



**RANCANG BANGUN ALAT UJI TARIK DENGAN KAPASITAS  
MAKSIMAL 1 TON  
(Bagian Dinamis)**

**LAPORAN PROYEK AKHIR**

Oleh  
**Romi Riah Al Wafi**  
**NIM 151903101021**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**RANCANG BANGUN ALAT UJI TARIK DENGAN KAPASITAS  
MAKSIMAL 1 TON  
(Bagian Dinamis)**

**LAPORAN PROYEK AKHIR**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Progam Diploma III Teknik Mesin  
dan mencapai gelar Ahli Madya

Oleh  
**Romi Riah Al Wafi**  
**NIM 151903101021**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini adalah hasil kerja keras dengan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas segala rizki dan hidayahnya yang telah diberikan, serta kepada junjunganku Nabi Muhammad SAW;
2. Ayah Rolikin dan Ibu Umi Ihwati atas pengorbanan, kasih sayang, nasehat, dukungan, materi dan air mata yang menetes dalam setiap untaian doa yang senantiasa mengiri setiap langkah bagi perjuangan dan keberhasilan penulis.
3. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Muh. Nurkoyim K., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama, Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku dosen pembimbing pengganti, Bapak Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku dosen penguji I, Bapak Danang Yudistiro, S.T., M.T. selaku dosen pengganti penguji I saat seminar proposal, Bapak Mahros Darsin, S.T., M.Sc. selaku dosen pengganti penguji I saat ujian dan M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T. selaku dosen penguji II.
4. Semua guru dari Sekolah Dasar sampai Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan penuh rasa sabar.
5. Saudara seangkatan 2015 yang telah memberikan kontribusi, dukungan, ide yang inspiratif, dan kritikan.
6. Keluarga besar UKM Pecinta Alam MAHADIPA dan BEM Fakultas Teknik 2017 yang telah memberikan pengalaman dan cerita.
7. Almamater Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

**MOTO**

*“Ilmu menginginkan untuk diamankan. Apabila orang mengamalkannya, maka ilmu itu tetap ada. Namun sebaliknya, jika tidak diamankan, maka ilmu akan hilang dengan sendirinya”*

(Sufyan ats-Tsauri)

*“Tuntutlah ilmu, tetapi tidak melupakan ibadah, dan kerjakanlah ibadah, tetapi tidak melupakan ilmu”*

(Hasan al-Bashri)

*“ Tidak ada alasan untuk tak bersedekah kepada sesama. Karena sedekah tidak harus berupa harta. Bisa berupa ilmu, tenaga, bahkan senyum”*

(Gus Mus)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Romi Riah Al Wafi

NIM : 151903101021

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul “Rancang Bangun Alat Uji Tarik dengan Kapasitas Maksimal 1 Ton (Bagian Dinamis) ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 26 Juli 2018

Yang menyatakan,

Romi Riah Al Wafi

NIM 151903101021

**LAPORAN PROYEK AKHIR**

**RANCANG BANGUN ALAT UJI TARIK DENGAN KAPASITAS  
MAKSIMAL 1 TON  
(Bagian Dinamis)**

Oleh

**Romi Riah Al Wafi  
NIM 15193101021**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Muh. Nurkoyim K., S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Santoso Mulyadi.,S.T, M.T.

**PENGESAHAN**

Proyek Akhir berjudul “Rancang Bangun Alat Uji Tarik dengan Kapasitas Maksimal 1 Ton” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 26 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

**Tim Penguji**

**Pembimbing I,**

Muh. Nurkoyim K., S.T.,M.T.  
NIP 19691122 19702 1 001

**Penguji I,**

Dedi Dwilaksana, S.T., M.T,  
NIP 19691201 199602 1 001

**Pembimbing II,**

Santoso Mulyadi., S.T., M.T.  
NIP 19700228 199702 1 001

**Penguji II,**

M. Fahrur Rozy H., S.T.,M.T.  
NIP 19800307 201212 1 003

**Mengesahkan**

**Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember**

Dr.Ir Entin Hidayah, M.U.M  
NIP 19661251 1995 03 2 001

## RINGKASAN

**Rancang Bangun Alat Uji Tarik dengan Kapasitas Maksimal 1 Ton (Bagian Dinamis);** Romi Riah Al Wafi, 151903101021; 2018: 127 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari satu material. Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik adalah grafik tegangan regangan, parameter kekuatan dan keliatan material pengujian dalam persen perpanjangan, kontraksi atau reduksi penampang patah, dan bentuk permukaan patahannya.

Alat uji tarik dengan kapasitas maksimal 1 Ton ini menggunakan tipe ulir tunggal sebagai jalan alur penarikannya. Tipe tersebut sudah mulai digunakan di dunia karena lebih ringkas dan simpel. Alat ini lebih menggunakan prinsip mekanik daripada hidrolik dikarenakan sistem mekanik dapat menguji spesimen yang lebar sedangkan sistem hidrolik lebih efektif untuk spesimen yang menghasilkan gaya tarik besar.

Tahap dalam perancangan dan pembuatan alat uji tarik bagian dinamis ini diawali dengan studi literatur dan studi lapangan. Kemudian dari permasalahan yang ada di lapangan, dilakukan perancangan untuk menentukan desain mesin yang akan dibuat. Setelah itu dilanjutkan tahap pembuatan dan perakitan mesin untuk menguji kelayakan dan kinerja alat yang dilakukan proses pengujian.

Dari hasil perhitungan, diperoleh data-data spesifikasi alat uji tarik dengan kapasitas maksimal 1 Ton ini bagian dinamis, sebagai berikut:

1. Motor listrik dengan daya 1 HP, putaran motornya 2800 rpm.
2. Kapasitas yang dapat dihasilkan 97,1 Ton.
3. Kopling cakar dengan dimensi diameter dalamnya 23,8 mm dan diameter luarnya 48 mm. Jumlah cakar sebanyak 5 buah, dan tinggi cakarnya 13,75 mm.
4. Penggunaan *Gearbox* 1:50 dan *Gearbox* 1:10.

5. *Pulley* untuk transmisi pertama adalah berdiameter *pithnya* 59 mm dan 47 mm. *Pulley* untuk transmisi kedua adalah berdiameter *pithnya* 97 mm dan 76 mm.
6. *V-belt* untuk transmisi pertama menggunakan nomer M22. *V-belt* untuk transmisi kedua menggunakan nomer M44.

Dalam pengujian alat uji tarik dengan kapasitas maksimalnya 1 Ton terdapat dua tahap pengujian. Tahap pertama menentukan nilai kalibrasi dengan cara menguji timbangan berjumlah 4 dengan merk yang berbeda-beda, setiap timbangan dilakukan 4 kali pengujian kemudian saat *input* data 4 kali pembacaan, kemudian dilanjutkan olah data. Tahap pertama ini dapat dihasilkan nilai kalibrasinya  $y = 1,0049x + 0,4081$  dan *R square* dengan nilai +1. Tahap kedua menentukan nilai kepresisian dan keakurasian dengan cara menguji alat uji tarik ini dengan 10 kali pengujian dengan timbangan, kemudian dilanjutkan olah data. Tahap kedua ini dapat dihasilkan nilai kepresisian 0,251 % dan keakurasian 97,80 % serta kesalahan relatifnya 2,20 %.

## PRAKATA

Segala puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat-Nya sehingga Proyek Akhir ini dapat tersusun sesuai dengan yang diharapkan. Penulis menyusun Proyek Akhir ini guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Selain itu penulis berharap agar Proyek Akhir yang telah tersusun ini dapat bermanfaat baik bagi penulis pada khususnya maupun bagi masyarakat pada umumnya.

Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Proyek Akhir ini khususnya kepada:

1. Orang Tua penulis yang selalu memberikan dukungan baik dalam bentuk do'a, pikiran maupun materi.
2. Ibu Dr. Ir Entin Hidayah, M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember
3. Bapak Hari Arbiantara B., S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember
4. Bapak Santoso Mulyadi S.T.,M.T. selaku ketua Program Studi DIII Teknik Mesin Universitas Jember
5. Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T., selaku Komisi Bimbingan Program Studi DIII Teknik Mesin Universitas Jember.
6. Bapak Muh. Nurkoyim K., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama, Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku dosen pembimbing pengganti, Bapak Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku dosen penguji I, Bapak Danang Yudistiro, S.T., M.T. selaku dosen pengganti penguji I saat seminar proposal, Bapak Mahros Darsin, S.T., M.Sc. selaku dosen pengganti penguji I saat ujian, dan M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T. selaku dosen penguji II.
7. Bapak Imam Sholahuddin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing lapangan.

8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, kritis, dan saran.
9. Keluarga *Material Reseach Group* Universitas Jember yang telah menemani mengerjakan Proyek Akhir
10. Seluruh angkatan 2015 khususnya D3 Teknik Mesin Universitas Jember yang telah banyak membantu sejak awal perkuliahan sampai penulisan Proyek Akhir ini.
11. UKM Pecinta Alam MAHADIPA dan BEM Fakultas Teknik yang telah memberikan pengalaman berorganisasi selama kuliah.
12. Semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Dalam penyusunan Proyek Akhir ini, Penulis berusaha semaksimal mungkin agar Proyek Akhir yang disusun ini menjadi sempurna tanpa adanya satu kekurangan apapun juga. Namun tidak menutup kemungkinan bagi pembaca yang akan memberikan saran ataupun kritik tentu saja akan penulis pertimbangkan.

Jember, 26 Juli 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN RINGKASAN</b> .....	viii
<b>HALAMAN PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1. Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2. Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3. Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4. Tujuan</b> .....	3
<b>1.5. Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Uji Tarik</b> .....	5
2.1.1 Gambaran Umum .....	5
2.1.2 Perilaku Mekanik Material .....	7
2.1.3 Mode Perpatahan Material.....	13
<b>2.2 Perencanaan Elemen Mesin</b> .....	14
2.2.1 Perencanaan Motor Listrik .....	14
2.2.2 Perencanaan Poros.....	17
2.2.3 Perencanaan Pulley.....	18
2.2.4 Perencanaan Sabuk V .....	19
2.2.5 Perencanaan Ulir .....	21
2.2.6 Perencanaan Kopling Cakar.....	28

<b>BAB 3. METODOLOGI KEGIATAN</b> .....	31
<b>3.1 Alat dan Bahan</b> .....	31
3.1.1 Alat.....	31
3.1.2 Bahan.....	31
<b>3.2 Waktu dan Tempat</b> .....	32
3.2.1 Waktu.....	32
3.2.2 Tempat.....	32
<b>3.3 Metode Pelaksanaan</b> .....	32
3.3.1 Pencarian Data.....	32
3.3.2 Studi Pustaka.....	32
3.3.3 Perancangan dan Perencanaan.....	33
3.3.4 Proses Pembuatan.....	33
3.3.5 Proses Perakitan.....	33
3.3.6 Pengujian Alat.....	34
3.3.7 Penyempurnaan Alat.....	35
3.3.8 Pembuatan Laporan.....	35
<b>3.4 Flowchart Perancangan</b> .....	36
<b>3.5 Skema Perancangan Dinamis ( Elemen Mesin )</b> .....	37
<b>BAB 4. PEMBAHASAN</b> .....	38
<b>4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan</b> .....	38
<b>4.2 Bill of Material</b> .....	39
<b>4.3 Cara Kerja Alat</b> .....	39
<b>4.4 Perolehan Data</b> .....	42
<b>4.5 Analisa Hasil Perancangan dan Perhitungan</b> .....	43
4.1.1 Perencanaan Daya Penarikan.....	43
4.1.2 Perencanaan Kapasitas.....	43
4.1.3 Perencanaan Kopling Cakar.....	43
4.1.4 Perencanaan <i>Pulley</i> .....	44
4.1.5 Perencanaan <i>V-Belt</i> .....	44
<b>4.6 Proses Pembuatan</b> .....	44
<b>4.7 Pengujian Alat</b> .....	45
<b>4.8 Hasil Pengujian Bagian 1</b> .....	47

<b>4.9 Analisis Hasil Pengujian Bagian 1</b> .....	51
<b>4.10 Hasil Pengujian Bagian 2</b> .....	63
<b>4.11 Analisis Hasil Pengujian Bagian 2</b> .....	66
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	73
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	73
<b>5.2 Saran</b> .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	75
<b>LAMPIRAN A. PERHITUNGAN</b> .....	77
A.1 Daya Penarikan .....	77
A.2 Kapasitas Alat .....	80
A.3 Perencanaan Kopling Cakar .....	82
A.4 Pulley (Transimisi Pulley V-belt Pertama) .....	83
A.5 V-belt (Transimisi Pulley V-belt Pertama) .....	86
A.6 Pulley (Transimisi Pulley V-belt Kedua) .....	90
A.6 V-belt (Transimisi Pulley V-belt Kedua) .....	91
<b>LAMPIRAN B. TABEL</b> .....	94
B.1 Kode <i>V-Belt</i> Jenis M Standar JIS K 6323 .....	94
B.2 Ukuran pulley V-Belt Klasik Standar JIS B 1854 .....	95
B.3 Tabel nilai daya yang ditransmisikan pulley V-Belt Klasik Jenis M .....	96
B.4 Faktor Koreksi $K_{\theta}$ pada <i>Pulley</i> .....	90
B.5 Faktor Koreksi pada <i>Belt</i> .....	91
B.6 Diameter Dasar Ulir Persegi Satuan mm (Seri Halus) Sesuai IS: 4694 - 1968 .....	92
B.7 Koefisien Gesek pada Setiap Kondisi di <i>Power Screw</i> .....	94
Koefisien Gesek pada <i>Thrust Collar</i> di <i>Power Screw</i> .....	94
<b>LAMPIRAN C. GAMBAR</b> .....	95
C.1 Penggerindraan .....	95
C.2 Pengelasan .....	96
C.3 Penginstrumentasian .....	99
C.4 Pengujian .....	100
<b>LAMPIRAN D. SOP (STANDAR OPERATING PROCEDURES)</b> .....	104

**DAFTAR TABEL**

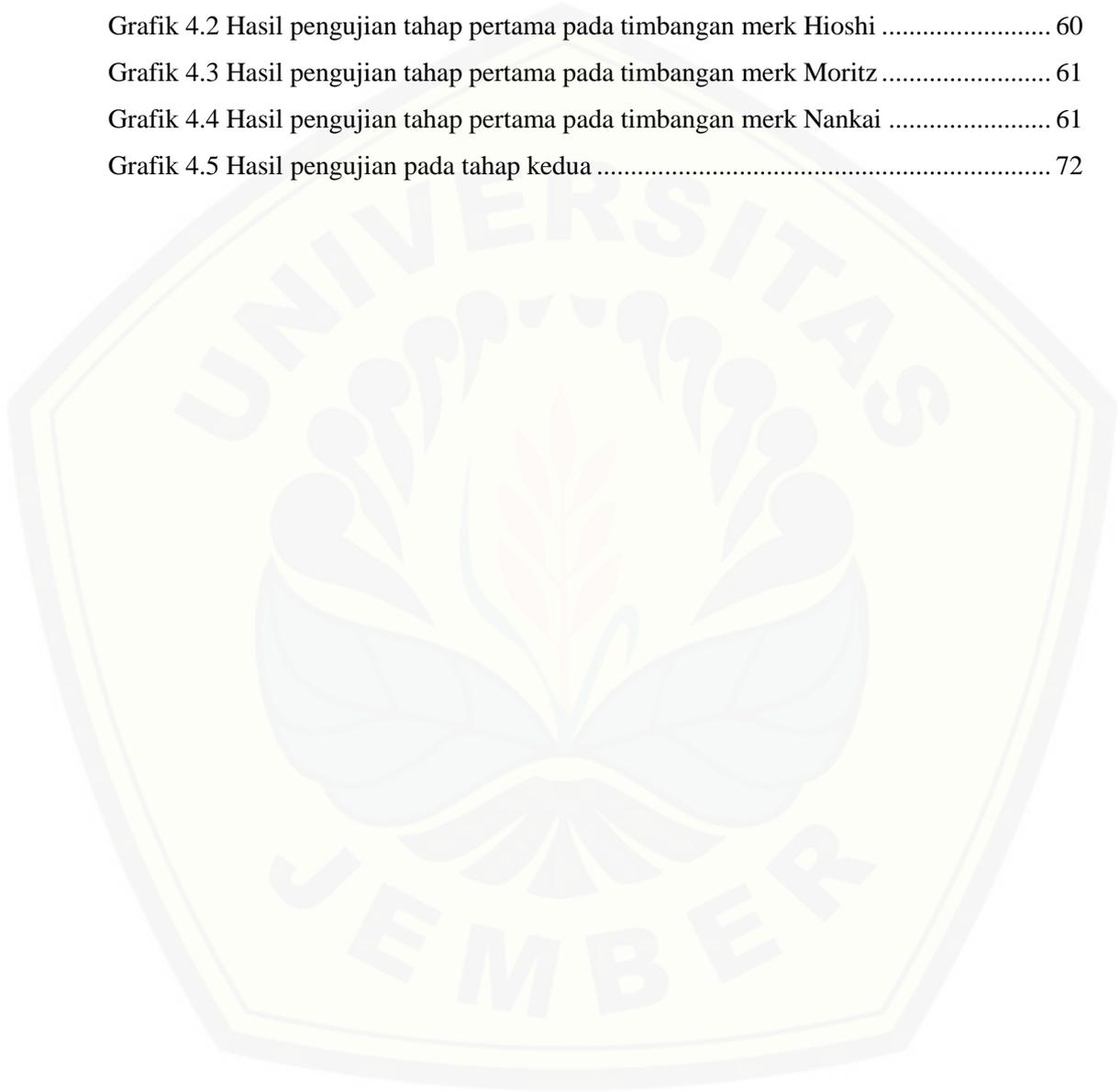
	Halaman
Tabel 2.1 Faktor– faktor koreksi daya yang akan di transmisikan (fc).....	17
Tabel 2.2 Diameter Pulley yang dianjurkan (mm).....	19
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan .....	32
Tabel 4.1 Hasil percobaan tahap pertama menggunakan timbangan analog merk Sellery	47
Tabel 4.2 Hasil percobaan tahap pertama menggunakan timbangan analog merk Hioshi	48
Tabel 4.3 Hasil percobaan tahap pertama menggunakan timbangan analog merk Moritz	49
Tabel 4.4 Hasil percobaan tahap pertama menggunakan timbangan analog merk Nankai	50
Tabel 4.5 Hasil olah data pengukuran berat pada timbangan merk Sellery .....	52
Tabel 4.6 Hasil olah data pengukuran berat pada timbangan merk Hioshi.....	53
Tabel 4.7 Hasil olah data pengukuran berat pada timbangan merk Moritz .....	54
Tabel 4.8 Hasil olah data pengukuran berat pada timbangan merk Nankai.....	55
Tabel 4.9 Hasil pemusatan olah data pengukuran berat pada timbangan merk Sellery ....	56
Tabel 4.10 Hasil pemusatan olah data pengukuran berat pada timbangan merk Hioshi...	57
Tabel 4.11 Hasil pemusatan olah data pengukuran berat pada timbangan merk Moritz ..	58
Tabel 4.12 Hasil pemusatan olah data pengukuran berat pada timbangan merk Nankai..	59
Tabel 4.13 Hasil pengujian tahap kedua .....	63
Tabel 4.14 Pengumpulan nilai rata-rata hasil olah data pengujian tahap kedua .....	66
Tabel 4.15 Pemerataan hasil nilai rata-rata hasil olah data pengujian tahap kedua .....	67
Tabel 4.16 Pengurangan selisih rata-rata dengan acuan pada hasil olah data pengujian tahap kedua .....	67
Tabel 4.17 Pengkuadratan hasil pengurangan pada hasil olah data pengujian tahap kedua .....	68
Tabel 4.18 Penjumlahan hasil kuadrat pada hasil olah data pengujian tahap kedua.....	68
Tabel 4.19 Perhitungan nilai varian .....	69
Tabel 4.20 Perhitungan nilai standar deviasi .....	69
Tabel 4.21 Perhitungan standar eror .....	70
Tabel 4.22 Perhitungan koefisien variasi .....	70
Tabel 4.23 Perhitungan recovery .....	71
Tabel 4.24 Perhitungan kesalahan relatif.....	71

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Berbagai contoh alat uji tarik single screw .....	6
Gambar 2.2 Proses pengujian tarik pada bahan komposit .....	7
Gambar 2.3 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat baja ulet.....	8
Gambar 2.4 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat dari bahan getas ....	9
Gambar 2.5 Perbandingan antara kurva tegangan-regangan rekayasa dan sesungguhnya dari baja karbon rendah .....	13
Gambar 2.6 Ilustrasi penampang samping bentuk perpatahan benda uji tarik sesuai dengan tingkat keuletan/kegetasan .....	13
Gambar 2.7 Motor Listrik .....	14
Gambar 2.8 Dimensi Belt .....	20
Gambar 2.9 <i>Single thread</i> .....	22
Gambar 2.10 <i>Double thread</i> .....	22
Gambar 2.11 <i>Triple thread</i> .....	23
Gambar 2.12 <i>Acme thread</i> .....	23
Gambar 2.13 <i>Square thread</i> .....	24
Gambar 2.14 <i>Butters thread</i> .....	24

**DAFTAR GRAFIK**

	Halaman
Grafik 4.1 Hasil pengujian tahap pertama pada timbangan merk Sellery.....	60
Grafik 4.2 Hasil pengujian tahap pertama pada timbangan merk Hioshi .....	60
Grafik 4.3 Hasil pengujian tahap pertama pada timbangan merk Moritz .....	61
Grafik 4.4 Hasil pengujian tahap pertama pada timbangan merk Nankai .....	61
Grafik 4.5 Hasil pengujian pada tahap kedua .....	72



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian material yang paling banyak dilakukan di dunia industri. Karena pengujian ini merupakan yang paling mudah dan banyak data yang bisa diambil dari pengujian ini. Diantaranya yang bisa didapat dari pengujian tarik ini adalah kekuatan tarik (*ultimate tensile strenght*), kekuatan mulur (*yield strenght or yield point*), elongasi (*elongation*), elastisitas (*elasticity*) dan pengurangan luas penampang (*reduction of area*). Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis dkk., 1955).

Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Karena dengan pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan.

Secara umum alat uji tarik terbagi menjadi dua jenis menurut sistem kerjanya, yaitu hidrolik dan mekanik. Sistem mekanik dapat menguji spesimen yang lebar sedangkan sistem hidrolik lebih efektif untuk spesimen yang menghasilkan gaya tarik besar (Hosford, 1992).

Bahan spesimen komposit serat alam menghasilkan gaya tarik kecil, maka menggunakan alat uji tarik jenis mekanik. Serat alam dapat ditemukan pada bahan-bahan sekitar, seperti kopi. Pada komposit kopi + resin PHD didapatkan gaya tarik antara 26 – 31 MPa (Cristina, 2010). Pengujian bahan komposit untuk pengujian tarik menggunakan standar yang telah ditetapkan oleh ASTM D3039 (*American Standart Testing and Material*).

Pembuatan alat uji tarik sudah pernah dilakukan di berbagai universitas salah satunya oleh Mualif (2012) dengan kapasitas 3 Ton. Pada laboratorium uji bahan Teknik Mesin Universitas Jember pernah dibuat mesin serupa namun kondisinya rusak pada bagian pompa hidrolik, sehingga perlu perancangan ulang atas mesin uji tarik ini dengan inovasi yang simpel yaitu hanya 1 batang ulir saja dan transmisi mesin menggunakan transmisi *pulley v-belt*.

