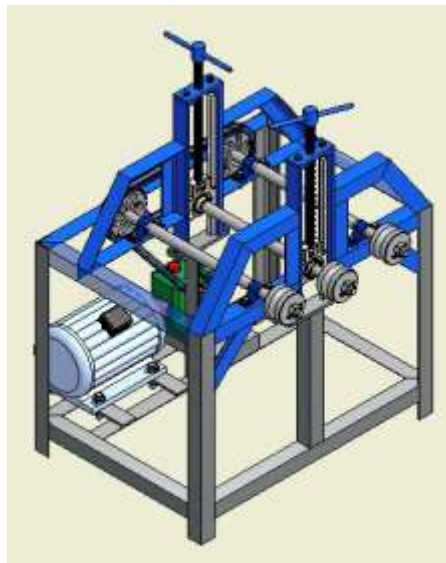




## **PERANCANGAN ALAT/MESIN PENGEROL PIPA**

### **PROYEK AKHIR**

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya**



**Oleh :  
Ahmad Mustaqim  
09508131005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2012**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PROYEK AKHIR**

**PERANCANGAN ALAT/MESIN PENGEROL PIPA**

Disusun Oleh:

**Ahmad Mustaqim**

**09508131005**

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing untuk siap diujikan



Yogyakarta, 11 September 2012

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

**Suyanto, M.Pd, M.T**

**NIP. 19520913 197710 1 001**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PROYEK AKHIR

#### PERANCANGAN ALAT/MESIN Pengerol PIPA

Disusun Oleh:

Ahmad Mustaqim

09508131005

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Proyek Akhir  
pada tanggal 26 September 2012 dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
untuk memperoleh Gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Mesin.

#### SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Jabatan	Nama Lengkap	Tanda Tangan	Tanggal
1. Ketua Penguji	Suyanto, M.Pd, M.T		22/10/12
2. Sekretaris Penguji	Tiwan, M.T		22/10-12
3. Penguji Utama	Dr.B.Sentot Wijanarko, M.T		22/10-2012

Yogyakarta, 26 September 2012

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta,



Dr. Moch Bruri Triyono

NIP. 19560216 198603 1 003

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Mustaqim  
NIM : 09508131005  
Jurusan : Pendidikan Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul : Perancangan Alat/Mesin Pengerol Pipa

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang sama yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 11 September 2012

Yang menyatakan,



**Ahmad Mustaqim**  
**NIM. 09508131005**

## ABSTRAK

### PERANCANGAN ALAT/MESIN PENGEROL PIPA

Oleh:

**Ahmad Mustaqim**  
**09508131005**

Tujuan dari perancangan mesin pengerol pipa ini adalah: (1) membuat detail gambar kerja dan bagian-bagiannya, (2) merencanakan konstruksi yang aman yang mampu mengerol dengan cepat dan tepat serta spesifikasi pada mesin, (3) merencanakan biaya yang dibutuhkan untuk proses pembuatan alat/mesin pengerol pipa. Alat/mesin pengerol pipa ini berfungsi sebagai pengerol pipa yang semula dari lurus dibuat menjadi melengkung.

Konsep perancangan alat/mesin pengerol pipa ini mengacu pada tahapan konsep perancangan Pahl dan Beitz yaitu: (1) perencanaan dan penjelasan tugas, (2) perancangan konsep produk, (3) perancangan bentuk pada produk, (4) perancangan rinci/detail. Alat-alat yang digunakan dalam merancang alat/mesin pengerol pipa ini adalah: (1) kertas, (2) pensil, (3) komputer, (4) *software autodesk inventor*, (5) printer. Langkah proses perencanaan alat/mesin pengerol pipa ini adalah: (1) mencari produk jadi yang tersedia dipasaran, (2) memilih material dan teknik produksi, (3) mendalami keterbatasan ruang, (4) mengidentifikasi komponen-komponen produk, (5) mengembangkan *interface* atau titik kontak antara dua buah komponen, (6) memberi bentuk, (7) evaluasi, (8) perbaikan material dan cara produksi, (9) perbaikan bentuk.

Hasil perancangan adalah desain dan gambar kerja produk alat/mesin pengerol pipa. Gambar kerja terdiri dari: gambar kerja rangka dan bagian-bagiannya, gambar kerja *slide* dan bagian-bagiannya, gambar kerja *handle* penekan dan bagian-bagiannya, gambar kerja *gear sprocket*, gambar kerja poros geser dan poros tetap, gambar kerja *roller*. Mesin pengerol pipa ini mempunyai spesifikasi antara lain: (1) berdimensi 700 x 500 x 700 mm. (2) mempunyai daya penggerak motor listrik 1 HP, (3) menggunakan sistim elektrik sebagai pembalik arah putaran motor listrik, (4) sistim transmisi menggunakan rantai dan kopel, (5) menggunakan reduser 1:60. Proses pengerolan pipa memerlukan waktu  $\pm 14$  menit untuk 1x proses pengerolan. Taksiran harga jual yang ditawarkan adalah senilai Rp. 3.900.000,00.

Kata kunci: Perancangan alat/mesin pengerol pipa

## MOTTO

“Jangan pernah berkecil hati, manusia diciptakan pasti berbuat kesalahan dengan kesalahannya manusia akan berubah menjadi lebih baik. Jika semua manusia itu baik maka dunia ini akan dimatikan Allah SWT karena sudah tidak ada tujuan hidup”

“Cara memulai adalah dengan berhenti berbicara dan mulai melakukan”

*(The way to get started is to quit talking and begin doing)*

(Walt Disney)

“Jangan patah semangat walau apapun yang terjadi, jika kita menyerah maka habislah sudah”

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Seiring rasa syukur kepada Allah, karya ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak dan ibu yang telah melimpahkan kasih sayang, perhatian, dukungan material maupun spiritual dan doanya yang selalu menyertai.
2. Kakakku tersayang Siti Aisyah dan Muh Hasan
3. Sahabatku yang selalu menemani dihatiku
4. Seluruh Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Almamater Universitas Negeri Yogyakarta

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan anugerah nikmat serta kasih sayang-Nya, sehingga penyusunan laporan Proyek Akhir yang berjudul “**PERANCANGAN ALAT/MESIN PENGEROL PIPA**” dapat terselesaikan. Penyusunan laporan proyek akhir ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Ahli Madya Teknik di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. Moch Bruri Triyono selaku Dekan FT UNY
2. Dr. Wagiran selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT UNY
3. Dr. Mujiyono selaku Kaprodi D3 Teknik Mesin FT UNY
4. Arif Marwanto, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Akademik
5. Suyanto, M.Pd, M.T. selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir
6. Seluruh Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNY
7. Rekan-rekan satu kelompok Proyek Akhir (Dhamar, Cahya, Syaiun dan Riski) terima kasih atas kerjasamanya.
8. Rekan-rekan kelas B angkatan 2009 dan Teman-teman Mesin FT UNY, terimakasih atas kebersamaan kita.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Proyek Akhir ini.



Penulis menyadari laporan Proyek Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. Amin.

Yogyakarta, 11 September 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
SURAT PERNYATAAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan .....	4
F. Manfaat .....	5
G. Keaslian .....	6
 BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH	
A. Kajian Tentang Alat/mesin Pengerol Pipa .....	7
B. Tuntutan Alat/mesin Pengerol Pipa dari Calon Pengguna .....	9
C. Analisis Morfologi Alat/mesin Pengerol Pipa .....	12
D. Gambar Alat/mesin Pengerol Pipa .....	15
1. Gambar teknologi .....	15
2. Langkah kerja alat/mesin pengerol pipa .....	16
3. Prinsip kerja alat/mesin pengerol pipa .....	17

### BAB III KONSEP PERANCANGAN

A. Diagram Alir Proses Perancangan .....	20
1. Perencanaan dan penjelasan tugas .....	20
2. Perencanaan konsep produk .....	22
3. Perencanaan produk .....	22
4. Perencanaan rinci .....	28
B. Pernyataan Kebutuhan .....	28
C. Analisis Kebutuhan .....	29
1. Spesifikasi tenaga penggerak .....	29
2. Spesifikasi alat/mesin .....	29
3. Standart penampilan .....	30
D. Pertimbangan Perencanaan .....	30
1. Pertimbangan teknis .....	30
2. Pertimbangan ekonomi .....	31
3. Pertimbangan ergonomis .....	31
4. Pertimbangan lingkungan .....	32
5. Pertimbangan keselamatan kerja .....	32
E. Tuntutan Perancangan .....	33
1. Tuntutan konstruksi .....	33
2. Tuntutan ekonomi .....	33
3. Tuntutan fungsi .....	33
4. Tuntutan pengoperasian .....	34
5. Tuntutan keamanan .....	34
6. Tuntutan ergonomis .....	34

### BAB IV PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilihan Bahan .....	35
B. Desain dan Gambar Teknologi Alat/mesin pengerol Pipa .....	38
1. Desain konstruksi alat/mesin pengerol pipa .....	38
2. Gambar teknologi alat/mesin pengerol pipa .....	39
C. Teknik Perancangan Alat/mesin Pengerol Pipa .....	39

	Halaman
1. Sistem pengerolan pipa .....	40
2. Kecepatan sistem transmisi .....	40
3. Analisis kebutuhan daya motor penggerak .....	42
4. Analisis torsi penggerak .....	50
5. Perhitungan pada poros alat/mesin pengerol pipa .....	51
6. Analisis kekuatan struktur rangka alat/mesin pengerol pipa .	61
7. Analisis perencanaan transmisi alat/mesin pengerol pipa ....	74
D. Perhitungan Harga Pokok.....	78
1. Harga pokok mesin .....	78
2. Analisis ekonomi bengkel jasa pengerolan pipa .....	81
E. Hasil dan Pembahasan .....	83
1. Transmisi .....	83
2. Rangka .....	83
3. Analisis ekonomi .....	84
4. Kapasitas produksi alat/mesin .....	84
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	85
B. Saran .....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>87</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>88</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Alat/mesin pengerol pipa .....	15
Gambar 2. Posisi awal mulai pengerolan .....	17
Gambar 3. Pipa berada pada <i>roller</i> satu dan <i>roller</i> dua .....	18
Gambar 4. Penggerak/penekan diturunkan sampai menyentuh pipa .....	18
Gambar 5. Penggerak/penekan diputar satu kali putaran .....	18
Gambar 6. Pipa bergerak dari kiri kekanan oleh putaran motor .....	19
Gambar 7. Diagram alir proses perancangan menurut Phal dan Beitz yang telah dimodifikasi .....	21
Gambar 8. Elemen dasar dalam perencanaan simultan .....	23
Gambar 9. Langkah-langkah perancangan produk menurut Phal dan Beitz yang telah dimodifikasi .....	27
Gambar 10. <i>Roller</i> .....	36
Gambar 11. Poros .....	37
Gambar 12. Rangka .....	38
Gambar 13. Sistem pengerolan pipa .....	40
Gambar 14. Sistem transmisi alat/mesin pengerol pipa .....	42
Gambar 15. Gaya pembebanan pada pipa .....	44
Gambar 16. Penampang pipa .....	45
Gambar 17. Torsi pada <i>roller</i> .....	45
Gambar 18. Ilustrasi gaya yang dialami motor listrik .....	46
Gambar 19. Penampang ulir cacing .....	48
Gambar 20. Penampang roda gigi .....	48
Gambar 21. Alur perhitungan poros yang sudah dimodifikasi .....	52
Gambar 22. Skema pembebanan pada poros utama .....	56
Gambar 23. Diagram momen lentur .....	57
Gambar 24. Ilustrasi pembebanan pada ujung batang .....	57
Gambar 25. Skema pembebanan pada poros penekan .....	59
Gambar 26. Diagram momen lentur .....	60

	Halaman
Gambar 27. Ilustrasi pembebanan pada ujung batang .....	60
Gambar 28. Konstruksi rangka .....	62
Gambar 29. Batang rangka yang menerima beban kritis .....	65
Gambar 30. Tegangan luluh pada batang A .....	66
Gambar 31. Defleksi pada batang A .....	67
Gambar 32. Tegangan luluh pada batang B .....	69
Gambar 33. Defleksi pada batang B .....	69
Gambar 34. Tegangan luluh pada batang C .....	71
Gambar 35. Defleksi pada batang C .....	71
Gambar 36. Tegangan luluh pada batang D .....	73
Gambar 37. Defleksi pada batang D .....	73

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Tuntutan perancangan alat/mesin pengerol pipa .....	11
Tabel 2. <i>Matriks morfologis</i> alat/mesin pengerol pipa .....	13
Tabel 3. Hasil uji kekerasan <i>brinell hardness tester</i> untuk bahan poros .....	53
Tabel 4. Hasil uji kekerasan <i>brinell hardness tester</i> untuk bahan rangka .....	63
Tabel 5. Hasil analisis pembebanan pada batang A .....	67
Tabel 6. Hasil analisis pembebanan pada batang B .....	69
Tabel 7. Hasil analisis pembebanan pada batang C .....	71
Tabel 8. Hasil analisis pembebanan pada batang D .....	73
Tabel 9. Biaya desain alat/mesin pengerol pipa .....	81
Tabel 10. Biaya pembelian komponen alat/mesin pengerol pipa .....	81
Tabel 11. Biaya pembuatan alat/mesin pengerol pipa .....	80
Tabel 12. Biaya non produksi alat/mesin pengerol pipa .....	80
Tabel 13. Laba alat/mesin pengerol pipa .....	80
Tabel 14. Taksiran harga alat/mesin pengerol pipa .....	80

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Presensi pembuatan proyek akhir .....	89
Lampiran 2. Gambar kerja alat/mesin pengerol pipa .....	90
Lampiran 3. Baja konstruksi umum menurut DIN 17100 .....	137
Lampiran 4. Simbol tanda pengerjaan .....	138
Lampiran 5. Baja profil siku sama kaki .....	139
Lampiran 6. Tabel modulus elastisitas bahan .....	140
Lampiran 7. Nilai kekasaran .....	141
Lampiran 8. Variasi penyimpangan umum .....	142
Lampiran 9. Lambang-lambang dari diagram alir .....	143
Lampiran 10. Simbol pengelasan .....	144
Lampiran 11. Ukuran umum rantai rol .....	145



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Di era perkembangan jaman ini semua serba dituntut cepat dan tepat khususnya dalam bidang industri. Oleh karena itu, dunia industri dituntut memiliki sumber daya manusia yang berkualitas tinggi dalam menyeimbangkan kemajuan teknologi, khususnya dalam bidang industri. Seseorang harus memiliki suatu keahlian dalam bidang tertentu, agar seseorang bisa menempatkan diri dan berguna. Selain itu, kemajuan teknologi juga sangat berpengaruh terhadap produksi.

Semakin majunya teknologi yang digunakan maka semakin cepat laju produksi yang dihasilkan oleh industri itu sendiri. Di samping mempengaruhi lebih cepat dan banyak hasil produksinya, juga produk yang dihasilkan lebih baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Dalam dunia industri seseorang dituntut untuk lebih aktif dan kreatif. Seseorang dituntut mampu memiliki kemampuan terhadap hasil produk untuk diinovasi maupun diinovasi. Guna tercapainya kemajuan dan perkembangan dalam industri itu sendiri. Untuk menghasilkan/membuat alat/mesin yang baru dirasa memang sulit. seseorang harus kreatif mampu mempunyai ide dan menuangkan gagasannya tersebut.

Semakin ketatnya persaingan dalam dunia industri, semua pekerjaan dituntut semakin cepat dan tepat. Salah satunya adalah proses pengerolan,

pada umumnya pengerolan dibengkel masih dilakukan secara manual dan lama. Melihat adanya peluang untuk dibuat dan diinovasi sebuah alat/mesin pengerol pipa yang cepat dan tepat. Pada umumnya alat/mesin rol ini digunakan untuk mengerol pipa dalam pembuatan kanopi (*canopy*), pagar tralis, jendela tralis, pintu tralis, maupun untuk mengerol bagian atap dari rangka sepeda becak, dan lain-lain.

Perancangan alat/mesin pengerol pipa ini dikhususkan hanya untuk mengerol maximum  $\frac{3}{4}$  lingkaran, karena dalam pengaplikasiannya tidak banyak digunakan untuk pengerolan satu lingkaran penuh. Misalnya dalam pembuatan kanopi (*canopy*) hanya membutuhkan  $\frac{1}{4}$  lingkaran untuk membuat bagian rangka atapnya. Pada umumnya, di bengkel-bengkel biasanya masih menggunakan sistem manual dengan tenaga manusia untuk pemutarnya. Direncanakan untuk dirancang dan menginovasi dari alat/mesin pengerol pipa yang sudah ada.

Selain untuk mempermudah dan mempercepat dalam pekerjaan, produksi yang dihasilkan juga lebih tepat sehingga lebih efektif dan efisien. Dalam pembuatan sebuah alat/mesin pengerol pipa ini dibutuhkan pemilihan bahan yang tepat, sehingga alat/mesin ini mampu bekerja secara optimal. Serta pengoperasiannya sangat sederhana, agar semua orang dapat menggunakan alat/mesin tersebut. Di samping itu, dalam pemilihan bahan yang tepat akan dihasilkan alat/mesin yang baik pula dilihat dari segi kekuatan maupun keawetan alat/mesin tersebut.

Untuk mencapai hal tersebut, maka dalam perancangan sangat dibutuhkan ketelitian dan perencanaan yang matang. Agar bahan-bahan yang dipilih tepat dan alat/mesin yang dihasilkan lebih efektif dan efisien. Serta alat/mesin yang akan dirancang mampu beroperasi secara maksimal. Di samping itu, dengan perencanaan yang matang akan menghasilkan hasil yang diinginkan.

## **B. Identifikasi Masalah**

Dengan melihat latar belakang diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah di antaranya:

1. Proses perancangan alat/mesin pengerol pipa dengan diinovasi dari alat /mesin pengerol pipa manual serta memenuhi *safety* bagi operator.
2. Proses pembuatan rangka alat/mesin pengerol pipa yang kuat
3. Proses pembuatan *roller* alat/mesin pengerol pipa yang presisi
4. Proses pembuatan ulir pada penekan alat/mesin pengerol pipa yang presisi
5. Proses pembuatanudukan ulir penekan pada alat/mesin pengerol pipa yang kuat.
6. Proses perakitan rangkaian elektrik untuk sistem *ON-OFF* pada alat/mesin pengerol pipa.
7. Proses pengujian alat/mesin pengerol pipa untuk mengetahui kinerja dari alat/mesin.

### **C. Batasan Masalah**

Melihat banyaknya masalah dalam membuat produk alat/mesin pengerol pipa, maka penulisan laporan ini difokuskan pada masalah perancangan alat/mesin pengerol pipa. Agar pembahasan dalam penulisan laporan ini lebih fokus dan mendalam.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah tersebut maka dapat ditarik rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimanakah desain dan gambar kerja dari alat/mesin pengerol pipa?
2. Bagaimanakah tingkat keamanan dan spesifikasi pada alat/mesin pengerol pipa?
3. Berapakah biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan keseluruhan (harga jual alat/mesin pengerol pipa)?

### **E. Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari perancangan alat/mesin pengerol pipa ini adalah:

1. Mendesain alat/mesin yang lebih praktis atau mudah digunakan dan efisien tenaga.
2. Merencanakan konstruksi yang aman dan spesifikasi dari alat/mesin.
3. Merencanakan biaya yang dibutuhkan untuk proses pembuatan alat/mesin pengerol pipa.

## **F. Manfaat**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh adalah:

1. Bagi mahasiswa, adalah:
  - a. Merupakan implementasi ilmu yang telah diberikan selama duduk dibangku kuliah, sebagai tolok ukur kompetensi mahasiswa untuk meraih gelar Ahli Madya.
  - b. Salah satu bekal pengalaman ilmu untuk mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri, sebagai modal persiapan untuk dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diberikan.
2. Bagi Lembaga Pendidikan, adalah:
  - a. Merupakan pengembangan ilmu dan pengetahuan (IPTEK) yang tepat guna dalam hal menciptakan ide untuk menghasilkan suatu alat yang baru.
  - b. Merupakan inovasi awal yang dapat dikembangkan kembali dikemudian hari dengan lebih baik.
3. Bagi Dunia Industri, adalah:
  - a. Merupakan bentuk kreativitas mahasiswa yang dengan diciptakannya alat/mesin ini diharapkan mampu menghasilkan produksi yang lebih cepat dan menggunakan tenaga yang sedikit.
  - b. Memacu masyarakat untuk berfikir secara dinamis dalam memanfaatkan teknologi tepat guna dalam kehidupan sehari-hari.

**B. Keaslian**

Perancangan alat/mesin pengerol pipa merupakan bentuk inovasi alat/mesin pengerol pipa yang menggunakan sistem manual. Kesesuaian konsep kerja alat/mesin merupakan dasar utama perancangan alat/mesin pengerol pipa yang digunakan untuk proses pengerolan pipa agar melengkung sesuai kebutuhan. Perubahan mesin difokuskan pada penyederhanaan konstruksi dan sistem daya penggerak. Inovasi mesin ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas, kuantitas dan keamanan pada proses pengerolan pipa.

## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

#### **A. Kajian Tentang Alat/Mesin Pengerol Pipa**

Alat/mesin pengerol pipa merupakan salah satu alat/mesin tepat guna. Alat/mesin pengerol pipa adalah alat/mesin yang digunakan untuk mengerol pipa yang semula dalam bentuk lonjoran lurus berubah menjadi melengkung dan melengkungnya pipa ini disesuaikan sesuai kebutuhan dan kegunaan. Alat/mesin pengerol pipa ini menggunakan daya motor sebagai alat penggerakannya. Untuk pengerolan ini dibutuhkan penekanan pada bagian pipa yang akan dibuat melengkung.

Untuk konsep cara kerja alat/mesin ini memiliki persamaan dengan alat/mesin pengerol pipa secara manual. Dengan mempunyai dua *roller* sebagai penompang dan satu *roller* sebagai penekannya. Selain itu, penggunaan daya motor listrik pada mesin ini sangat membantu untuk mempermudah dalam proses pengerolannya 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/mesin dihidupkan.

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/mesin ini dilakukan secara bolak balik dari arah kiri kekanan atau

sebaliknya. Prinsip kerja dalam proses pengerolan pipa ini ada beberapa tahap yaitu:

1. Pengukuran benda kerja, pada tahap ini benda kerja ditentukan bagian-bagian 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/mesin pengerol pipa yang bertujuan untuk mengurangi harga dari produk, sehingga harga dari produk dapat dijangkau usaha kecil menengah. Akan tetapi, tidak meninggalkan dari segi keamanan penggunaanya dan kualitasnya dari alat/mesin.



## **B. Tuntutan Alat/Mesin Pengerol Pipa dari Calon Pengguna**

Alat/mesin pengerol pipa merupakan suatu alat/mesin yang berfungsi sebagai pengerol pipa dari pipa lonjoran atau lurus menjadi bengkok/melengkung. Mengidentifikasi syarat-syarat dan spesifikasi suatu alat/mesin adalah sangat penting dilakukan dalam proses perancangan. Sebagian besar masalah atau kegagalan desain disebabkan karena kurang jelasnya kriteria tuntutan pemakai dan kurang jelasnya bagian-bagian tugas yang harus dipenuhi.

Selain itu, alasan utama penolakan desain dari konsumen adalah faktor investasi atau ekonomi yang tidak sepadan. Untuk itu diperlukan langkah-langkah dalam pengembangan dan pembuatan suatu alat/mesin dengan cara mempelajari tuntutan produk dari calon pengguna. Merencanakan sebuah komponen alat/mesin harus dapat memenuhi sebuah fungsi dan kelayakan.

Kelayakan sebuah desain alat/mesin dapat dinilai dari konstruksi yang lebih murah biayanya tetapi disertai fungsi yang lebih unggul (hasil produk, umur, hemat bahan bakar dan mudah perawatannya). Selain itu, yang paling menentukan adalah hasil akhir dari sebuah mesin. Hasil akhir yang baik merupakan hasil kompromi dari berbagai ragam tuntutan para pengguna dan pastinya akan menambah mutu dari konstruksi mesin yang dibuat.

Alat/mesin pengerol pipa ini memiliki berbagai tuntutan yang harus dipenuhi, sehingga nantinya alat/mesin ini dapat diterima dan memenuhi

segala kebutuhan pemakai. Berikut tuntutan-tuntutan dari alat/mesin pengerol pipa, adalah:

1. Tidak lagi menggunakan tenaga manusia sebagai tenaga penggerak utamanya.
2. Menggunakan tombol elektrik untuk pergantian arah bolak-balik
3. Mudah dalam pengoperasiannya dan perawatannya
4. Memenuhi keamanan dari operatornya
5. Dapat memberi kenyamanan lebih dari pada alat/mesin yang sudah ada

Dengan tuntutan-tuntutan di atas, harapannya alat/mesin dapat beroperasi sesuai dengan keinginan yang diminta dan biaya pembuatan yang ekonomis, sehingga harga jual alat/mesin dapat terjangkau. Spesifikasi alat/mesin sangat mutlak diperlukan sebagai gambaran sebuah alat/mesin yang akan dibuat. Berikut (Tabel 1) adalah gambaran tentang tuntutan perancangan alat/mesin pengerol pipa:

Keterangan Tabel 1 adalah:

1. Keharusan (*Demands*) disingkat D, yaitu syarat mutlak yang harus dimiliki alat/mesin, jika tidak terpenuhi maka alat/mesin tidak diterima.
2. Keinginan (*Wishes*) disingkat W, yaitu syarat yang masih bisa dipertimbangkan keberadaannya, agar jika mungkin dapat dimiliki oleh alat/mesin yang dibuat.

Tabel 1. Tuntutan Perancangan Alat/Mesin Pengerol Pipa

No.	Tuntutan Perancangan	Persyaratan	Tingkat Kebutuhan
1	Energi	a. Menggunakan tenaga motor b. Dapat diganti dengan penggerak lain.	D W
2.	Kinematika	a. Arah putaran bolak balik b. Mekanismenya mudah beroperasi. c. Menggunakan sistem transmisi untuk mendapatkan keuntungan mekanis.	D D D
3.	Material	a. Mudah didapat dan murah harganya. b. Mempunyai sifat mekanis yang baik. c. Sesuai standar umum d. Umur pemakaian yang panjang. e. Baik mutunya	D D D D W
4.	Geometri	a. Panjang berkisar 700 mm b. Lebar berkisar 500 mm c. Tinggi berkisar 700 mm	D D D
5.	Gaya	a. Mempunyai gaya tekan	D
6.	Ergonomi	a. Sesuai dengan kebutuhan b. Tidak bising c. Mudah dioperasikan	D D D
7.	Sinyal	a. Petunjuk pengoperasian mudah dimengerti. b. Petunjuk pengoperasian mudah dipahami.	D D
8.	Keselamatan	a. Kontruksi harus kokoh b. Bagian yang berbahaya ditutup c. Tidak menimbulkan polusi	D D W
9.	Produksi	a. Dapat diproduksi bengkel kecil b. Suku cadang murah dan mudah didapat. c. Biaya produksi relatif murah	D D W
10.	Perawatan	a. Biaya perawatan murah b. Perawatan mudah dilakukan c. Perawatan secara berkala	D D W
11.	Transportasi	a. Mudah dipindahkan b. Tidak perlu alat khusus untuk memindahkan.	D D








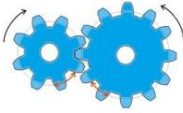
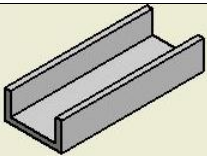
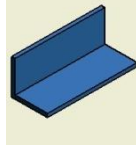
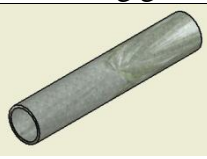
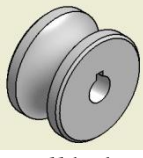
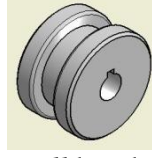
### C. Analisis Morfologi Alat/Mesin Pengerol Pipa

Analisis morfologi adalah suatu pendekatan yang sistematis dalam mencari sebuah alternatif penyelesaian dengan menggunakan *matriks* sederhana. Metode ini dapat digunakan sebagai alternatif dari spesifikasi bahan atau komponen yang akan dipakai pada produk. Analisis morfologi suatu alat/mesin dapat terselesaikan dengan memahami karakteristik suatu alat/mesin dan mengerti akan berbagai fungsi komponen yang akan digunakan dalam alat/mesin.

Dengan segala sumber informasi tersebut selanjutnya dapat dikembangkan untuk memilih komponen-komponen alat/mesin yang paling ekonomis, segala perhitungan teknis dan penciptaan bentuk dari alat/mesin yang menarik. Analisis morfologi sangat diperlukan dalam perancangan alat/mesin pengerol pipa untuk mendapatkan sebuah hasil yang maksimal. Analisis morfologi dalam merancang alat/mesin pengerol pipa dapat ditunjukkan dalam *matriks morfologis* (Tabel 2). Berdasarkan Tabel 2, *matriks morfologis* alat/mesin pengerol pipa yang terpilih adalah:

1. Sistem tenaga yang terpilih adalah motor listrik atau yang ketiga karena alat/mesin ini di tempatkan di dalam ruangan sehingga tidak menimbulkan polusi udara yang berlebih jika dibanding dengan menggunakan motor bensin dan tidak menimbulkan suara yang berisik. Pekerjaan proses pengerolan semakin cepat menggunakan motor listrik jika dibanding dengan tenaga manual. Serta membuat nyaman bagi penggunaanya dan lebih aman.

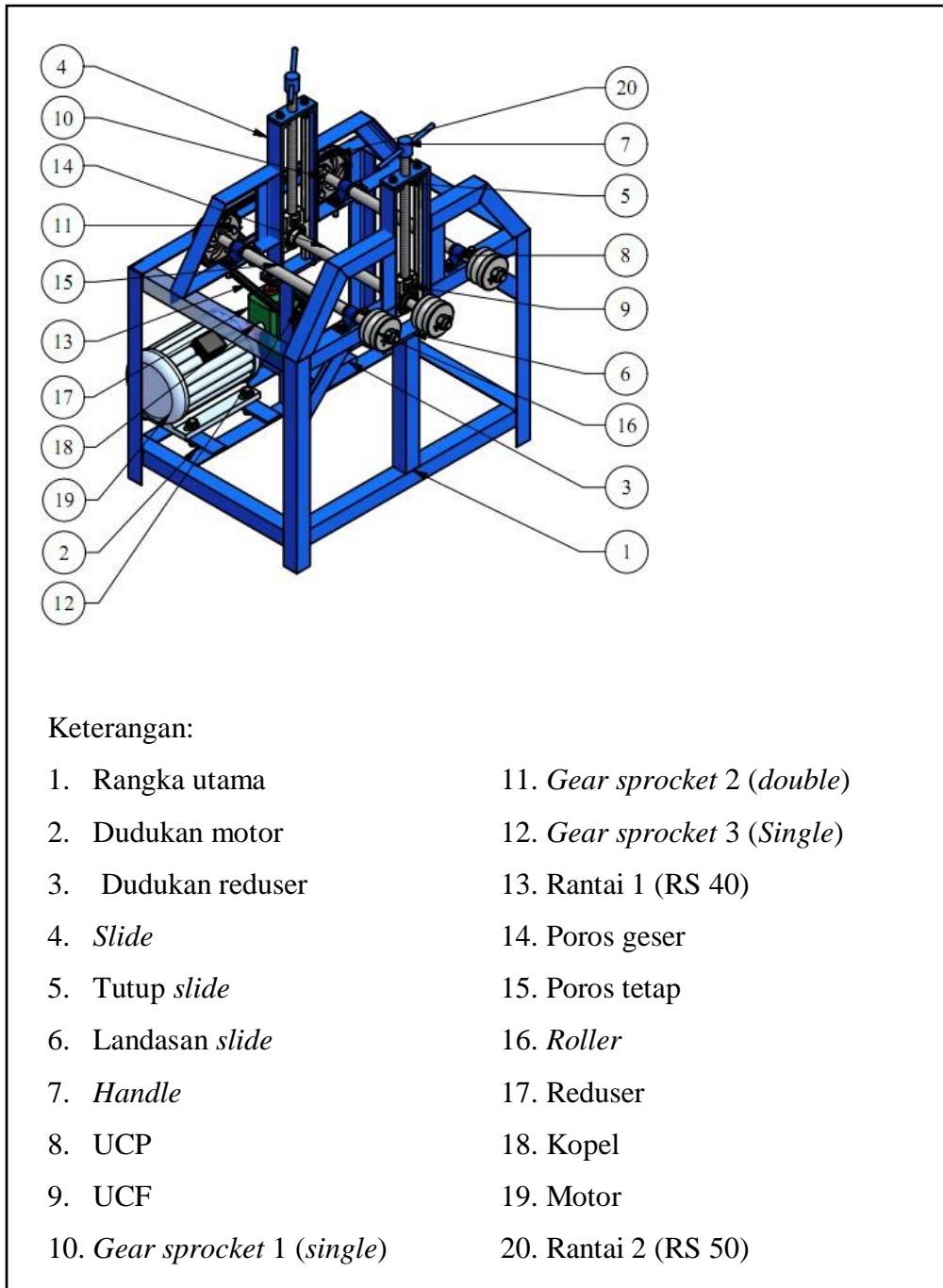
Tabel 2. *Matriks Morfologis Alat/Mesin Pengerol Pipa*

No.	Variabel	Varian		
		1	2	3
1.	Penggerak	 Motor bensin	 Manual/tenaga manusia	 Motor listrik
2.	Mereduksi Tinggi (1:60)	 Reduser vertikal	 Reduser horisontal	
3.	Sistem transmisi	 Rantai	 Puli	 Roda gigi
4.	Bahan profil rangka	 Kanal U	 Siku	 Pipa
5.	Alur tempat pipa(roller)	 Roll bulat	 Roll kotak	

2. Pereduksi putaran tinggi menggunakan reduser vertikal atau yang pertama, karena posisi poros output yang sesuai dengan kebutuhan.
3. Sistem transmisi yang terpilih adalah rantai atau yang pertama, karena pada sistem transmisi rantai mampu meneruskan daya besar, tidak memerlukan tegangan awal, mudah memasangnya dan tidak terjadi slip jika dibanding menggunakan dengan v-belt.
4. Profil bahan rangka yang dipilih adalah siku (L) atau yang kedua, karena profil siku (L) tersebut sudah dirasa cukup kuat untuk menompang bagian-bagian komponen dari alat/mesin pengerol pipa.
5. *Roller* atau alur tempat pipa yang terpilih adalah yang pertama atau rol bulat, karena pekerjaan pengerolan lebih banyak menggunakan bahan pipa bulat yang dirol dibanding pekerjaan pengerolan pipa kotak.

