



**RANCANG BANGUN MESIN CNC BUBUT KAYU
(BAGIAN STATIS)**

PROYEK AKHIR

Oleh
Bahtiar Faton Al Ghani
NIM 131903101001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**RANCANG BANGUN MESIN CNC BUBUT KAYU
(BAGIAN STATIS)**

PROYEK AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (DIII) dan mencapai gelar Ahli Madya

Oleh :

Bahtiar Faton Al Ghani

NIM 131903101001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MEKANIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Proyek akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Anis Harnaini dan Ayahanda Abd. Gani, S.sos yang tercinta, terima kasih atas pengorbanan, usaha, kasih sayang, dorongan, nasehat dan air mata yang menetes dalam setiap untaian do'a yang senantiasa mengiringi setiap langkah bagi perjuangan dan keberhasilan penulis;
2. Guru-guru sejak TK hingga SMA, dosen, dan seluruh civitas akademika Universitas Jember khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin yang telah menjadi tempat menimba ilmu dan telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran;
3. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

MOTTO

Barang siapa yang menempuh suatu jalan untuk menuntut ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga.

(terjemahan HR Muslim)*)

atau

Don't worry about a thing, every little thing's is gonna be alright.

(Bob Marley)

atau

Solidarity Forever

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bahtiar Faton Al Ghani

NIM : 131903101001

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proyek Akhir dengan judul ” Rancang Bangun Mesin CNC Bubut Kayu (Bagian Statis)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab tanpa ada unsur pemaksaan serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2016

Yang Menyatakan,

Bahtiar Faton Al Ghani
131903101001

PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN MESIN CNC BUBUT KAYU
(BAGIAN STATIS)**

Oleh
Bahtiar Faton Al Ghani
NIM 131903101001

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T.

PENGESAHAN PROYEK AKHIR

Proyek akhir berjudul ” Rancang Bangun Mesin CNC Bubut Kayu (Bagian Statis)”
telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari, tanggal : Jum’at, 24 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Tim Penguji,

Ketua,

Sekretaris,

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

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

Anggota I,

Anggota II,

Dr. R. Koekoeh KW., S.T., M.Eng
NIP. 19670708 199412 1 001

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP. 19850117 201212 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Rancang Bangun Mesin CNC Bubut Kayu (Bagian Statis); Bahtiar Faton Al Ghani, 131903101001; 2016; 87 halaman; Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Perkembangan zaman dan perkembangan ilmu pengetahuan, baik ilmu sains maupun sosial khususnya ilmu teknologi dibidang manufaktur. Teknologi industri akhir-akhir ini sangat berkembang pesat dan sangat diperlukan baik dibidang teknologi itu sendiri maupun sering dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Sebagai contoh mesin CNC (*Computer Numerical Control*) bubut kayu untuk membuat bermacam aksesoris pada meja, kursi, dan bahan furniture lainnya dengan ukuran yang sama.

Tujuan pembuatan mesin CNC bubut kayu adalah dapat memperingan pekerja dalam proses pembuatan ataupun melakukan pembubutan bahan dari kayu.

Cara kerja mesin ini adalah kayu sebagai bahan untuk pembuatan furnitur seperti kaki pada meja, pegangan pada pintu dan lain-lain, sebagaimana mesin ini dapat melakukan proses pembubutan kayu secara otomatis dengan bantuan program yang telah dibuat untuk dijalankan sebagaimana perintah pada program tersebut. Bor tangan yang digunakan sebagai motor penggerak dan kayu dicekam pada chuck dan tailstock, dan eretan digunakan untuk proses gerakannya pahat pada alat ini. gerak pahat sendiri dilakukan sesuai dengan perintah program yang telah dibuat.

