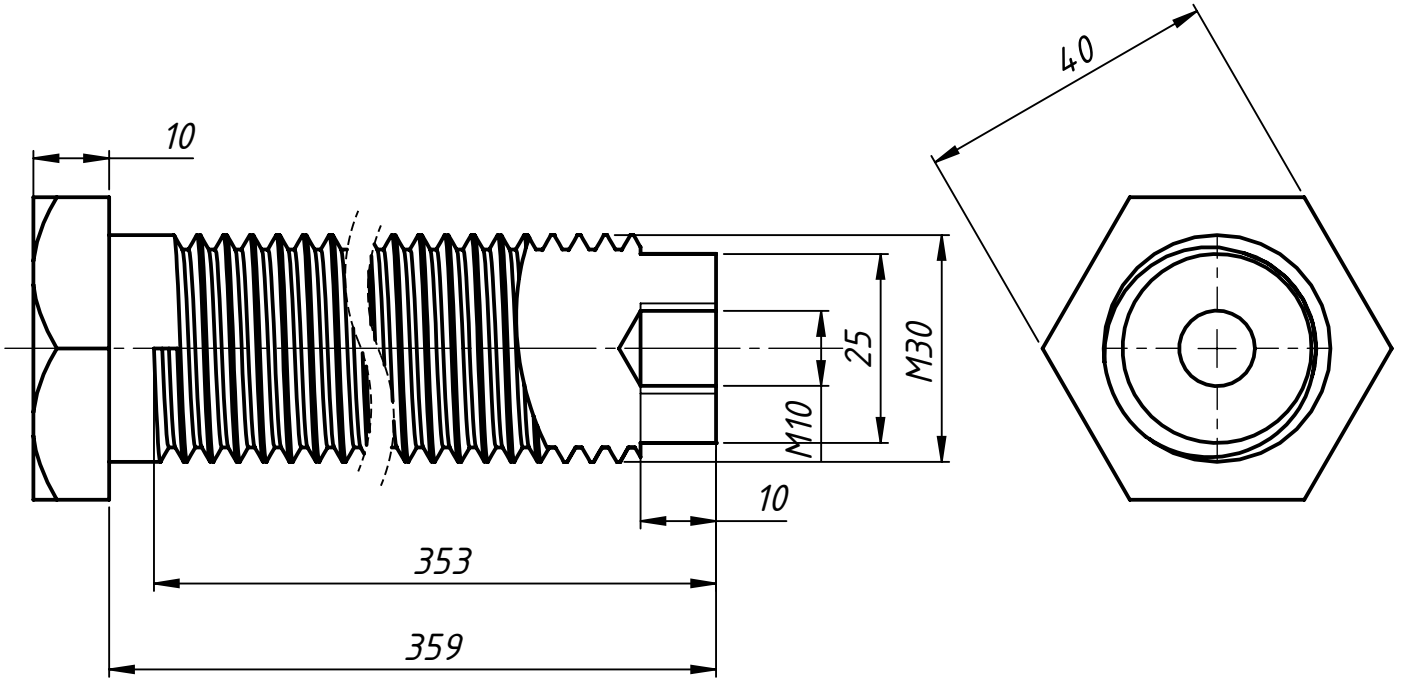


		1	Poros Pemutar	7	St. 37	ϕ 30x150		
	Jumlah		Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket	
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:	
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:1	Digambar 31/7/19	Yuni
						Diperiksa		
						Dilihat		
			Politeknik Manufaktur Negeri Babel			PAR19/A4-017		