#### D. Gambaran Alat/Mesin Pengerol Pipa

##### 1. Gambar Teknologi (lihat pada Gambar 1)



Gambar 1. Alat/mesin Pengerol Pipa

## 2. Langkah Kerja Alat/Mesin Pengerol Pipa

Langkah kerja dari alat/mesin pengerol pipa ini adalah:

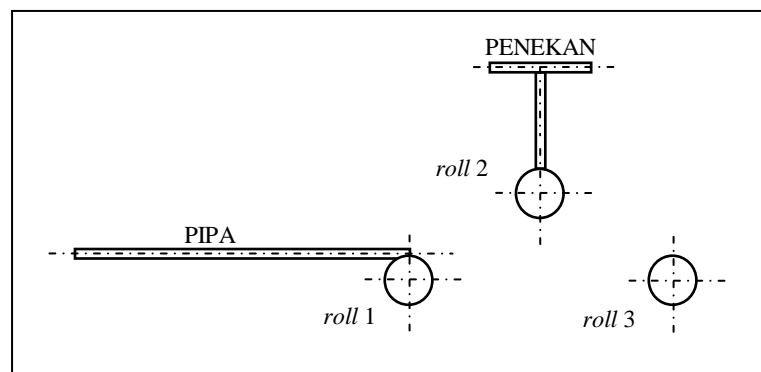
- a. Pipa diletakan pada tengah-tengah *roller* 1 dan *roller* 3
- b. Masukkan *jack* pada stop kontak
- c. Tekan tombol *ON* ke kiri pada motor
- d. Setelah motor hidup, maka poros akan berputar. Putaran motor ini ialah 1400 rpm.
- e. Putaran motor ini akan diteruskan ke reduser dengan perbandingan 1:60 maka putaran akan menjadi 23,33 rpm pada *reducer output*.
- f. Putaran dari poros motor ini akan ditransmisikan dengan rantai untuk menggerakan poros utama yang terhubung dengan *roller*. Roda gigi *sprocket* ini mempunyai perbandingan 1:1,5 maka putaran *output* menjadi 15,55 rpm.
- g. Poros utama ini akan berputar ke arah kiri sehingga pipa pada *roller* akan berjalan ke arah kiri.
- h. *Handle* secara pelan-pelan diputar sehingga menekan *roller* kedua dengan pipa, kemudian pipa sedikit demi sedikit akan melengkung.
- i. Setelah pipa berjalan sampai ke batas ujung maka motor dimatikan
- j. Tekan tombol *OFF* yang berada di tengah, maka mesin berhenti/mati
- k. Kemudian tekan tombol *ON* ke kanan pada motor
- l. Setelah motor hidup maka poros akan berputar
- m. Poros utama ini akan berputar ke arah kanan, sehingga pipa pada *roller* akan berjalan ke arah kanan.



- n. *Handle* secara pelan-pelan terus ditekan agar proses melengkungnya baik dan halus.
- o. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang ke kiri dan ke kanan sampai proses melengkunya sesuai kebutuhan.
- p. Setelah selesai, motor dimatikan
- q. Tekan tombol *OFF* pada motor

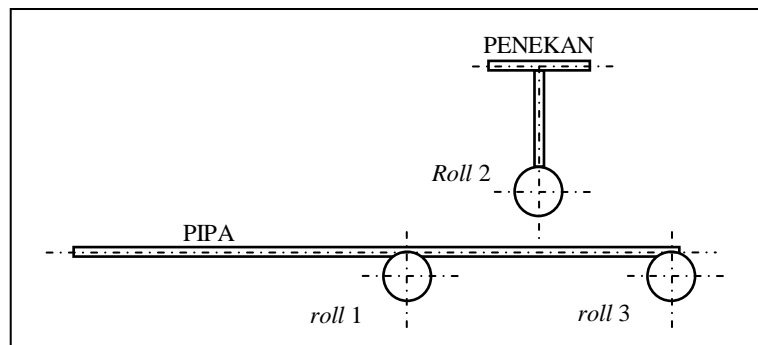
### 3. Prinsip Kerja Alat/Mesin Pengerol Pipa (lihat pada Gambar 2)

Dalam memahami kinerja dari alat/mesin terlebih dahulu harus mengetahui dasar penggunaan dari alat/mesin tersebut. Dasar penggunaan ialah tata cara atau prinsip kerja dalam pengoperasian dari suatu alat/mesin. Prinsip kerja alat/mesin pengerol pipa ini pada awalnya adalah menempatkan pipa di atas *roll* 1.



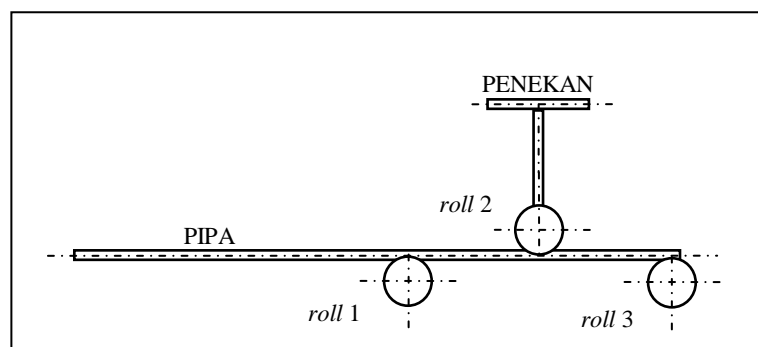
Gambar 2. Posisi awal mulai pengerolan

Kemudian pipa melewati *roll* 2 yang berada ditengah sampai berada di atas *roll* 3. Pada posisi ini pipa harus benar-benar berada di tengah dari *roll* 1 dan 3. Diameter pipa disesuaikan dengan diameter lubang *roll* yang digunakan agar dalam proses pengerolan pipa tidak cacat (lihat pada Gambar 3).

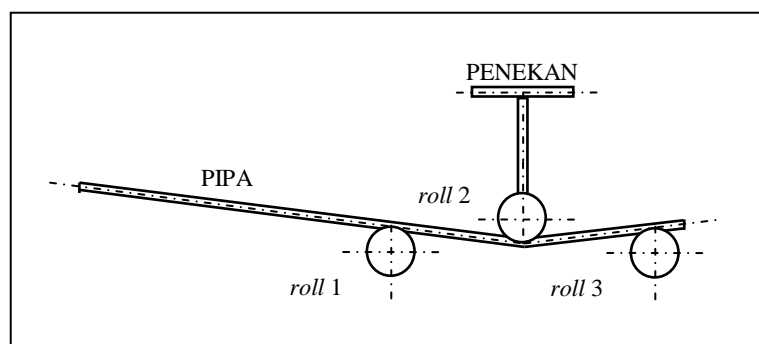


Gambar 3. Pipa berada di atas *roller* 1 dan *roller* 3

Selanjutnya penggerak/penekan diturunkan sampai menyentuh pipa dan diputar, sehingga terjadi *bending* di titik *roll* 2. Lihat pada Gambar 4 dan Gambar 5:

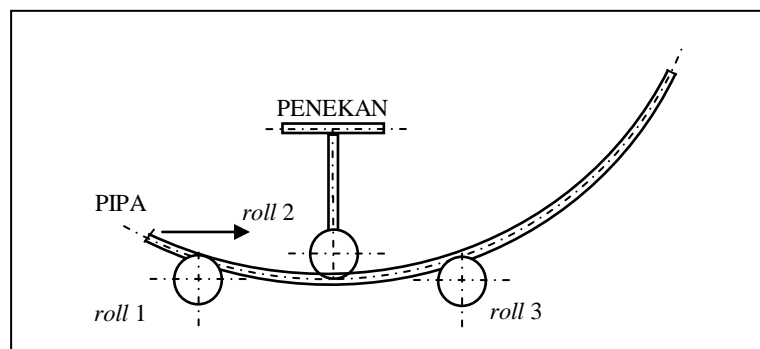


Gambar 4. Penggerak/penekan diturunkan sampai menyentuh pipa.



Gambar 5. Penggerak/penekan diputar satu kali putaran.

Ketika motor menyala dan putaran motor ditransmisikan ke kopel yang terhubung dengan *reducer* kemudian dari *reducer* akan ditransmisikan ke poros melalui *sprocket* dan rantai. Ketika rantai pada poros berputar maka poros pun ikut berputar karena terpasang pasak pada *gear* dengan poros. Poros inilah yang memutar *roller* sehingga pipa akan bergerak dari kiri ke kanan. *Bending* yang terjadi di titik *roll 2* akan terdistribusi pada tiap titik pipa, sehingga pipa akan melengkung akibat *bending* tersebut (lihat pada Gambar 6).



Gambar 6. Pipa bergerak dari kiri kekanan oleh putaran motor.

Proses berakhir ketika ujung pipa tepat berada di atas *roll 1* dan motor dimatikan. Kemudian motor dinyalakan lagi dengan arah putaran berlawanan, sehingga pipa akan bergerak dari kanan ke kiri. Langkah yang terakhir ini dilakukan agar hasil pengerollan lebih sempurna. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang sampai *bending* pada pipa sesuai keinginan dan kegunaan.

## **BAB III**

### **KONSEP PERANCANGAN**

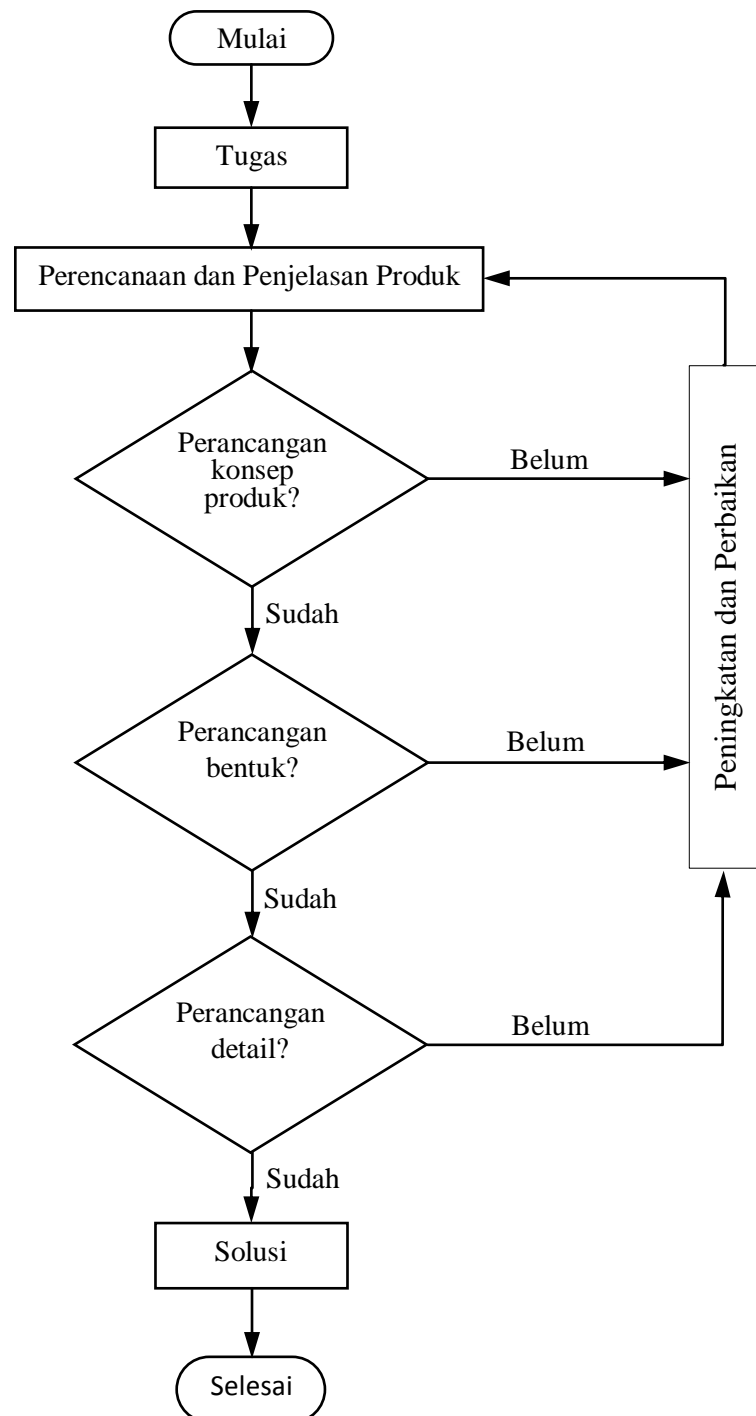
#### **A. Diagram Alir Proses Perancangan**

Perancangan merupakan suatu kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam pembuatan produk sangat diperlukan suatu gambaran yang digunakan untuk dasar-dasar dalam melangkah atau bekerja. Gambaran ini dapat disajikan dalam bentuk diagram-diagram alir sebagai metode dalam perencanaan dan perancangan. Metode perencanaan dan perancangan memodifikasi dan merujuk dari metode perencanaan menurut Pahl dan Beitz (Darmawan, 2004:31) yang terbagi menjadi empat tahap (lihat Gambar 7).

##### **1. Perencanaan dan penjelasan tugas**

Tahap pertama ini meliputi pengumpulan informasi permasalahan dan kendala yang dihadapi serta dilanjutkan dengan persyaratan mengenai sifat dan performa tuntutan produk yang harus dimiliki untuk mendapatkan solusi. Pada alat/mesin pengerol pipa ini biasanya di bengkel-bengkel menengah kebawah masih menggunakan pengerolan yang sederhana secara manual. Terutama dalam penggerakannya yang masih menggunakan tenaga manusia sebagai penggerak utamanya. Kebanyakan dari alat/mesin pengerol pipa secara manual belum bisa menerima order dalam jumlah banyak dikarenakan dalam proses pengerolan yang lama dan sulit. Selain itu, alat/mesin pengerol pipa masih jarang dikarenakan biaya pembelian

yang mahal. Untuk itu diperlukan alat/mesin yang praktis dengan harga yang ekonomis serta efektif.



Gambar 7. Diagram alir proses perancangan menurut Phal dan Beitz dan telah dimodifikasi

## 2. Perancangan konsep produk

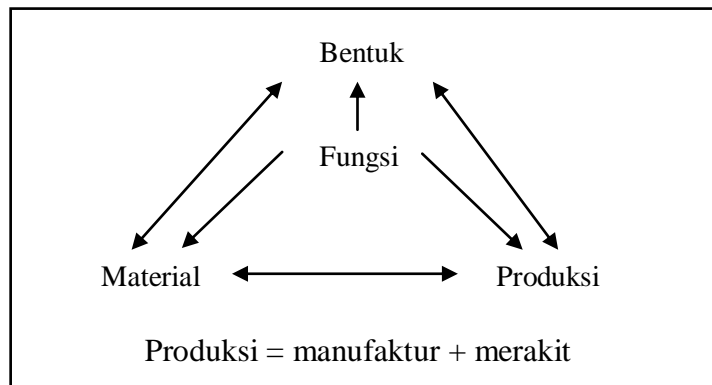
Perancangan konsep produk berguna untuk memberikan beberapa solusi alternatif konsep produk selanjutnya dievaluasi berdasarkan persyaratan teknis, ekonomis, dan lain-lain. Tahapan ini dapat diawali dengan mengenal dan menganalisis spesifikasi produk yang telah ada. Hasil analisis spesifikasi produk dilanjutkan dengan memetakan struktur fungsi komponen sehingga dapat disimpulkan beberapa varian solusi pemecahan masalah konsep produk. Dalam tahap ini konsep rancangan alat/mesin pengerol pipa sistem elektrik adalah:

- a. Menggunakan tenaga motor listrik sebagai tenaga penggerak utamanya
- b. Menggunakan tiga buah poros sebagai penompang *roller*
- c. Menggunakan reduser untuk memperlambat putaran
- d. Menggunakan rantai dan *gear sprocket* sebagai transmisi putaran
- e. Menggunakan *handle* berulir sebagai penekan *roller*
- f. Menggunakan rangkaian *relay* sebagai pembalik arah putaran

## 3. Perancangan bentuk (*embodiment design*)

Perancangan bentuk memerlukan beberapa pertimbangan untuk menentukan keputusan atau solusi setiap proses perencanaan. Berdasarkan kasus masalah yang dihadapi yaitu perencanaan produk alat/mesin pengerol pipa, pendekatan konsep yang digunakan adalah pendekatan produk dengan perencanaan simultan atau perencanaan dengan pendekatan proses produksi.

Konsep perencanaan simultan terdapat empat elemen utama, yaitu: fungsi, bentuk, material, dan produksi. Fungsi merupakan elemen penting diantara keempat elemen perencanaan simultan (lihat Gambar 8).



Gambar 8. Elemen dasar dalam perencanaan simultan

Langkah untuk perencanaan produk terdiri dari Sembilan langkah, yaitu:

a. Mencari produk jadi yang tersedia di pasar

Memilih dan memakai komponen yang telah tersedia di pasar atau produk khusus (*special product*) adalah jauh lebih murah daripada merancang, mengembangkan dan membuat komponen sendiri, seperti: bantalan, mur dan baut. Alternatif memilih produk jadi yang tersedia untuk memenuhi fungsi komponen merupakan solusi penting perencanaan produk untuk menghemat waktu dan biaya produksi.

b. Memilih material dan teknik produksi

Memilih material dan teknik produksi merupakan alternatif kedua perencanaan produk jika produk jadi hasil konsep produk tidak ditemukan di pasar. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan pada proses pemilihan material dan teknik produksi adalah:

1) Kuantitas produk yang harus dibuat

Faktor tersebut merupakan pertimbangan proses produksi.

Jika produk yang dirancang hanya sebuah, maka perlu dihindari penggunaan *tooling* atau alat produksi yang mahal harganya.

2) Pengetahuan tentang penggunaan material pada aplikasi terdahulu

Informasi pemakaian material serupa merupakan faktor pertimbangan proses produksi terkait pada bagaimana teknik produksi material yang baik, sifat dan kinerja material terhadap beban yang diderita.

3) Pengetahuan dan pengalaman

Pengetahuan dan pengalaman yang terbatas akan berpengaruh pada keterbatasan pemilihan material dan teknik produksi pula, oleh karena itu perlu didukung dengan literatur aplikasi material.

4) Syarat-syarat teknis tentang material

Syarat-syarat teknis tentang material merupakan pertimbangan yang dapat membatasi pemilihan material dan teknis produksi. Solusi untuk memenuhi syarat-syarat teknis material dapat dipecahkan dengan mementingkan esensial fungsi produk.

5) Faktor ketersediaan

Faktor ketersediaan material merupakan hambatan utama setiap perencanaan, oleh karena itu beberapa alternatif pemilihan material merupakan solusi penting perencanaan produk.



c. Mendalami keterbatasan ruang

Salah satu persyaratan teknis perencanaan produk adalah batasan-batasan ruang yang di tempati produk. Batasan-batasan ruang merupakan dasar pembuatan gambar *layout* yang berfungsi sebagai referensi batas dimensi produk atau komponen.

d. Mengidentifikasi komponen-komponen produk

Identifikasi komponen-komponen produk berfungsi untuk memisahkan beberapa komponen hasil sketsa konsep produk. Pemisahan komponen-komponen produk bertujuan untuk mempermudah proses pemilihan material dan pembuatan komponen yang sulit berdasarkan fungsi komponen.

e. Mengembangkan *interface* atau titik kontak antara dua komponen

Mengembangkan *interface* berfungsi untuk mengantisipasi interferensi atau gangguan proses perakitan.

f. Memberi bentuk

Proses pemberian bentuk diharapkan menghasilkan produk yang memenuhi tuntutan produk, seperti kuat, stabil, korosi dan aus yang terjadi dalam batas yang diijinkan, dan lain-lain.

g. Evaluasi

Evalusi produk dilakukan pada proses perencanaan produk bertujuan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik. Pada langkah evaluasi dikumpulkan informasi yang lengkap agar dapat dibandingkan

dengan syarat-syarat pada spesifikasi perancangan. Tiga hal pertimbangan hasil evaluasi, yaitu:

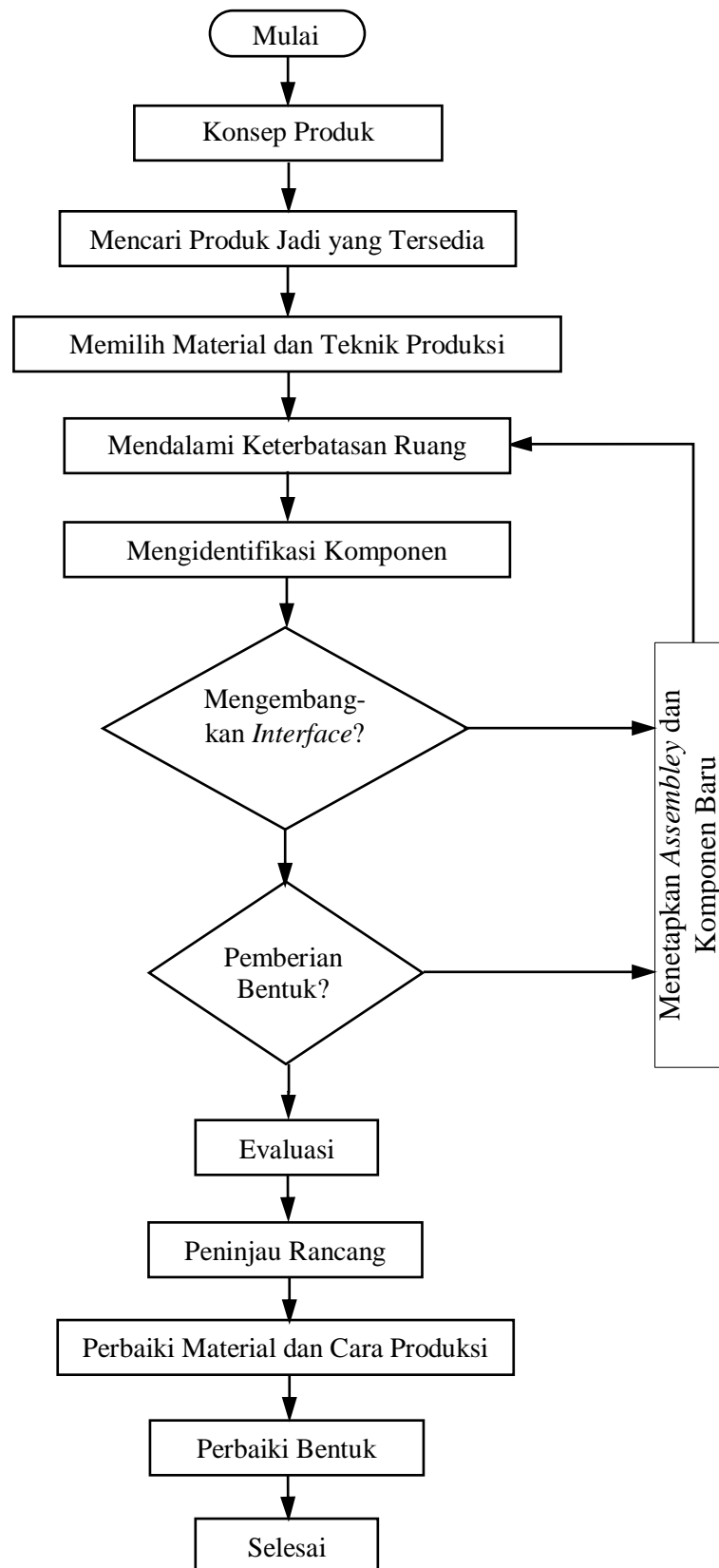
- 1) Hasil evaluasi baik, sehingga produk hasil rancangan telah siap ditinjau ulang bersama produk hasil rancangan alternatif lainnya atau dilanjutkan pada perencanaan rinci.
- 2) Hasil evaluasi tidak memenuhi syarat sebagai produk bermutu, sehingga perlu dikembalikan pada tahapan sebelumnya untuk ditinjau kembali sehingga diperoleh konsep produk yang lebih baik.
- 3) Hasil evaluasi perlu perbaikan berdasarkan kekurangan-kekurangan yang ditemukan pada proses evaluasi. Perbaikan terdiri dari dua jenis, yaitu: perbaikan material atau cara pembuatannya dan perbaikan bentuk produk atau komponen produk.

#### h. Perbaikan material dan cara produksi

Langkah perbaikan ini bertujuan untuk mendapatkan produk yang lebih baik atau memenuhi syarat mutu evaluasi, seperti kekuatan bahan atau kualitas dan efisiensi hasil perencanaan proses produksi.

#### i. Perbaikan bentuk

Langkah perbaikan bentuk berfungsi untuk menghilangkan interferensi gangguan atau memperbaiki kinerja produk hasil evaluasi dengan cara merubah ukuran hingga mengganti bentuk komponen. Berdasarkan keterangan di atas, kesembilan langkah perancangan produk dapat digambarkan dalam diagram alir (lihat Gambar 9).



Gambar 9. Langkah-langkah Perancangan Produk Menurut Phal dan Beitz yang Telah dimodifikasi.

#### 4. Perancangan rinci

Perancangan rinci merupakan hasil keputusan perencanaan berdasarkan beberapa tahapan sebelumnya. Luaran atau hasil akhir dari tahapan ini adalah gambar rancangan lengkap dan spesifikasi produk untuk pembuatan yang biasa disebut dokumen pembuatan produk.

Setiap tahapan proses perancangan berakhir, hasil tahapan selanjutnya tersebut menjadi masukan untuk tahapan selanjutnya dan menjadi umpan balik tahapan sebelumnya. Sebagai konsep utama perancangan metode tersebut, bahwa hasil setiap tahapan dapat berubah setiap saat berdasarkan umpan balik yang diterima dari hasil tahapan-tahapan berikutnya.

#### **B. Pernyataan Kebutuhan**

Alat/mesin pengerol pipa adalah alat/mesin yang digunakan untuk mengerol pipa yang semula berbentuk lonjoran/lurus menjadi melengkung (*bending*). Alat/mesin ini sangat diperlukan di bengkel-bengkel yang menerima order untuk pengerolan pipa. Karena dalam proses pengerolan pipa yang baik dan halus diperlukan alat/mesin yang mendukung proses pengerjaannya. Kendala yang dihadapi pada pengerolan pipa secara manual adalah waktu dan energi yang diperlukan sangat besar, sehingga proses pengerolan pipa dirasa kurang efektif.

Masih banyak di bengkel-bengkel menengah ke bawah yang masih menggunakan pengerolan pipa secara manual dengan tenaga penggerak

utama yang masih menggunakan tenaga manusia. Meskipun alat/mesin secara manual lebih hemat dalam pembuatannya, namun karena alat/mesin pengerol pipa ini dibuat untuk lebih mempercepat pekerjaan dan hasil produk yang lebih baik maka dibuat dengan sistem semi otomatis dengan operator manusia untuk menjalankannya sekaligus memutar *handle*. Alat/mesin pengerol pipa ini diharapkan untuk dimanfaatkan oleh industri menengah kebawah misalnya untuk sistem kerja *home industry*.

### C. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan pernyataan kebutuhan di atas maka, diperlukan beberapa langkah analisis kebutuhan untuk memperjelas tugas perencanaan alat/mesin pengerol pipa semi otomatis. Langkah-langkah analisis kebutuhan terdiri dari:

#### 1. Spesifikasi tenaga penggerak

Tenaga penggerak tidak lagi menggunakan tenaga manusia sebagai tenaga utamanya, melainkan diganti dengan tenaga motor listrik. Tenaga motor listrik diharapkan mampu menggantikan tenaga manusia karena menggunakan motor listrik lebih efektif sehingga mempercepat proses pengerolan. Motor listrik juga tidak menimbulkan polusi serta tidak bising.

#### 2. Spesifikasi alat/mesin

Spesifikasi alat/mesin pengerol pipa yaitu panjang 700 mm, lebar 500 mm, tinggi 700 mm. Tenaga penggerak menggunakan motor listrik.

### 3. Standard penampilan

Alat/mesin pengerol pipa ini memiliki konstruksi yang telah disesuaikan dengan keamanan dan kenyamanan dalam bekerja, serta kemudahan dalam proses pengoperasiannya. Sistem kerja alat/mesin yang semi otomatis dapat mendukung dalam proses pengerolan untuk produksi banyak. Alat/mesin ini memiliki ukuran yang tidak terlalu besar, sehingga alat/mesin ini dapat dengan mudah dipindah-tempatkan dari tempat satu ke tempat lain.

## D. Pertimbangan Perencanaan

Bedasarkan uraian analisis kebutuhan di atas maka pertimbangan perancangan yang dilakukan pada alat/mesin pengerol pipa ini adalah:

### 1. Pertimbangan Teknis

Pertimbangan nilai teknis identik dengan kekuatan konstruksi mesin sebagai jaminan terhadap pembeli. Pertimbangan teknis dari alat /mesin pengerol pipa ini adalah:

- a. Konstruksi yang kuat dan proses *finishing* yang baik agar menambah umur mesin.
- b. Kemudahan dalam pengoperasian alat/mesin
- c. Proses pemasangan mesin relatif mudah sehingga perawatan mesin dapat dilakukan dengan mudah.

## 2. Pertimbangan Ekonomi

Pertimbangan nilai ekonomi memiliki keterkaitan antara kemampuan nilai teknis produk terhadap daya beli konsumen serta harga jual produk yang ditawarkan. Pertimbangan ekonomi pada pembuatan alat/mesin dalam pemilihan bahan yang digunakan relatif murah harganya, selain itu mudah untuk mendapatkannya. Bahan yang digunakan antara lain, *Mild Steel* (*St 37*), profil siku, baut, dan *plate eyser* (*St 37*). Pertimbangan ekonomi alat/mesin pengerol pipa terhadap calon pembeli yaitu usaha menengah ke bawah adalah:

- a. Harga mesin dapat terjangkau
- b. Jaminan umur alat/mesin yang lama untuk mendukung dalam hal mencari keuntungan bagi calon pembeli.
- c. Suku cadang yang murah serta mudah dicari dalam pasaran
- d. Perawatan alat/mesin yang mudah dilakukan sendiri oleh pemilik alat/mesin.
- e. Kinerja alat/mesin yang menjanjikan sehingga mampu memberikan modal pembeli cepat kembali.

## 3. Pertimbangan Ergonomis

Pertimbangan ergonomis alat/mesin pengerol pipa berdasarkan analisis kebutuhan adalah:

- a. Alat/mesin pengerol pipa ini tidak lagi menggunakan tenaga manusia sebagai tenaga penggerak utamanya, melainkan menggunakan motor listrik.

- b. Konstruksi alat/mesin yang sederhana dan proporsional, sehingga memungkinkan setiap orang dapat mengoperasikan alat/mesin dengan mudah.
- c. Berdasarkan spesifikasi alat/mesin yang cukup proporsional, sehingga dapat mempermudah dalam proses pemindahan tempat alat/mesin dari tempat satu ke tempat yang lain.

#### 4. Pertimbangan Lingkungan

Pertimbangan lingkungan sebagai pendukung diterimanya produk oleh masyarakat dan calon pembeli adalah alat/mesin pengerol pipa yang bebas polusi dan tidak menimbulkan kebisingan, sebagai pendukung kenyamanan operator.

#### 5. Pertimbangan Keselamatan Kerja

Pertimbangan keselamatan kerja merupakan syarat ketentuan alat/mesin untuk dapat dikatakan layak pakai. Syarat tersebut dapat berupa bentuk komponen alat/mesin yang berfungsi sebagai pengaman atau pelindung operator pada bagian mesin yang berpotensi terhadap kecelakaan kerja.



## **E. Tuntutan Perancangan**

Berdasarkan uraian pertimbangan perencanaan, dapat diuraikan menjadi tuntutan perencanaan. Tuntutan itu terdiri dari:

### **1. Tuntutan Konstruksi**

- a. Konstruksi rangka dapat menahan beban dan getaran saat alat/mesin dioperasikan.
- b. Perawatan dapat dilakukan pada alat/mesin secara langsung tanpa harus membongkar alat/mesin satu per satu.
- c. Pengerjaan harus benar-benar presisi pada bagian *roller*
- d. Pengerjaan harus baik pada poros berulir
- e. Pengelasan yang dilakukan harus benar-benar kuat dan bagus

### **2. Tuntutan Ekonomi**

- a. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat/mesin relatif murah dan terjangkau.
- b. Perawatan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak memerlukan biaya mahal.

### **3. Tuntutan Fungsi**

- a. Alat/mesin pengerol pipa diharapkan mampu untuk mengerol pipa sesuai dengan ukurannya.
- b. Dapat menghasilkan produk yang lebih baik dibanding secara manual.
- c. Dapat mempercepat proses pengerolan sehingga alat/mesin lebih efektif dan efisien.

d. Alat/mesin pengerol pipa ini tidak lagi menggunakan tenaga manusia sebagai tenaga penggerak utamanya, melainkan menggunakan motor listrik.

e. Putaran alat/mesin dapat diatur bolak-balik

#### 4. Tuntutan Pengoperasian

a. Pengoperasian alat/mesin cukup mudah sehingga operator mudah mengerti.

b. Alat/mesin ini tidak menuntut pemakainya dengan latar belakang pendidikan yang tinggi atau memiliki keahlian khusus untuk mengoperasikannya.