Mesin CNC bubut kayu merancang rangka, pengelasan dan mur baut, dalam mesin CNC bubut ini panjang rangka yaitu 1000mm dan lebar 500mm. Untuk bahan rangka yang digunakan adalah 35mm x 35mm x 3mm. Mur baut yang digunakan untuk menahan bantalan pada eretan menggunakan bantalan M10 dan M8.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul ” Rancang Bangun Mesin CNC Bubut Kayu (Bagian Statis)” Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma Tiga (D3) di Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan proyek akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Hari Arbiantara Basuki S.T., M.T. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Santoso Mulyadi S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran memberi bimbingan, dorongan, meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini sehingga dapat terlaksana dengan baik;
4. Dr. Koekoeh KW.,S.T.,M.Eng. selaku Dosen Penguji I dan Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas saran dan kritiknya;
5. Dedi Dwi Laksana S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah;
6. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengorbanan, saran dan kritik kepada penulis;
7. Ibunda Anis Harnaini dan Ayahanda Abd. Gani S,sos yang telah memberikan segalanya kepada penulis;

8. Kakak saya Ulfatus Syariyfh, S.T. dan adik saya Hidayatul Maqbulah yang telah memberikan semangat sempurna untuk penulis;
9. Amalia Ilmi Pristya yang selalu mendukung dengan semangat dan membantu atas terselesainya penulisan tugas akhir;
10. Para sahabat seperjuangan Sri Rahayu, Indra Wisnu Wardana, Novan, Ika Angga, Ifan, Lutfi Amin, Yudi Bustamil, Muklisin (Oppa), Yusuf Eko, Nur Ahmad Hasan, Nanta, Jelang, Yudha, Reza Arianto (Barong), Priyo Agung, Deni Anggara, Oktafian Nanda, Bagus, Rezza Wira, Bayu Putro, Ali, Sucipto yang telah membantu tenaga dan fikiran dalam pembuatan mesin pengayak pasir elektrik bagian dinamis;
11. Teman-temanku seperjuangan D3 dan S1 Teknik Mesin 2013 yang selalu memberi support dan saran kepada penulis;
12. Kawan-kawan kosan SR3/10 Ade Prasetyo, Riski Nur Diansyah, Septiana Sandi, Herry, Mas Dani, Mas Gigih, Mas Gilang, Mas Rio yang selalu membantu tenaga suport kepada penulis;
13. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 24 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Kayu	5
2.2 Sifat-sifat Umum Kayu	5
2.3 Komposisi Kimia Kayu	7
2.4 Mesin CNC Bubut	10
2.5 Perencanaan Rangka	11
2.6 Bahan Rangka	13
2.7 Perencanaan Pengelasan	14
2.8 Pemilihan Baut dan Mur	18

2.9 Proses Manufaktur	23
2.10.1 Pengukuran	23
2.10.2 penggoresan	23
2.10.3 Penitik	24
2.10.4 Gergaji Tangan	24
2.10 Proses Permesinan	24
2.11.1 Pengeboran.....	24
2.11.2 Penggerindaan	25
BAB 3. METODOLOGI	26
3.1 Alat dan Bahan	26
3.1.1 Alat.....	26
3.1.2 Bahan	26
3.2 Waktu dan Tempat	27
3.2.1 Waktu	27
3.2.2 Tempat	27
3.3 Metode Pelaksanaan	28
3.3.1 Pencarian Data	28
3.3.2 Perencanaan dan Perancangan	28
3.3.3 Proses Manufaktur	28
3.3.4 Proses Perakitan	29
3.3.5 Pengujian Alat	29
3.3.6 Penyempurnaan Alat	29
3.3.7 Pembuatan Laporan	30
3.4 Diagram Alur	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat	34
4.2 Hasil Perencanaan Rangka	34
4.3 Perencanaan Sambungan Las	35
4.4 Perencanaan Mur dan Baut	35

4.5 Proses dan Hasil Manufaktur	36
4.5.1 Pemotongan.....	36
4.5.2 Pengeboran.....	37
4.5.3 Pengelasan.....	38
4.5.4 Perakitan	38
4.6 Hasil Pengujian Rangka	39
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	
A. LAMPIRAN PERHITUNGAN	44
B. LAMPIRAN TABEL	70
C. LAMPIRAN GAMBAR	82