8

N7/

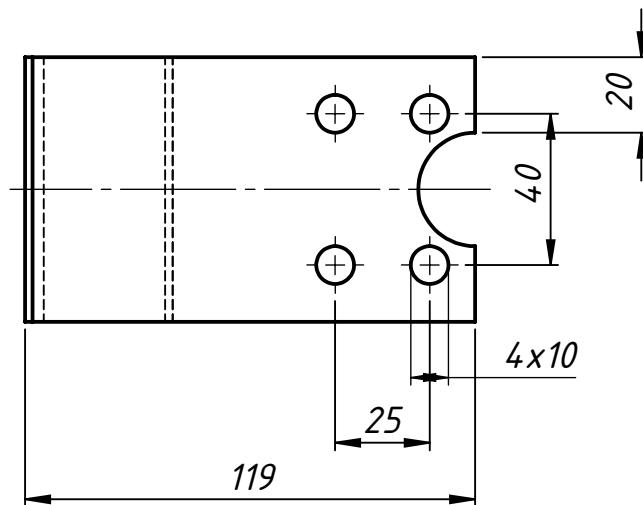
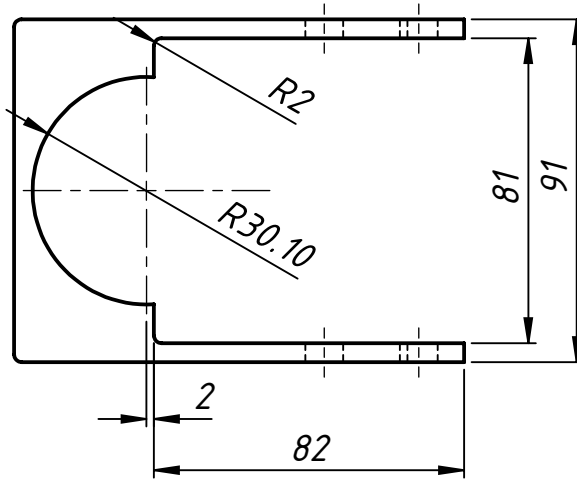
Tol. Sedang



		1	Screw	8	St. 37	M30x359			
	Jumlah		Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:1	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
			Politeknik Manufaktur Negeri Babel			PAR19/A4-016			

9 ∇ N7/

Toleransi Sedang

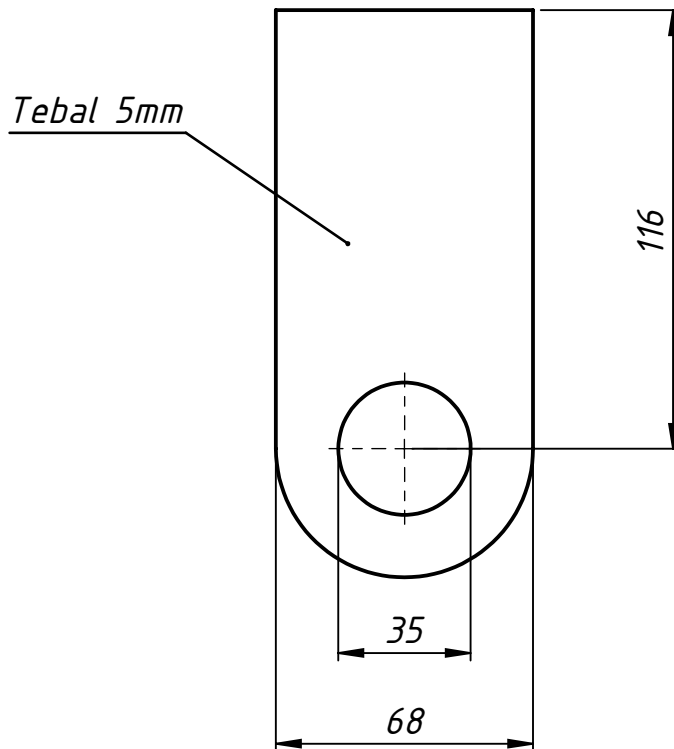


		1	Clamp	9	St. 37	72x90x122				
	Jumlah		Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket			
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:			
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa				Skala	Digambar	31/7/19	Yuni
							1:2	Diperiksa		
								Dilihat		
			Politeknik Manufaktur Negeri Babel				PAR19/A4-017			