#### 5. Tuntutan Keamanan

Komponen-komponen mesin yang berpotensi terhadap kecelakaan kerja operator dibutuhkan pelindung atau pengamanan dalam bentuk komponen yang sesuai.

#### 6. Tuntutan Ergonomis

a. Alat/mesin tidak memerlukan ruangan yang luas atau lebar karena ukurannya tidak terlalu besar.

b. Alat/mesin ini dapat dipindah-pindah tempat sesuai dengan kebutuhan produksi.

c. Alat/mesin ini membutuhkan dua orang operator sebagai pemutar *handle* dan pembantu.

## **BAB IV**

### **PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN**

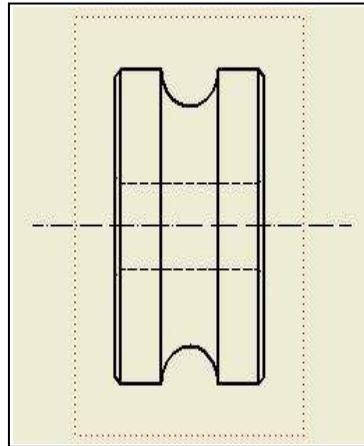
#### **A. Pemilihan Bahan**

Pemilihan bahan pada pembuatan alat/mesin pengerol pipa harus benar-benar diperhatikan. Pembuatan dengan bahan yang baik akan mendapatkan hasil yang baik pula, dari segi kualitas maupun kuantitas. Selain itu, perhitungan dan analisis teknik juga digunakan untuk memberikan gambaran teoritis sebagai sarana referensi. Meskipun dalam praktiknya nilai teoritis tidak dilakukan/diikuti karena berbagai pertimbangan di lapangan.

Komponen-komponen yang terdapat pada alat/mesin pengerol pipa ini cukup banyak. Pembahasan pemilihan bahan difokuskan pada komponen yang berpengaruh besar terhadap tingkat keamanan alat/mesin dan keawetan alat/mesin.

##### **1. Pemilihan Bahan *Roller***

Pada alat/mesin pengerol pipa terdapat sebuah komponen yang berperan penting terhadap proses pengerolan pipa. Komponen tersebut berupa *roller* yang berfungsi sebagaiudukan atau tempat pipa untuk proses pengerolan pipa (lihat Gambar 10). Dikarenakan berhubungan langsung dengan pipa pada saat pengerolan, maka untuk bahan dasar dari *roller* harus bersifat kuat dan ulet atau mampu puntir dan mampu tekan.



Gambar 10. *Roller*

Tebal bahan adalah 50 mm dengan diameter 80 mm. Bahan yang baik untuk membuat *roller* mempunyai sifat antara lain:

- a. Keras atau mampu tekan
- b. Ulet atau mampu puntir
- c. Tidak mudah berubah bentuk
- d. Mudah dilakukan pekerjaan pemesinan

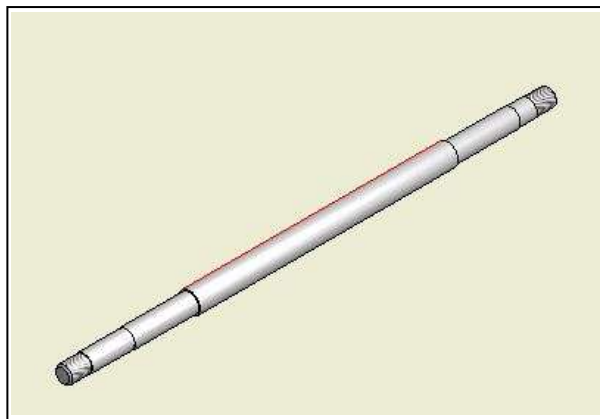
## 2. Pemilihan Bahan Poros

Poros adalah sebuah komponen dari alat/mesin pengerol pipa yang berfungsi sebagai poros utama untuk memutar *roller* pada saat proses pengerolan pipa (lihat Gambar 11). Selain itu, poros juga berfungsi sebagai penahan beban pada saat proses pengerolan berlangsung, serta penahan tekanan pada saat dilakukannya proses pengerolan pipa. Bahan yang baik digunakan untuk membuat poros adalah:

- a. Kuat (mampu tekan)
- b. Ulet (mampu puntir)

- c. Tidak mudah berubah bentuk
- d. Mudah dilakukan pekerjaan pemesinan

Untuk memenuhi tuntutan kekuatan dan kemudahan dikerjakan dengan mesin maka sebagai bahan dasar poros utama harus tepat dan benar.

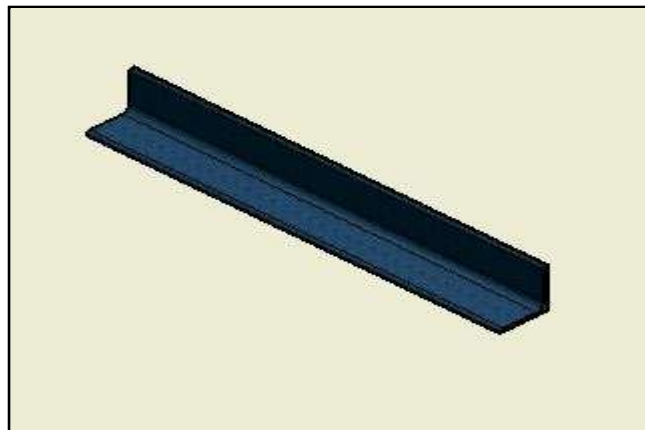


Gambar 11. Poros

### 3. Pemilihan Bahan Rangka

Pada alat/mesin pengerol pipa ini rangka merupakan suatu komponen yang sangat mendukung semua komponen-komponen dari alat/mesin pengerol pipa. Hal ini dikarenakan rangka merupakan penopang semua komponen-komponen lain yang ada pada alat/mesin pengerol pipa, sehingga beban yang akan diterima rangka relatif besar dibandingkan komponen lain. Konstruksi pada rangka juga harus diperhatikan, untuk mendapatkan rangka yang kuat maka dalam mendesain bentuk dari rangka haruslah benar dan baik. Rangka yang kokoh akan membuat umur alat/mesin menjadi lebih panjang atau awet.

Selain itu, rangka merupakan bagian/komponen yang vital dalam merancang alat/mesin pengerol pipa. Pemilihan bahan dasar rangka juga sangat berpengaruh terhadap hasil pembuatan alat/mesin pengerol pipa. Memilih bahan dasar yang baik dan kokoh merupakan hal utama yang harus diperhatikan. Selain konstruksi rangka yang baik dan kokoh, bahan dasar rangka juga harus kuat dan mampu dikerjakan fabrikasi dan pemesinan. Berdasarkan pernyataan tersebut maka untuk bahan dasar rangka dipilih besi profil L dengan ukuran 40 mm x 40 mm x 4 mm (lihat Gambar 12).



Gambar 12. Rangka

## **B. Desain dan Gambar Teknologi Alat/Mesin Pengerol Pipa**

### **1. Desain Konstruksi Alat/Mesin Pengerol Pipa**

Desain konstruksi alat/mesin pengerol pipa merupakan hal yang sangat mutlak untuk diperhatikan. Selain itu, perhitungan dan analisis teknik juga digunakan untuk memberikan gambaran teoritis sebagai sarana

referensi. Meskipun dalam praktiknya nilai teoritis tidak dilakukan/diikuti karena berbagai pertimbangan di lapangan. Desain konstruksi alat/mesin pengerol pipa ini ditentukan atas berbagai pertimbangan sebagai berikut:

- a. Alat/mesin pengerol pipa yang menggunakan tenaga motor listrik sebagai sumber tenaga penggerak.
- b. Mempunyai rangkaian elektrik pembalik arah putarannya, sehingga dapat mempermudah proses pengerolan. Hanya dengan menekan tombol kiri atau kanan, maka alat/mesin sudah berganti putaran.
- c. Spesifikasi alat/mesin yang ergonomis dengan ukuran yang nyaman bagi operator dan mudah ditempatkan di ruangan. Dimensi alat/mesin pengerol pipa ialah panjang 700 mm, lebar 500 mm dan tinggi 700 mm.
- d. Mudah dalam perawatan, pengoperasian maupun pergantian suku cadang

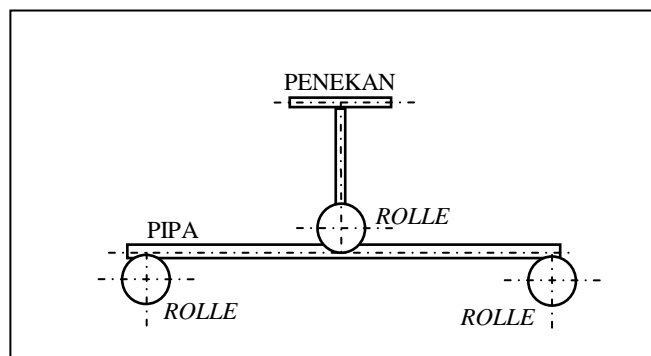
## 2. Gambar Teknologi Alat/Mesin Pengerol Pipa (lihat Lampiran 3)

### C. Teknik Perancangan Alat/Mesin Pengerol Pipa

Teknik perancangan merupakan langkah dasar yang sangat penting dilakukan dalam pembuatan alat/mesin. Tujuan dari teknik perancangan ialah untuk mendapatkan data-data konstruksi yang dibutuhkan dalam membuat suatu alat/mesin.

### 1. Sistem Pengerolan Pipa (lihat Gambar 13)

Alat/mesin pengerol pipa ini menggunakan tiga *roller* untuk sistem pengerolannya, dua *roller* sebagai landasan pipa sekaligus sebagai *roller* penggerak dan satu *roller* sebagai *roller* penekan. Sistem pengerolan ini dilakukan secara berulang-ulang atau sedikit demi sedikit dalam proses pengerolannya, karena proses pengerolan pipa ini tidak disertai dengan pemanasan.



Gambar 13. Sistem Pengerolan pipa.

*Roller* yang digunakan pada alat/mesin pengerol pipa ini direncanakan menggunakan bahan *St 37*. *Roller* ini mempunyai ukuran 80 mm x 50 mm dengan ukuran tempat pipa  $\frac{3}{4}$  in. *Roller* diberi lubang tengah untuk penyambungannya dengan poros kemudian dikunci menggunakan baut sehingga sewaktu perawatan mudah dilepas atau jika ingin diganti dengan *roller* ukuran lain, dan dapat diganti sewaktu rusak.

### 2. Kecepatan Sistem Transmisi (lihat Gambar 14)

Sistem transmisi alat/mesin yang digunakan terdiri dari beberapa komponen yaitu *speed reducer*, kopel, rantai. Pada *speed reducer* tersebut diharapkan mampu menghasilkan reduksi putaran motor yang



memenuhi syarat rencana kapasitas kerja dan memenuhi standart keamanan bagi operator. Sistem *speed reducer* dipilih karena kemampuan untuk mereduksi putaran sangat tinggi dan konstruksi yang sederhana. Pemilihan sistem transmisi dengan kopel bertujuan untuk mengantisipasi bila terjadinya selip pada sistem transmisi tersebut. Penggunaan kopel juga sangat sederhana dan mudah perawatannya. Selain sederhana, kopel juga tidak memerlukan pelumasan jika dibandingkan dengan menggunakan roda gigi.

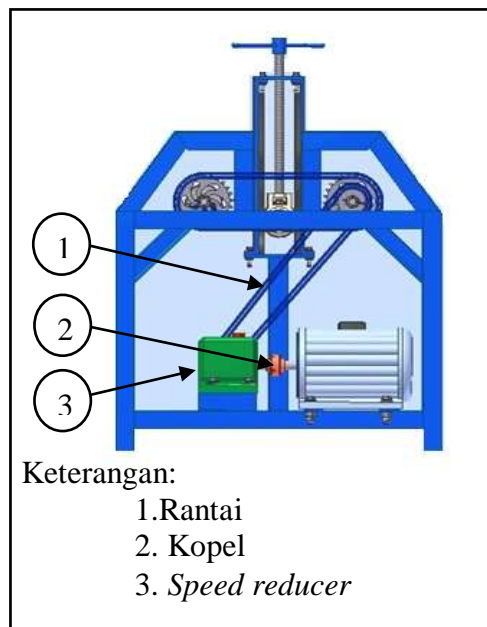
Pada sistem transmisi untuk *speed reducer* ke poros utama menggunakan rantai. Penggunaan rantai ini dipilih karena jarak antara *speed reducer* ke poros utama yang jauh sehingga tidak mampu jika dijangkau menggunakan kopel. Sistem transmisi menggunakan rantai juga lebih efisien jika dibandingkan menggunakan V-belt. Rantai sebagai transmisi mempunyai keuntungan-keuntungan seperti: mampu meneruskan daya besar, tidak memerlukan tegangan awal, tidak terjadi selip dan mudah dalam memasangnya.

Putaran motor adalah 1400 rpm, putaran tersebut terlalu cepat untuk memutar *roller pengerol*. *Speed reducer* yang digunakan memiliki perbandingan 1:60, dan rantai yang digunakan memiliki perbandingan 1:1,5 sehingga putaran motor yang dihasilkan setelah direduksi akan menjadi:

Diketahui putaran awal ( $n_1$ ) = 1400 rpm, ( $n_2$ ) = setelah direduksi *speed reducer*, ( $n_3$ ) = setelah direduksi rantai, maka besarnya  $n_3$  adalah:

$$n_2 = 1400 \times \frac{1}{60} = 23,33 \text{ rpm}$$

$$n_3 = 23,33 \times \frac{1}{1,5} = 15,55 \text{ rpm}$$



Gambar 14. Sistem Transmisi Alat/  
mesin pengerol Pipa.

### 3. Analisis Kebutuhan Daya Motor Penggerak

Alat/mesin pengerol pipa ini memiliki daya penggerak berupa motor listrik. Untuk menentukan besarnya daya motor listrik yang dibutuhkan maka terlebih dahulu menghitung gaya dibutuhkan dalam membengkokkan pipa. Berikut langkah-langkah dalam menentukan kebutuhan daya motor listrik:

a. 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).

➤ Momen Inersia (I) pada pipa

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} (A_1^4 - A_2^4) \\ &= \frac{3,14}{64} (1,9 \text{ cm}^4 - 1,64 \text{ cm}^4) \\ &= 0,049 (13,03 - 7,23) = 0,28 \text{ cm}^4. \end{aligned}$$

➤ Dalam membengkokkan pipa sebesar 4 mm (lihat Gambar 15).

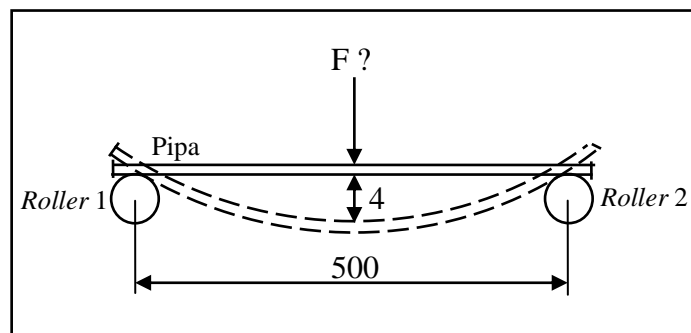
Diketahui modulus elastisitas (E) : 207 Gpa = 30 Mpsi = 2100.000 kg/cm<sup>3</sup>, maka membutuhkan gaya sebesar:

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

$$F = \frac{Y_{\max} \cdot 48 \cdot E \cdot I}{L^3}$$

$$= \frac{0,4 \times 48 \times 2100000 \times 0,28}{50^3}$$

$$= \frac{11289600}{125000} = 90,3 \text{ kg} \approx 91 \text{ kg.}$$



Gambar 15. Gaya pembebanan pada pipa.

Keterangan:

$I$  = momen inersia ( $m^4$ ).

$A_0$  = luas penampang mula-mula sebelum dikenai beban tarik atau tekan ( $m^2$ ).

$A_1$  = Diameter luar pada pipa (cm)

$A_2$  = Diameter dalam pada pipa (cm)

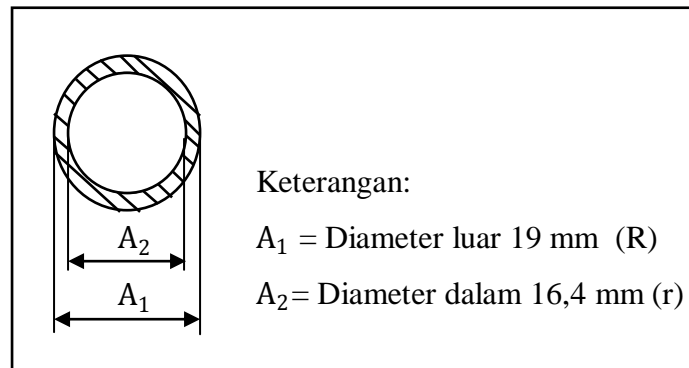
$Y$  = Defleksi pada pipa (mm)

$F$  = beban/gaya (N)

$L$  = panjang pipa (cm)

$E$  = modulus elastisitas (Gpa)

## 1) Luas penampang pipa (lihat Gambar 16)



Gambar 16. Penampang Pipa

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

$$= 3,14 \times (9,5^2)$$

$$= 3,14 \times 90,25$$

$$= 283,38 \text{ mm}^2$$

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

$$= 3,14 \times (8,2^2)$$

$$= 3,14 \times 67,24$$

$$= 211,13 \text{ mm}^2$$

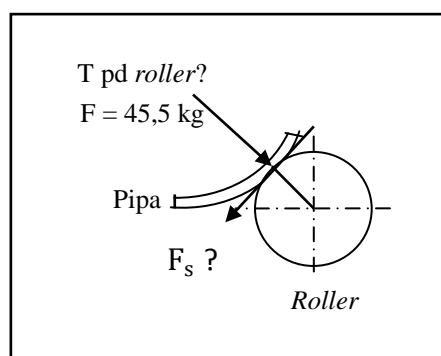
$$A_{\text{tot}} = A_1 - A_2$$

$$= 283,38 - 211,13$$

$$= 72,25 \text{ mm}^2$$

b. 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 45,5 kg (lihat Gambar 17), maka besarnya torsi pada *roller* adalah:

Gambar 17. Torsi pada *roller*.

$$F_s = F \times \mu$$

$$= 45,5 \times 0,74$$

$$= 33,67 \text{ kg}$$

$$T = F_s \times r$$

$$= 33,67 \text{ kg} \times 0,04 \text{ m}$$

$$= 1,35 \text{ kg.m} = 13,24 \text{ Nm.}$$

Keterangan:

$F_s$  = gaya gesek (kg)

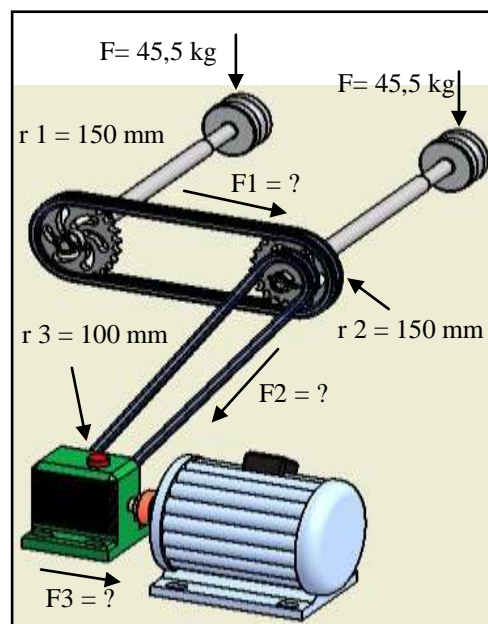
$\mu$  = koefisien gesek antara baja dengan baja 0,74 (lihat Lampiran 11)

$T$  = torsi (Nm)

$r$  = jari-jari *roller* (m)

Didapat gaya ( $F$ ) dalam membengkokkan pipa sebesar 91 kg.

Kebutuhan daya motor penggerak dapat dihitung dengan proses sebagai berikut (lihat Gambar 18):



Gambar 18. Ilustrasi Gaya yang Didalami Motor Listrik

- $$F_1 = \frac{r_1}{n_3} \times F$$

$$= \frac{75}{15,55} \times 45,5$$

$$= 4,82 \times 45,5 = 219,31 \text{ kg} = 2151,4 \text{ N}$$

Maka,  $T_1 = F_1 \cdot r_2$

$$= 2151,4 \text{ N} \times 0,075 \text{ m} = 161,3 \text{ Nm.}$$

- $$F_2 = F_1 + \frac{r_2}{n_3} \times F$$

$$= 2151,4 \text{ N} + \frac{75}{15,55} \times 446,35 \text{ N}$$

$$= 2151,4 + 2151,4 = 4302,8 \text{ N}$$

Maka,  $T_2 = F_2 \cdot r_3$

$$= 4302,8 \text{ N} \times 0,075 \text{ m} = 322,71 \text{ Nm}$$

- $$F_3 = F_2 + \frac{r_3}{n_2}$$

$$= 4302,8 + \frac{50}{23,33} \text{ N}$$

$$= 4302,8 + 2,14 = 4304,94 \text{ N}$$

Jika,  $T = r \times F$  ;  $i = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$  ;  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{r_1 \cdot F_1}{r_2 \cdot F_2}$  ;  $T_1 = r_1 \times F_1$ .

Untuk menentukan diameter roda gigi ( $d_g$ ) dan diameter ulir cacing ( $d_{ulir}$ ), maka harus mengetahui diameter pitch ( $d_p$ ). Diketahui Modul ( $m$ ) 1,5 mm, diameter rerata ulir cacing ( $d_m$ ) 20 mm,  $i = 1:60$ , jumlah gigi pada roda gigi ( $z$ ) 60. Untuk menghitung diameter pitch dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (lihat gambar 19 dan Gambar 20):

➤ Jika modul ( $m$ ) 1,5 dan ( $z$ ) 60, maka diameter pada roda gigi yaitu:

- Diameter pitch ( $d_p$ ) =  $m \times z$

$$= 1,5 \times 60 = 90 \text{ mm}$$

- Kisar =  $P$

$$= \pi \times m = 3,14 \times 1,5 = 4,71$$

- Tinggi kepala gigi ( $H_a$ ) =  $0,3181 \times P$

$$= 0,3181 \times 4,71 = 1,5 \text{ mm}$$

- Diameter luar/roda gigi ( $d_g$ ) =  $d_p + 2 \cdot H_a$

$$= 90 + 2 \times 1,5 = 93 \text{ mm}$$

Jadi diameter roda gigi cacing ( $d_g$ ) adalah 93 mm.

➤ Jika modul ( $m$ ) 1,5mm, diameter rerata ( $d_m$ ) 20mm, ulir tunggal ( $z_a$ )

kisar = pitch. maka diameter pada ulir cacing adalah:

- Kisar =  $P = z_a \times \pi \times m$

$$= 1 \times 3,14 \times 1,5 = 4,71 \text{ mm}$$

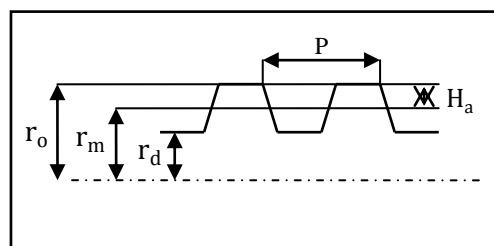
- Tinggi kepala ( $H_a$ ) =  $0,3183 \times P$

$$= 0,3138 \times 4,71 = 1,49 \text{ mm} \approx 1,5 \text{ mm}$$

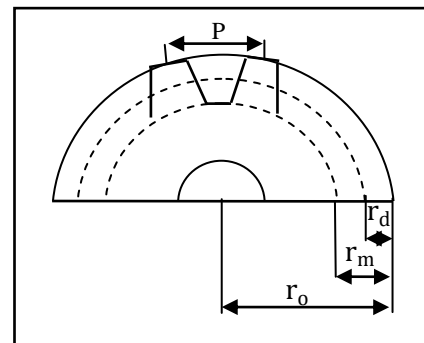
- Diameter ulir ( $d_{ulir}$ ) =  $d_m + 2 \cdot H_a$

$$= 20 + 2 \times 1,5 = 23 \text{ mm}$$

Jadi diameter pada ulir cacing ( $d_{ulir}$ ) adalah 23 mm.



Gambar 19. Penampang ulir cacing



Gambar 20. Penampang roda gigi



$$\text{Maka, } T_3 = F_3 \cdot r_g$$

$$= 4304,94 \text{ N} \times 46,5 \text{ mm} = 200179,71 \text{ Nmm} = 200,2 \text{ Nm.}$$

$$\bullet \quad F_4 = \frac{r^3}{n^2} \times F_3$$

$$= \frac{46,5}{1400} \times 4304,94$$

$$= 0,033 \times 4304,94 = 142,98 \text{ N}$$

$$\text{Maka, } T_4 = F_4 \cdot r_{ulir}$$

$$= 142,98 \times 0,012 = 1,715 \text{ Nm} \approx 2 \text{ Nm.}$$

$$\text{Jika, } T = \frac{P_d}{\omega}; \quad P_d = P \times f_c; \quad \text{dan } \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$\text{Maka, } P = T \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \times f_c} \right)$$

$$= 2 \text{ Nm} \left( \frac{2 \times 3,14 \times 1400 \text{ rad}}{60 \text{ s} \times 1,2} \right)$$

$$= 366,34 \text{ N.m/s} = 366,34 \text{ watt}$$

$$= 0,49 \text{ HP}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui daya yang dibutuhkan untuk melakukan pengerolan, adalah sebesar 0,49 HP. Melihat daya motor yang ada di pasaran, faktor keamanan dan keawetan motor listrik maka digunakan motor listrik dengan daya 1 HP.

Spesifikasi motor listrik yang digunakan:

- a.  $n = 1400 \text{ rpm}$
- b.  $P = 1 \text{ Hp}$
- c. Frekuensi = 50 Hz
- d. Tegangan = 110/220 V

#### 4. Analisis Torsi Penggerak

Berdasarkan perhitungan kebutuhan daya motor listrik diatas maka dapat ditentukan pemakaian daya motor penggerak yang memenuhi syarat. Diketahui daya motor 1 HP dan besarnya putaran motor 1400 rpm setelah melalui *speed reducer* dan reduksi dari rantai maka putaran akhir menjadi 15,55 rpm. Maka besarnya torsi penggerak adalah:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Keterangan:

$P$  = daya motor yang digunakan

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

Diketahui:

Daya motor yang digunakan ( $P$ ), = 1 HP  $\Rightarrow$  0,746 Kw  $\Rightarrow$  746 watt

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$= \frac{746}{\left( \frac{(2)(3,14)(15,55)}{60} \right) \text{ rpm}}$$

$$= 458,51 \text{ Nm}$$

Jadi  $T$  penggerak = 458,5 Nm  $>$   $T_{\text{tot}}$  yang digerakkan = 305,33 Nm.

Sesuai dengan hasil perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa motor listrik penggerak pada mesin pengerol pipa yang digunakan 1 HP memenuhi syarat mampu kerja.

## 5. Perhitungan Pada Poros Alat/Mesin Pengerol Pipa

Poros merupakan komponen yang sangat penting didalam pembuatan alat/mesin pengerol pipa. Untuk itu dibutuhkan alur perhitungan yang baik untuk membuat poros. Menurut Sularso dan Suga (2002:17) dalam merancang sebuah poros dibutuhkan tahapan-tahapan atau alur yang dapat dilihat pada Gambar 21. Data yang diketahui dalam perhitungan poros adalah:

Daya yang ditransmisikan : 1 HP atau 746 watt

Putaran poros : 15,55 rpm

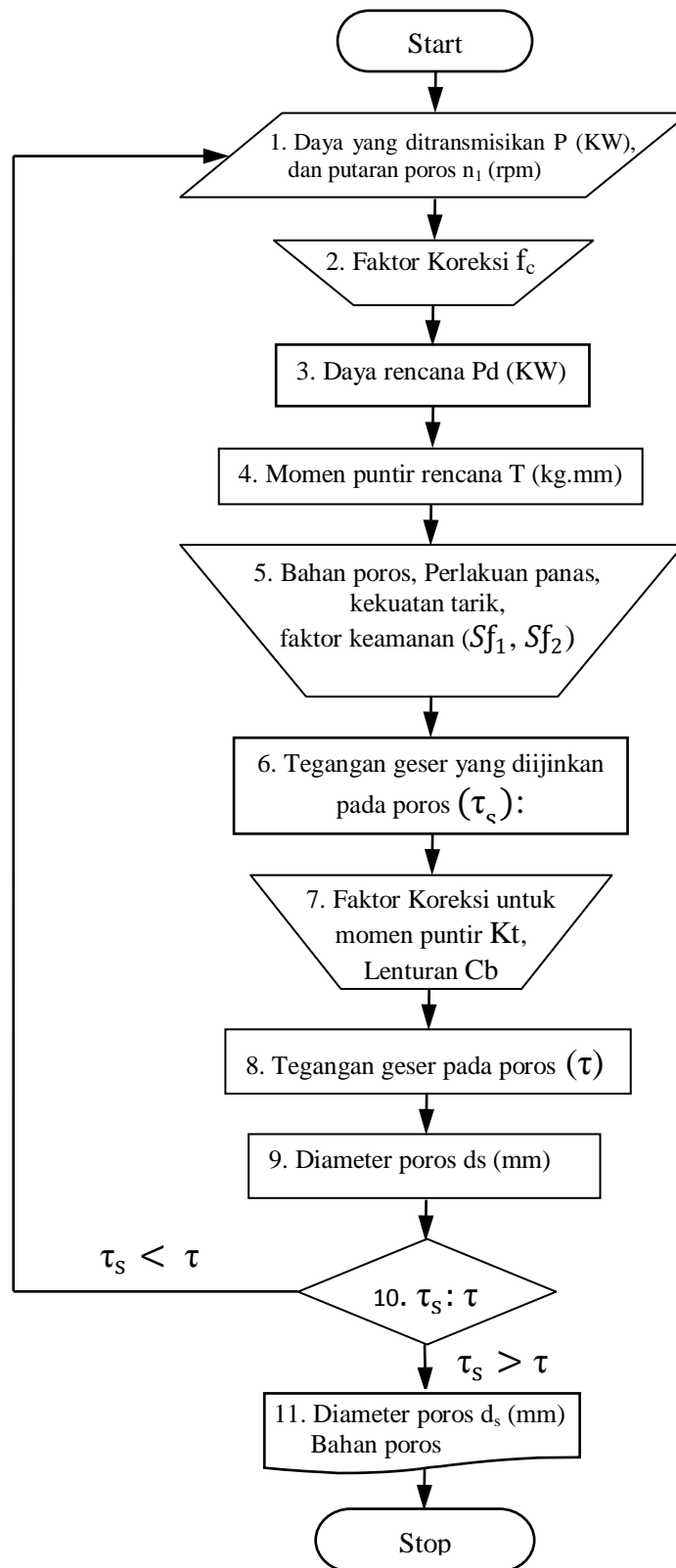
### a. Bahan Poros

Untuk mengetahui jenis bahan poros yang telah digunakan maka dilakukan pengujian bahan dengan menggunakan pengujian *Brinell Hardness Tester* (lihat Tabel 3). Bola baja yang digunakan berdiameter (D) 5 mm. Beban yang digunakan (P) 250 kg. Persamaan yang digunakan adalah:

$$BHN = \frac{P}{\left(\pi \cdot \frac{D}{2}\right)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Keterangan:

d = Diameter lekukan (mm)



Gambar 21. Alur Perhitungan Poros yang sudah Dimodifikasi

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan *Brinell Hardness Tester* Untuk Bahan Poros.

No	Diameter indetansi (mm)	Harga Kekerasan <i>Brinell</i> (kg/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kg/mm <sup>2</sup> )
1	1,6	121,132	107,681
2	1,7	106,915	
3	1,8	94,998	

Hasil data dari pengujian kekerasan *brinell* diatas memiliki kekerasan rata-rata 107,681 kg/mm<sup>2</sup>. Menurut G. Niemann (1996:96) dalam tabel baja DIN 17100, bahan dengan HB 105-125 termasuk bahan *St 37* (lihat Lampiran 4). Besarnya kekuatan tarik bahan ( $\sigma_B$ ), dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\sigma_B = 0,345 \times HB$$

Keterangan:

$$\sigma_B = \text{kekuatan tarik bahan (kg/mm}^2\text{)}$$

Diketahui:

$$HB = 107,681 \text{ kg/mm}^2$$

Besarnya kekuatan tarik bahan ( $\sigma_B$ ), Berdasarkan persamaan di atas adalah:

$$\sigma_B = 0,345 \times HB$$

$$= 0,345 \times 107,681 \text{ kg/mm}^2$$

$$= 37,149 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_B = 37 \text{ kg/mm}^2$$

b. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada poros utama.

1) Daya yang ditransmisikan

$$\text{Daya motor (P)} = 1 \text{ Hp} = 746 \text{ watt}$$

$$\text{Putaran Poros (n)} = 15,55 \text{ rpm}$$

2) Faktor Koreksi yang digunakan (  $f_c$  ), adalah 1

3) Daya rencana ( $P_d$ ), (Sumber: Sularso dan Kyokatsu Suga, 2002:21)

$$P_d = P \cdot f_c$$

$$= 0,746 \times 1$$

$$= 0,746 \text{ Kw}$$

Keterangan:

$P_d$  = Daya yang direncanakan

$f_c$  = Faktor koreksi

4) Momen puntir rencana (T), (Sumber: Sularso dan Kyokatsu Suga, 2002:21).