### 1.2. Rumusan Masalah

Seiring dengan berjalannya waktu, penggunaan alat uji tarik yang sebelumnya sudah ada di laboratorium uji bahan, Universitas Jember masih banyak kekurangan dalam penggunaan dan hasilnya. Masalah yang timbul adalah hasil pengujian kurang valid karena penggunaan pompa hidrolik secara manual sehingga *tensile strenght* naik turun secara tidak wajar, dan instrumentasi secara manual dengan cara mengukur diameter spesimen saat pengujian berlangsung. Untuk itu supaya tidak terjadi maka pembuatan teknologi pengujian menggunakan mesin uji tarik mekanik berperangkat elektronik dengan *load cell*. untuk memudahkan mengakses pengolahan data. Uji tarik mekanik tersebut dalam perencanaan dinamisnya dibutuhkan elemen-elemen mesin yang terkait, seperti daya motor, kopling cakar, *pulley*, v-belt, serta *power screw*.

### 1.3. Batasan Masalah

Permasalahan-permasalahan yang dibahas dalam rancang bangun ini meliputi:

- a. Menghitung secara teoritis distribusi daya dan putaran serta dimensi setiap elemen mesin yang bekerja pada alat uji tarik.
- b. Menggambar susunan komponen mesin uji tarik.
- c. Rancang bangun mesin alat uji tarik tidak hanya untuk spesimen material tertentu saja, namun alat ini dapat digunakan untuk spesimen berbagai bahan dengan secara teoritis tidak melebihi beban 1 Ton.
- d. Tidak melakukan analisis mesin uji tarik bagian statis dan instrumentasi elektronika.

#### 1.4. Tujuan

Tujuan dari rancang bangun alat ini dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- a. Tujuan akademis
  - 1.) Melengkapi syarat kelulusan pada D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
  - 2.) Menerapkan ilmu yang didapat dibangku perkuliahan secara terpadu dan terperinci.
  - 3.) Melatih dan mengembangkan kreatifitas dalam merancang dan mengemukakan gagasan ilmiah sesuai spesifikasinya secara sistematis.
- b. Tujuan teknis
  - 1.) Merancang dan merakit alat uji tarik dengan berkapasitas 1 Ton.
  - 2.) Dengan dibuat mesin ini maka hasil pengujian spesimen dapat diketahui secara lebih valid daripada alat uji tarik di laboratorium yang sudah ada.
  - 3.) Sebagai riset uji spesimen material yang secara teoritis tidak melebihi 1 Ton kekuatan tariknya.

#### 1.5. Manfaat

Jika tujuan pembuatan rancang bangun ini mencapai hasil positif, maka akan diperoleh manfaat antara lain:

- a. Diharapkan mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta memungkinkan bentuk kerja sama dalam memanfaatkan teknologi alat peraga sebagai pengujian bahan material.
- b. Memperoleh hasil pengujian spesimen material yang valid untuk dapat menunjang perkuliahan, baik dalam pembuktian dari pembelajaran teoritis di kelas maupun riset tentang kekuatan mekanika bahan.
- c. Untuk menambah alat instrumen laboratorium uji bahan Teknik Mesin Universitas Jember, yang mampu meningkatkan kualitas belajar mengajar baik bagi para dosen maupun mahasiswa.

- d. Memanfaatkan pengetahuan teknologi untuk berinovasi dengan cara menekankan biaya pembuatan yang murah.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Uji Tarik

#### 2.1.1 Gambaran Umum

Uji Tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatansuatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Askeland, 1985). Uji tarik merupakan cara pengujian bahan yang paling mendasar. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987).

Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis dkk., 1955).

Kekuatan tarik dapat diartikan sebagai daya tahan suatu material terhadap tegangan yang berusaha untuk memisahkan. Kekuatan tarik berhubungan dengan modulus elastisnya. Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari satu material. Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*Tensile Testing Machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah (Tony, 2005).

Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM D3039. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Brand terkenal untuk alat uji tarik antara lain adalah antara lain adalah Shimadzu, Instron dan Dartec.

Berikut ini contoh alat uji tarik yang ada di pasaran yang menggunakan sistem *single screw*:



Gambar 2.1 Berbagai contoh alat uji tarik single screw ( sumber: lab-tesequipment.com)

Proses pengujian tarik mempunyai tujuan utama untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji. Bahan uji adalah bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi, agar siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah atau dengan memberikan gaya tarik pada salah satu ujung benda dan ujung benda yang lain diikat (Dieter, 1986).



Gambar 2.2 Proses pengujian tarik pada bahan komposit (sumber: Eric, 2017)

Penarikan gaya terhadap bahan akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Kemungkinan ini akan diketahui melalui proses pengujian tarik. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran-butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom hingga terlepasnya ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Penyusunan butiran kristal yang diakibatkan oleh adanya penambahan volume ruang gerak dari setiap butiran dan ikatan atom yang masih memiliki gaya elektromagnetik, secara otomatis bisa memperpanjang bahan tersebut. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik adalah grafik tegangan regangan, parameter kekuatan dan keliatan material pengujian dalam persen perpanjangan, kontraksi atau reduksi penampang patah, dan bentuk permukaan patahannya.

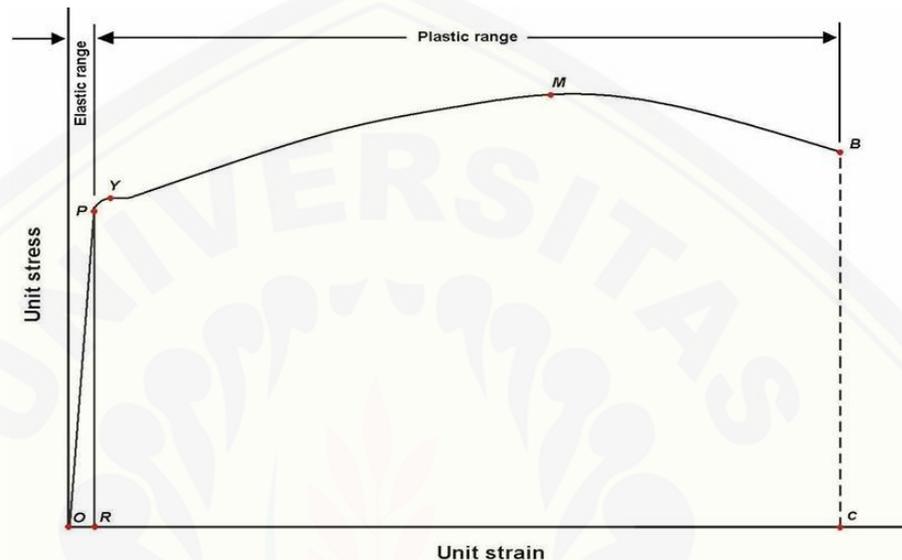
#### 2.1.2 Perilaku Mekanik Material

Pengujian tarik yang dilakukan pada suatu material padatan (logam dan nonlogam) dapat memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material tersebut terhadap pembebanan mekanis. Informasi penting yang bisa didapat adalah:

a. Batas proporsionalitas (*proportionality limit*)

Merupakan daerah batas dimana tegangan dan regangan mempunyai hubungan proporsionalitas satu dengan lainnya. Setiap penambahan tegangan akan diikuti dengan penambahan regangan secara proporsional

dalam hubungan linier  $\sigma = E\varepsilon$  (bandingkan dengan hubungan  $y = mx$ ; dimana  $y$  mewakili tegangan;  $x$  mewakili regangan dan  $m$  mewakili slope kemiringan dari modulus kekakuan). Titik P pada Gambar 2.3 di bawah ini menunjukkan batas proporsionalitas dari kurva tegangan-regangan.



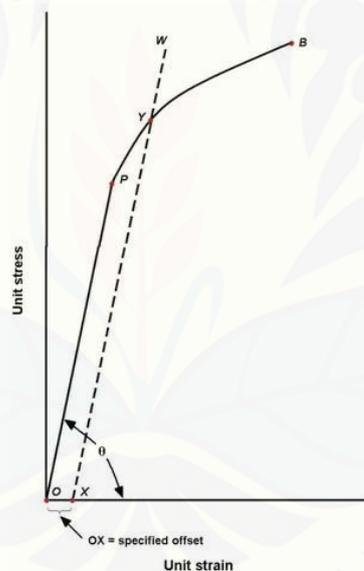
Gambar 2.3 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat baja ulet (sumber: teknikmesin.org)

b. Batas elastis (*elastic limit*)

Daerah elastis adalah daerah dimana bahan akan kembali kepada panjang semula bila tegangan luar dihilangkan. Daerah proporsionalitas merupakan bagian dari batas elastis ini. Selanjutnya bila bahan terus diberikan tegangan (deformasi dari luar) maka batas elastis akan terlampaui pada akhirnya sehingga bahan tidak akan kembali kepada ukuran semula. Dengan kata lain dapat didefinisikan bahwa batas elastis merupakan suatu titik dimana tegangan yang diberikan akan menyebabkan terjadinya deformasi permanen (plastis) pertama kalinya. Kebanyakan material teknik memiliki batas elastis yang hampir berimpitan dengan batas proporsionalitasnya.

c. Titik luluh (*yield point*) dan kekuatan luluh (*yield strength*)

Titik ini merupakan suatu batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan (*stress*) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut *tegangan luluh (yield stress)*. Titik luluh ditunjukkan oleh titik Y pada Gambar 2.3 di atas. Gejala luluh umumnya hanya ditunjukkan oleh logam-logam ulet dengan struktur kristal BCC dan FCC yang membentuk interstitial solid solution dari atom-atom carbon, boron, hidrogen dan oksigen. Interaksi antara dislokasi dan atom-atom tersebut menyebabkan baja ulet seperti mild steel menunjukkan titik luluh bawah (*lower yield point*) dan titik luluh atas (*upper yield point*).



Gambar 2.4 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat dari bahan getas (sumber: teknikmesin.org)

c. Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*)

Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum  $\sigma_{uts}$  ditentukan dari beban maksimum  $F_{maks}$  dibagi luas penampang awal  $A_0$ .

$$UTS = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots (2.1)$$

Pada bahan ulet tegangan maksimum ini ditunjukkan oleh titik M (Gambar 2.3) dan selanjutnya bahan akan terus berdeformasi hingga titik B. Bahan yang bersifat getas memberikan perilaku yang berbeda dimana tegangan maksimum sekaligus tegangan perpatahan (titik B pada Gambar 2.4). Dalam kaitannya dengan penggunaan struktural maupun dalam proses forming bahan, kekuatan maksimum adalah batas tegangan yang sama sekali tidak boleh dilewati.

d. Kekuatan Putus (*breaking strength*)

Kekuatan putus ditentukan dengan membagi beban pada saat benda uji putus ( $F_{breaking}$ ) dengan luas penampang awal  $A_0$ . Untuk bahan yang bersifat ulet pada saat beban maksimum M terlampaui dan bahan terus terdeformasi hingga titik putus B maka terjadi mekanisme penciutan (*necking*) sebagai akibat adanya suatu deformasi yang terlokalisasi. Pada bahan ulet kekuatan putus adalah lebih kecil daripada kekuatan maksimum sementara pada bahan getas kekuatan putus adalah sama dengan kekuatan maksimumnya.

e. Keuletan (*ductility*)

Keuletan merupakan suatu sifat yang menggambarkan kemampuan logam menahan deformasi hingga terjadinya perpatahan. Sifat ini, dalam beberapa tingkatan, harus dimiliki oleh bahan bila ingin dibentuk (*forming*) melalui proses *rolling, bending, stretching, drawing, hammering, cutting* dan sebagainya. Pengujian tarik memberikan dua metode pengukuran keuletan bahan yaitu:

1.) Persentase perpanjangan (*elongation*)

Diukur sebagai penambahan panjang ukur setelah perpatahan terhadap panjang awalnya.

$$Elongasi (\%) = [(L_f - L_0)/L_0] \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

$L_f$  adalah panjang akhir dan  $L_o$  panjang awal dari benda uji.

2.) Persentase pengurangan/reduksi penampang (*Area Reduction*)

Diukur sebagai pengurangan luas penampang (cross-section) setelah perpatahan terhadap luas penampang awalnya.

$$\text{Reduksi penampang, } R (\%) = [(A_o - A_f)/A_o] \times 100\% \dots (2.3)$$

Keterangan:

$A_f$  adalah luas penampang akhir dan  $A_o$  luas penampang awal.

f. Modulus elastisitas (E)

Modulus elastisitas atau modulus Young merupakan ukuran kekakuan suatu material. Semakin besar harga modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi pada suatu tingkat pembebanan tertentu, atau dapat dikatakan material tersebut semakin kaku (*stiff*). Pada grafik tegangan-regangan (Gambar 2.3 dan 2.4), modulus kekakuan tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastis yang linier, diberikan oleh:

$$E = \sigma/\epsilon \text{ atau } E = \tan \alpha \dots (2.4)$$

Keterangan:

$\alpha$  adalah sudut yang dibentuk oleh daerah elastis kurva tegangan-regangan.

g. Modulus kelentingan (*modulus of resilience*)

Mewakili kemampuan material untuk menyerap energi dari luar tanpa terjadinya kerusakan. Nilai modulus dapat diperoleh dari luas segitiga yang dibentuk oleh *area elastik* diagram tegangan-regangan pada Gambar 2.3.

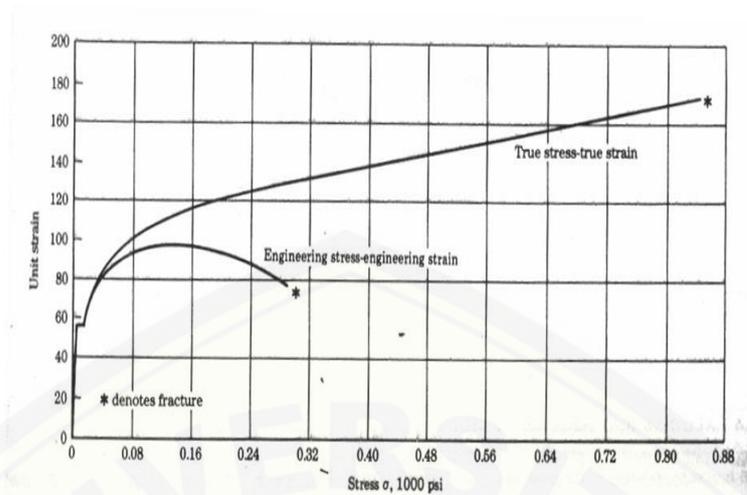
h. Modulus ketangguhan (*modulus of toughness*)

Merupakan kemampuan material dalam menyerap energi hingga terjadinya perpatahan. Secara kuantitatif dapat ditentukan dari luas area keseluruhan di bawah kurva tegangan-regangan hasil pengujian tarik

seperti Gambar 2.3. Pertimbangan disain yang mengikutsertakan modulus ketangguhan menjadi sangat penting untuk komponen-komponen yang mungkin mengalami pembebanan berlebih secara tidak disengaja. Material dengan modulus ketangguhan yang tinggi akan mengalami distorsi yang besar karena pembebanan berlebih, tetapi hal ini tetap disukai dibandingkan material dengan modulus yang rendah dimana perpatahan akan terjadi tanpa suatu peringatan terlebih dahulu.

i. Kurva tegangan-regangan rekayasa dan sesungguhnya

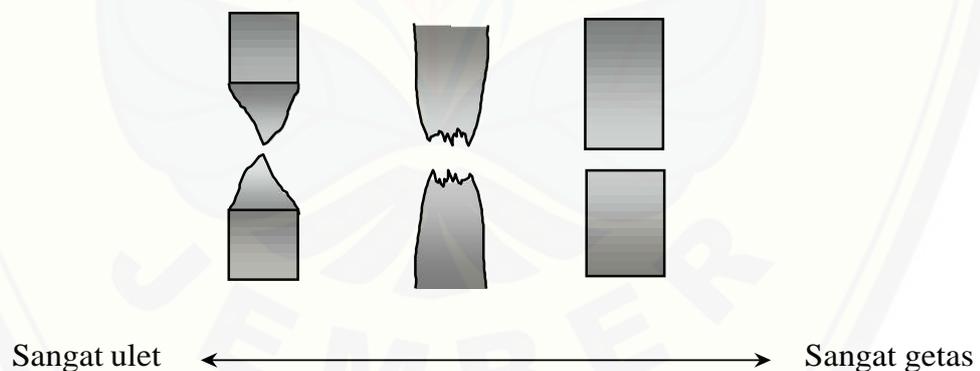
Kurva tegangan-regangan rekayasa didasarkan atas dimensi awal (luas area dan panjang) dari benda uji, sementara untuk mendapatkan kurva tegangan-regangan sesungguhnya diperlukan luas area dan panjang aktual pada saat pembebanan setiap saat terukur. Perbedaan kedua kurva tidaklah terlampau besar pada regangan yang kecil, tetapi menjadi signifikan pada rentang terjadinya pengerasan regangan (*strain hardening*), yaitu setelah titik luluh terlampaui. Secara khusus perbedaan menjadi demikian besar di dalam daerah necking. Pada kurva tegangan-regangan rekayasa, dapat diketahui bahwa benda uji secara aktual mampu menahan turunnya beban karena luas area awal  $A_0$  bernilai konstan pada saat penghitungan tegangan  $\sigma = P/A_0$ . Sementara pada kurva tegangan-regangan sesungguhnya luas area aktual adalah selalu turun hingga terjadinya perpatahan dan benda uji mampu menahan peningkatan tegangan karena  $\sigma = P/A$ . Gambar 2.5 di bawah ini memperlihatkan contoh kedua kurva tegangan-regangan tersebut pada baja karbon rendah (*mild steel*).



Gambar 2.5 Perbandingan antara kurva tegangan-regangan rekayasa dan sesungguhnya dari baja karbon rendah (mild steel) (sumber: motheredgittle.blogspot.com)

### 2.1.3 Mode Perpatahan Material

Sampel hasil pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa tampilan perpatahan seperti diilustrasikan oleh Gambar 2.6 di bawah ini:

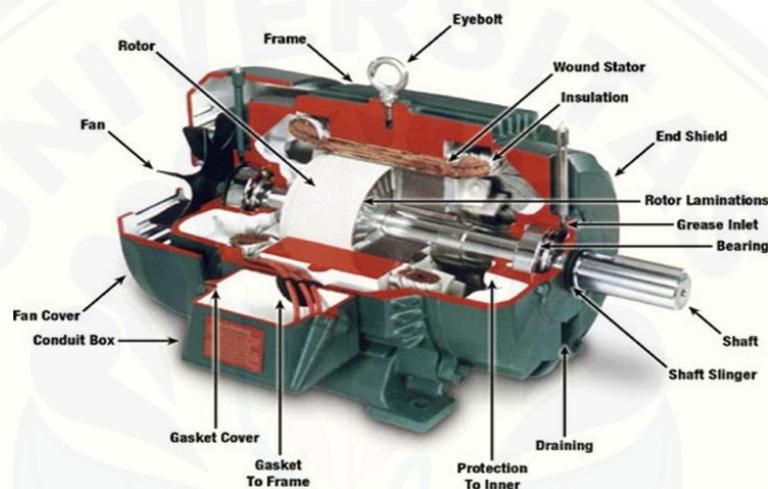


Gambar 2.6 Ilustrasi penampang samping bentuk perpatahan benda uji tarik sesuai dengan tingkat keuletan/kegetasan (sumber: Akhmad Herman, 2009)

## 2.2 Perencanaan Elemen Mesin

### 2.2.1 Perencanaan Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu. Pada motor listrik tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet.



Gambar 2.7 Motor Listrik (sumber: Houston, 1897)

a. Bagian-bagian Motor Listrik sesuai pada gambar 2.7

1.) Stator

Stator adalah bagian dari motor listrik yang tidak dapat bergerak. Stator terdiri dari rumah dengan alur-alur yang dibuat dari pelat-pelat yang dipejalkan.

2.) Rotor

Rotor adalah bagian dari motor listrik yang dapat bergerak. Bentuk rotor motor induksi, yaitu terdiri dari pelat pelat yang dipejalkan berbentuk silinder. Di sekelilingnya terdapat alur-alur kemudian ditempatkan batang kawat. Batang kawat tersebut biasanya dibuat dari tembaga, bagian ini adalah bagian yang bergerak.

### 3.) *Bearing*

*Bearing* adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan.

### 4.) Belitan Stator

Belitan stator atau kumparan stator merupakan tempat terjadinya medan magnet yang ditempatkan pada alur stator motor. Kumparan stator dirancang agar membentuk jumlah kutub tertentu, untuk menghasilkan jumlah putaran yang diinginkan.

### 5.) Terminal *box*

Terminal *box* merupakan sebuah kotak kecil yang menempel pada badan motor listrik, biasanya akan berada di atas atau di bawah bagian dari motor listrik, terminal box ini fungsinya adalah sebagai tempat disambungkannya kabel-kabel yang berasal dari power suplai ke kabel-kabel milik motor listrik.

### 6.) Kipas Rotor

Kipas Rotor fungsinya adalah untuk mendinginkan motor listrik, posisinya berada di ujung dari motor listrik itu sendiri, kipas rotor terbuat dari bahan plastik keras, cara kerjanya mirip dengan kipas angin di rumah kita, yakni menghisap udara dan menghembuskannya ke badan motor listrik sehingga menjadi dingin.

## b. Macam-macam Motor Listrik

Tipe atau jenis motor yang ada saat ini beraneka ragam jenis dan tipenya. Semua jenis motor listrik yang ada memiliki 2 bagian utama yaitu stator dan rotor, stator adalah bagian motor listrik yang diam dan rotor adalah bagian motor listrik yang bergerak (berputar). Pada dasarnya motor listrik dibedakan dari jenis sumber tegangan kerja yang digunakan. Berdasarkan sumber tegangan kerjanya motor listrik dibedakan menjadi 2 jenis:

- 1) Motor Listrik Arus Bolak Balik AC (Alternative current )
- 2) Motor Listrik Arus Searah DC (Direct current)

## c. Perhitungan Daya Penggerak

Daya yang direncanakan dihitung menggunakan persamaan- persamaan sebagai berikut:

- 1) Torsi yang diperlukan (Sularso, 2002)

$$\mathbf{T = F \cdot r} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

T = Torsi (kg.mm)

F = Gaya (kg)

r = Jari- jari batu gilas (mm)

- 2) Daya yang diperlukan (Sularso, 2002)

$$\mathbf{P = (T/1000)(2\pi n_1/60)/102} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

P = Daya yang diperlukan (kW)

T = Momen Puntir (kg.mm)

$n_1$  = Putaran poros motor (rpm)

- 3) Untuk menjaga keamanan daya dikalikan factor koreksi ( $f_c$ ) sehingga didapat daya rencana (Sularso, 2002):

$$\mathbf{Pd = P \cdot f_c} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

Pd = Daya rencana (Kw)

P = Daya yang diperlukan (Kw)

Fc = Faktor koreksi

1,2 – 2,0 = Untuk daya rata- rata yang diperlukan

0,8 – 1,8 = Daya maksimum yang diperlukan

1,0- 1,5 = Daya yang ditransmisikan

### 2.2.2 Perencanaan Poros

Pada umumnya poros berbentuk silinder. Penerus putaran tersebut dapat menggunakan kopling, *pulley*, *sprocket* atau roda gigi. Dengan demikian poros akan terjadi tegangan geser akibat adanya momen puntir/torsi (Sularso, 2002).