10



Toleransi Sedang

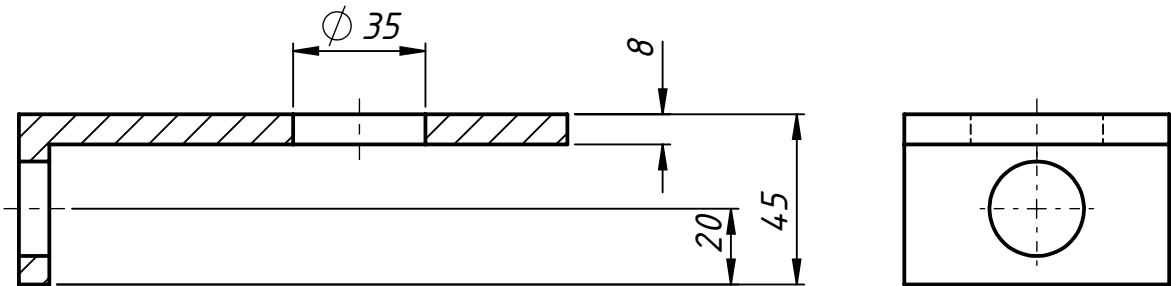


		1	<i>Pelat Penahan</i>	10	<i>St. 37</i>	<i>5x68x200</i>			
<i>Jumlah</i>	<i>Nama Bagian</i>			<i>No.bag</i>	<i>Bahan</i>	<i>Ukuran</i>	<i>Ket</i>		
III	II	I	<i>Perubahan</i>				<i>Pengganti dari:</i> <i>Diganti dari:</i>		
			<i>Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa</i>			<i>Skala</i> <i>1:2</i>	<i>Digambar</i>	<i>31/7/19</i>	<i>Yuni</i>
							<i>Diperiksa</i>		
							<i>Dilihat</i>		
<i>Politeknik Manufaktur Negeri Babel</i>						<i>PAR19/A4-018</i>			