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_3}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,746}{15,55}$$

$$= 46726,9 \text{ kg.mm} = 458,4 \text{ Nm}$$

Keterangan:

T = Momen puntir

$P_d$  = Daya yang direncanakan (kW)

$n_3$  = Kecepatan putaran pada poros (rpm)

5) Bahan Poros *St 37*

Kekuatan tarik ( $\sigma_B$ ), adalah 37 kg/mm<sup>2</sup>

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

Faktor keamanan yang tergantung dari bentuk poros ( $Sf_2$ ) adalah 2 (dengan alur pasak),

Faktor koreksi untuk momen puntir, ( $K_t$ ) = 1

Faktor lenturan, ( $C_b$ ) = 2

6) Tegangan geser yang diijinkan ( $\tau_a$ ):

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

$$\tau_a = \frac{37}{(6)(2)}$$

$$\tau_a = 3,08 \text{ kg/mm}^2$$

Keterangan:

$\sigma_B$  = Kekuatan tarik (kg/mm<sup>2</sup>)

$Sf_1$  = Faktor keamanan yang tergantung pada jenis bahan

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

## 7) Diameter poros

Diketahui :

$$\text{➤ } C_b = 2$$

$$\text{➤ } K_t = 1$$

$$\text{➤ } T = 4763,19 \text{ kg.mm}$$

$$\text{➤ } \tau_a = 3,08 \text{ kg/mm}^2$$

Rumus :

$$\begin{aligned}
 d_s &= \left[ \frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{\frac{1}{3}} \\
 &= \left[ \frac{5,1}{3,08} 1 \cdot 2 \cdot 4763,19 \right]^{\frac{1}{3}} \\
 &= (15774,20)^{1/3} = 24,28 \text{ mm} \approx 25,4 \text{ mm} = 1 \text{ in}
 \end{aligned}$$

8) Besarnya Tegangan Geser Maksimum ( $\tau$ ) :

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{5,1}{d^3} \sqrt{(K_b \cdot M_b)^2 + (K_t \cdot T)^2} \\
 &\quad \triangleright M_b = F \cdot L = 45,5 \text{ kg} \times 50 \text{ mm} \\
 &\quad M_b = 2275 \text{ kg.mm} \\
 \tau &= \frac{5,1}{d^3} \sqrt{(K_b \cdot M_b)^2 + (K_t \cdot T)^2} \\
 &= \frac{5,1}{25,4^3} \sqrt{(1,5 \cdot 2275)^2 + (1 \cdot 4763,2)^2} \\
 &= 0,00031 \sqrt{11645156,25 + 22688074,2} \\
 &= 0,00031 \sqrt{34333230,45} \\
 &= 0,00031 \cdot 5859,46 = 1,8 \text{ kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

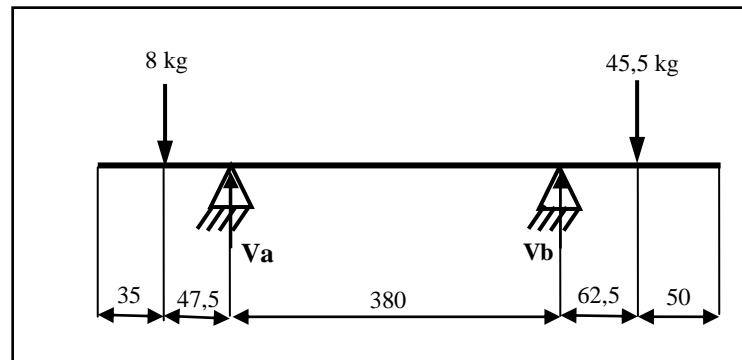


9) Pembebanan yang terjadi pada poros utama (lihat Gambar 22)

Poros mengalami beban tekanan dari pipa sebesar 45.5 kg dan

berat dari gear 2 kg. gaya tarik rantai sebesar  $= \frac{2T}{D_p} = \frac{2.458,4}{150} = 6 \text{ kg.}$

jadi beban rantai total = 2 kg + 6 kg = 8 kg



Gambar 22. Skema Pembebanan pada Poros Utama

$$V_a + V_b - 8 - 45,5 = 0$$

$$V_a + V_b = 8 + 45,5$$

$$V_a + V_b = 53,5 \text{ kg}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$8 \cdot 47,5 + V_b \cdot 380 - 45,5 \cdot 442,5 = 0$$

$$380 + V_b \cdot 380 - 20133,75 = 0$$

$$V_b \cdot 380 - 19753,75 = 0$$

$$V_b = \frac{19753,75}{380}$$

$$V_b = 51,98 \text{ kg.}$$

$$V_a + V_b = 53,5$$

$$V_a + 51,98 = 53,5$$

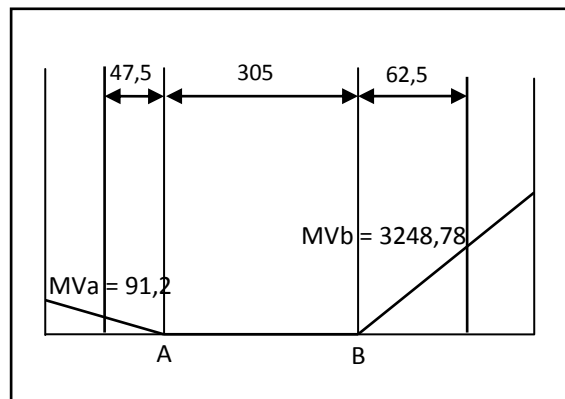
$$V_a = 53,5 - 51,98$$

$$V_a = 1,92 \text{ kg.}$$

(a). Momen lentur vertikal dan horizontal (lihat Gambar 23)

$$MV_a = 1,92 \times 47,5 = 91,2 \text{ kg.mm}$$

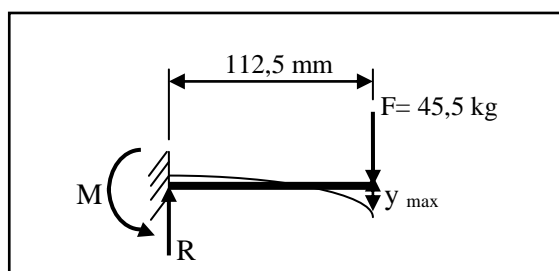
$$MV_b = 51,98 \times 62,5 = 3248,75 \text{ kg.mm}$$



Gambar 23. Diagram Momen Lentur

(b). Defleksi yang terjadi pada poros (lihat Gambar 24)

Poros utama pada mesin pengerol pipa mengalami gaya sebesar (F) 45,5 kg. massa poros keseluruhan dengan panjang 575 adalah 2 kg, jadi massa panjang poros yang terkena *roller* sampai bantalan sebesar  $112,5 \times 0,0034 \text{ kg} = 0,38 \text{ kg}$ . massa *roller* 1,5 kg dan diameter poros (d) sebesar 21 mm.



Gambar 24. Ilustrasi pembebanan pada ujung batang

$$R = F = 45,5 \text{ kg} = 446,35 \text{ N}$$

$$M = -F \cdot L$$

$$= -446,35 \cdot 0,112 = -49,99 \text{ Nm}$$

Momen inersia poros

(Josephe Shigley, 1999:517)

$$I = \frac{\pi}{48} (3d^3 + 4l^2)$$

$$I = \frac{0,38}{48} (3(0,021)^3 + 4(0,112)^2)$$

$$I = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Defleksi yang terjadi pada poros

$$y_{\max} = -\frac{F \cdot l^3}{3 E \cdot I}$$

$$y_{\max} = -\frac{446,35 \cdot 0,112^3}{3 \cdot 207000 \cdot 4 \times 10^{-4}}$$

$$y_{\max} = -2,5 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{m}$$

$$y_{\max} = -2,5 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$y_{\max} = -2,5 \times 10^{-7} \text{ mm}$$

Defleksi yang terjadi pada batang poros utama pengerol sebesar  $2,5 \times 10^{-7} \text{ mm} < (0,3-0,35 \text{ mm})$ , sehingga dinyatakan aman/baik. Dalam perhitungan besarnya tegangan geser maksimum yang terjadi pada poros utama dan tegangan geser yang diijinkan dapat disimpulkan bahwa tegangan geser yang diijinkan lebih besar dari tegangan geser yang terjadi pada poros ( $3,08 \text{ kg/mm}^2 > 1,8 \text{ kg/mm}^2$ ), sehingga dinyatakan aman.

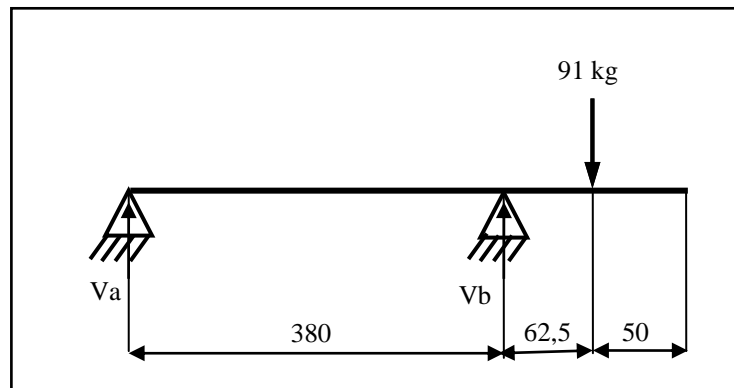
#### 10) Pembebanan yang terjadi pada poros tetap yang kedua

Poros tetap yang kedua sudah bisa dikatakan aman, sebab pembebanan yang terjadi pada poros yang kedua tidak lebih besar atau sama dengan poros utama. Bahan yang digunakan untuk membuat poros ini sama dengan bahan yang digunakan untuk membuat poros

utama dan diameter poros sama, maka dapat disimpulkan bahwa poros yang kedua dapat dinyatakan aman.

11) Pembebanan yang terjadi pada poros penekan (lihat Gambar 25)

Terkena beban 91 kg.



Gambar 25. Skema Pembebanan pada Poros Penekan

$$V_a + V_b - 91 = 0$$

$$V_a + V_b = 91 \text{ kg}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$V_b \cdot 380 - 91 \cdot 442,5 = 0$$

$$V_b \cdot 380 - 40267,5 = 0$$

$$V_b = \frac{40267,5}{380}$$

$$V_b = 105,97 \text{ kg.} \approx 106 \text{ kg}$$

$$V_a + V_b = 91$$

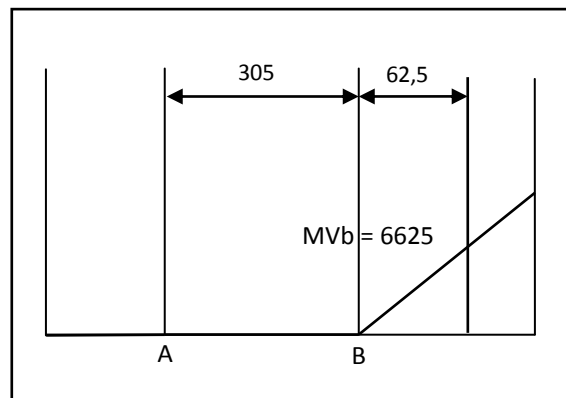
$$V_a + 106 = 91$$

$$V_a = 91 - 106$$

$$V_a = -15 \text{ kg} / (15 \text{ kg}).$$

(a). Momen lentur vertikal dan horizontal (lihat Gambar 26)

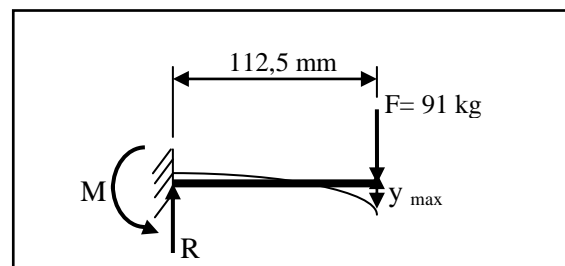
$$MV_b = 106 \times 62,5 = 6625 \text{ kg.mm}$$



Gambar 26. Diagram Momen Lentur

(b). Defleksi yang terjadi pada poros penekan (lihat Gambar 27).

Poros penekan pada mesin pengerol pipa mengalami gaya sebesar (F) 91 kg. Massa poros keseluruhan dengan panjang 530 adalah 1,8 kg, jadi diasumsikan massa panjang poros yang terkena *roller* sampai bantalan sebesar  $112,5 \times 0,0034 \text{ kg} = 0,38 \text{ kg}$ . massa *roller* 1,5 kg dan diameter poros penekan (d) sebesar 21 mm.



Gambar 27. Ilustrasi pembebanan pada ujung batang

$$R = F = 91 \text{ kg} = 892,7 \text{ N}$$

$$M = -F \cdot L$$

$$= -892,7 \cdot 0,112 = -99,98 \text{ Nm} \approx 100 \text{ Nm}.$$

Momen inersia batang

(Josephe Shigley, 1999:517)

$$I = \frac{m}{48} (3d^3 + 4l^2)$$

$$I = \frac{0,38}{48} (3(0,021)^3 + 4(0,112)^2)$$

$$I = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Defleksi yang terjadi pada batang poros

$$y_{\max} = -\frac{F \cdot l^3}{3 E \cdot I}$$

$$y_{\max} = -\frac{892,7 \cdot 0,112^3}{3 \cdot 207000 \cdot 4 \times 10^{-4}}$$

$$y_{\max} = -5 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{m}$$

$$y_{\max} = -5 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$y_{\max} = -5 \times 10^{-7} \text{ mm}$$

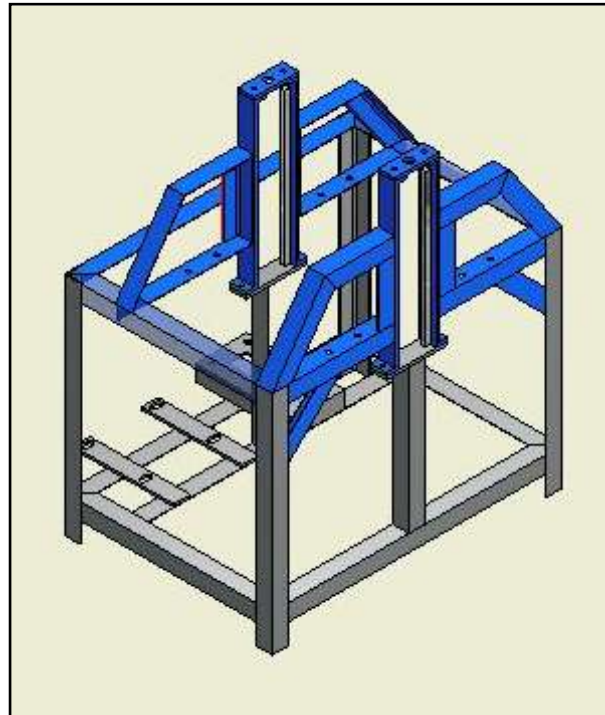
Defleksi yang terjadi pada batang poros penekan sebesar

$$5 \times 10^{-7} \text{ mm} < (0,3-0,35 \text{ mm}), \text{ sehingga dinyatakan aman/baik.}$$

## 6. Analisis Kekuatan Struktur Rangka Alat/Mesin Pengerol Pipa

Rangka merupakan bagian terpenting dari sebuah alat/mesin. Rangka berfungsi sebagai penompang semua komponen-komponen yang ada pada alat/mesin. Pemilihan bahan rangka yang baik sangat penting dan sangat berpengaruh pada tingkat keamanan operator. Rangka yang baik akan menghasilkan umur dari alat/mesin yang lama (awet). Rangka juga digunakan sebagaiudukan komponen seperti dudukan motor, dudukan reduser, dudukan bearing. Selain dari jenis bahannya, bentuk konstruksi pada rangka juga sangat berpengaruh pada tingkat kekuatan rangka itu

sendiri. Konstruksi rangka alat/mesin pengerol pipa dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Konstruksi Rangka

Perhitungan analisis pada rangka dilakukan menggunakan *software Autodesk Inventor 2010*. Sebelum melakukan perhitungan atau menganalisa rangka terlebih dahulu harus mengetahui bentuk konstruksi pada rangka tersebut. Setelah itu harus mengetahui jenis bahan yang digunakan untuk membuat rangka dari alat/mesin pengerol pipa. Pembelian bahan rangka dibeli dari yang tersedia di pasaran, maka untuk jenis bahan rangka yang digunakan belum diketahui jenisnya. Untuk mengetahui jenis bahan rangka yang digunakan maka dilakukan pengujian bahan terlebih dahulu.

a. Bahan Rangka

Untuk mengetahui jenis bahan rangka yang telah digunakan maka dilakukan pengujian bahan dengan menggunakan pengujian *Brinell Hardness Tester* (lihat Tabel 4). Bola baja yang digunakan berdiameter (D) 5 mm. Beban yang digunakan (P) 250 kg. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\text{BHN} = \frac{P}{\left(\pi \cdot \frac{D}{2}\right) \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

Keterangan:

d = Diameter lekukan (mm)

Tabel 4. Hasil Uji Kekerasan *Brinell Hardness Tester* Untuk Bahan Rangka.

No	Diameter indetansi (mm)	Harga Kekerasan <i>Brinell</i> (kg/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kg/mm <sup>2</sup> )
1	1,5	138,466	139,611
2	1,4	159,236	
3	1,6	121,132	

Hasil data dari pengujian kekerasan *brinell* diatas memiliki kekerasan rata-rata 139,611 kg/mm<sup>2</sup>. Menurut G. Niemann (1996:96) dalam tabel baja DIN 17100, bahan dengan HB 120-140 termasuk bahan *St 42* (lihat Lampiran 4). Besarnya kekuatan tarik bahan ( $\sigma_B$ ), dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\sigma_B = 0,345 \times \text{HB}$$



Keterangan:

$$\sigma_B = \text{kekuatan tarik bahan (kg/mm}^2\text{)}$$

Diketahui:

$$HB = 139,611 \text{ kg/mm}^2$$

Besarnya kekuatan tarik bahan ( $\sigma_B$ ), Berdasarkan persamaan di atas adalah:

$$\sigma_B = 0,345 \times HB$$

$$= 0,345 \times 139,611 \text{ kg/mm}^2$$

$$= 48,16 \text{ kg/mm}^2$$

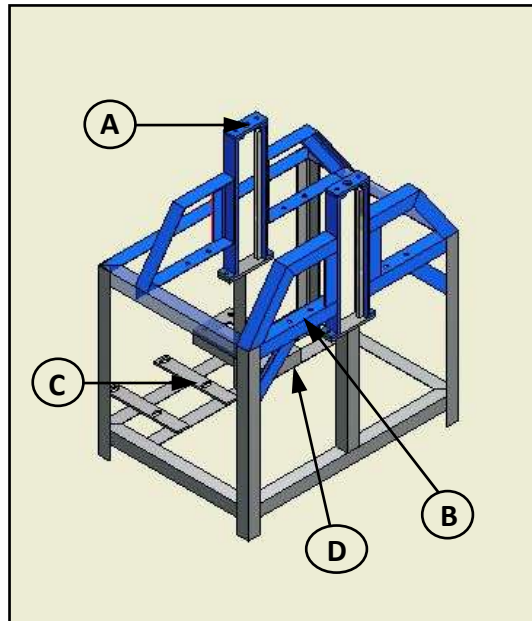
$$\sigma_B = 48 \text{ kg/mm}^2$$

b. Perhitungan gaya yang bekerja pada rangka

Gaya yang bekerja pada rangka alat/mesin pengerol pipa ini merupakan hasil perpaduan gaya reaksi pada struktur poros alat/mesin pengerol pipa ditambah sebagian beban aksi dari beberapa komponen alat/mesin. Beban aksi pada rangka alat/mesin pengerol pipa ini, berasal dari massa beberapa elemen yang tersusun pada sistem transmisi. Bagian rangka yang menerima beban kritis sepertiudukan ulir penekan, kedudukan *bearing*, kedudukan motor listrik, kedudukan *speed reducer* harus dihitung besarnya defleksi yang terjadi agar konstruksi rangka tersebut dapat diketahui tingkat keamanannya (lihat Gambar 29).

1). Batang A

a). Pada batang A mengalami pembebanan:



Gambar 29. Batang rangka yang menerima beban kritis.

1 Massa ulir penekan	: $1 \times \frac{1}{2} \text{ kg} = \frac{1}{2} \text{ kg} = 4,90 \text{ N}$
1 Massa UCF	: $1 \times \frac{1}{4} \text{ kg} = \frac{1}{4} \text{ kg} = 2,45 \text{ N}$
$\frac{1}{2}$ Massa poros penekan	: $\frac{1}{2} \times 1,75 = 0,87 \text{ kg} = 8,53 \text{ N}$
1 Massa <i>roller</i>	: $1 \times 1,5 = 1,5 \text{ kg} = 14,71 \text{ N}$
Beban penekanan <i>roller</i>	: $91 \text{ kg} = 892,71 \text{ N}$

b). Perhitungan tegangan tarik ijin dan tekan ijin pada batang A

Bahan konstruksi rangka adalah bahan baja ringan/rendah dengan sifat-sifat sebagai berikut: kepadatan masa  $7,86 \text{ g/cm}^3$ , kekuatan luluh  $207 \text{ MPa}$ , kekuatan tarik utama  $345 \text{ MPa}$ , tegangan modulus elastisitas  $220 \text{ GPa}$ , modulus geser  $86,2745 \text{ GPa}$  dan rasio  $0,275$ . Kekuatan tarik bahan adalah  $345 \text{ MPa}$  atau  $345.000.000 \text{ N/m}^2$

- Tegangan tarik ijin adalah:

$$\sigma_t \text{ ijin} = \frac{345 \times 10^6}{3}$$

$$\sigma_t \text{ ijin} = 115 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 115 \text{ MPa.}$$

Tegangan tarik yang terjadi pada bahan < Tegangan tarik ijin  
(17,56 MPa < 115 MPa).

- Tegangan tekan ijin adalah:

$$\sigma_c \text{ ijin} = \frac{\sigma_t \text{ ijin}}{2}$$

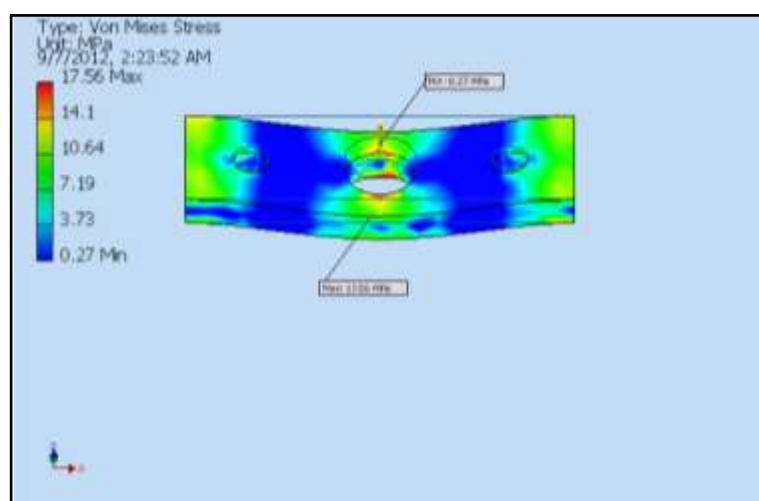
$$\sigma_c \text{ ijin} = \frac{115 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{2}$$

$$\sigma_c \text{ ijin} = 57,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 57,5 \text{ MPa.}$$

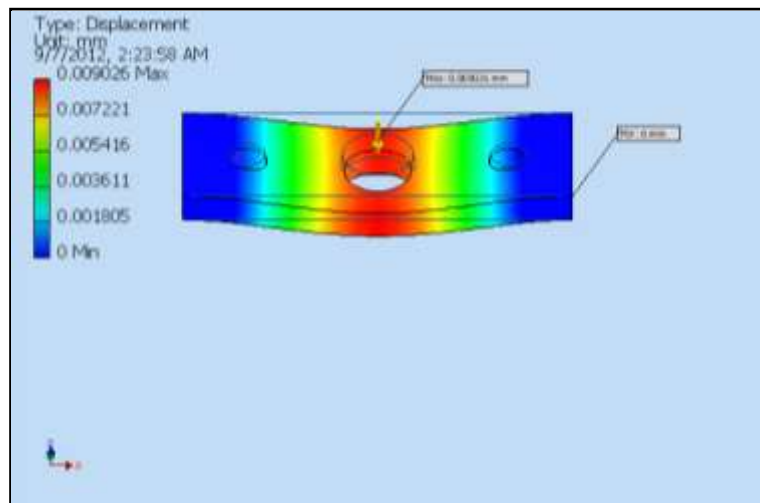
Tegangan tekan yang terjadi pada bahan < Tegangan tekan ijin  
(20,69 MPa < 57,5 MPa).

c). Secara visual hasil pembebanan pada batang A dapat dilihat

Gambar 30, Gambar 31, dan Tabel 5.



Gambar 30. Tegangan luluh pada batang A



Gambar 31. Defleksi pada batang A

Tabel 5. Hasil analisis pembebanan pada batang A

Nama	Minimal	Maksimal
Volume	31110.7 mm <sup>3</sup>	
Masa	0.24453 kg	
Tegangan luluh	0.27187 MPa	17.5559 MPa
1st Tegangan utama	-6.79567 MPa	17.9609 MPa
3rd Tegangan utama	-20.6963 MPa	6.16958 MPa
Pergeseran	0 mm	0.0090263 mm
Faktor keamanan	11.7909 ul	15 ul

Pada tabel 5 menunjukkan tegangan minimum dan maksimum, tegangan minimum (-) merupakan tegangan tekan dan tegangan maksimum (+) merupakan tegangan tarik (Mott, 2004:90). Defleksi yang diijinkan pada umumnya adalah antara 0,0005 sampai dengan 0,003 in/in panjang batang atau 0,0127 sampai dengan 0,0762 mm/mm panjang batang (Mott, 2004:777).

Hasil analisis menunjukkan konstruksi rangka dalam keadaan aman. Defleksi yang terjadi pada rangka lebih kecil dari defleksi yang diijinkan sehingga rangka dapat disimpulkan aman.

## 2). Batang B

a). Pada batang B mengalami pembebanan:

1 Massa <i>gear sprocket</i>	: 1 kg = 9,81 N
1 Massa <i>roller</i>	: 1,5 kg = 14,71 N
1 Massa Poros	: 2 kg = 19,62 N
½ Beban tekan poros penekan	: ½ x 91kg = 446,35 N
½ Momen puntir poros utama	: ½ x 232,10Nm = 116,05Nm

b). Perhitungan tegangan tarik ijin dan tekan ijin pada batang B

Bahan konstruksi rangka adalah bahan baja ringan/rendah dengan sifat-sifat sebagai berikut: kepadatan masa 7,86 g/cm<sup>3</sup>, kekuatan luluh 207 MPa, kekuatan tarik utama 345MPa, tegangan modulus elastisitas 220 GPa, modulus geser 86,2745 GPa dan rasio 0,275. Kekuatan tarik bahan adalah 345 MPa atau 345.000.000 N/m<sup>2</sup>

- Tegangan tarik ijin adalah:

$$\sigma_t \text{ ijin} = \frac{345 \times 10^6}{3}$$

$$\sigma_t \text{ ijin} = 115 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 115 \text{ MPa.}$$

Tegangan tarik yang terjadi pada bahan < Tegangan tarik ijin  
(34,47 MPa < 115 MPa).

- Tegangan tekan ijin adalah:

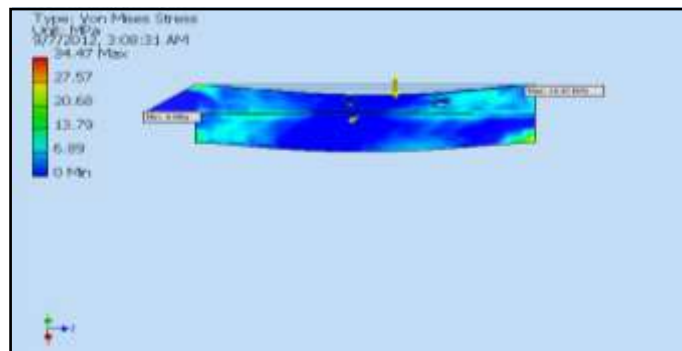
$$\sigma_c \text{ ijin} = \frac{\sigma_t \text{ ijin}}{2}$$

$$\sigma_c \text{ ijin} = \frac{115 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{2}$$

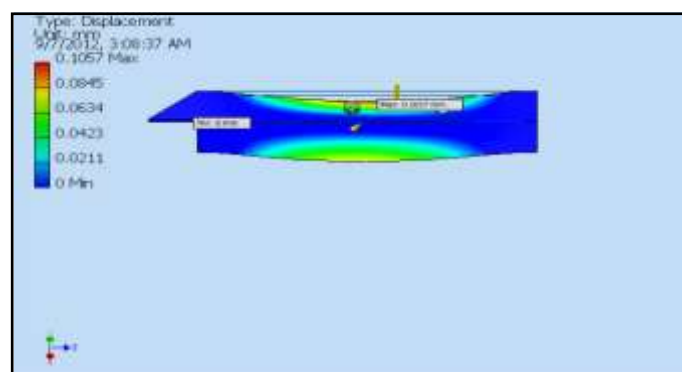
$$\sigma_c \text{ ijin} = 57,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 57,5 \text{ MPa.}$$

Tegangan tekan yang terjadi pada bahan < Tegangan tekan ijin  
(50,78 MPa < 57,5 MPa).

- a) Secara visual hasil pembebanan pada batang B dapat dilihat Gambar 32, Gambar 33, dan Tabel 6.



Gambar 32. Tegangan luluh pada batang B



Gambar 33. Defleksi pada batang B

Tabel 6. Hasil Analisis pembebanan pada batang B

Nama	Minimal	Maksimal
Volume	62217.7 mm <sup>3</sup>	
Masa	0.489031 kg	
Tegangan luluh	0 MPa	34.4676 MPa
1st Tegangan utama	-19.6716 MPa	34.1354 MPa
3rd Tegangan utama	-50.7856 MPa	8.22326 MPa
Pergeseran	0 mm	0.105681 mm
Faktor keamanan	6.00564 ul	15 ul
Regangan Equivalent	0 ul	0.000143614 ul

### 3) Batang C

a). Pada batang C mengalami pembebanan:

$$\frac{1}{2} \text{ Massa motor listrik} : \frac{1}{2} \times 15 \text{ kg} = 73,53 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \text{ Momen puntir motor listrik} : \frac{1}{2} \times 7056 \text{ N/mm} = 3528 \text{ N/mm}$$

b). Perhitungan tegangan tarik ijin dan tekan ijin pada batang C

Bahan konstruksi rangka adalah bahan baja ringan/rendah dengan sifat-sifat sebagai berikut: kepadatan masa  $7,86 \text{ g/cm}^3$ , kekuatan luluh 207 MPa, kekuatan tarik utama 345MPa, tegangan modulus elastisitas 220 GPa, modulus geser 86,2745 GPa dan rasio 0,275. Kekuatan tarik bahan adalah 345 MPa atau  $345.000.000 \text{ N/m}^2$

- Tegangan tarik ijin adalah:

$$\sigma_t \text{ ijin} = \frac{345 \times 10^6}{3}$$

$$\sigma_t \text{ ijin} = 115 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 115 \text{ MPa.}$$

Tegangan tarik yang terjadi pada bahan < Tegangan tarik ijin  
(47,83 MPa < 115 Mpa).

- Tegangan tekan ijin adalah:

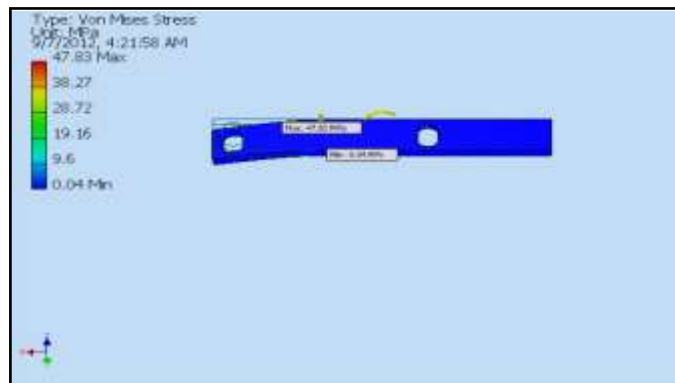
$$\sigma_c \text{ ijin} = \frac{\sigma_t \text{ ijin}}{2}$$

$$\sigma_c \text{ ijin} = \frac{115 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{2}$$

$$\sigma_c \text{ ijin} = 57,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 57,5 \text{ MPa.}$$

Tegangan tekan yang terjadi pada bahan = Tegangan tekan ijin  
(57,5 MPa = 57,5 MPa).

- b) Secara visual hasil pembebanan pada batang C dapat dilihat Gambar 34, Gambar 35, dan Tabel 7.



Gambar 34. Tegangan luluh pada batang C



Gambar 35. Defleksi pada batang C

Tabel 7. Hasil analisis pembebanan pada batang C

Nama	Minimal	Maksimal
Volume	54141.7 mm <sup>3</sup>	
Masa	0.425554 kg	
Tegangan luluh	0.039727 MPa	47.8332 MPa
1st Tegangan utama	-10.2497 MPa	14.902 MPa
3rd Tegangan utama	-57.5452 MPa	3.91701 MPa
Pergeseran	0 mm	0.0399234 mm
Faktor keamanan	4.32754 ul	15 ul
Regangan Equivalent	0.000000154801 ul	0.000200009 ul



#### 4). Batang D

a). Pada batang D mengalami pembebanan:

$$\frac{1}{2} \text{ Massa reduser} : \frac{1}{2} \times 15 \text{ kg} = 14,71 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \text{ Momen puntir reduser} : \frac{1}{2} \times 384,93 \text{ N/mm} = 192,46 \text{ N/mm}$$

b). Perhitungan tegangan tarik ijin dan tekan ijin pada batang D

Bahan konstruksi rangka adalah bahan baja ringan/rendah dengan sifat-sifat sebagai berikut: kepadatan masa  $7,86 \text{ g/cm}^3$ , kekuatan luluh 207 MPa, kekuatan tarik utama 345MPa, tegangan modulus elastisitas 220 GPa, modulus geser 86,2745 GPa dan rasio 0,275. Kekuatan tarik bahan adalah 345 MPa atau  $345.000.000 \text{ N/m}^2$

- Tegangan tarik ijin adalah:

$$\sigma_t \text{ ijin} = \frac{345 \times 10^6}{3}$$

$$\sigma_t \text{ ijin} = 115 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 115 \text{ MPa.}$$

Tegangan tarik yang terjadi pada bahan < Tegangan tarik ijin  
(97,23 MPa < 115 MPa).