Ditinjau dari fungsi poros sebagai penerus daya dan putaran, poros dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Poros transmisi
2. Spindel
3. Gandar

Jika  $P$  adalah daya nominal *output* dari motor penggerak, maka berbagai macam keamanan biasanya dapat diambil dari perencanaan, sehingga koreksi pertama dapat diambil kecil.

- a. Jika faktor koreksi adalah  $f_c$  maka daya rencana  $P$  (kW) (Sularso, 2002)

$$P_d = f_c \cdot P \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

$P_d$  = Daya Rencana (kW)

$P$  = Daya (kW)

$f_c$  = Faktor koreksi daya yang ditransmisikan

Tabel 2.1 Faktor– faktor koreksi daya yang akan di transmisikan ( $f_c$ )

Daya yang Akan di Transmisikan	$f_c$
Daya rata- rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

Sumber: Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, 2002

- b. Momen puntir (Sularso,2002)

$$T = 9,74 \times 10^5 \times P_d/n_1 \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

$T$  = Momen puntir (kg.mm)

$n_1$  = Putaran poros (rpm)

c. Tegangan Geser yang diijinkan (Sularso,2002)

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 sf_2} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

$\tau_a$  = Tegangan yang diizinkan ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

$\sigma_b$  = Kekuatan tarik bahan ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

$sf_1, sf_2$  = Faktor Keamanan, untuk  $sf_1$  memiliki harga 6,0 dan  $sf_2$  memiliki harga 2,0

d. Sedangkan untuk mengetahui diameter poros yang dibutuhkan adalah (Sularso, 2002)

$$d_s \geq [ (5,1/ \tau_a) C_b. K_t. T ]^{1/3} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

$d_s$  = Diameter poros (mm)

$\tau_a$  = Tengangan geser yang diijinkan ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

$K_t$  = Fator koreksi momen punter

1,0            jika beban dikenakan halus

1,0– 1,5      jika beban terjadi sedikit kejutan atau tumbukan

1,5 – 3,0      jika bebaan dikenakan dengan kejuan atau tumbukan besar.

$T$  = momen rencana (Kg.mm)

$C_b$  = Faktor lenturan, dengan harga 2,0 dikarenakan terdapat *pulley* dan sabuk-v yang dapat menyebabkan kelenturan

### 2.2.3 Perencanaan *Pulley*

*Pulley* merupakan salah satu bagian dari mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dari motor untuk menggerakkan poros, ukuran perbandingan *pulley* dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Antara *pulley* penggerak dan *pulley* yang digerakkan, dihubungkan dengan *belt* sebagai penyalur dari motor penggerak.

Tabel 2.2 Diameter *pulley* yang dianjurkan (mm)

Penampang	A	B	C	D	E
Diameter minimum yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter minimum yang dianjurkan	95	145	225	350	550

Sumber: Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, 2002

- a. Diameter lingkaran jarak bagi dan diameter luar *pulley* (Sularso, 2002)

$$d_p = d_{\min} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$D_p = d_p \times I \dots \dots \dots (2.13)$$

$$d_k = d_p + 2 \times K \dots \dots \dots (2.14)$$

$$D_k = D_p + 2 \times K \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

$D_p$  = Diameter lingkaran jarak bagi *pulley* besar (mm)

$d_p$  = Diameter lingkaran jarak bagi *pulley* kecil (mm)

$D_k$  = Diameter luar *pulley* besar (mm)

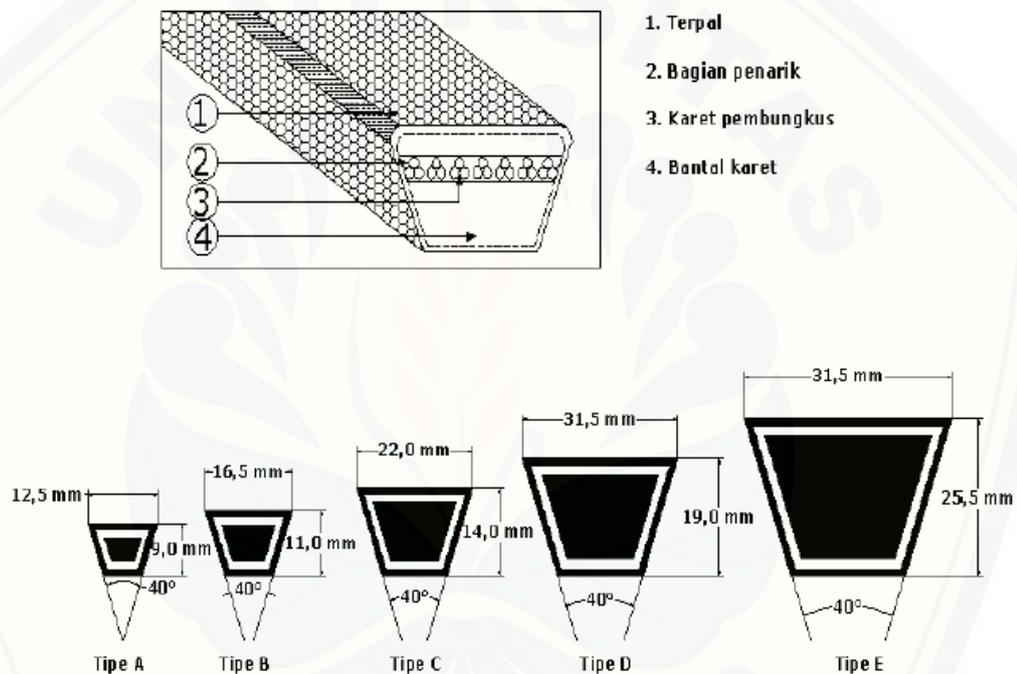
$d_k$  = Diameter luar *pulley* kecil (mm)

$d_{\min}$  = Diameter *pulley* minimal (mm)

#### 2.2.4 Perencanaan Sabuk V

Sabuk adalah elemen transmisi daya yang fleksibel yang dipasang secara ketat pada *pulley* atau cakra. Jika sabuk digunakan untuk penurunan kecepatan, *pulley* dipasang kecil pada poros yang berkecepatan tinggi, semisal poros motor listrik. *Pulley* besar dipasang pada mesin yang digerakkan. Sabuk ini dirancang untuk mengitari dua *pulley* tanpa selip. Pemilihan jenis transmisi sabuk ini sangat tergantung pada lingkup pemakaiannya. Efisiensi transmisi sabuk biasanya lebih rendah dibandingkan roda gigi atau rantai. Karena alasan itulah mengapa transmisi sabuk tidak dijumpai pada rangkaian penggerak utama (system transmisi) kendaraan jalan raya, dimana faktor irit bahan bakar menjadi pertimbangannya.

Secara umum transmisi sabuk diaplikasikan dimana putaran *pulley* relatif tinggi. Kecepatan linear sabuk biasanya 2500-7000 ft/menit (12,5-35 m/s). pada kecepatan lebih rendah, gaya tarik sabuk menjadi sangat besar untuk penampang sabuk tertentu. Pada putaran lebih tinggi, efek dinamis seperti daya sentrifugal, “cambukan” sabuk dan getaran menurunkan efektifitas dan umur sabuk. Kecepatan sabuk ideal adalah 4000 ft/menit (20 m/s). Terdapat beberapa tipe *belt* yang digunakan, pada umumnya menggunakan tipe klasik seperti ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.8 Dimensi *Belt* (sumber: Sularso,2002)

Pada perencanaan sabuk *V* ini, besarnya daya yang ditransmisikan tergantung dari beberapa faktor:

- a. Kecepatan linier sabuk *v* (Sularso,2002)

Kecepatan linier sabuk- *v* ini, dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$V = \frac{\pi \times D \times n1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

*V* = Kecepatan linier sabuk (m/s)

$D$  = Diameter *pulley* (mm)

$n$  = Putaran poros motor (rpm)

b. Panjang keliling sabuk (Sularso, 2002)

$$L = 2C + \frac{1}{2} \pi (D_p + d_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan:

$L$  = Panjang keliling sabuk (mm)

$C$  = Jarak antar sumbu poros (mm)

$d_p$  = Diameter lingkaran jarak bagi *pulley* kecil (mm)

$D_p$  = Diameter lingkaran jarak bagi *pulley* besar (mm)

c. Jumlah sabuk yang diperlukan (Sularso, 2002)

$$N = \frac{P_d}{P_0 \cdot K_\emptyset} \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan:

$N$  = Jumlah sabuk yang diperlukan

$P_d$  = Daya rencana (kW)

$P_0$  = Daya yang ditransmisikan oleh sabuk – V (kW)

$K_\emptyset$  = Faktor koreksi

### 2.2.5 Perencanaan Ulir

Ulir dapat digunakan untuk memegang/mengencangkan dua komponen atau lebih, dan memindahkan beban/benda. Fungsi yang pertama sering disebut pengencang (*fastener*) dan yang kedua dikenal dengan nama ulir daya (*power screw*) merupakan pengubah gerakan dengan memanfaatkan gaya tekan akibat perputaran ulir menjadi gerakan linier. Prinsip kerjanya sebenarnya seperti pasangan mur dan baut, ketika mur di putar maka akan didapatkan pergerakan linier dari bautnya. (Khurmi, R.S, dan Gupta, J.K., 2005)

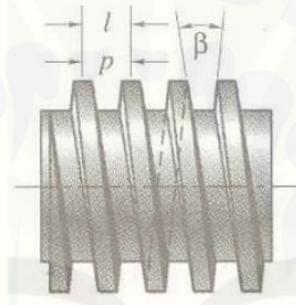
Ulir daya ini berfungsi untuk mendapatkan keuntungan mekanik yang besar sehingga akan meringankan beban manusia, biasanya diterapkan pada dongkrak ulir, klem, mesin pres, ragum.

a. Parameter Ulir

Dalam pembahasan ulir, biasanya dikenal beberapa istilah yang merupakan parameter-parameter utama dari ulir yang diantaranya adalah:

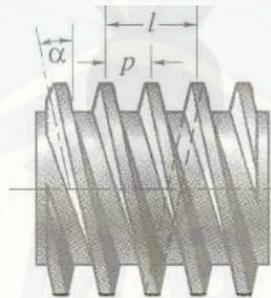
- 1) *Pitch* ( $p$ ) yang merupakan jarak antar ulir yang diukur paralel terhadap sumbu ulir.
- 2) *Lead* ( $l$ ) yang merupakan jarak yang ditempuh baut dalam arah paralel sumbu, jika baut diputar satu putaran. Pada gambar 2.11, gambar 2.12, serta gambar 2.13 dapat diperlihatkan perbedaan kisaran ulirnya.

a) *Single thread*: lead sama dengan *pitch* ( $l = p$ ).



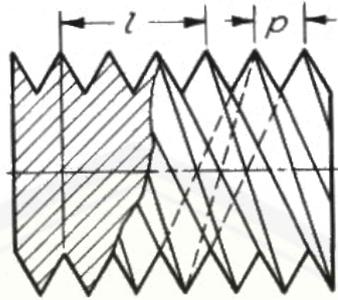
Gambar 2.9 *Single thread* (Sumber: Khurmi, R.S & Gupta, J.K.: 2005)

b) *Double thread*: lead sama dengan dua kali *pitch* ( $l = 2p$ ).



Gambar 2.10 *Double thread* (Sumber: Khurmi, R.S & Gupta, J.K.: 2005)

c) *Triple thread*: memiliki *lead* sama dengan 3 kali *pitch*. ( $l = 3p$ ).



Gambar 2.11 *Triple thread* (Sumber: Khurmi, R.S & Gupta, J.K.: 2005)

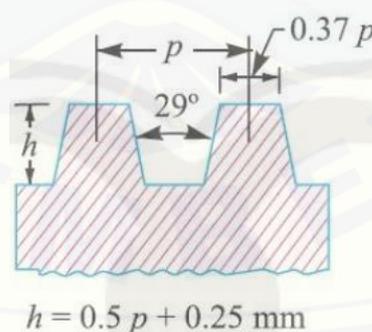
3) *Thread per inch* ( $n$ ) yang mana menyatakan jumlah ulir per inci.

b. Tipe *Power Screw*

Berdasarkan bentuk profilnya terdapat tiga jenis atau tipe *form* dari *power screw*, diantaranya:

1.) *Acme form*

Tipe *Acme* ini memiliki sudut ulir  $29^\circ$  ditunjukkan pada gambar 2.14, dapat digunakan dengan mudah pada suatu mesin dibandingkan dengan tipe *Square*. Tipe ini tidak seefisien bentuk *square* yang dikarenakan gesekan dapat meningkat akibat sudut ulir.

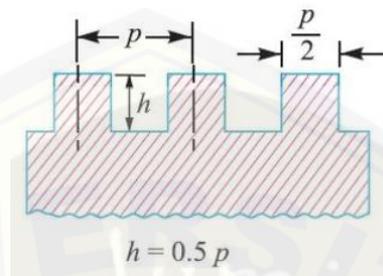


Gambar 2.12 *Acme thread* (Sumber: Khurmi, R.S & Gupta, J.K.: 2005)

2) *Square form*

Ulir jenis ini dinamakan demikian karena bentuk geometrinya ditunjukkan pada gambar 2.15. Tipe ini merupakan tipe yang paling efisien Keterangan

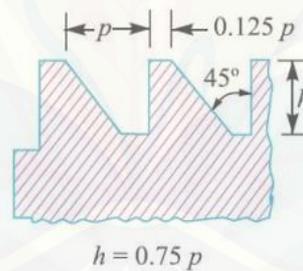
memiliki gesekan yang sedikit sehingga dapat digunakan untuk jenis sekrup yang bekerja membawa daya yang tinggi. Meski efisien, tipe jenis ini sulit diterapkan pada suatu mesin. Dari semua tipe, tipe jenis inilah yang paling mahal.



Gambar 2.13 *Square Thread* (Sumber: Khurmi, R.S & Gupta, J.K.: 2005)

### 3) *Buttres form*

Tipe ini memiliki bentuk segitiga ditunjukkan pada gambar 2.16, tipe jenis ini memiliki tingkat efisiensi yang sama dengan tipe *square*.



Gambar 2. 14 *Butters Thread* (Sumber: Khurmi, R.S & Gupta, J.K.: 2005)

### c. Keuntungan dan Kerugian

Pada *power screw* terdapat beberapa keuntungan dalam penggunaannya:

- 1) Efisiensi rendah
- 2) Umur *screw* dapat diprediksi.
- 3) Akurat dan dapat bergerak berulang-berulang.
- 4) Tidak akan terjadi slip.
- 5) Pengaruh suhu kecil.
- 6) Gerakan halus sepanjang penggunaan.

- 7) Pada kapasitas angkat yang sama dapat digunakan ukuran yang lebih kecil.
- 8) Sederhana dalam perancangannya.

Kerugian:

- 1) Membutuhkan banyak pelumas.
- 2) Sangat mudah kotor.

d. Torsi Ulir

Perhitungan torsi untuk ulir dapat dilakukan dengan rumus (Khurmi & Gupta, 2005):

$$\tan \theta = \mu \dots \dots \dots (2.27)$$

Keterangan:

$\mu$  = Koefisien gesek

$$\text{Helix Angel } (\alpha) = \tan \alpha = \frac{L}{\pi \times d} \dots \dots \dots (2.28)$$

Keterangan:

$\alpha$  = sudut helix

L = Lead

d = diameter efektif

$$T = W \times \tan (\alpha + \beta) \times \frac{d}{2} \dots \dots \dots (2.29)$$

Keterangan:

T = torsi yang dibutuhkan untuk memutar ulir

W = gaya tekan pemadatan

d = diameter rata-rata

$\phi$  = sudut friksi

$\alpha$  = sudut helix

e. Tegangan geser akibat puntir

Perhitungan tegangan geser akibat puntir (Khurmi & Gupta, 2005)

$$Fs = 16T (\pi d)^3 \dots \dots \dots (2.30)$$

Keterangan:

$F_s$  = tegangan geser puntir

$T$  = torsi (momen puntir)

f. Tegangan akibat Gaya Luar

Perhitungan tegangan tekan. (Khurmi & Gupta, 2005)

$$F_t = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.31)$$

Keterangan:

$F_t$  = tegangan tekan

$F$  = gaya yang bekerja

$A$  = Luas penampang

g. Kombinasi 1 dan 2

Tegangan geser utama maksimum (Khurmi & Gupta, 2005)

$$F_{s(max)} = \sqrt{F_s^2 + \left(\frac{F_t}{2}\right)^2} \dots \dots \dots (2.32)$$

h. Resultan gaya gesek dalam arah aksial (Khurmi & Gupta, 2005)

$$(T)_c = \mu W \frac{1}{4} (D_0) \dots \dots \dots (2.33)$$

Keterangan:

$(T)_c$  = Torsi pada saat penekanan

$\mu$  = Koefisien gesek

$W$  = Torsi yang dibutuhkan untuk memutar ulir

$D_0$  = Diameter collar

$$(T)_T = M_T + (M_T)_c \dots \dots \dots (2.34)$$

Keterangan:

$(T)_t$  = Total momen yang terjadi

- i. Gaya yang diperlukan untuk memutar (Khurmi & Gupta, 2005)

$$F = T \times d \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan:

F = Gaya untuk memutar

T = Torsi total yang terjadi

d = Diameter lengan untuk memutar

#### 2.2.6 Perencanaan Kopling Cakar

Sebuah kopling tak tetap adalah suatu elemen mesin yang menghubungkan poros yang digerakkan dan poros penggerak, dengan putaran yang sama dalam meneruskan daya, serta dapat melepaskan hubungan kedua poros tersebut baik dalam keadaan diam maupun berputar. Kopling tak tetap terbagi menjadi 4, yaitu: kopling cakar, kopling plat, kopling kerucut, dan kopling *friwil*. Untuk meneruskan momen dengan kontak positif (tidak dengan perantaraan gesekan) hingga tidak dapat slip, maka menggunakan kopling cakar. Ada dua bentuk kopling cakar, yaitu kopling cakar persegi dan kopling cakar spiral (Sularso, 2002).

Konstruksi dari kopling cakar ini adalah paling sederhana daripada kopling tak tetap yang lain. Kopling cakar persegi dapat meneruskan momen dalam dua arah putaran, tetapi tidak dapat dihubungkan dalam keadaan berputar, maka tidak dapat sepenuhnya berfungsi sebagai kopling tak tetap yang sebenarnya. Sebaliknya, kopling cakar spiral dapat dihubungkan dalam keadaan berputar, tetapi untuk satu arah putaran saja, namun demikian, karena timbulnya tumbukan yang besar jika dihubungkan dalam keadaan berputar, maka cara menghubungkan semacam ini hanya boleh dilakukan jika poros penggerak mempunyai kurang dari 50 rpm (Sularso, 2002).

Adapun cara menghitung dimensi dan tegangan untuk kopling cakar adalah sebagai berikut:

- a. Dimensi Kopling (Sularso, 2002):

$$D_1 = 1,2 d_s + 10 \dots\dots\dots(2.36)$$

$$D_2 = 2 d_s + 25 \dots\dots\dots(2.37)$$

$$h = 0,5 d_s + 8 \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan:

$d_s$  = diameter poros (mm)

$h$  = tinggi kopling

b. Momen Puntir (Sularso, 2002)

$$T = 9,74 \times 10^5 \times f_c P / n_1 \dots \dots \dots (2.39)$$

Keterangan:

$T$  = Momen puntir (kg.mm)

$n_1$  = Putaran poros (rpm)

c. Gaya Tangensial (Sularso, 2002)

$$r_m = (D_1 + D_2) / 4 \dots \dots \dots (2.40)$$

$$F_t = T / r_m \dots \dots \dots (2.41)$$

Keterangan:

$r_m$  = Jari-jari rata rata (kg.mm)

$F_t$  = Gaya tangensial (kg)

d. Tegangan geser (Sularso, 2002)

$$\tau = \frac{(8/\pi)F_t}{(D_2^2 - D_1^2)} \dots \dots \dots (2.42)$$

Keterangan:

$\tau$  = Tegangan geser (kg/mm<sup>2</sup>)

e. Momen tahanan lentur (Sularso, 2002)

$$Z = \frac{1}{6} \cdot \frac{(D_2 - D_1)}{2} \cdot \left[ \frac{\pi(D_1 + D_2)}{4n} \right]^2 \dots \dots \dots (2.43)$$

Keterangan:

$Z$  = Momen tahanan lentur (kg.mm)

f. Tegangan lentur (Sularso, 2002)

$$\sigma_b = \frac{F_t h}{nZ} \dots \dots \dots (2.44)$$

Keterangan:

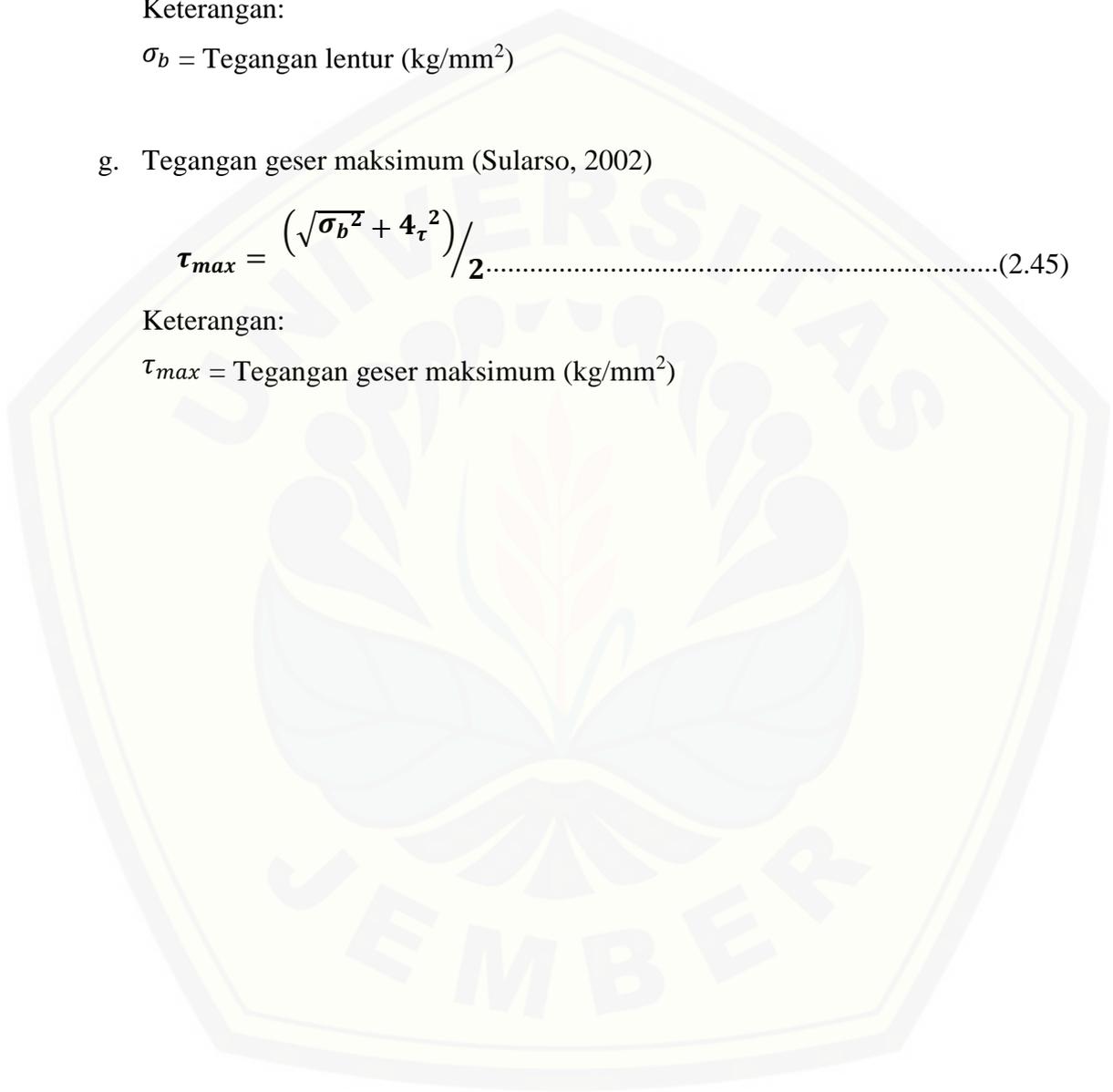
$\sigma_b$  = Tegangan lentur (kg/mm<sup>2</sup>)

g. Tegangan geser maksimum (Sularso, 2002)

$$\tau_{max} = \frac{(\sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2})}{2} \dots \dots \dots (2.45)$$