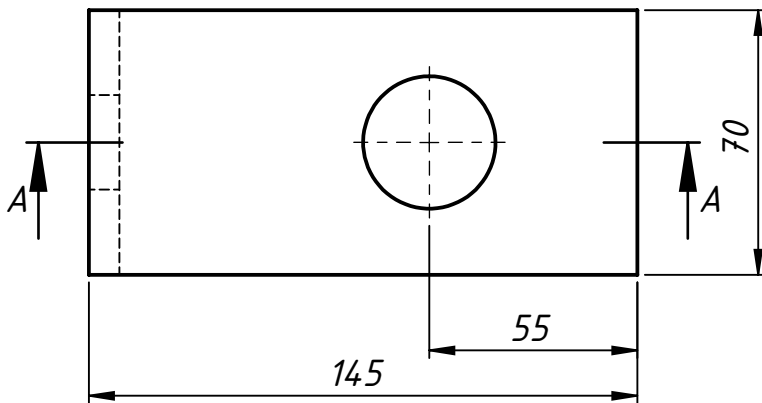
11



Toleransi Sedang



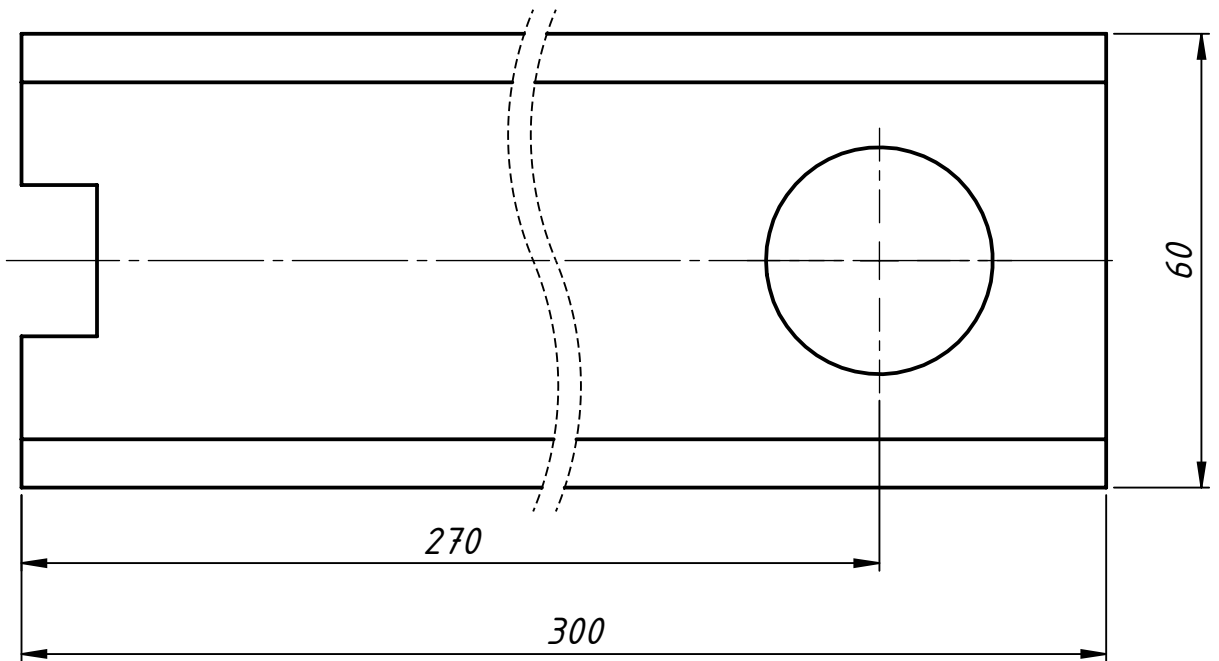
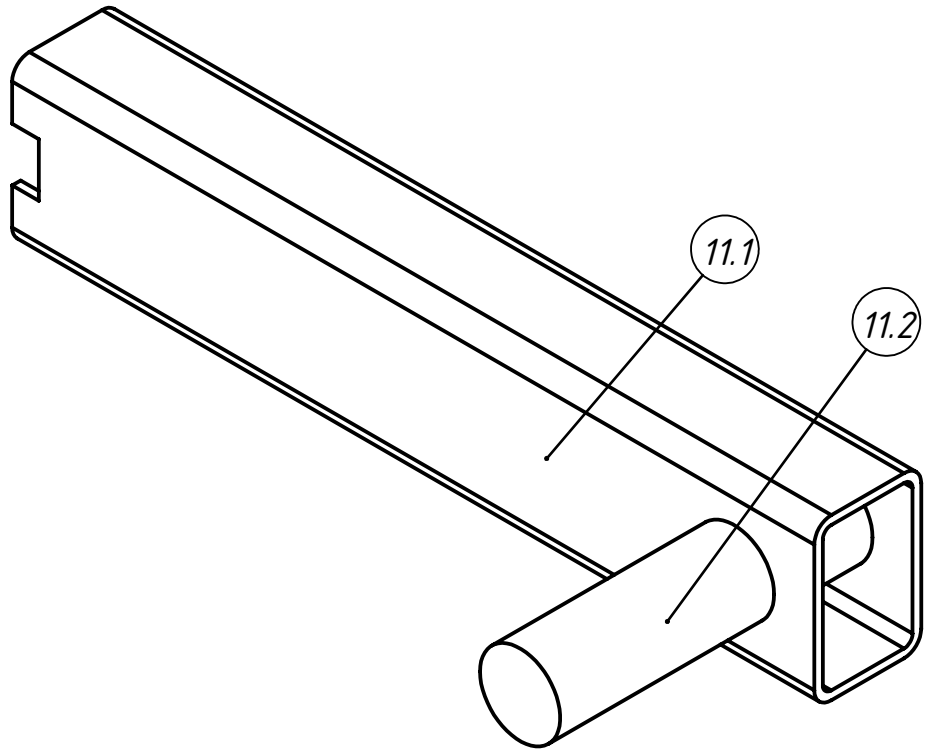
SECTION A-A



		1	Pelat Penekan	12	St. 37	45x70x145			
	Jumlah		Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:2	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-019			

12 ∇ N7/

Tol. Sedang



		1	Tuas Pemutar	11	St. 37	60x40x3,2			
		Jumlah	Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket		
III	II	I	Perubahan				Pengganti dari: Diganti dari:		
			Alat Pembengkok dan Pengeroll Pipa			Skala 1:1	Digambar	31/7/19	Yuni
							Diperiksa		
							Dilihat		
Politeknik Manufaktur Negeri Babel						PAR19/A4-020			