- Tegangan tekan ijin adalah:

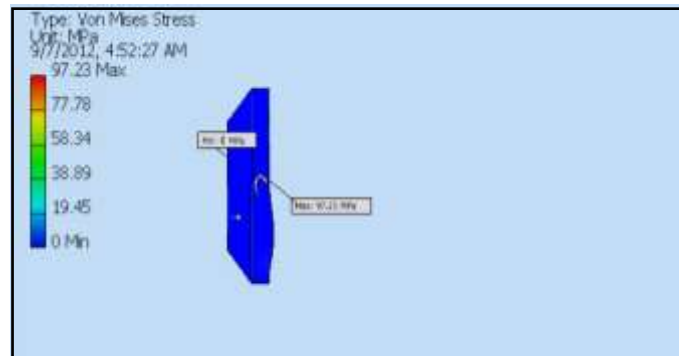
$$\sigma_c \text{ ijin} = \frac{\sigma_t \text{ ijin}}{2}$$

$$\sigma_c \text{ ijin} = \frac{115 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{2}$$

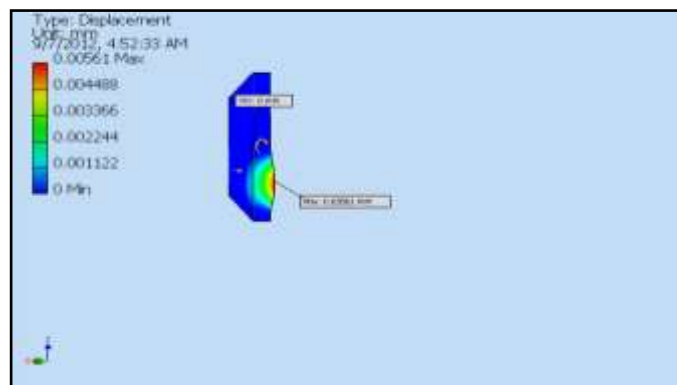
$$\sigma_c \text{ ijin} = 57,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 57,5 \text{ MPa.}$$

Tegangan tekan yang terjadi pada bahan < Tegangan tekan ijin  
(46.31 MPa < 57,5 MPa).

- c). Secara visual hasil pembebanan pada batang D dapat dilihat Gambar 36, Gambar 37, dan Tabel 8.



Gambar 36. Tegangan luluh pada batang D



Gambar 37. Defleksi pada batang D

Tabel 8. Hasil analisis pembebanan pada batang D

Nama	Minimal	Maksimal
Volume	63231.6 mm <sup>3</sup>	
Masa	0.497 kg	
Tegangan luluh	0.00392443 MPa	97.2278 MPa
1st Tegangan utama	-1.76432 MPa	73.5737 MPa
3rd Tegangan utama	-46.3139 MPa	5.14366 MPa
Pergeseran	0 mm	0.0056095 mm
Faktor keamanan	2.12902 ul	15 ul
Regangan Equivalent	0.0000000151927 ul	0.000377971 ul

## 7. Analisis Perencanaan Transmisi Alat/Mesin

Jarak yang jauh antara dua buah poros tidak mungkin menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi. Untuk itu transmisi yang digunakan pada alat/mesin pengerol pipa ini lebih cocok menggunakan transmisi rantai. Penggunaan transmisi rantai pada alat/mesin pengerol pipa ini digunakan untuk meneruskan daya agar tidak terjadi slip, sehingga menjamin putaran yang tetap. Penggunaan transmisi dengan rantai juga mendapat keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

- a. Mampu meneruskan daya besar
- b. Tidak memerlukan tegangan awal
- c. Tidak terjadi slip
- d. Mudah memasangnya

Jenis rantai yang digunakan untuk transmisi alat/mesin pengerol pipa ini adalah rantai rol. *Gear sprocket* pertama yang digunakan memiliki perbandingan  $Z_1 : Z_2$  atau 17:25 yang digunakan untuk mereduksi putaran dari *speed reducer* keporos utama menjadi 15,55 rpm. Sedangkan *gear sprocket* kedua memiliki perbandingan  $Z_3 : Z_4$  atau 36:36. Untuk *gear sprocket*  $Z_2$  dan  $Z_3$  dipasang dalam satu poros, sehingga *gear sprocket* hanya meneruskan putaran dan tidak terjadi perbedaan putaran.

Rantai yang digunakan adalah jenis rantai dengan nomor 50 dengan rangkaian tunggal. Berikut adalah analisis-analisis perhitungan pada transmisi rantai alat/mesin pengerol pipa.

a. Perhitungan kecepatan rantai 1 (17:25)

Menurut Sularso dan Suga (1985) Kecepatan *linear* rantai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus:

$$v = \frac{(p)(z_1)(n_1)}{60}$$

Keterangan:

$p$  = jarak bagi rantai (mm), untuk rantai no.50 adalah 0,015875 m.

$Z_1$  = jumlah gigi *sprocket* kecil, dalam hal reduksi putaran

$n_1$  = Putaran (rpm)

$$v = \frac{(p)(z_1)(n_1)}{60}$$

$$v = \frac{(0,015875)(17)(23,33)}{60} \text{ m/s}$$

$$v = 0,159 \text{ m/s} \approx 0,16 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan *linear* pada rantai sebesar 0,16 m/s. Kecepatan rantai tersebut tidak melebihi dari kecepatan rantai yang diijinkan, kecepatan rantai yang diijinkan sebesar 4-10 m/s maka dapat dikatakan kecepatan aman.

1) Perhitungan beban yang bekerja pada rantai 1 (17:25)

Untuk menghitung beban yang bekerja pada suatu rantai terlebih dahulu harus mengetahui daya rencana yang ditransmisikan pada rantai. Untuk menghitung daya rencana dapat menggunakan persamaan rumus:

$$P_d = f_c \times P, (\text{kW})$$

Keterangan:

Perhitungan daya rencana sudah didapat dari perhitungan sebelumnya,  $(P_d) = 0,746 \text{ kW}$ . Setelah itu, besarnya beban yang bekerja pada satu rantai dapat dihitung menggunakan persamaan rumus:

$$F = \frac{(102) (P_d)}{v} \text{ kg}$$

$$F = \frac{(102) (0,746)}{0,16} \text{ kg}$$

$$= 475,5 \text{ kg} \approx 476 \text{ kg}$$

Jadi besarnya beban yang terjadi pada rantai 1 adalah 476 kg. Besarnya beban pada rantai lebih kecil dari beban yang diijinkan ( $476 \text{ kg} < 520 \text{ kg}$ ), maka dapat dinyatakan rantai yang digunakan aman/baik.

b. Perhitungan kecepatan rantai 2 (36:36)

Dalam meneruskan daya pada rantai 2 ini tidak terjadi perbedaan kecepatan putaran (rpm) karena hanya menghubungkan/ meneruskan putaran saja. Menurut Sularso dan Suga (1985) Kecepatan *linear* rantai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus:

$$v = \frac{(p)(z_1)(n_1)}{60}$$

$$v = \frac{(0,015875)(36)(15,55)}{60} \text{ m/s}$$

$$v = 0,18 \text{ m/s}$$

Keterangan:

$p$  = jarak bagi rantai (mm), untuk rantai no.50 adalah  
0,015875 m.

$Z_1$  = jumlah gigi *sprocket* penggerak

$n_1$  = Putaran (rpm)

Jadi kecepatan *linear* pada rantai 2 sebesar 0,18 m/s.

Kecepatan rantai tersebut tidak melebihi dari kecepatan rantai yang diijinkan, kecepatan rantai yang diijinkan sebesar 4-10 m/s maka dapat dikatakan kecepatan aman.

#### 1) Perhitungan beban yang bekerja pada rantai 2 (36:36)

Besarnya beban yang bekerja pada satu rantai dapat dihitung menggunakan persamaan rumus:

$$F = \frac{(102) (P_d)}{v} \text{ kg}$$

$$F = \frac{(102) (0,746)}{0,18} \text{ kg}$$

$$= 422,73 \text{ kg}$$

Jadi besarnya beban yang terjadi pada rantai 2 adalah 422,73 kg. Besarnya beban pada rantai lebih kecil dari beban yang diijinkan ( $422,73 \text{ kg} < 520 \text{ kg}$ ), maka dapat dinyatakan rantai yang digunakan aman/baik.

## D. Perhitungan Harga Produk

### 1. Harga Pokok Mesin

Menurut akutansi biaya terdapat dua metode menentukan harga pokok produk yaitu metode harga pokok proses dan harga pokok pesanan. Metode harga pokok proses digunakan pada industri yang memproduksi satu jenis produk. Metode harga pokok pesanan dipakai pada industri berdasarkan pesanan. Jadi, yang dimaksud dengan harga pokok pesanan adalah metode pengumpulan biaya produksi untuk menentukan harga pokok produk yang dibuat atas dasar pesanan. Pada metode harga pokok pesanan biaya produksi digolongkan menjadi biaya produksi langsung dan produksi tidak langsung.

#### a. Biaya Produksi Langsung

Harga pokok bahan baku yang dipakai dalam proses pembuatan mesin dan upah tenaga kerja yang dipakai dalam proses pembuatan mesin. Kedua biaya tersebut biasanya disebut dengan biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung

#### b. Biaya Produksi Tidak Langsung

Disebut juga dengan biaya *overhead* pabrik adalah biaya selain biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung yang digunakan dalam proses pembuatan mesin, yang meliputi:

- 1) Upah tidak langsung
- 2) Bahan penolong, misalnya elektroda, pahat, batu gerinda, gerinda potong dan lain-lain.

3) Biaya tenaga listrik/bahan bakar

4) Biaya asuransi

5) Biaya penyusutan mesin

6) Biaya penyusutan gedung pabrik

Harga pokok produk alat/mesin pengerol pipa ini ditentukan berdasarkan harga pokok pesanan. Berikut adalah taksiran harga pokok produk alat/mesin pengerol pipa berdasarkan pesanan (lihat Tabel 9, Tabel 10, Tabel 11, Tabel 12, Tabel 13, dan Tabel 14).

Tabel 9. Biaya Desain Alat/Mesin Pengerol Pipa

Macam Biaya	Macam Pekerjaan	Bahan (Rp)	Alat (Rp)	Tenaga (Rp)	Jumlah
<b>A. Biaya Desain</b>	Survei	-	50.000	50.000	100.000
	Analisis	-	50.000	100.000	150.000
	Gambar	40.000	50.000	100.000	190.000
<b>Jumlah</b>					<b>440.000</b>

Tabel 10. Biaya Pembelian Komponen Alat/Mesin Pengerol Pipa

Macam Biaya	Macam Komponen	Biaya Pembelian (BP)	Biaya Perakitan (10% x BP)	Jumlah
<b>B. Biaya Pembelian Komponen</b>	Motor Listrik	600.000	60.000	660.000
	Kopel	130.000	13.000	143.000
	Reduser	450.000	45.000	495.000
	<i>Gear sprocket</i>	210.000	21.000	231.000
	Rantai	85.000	8.500	93.500
	<i>Pillow</i> (UCP)	88.000	8.800	96.800
	<i>Pillow</i> (UCF)	50.000	5.000	55.000
	Mur dan baut	30.000	3.000	33.000
<b>Jumlah</b>				<b>1.807.300</b>



Tabel 11. Biaya Pembuatan Alat/Mesin Pengerol Pipa

Macam Biaya	Macam Bagian	Bahan Baku (Rp)	Bahan Penolong (Rp)	Tenaga Kerja Langsung (TKL)	Biaya Overhead Pabrik (125% x TKL)	Jumlah
<b>C. Biaya Pembua-Tan</b>	Rangka	150.000	30.000	50.000	62.500	292.500
	Poros geser	50.000	15.000	25.000	31.250	121.250
	Poros tetap	100.000	15.000	50.000	62.500	227.500
	<i>Roller</i>	110.000	15.000	25.000	31.250	181.250
	<i>Handle</i> penek-an	100.000	15.000	60.000	75.000	250.000
	Cat	53.000	15.000	20.000	25.000	103.000
<b>Jumlah</b>						<b>1.175.500</b>

Tabel 12. Biaya Non Produksi Alat/Mesin Pengerol Pipa

<b>D. Biaya Non Produksi</b>	Biaya Gudang (5% x C)	58.775
	Pajak Perusahaan ( 5% x C )	58.775
<b>Jumlah</b>		<b>117.550</b>

Tabel 13. Laba Alat/Mesin Pengerol Pipa

<b>E. Laba 10% (A + B + C + D)</b>	A. Biaya Desain	440.000
	B. Biaya Pembelian Komponen	1.807.300
	C. Biaya Pembuatan	1.175.500
	D. Biaya Non Produksi	117.550
	<b>Jumlah</b>	<b>3.540.350</b>
<b>Laba = 10% (A + B + C + D)</b>		<b>354.035</b>

Tabel 14. Taksiran Harga Alat/Mesin Pengerol Pipa

<b>F. Taksiran Harga Produk (A + B + C + D +E)</b>	A. Biaya Desain	440.000
	B. Biaya Pembelian Komponen	1.807.300
	C. Biaya Pembuatan	1.175.500
	D. Biaya Non Produksi	117.550
	E. Laba	354.035
<b>Jumlah</b>		<b>3.894.385</b>

Dari Tabel 14 maka diperoleh harga produk Alat/Mesin Pengerol Pipa sebesar **Rp 3.894.385 = Rp 3.900.000**. Secara kasar biaya *overhead* pabrik diambil 125% dari biaya tenaga kerja langsung (125% x BTKL).

## 2. Analisis Ekonomi Bengkel Jasa Pengerolan Pipa

### a. Modal

#### 1) Modal Tetap

a) Alat keselamatan kerja dan kesehatan	:Rp 100.000	
b) Rol meter	:Rp 100.000	
c) Alat/mesin Pengerol pipa	:Rp 3.900.000	+
<b>Jumlah</b>	<b>:Rp 4.100.000</b>	

#### 2) Modal Kerja

a) Perlengkapan kunci pas, ring, dll	:Rp 150.000	
b) Bahan baku (pipa)	:Rp 15.000.000	+
<b>Jumlah</b>	<b>:Rp 15.150.000</b>	

Modal Total = Modal tetap + Modal kerja

= Rp 4.100.000 + Rp 15.150.00

=Rp 19.250.000,-

**Total Modal = Rp 19.250.000,-**

### b. Biaya Operasional bulanan (26 hari)

1) Bahan Baku	:Rp 15.000.000	
2) Perawatan mesin per bulan	:Rp 20.000	
3) Penyusutan alat (Rp 3.900.000 / (5x12))	:Rp 65.000	
4) Listrik	:Rp 75.000	+
<b>Jumlah</b>	<b>:Rp 15.160.000</b>	

## c. Perhitungan Keuntungan

Agar tidak mengalami kerugian maka: Diketahui proses pengerolan pipa membutuhkan biaya produksi/meter (1 lonjor pipa = 6 m):

1) Listrik	:Rp 500	
2) Jasa Pengerolan	:Rp 30.000	+
<b>Jumlah</b>	<b>:Rp 30.500,-</b>	

Harga pokok pengerolan pipa yang diperoleh adalah

$$\text{Rp } 30.500/\text{m} \approx \text{Rp } 31.000/\text{m}$$

d. Perhitungan *Break Event Point* (BEP)

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Operasional}}{\text{Harga Jual}}$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp. } 15.160.000}{\text{Rp. } 31.000} = 489,03 \text{ m/bulan}$$

Jika dalam hitungan hari:

$$\text{BEP} = \frac{490 \text{ m}}{26 \text{ hari kerja}} = 18,84 \text{ m/hari} \approx 19 \text{ m/hari}$$

Dengan demikian agar tidak rugi sedikitnya harus mengerol pipa sebanyak 19 m/hari untuk diproses.

e. Perhitungan *Pay Back Period* (PBP)

Rentang waktu kembali modal dihitung sebagai berikut:

$$\text{PBP} = \frac{(\text{Total Investasi})}{(\text{target jasa} - \text{BEP}) \left( \frac{\text{keuntungan}}{\text{proses}} \right) (\text{jmlh hari kerja})}$$

$$\text{PBP} = \frac{\text{Rp } 19.250.000,-}{(30 - 19)(\text{Rp. } 31.000,-)(26)} = \frac{\text{Rp } 19.250.000,-}{\text{Rp } 8.866.000,-}$$

$$\text{PBP} = 2,2 \text{ bulan}$$

Jadi dengan target pengerolan pipa sebanyak 30 m per hari diperkirakan modal dapat kembali setelah dua bulan lebih lima hari.

## E. Hasil dan Pembahasan

### 1. Transmisi

Sistem transmisi pada alat/mesin pengerol pipa ini diharapkan mampu menurunkan kecepatan awal dari motor listrik sebesar 1400 rpm menjadi kecepatan akhir sebesar 15,55 rpm. *Speed reducer* yang digunakan pada alat/mesin pengerol pipa ini mempunyai perbandingan 1:60. Transmisi *sprocket* yang digunakan pada alat/mesin pengerol pipa ini terdapat dua pasang. Pada transmisi rantai satu *sprocket* yang digunakan memiliki perbandingan jumlah gigi (Z) yang berbeda 1 : 1,5 dengan penggerak lebih kecil yang berfungsi dalam hal untuk mereduksi putaran. Untuk transmisi rantai dua sprocket yang digunakan memiliki perbandingan jumlah gigi (Z) sama yaitu 1 : 1, yang berfungsi hanya sebagai penerus putaran.

### 2. Rangka

Rangka merupakan salah satu bagian alat/mesin yang sangat berpengaruh pada kinerja alat/mesin pengerol pipa. Rangka yang dibuat dengan dimensi panjang 700 mm x lebar 500 mm x tinggi 700 mm, sehingga mudah disesuaikan dengan ruang kerja alat/mesin dan proses pemindahannya pun mudah dilakukan dari tempat satu ke tempat yang lain. Bahan yang digunakan pada konstruksi rangka ini adalah baja konstruksi *St 42*.

### 3. Analisis Ekonomi

Hasil yang diperoleh pada analisis ekonomi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 10 didapatkan taksiran harga satu unit alat/mesin pengerol pipa adalah Rp 3.900.000. Alat/mesin pengerol pipa ini jika digunakan secara efektif dan efisien, sesuai dengan yang telah ditargetkan maka modal dapat kembali setelah dua bulan lebih lima hari.

### 4. Kapasitas Produksi Alat/Mesin

Setelah dilakukan uji kinerja alat/mesin pengerol pipa, maka proses pengerolan pipa membutuhkan waktu rata-rata untuk mengerol pipa dalam bentuk satu lingkaran berdiameter 50 cm adalah  $\pm 14$  menit. Jadi besarnya kapasitas produksi dari alat/mesin pengerol pipa ini dalam waktu satu jam adalah  $\pm 4$  buah/jam.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat dari perancangan alat/mesin pengerol pipa ini adalah :

1. Rancangan alat/mesin pengerol pipa ini merupakan inovasi dari alat/mesin pengerol pipa manual yang sudah ada. Dimensi alat/mesin pengerol pipa ini 700 mm x 500 mm x 700 mm. Sistem transmisi yang digunakan adalah *gear sprocket* dan rantai. *Gear sprocket* yang digunakan ada 4 buah (Lampiran 3). Menggunakan daya motor listrik sebesar 1 HP dengan kecepatan 1400 rpm. Menggunakan reduser 1:60 untuk mereduksi putaran dan roda gigi 1:1 ½, dengan kecepatan akhir 15,55 rpm. Gambar kerja alat/mesin pengerol pipa terdiri dari: gambar kerja rangka dan bagian-bagiannya, gambar kerja *slide* dan bagian-bagiannya, gambar kerja *handle* penekan dan bagian-bagiannya, gambar kerja *gear sprocket*, gambar kerja poros geser dan poros tetap, gambar kerja *roller*.
2. Keamanan bagi operator diutamakan seperti pada bagian komponen yang berputar diberi penutup dan bagian rangkaian elektrik di tempatkan pada posisi yang aman yaitu disamping dan ditutup. Rangka mesin terbuat dari bahan dasar plat siku berukuran 40 mm x 40 mm x 4 mm dengan jenis baja *St 42*. Bahan dasar poros menggunakan besi *As St 37* dengan ukuran diameter 1 in. . Spesifikasi alat/mesin pengerol pipa ini dengan kapasitas

0,75 m/menit, membutuhkan waktu 14 menit untuk mengerol pipa membentuk lingkaran dengan diameter 50 cm.

3. Taksiran harga jual produk alat/mesin pengerol pipa adalah **Rp 3.900.000**

## B. Saran

Perancangan alat/mesin pengerol pipa ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi kualitas bahan, penampilan dan sistem kinerja/fungsi. Oleh karena itu diharapkan nantinya alat/mesin ini dapat disempurnakan lagi di kemudian hari. Adapun beberapa saran untuk langkah pengembangan dan penyempurnaan alat/mesin ini adalah:

1. Untuk menghasilkan pengerolan yang baik dan sempurna alat/mesin ini diperlukan tambahan komponen yaitu alat yang mampu mengukur kelurusan lingkaran sewaktu proses pengerolan.
2. Untuk jenis bahan dasar poros diganti, dikarenakan pada bagian komponen poros haruslah bersifat keras, ulet, dan tidak mudah berubah bentuk.
3. Diperlukan hidrolik otomatis untuk penekanannya agar lebih mudah dalam pengoperasian alat/mesin pengerol pipa.
4. Perawatan alat/mesin harus rutin dilakukan, seperti:
  - a. Kestabilan gerak memutar *dies/roller* dan pelumasan pada rantai dan pelumasan pada bantalan serta pelumasan pada *handle* penekannya.
  - b. Pemeriksaan pelumas oli pada reduser dilakukan secara berkala

## DAFTAR PUSTAKA

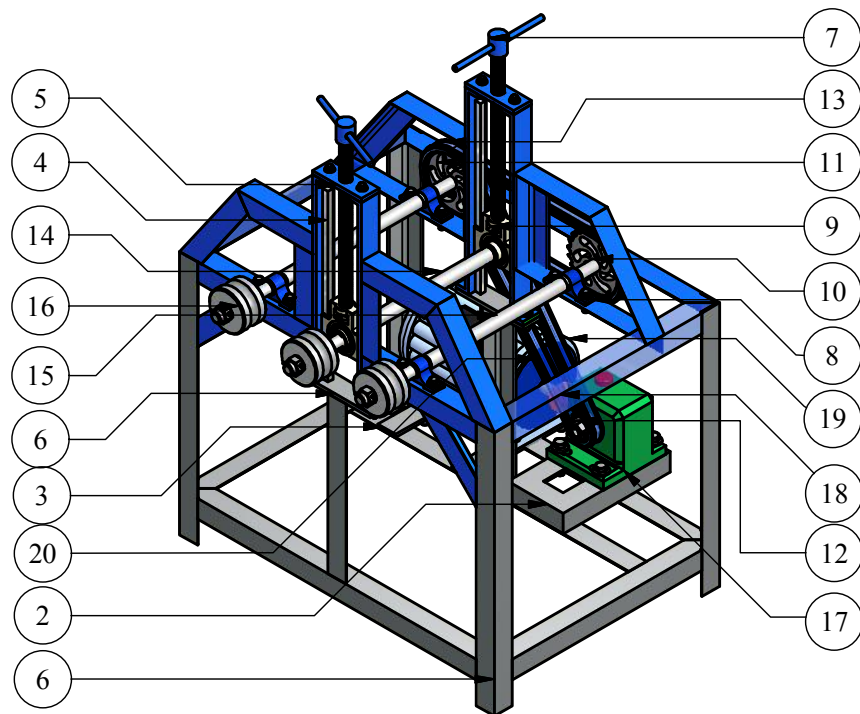
- \_\_\_\_\_. <http://id.scribd.com/doc/47730081/ELEMEN-MESIN-RANTAI>.  
(diakses tanggal 15 oktober 2012. Jam 21:56)
- \_\_\_\_\_. <http://ojs.polinpdg.ac.id/index.php/JPR/article/download/117/107>  
(diakses tanggal 15 oktober 2012. Jam 21:16).
- \_\_\_\_\_. [http://websitesni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/detail\\_sni/7243](http://websitesni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/7243)  
(diakses tanggal 10 Juli 2012).
- Darmawan, H. 2004. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*.  
Bandung: ITB
- G Niemann. 1996. *Elemen Mesin*. (Anton Budiman: terjemahan), Jakarta:  
Erlangga.
- Gere, James. M., Timoshenko, Stephen P. 2000. *Mekanika bahan*. Jakarta:  
Erlangga.
- Jarwo Puspito. 2006. *Elemen Mesin Dasar*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan  
Teknik Mesin FT UNY.
- Juhana, Ohan, dan Suratman, M. 2000. *Menggambar Teknik Mesin dengan  
Standar ISO*. Bandung: Pustaka Grafika.
- Mott, Robert L. 2009. *Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis Buku  
1*. Yogyakarta: Andi.
- Parjono dan Sirod Hantoro,S, 1983, *Gambar Mesin dan Merancang Praktis*,  
Liberty: Yogyakarta.
- Sato, G. T., dan Hartanto, N. S. 1996. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*.  
Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sularso dan Suga, K. 2002. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*.  
Jakarta: Pradnya Paramita.



# LAMPIRAN

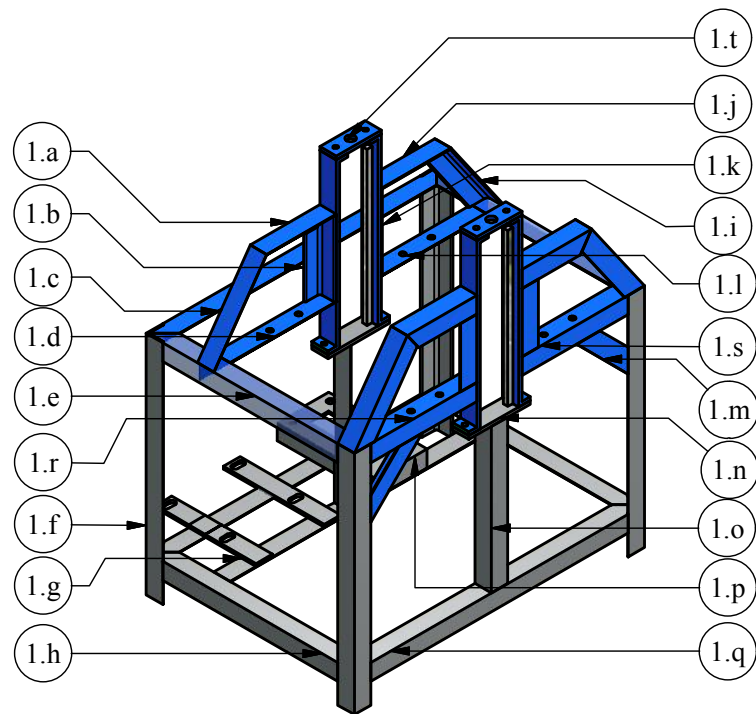
## Presensi Kuliah Karya Teknologi Mahasiswa Angkatan 2009

Ke las	Kelom pok	Nama	Jenja ng	Nomor Mahasiswa	Konsentrasi	Judul Proyek Akhir	Dosen Pembimbi ng	Dosen Kuliah	Pelaksa naan Kuliah	Pertemuan Minggu Ke dan Tgl																	
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C2	22	Ari Prasetyo	d3	09 508131004	Perancangan	Perancangan Mesin Pengaduk Reaktor Biogas	Arif Marwanto , M.Pd	Tiwan, MT.	Sabtu jam 12.00 - 17.00	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	97%	
	22	Panji Winarno	d3	09 508131013	Fabrikasi	Proses Pembuatan Rangka pada Mesin				1	1	1	1	1	0	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	29	91%
	22	Khaniffudin	d3	09 508131018	Fabrikasi	Proses Pembuatan Sirip pada Mesin				1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	30	94%
	22	Ilham Nuryuda	d3	09 508131016	Pemesinan	Proses Pembuatan Roda Gigi Cacing pada Mesin				1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	97%
	22	Irwan Dwis Hasta	s1	09 503241033	Pemesinan	Proses Pembuatan Poros, dan Ulir Cacing pada Mesin				1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	97%	
	23	Hari Santoso	s1	09 503241 026	Perancangan	Perancangan Mesin Perajang Tembakau	Drs. Suyanto, M.Pd.MT			1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	97%
	23	Arfan Tri A	s1	09 503241 028	Pemesinan	Proses Pembuatan Sistem Transmisi Daya Pada Mesin Perajang Tembakau				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32	100%		
	23	Sardi	s1	09 503241 030	Fabrikasi	Proses Pembuatan Rangka Pada Mesin Perajang Tembakau				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32	100%		
	23	Catur Suharyadi	s1	09 503241 031	Pemesinan	Proses Pembuatan Mekanisme Motor Pada Mesin Perajang Tembakau				1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	97%		
	23	Handika P	s1	09 503241 033	Fabrikasi	Proses Pembuatan Casing Mesin Pada Mesin Perajang Tembakau				1	1	1	0	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	29	91%		
	23	Ariffudin	s1	09 503241 035	Pemesinan	Proses Pembuatan Mekanisme Rajangan Pada Mesin Perajang Tembakau				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32	100%		
	24	Catur Nugroho	d3	09 508131023	Perancangan	Perancangan Mesin Pembuat Es Krim	Drs. Tiwan, MT			1	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	97%
	24	Ahmad Khoirul Riski	s1	09 5032444027	Pemesinan	Proses Pembuatan Poros Pada Mesin Pembuat Es Krim				1	1	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	31	97%		
	24	Trihanggo Nugrahanto	s1	09 5032444032	Pemesinan	Proses Pembuatan Cekam dan Tahanan Pada Mesin Pembuat Es Krim				1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	1	1	1	1	1	28	88%		
	24	Ahmad Nur Kholis	s1	09 5032444005	Fabrikasi	Proses Pembuatan Soblok Dalam dan Luar Pada Mesin Pembuat Es Krim				1	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	31	97%		
	25	Ahmad Mustaqim	d3	09 508131005	Perancangan	Perancangan Mesin /Alat Pengerol Pipa	Drs. Suyanto, M.Pd.MT			1	1	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	29	91%
25	Chahya S	d3	09 508131010	Fabrikasi	Proses Pembuatan Rangka Atas	1		1	1	1	1	0	1	1	1	1	0.5	0.5	1	1	1	28	88%				
25	Muh. Syaihun	s1	09 503241003	Fabrikasi		1		1	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	29	91%				
25	Moch. Damar Tri S	s1	09 508131012	Pemesinan		1		1	1	0	1	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	29	91%				
25	Muh. Ricky Alvian		09 503244040	Pemesinan		1		1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	1	0.5	1	1	1	1	26	81%				



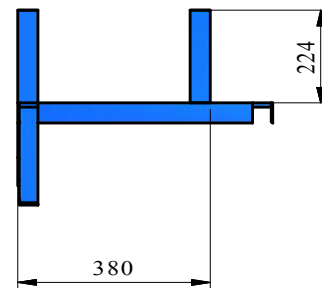
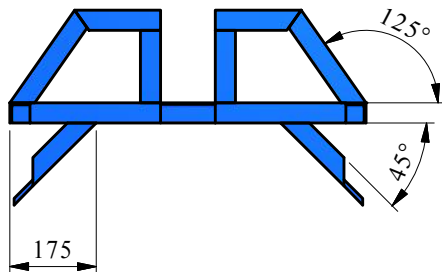
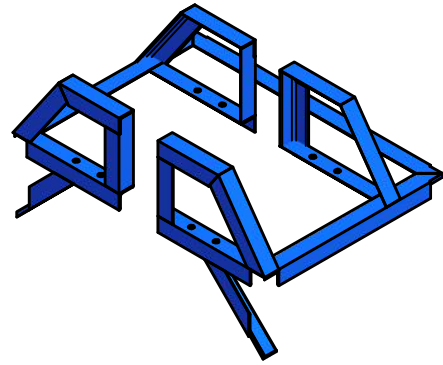
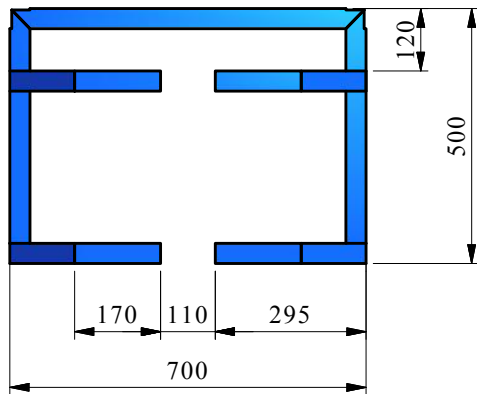
PARTS LIST			
NO	MATERIAL	NAME PART	QTY
1	ST 42	RANGKA	1
2	ST 42	DUDUKAN MOTOR	1
3	ST 42	DUDUKAN REDUCER	1
4	ST 42	SLIDE	4
5	ST 42	TUTUP SLIDE	2
6	ST 42	LANDASAN SLIDE	2
7	ST 37	HANDLE PEMUTAR	2
8	BESI COR	UCP	4
9	BESI COR	UCF	2
10	ST 42	GEAR SPROKET 1 (SINGLE)	1
11	ST 42	GEAR SPROKET 2 (DOUBLE)	1
12	ST 42	GEAR SPROKET 3 (SINGLE)	1
13	ST 42	RANTAI 1 (RS 40)	1
14	ST 37	POROS GESER	1
15	ST 37	POROS TETAP	2
16	ST 37	DIES	3
17	BESI COR	REDUSER	1
18	ST 42	KOPEL	1
19	BESI COR	MOTOR LISTRIK	1
20	ST 42	RANTAI 2 (RS 50)	1

		1	ALAT/MESIN ROL PIPA						
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				 Pengganti dari: Diganti dengan:		
			ALAT/MESIN ROL PIPA				Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK				09508131005		A4