Keterangan:

$\tau_{max}$  = Tegangan geser maksimum (kg/mm<sup>2</sup>)



### BAB 3. METODOLOGI KEGIATAN

#### 3.1 Alat dan Bahan

##### 3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam perencanaan dan perakitan mesin uji tarik sebagai berikut:

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| a. Mesin gerinda   | j. Meteran gulung |
| b. Mesin las SMAW  | k. Penggaris siku |
| c. Mesin bor       | l. Penggores      |
| d. Ragum           | m. Penitik        |
| e. Obeng           | n. Gergaji        |
| f. Kunci pas 1 set | o. Kikir          |
| g. Mistar Baja     | p. Mistar siku    |
| h. Tang            | q. Hand Spray     |
| i. Jangka sorong   |                   |

##### 3.1.2 Bahan

Bahan yang diperlukan dalam proses perencanaan dan perakitan mesin uji tarik sebagai berikut:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| a. Motor Listrik               | l. Cat besi dan <i>thinner</i>           |
| b. Besi siku 40 x 40 x 3 mm    | m. MCB ( <i>Mini Circuit Breaker</i> )   |
| c. Besi kanal U 80 x 40 x 3 mm | n. TOR ( <i>Thermal Overload Relay</i> ) |
| d. Pelat                       | o. Kontaktor                             |
| e. Besi                        | p. Saklar <i>switch</i>                  |
| f. Pulley                      | q. <i>Relay</i>                          |
| g. <i>V-belt</i>               | r. Kabel NYM                             |
| h. Pasak                       | s. Arduino                               |
| i. Baut dan mur                | t. <i>Jumper Pack</i>                    |
| j. <i>Power screw</i>          | u. <i>Personal Computer / Laptop</i>     |
| k. <i>Gearbox (Gearbox)</i>    |  |

### 3.2 Waktu dan Tempat

#### 3.2.1 Waktu

Analisa, perancangan, pembuatan dan pengujian alat dilakukan  $\pm 5$  bulan berdasarkan jadwal yang sudah direncanakan.

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

Nama Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni				Juli			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pembuatan proposal	■	■																		
Pembuatan studi pustaka			■	■																
Seminar proposal					■	■														
Proses pengerjaan alat						■	■	■	■	■	■									
Pengujian alat													■	■	■	■				
Seminar hasil																	■	■		
Sidang proyek akhir																			■	■

#### 3.2.2 Tempat

Tempat perancangan dan pelaksanaan pembuatan mesin uji tarik adalah laboratorium kerja logam dan laboratorium teknologi terapan jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

### 3.3 Metode Pelaksanaan

#### 3.3.1 Pencarian Data

Dalam merencanakan sebuah perancangan mesin uji tarik perlu ada data serta literatur dalam proses pengujiannya, maka terlebih dahulu dilakukan pengamatan di lapangan dan studi literatur dalam proses pembuatan alat.

#### 3.3.2 Studi Pustaka

Sebagai penunjang dan referensi dalam pembuatan mesin uji tarik adalah:

- a. Motor listrik
- b. Kopling cakar
- c. Pulley dan v-belt
- d. *Power screw*

### 3.3.3 Perancangan dan Perencanaan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari literatur studi kepustakaan serta data hasil survei, maka dapat direncanakan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan mesin uji tarik. Dari studi lapangan dan studi pustaka tersebut dapat dirancang permesinan. Dalam proyek ini proses yang akan dirancang adalah:

- a. Perencanaan daya dari motor listrik yang digunakan.
- b. Perencanaan kopling cakar.
- c. Perencanaan dimensi *pulley* dan *v-belt* yang akan digunakan.
- d. Perencanaan dimensi dari *power screw*.
- e. Perencanaan beban pencekam bahan serta alat-alat yang digunakan.
- f. Perencanaan proses perakitan dan *finishing*.

### 3.3.4 Proses Pembuatan

Proses ini merupakan proses pembuatan alat yang meliputi proses pemesinan untuk membuat alat sesuai dengan desain yang di hasilkan. Adapun macam proses pemesinan yang dilakukan dalam pembuatan mesin uji tarik, yaitu:

- a. Proses pemotongan (*cutting*)
- b. Proses pengeboran (*drilling*)
- c. Proses pengelasan (*welding*)

### 3.3.5 Proses Perakitan

Proses perakitan mesin uji tarik meliputi perakitan sistem transmisi dan konstruksi rangka yang diinginkan. Berikut adalah langkah- langkah perakitan sistem transmisi dan konstruksi rangka:

- a. Menyiapkan peralatan kerja bangku.
- b. Melakukan pemasangan kopling cakram pada motor listrik dan *gearbox*.
- c. Melakukan pemasangan pulley pada *gearbox*.
- d. Melakukan pemasangan sabuk- v pada pulley *gearbox* – pulley *power screw*.
- e. Menyempurnakan hasil perakitan.

### 3.3.6 Pengujian Alat

- a. Prosedur pengujian rangka dilakukan secara visual, yaitu:
  - 1.) Melihat apakah motor listrik dan kopling cakar bekerja dengan baik (dalam kondisi nyala).
  - 2.) Melihat apakah mekanisme sabuk- V bekerja dengan baik (tidak keluar dari pulley).
  - 3.) Melihat apakah mekanisme *power screw* bekerja dengan baik (dapat berputar secara konstan).
  - 4.) Melihat pencekam posisinya sudah benar (vertikal lurus dengan *load cell*).
  - 5.) Melihat apakah baut pengikat elemen mesin tidak lepas atau mengendor.
  - 6.) Melihat apakah rangka berfungsi dengan baik (tidak terdefleksi, tidak patah, serta tidak bergetar secara berlebihan).
  
- b. Prosedur pengujian mesin adalah sebagai berikut:
  - 1.) Periksa terlebih dahulu kondisi alat, apakah sudah tertata rapi. Dimulai dari motor listrik, transmisi, *power screw*, serta instrumentasi elektroniknya.
  - 2.) Siapkan perlengkapan alat ukur berat, pasang pada pengunci *grip*.
  - 3.) Kunci alat ukur tersebut menggunakan baut.
  - 4.) Sambungkan kabel output panel berupa usb dari arduino (instrumentasi) ke laptop/PC.
  - 5.) Aktifkan *display* serial monitor pada program arduinonya.
  - 6.) Setelah semua sudah pada kondisi siap, atur tombol arah CW (*clockwise*).
  - 7.) Tekan tombol On untuk memulai pengujian.
  - 8.) Rekam perubahan beban pada layar display arduino dan timbangan gantung. Catat hasil beban setiap 5/10 kg.
  - 9.) Setelah sampai pada beban yang ditargetkan, tekan tombol Off
  - 10.) Atur tombol arah CCW (*counter clockwise*), kemudian tekan tombol On untuk mengembalikan posisi semula.
  - 11.) Ulangi hasil pengujian sebanyak 4x masing masing ukuran dan setiap merk timbangan dengan melakukan langkah dari b ke j

- 12.) Olah data, untuk mengetahui timbangan yang layak untuk dijadikan kalibrasi pada *load cell*.
- 13.) Masukkan data kalibrasi pada program arduino.
- 14.) Pengujian dilanjutkan dengan timbangan yang layak sebelumnya sebanyak 10 kali pengujian dengan melakukan langkah dari b ke j.
- 15.) Olah data, untuk mengetahui nilai kepresisian dan keakurasian.

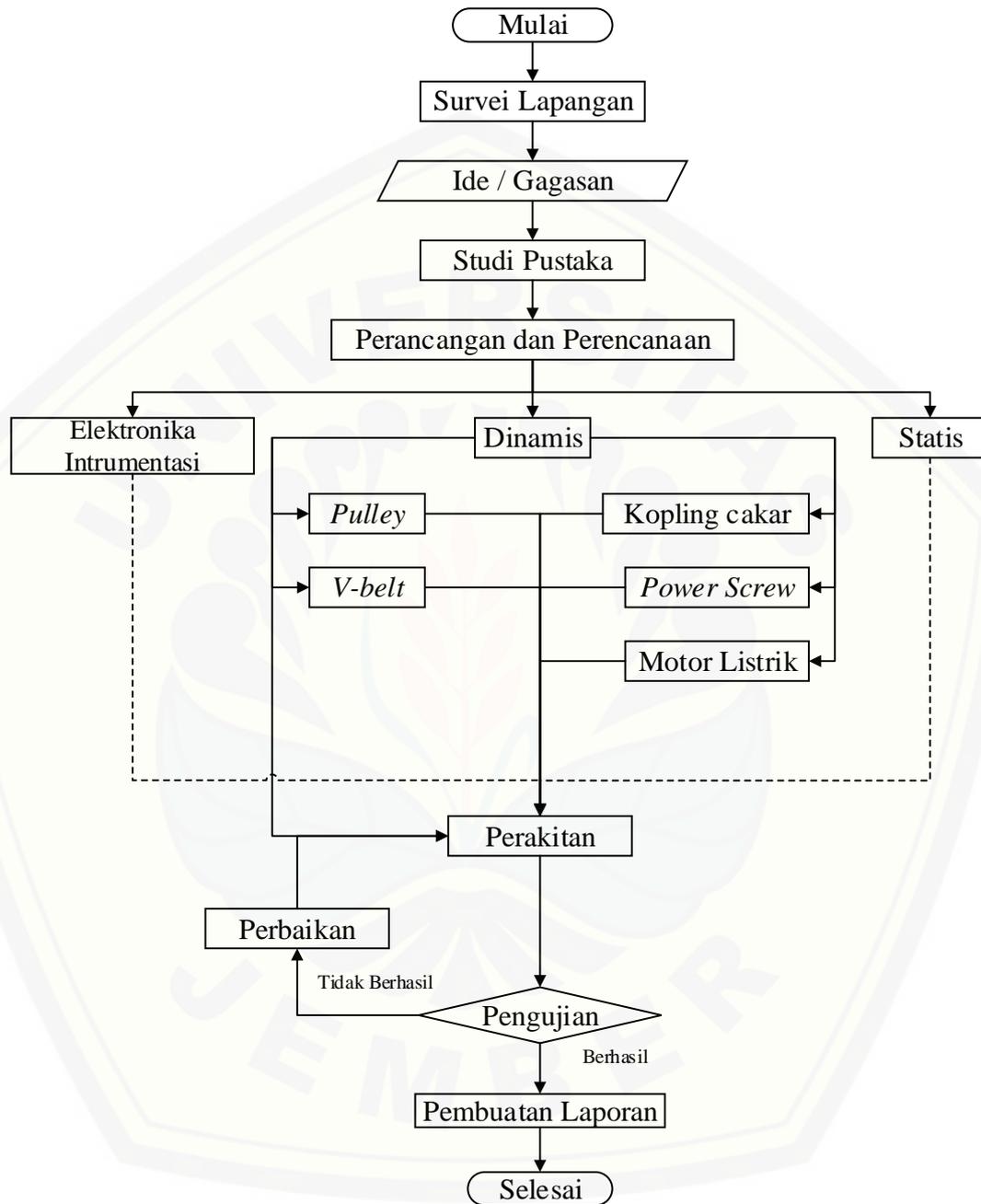
### 3.3.7 Penyempurnaan Alat

Penyempurnaan alat dilakukan apabila pada saat pengujian terdapat masalah atau kekurangan yang mengakibatkan mesin tidak dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan yang dilakukan.

### 3.3.8 Pembuatan Laporan

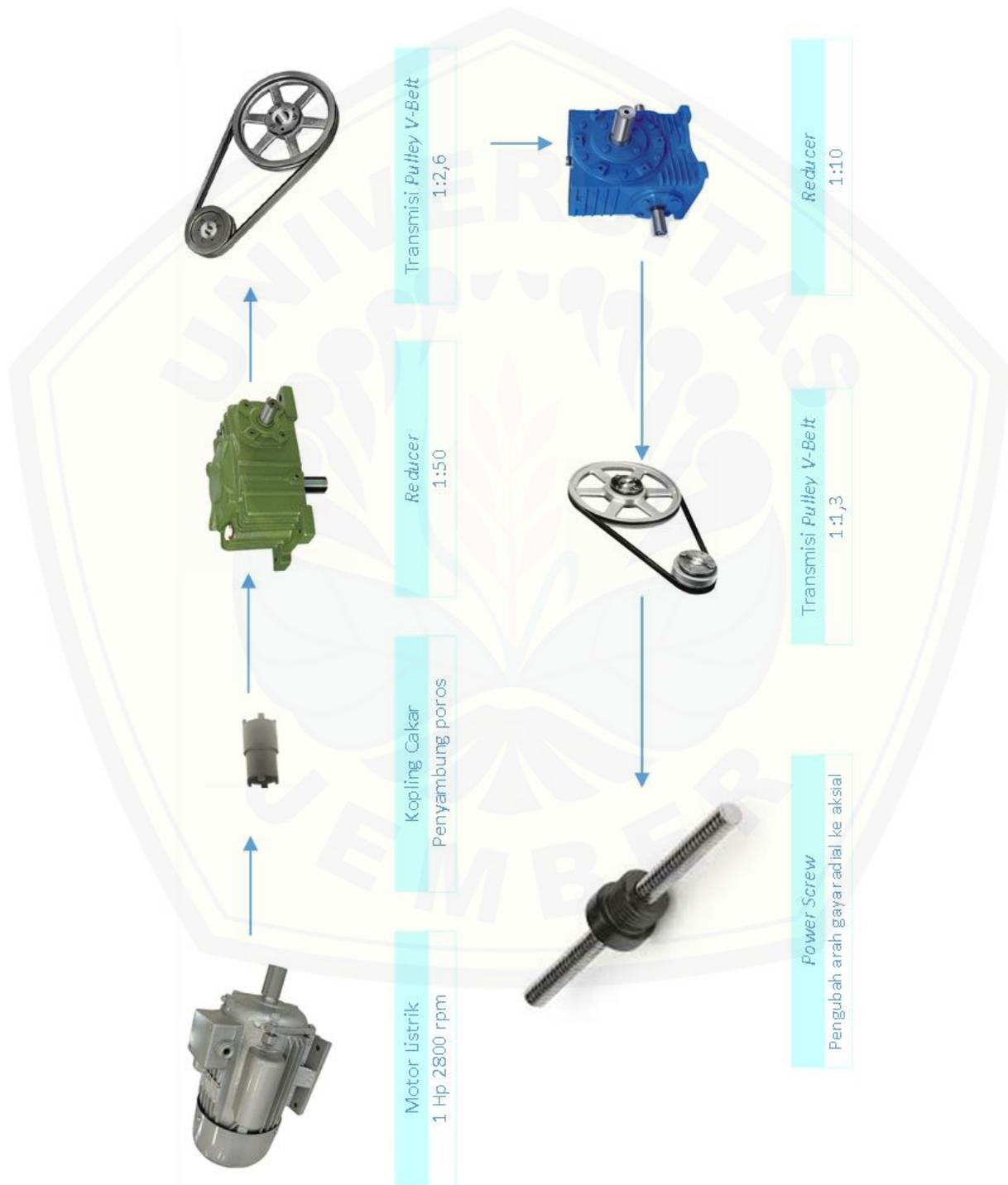
Pembuatan Laporan proyek akhir ini dilakukan secara bertahap dari awal analisa desain, perencanaan, dan pembuatan mesin uji tarik.

3.4 Flowchart Perancangan



### 3.5 Skema Perancangan Dinamis ( Elemen Mesin )

Skema ini merupakan perancangan elemen dinamis yang digunakan pada pembuatan alat uji tarik. Alur distribusi daya dan putaran terjadi dimulai dari motor listrik, kopling cakar, *gearbox/reducer*, sampai pada *power screw*.



## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan alat uji tarik dengan kapasitas maksimal 1 Ton ini, maka dapat disimpulkan:

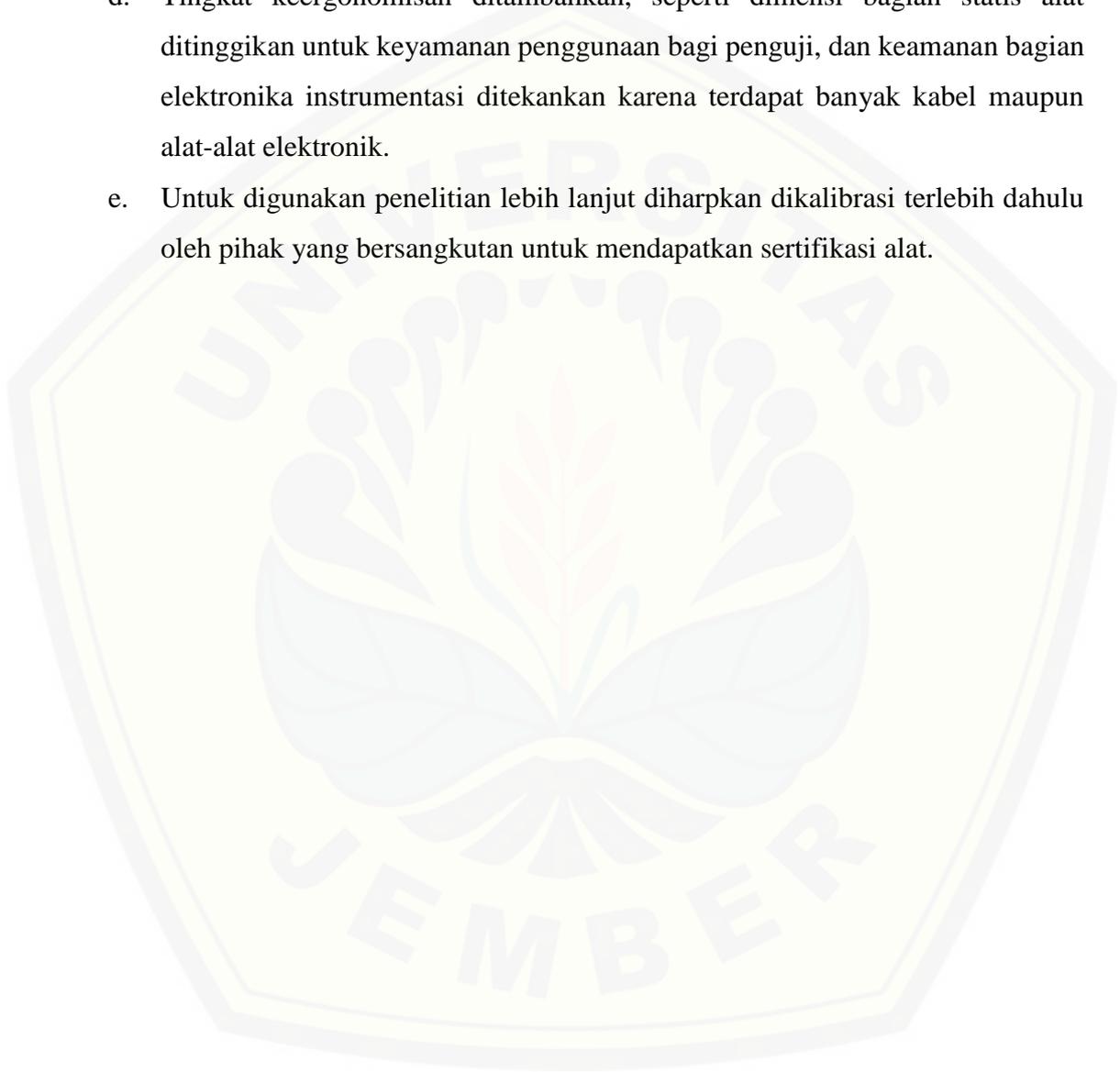
- a. Gaya yang digunakan 1001,46 kg dan torsinya 1955,85 kg·mm, sehingga motor yang digunakan adalah 1 HP (0,735 kW) dan kecepatan putarannya 2800 rpm.
- b. Kapasitas yang dapat dihasilkan 97105,59 kg, jika asumsi kerugian 60% maka kapasitasnya 38842,24 kg.
- c. Kopling cakar untuk meneruskan putaran motor listrik ke *gearbox* dengan dimensi diameter dalamnya 23,8 mm dan diameter luarnya 48 mm. Jumlah cakar sebanyak 5 buah, dan tinggi cakarnya 13,75 mm.
- d. Penggunaan *Gearbox* 1:50 dan *Gearbox* 1:10.
- e. *Pulley* untuk transmisi pertama adalah berdiameter *pith* sebesar 59 mm dan 47 mm. *Pulley* untuk transmisi kedua adalah berdiameter *pith* sebesar 97 mm dan 76 mm.
- f. *V-belt* untuk transmisi pertama menggunakan nomer M22 dan gaya tariknya sebesar 38,35 kg. *V-belt* untuk transmisi kedua menggunakan nomer M44 dan gaya tariknya sebesar 69,62 kg.
- g. Terdapat dua tahap pengujian. Tahap pertama ini dapat dihasilkan nilai kalibrasinya  $y = 1,0049x + 0,4081$  dan *R square* dengan nilai +1. Tahap kedua ini dapat dihasilkan nilai kepresisian 0,251 % dan keakurasian 97,80 % serta kesalahan relatifnya 2,20 %.

### 5.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat uji tarik komposit dengan kapasitas maksimal 1 Ton ini ada beberapa hal yang perlu disempurnakan, antara lain:

- a. Perlu adanya alas/dudukan pada bagian bawah alat untuk meminimalisir getaran.

- b. Pemilihan elemen mesin diharapkan kondisi yang baru dan atau bagus untuk mengoptimalkan nilai hasil putaran dan gaya yang dihasilkan.
- c. Penggunaan alat ukur timbangan dalam kondisi baik yang terkalibrasi di laboratorium yang berstandar.
- d. Tingkat keergonomisan ditambahkan, seperti dimensi bagian statis alat ditinggikan untuk keyamanan penggunaan bagi penguji, dan keamanan bagian elektronika instrumentasi ditekankan karena terdapat banyak kabel maupun alat-alat elektronik.
- e. Untuk digunakan penelitian lebih lanjut diharpkan dikalibrasi terlebih dahulu oleh pihak yang bersangkutan untuk mendapatkan sertifikasi alat.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim. *Titik luluh (yield point) dan kekuatan luluh (yiled strenght)*. <http://teknikmesin.org/titik-luluh-yield-point-dan-kekuatan-luluh-yield-strength/> [diakses pada 27 maret 2018].
- Askeland., D. R. 1985. *The Science and Engineering of Material*. Alternate Edition. Boston: PWS Engineering.
- ASTM D3039. Desember 2002. *Standad Test Method for Tensile Properties of Polymer-Matrix Composite*. United States: ASTM Internasional.
- ASTM Internasional. 2004. *Tensile Testing of Fiber-Reinforced composites. Tensile Testing*. Second Edition Chapter 11. United States: ASTM Internasional.
- Budiman, H. November 2016. Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) Pada Baja St37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell. *Jurnal J-Ensitec*. 3(1). 9-11.
- Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T.1955. *The Testing and Inspection of Engineering Materias*. New York USA: McGraw-Hill Book Company.
- Dieter,G.E. Terjemahan Djapri, S. 1987. *Metalurgi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Cristina, K. R., dan Lucineia, P., dan Isabel, C.N.A.M., dan Jose M., dan Paulo, F., Gustavo, H. 2015. Particle of Coffee Wated as Reinforcement in Plyhydroxybutyrate (PHB) Based Composites. *Materials Research* 18(3): 546-552.
- Herman, A. 2009. *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Universitas Indonesia: Departemen Metalurgi dan Material.
- Hosford, W.F. 2010. *Mechanical Behaviour of Material*. Second Edition, New York: Cambridge University.
- Houston, E.J. dan Kennelly, dan Arthur. 1897. *Recent Types of Dynamo-Electric Machinery*. Dalam American Technical Book Company. Newyork: P.F. Collier and Sons.
- Instrument, S. *Tensile Testing Machine*. <http://www.lab-testequipment.com/Tensile-Testing-Machine-1.html> [diakses pada 15 April 2018].

- Khurmi, R.S., dan Gupta J.K. 2004. *A Textbook of Machine Design*. S.I. Units. New Delhi: Eurasia Publishing House (Pvt) Ltd.
- Maruli, E.S. 2017. Sifat Komposit Berpenguat Serat Pinang dengan Fraksi Berat 2%, 4%, 6%, dan 8%. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Mualif, S. 2012. Pembuatan Alat Uji Tarik Material. *Skripsi*. Depok: Univesitas Indonesia.
- Pandiatmi, P., dan Okariawan, dan Emmy, dan Salman, D.S., dan Chatur, A. 30 Juni 2017. Pembuatan Mesin Uji Tarik Kapasitas Kecil bagian data akuisisi. *Dinamika Teknik Mesin* 7:45-49.
- Purna, Agustinus. 2009. *Diktat Elemen Mesin*. Universitas Tarumanegara: Fakultas Teknik.
- Shigly, J.E. 1989. *Mechanical Engineering Design*. Fifth Edition. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Sularso. 2000. *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Tony, F. 2005. *Operating instruction*. Instron Universal Testing Edition. Norword: Instron Corp.

## LAMPIRAN A. PERHITUNGAN

## A.1 Daya Penarikan

Untuk mencari beban penarikan yang dapat dicapai oleh alat ini dilakukan dengan cara menghitung beban spesimen, grip, dan kapasitas tarik oleh ulir pada *power screw*.

a. Gaya tarik spesimen

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dengan F yang diinginkan sebesar 1 Ton = 10000 kg = 9806,65 N

1.) Dengan ASTM D309, lebar = 15mm dan tebal 1 mm

$$\sigma = \frac{9806,65 \text{ N}}{15 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}} = 653,78 \text{ MPa}$$

2.) Dengan ASTM D309, lebar = 25mm dan tebal 2 mm

$$\sigma = \frac{9806,65 \text{ N}}{25 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}} = 196,13 \text{ MPa}$$

3.) Dengan ASTM D309, lebar = 25mm dan tebal 2,5 mm

$$\sigma = \frac{9806,65 \text{ N}}{25 \text{ mm} \times 2,5 \text{ mm}} = 156,13 \text{ MPa}$$

b. Beban pelat pembawa, pencekam grip, dan grip

1.) Massa grip

$$m = 279 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{279 \text{ g}}{32,92 \text{ cm}^3} = 8,47 \text{ g/cm}^3$$

2.) Massa pelat pembawa

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot V \\ &= 8,47 \text{ g/cm}^3 \cdot 29,54 \text{ cm}^3 \\ &= 250,4 \text{ g} \end{aligned}$$

3.) Massa pencekam grip atas

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot V \\ &= 8,47 \text{ g/cm}^3 \cdot 56,69 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$= 480,46 \text{ g}$$

4.) Massa mur *power screw*

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot V \\ &= 8,47 \text{ g/cm}^3 \cdot 52,89 \text{ cm}^3 \\ &= 448,27 \text{ g} \end{aligned}$$

Massa total jika tanpa beban dari spesimen uji (Kondisi Minimum)

$$= 1458,124689 \text{ g} = 1,458 \text{ kg}$$

Massa total jika disertai beban dari spesimen uji (Kondisi Maksimum)

$$= 1001458,124689 \text{ g} = 1001,458 \text{ kg}$$

Perhitungan torsi yang terjadi pada mur di *power screw*

a. Kondisi maksimum

Diketahui diameter *outside* 22 mm

$\tan \theta = 0,15$ , didapat dari koefisien pergeseran pada material baja keras sesuai tabel B.8

*Pitch screw* = 4

1.) Diameter

$$\begin{aligned} d &= d_0 - \frac{p}{2} \\ &= 22 - \frac{4}{2} = 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

2.) Sudut kemiringan *screw*

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{p}{\pi \cdot d} \\ &= \frac{4}{3,14 \cdot 20} = 0,064 \end{aligned}$$

$$\text{arc. tan } 0,064 = 3,63^\circ$$

3.) Gaya angkat

$$\begin{aligned} P &= W \tan(\alpha + \theta) \\ &= W \left[ \frac{\tan \alpha + \tan \theta}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \theta} \right] \end{aligned}$$

$$= 1001,458 \text{ kg} \left[ \frac{0,064 + 0,15}{1 - 0,064 \cdot 0,15} \right]$$

$$= 1001,458 \text{ kg} \times 0,216 = 216,004 \text{ kg}$$

4.) Torsi

$$\tau = P \cdot d/2$$

$$= 195,5847 \text{ kg} \cdot 20/2 \text{ mm}$$

$$= 1955,85 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

b. Kondisi minimum

1.) Gaya angkat

$$P = W \tan(\alpha + \theta)$$

$$= W \left[ \frac{\tan \alpha + \tan \theta}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \theta} \right]$$

$$= 1,458 \text{ kg} \left[ \frac{0,064 + 0,13}{1 - 0,064 \cdot 0,13} \right]$$

$$= 1,458 \text{ kg} \times 0,216 = 0,314 \text{ kg}$$

2.) Torsi

$$\tau = P \cdot d/2$$

$$= 0,314 \text{ kg} \cdot 20/2 \text{ mm}$$

$$= 3,14 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Perhitungan daya yang dibutuhkan untuk menarik beban dengan diketahui putaran *power screw* sebesar 3,4188 rpm

a. Kondisi maksimum

$$P = \tau \cdot \omega$$

$$= \frac{\tau \cdot 2\pi n}{1000 \cdot 60}$$

$$= \frac{1955,85}{1000} \times \frac{2 \cdot 22/7 \cdot 3,4188}{60}$$

$$= \frac{1955,85}{1000} \times \frac{2 \cdot 22/7 \cdot 3,4188}{60}$$

$$= 58 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{rad/s} \text{ (kW)}$$

$$= 79 \times 10^{-4} \text{ HP}$$

b. Kondisi minimum

$$\begin{aligned} P &= \tau \cdot \omega \\ &= \frac{\tau \cdot 2\pi n}{1000 \cdot 60} \\ &= \frac{3,14}{1000} \times \frac{2 \cdot 22/7 \cdot 3,4188}{60} \\ &= \frac{1,02}{102} \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{rad/s} \text{ (kW)} \\ &= 1,39 \times 10^{-4} \text{ HP} \end{aligned}$$

Maka penggunaan motor 1 HP = 0,735 kW bisa digunakan untuk alat uji tarik tersebut.

## A.2 Kapasitas Alat

Skema perubahan putaran dan torsi setiap langkah distribusi gaya

Motor Listrik 1 Hp 2800 rpm 255,675 kg.mm	➔	Reducer 1:50 56 rpm 12783,75 kg.mm	➔	Transmisi Pulley 1:1,26 44,444 rpm 16107,525 kg.mm	➔	Reducer 1:10 4,4444 rpm 16107,525 kg.mm	➔	Transmisi Pulley 1:1,3 3,4188 rpm 209447,05 kg.mm
--	---	---	---	---	---	--	---	--

a. Kapasitas tarikan maksimum dilihat dari distribusi gaya yang terdapat pada *power screw*

1.) Gaya angkat

$$\begin{aligned} \tau &= P \cdot d/2 \\ P &= \frac{\tau \cdot 2}{d} \\ &= \frac{209447,045 \text{ kg} \cdot \text{mm} \cdot 2}{20 \text{ mm}} \\ &= 20944,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.) Kapasitas (beban) yg dapat ditarik

$$P = W \tan(\alpha + \theta)$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{P}{\left[ \frac{\tan \alpha + \tan \theta}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \theta} \right]} \\ &= \frac{20944,70 \text{ kg}}{\left[ \frac{0,064 + 0,15}{1 - 0,064 \cdot 0,15} \right]} \\ &= \frac{20944,70 \text{ kg}}{0,21569} = 97105,589 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Kapasitas aktual

Pengunaan load cell yang berkapasitas 1000 kg (ditambah dengan massa pelat pembawa, pencekam grip, serta grip menjadi 1001,458 kg ), menyebabkan prosentase kegunaan gaya tarik spesimen dari distribusi gaya total sebesar

$$\begin{aligned} \% &= \frac{1001,458 \text{ kg}}{97105,589 \text{ kg}} \cdot 100\% \\ &= 1,03 \% \end{aligned}$$

Apabila alat tersebut terdapat kerugian, dengan mengansumsikan kerugian mekanis 60%, maka kapasitas (beban) alat tersebut :

$$\begin{aligned} W_1 &= W_0 \cdot (100 - 60) \% \\ &= 97105,58907 \text{ kg} \cdot 40 \% \\ &= 38842,24 \text{ kg} = 3,88 \text{ ton} \end{aligned}$$

### A.3 Perencanaan Kopling Cakar

Diketahui diameter dalam kopling cakar sebesar 23,8 mm, jumlah cakar 5

a. Diameter poros

$$\begin{aligned} D_1 &= 1,2 \cdot d_s + 10 \\ 23,8 \text{ mm} &= 1,2 \cdot d_s + 10 \\ d_s &= \frac{23,8 - 10}{1,2} = 11,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- b. Tegangan geser poros

$$K_t = 3,0 \text{ dan } C_b = 2$$

$$d_s = \left[ \frac{5,1}{\tau_a} \cdot 3,0 \cdot 2 \cdot 511,35 \text{ rpm} \right]^{1/3}$$

$$11,5 \text{ mm} = \left[ \frac{5,1}{\tau_a} \cdot 3,0 \cdot 2 \cdot 511,35 \text{ rpm} \right]^{1/3}$$

$$11,5 \text{ mm} = \left[ \frac{15647,31}{\tau_a} \right]^{1/3}$$

$$(11,5)^3 = \frac{15647,31}{\tau_a}$$

$$\tau_a = \frac{15647,31}{1520,875}$$

$$\tau_a = 10,29 \text{ kg/mm}^2$$

- c. Kekuatan tarik poros

$$Sf_1 = 6,0 \text{ dan } Sf_2 = 1,5$$

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{Sf_1 \cdot Sf_2}$$

$$10,29 \text{ kg/mm}^2 = \frac{\sigma_b}{6,0 \cdot 1,5}$$

$$\sigma_b = 10,29 \text{ kg/mm}^2 \cdot 9$$

$$= 92,60 \text{ kg/mm}^2$$

- d. Bahan poros

$$\sigma_b = \%C \cdot 100 + 20$$

$$92,60 = \%C \cdot 100 + 20$$

$$72,60 = \%C \cdot 100$$

Bahan poros = 0,73 % kadar karbon

e. Bahan cakar

Bahan cakar = 0,20 % kadar karbon

f. Kekuatan tarik cakar

$$\sigma_b = \%C \cdot 100 + 20$$

$$\sigma_b = 0,2 \cdot 100 + 20 = 40 \text{ kg/mm}^2$$

g. Tegangan geser cakar yang diizinkan

$$Sf_1 = 10,0 \text{ dan } Sf_2 = 5,0$$

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{Sf_1 \cdot Sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{40 \text{ kg/mm}^2}{10,0 \cdot 5,0}$$

$$= 0,8 \text{ kg/mm}^2$$

h. Diameter luar kopling

$$D_2 = 2 \cdot d_s + 25$$

$$= 2 \cdot 11,5 \text{ mm} + 25 = 48 \text{ mm}$$

i. Tinggi cakar

$$H = 0,5 \cdot d_s + 8$$

$$= 0,5 \cdot 11,5 \text{ mm} + 8 = 13,75 \text{ mm}$$

j. Jari-jari rata-rata kopling cakar

$$r_m = \frac{(D_1 + D_2)}{4}$$

$$= \frac{(23,8 + 48)}{4} = 17,95 \text{ mm}$$

k. Gaya tangensial cakar

$$F_t = \frac{T}{r_m} = \frac{255,675 \text{ kg} \cdot \text{mm}}{17,95 \text{ mm}} = 14,24 \text{ kg}$$

- l. Tegangan geser cakar

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{8}{\pi} \cdot \frac{F_t}{(D_2^2 + D_1^2)} \\ &= \frac{8}{\pi} \cdot \frac{14,24 \text{ kg}}{(23,8^2 + 48^2) \text{ mm}^2} \\ &= 0,017 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

- m. Momen tahanan lentur cakar

$$\begin{aligned} z &= \frac{1}{6} \cdot \frac{(D_2 - D_1)}{2} \cdot \left[ \frac{(D_2 + D_1)}{4 \cdot n \cdot \text{cakar}} \right]^2 \\ &= \frac{1}{6} \cdot \frac{(48 - 23,8)}{2} \cdot \left[ \frac{\pi(48 + 23,8)}{4 \cdot 5} \right]^2 \\ &= 1267,79 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

- n. Tegangan lentur cakar

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{F_t \cdot h}{n \cdot \text{cakar} \cdot z} \\ &= \frac{14,24 \text{ kg} \cdot 13,75 \text{ mm}}{5 \cdot 1267,79 \text{ mm}^3} = 0,0309 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

- o. Tegangan geser maksimum cakar

$$\begin{aligned} \tau_{max} &= \frac{\sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}}{2} \\ &= \frac{\sqrt{0,0309^2 + 4 \cdot 0,013^2}}{2} \\ &= 0,040 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :  $\tau_{max} < \tau_a \approx 0,040 \text{ kg/mm}^2 < 0,8 \text{ kg/mm}^2$

Harga dari  $\tau_{max}$  memenuhi syarat dari yang ditentukan, sehingga bahan cakar yang dipilih adalah baja liat dengan kadar karbon rendah 0,2% C

#### A.4 Pulley (Transimisi Pulley V-belt Pertama)

Diketahui :

$n_1 = 56 \text{ rpm}$  (hasil pengurangan kecepatan oleh *gearbox (reducer)* 1: 50)

$n_2 = 44,444 \text{ rpm}$

$d_k = 52 \text{ mm}$  (*pulley* penggerak)

$D_k = 64 \text{ mm}$  (*pulley* yang digerakkan)

Dengan memerhatikan diameter pulley tersebut, maka penampang sabuk yang dipilih adalah tipe M sesuai pada tabel B.2, data dari tabel tersebut memuat tinggi kaki (jarak dari diameter luar ke garis *pitch*) sebesar 2,7 mm

a. Diameter *pitch pulley* penggerak

$$d_k = d_p + 2 \cdot K$$

$$52 \text{ mm} = d_p + 2 \cdot 2,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_p &= 52 \text{ mm} - 5,4 \text{ mm} = 46,6 \text{ mm} \\ &= 47 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Diameter *pitch pulley* yang digerakkan

$$D_k = D_p + 2 \cdot K$$

$$64 \text{ mm} = D_p + 2 \cdot 2,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} D_p &= 64 \text{ mm} - 5,4 \text{ mm} = 58,6 \text{ mm} \\ &= 59 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Perbandingan reduksi

$$i = \frac{D_p}{d_p} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{59 \text{ mm}}{47 \text{ mm}} = \frac{56 \text{ rpm}}{44,444 \text{ rpm}} = 1,26$$

**A.5 V-belt (Transmisi Pulley V-belt Pertama)**

Diketahui :

$$n_1 = 56 \text{ rpm}$$

$$c \approx 196 \text{ mm}$$

$$d_p = 47 \text{ mm}$$

$$D_p = 59 \text{ mm}$$

Daya yang dibutuhkan pada saat menarik benda dengan kondisi maksimum sebesar 0,005837551 kW, dan faktor koreksi 1,5 sesuai pada tabel B.5 karena menggunakan variasi beban besar dan waktu kerja sekitar 5 jam.

a. Kecepatan linier sabuk

$$\begin{aligned} v &= \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{6000} \\ &= \frac{22/7 \cdot 47 \cdot 56}{60000} = 0,138 \text{ m/s} \end{aligned}$$

b. Panjang keliling sabuk

$$\begin{aligned} L &= 2C + \frac{\pi}{2} (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \\ &= 2 \cdot 196 \text{ mm} + \frac{22/7}{2} (59 \text{ mm} + 47 \text{ mm}) + \frac{(59 \text{ mm} - 47 \text{ mm})^2}{4 \cdot 196 \text{ mm}} \\ &= 392 \text{ mm} + 166,57 \text{ mm} + 0,18 \text{ mm} \\ &= 558,76 \text{ mm} = 559 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari lampiran tabel B.1 panjang sabuk v didapat tepat pada 559 mm dengan kode sabuk M 22

c. Jarak sumbu poros

$$\begin{aligned} b &= 2L - \pi(D_p + d_p) \\ &= 2 \cdot 559 \text{ mm} - 22/7 \cdot (59 \text{ mm} + 47 \text{ mm}) \\ &= 1118 \text{ mm} - 333,14 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 784,86 \text{ mm} = 785 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \\ &= \frac{785 + \sqrt{785^2 - 8(59 - 47)^2}}{8} \\ &= \frac{785 + 1569,27}{8} \\ &= 196,16 = 197 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Sudut kontak antara *pulley* dan *v-belt*

$$\begin{aligned} \theta &= 180^\circ - \frac{57(D_p + d_p)}{C} \\ &= 180^\circ - \frac{57 \cdot (59 - 47)}{197} \\ &= 180^\circ - 3,47 \\ &= 176,53^\circ = 176,5^\circ \\ &= 3,08 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{(D_p + d_p)}{C} &= \frac{(59 \text{ mm} - 47 \text{ mm})}{197 \text{ mm}} \\ &= 0,06 = 0,10 \end{aligned}$$

Sudut kontak *pulley* hasil dari interpolasi lampiran tabel B.4 diperoleh faktor koreksi  $K_\theta = 0,99$

e. Daya yang ditransmisikan

$$\begin{aligned} P_d &= P \cdot f_c \\ &= 0,006 \cdot 1,5 \\ &= 0,009 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel B.3, karena tidak ada nilai putaran *pulley* sekitar 56 rpm, maka diambil nilai minimal pada tabel yaitu 100 rpm

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 0,04 + \left( (0,05 - 0,04) \cdot \frac{2}{5} \right) + 0,00 \\
 &= 0,04 + 0,004 = 0,044 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

f. Jumlah sabuk efektif

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{P_d}{P_0 \cdot K_\theta} \\
 &= \frac{0,009 \text{ kW}}{0,044 \text{ kW} \cdot 0,99} \\
 &= 0,20 = 1 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

g. Gaya tarik sabuk

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \frac{F_e \cdot v}{102} \\
 F_e &= \frac{P_0 \cdot 102}{v} \\
 F_e &= \frac{0,044 \text{ kW} \cdot 102}{0,14 \text{ m/s}} = 32,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Koefisien gesek antara *v-belt* dengan bahan karet dan *pulley* dengan bahan aluminium adalah  $\mu = 0,3$

$$\begin{aligned}
 F_e &= F_1 \cdot \frac{e^{\mu\theta} - 1}{e^{\mu\theta}} \\
 32,55 &= F_1 \cdot \frac{15^{0,3 \cdot 3,08} - 1}{15^{0,3 \cdot 3,08}} \\
 32,55 &= F_1 \cdot \frac{15^{0,92} - 1}{15^{0,92}} \\
 32,55 &= F_1 \cdot \frac{12,23 - 1}{12,23} \\
 32,55 &= F_1 \cdot \frac{11,23}{12,23} \\
 32,55 &= F_1 \cdot 0,92 \\
 F_1 &= \frac{32,55}{0,92} = 35,45 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$F_2 = F_1 - F_e$$

$$F_2 = 35,45 \text{ kg} - 32,55 \text{ kg} = 2,90 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya tarik total} &= \text{Gaya tarik sisi kancang } (F_1) + \text{Gaya tarik sisi kendor } (F_2) \\ &= 35,45 \text{ kg} + 2,90 \text{ kg} \\ &= 38,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### A.6 Pulley (Transmisi Pulley V-belt Kedua)

Diketahui :

$$n_1 = 4,444 \text{ rpm} \text{ (hasil pengurangan kecepatan oleh gearbox (reducer) 1:10)}$$

$$n_2 = 3,4188 \text{ rpm}$$

$$d_k = 76 \text{ mm} \text{ (pulley penggerak)}$$

$$D_k = 97 \text{ mm} \text{ (pulley yang digerakkan)}$$

Dengan memerhatikan diameter pulley tersebut, maka penampang sabuk yang dipilih adalah tipe M sesuai pada tabel B.2, data dari tabel tersebut memuat tinggi kaki (jarak dari diameter luar ke garis *pitch*) sebesar 2,7 mm

d. Diameter *pitch pulley* penggerak

$$d_k = d_p + 2 \cdot K$$

$$76 \text{ mm} = d_p + 2 \cdot 2,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_p &= 76 \text{ mm} - 5,4 \text{ mm} = 70,6 \text{ mm} \\ &= 71 \text{ mm} \end{aligned}$$

e. Diameter *pitch pulley* yang digerakkan

$$D_k = D_p + 2 \cdot K$$

$$97 \text{ mm} = D_p + 2 \cdot 2,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} D_p &= 97 \text{ mm} - 5,4 \text{ mm} = 91,6 \text{ mm} \\ &= 92 \text{ mm} \end{aligned}$$

f. Perbandingan reduksi

$$i = \frac{D_p}{d_p} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{92 \text{ mm}}{71 \text{ mm}} = \frac{4,44 \text{ rpm}}{3,42 \text{ rpm}} = 1,3$$