PARTS LIST			
NO	MATERIAL	NAME PART	QTY
1.a	ST 42	RANGKA ATAS 1.a	2
1.b	ST 42	RANGKA ATAS 1.b	2
1.c	ST 42	RANGKA ATAS 1.c	2
1.d	ST 42	RANGKA ATAS 1.d	1
1.e	ST 42	RANGKA ATAS 1.e	2
1.f	ST 42	RANGKA BAWAH 1.f	4
1.g	ST 42	RANGKA BAWAH 1.g	2
1.h	ST 42	RANGKA BAWAH 1.h	2
1.i	ST 42	RANGKA ATAS 1.i	2
1.j	ST 42	RANGKA ATAS 1.j	2
1.k	ST 42	RANGKA ATAS 1.k	2
1.l	ST 42	RANGKA ATAS 1.l	1
1.m	ST 42	RANGKA ATAS 1.m	2
1.n	ST 42	RANGKA BAWAH 1.n	2
1.o	ST 42	RANGKA BAWAH 1.o	2
1.p	ST 42	RANGKA BAWAH 1.p	1
1.q	ST 42	RANGKA BAWAH 1.q	4
1.r	ST 42	RANGKA ATAS 1.r	1
1.s	ST 42	RANGKA ATAS 1.s	1
1.t	ST 42	SLIDE	2

		1	Rangka	1	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			RANGKA			Skala 1:13	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005			A4



### TOLERANSI UKURAN SUDUT

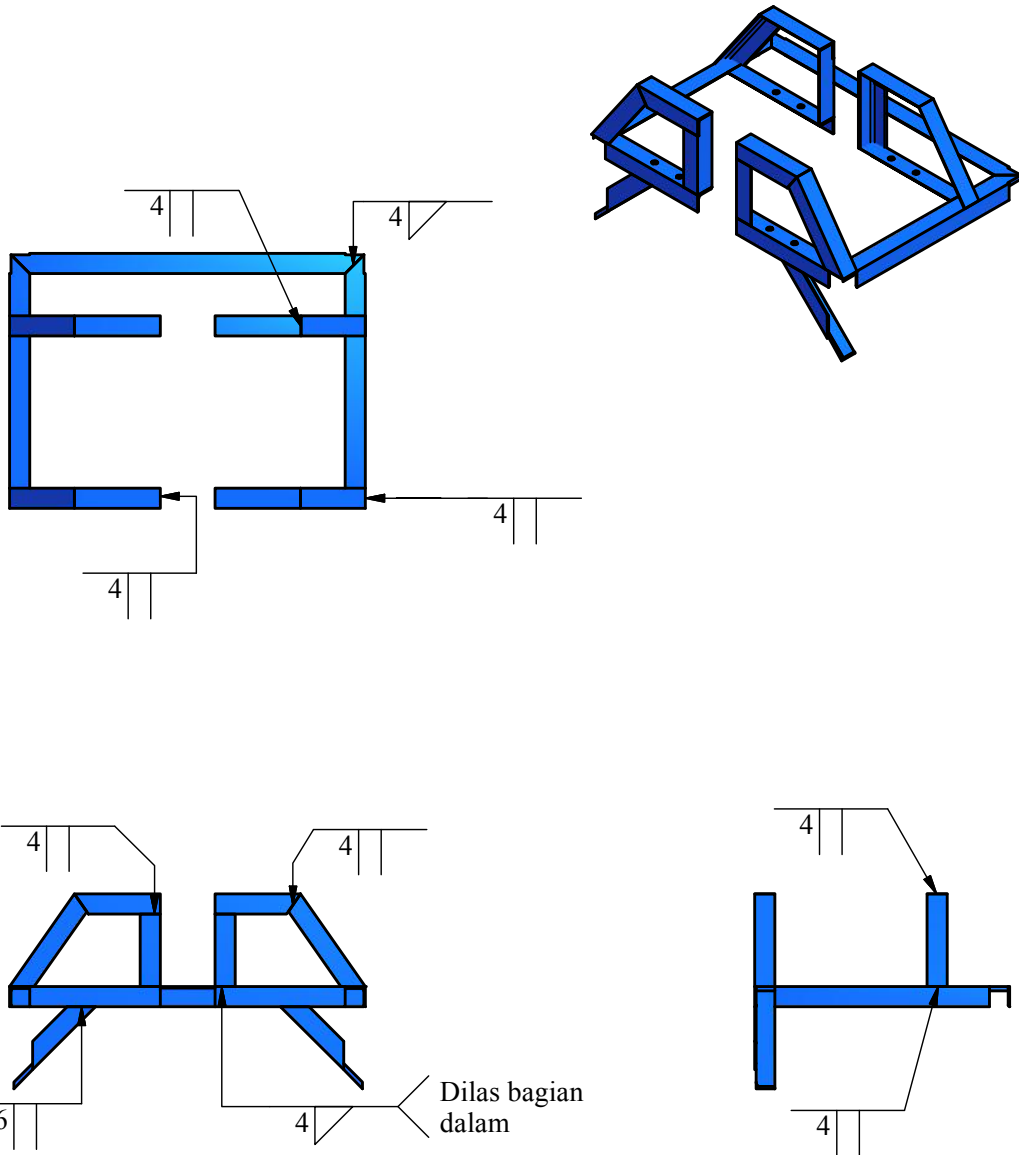
Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan	Dalam derajat dan menit	$\pm 1^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 10^\circ$
	Dalam mm tiap 100 mm	$\pm 1,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$

### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		1	Rangka Atas	-	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			RANGKA ATAS			Skala 1:15	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005		A4	

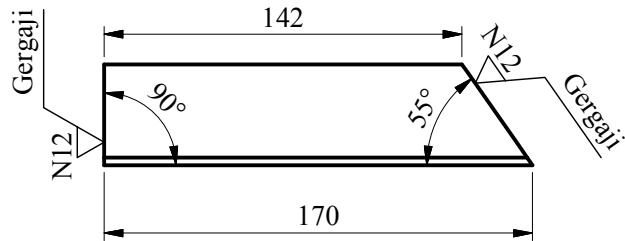
	Ahmad.M
	Suyanto M.Pd.,M.T.
	Suyanto M.Pd.,M.T.
	Suyanto M.Pd.,M.T.



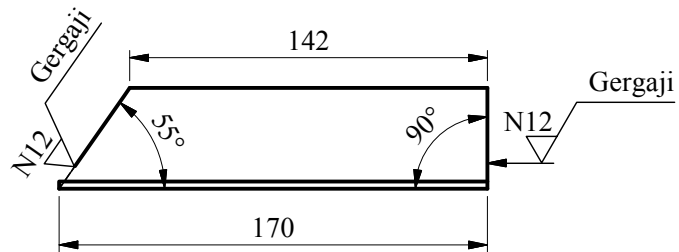
		1	Rangka Atas	-	ST 42	40 X 40 X 4 mm
JUMLAH	NAMA BAGIAN		NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
			Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:
<b>RANGKA ATAS</b>					Digambar	Ahmad.M
					Dilihat	Suyanto M.Pd.,M.T.
					Diperiksa	Suyanto M.Pd.,M.T.
					Disetujui	Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK					09508131005	A4

## Toleransi Kasar

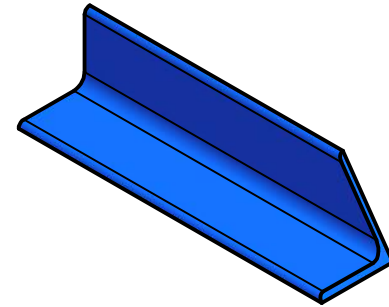
1.a Rangka Atas 1.a



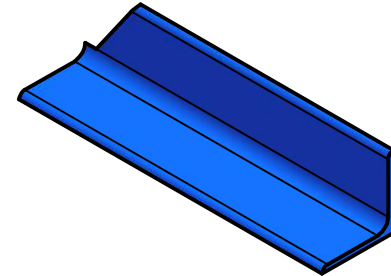
1.j Rangka Atas 1.j



1.a



1.j

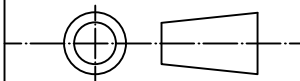


## TOLERANSI UKURAN SUDUT

Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan	Dalam derajat dan menit	± 1°	± 30°	± 20°	± 10°
	Dalam mm tiap 100 mm	± 1,8	± 0,9	± 0,6	± 0,3

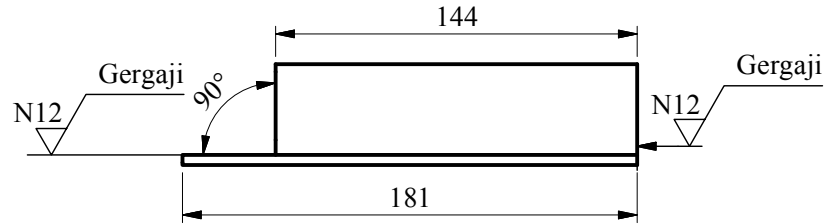
## TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
Menengah	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8
Halus	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3

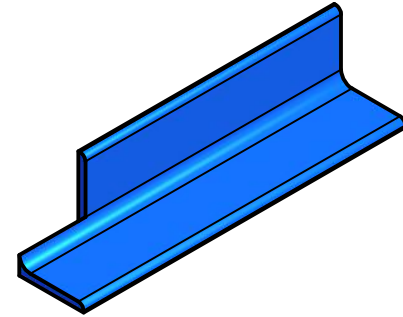
	2	Rangka Atas	1.a	ST 42	40 X 40 X 4 mm		
	2	Rangka Atas	1.j	ST 42	40 X 40 X 4 mm		
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN	
		Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:	
		Rangka atas 1.a dan Rangka atas 1.j			Skala 1:3	Digambar	Ahmad.M
						Dilihat	Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa	Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui	Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK					09508131005		A4

Toleransi Kasar 

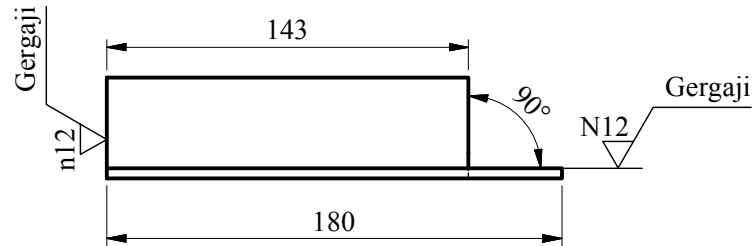
1.b Rangka Atas 1.b



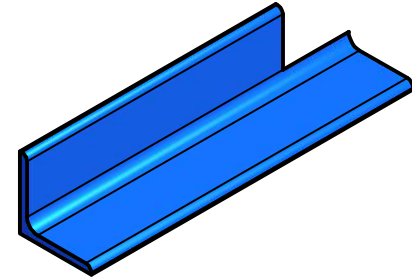
1.b



1.k) Rangka Atas 1.k



1.k

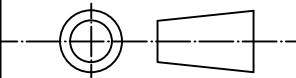


## TOLERANSI UKURAN SUDUT

Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan	Dalam derajat dan menit	± 1°	± 30°	± 20°	± 10°
	Dalam mm tiap 100 mm	± 1,8	± 0,9	± 0,6	± 0,3

## TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
Menengah	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8
Halus	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3

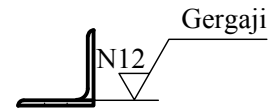
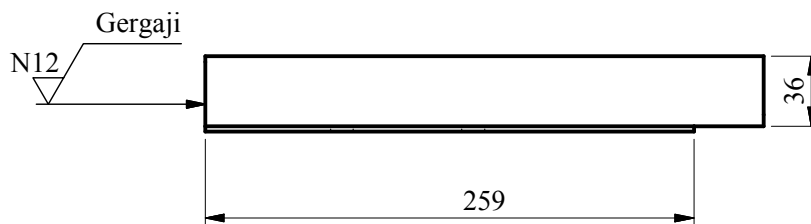
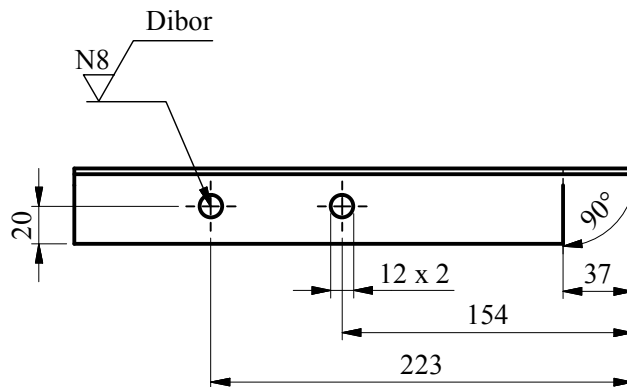
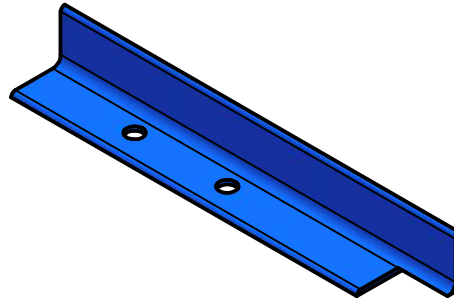
	2	Rangka Atas	1.b	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
	2	Rangka Atas	1.k	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
		Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
		Rangka atas 1.b dan Rangka atas 1.k			Skala 1:3	Digambar		Ahmad.M
						Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK					09508131005		A4	





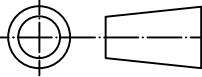
Toleransi Kasar  $\nabla \text{N12}$

①.d Rangka Atas 1.d



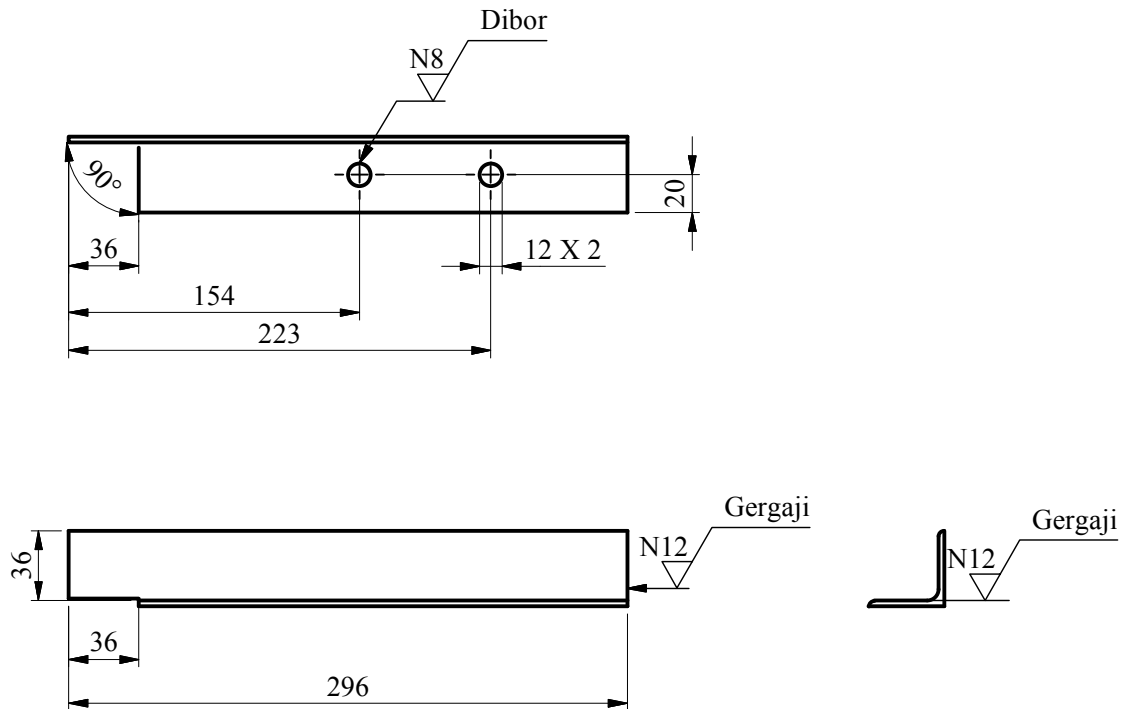
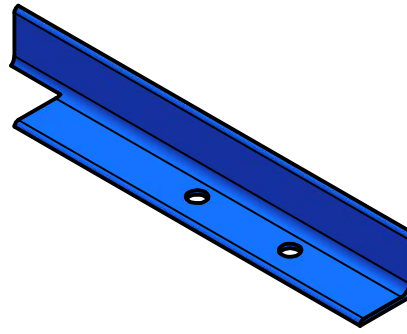
#### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

	1	Rangka Atas	1.d	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
		Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
		Rangka Atas 1.d			Skala 1:4	Digambar		Ahmad.M
						Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
		UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005		A4	

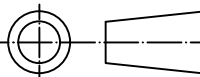
Toleransi Kasar  $\nabla \text{N12}$

①.1 Rangka Atas 1.1



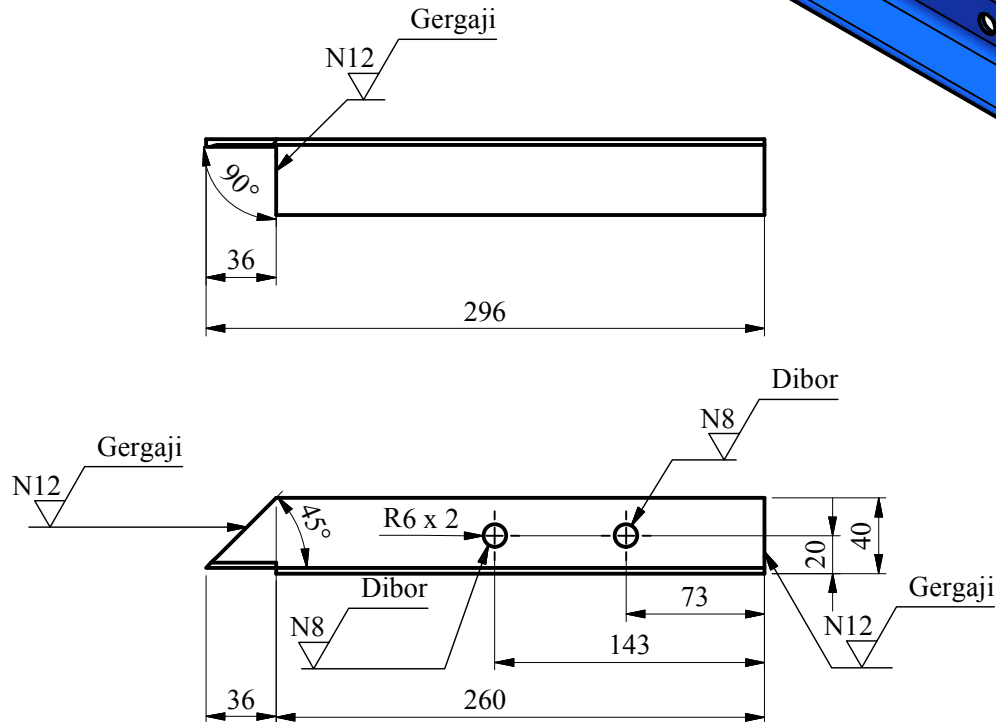
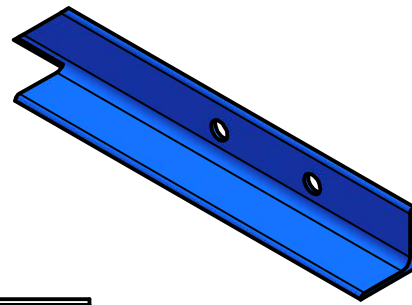
**TOLERANSI UKURAN *LINEAR***

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

	1	Rangka Atas	1.1	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
JMLH	NAMA BAGIAN		NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
		Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
		Rangka Atas 1.1			Skala 1:4	Digambar		Ahmad.M
						Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
		UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005			A4

Toleransi Kasar  $\nabla \text{N12} / ( \nabla \text{N8} )$

1.r Rangka Atas 1.r

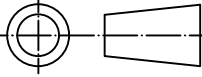


#### TOLERANSI UKURAN SUDUT

Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan	Dalam derajat dan menit	$\pm 1^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 10^\circ$
	Dalam mm tiap 100 mm	$\pm 1,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$

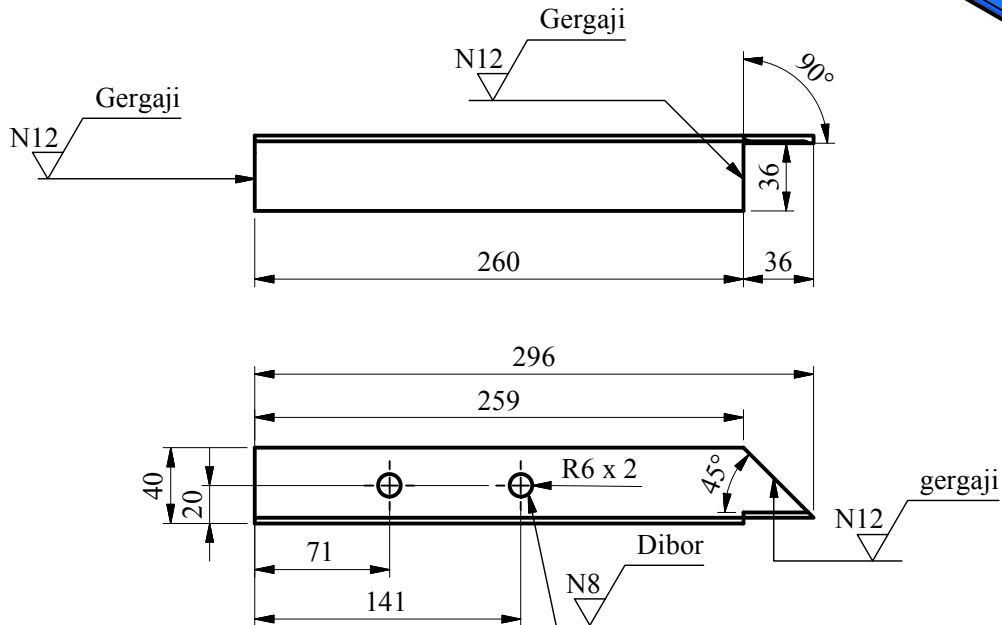
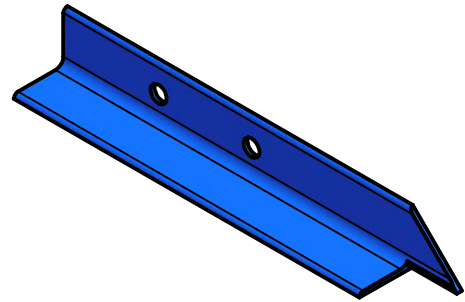
#### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

	1	Rangka Atas	1.r	ST 42	40 X 40 X 4 mm	
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		Perubahan		 Pengganti dari: Diganti dengan:		
		Rangka atas 1.r			Skala	Digambar
					1:4	Ahmad.M
						Dilihat
						Suyanto M.Pd.,M.T.
		UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK				Diperiksa
						Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui
						Suyanto M.Pd.,M.T.
					09508131005	
					A4	

Toleransi Kasar  $\nabla \text{N12}$

1.s Rangka Atas 1.s

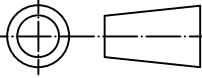


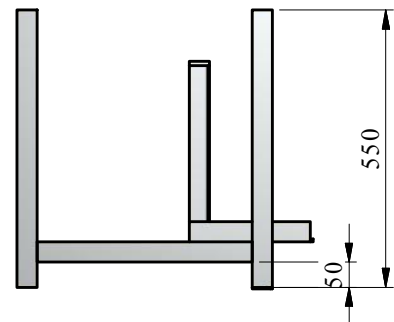
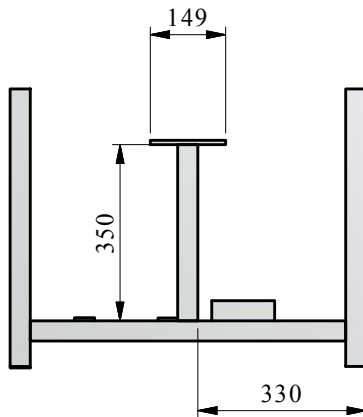
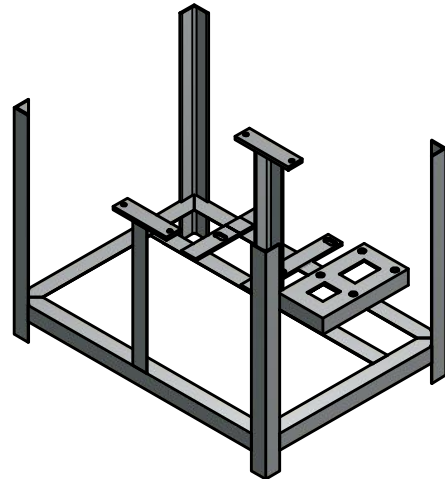
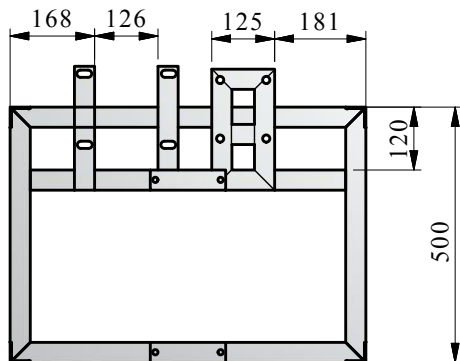
TOLERANSI UKURAN SUDUT

Panjang dari sisi yang pendek	s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan				
Dalam derajat dan menit	$\pm 1^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 10^\circ$
Dalam mm tiap 100 mm	$\pm 1,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$

TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

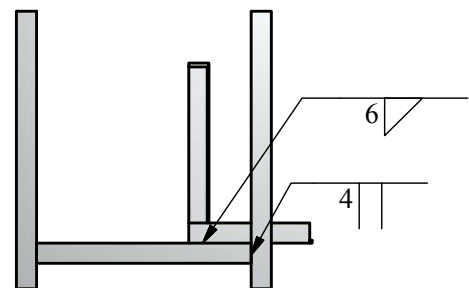
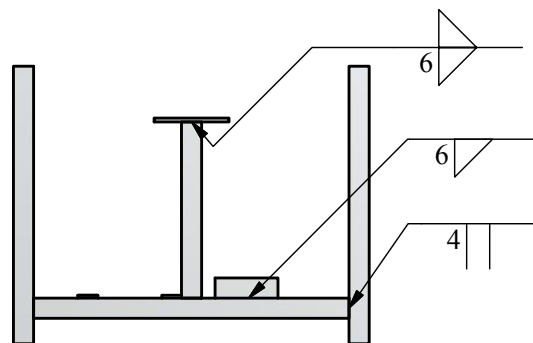
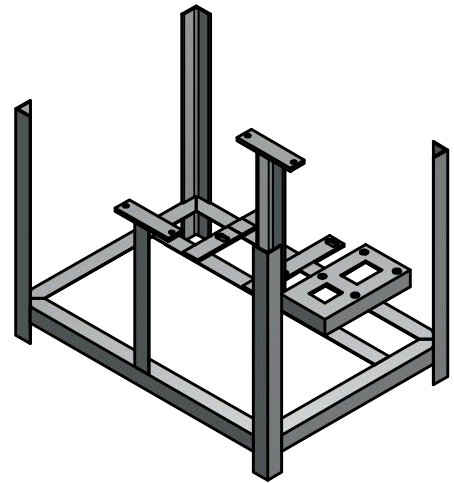
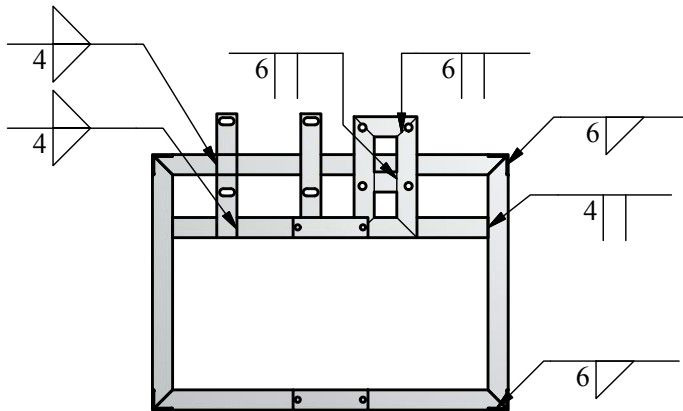
	1	Rangka Atas	1.s	ST 42	40 X 40 X 4 mm	
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:	
		Rangka Atas 1.s			Skala 1:4	Digambar Ahmad.M
						Dilihat Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui Suyanto M.Pd.,M.T.
		UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005	
					A4	



### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		1	Rangka Bawah	-	ST 42	40 X 40 X 4 mm
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN
			Perubahan		 Pengganti dari: Diganti dengan:	
			<h1>RANGKA BAWAH</h1>			Skala 1:15
						Digambar Dilihat Diperiksa Disetujui
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			Ahmad.M Suyanto M.Pd.,M.T. Suyanto M.Pd.,M.T. Suyanto M.Pd.,M.T.
						09508131005 A4



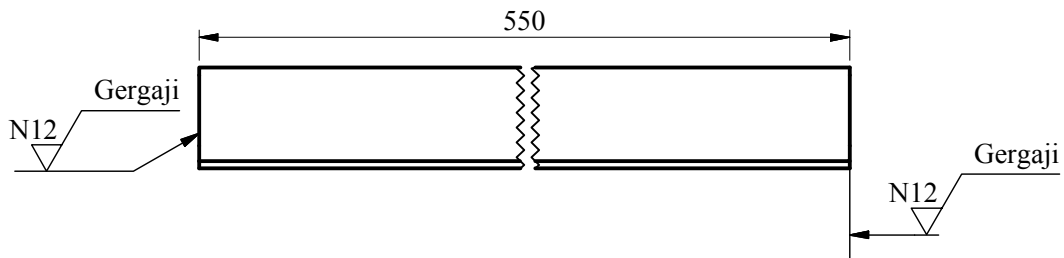
		1	Rangka Bawah	-	ST 42	40 X 40 X 4 mm		
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN		
			Perubahan					
RANGKA BAWAH					Skala 1:15	Digambar		Ahmad.M
						Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK					09508131005			A4



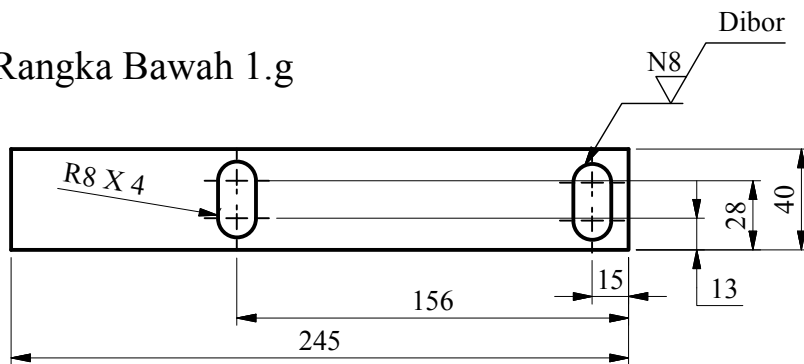


Toleransi Kasar 

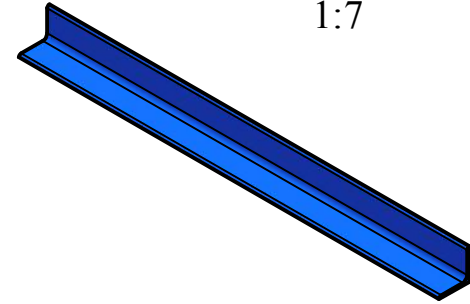
1.f) Rangka Bawah 1.f



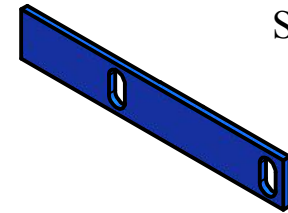
1.g) Rangka Bawah 1.g

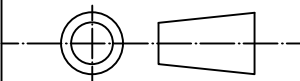


1.f

Skala  
1:7

1.g

Skala  
1:5

	4	Rangka Bawah	1.f	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
	2	Rangka Bawah	1.g	ST 42	6 X 40 mm			
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
		Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
		Rangka Bawah 1.f dan Rangka Bawah 1.g			Skala  1:3	Digambar		Ahmad.M
						Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
		UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005		A4	

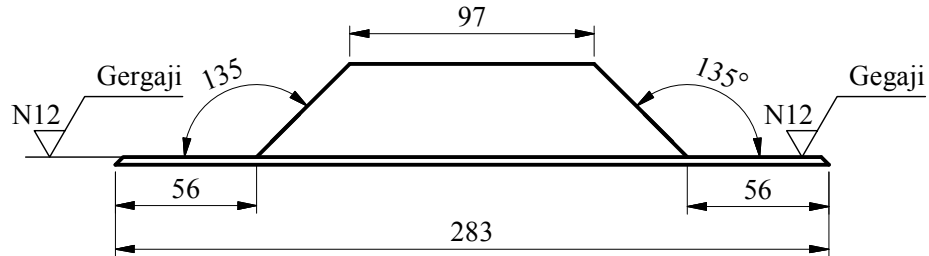
## TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
Menengah	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8
Halus	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3

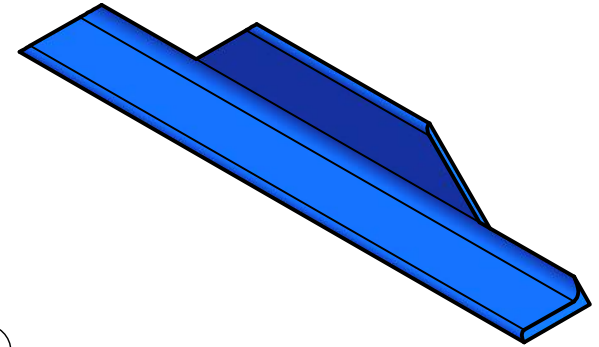
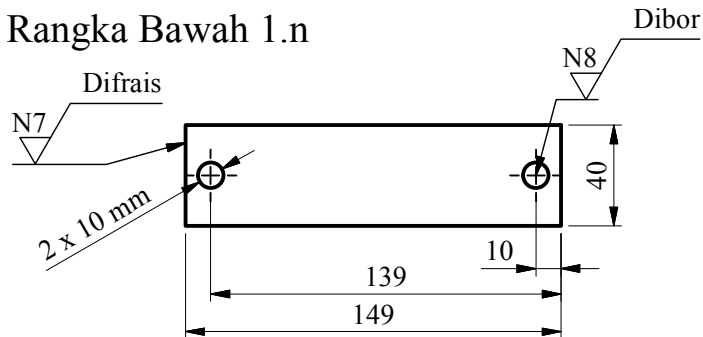