### A.7 V-belt (Transmisi Pulley V-belt Kedua)

Diketahui :

$$n_1 = 4,44 \text{ rpm}$$

$$c \approx 430 \text{ mm}$$

$$d_p = 71 \text{ mm}$$

$$D_p = 92 \text{ mm}$$

Daya yang dibutuhkan pada saat menarik benda dengan kondisi maksimum sebesar 0,005837551 kW, dan faktor koreksi 1,5 sesuai pada tabel B.5 karena menggunakan variasi beban besar dan waktu kerja sekitar 5 jam.

h. Kecepatan linier sabuk

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{6000}$$

$$= \frac{22/7 \cdot 47 \cdot 4,44}{60000} = 0,017 \text{ m/s}$$

i. Panjang keliling sabuk

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C}$$

$$= 2 \cdot 430 \text{ mm} + \frac{22/7}{2} (92 \text{ mm} + 71 \text{ mm}) + \frac{(92 \text{ mm} - 71 \text{ mm})^2}{4 \cdot 430 \text{ mm}}$$

$$= 860 \text{ mm} + 256,14 \text{ mm} + 0,26 \text{ mm}$$

$$= 1116,40 \text{ mm} = 1117 \text{ mm}$$

Dari lampiran tabel B.1 panjang sabuk v didapat tepat pada 1118 mm dengan kode sabuk M 44

j. Jarak sumbu poros

$$\begin{aligned}
 b &= 2L - \pi(D_p + d_p) \\
 &= 2 \cdot 1118 \text{ mm} - \frac{22}{7} \cdot (92 \text{ mm} + 71 \text{ mm}) \\
 &= 2236 \text{ mm} - 512,29 \text{ mm} \\
 &= 1723,71 \text{ mm} = 1724 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \\
 &= \frac{1724 + \sqrt{1724^2 - 8(92 - 71)^2}}{8} \\
 &= \frac{1724 + 1722,98}{8} \\
 &= 430,87 = 431 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

k. Sudut kontak antara *pulley* dan *v-belt*

$$\begin{aligned}
 \theta &= 180^\circ - \frac{57(D_p + d_p)}{C} \\
 &= 180^\circ - \frac{57 \cdot (92 - 71)}{431} \\
 &= 180^\circ - 2,78 \\
 &= 177,22^\circ = 177,2^\circ \\
 &= 3,095 \text{ rad}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{(D_p + d_p)}{C} &= \frac{(92 \text{ mm} - 71 \text{ mm})}{431 \text{ mm}} \\
 &= 0,049 = 0,10
 \end{aligned}$$

Sudut kontak *pulley* hasil dari interpolasi lampiran tabel B.4 diperoleh faktor koreksi  $K_\theta = 0,99$

l. Daya yang ditransmisikan

$$P_d = P \cdot f_c$$

$$= 0,0058 \text{ kW} \cdot 1,5$$

$$= 0,0087 \text{ kW}$$

Dengan melihat tabel B.3, karena tidak ada nilai putaran *pulley* sekitar 4,444 rpm, maka diambil nilai minimal pada tabel yaitu 100 rpm

$$P_0 = 0,08 + 0,00$$

$$= 0,08 \text{ kW}$$

m. Jumlah sabuk efektif

$$\begin{aligned} N &= \frac{P_d}{P_0 \cdot K_\theta} \\ &= \frac{0,0087 \text{ kW}}{0,08 \text{ kW} \cdot 0,99} \\ &= 0,11 = 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

n. Gaya tarik sabuk

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{F_e \cdot v}{102} \\ F_e &= \frac{P_0 \cdot 102}{v} \\ F_e &= \frac{0,08 \text{ kW} \cdot 102}{0,14 \text{ m/s}} = 59,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

Koefisien gesek antara *v-belt* dengan bahan karet dan *pulley* dengan bahan aluminium adalah  $\mu = 0,3$

$$\begin{aligned} F_e &= F_1 \cdot \frac{e^{\mu\theta} - 1}{e^{\mu\theta}} \\ 59,19 &= F_1 \cdot \frac{15^{0,3 \cdot 3,094365264} - 1}{15^{0,3 \cdot 3,094365264}} \\ 59,19 &= F_1 \cdot \frac{15^{0,928309579} - 1}{15^{0,928309579}} \\ 59,19 &= F_1 \cdot \frac{12,359 - 1}{12,359} \\ 59,19 &= F_1 \cdot \frac{11,359}{12,359} \end{aligned}$$

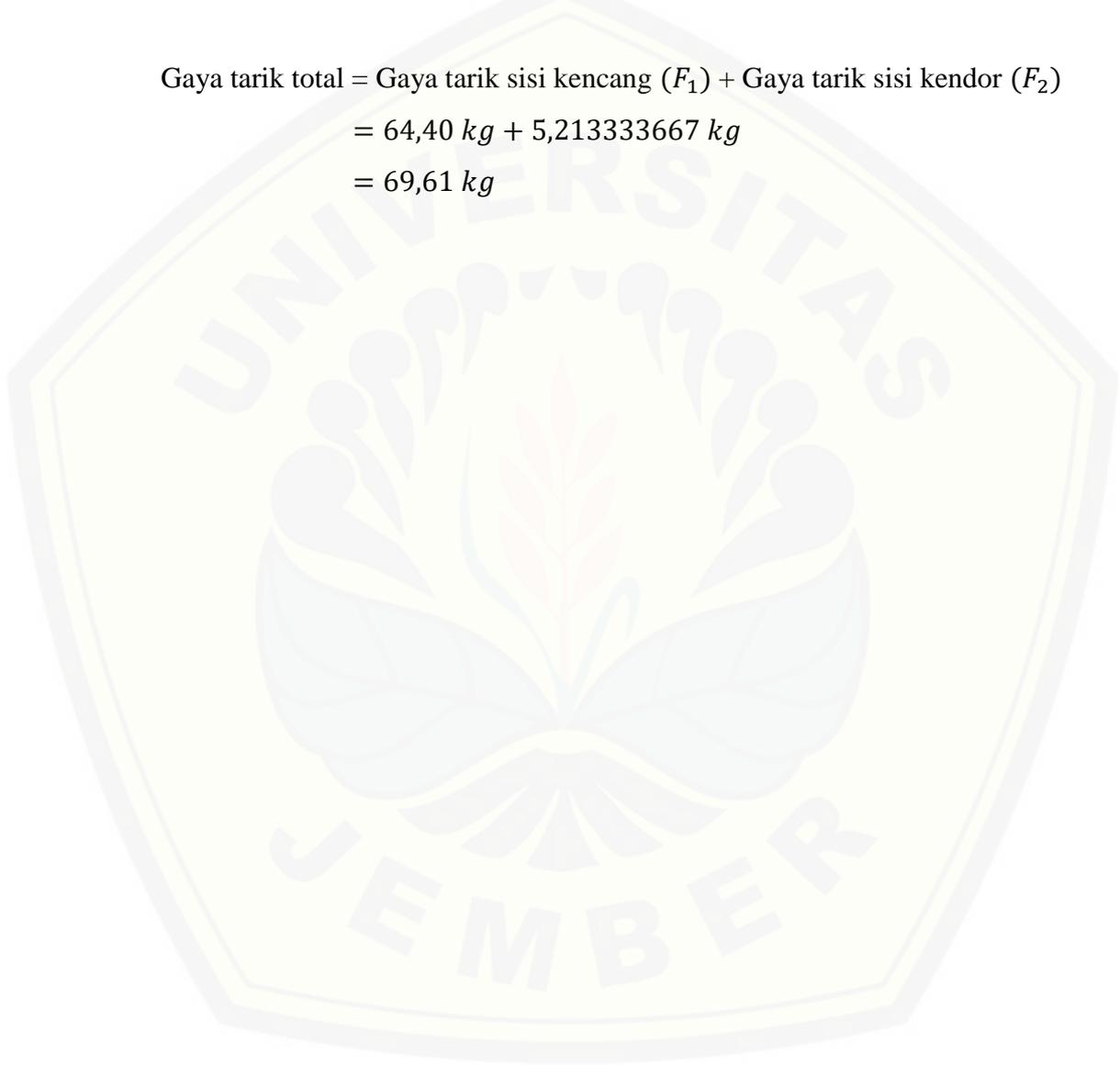
$$59,19 = F_1 \cdot 0,92$$

$$F_1 = \frac{59,19}{0,92} = 64,40 \text{ kg}$$

$$F_2 = F_1 - F_e$$

$$F_2 = 64,40 \text{ kg} - 59,19 \text{ kg} = 5,21 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya tarik total} &= \text{Gaya tarik sisi kancang } (F_1) + \text{Gaya tarik sisi kendor } (F_2) \\ &= 64,40 \text{ kg} + 5,213333667 \text{ kg} \\ &= 69,61 \text{ kg} \end{aligned}$$



LAMPIRAN B. TABEL

**B.1 Tabel Kode V-Belt Jenis M Standar JIS K 6323**

<b>Kode Belt</b>	<b>Panjang Efektif L (mm)</b>	<b>Kode Belt</b>	<b>Panjang Efektif L (mm)</b>
20	508	36	914
21	533	37	940
22	559	38	965
23	584	39	991
24	610	40	1016
25	635	41	1041
26	660	42	1067
27	686	43	1092
28	711	44	1118
29	737	45	1143
30	762	46	1168
31	787	47	1194
32	813	48	1219
33	838	49	1245
34	864	50	1270
35	889		

Sumber: Mitsuboshi, *Design Manual V-Belt JIS*

**B.2 Tabel ukuran pulley V-Belt Klasik Standar JIS B 1854**

Jenis Belt	Diameter <i>pitch</i>	$\alpha$ (°)	W	L <sub>o</sub>	K	K <sub>o</sub>	e	f
M	$50 \leq dp \leq 71$	34	9,65					
	$71 < dp \leq 90$	36	9,75	8	2,7	6,3	-	9,5
	$90 < dp$	38	9,86					
A Ax	$71 \leq dp \leq 100$	34	11,95					
	$100 < dp \leq 125$	36	12,12	9,2	4,5	8	15	10
	$125 < dp$	38	12,3					
B Bx	$125 \leq dp \leq 160$	34	15,86					
	$160 < dp \leq 200$	36	16,07	12,5	5,5	9,5	19	12,5
	$200 < dp$	38	16,29					
C CX	$200 \leq dp \leq 250$	34	21,18					
	$250 < dp \leq 315$	36	21,45	16,9	7	12	25,5	17
	$315 < dp$	38	21,72					
D	$355 \leq dp \leq 450$	36	30,77					
	$450 < dp$	38	31,14	24,6	9,5	15,5	37	24
E	$500 \leq dp \leq 630$	36	36,95					
	$630 < dp$	38	37,45	28,7	12,7	19,3	44,5	29

Sumber: Mitsubishi, *Design Manual V-Belt JIS*

### B.3 Tabel nilai daya yang ditransmisikan pulley V-Belt Klasik Jenis M

Putaran diameter <i>pitch</i> <i>pulley</i> kecil (rpm)	Nilai daya diameter <i>pitch pulley</i> kecil (kW)										Tambahkan daya (kW)			
	Ukuran diameter <i>pitch pulley</i> kecil (mm)										rasio kecepatan			
	45	50	56	63	71	75	80	90	100	112	1,01	1,06	1,27	1,57
700	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,45	0,49	0,49	0,66	0,76	0,00	0,02	0,03	0,03
950	0,21	0,28	0,35	0,43	0,53	0,57	0,63	0,63	0,85	0,99	0,00	0,02	0,04	0,04
1450	0,28	0,37	0,48	0,60	0,73	0,80	0,88	0,88	1,20	1,39	0,01	0,04	0,05	0,07
2850	0,42	0,58	0,76	0,97	1,21	1,32	1,32	1,46	2,00	2,31	0,01	0,07	0,11	0,13
100	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,11	0,12	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
200	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,20	0,23	0,26	0,00	0,01	0,01	0,01
300	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,28	0,32	0,37	0,00	0,01	0,01	0,01
400	0,11	0,14	0,18	0,22	0,26	0,28	0,32	0,36	0,41	0,48	0,00	0,01	0,01	0,02
500	0,14	0,17	0,21	0,26	0,31	0,34	0,37	0,44	0,50	0,58	0,00	0,01	0,02	0,02
600	0,15	0,20	0,24	0,30	0,36	0,39	0,43	0,51	0,68	0,67	0,00	0,02	0,02	0,03
700	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,45	0,49	0,58	0,66	0,76	0,00	0,02	0,03	0,03
800	0,19	0,24	0,31	0,38	0,46	0,50	0,55	0,64	0,74	0,85	0,00	0,02	0,03	0,04
900	0,21	0,27	0,33	0,41	0,50	0,55	0,60	0,71	0,82	0,94	0,00	0,02	0,03	0,04
1000	0,22	0,29	0,36	0,45	0,55	0,60	0,66	0,77	0,89	1,03	0,00	0,02	0,04	0,05

Sumber: Mitsubishi, *Design Manual V-Belt JIS*

Tabel B.4 Faktor Koreksi  $K\theta$  pada *Pulley*

$\frac{dp-Dp}{c}$	Sudut Kontak <i>Pulley</i> $\theta(^{\circ})$	Faktor Koreksi
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77
1,30	9	0,73
1,40	90	0,70
1,50	83	0,65

Sumber: Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin

Tabel B.5 Faktor Koreksi pada *Belt*

Mesin yang digerakkan	Penggerak					
	Momen puntir puncak < 200%			Momen puntir puncak > 200 %		
	Motor arus bolak balik (momen normal, sangkar bajing, sinkron), motor arus searah (lilitan shunt)			Motor arus bolak-balik (momen tinggi, fasa tunggal, lilitan seri), motor arus searah (lilitan kompon, lilitan seri), mesin torak, kopling tak tetap		
	Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
	3-5 jam	8 - 10 jam	16 - 24 jam	3-5 jam	8 - 10 jam	16 - 24 jam
Variasi beban sangat kecil Pengaduk zat cair, kipas angin, blowe (sampai 7,5 kW) pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan	1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Variasi beban kecil Konveyor sabuk (pasir, batu bara), pengaduk, kipas angin (lebih dari 7,5 kW) mesin torak, peluncur, mesin perkakas, mesin percetakan	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Variasi beban sedang Konevyor (ember, sekrup), pompa torakm kompresor, gilingan palu, pengocok, roots-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Variasi beban besar Penghancur, gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2

Sumber: Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin

**Tabel B.6 Diameter Dasar Ulir Persegi Satuan mm (Seri Halus) Sesuai IS:  
4694 - 1968**

Diameter nominal	Diameter luar		Diameter dalam	Pitch	Tinggi ulir		Luas inti (mm)
	Baut	Mur			Baut	Mur	
10	10	10,5	8				50,3
12	12	12,5	10				78,5
14	14	14,5	12	2	1	1,25	113
16	16	16,5	14				154
18	18	18,5	16				201
20	20	20,5	18				254
22	22	22,5	19				284
24	24	24,5	21				346
26	26	26,5	23				415
28	28	28,5	25				491
30	30	30,5	27				573
32	32	32,5	29				661
34	34	34,5	31				755
36	36	36,5	33				855
38	38	38,5	35				962
40	40	40,5	37	3	1,5	1,75	1075
42	42	42,5	39				1195
44	44	44,5	41				1320
46	46	46,5	43				1452
48	48	48,5	45				1590
50	50	50,5	47				1735
52	52	52,5	49				1886
55	55	55,5	52				2124
58	58	58,5	55				2376
60	60	60,5	57				2552
62	62	62,5	59				2734
65	65	65,5	61				2922
68	68	68,5	64				3217
70	64	64,5	60				3421
72	66	66,5	62	4	2	2,25	3632
75	68	68,5	64				3959
78	70	70,5	66				4301
80	72	72,5	68				4536
82	74	74,5	70				4778

85	76	76,5	72				5153
88	78	78,5	74				5542
90	80	80,5	76				5809
92	82	82,5	78				6082
95	84	84,5	80				6504
98	86	86,5	82				6960
100	88	88,5	84				7238
105	90	90,5	86				8012
110	92	92,5	88				8825
115	115	115,5	109				9331
120	120	120,5	114				10207
125	125	125,5	119				11122
130	130	130,5	124				12076
135	135	135,5	129				13070
140	140	140,5	134				14103
145	145	145,5	139	6	3	3,25	15175
150	150	150,5	144				16286
155	155	155,5	149				17437
160	160	160,5	154				18627
165	165	165,5	159				19856
170	170	170,5	164				21124
175	175	175,5	169				22432

Sumber: Khurmi, R.S. J.K. Gupta. *A Textbook of Machine Design*

**Tabel B.7 Koefisien Gesek pada Setiap Kondisi di *Power Screw***

<b>Kondisi</b>	<b>Rata-rata koefisien gesek</b>	
	<b>Permulaan</b>	<b>Berjalan</b>
Material dengan kualitas dan kecakapan kerja yang tinggi	0,14	0,10
Material dengan kualitas dan kecakapan kerja yang rata-rata	0,18	0,13
Kecakapan kerja rendah atau sangat pelan dan pengabaian pelumasan	0,21	0,15

Sumber: Khurmi, R.S. J.K. Gupta. *A Textbook of Machine Design*

**Tabel B.8 Koefisien Gesek pada *Thrust Collar* di *Power Screw***

<b>Bahan</b>	<b>Rata-rata koefisien gesek</b>	
	<b>Permulaan</b>	<b>Berjalan</b>
Baja lunak pada besi tuang	0,17	0,12
Baja keras pada besi tuang	0,15	0,09
Baja lunak pada perunggu	0,10	0,08
Baja keras pada perunggu	0,08	0,06

Sumber: Khurmi, R.S. J.K. Gupta. *A Textbook of Machine Design*

LAMPIRAN C. GAMBAR

**C.1 Penggerindraan**

**a. Pemotongan**



**b. Penghalusan**



**c. Hasil Penggerindraan**



**C.2 Pengelasan**

**a. Penyambungan**

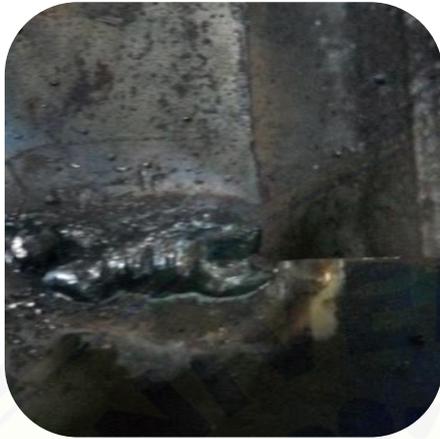




**b. Pembersihan Torak**



**c. Hasil Pengelasan**

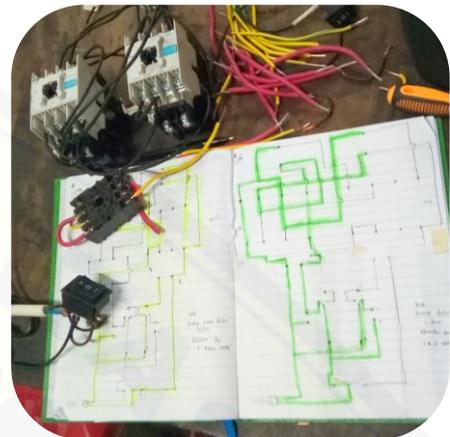


**C.3 Penginstrumentasian**

**a. Pemasangan Load Cell**



**b. Wiring Diagram**



**c. Pengatur arah putaran mesin**



d. Pemrograman Arduino

```

Sketch Tools Help
[Icons]
uji_tank
// units < 0? {
  units = 0.00;
}
nilai = analogRead(Pin);
gram = (units * 1.682 * 0.9989);
ma = ((-0.0256 * nilai) + 25.566);
if (ma < 0) {
  ma = 0.00;
}
kg = ((gram * 1.0449) + 0.4081) / 1000.00;
Serial.print("\n");
Serial.print(kg);
Serial.print("\n");
Serial.print(ma);
Serial.println("\n");
(kg, ma);
delay(100);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("g : ");
lcd.print(kg, 2);
lcd.print(" kg ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.write(1);
lcd.print("l : ");
lcd.print(ma, 2);
lcd.print(" ma ");
delay(100);
    
```

C.4 Pengujian

a. Timbangan uji



**c. Proses Pegujian**



d. Proses pengambilan data

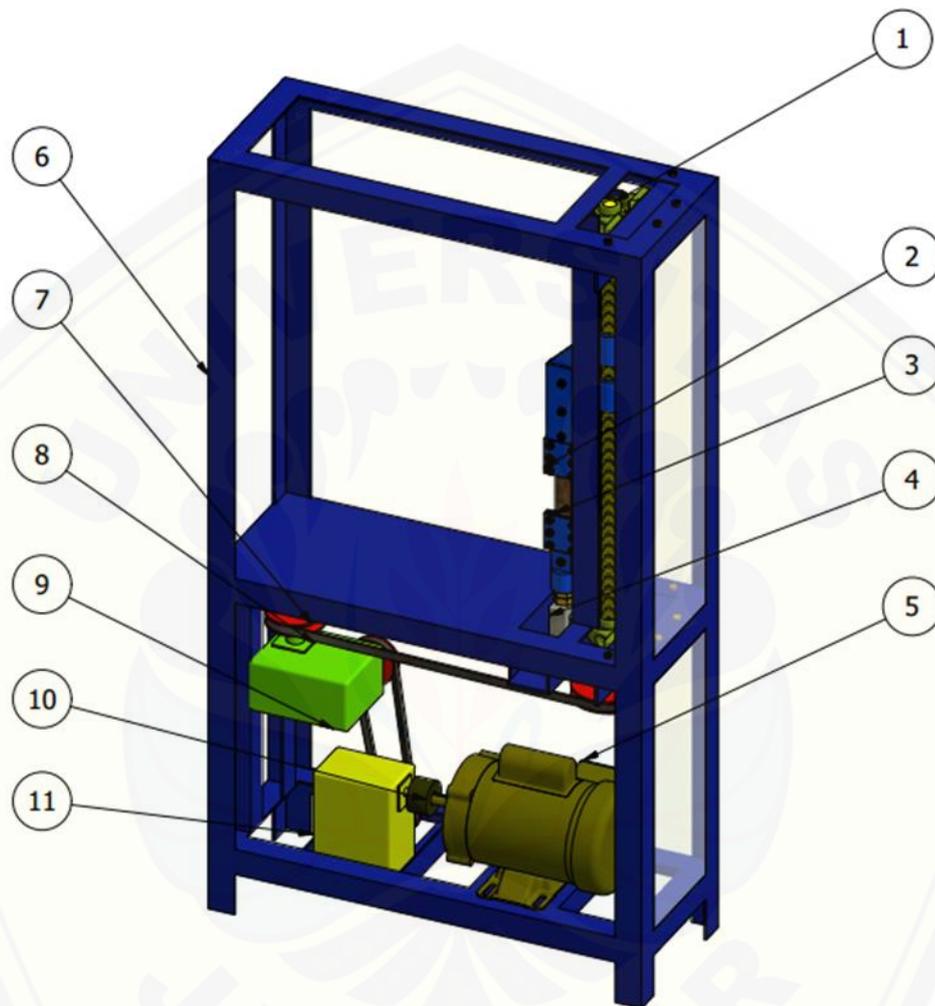




C.5 Gambar Jadi



LAMPIRAN D. SOP (STANDAR OPERATING PROCEDURES)

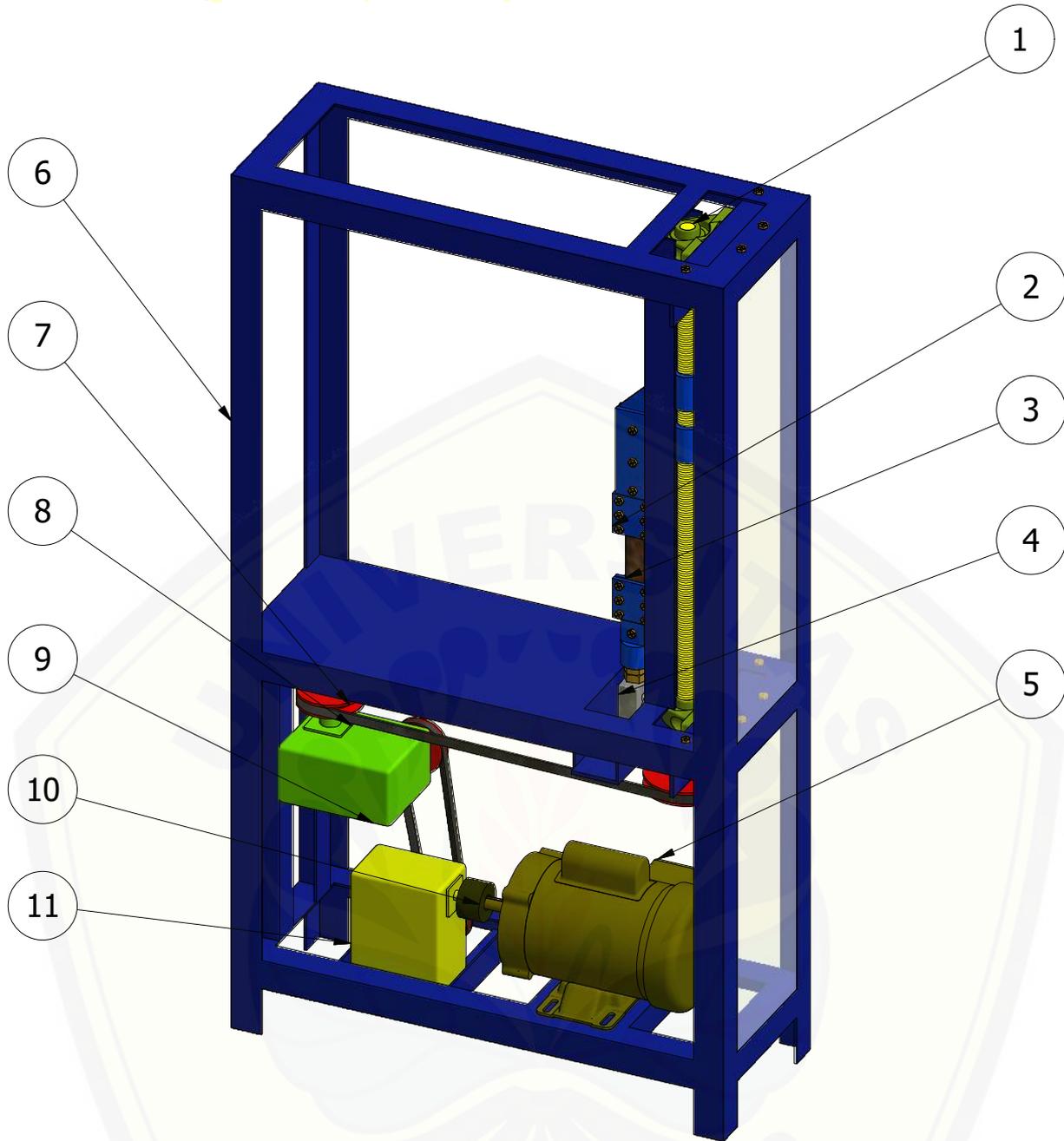


Keterangan:

- |                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| 7. Rangka                    | 7. Pintu         |
| 8. Grip                      | 8. V-belt        |
| 9. Spesimen / Bahan Uji Alat | 9. Pulley        |
| 10. Load Cell                | 10. Gearbox 1:50 |
| 11. Power Screw              | 11. Gearbox 1:10 |
| 12. Kotak Panel              | 12. Koping Cakar |

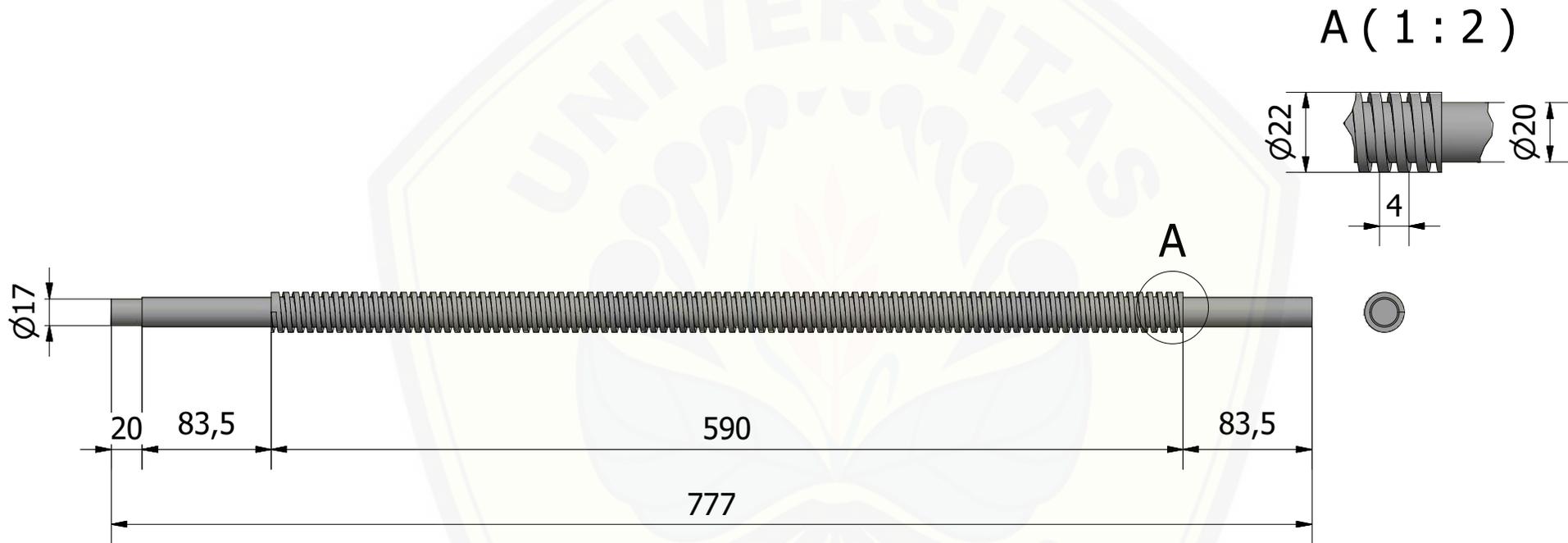
**Berikut ini adalah langkah atau prosedur mengoperasikan alat uji tarik:**

- 14.) Periksa kondisi mesin dalam keadaan baik, dimulai dari bagian statis, elemen mesin, maupun elektronika instrumentasi
- 15.) Lekatkan spesimen uji dengan cara mencekamkan didalam penjepit *grip*, kemudian ikatkan dengan menggunakan baut mur pada sisi penjepit.
- 16.) Taruh penjepit *grip* di pelat dengan cara mengencangkan baut mur.
- 17.) Pasang sensor load cell pada bagian bawah penjepit *grip*. Aktifkan *display* serial monitor pada program arduino di PC / laptop.
- 18.) Setelah semua sudah pada kondisi siap, atur tombol arah CW (*clockwise*).
- 19.) Tekan tombol On untuk memulai pengujian.
- 20.) Amati hasil pengujian sampai spesimen uji sudah dalam keadaan putus, kemudian tekan tombol Off.
- 21.) *Copypaste* hasil pengujian ke program excel atau sejenisnya untuk olah data.
- 22.) Buat grafik hasil pengujian, tentukan nilai perilaku mekanik, seperti *proportionality limit, elastic limit, yield point, yield strength, ultimate tensile strength, breaking strength, ductility, modulus of elasticity, modulus of resilience, modulus of toughness*.
- 23.) Lepas kaitan penjepit *grip* untuk mengambil bagian komposit yang terputus.
- 24.) Atur tombol arah CCW (*counter clockwise*), kemudian tekan tombol On untuk mengembalikan posisi semula.
- 25.) Setelah sudah pada posisi pas untuk pengulangan pengujian tekan tombol Off.
- 26.) Ulangi langkah dari 2 ke 12 untuk memulai pengujian baru.

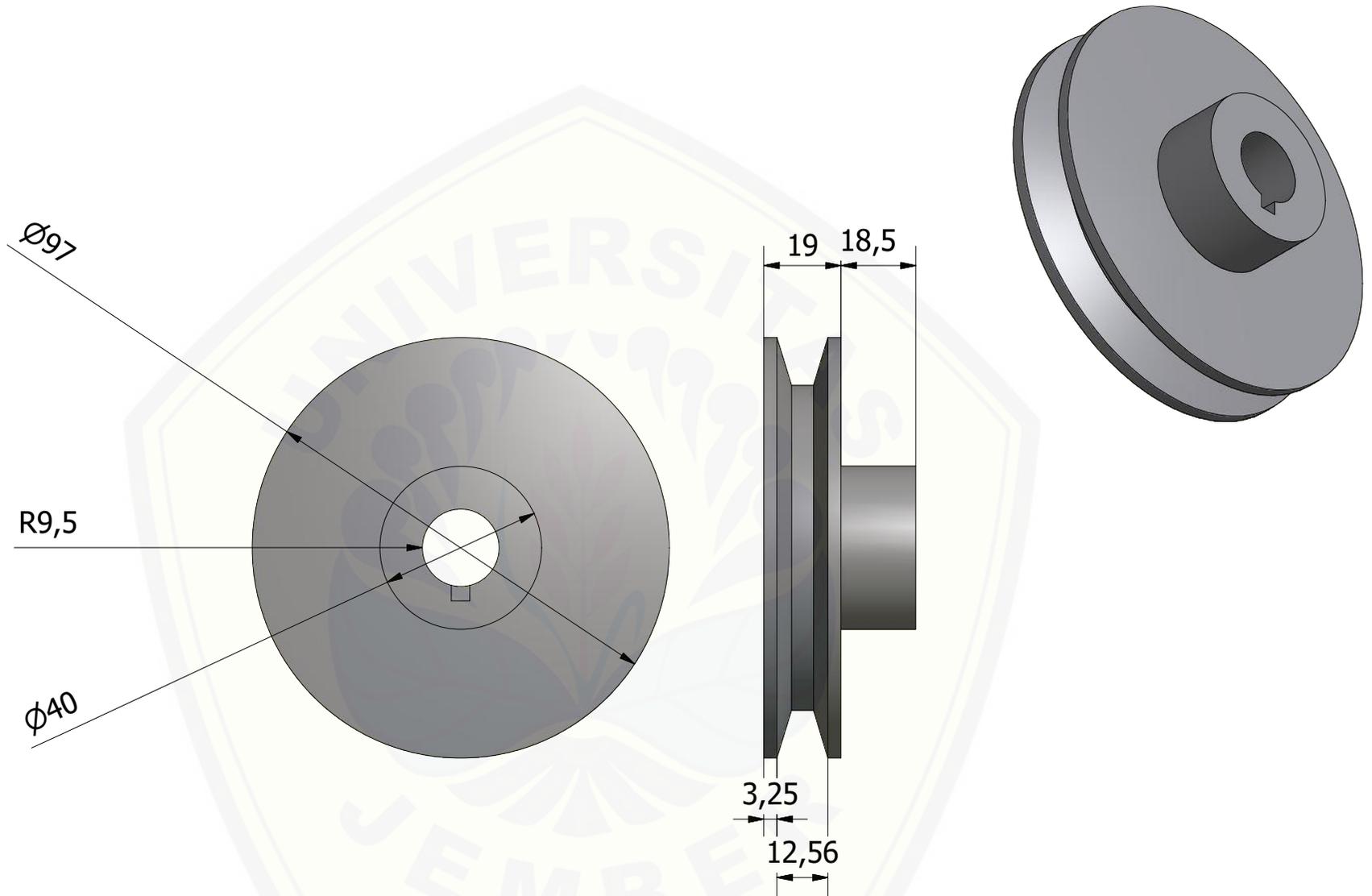


11	Gearbox 1:50	Baja	1	
10	Kopling Cakar	S20C	1	
9	Gearbox 1:10	Baja	1	
8	V-belt	Rubber	2	
7	Pulley	Besi Tuang	4	
6	Rangka	Baja	1	
5	Motor Listrik	Kumparan Kawat Baja	1	
4	Load Cell	Aluminium Paduan	1	
3	Spesimen/Bahan Pengujian	Metal / Komposit / Keramik	1	
2	Penjepit Grip	Pelat Baja	2	
1	Poros Power Screw	SNC 21	1	
No	Nama	Bahan	Jumlah	Keterangan

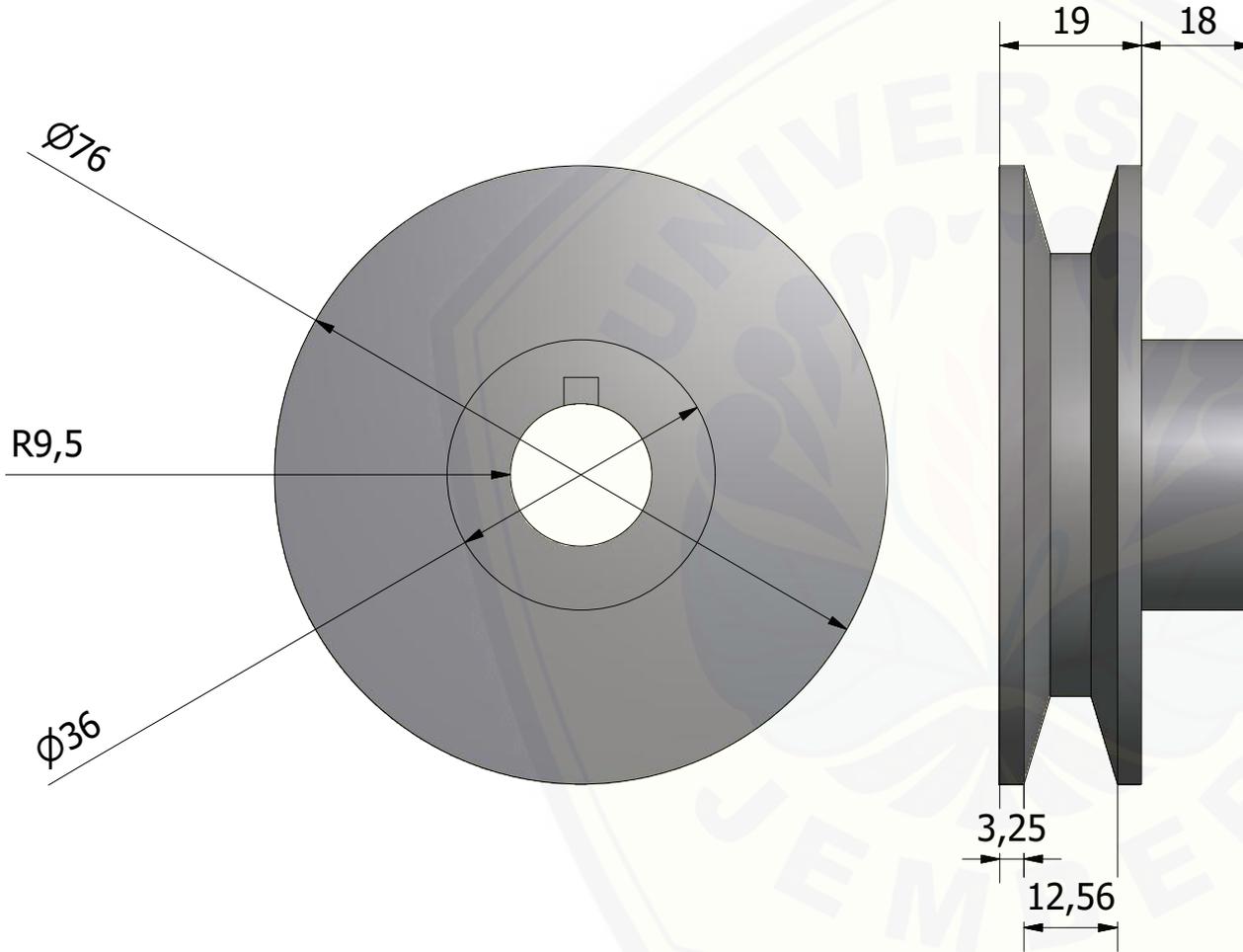
<b>TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER</b>	Skala : 1 : 8	Digambar : Romi Riah Al Wafi	Keterangan :	
	Satuan : mm	NIM : 151903101021		
	Tanggal : 13-03-2018	Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.		
<b>Rancang Bangun Alat Uji Tarik Kapasitas Maksimal 1 Ton</b>		<b>No : 1</b>	<b>A4</b>	

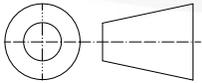


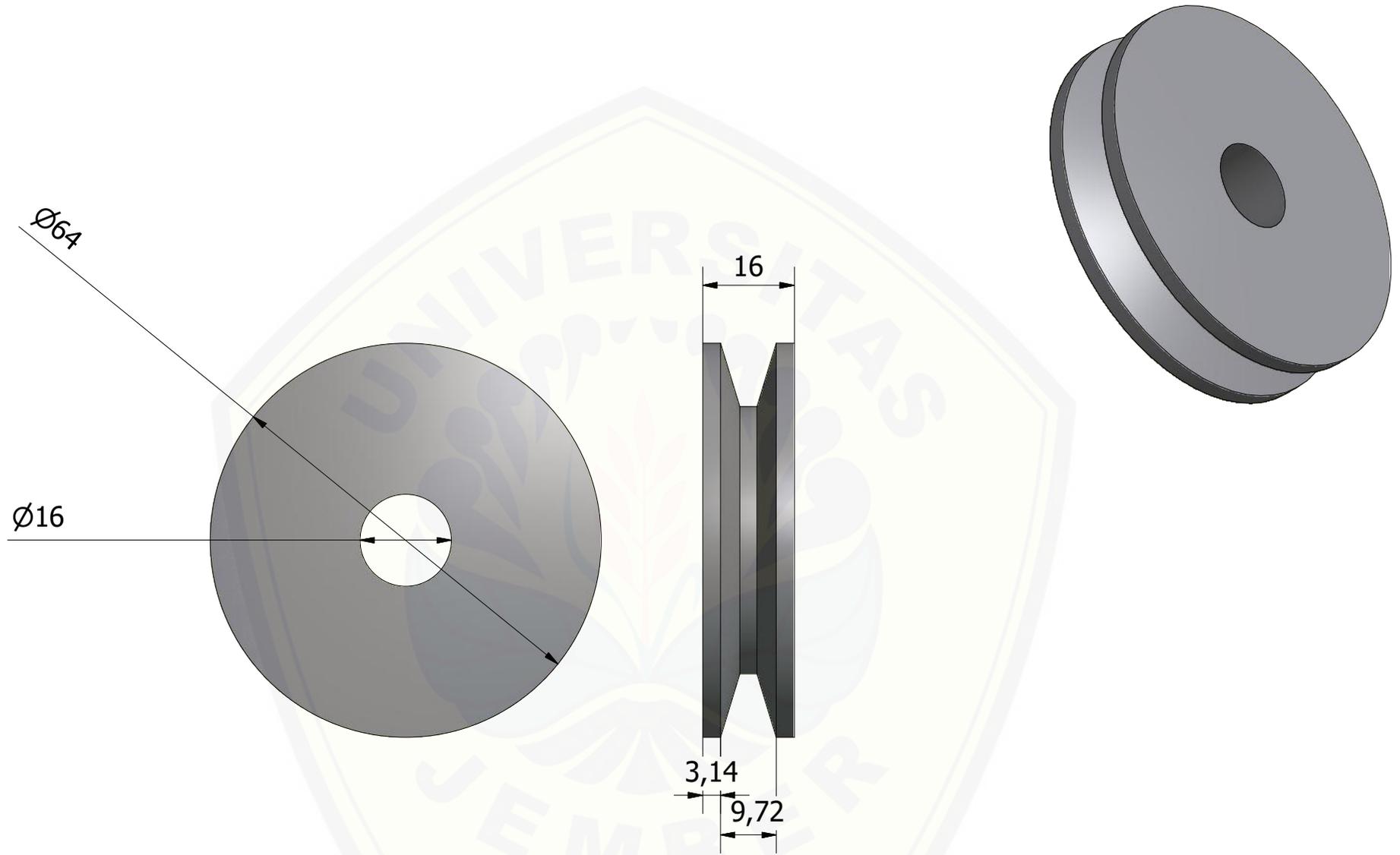
	Skala : 1 : 4	Digambar : Romi Riah Al Wafi	Keterangan :		
	Satuan : mm	NIM : 151903101021			
	Tanggal : 02-04-2018	Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.			
<b>TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER</b>		<b>Poros Power Screw</b>		No : 2	<b>A4</b>