Toleransi Kasar  $\nabla_{N12}, \nabla_{N7} ( \nabla_{N8} )$

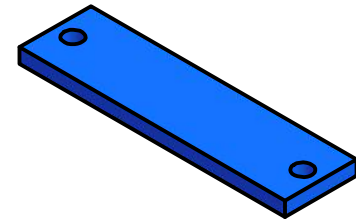
(1.m) Rangka Bawah 1.m



1.n Rangka Bawah 1.n



1.n

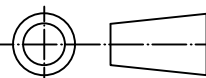


## TOLERANSI UKURAN SUDUT

Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan	Dalam derajat dan menit	$\pm 1^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 10^\circ$
	Dalam mm tiap 100 mm	$\pm 1,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$

## TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

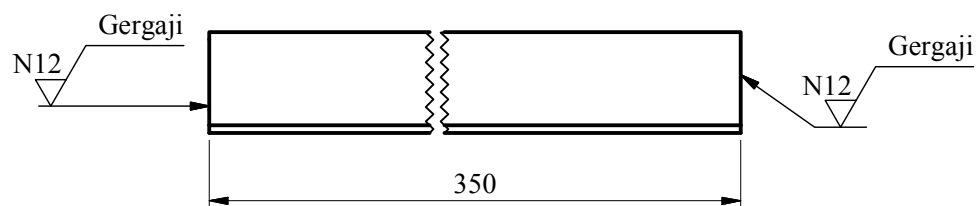
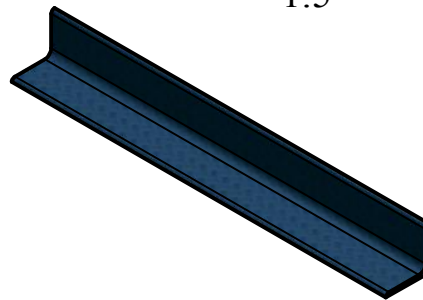
Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					315-1000
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	
Kasar	-	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
Menengah	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8
Halus	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3

	2	Rangka Bawah	1.m	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
	2	Rangka Bawah	1.n	ST 42	8 X 40 mm			
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
		Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
		Rangka Bawah 1.m dan Rangka Bawah 1.n			Skala 1:3	Digambar		Ahmad.M
						Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
		UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005		A4	

Toleransi Kasar  $\sqrt{N12}$

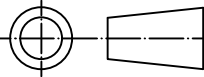
1.o Rangka Bawah 1.o

Skala  
1:5



#### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

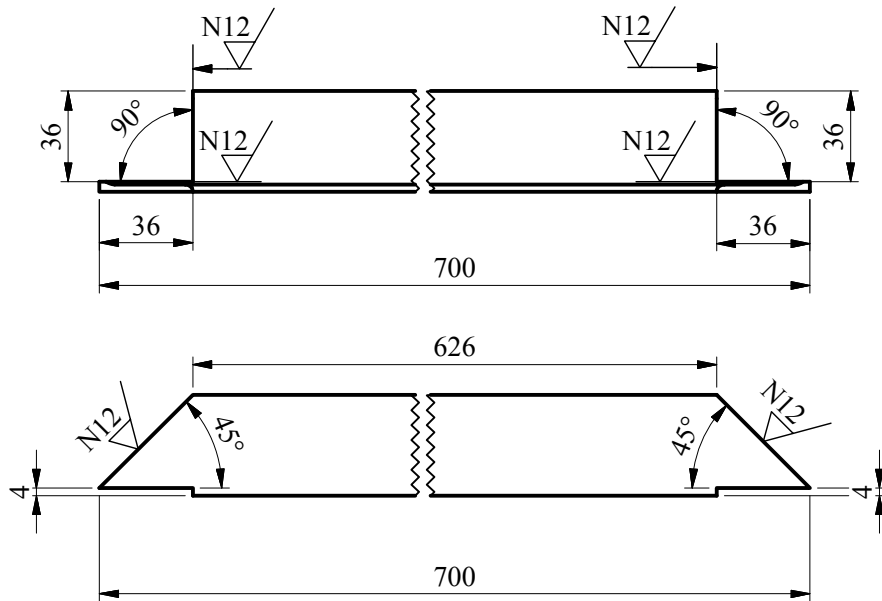
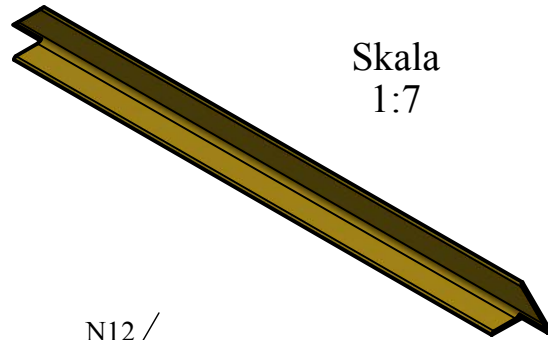
Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

	2	Rangka Bawah	1.o	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
		Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
		Rangka Bawah 1.o			Skala 1:3	Digambar		Ahmad.M
						Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
		UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005			A4

Toleransi Kasar  $\nabla$  N12  $\swarrow$  Digergaji

1.q Rangka Bawah 1.q

Skala  
1:7

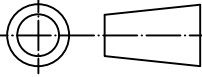


#### TOLERANSI UKURAN SUDUT

Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan	Dalam derajat dan menit	$\pm 1^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 10^\circ$
	Dalam mm tiap 100 mm	$\pm 1,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$

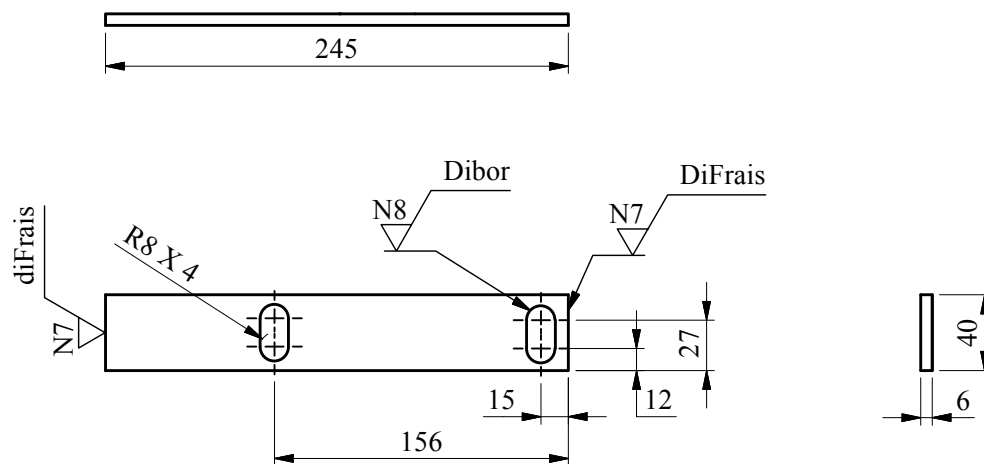
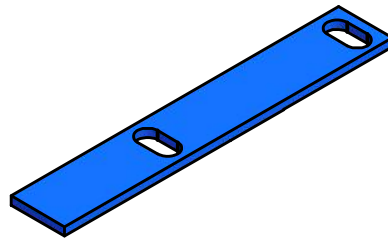
#### TOLERANSI UKURAN LINEAR

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

4	Rangka Bawah	1.q	ST 42	40 X 40 X 4 mm	
JMLH	NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
	Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:	
	Rangka Bawah 1.q			Skala	Digambar
				1:3	Dilihat
					Diperiksa
					Disetujui
	UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005	
				A4	

Ahmad.M  
Suyanto M.Pd.,M.T.  
Suyanto M.Pd.,M.T.  
Suyanto M.Pd.,M.T.

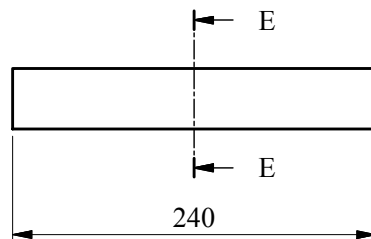
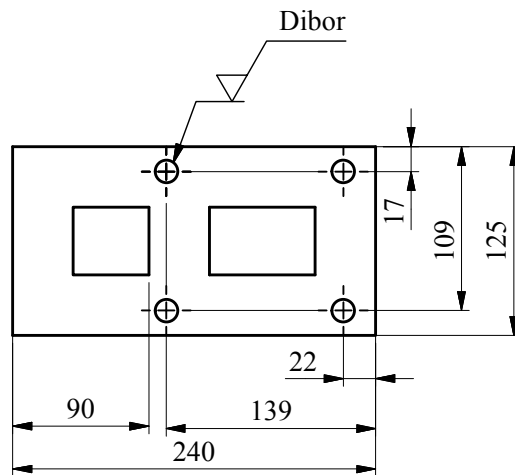
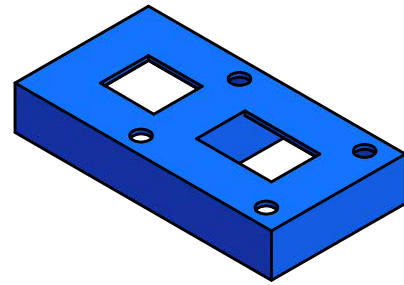
Toleransi Halus  $\nabla \text{N7/} (\nabla \text{N8/})$



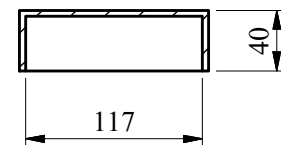
#### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		2	Dudukan Motor	2	ST 42	6 X 40 mm			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			DUDUKAN MOTOR			Skala 1:4	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005		A4	

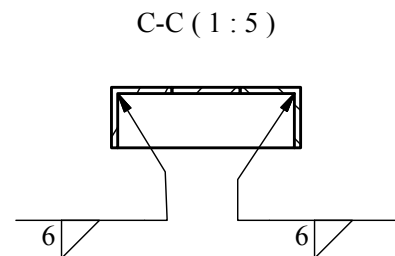
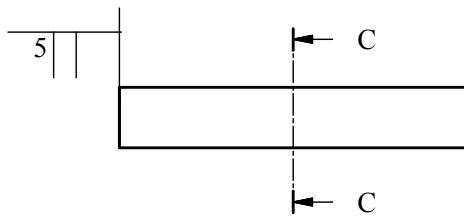
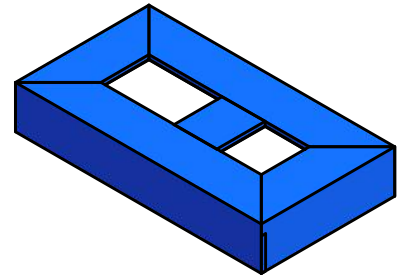
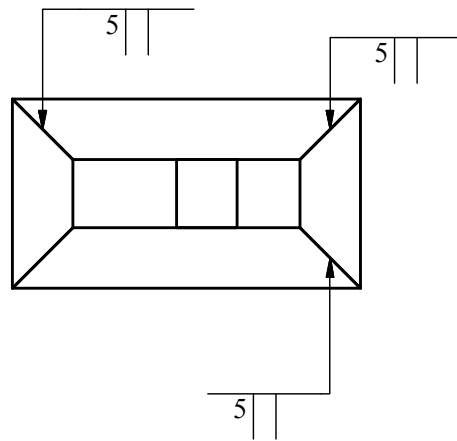


A-A ( 1:5 )

TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

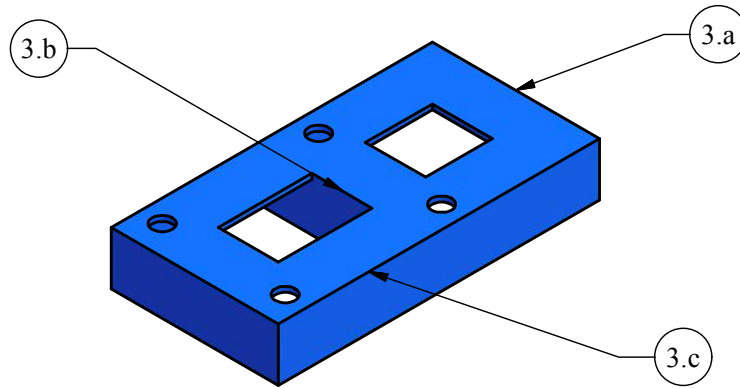
Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		1	Dudukan reduser	3	ST 42	40 x 40 x 4 mm	Dilas Busur		
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			DUDUKAN REDUSER			Skala 1:5	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005			A4



		1	Dudukan reduser	3	ST 42	40 x 40 x 4 mm	Dilas Busur		
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			DUDUKAN REDUSER			Skala 1:5	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005			A4



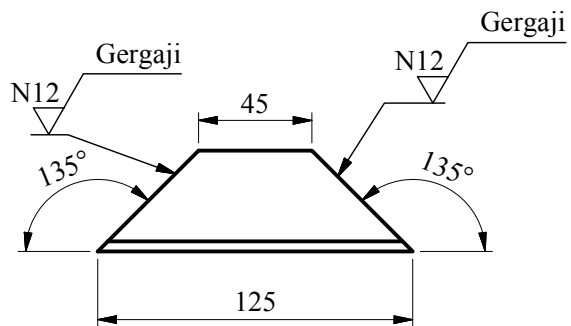


PARTS LIST			
NO	MATERIAL	NAME PART	QTY
3.a	Besi Siku	Dudukan Reduser 3.a	2
3.b	Besi Siku	Dudukan Reduser 3.b	1
3.c	Besi Siku	Dudukan Reduser 3.c	2

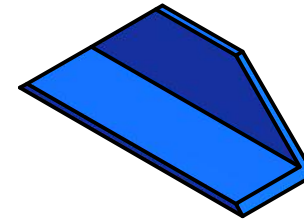
		1	Dudukan reduser <i>part list</i>	3	ST 42	40 x 40 x 4 mm	
JUMLAH		NAMA BAGIAN		NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:
DUDUKAN REDUSER <i>PART LIST</i>					Skala 1:5	Digambar	Ahmad.M
						Dilihat	Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa	Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui	Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK					09508131005		A4

Toleransi Kasar  $\nabla \text{N12}$

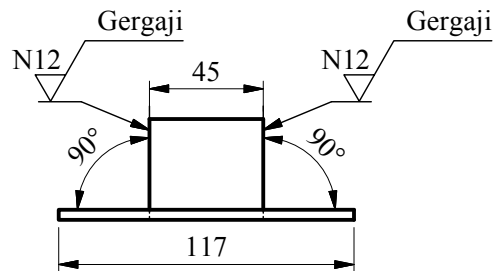
3.a Dudukan Reduser 3.a



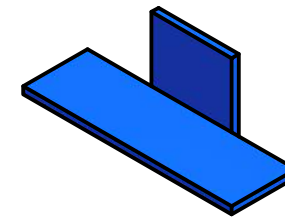
3.a



3.b Dudukan Reduser 3.b



3.b

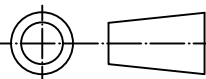


#### TOLERANSI UKURAN SUDUT

Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan	Dalam derajat dan menit	± 1°	± 30°	± 20°	± 10°
	Dalam mm tiap100 mm	± 1,8	± 0,9	± 0,6	± 0,3

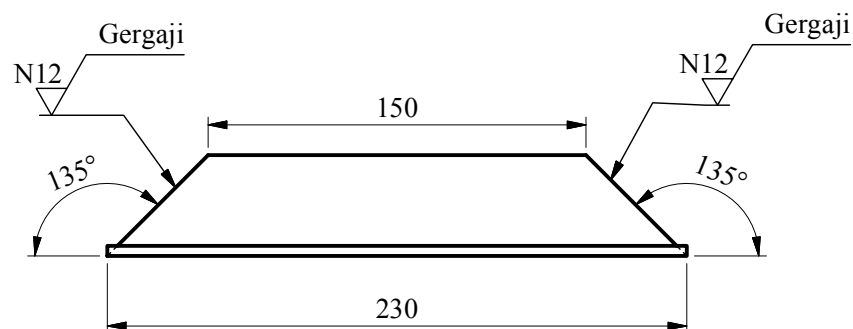
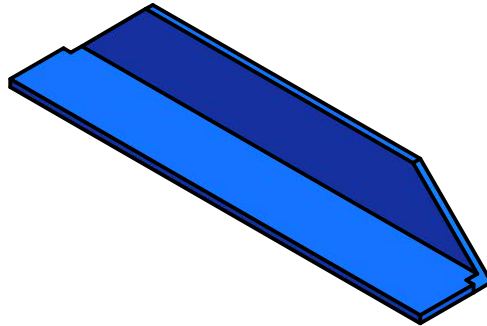
#### TOLERANSI UKURAN LINEAR

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

	2	Dudukan Reduser 3.a	3.a	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
	1	Dudukan Reduser 3.b	3.b	ST 42	40 X 40 X 4 mm			
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
		Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
		DUDUKAN REDUSER 3.a DAN DUDUKAN REDUSER 3.b			Skala 1:3	Digambar		Ahmad.M
						Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
		UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005			A4

Toleransi Kasar  $\nabla \text{N12}$

3.c Dudukan Reduser 3.c

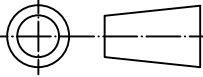


TOLERANSI UKURAN SUDUT

Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	10 - 50	50 - 120	120 - 400
Variasi yang diijinkan	Dalam derajat dan menit	± 1°	± 30°	± 20°	± 10°
	Dalam mm tiap100 mm	± 1,8	± 0,9	± 0,6	± 0,3

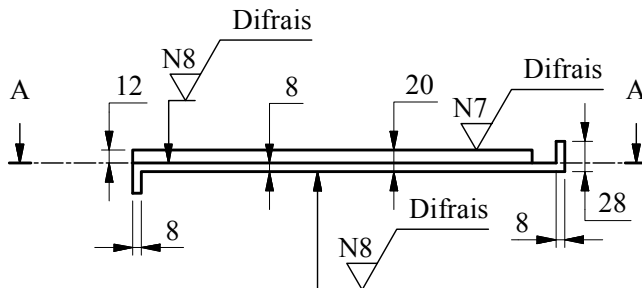
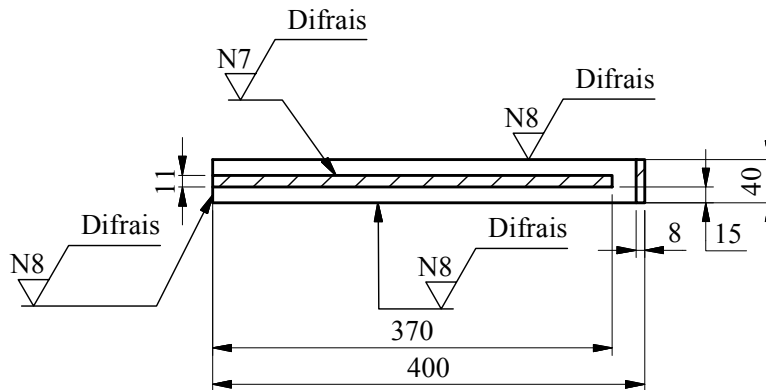
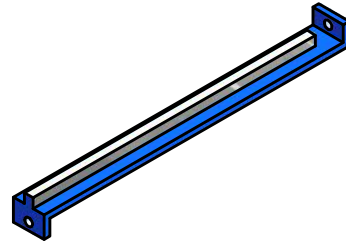
TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

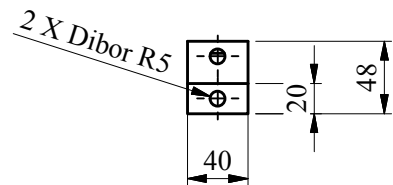
	2	Dudukan Reduser 3.c	3.c	ST 42	40 X 40 X 4 mm	
JMLH		NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:	
<b>DUDUKAN REDUSER 3.c</b>				Skala 1:3	Digambar	Ahmad.M
					Dilihat	Suyanto M.Pd.,M.T.
					Diperiksa	Suyanto M.Pd.,M.T.
					Disetujui	Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK				09508131005		A4

Toleransi Halus  $\nabla \text{N8/} (\nabla \text{N7/})$

A-A (1 : 7)



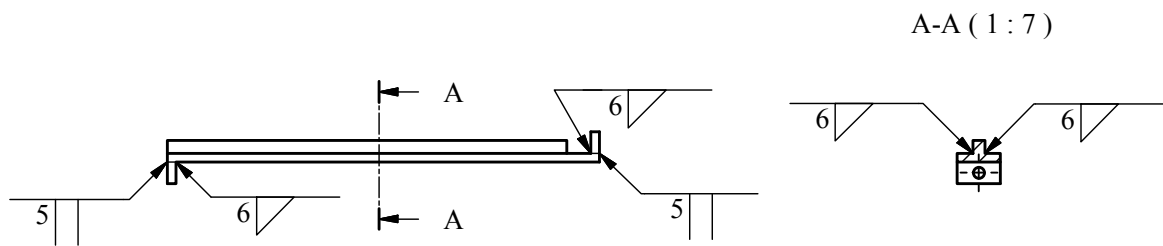
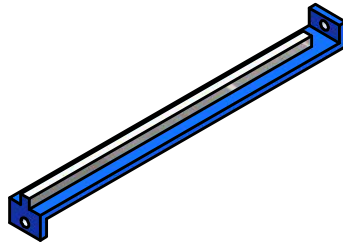
Skala 1:5



#### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		4	Slide	4	ST 42	8 x 40 mm	Dilas Busur dan Frais		
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			SLIDE			Skala 1:7	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005		A4	



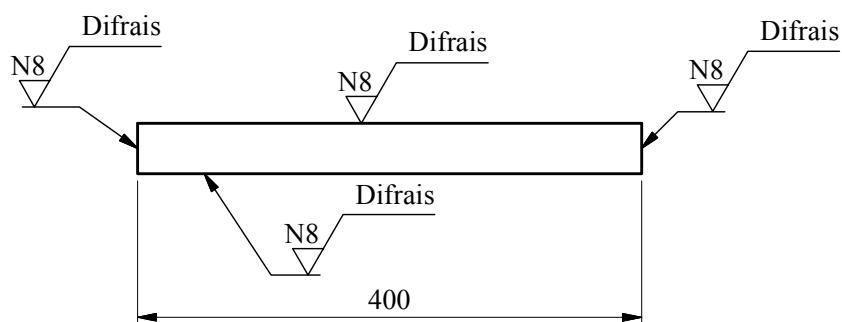
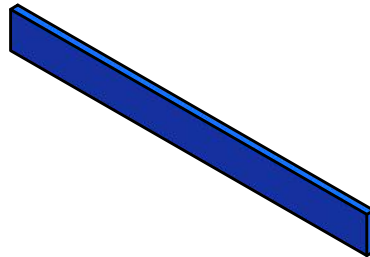
### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		4	Slide	4	ST 42	8 x 40 mm	Dilas Busur
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
			Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:	
			<i>SLIDE</i>			Skala 1:7	Digambar Ahmad.M
							Dilihat Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005	A4

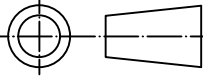


Toleransi Halus  $\nabla \text{N8}$

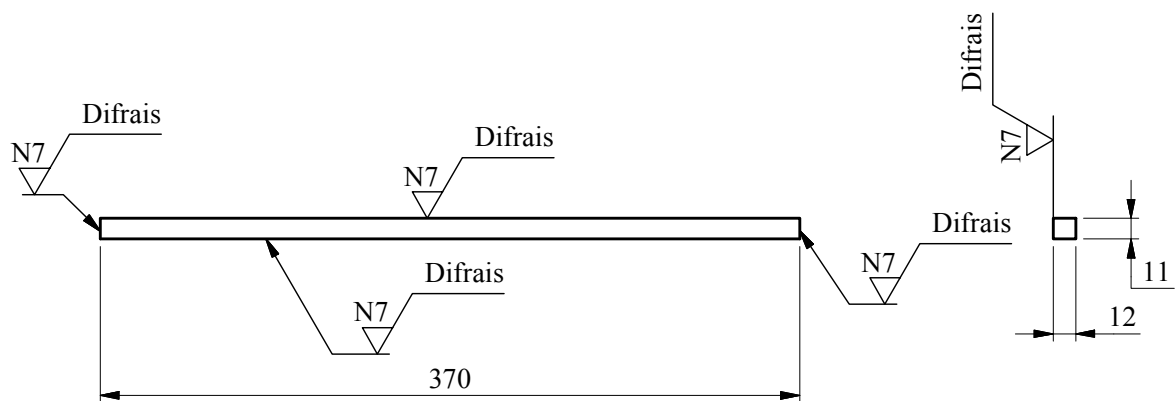
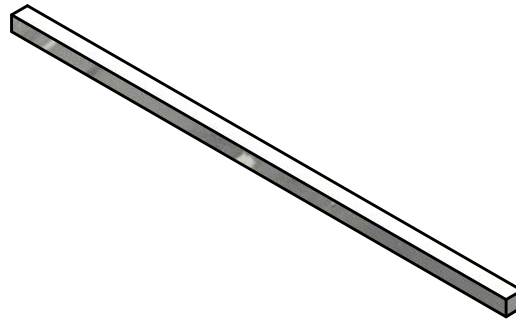


### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

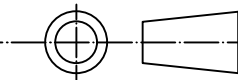
		4	Slide 1.a	1	ST 42	12 X 44 mm	
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
			Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:	
			<i>SLIDE 1.a</i>			Skala 1:6	Digambar Ahmad.M
							Dilihat Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005	A4

Toleransi Halus  $\nabla \text{N7}/$



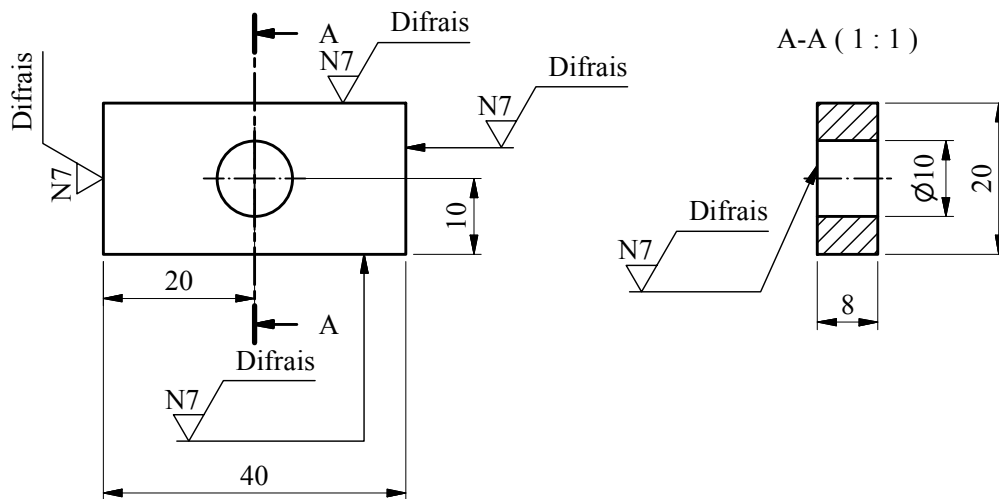
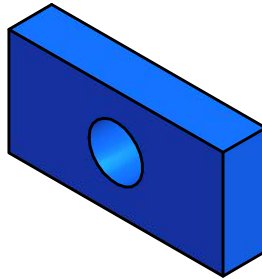
### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		4	Slide 1.b	2	ST 42	14 X 14 mm			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			<i>SLIDE 1.b</i>			Skala 1:4	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005		A4	

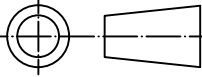


Toleransi Halus  $\frac{N7}{\nabla}$

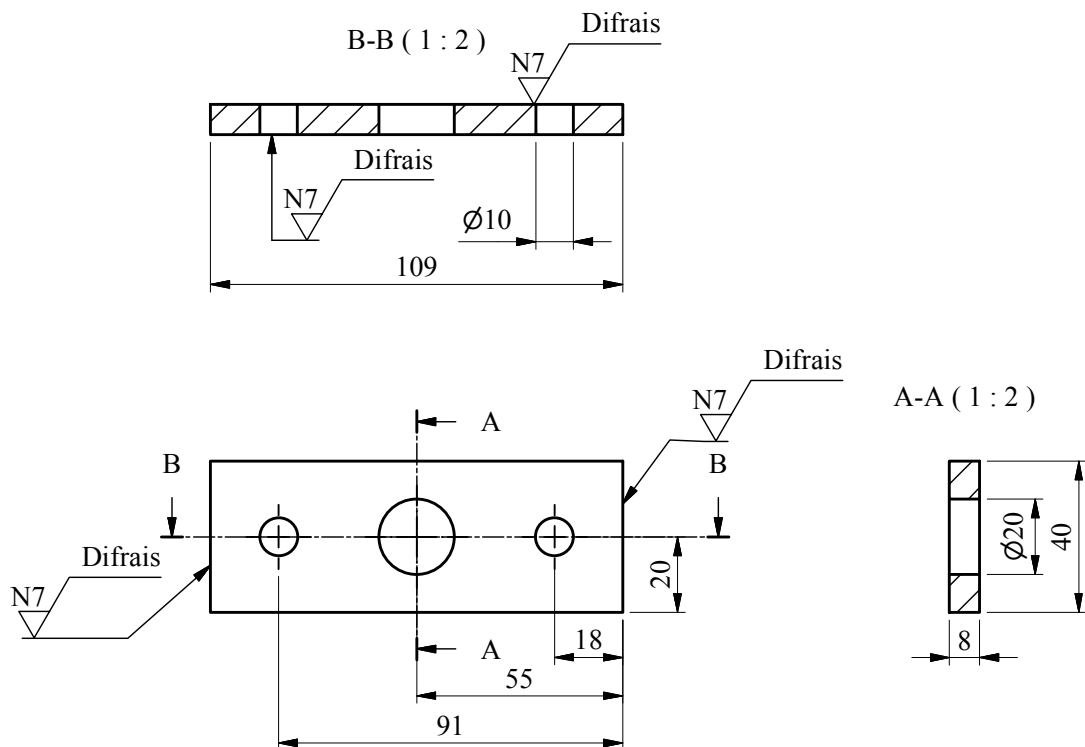
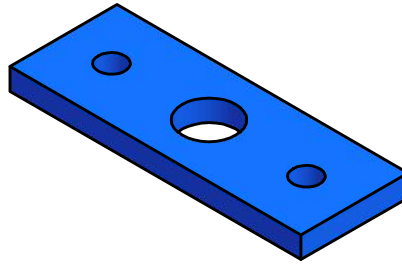


### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		8	Slide 1.c	3	ST 42	10 X 25 mm	
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
			Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:	
			<b>SLIDE 1.c</b>			Skala 1:1	Digambar Ahmad.M
							Dilihat Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005	
						A4	

Toleransi Halus  $\nabla \text{N7}$

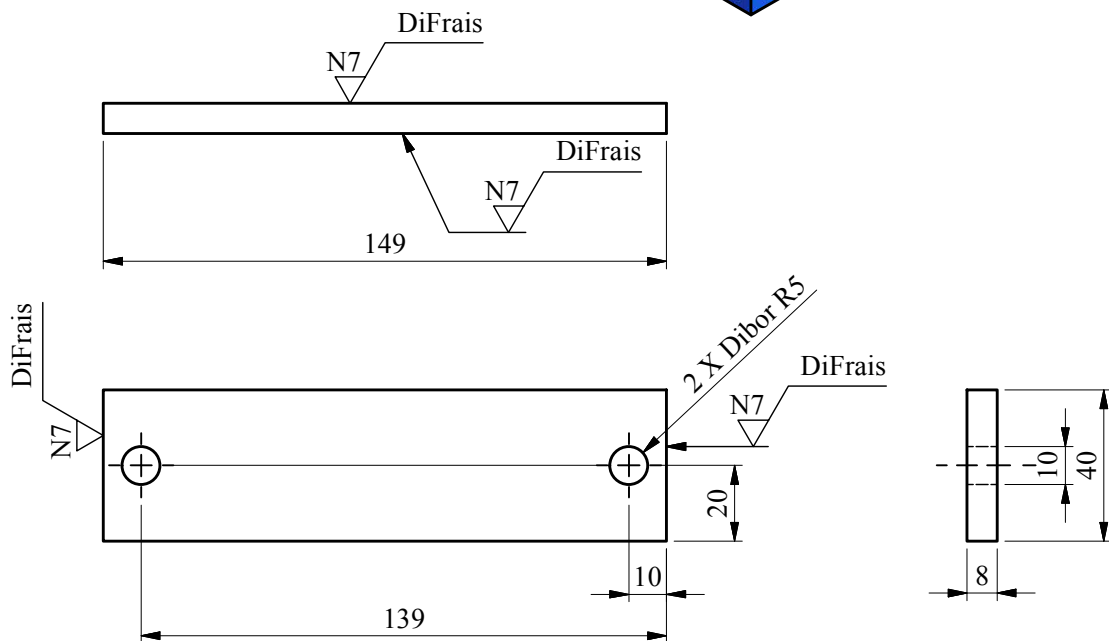
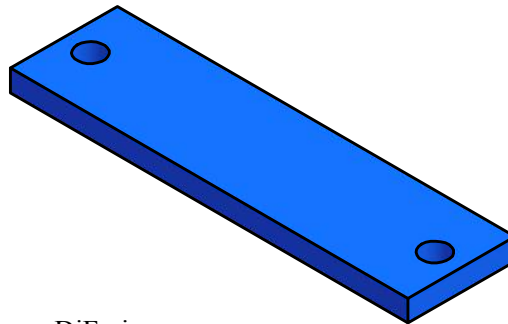


#### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

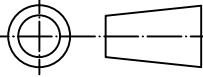
Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		2	Tutup <i>Slide</i>	5	ST 42	8 x 40 mm			
JUMLAH		NAMA BAGIAN		NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			TUTUP <i>SLIDE</i>			Skala 1:2	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK					09508131005			A4	

Toleransi Halus

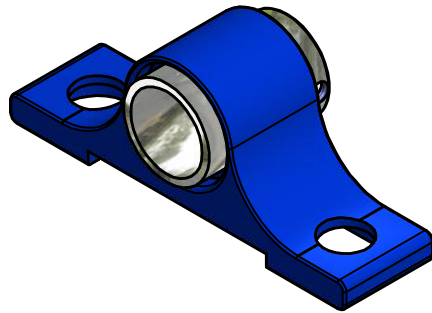
TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

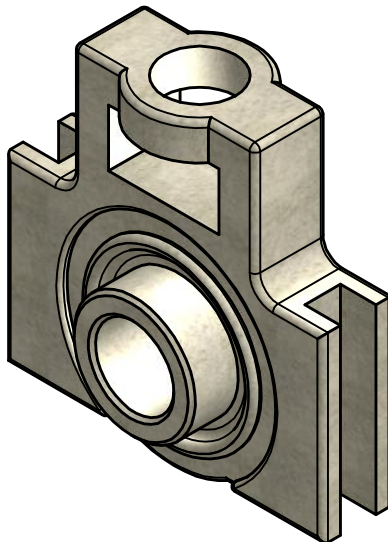
		2	Landasan <i>Slide</i>	6	ST 42	8 x 40 mm	
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
			Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:	
			LANDASAN <i>SLIDE</i>			Digambar	Ahmad.M
						Dilihat	Suyanto M.Pd.,M.T.
						Diperiksa	Suyanto M.Pd.,M.T.
						Disetujui	Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005	
						A4	



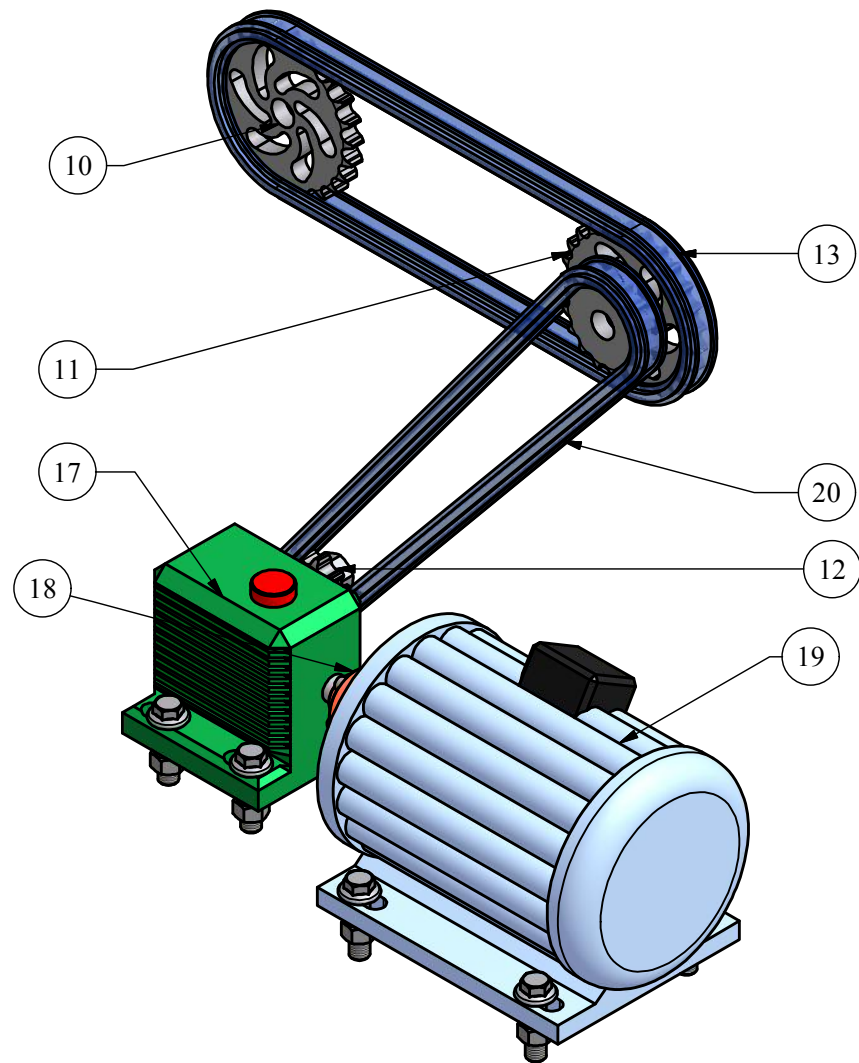
8

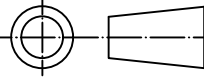


9

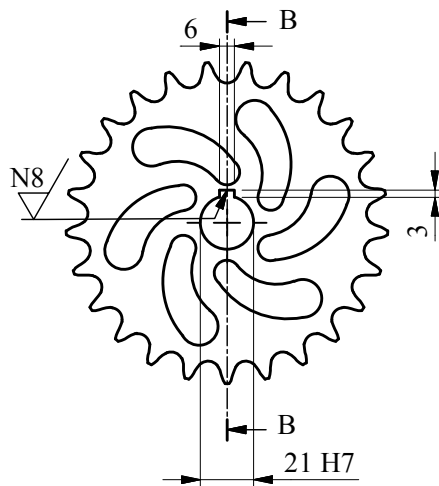


		4	UCP	8	Besi Cor		BELI		
		2	UCF	9	BESI Cor		BELI		
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			UCP DAN UCF			Skala 1:1.5	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005			A4

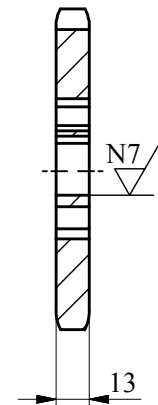


		1	<i>Gear Single</i> RS40	10	ST 42	-	BELI	
		1	<i>Gear Double</i> RS40 & RS50	11	ST 42	-	BELI	
		1	<i>Gear single</i> RS50	12	ST 42	-	BELI	
		1	Rantai RS40	13	ST 42	-	BELI	
		1	Reduser 1:60	17	BESI COR	1:60	BELI	
		1	Kopel	18	ST 37	-	BELI	
		1	Motor listrik	19	BESI COR	1 HP	BELI	
		1	Rantai RS50	20	ST 42	-	BELI	
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN	
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:	
			ALAT/MESIN Pengerol PIPA			Skala 1:5	Digambar	Ahmad.M
							Dilihat	Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa	Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui	Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005		A4

TOLERANSI HALUS  $\nabla$  (  $\nabla$  Dibubut  $\nabla$  Disloting )



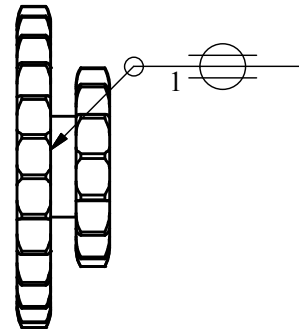
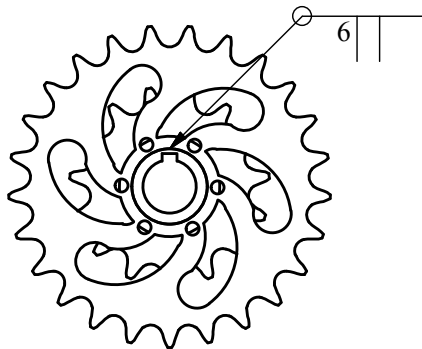
B-B ( 1 : 3 )

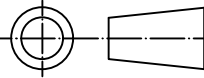


#### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

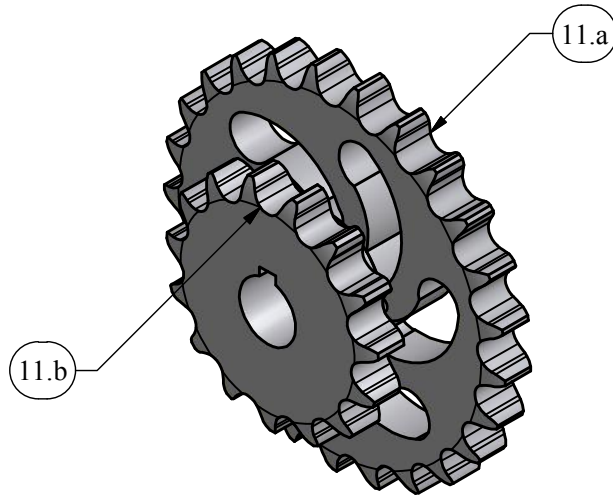
Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		1	GEAR RS40	10	ST 42	-			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari:		
							Diganti dengan:		
			GEAR			Skala 1:3	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005			A4



		1	GEAR DOUBLE	11	ST 42	-	Dilas Busur				
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN				
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:				
					GEAR DOUBLE			Skala 1:3	Digambar		Ahmad.M
									Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
									Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
			Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.						
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK					09508131005			A4			





PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
11.a	1	GEAR RS50	BELI
11.b	1	GEAR RS40	BELI

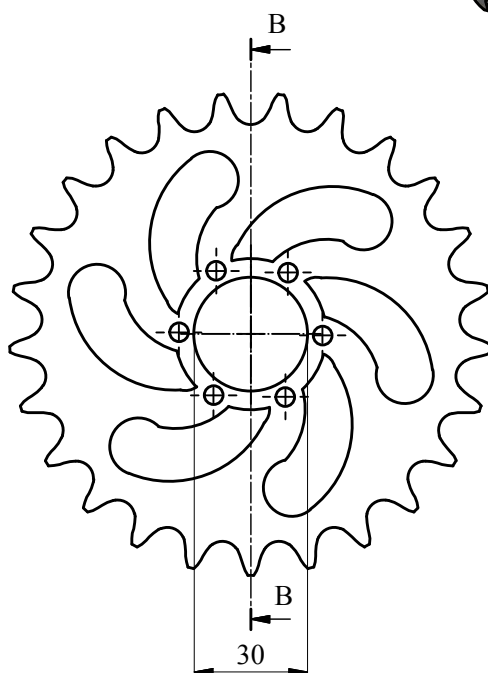
		1	GEAR DOUBLE	11	ST 42	-			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			GEAR DOUBLE			Skala 1:2	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005			A4

TOLERANSI HALUS

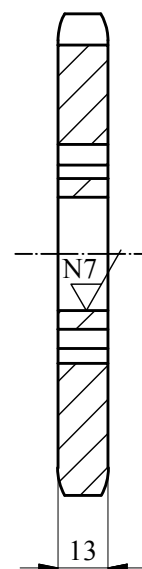
Dibubut

✓ ( N7 /  $\sqrt{\quad}$  )

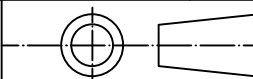
11.a



B-B ( 1:2 )

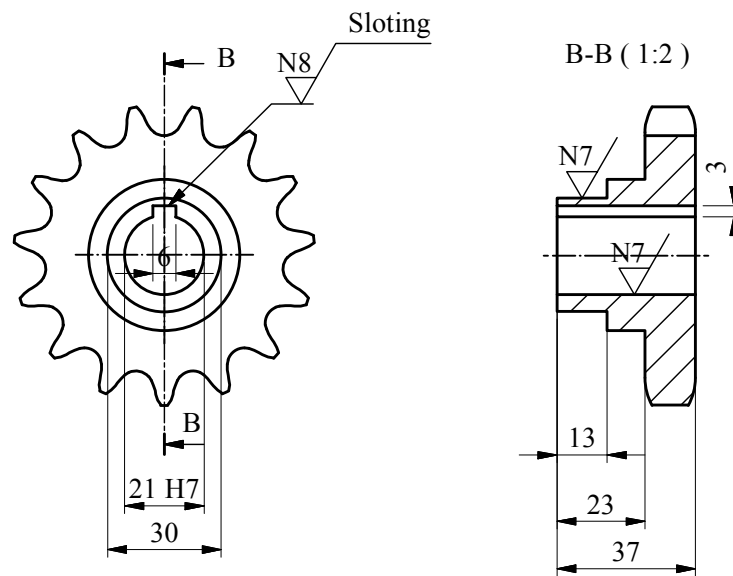
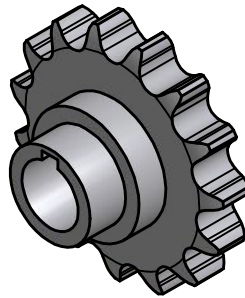
TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		1	GEAR RS40	11.a	ST 42	-			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			GEAR RS40 11.a			Skala 1:2	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005			A4

TOLERANSI HALUS  $\nabla$  (  $\nabla$   $\frac{N7}{\text{Dibubut}}$  ,  $\nabla$   $\frac{N8}{\text{Sloting}}$  )

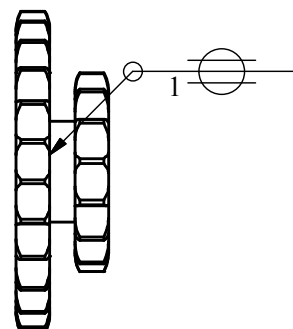
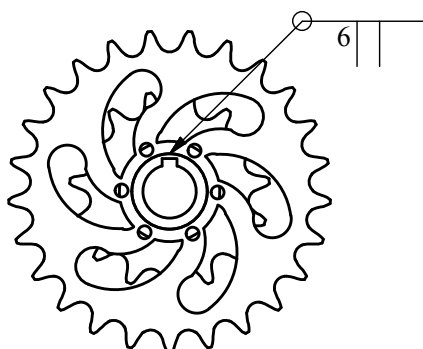
11.b



**TOLERANSI UKURAN *LINEAR***

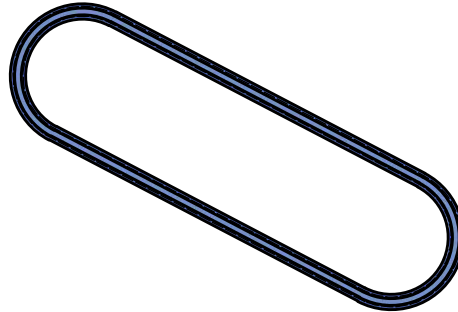
Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

		1	GEAR RS50	11.b	ST 42	-			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN		KETERANGAN	
			Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:			
			GEAR RS40 11.b			Skala 1:2	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
			UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK			09508131005			A4

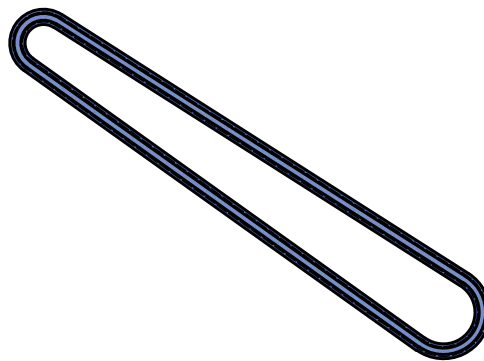


		1	GEAR DOUBLE	11	ST 42	-	Dilas Busur		
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari:		
							Diganti dengan:		
			GEAR DOUBLE			Skala 1:3	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005			A4

13



20

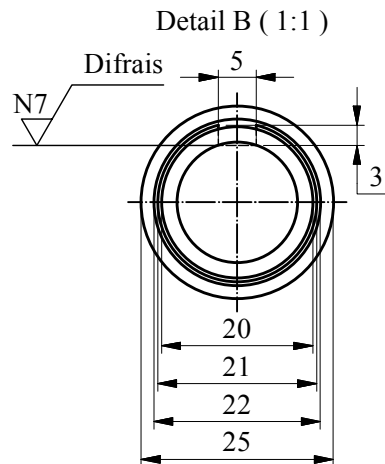


		1	Rantai RS40	13	ST 42	-			
		1	Rantai RS50	20	ST 42	-			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			RANTAI			Skala 1:7	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005			A4

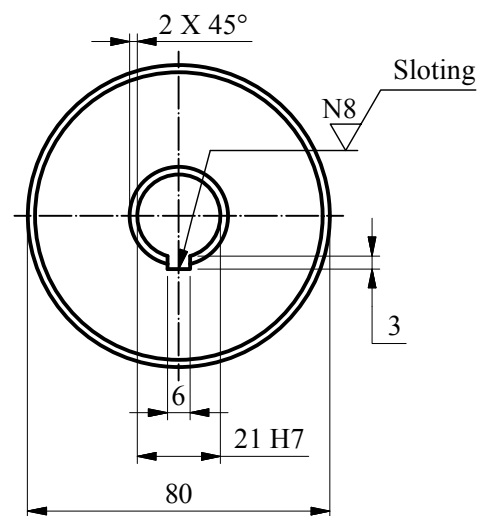
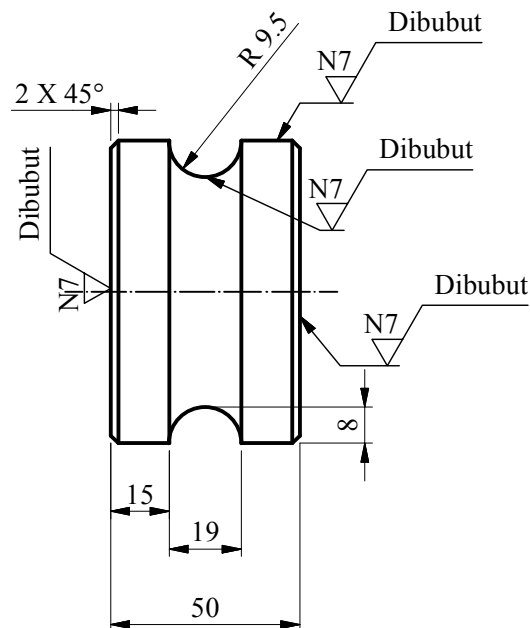
		1	Poros Geser	14	ST 37	1 in			
<b>JUMLAH</b>			<b>NAMA BAGIAN</b>	<b>NO.BAG</b>	<b>BAHAN</b>	<b>UKURAN</b>	<b>KETERANGAN</b>		
			Perubahan			Pengganti dari: Diganti dengan:			
<h1 style="text-align: center;">POROS GESER</h1>						Skala  1:5	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005			A4

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
Menengah	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8
Halus	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3

Toleransi Halus

134

Toleransi Halus  $\nabla \text{N7/} (\nabla \text{N8/})$



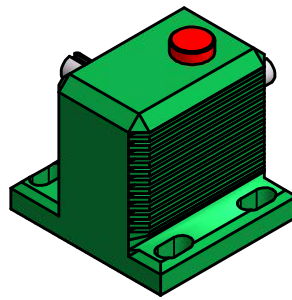
#### TOLERANSI UKURAN *LINEAR*

Tingkat ketelitian	Ukuran Nominal (mm)					
	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
Menengah	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$

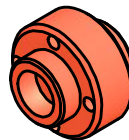
		3	<i>Roll</i>	16	ST 37	80 x 50 mm			
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			<i>ROLLER</i>			Skala 1:2	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005		A4	



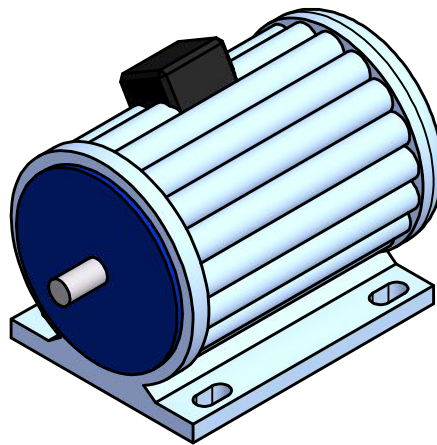
17



18

SKALA  
1:5

19



		1	REDUSER	17	BESI COR	1:60	BELI		
		1	KOPEL	18	ST 42	-	BELI		
		1	MOTOR LISTRIK	19	BESI COR	1 HP	BELI		
JUMLAH			NAMA BAGIAN	NO.BAG	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			Perubahan				Pengganti dari: Diganti dengan:		
			REDUSER, KOPEL DAN MOTOR LISTRIK			Skala 1:5	Digambar		Ahmad.M
							Dilihat		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Diperiksa		Suyanto M.Pd.,M.T.
							Disetujui		Suyanto M.Pd.,M.T.
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNIK						09508131005			A4

Simbol dengan grup kualitas	2 Tipe deoksidasi	No. bahan	Jenis baja menurut EURONORM 25	Kadar C (%)	Kekuatan		Penggunaan	
					$\sigma_B$ sampai 100 mm $\phi$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ min 5 min (N/mm <sup>2</sup> )	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	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	Baja tempa, biasa dipakai dikonstruksi mesin, untuk tangki dan ketel, mudah dilas.
St 37-2	R	1.0111						
	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	Komponen pres dan tempa, poros ban 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	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	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	Untuk komponen yang sangat keras, noken as, penggilang, cetakan, dapat dilakukan, temper dan bisa dikerjakan.

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> U : tidak stabil, R : stabil, RR : dituang dalam keadaan sangat stabil.




<sup>3</sup> Harga untuk tebal  $\leq$  16 mm, untuk 16... 40,  $\sigma_s$ ... 10 N/mm<sup>2</sup>, untuk 40... 100 mm,  $\sigma_s$ ... 20 N/mm<sup>2</sup> dipilih lebih rendah.

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

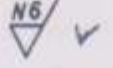


Q : Tepi yang tidak retak; Z : batang tarik; P : tempa; Ro : untuk pipa.

<sup>2</sup> U : tidak stabil, R : stabil, RR : dituang dalam keadaan sangat stabil.

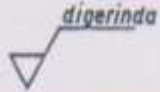


<sup>3</sup> Harga untuk tebal  $\leq 16$  mm, untuk 16... 40,  $\sigma_s$ ... 10 N/mm<sup>2</sup>, untuk 40... 100 mm,  $\sigma_s$ ... 20 N/mm<sup>2</sup> dipilih lebih rendah.

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.	

Simbol-simbol dengan harga kekasaran yang dikehendaki :

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.	

Simbol-simbol dengan tambahan perintah pengerjaan :

Perintah harus dikerjakan dengan mesin yang dikehendaki mesin gerinda.	
Harus diberi ukuran kelebihan, untuk pengerjaan berikutnya.	
Arah alur/serat permukaan, bekas pengerjaan dengan mesin : $\perp$ ; = ; X ; M ; C ; R	

(H. Sirod dan Pardjono, 1983:152)

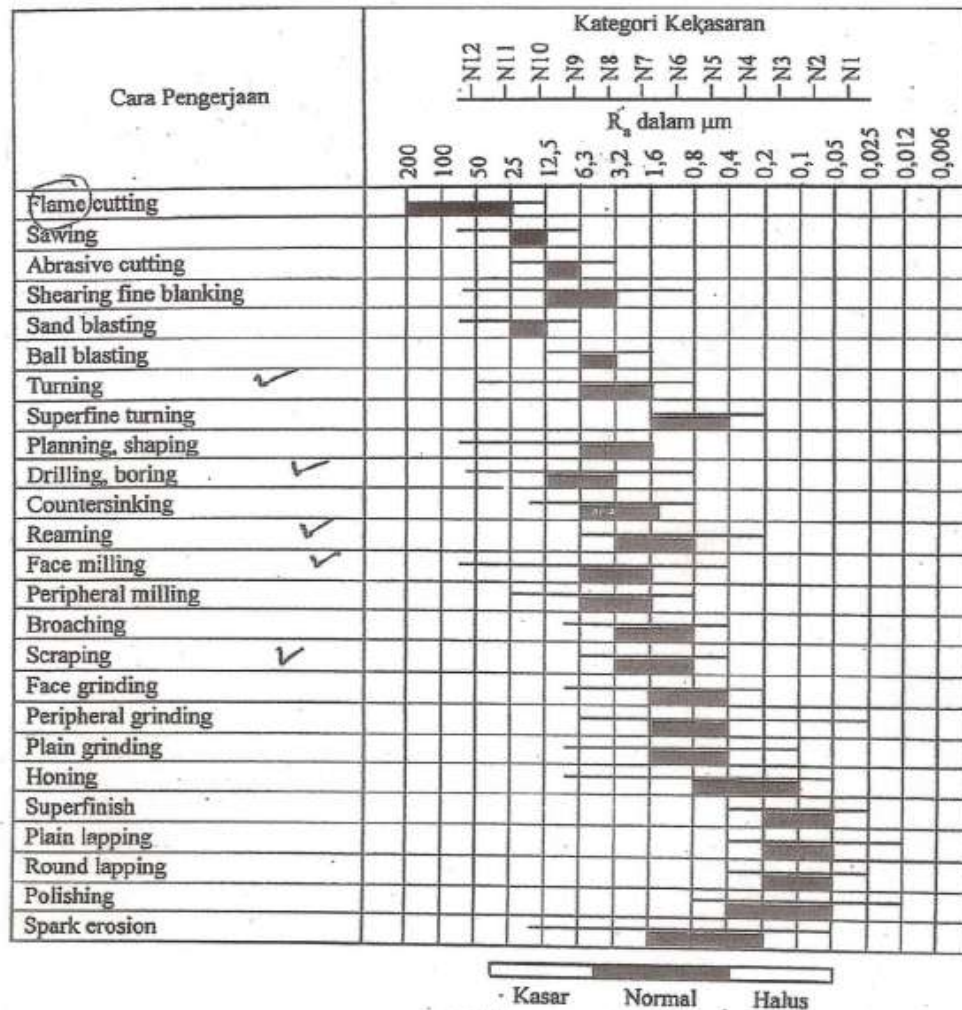
Penamaan	Standar ukuran penampang (mm)		Sebagai informasi											
	A x A	T	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	Luas penampang (cm)	Berat kg / m	Acuan terhadap besaran menurut sumbu lentur terhadap x – x dan y – y						Modulus penampang (cm <sup>3</sup> )	
							Posisi titik berat (cm)	Momen inersia (cm <sup>4</sup> )			Radius girasi (cm)			
								Cx = Cy	IX = Iy	Maks IU	Min IV	IX = IY		Max IU
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L25	25 x 25	3	4	2	1.427	1.12	0.719	0.797	1.26	0.332	0.747	0.940	0.483	0.448
L30	30 x 30	3	4	2	1.727	1.36	0.844	1.42	2.26	0.590	0.908	1.140	0.585	0.661
L40	40 x 40	3	4.5	2	2.336	1.82	1.090	3.53	5.60	1.460	1.230	1.550	0.790	1.210
L40	40 x 40	4	4.5	3	3.054	2.39	1.12	4.48	7.09	1.86	1.21	1.52	0.78	1.15
L40	40 x 40	5	4.5	3	3.755	2.95	1.17	5.42	8.59	2.250	1.200	1.510	0.774	1.910
L45	45 x 45	4	6.5	3	3.492	2.74	1.24	6.50	10.3	2.700	1.360	1.720	0.880	2.000
L45	45 x 45	5	6.5	3	4.302	3.38	1.28	7.91	12.5	3.290	1.360	1.720	0.874	2.460
L50	50 x 50	4	6.5	3	3.892	3.06	1.37	9.06	14.4	3.760	1.53	1.92	0.983	2.490
L50	50 x 50	5	6.5	3	4.802	3.77	1.41	11.1	17.5	4.580	1.52	1.91	0.976	3.080
L50	50 x 50	6	6.5	3	5.644	4.43	1.44	12.6	20.0	5.23	1.50	1.88	0.963	3.550
L60	60 x 60	5	6.5	3	5.802	4.55	1.66	19.6	31.2	8.09	1.84	2.32	1.180	4.520
L60	60 x 60	6	6.5	3	6.892	5.41	1.69	22.80	36.10	9.43	1.82	2.29	1.17	5.29
L65	65 x 65	6	8.5	4	7.527	5.91	1.81	29.4	48.6	12.2	1.98	2.49	1.270	6.26
L70	70 x 70	6	8.5	4	8.127	6.38	1.93	37.1	58.9	15.3	2.14	2.69	1.37	7.33
L70	70 x 70	7	8.5	4	9.397	7.38	1.97	42.40	67.10	17.60	2.12	2.67	1.87	8.43

([http://websisni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/detail\\_sni/7243](http://websisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/7243))

BAHAN	MODULUS ELASTISITAS ( <i>E</i> )		Modulus Elastisitas Geser ( <i>G</i> )		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
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)

Nilai kekasaran yang dicapai oleh beberapa cara pengerjaan



(Juhana, dan Suratman, 2000:243)




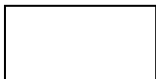
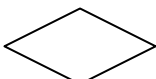


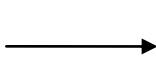


Ukuran Nominal (mm)	Jenis Pekerjaan		
	Teliti	Sedang	Kasar
0,5 sampai dengan 3	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	-
3,5 sampai dengan 6	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$
6 sampai dengan 30	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
30 sampai dengan 120	$\pm 0,15$	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$
120 sampai dengan 315	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$
315 sampai dengan 1000	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 2$
1000 sampai dengan 2000	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 3$

(Takeshi Sato dan N. Sugiarto Hartanto, 1996:139)

Panjang dari sisi yang pendek		s/d 10	di atas 10 s/d 50	di atas 50 s/d 120	di atas 120 s/d 400
Variasi yang diizinkan	dlm derajat dan menit	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	$\pm 10'$
	dlm. mm tiap 100 mm	$\pm 1,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$



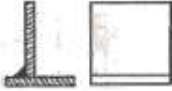


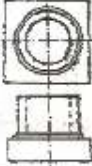
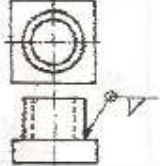


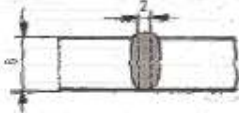
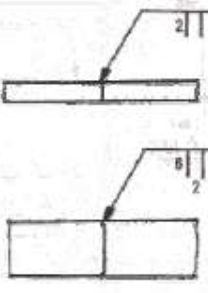
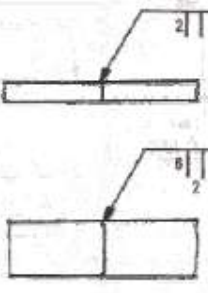
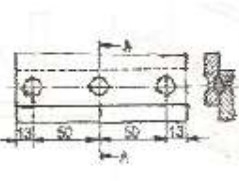
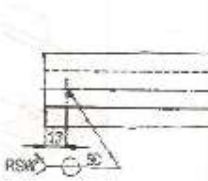
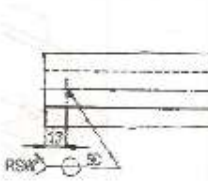
(Takeshi Sato dan N. Sugiarto Hartanto, 1996:140)

Lambang	Nama	Keterangan
	Terminal	Untuk menyatakan mulai (start), berakhir (end) atau berhenti (stop).
	Input	Data dan persyaratan yang diberikan disusun disini.
	Pekerjaan orang	Di sini diperlukan pertimbangan-pertimbangan 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.
	Penghubung	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.

Catatan: Y = ya; T = tidak

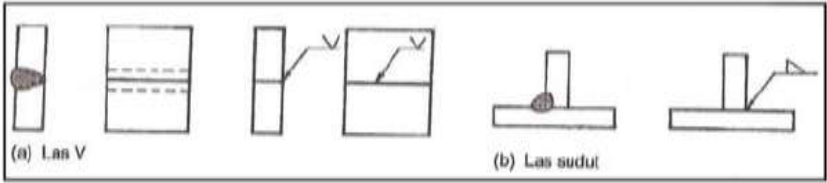


Contoh-contoh penggunaan simbol pengelasan

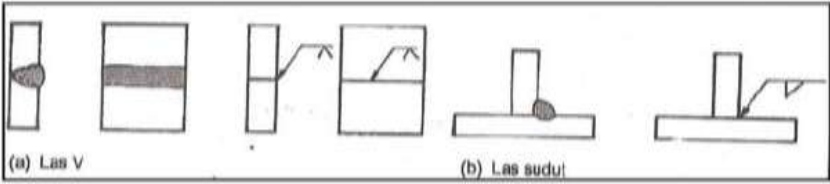
No.	Simbol / jenis pengelasan	Gambar sebenarnya	Gambar pandangan	Penunjukan simbol
1	 Las sudut			
				
2	 Las I	 		
3	Las titik dengan proses pengelasan Resistance Spot Weld (RSW)			

(Juhana, dan Suratman, 2000:289)

Penunjukan simbol dasar pengelasan sisi jauh (eropa)



Penunjukan simbol dasar pengelasan sisi dekat (amerika)



(Juhana, dan Suratman, 2000:286)

## Ukuran umum rantai rol

Table 4.1. Characteristics of roller chains according to IS: 2403 — 1991.

ISO Chain number	Pitch (p) mm	Roller diameter ( $d_r$ ) mm Maximum	Width between inner plates ( $b_1$ ) mm Maximum	Transverse pitch ( $p_1$ ) mm	Breaking load (kN) Minimum		
					Simple	Duplex	Triplex
05 B	8.00	5.00	3.00	5.64	4.4	7.8	11.1
06 B	9.525	6.35	5.72	10.24	8.9	16.9	24.9
08 B	12.70	8.51	7.75	13.92	17.8	31.1	44.5
10 B	15.875	10.16	9.65	16.59	22.2	44.5	66.7
12 B	19.05	12.07	11.68	19.46	28.9	57.8	86.7
16 B	25.4	15.88	17.02	31.88	42.3	84.5	126.8
20 B	31.75	19.05	19.56	36.45	64.5	129	193.5
24 B	38.10	25.40	25.40	48.36	97.9	195.7	293.6
28 B	44.45	27.94	30.99	59.56	129	258	387
32 B	50.80	29.21	30.99	68.55	169	338	507.10
40 B	63.50	39.37	38.10	72.29	262.4	524.9	787.3
48 B	76.20	48.26	45.72	91.21	400.3	800.7	1201

([http://websitesni.bsn.go.id/index.php?sni\\_main/sni/detail\\_sni/7243](http://websitesni.bsn.go.id/index.php?sni_main/sni/detail_sni/7243))