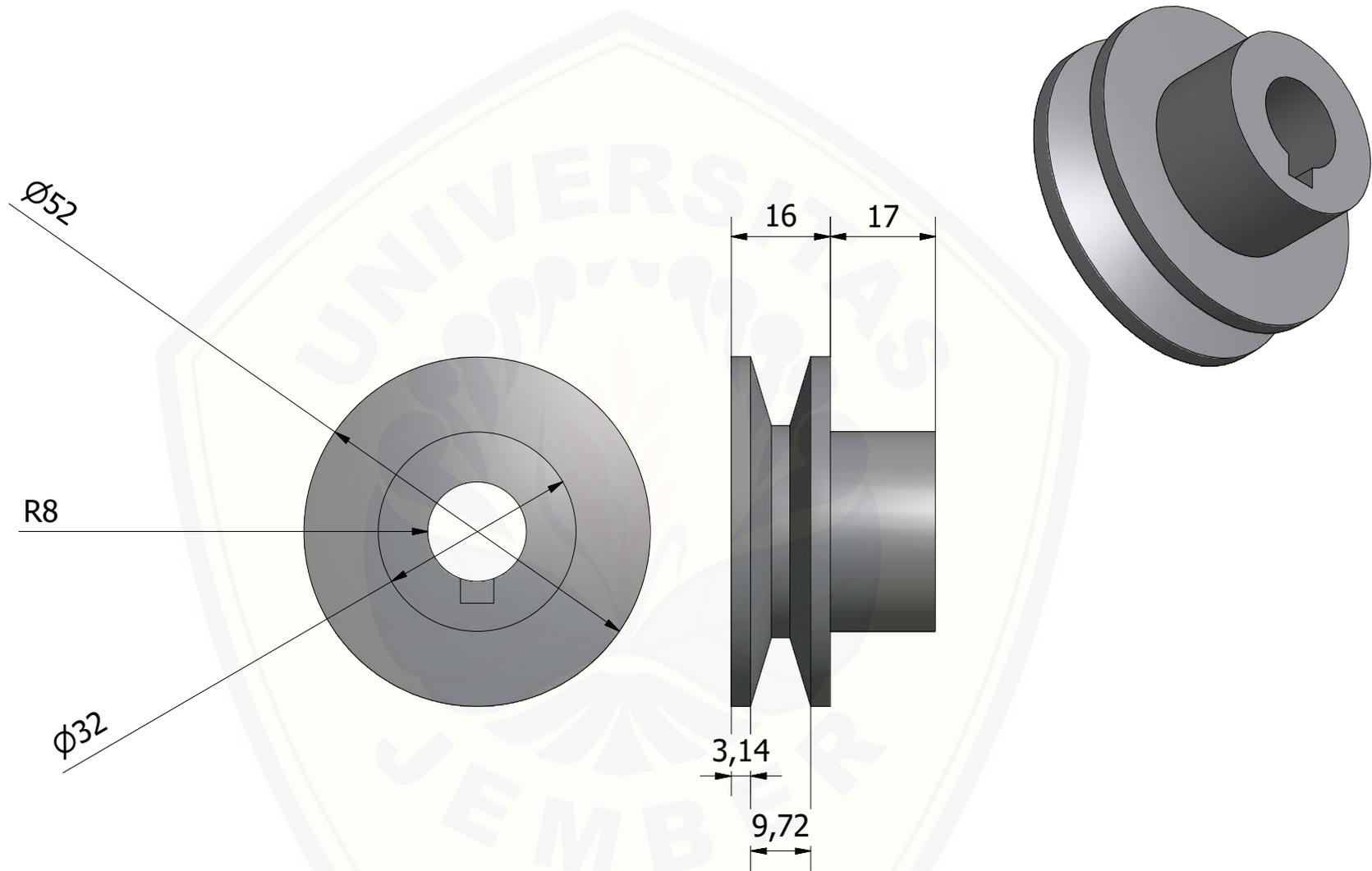
	Skala : 1 : 1,5	Digambar : Romi Riah Al Wafi	Keterangan :		
	Satuan : mm	NIM : 151903101021			
	Tanggal : 02-04-2018	Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.			
<b>TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER</b>		<b>Pulley dp 92 mm</b>		No : 3	<b>A4</b>

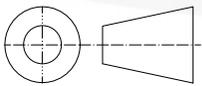


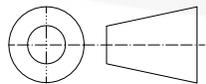
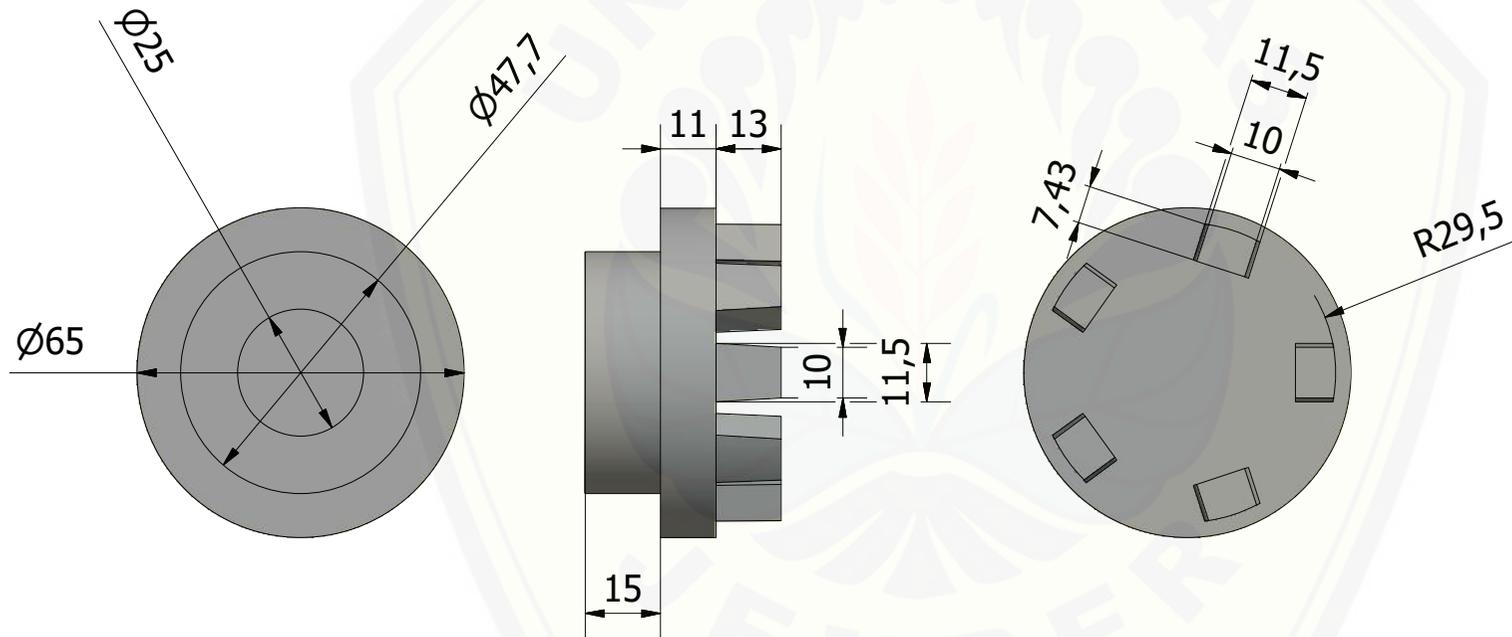
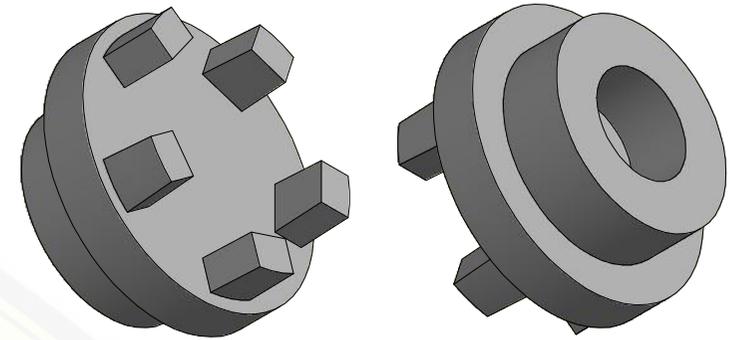
	Skala : 1 : 1	Digambar : Romi Riah Al Wafi	Keterangan :		
	Satuan : mm	NIM : 151903101021			
	Tanggal : 02-04-2018	Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.			
<b>TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER</b>		<b>Pulley dp 71 mm</b>		No : 4	<b>A4</b>



	Skala : 1 : 1	Digambar : Romi Riah Al Wafi	Keterangan :		
	Satuan : mm	NIM : 151903101021			
	Tanggal : 02-04-2018	Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.			
<b>TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER</b>		<b>Pulley dp 59 mm</b>		No : 5	<b>A4</b>



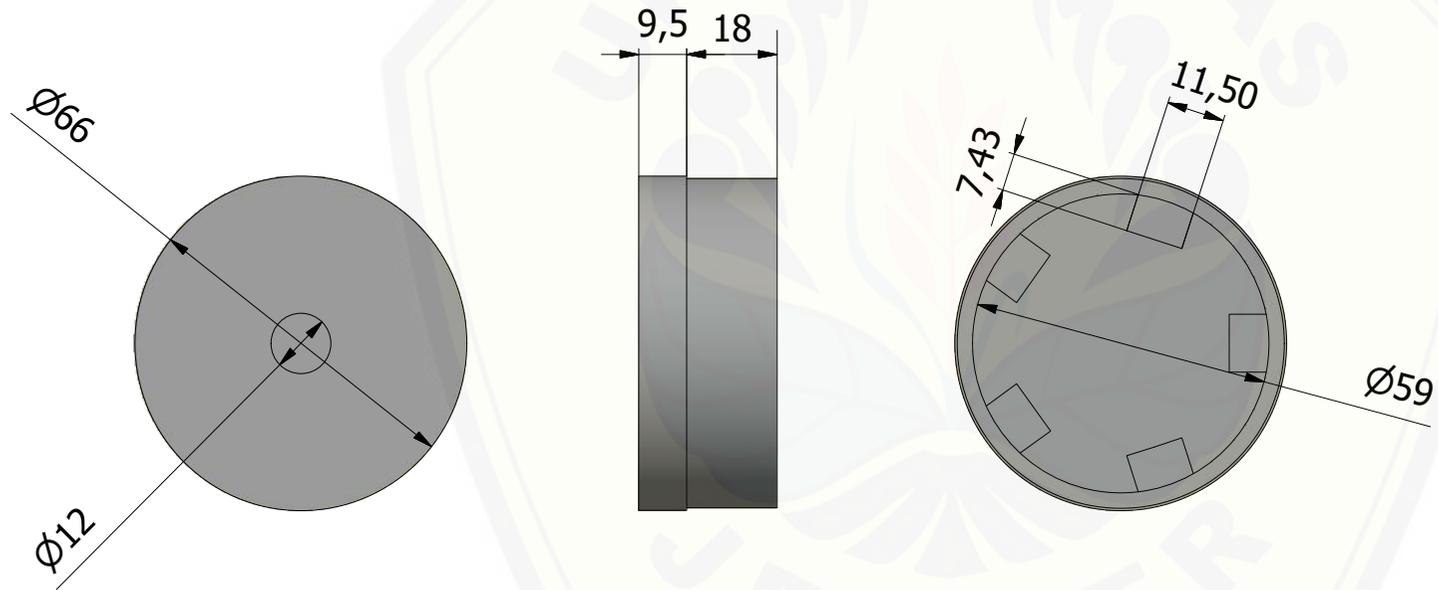
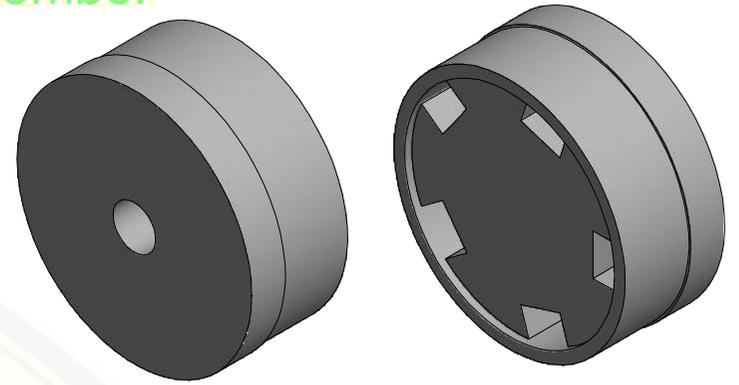
	Skala : 1 : 1	Digambar : Romi Riah Al Wafi	Keterangan :		
	Satuan : mm	NIM : 151903101021			
	Tanggal : 02-04-2018	Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.			
<b>TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER</b>		<b>Pulley dp 47 mm</b>		No : 6	<b>A4</b>



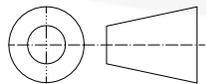
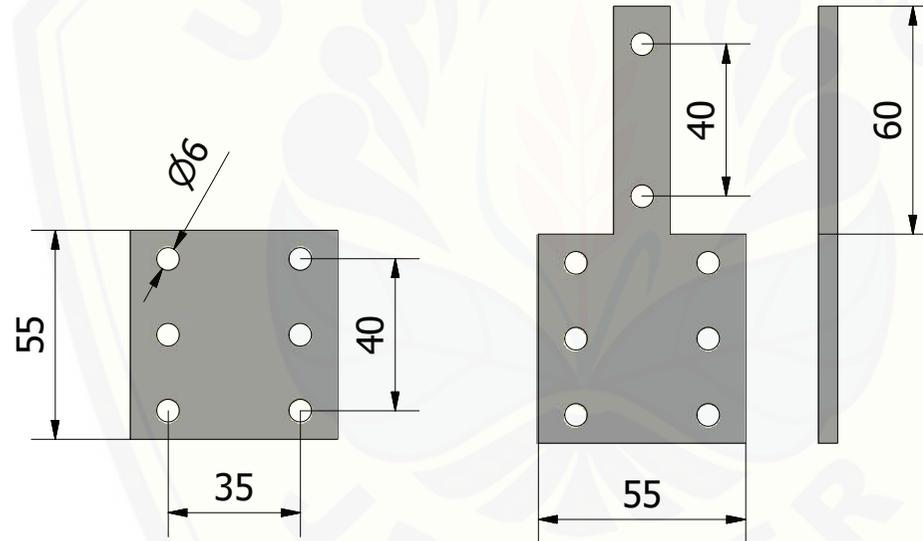
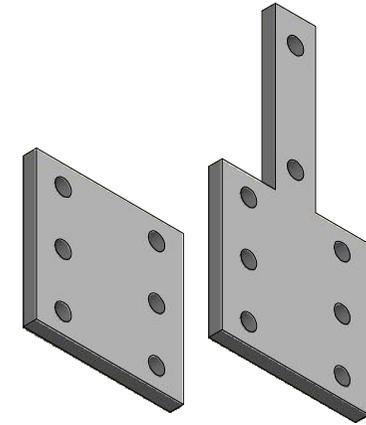
Skala : 1 : 1,5  
 Satuan : mm  
 Tanggal : 02-04-2018

Digambar : Romi Riah Al Wafi  
 NIM : 151903101021  
 Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

Keterangan :



	Skala : 1 : 1,5	Digambar : Romi Riah Al Wafi	Keterangan :		
	Satuan : mm	NIM : 151903101021			
	Tanggal : 02-04-2018	Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.			
<b>TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER</b>		<b>Kopling Cakar bagian b</b>		No : 8	<b>A4</b>



Skala : 1 : 2  
 Satuan : mm  
 Tanggal : 02-04-2018

Digambar : Romi Riah Al Wafi  
 NIM : 151903101021  
 Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

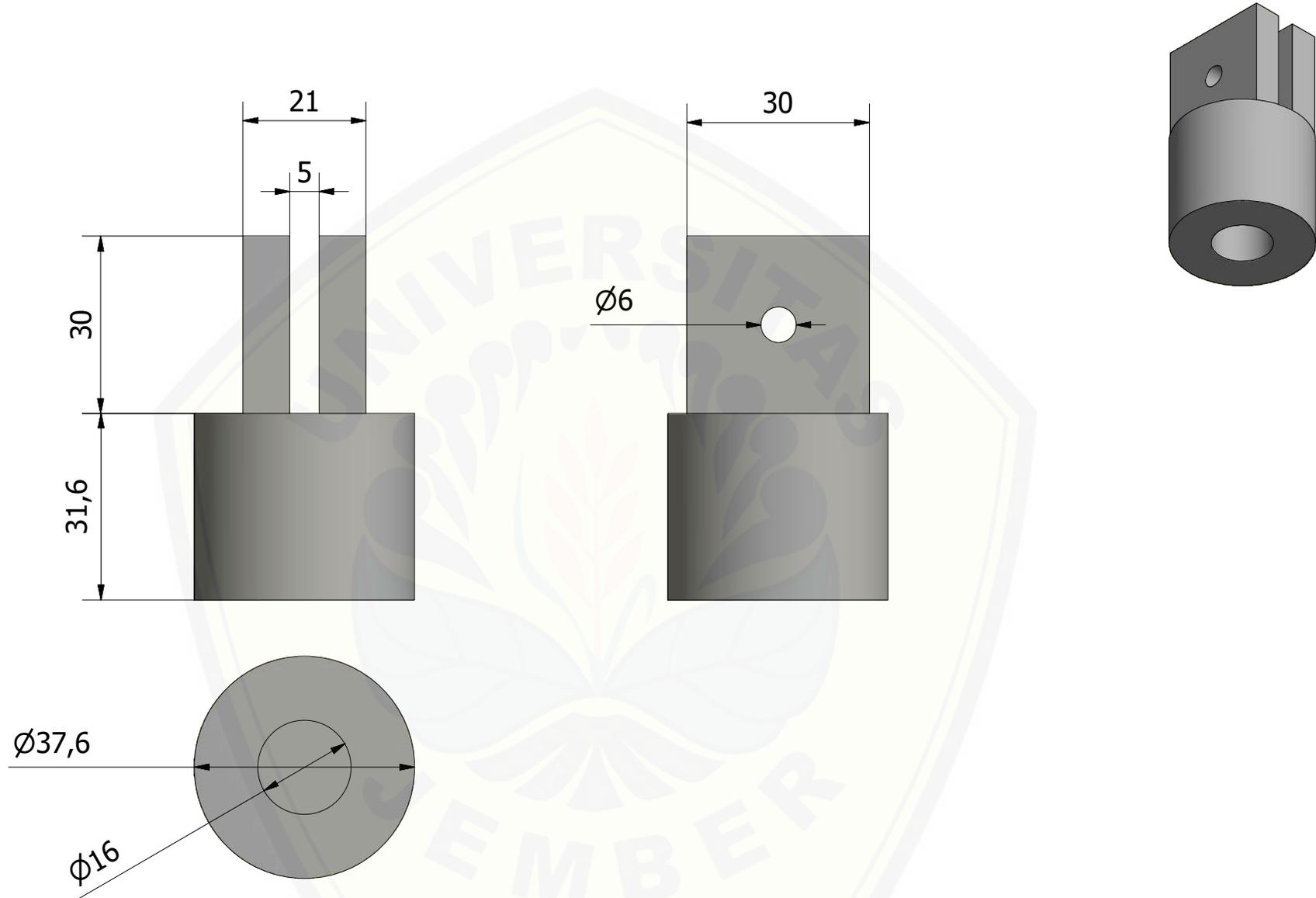
Keterangan :

**TEKNIK MESIN  
 UNIVERSITAS JEMBER**

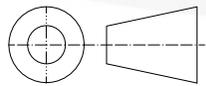
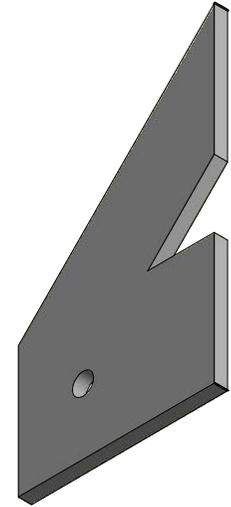
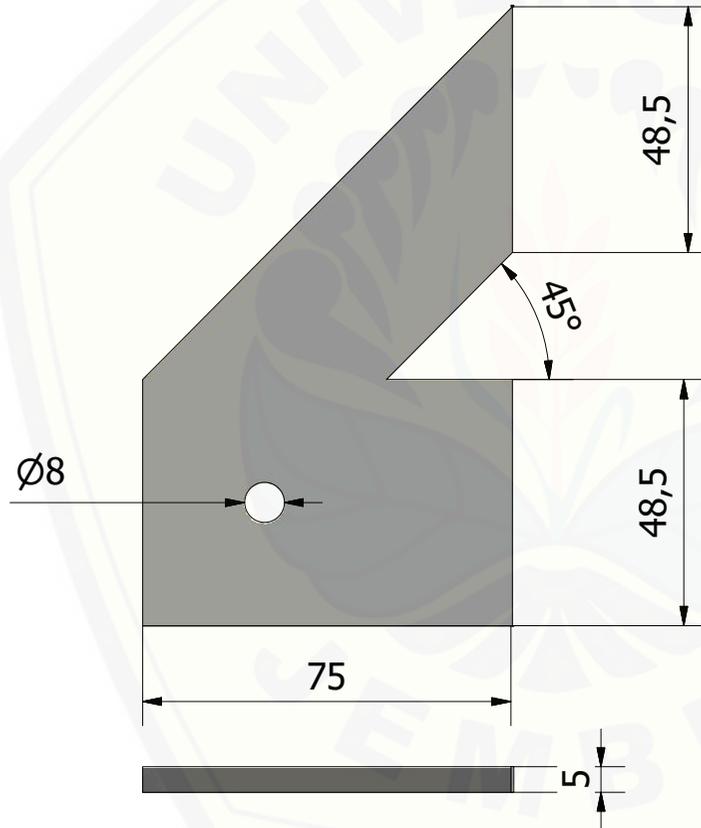
**Grip Penjepit Spesimen**

No : 9

**A4**



	Skala : 1 : 1	Digambar : Romi Riah Al Wafi	Keterangan :		
	Satuan : mm	NIM : 151903101021			
	Tanggal : 02-04-2018	Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.			
<b>TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER</b>		<b>Mur Penyangga Load Cell</b>		No : 10	<b>A4</b>



Skala : 1 : 2  
 Satuan : mm  
 Tanggal : 02-04-2018

Digambar : Romi Riah Al Wafi

NIM : 151903101021

Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

Keterangan :

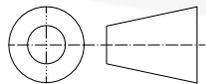
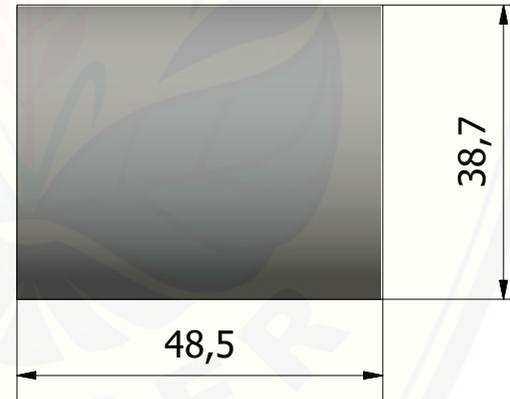
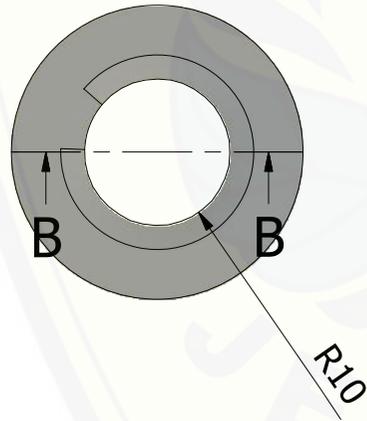
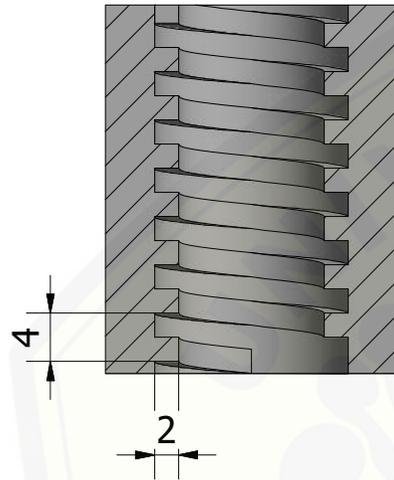
**TEKNIK MESIN  
 UNIVERSITAS JEMBER**

**Pelat penghubung Mur Power Screw  
 dengan Penjepit Grip**

No : 11

**A4**

B-B ( 1 : 1 )



Skala : 1 : 1  
 Satuan : mm  
 Tanggal : 02-04-2018

Digambar : Romi Riah Al Wafi  
 NIM : 151903101021  
 Diperiksa : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

Keterangan :

**TEKNIK MESIN  
 UNIVERSITAS JEMBER**

**Mur pada Power Screw**

No : 12

**A4**