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan perkembangan ilmu pengetahuan, baik ilmu sains maupun sosial khususnya ilmu teknologi dibidang manufaktur manusia dituntut untuk lebih berkembang. Teknologi industri akhir-akhir ini sangat berkembang pesat dan sangat diperlukan baik dibidang teknologi itu sendiri maupun sering dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Pada dasarnya kemajuan ilmu teknologi ataupun pada ilmu-ilmu yang lain akan sangat berguna bagi umat manusia. Sebagai contoh mesin CNC (*Computer Numerical Control*) bubut kayu untuk membuat bermacam aksesoris pada meja, kursi, dan bahan furniture lainnya dengan ukuran yang sama.

Pada pembentukan furnitur-furnitur kayu ada beberapa proses yang harus dikerjakan seperti proses pembubutan kayu dan pembentukan secara manual. Pada mesin CNC bubut kayu proses pembubutan sama dengan mesin bubut konvensional yang sudah ada sebelumnya, yakni menggunakan pahat, tailstock ataupun komponen lainnya yang terdapat pada mesin bubut konvensional. Kelebihan mesin CNC bubut kayu adalah penggunaan CNC sebagai sarana perintah untuk mengoperasikan mesin bubut, mesin dapat bekerja secara otomatis pada proses pembubutannya sedikit membutuhkan campur tangan manusia dengan waktu sesuai kapasitas mesin dan kerumitan pola yang akan dibentuk pada benda kerja. Kekurangan mesin ini biaya investasi yang cukup tinggi untuk pengadaan mesin CNC bubut kayu.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memperbaiki mutu dari pembentukan furnitur-furnitur dari bahan kayu serta meningkatkan produktivitas diperlukan perubahan cara produksi. Dari cara manual yang dibentuk dengan mengandalkan kreatifitas operator diganti dengan

proses CNC bubut kayu. Untuk itu perlu perancangan bagian statis yang mendukung mekanisme dinamis mesin CNC bubut kayu tersebut.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak meluas permasalahan yang akan dibahas maka perlu adanya batasan masalah. Batasan masalah dalam pada penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan dibatasi hanya pada komponen mesin CNC bubut kayu sebagai berikut:
 - Perencanaan rangka statis tertentu.
 - Perencanaan mur, baut dan las.
 - Perencanaan poros
- b. Asumsi-asumsi dalam perhitungan dimasukkan agar permasalahan dapat dipecahkan dengan asumsi yang bisa dipertanggung jawabkan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari perencanaan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu dalam Proyek Akhir ini adalah:

- a. Merancang dan membuat mesin CNC bubut kayu yang mampu melakukan proses pembubutan pada kayu dengan otomatis.
- b. Merancang dan membuat kerangka mesin CNC bubut kayu agar mampu menahan beban dari seluruh komponen mesin.
- c. Merencanakan mur, baut dan las pada mesin CNC bubut kayu agar mampu menahan beban dari komponen mesin.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat dari perencanaan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu dalam Proyek Akhir ini adalah:

a. Bagi Mahasiswa

- 1) Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya (D3) Teknik Mekanika Universitas Jember.
- 2) Sebagai suatu penerapan teori dan praktek kerja yang didapatkan selama dibangku kuliah.
- 3) Menambah pengetahuan tentang cara merancang dan membuat suatu karya teknologi yang bermanfaat dan tepat guna.

b. Bagi Perguruan Tinggi

- 1) Dapat memberikan informasi perkembangan teknologi khususnya Jurusan Teknik Mekanika Universitas Jember kepada institusi pendidikan lain.
- 2) Sebagai bahan kajian kuliah di Jurusan Teknik Mekanika Universitas Negeri Jember dalam mata kuliah bidang teknik mekanika.

c. Bagi Masyarakat

- 1) Diharapkan dengan adanya mesin CNC bubut kayu ini dapat membantu peningkatan proses produksi pada industri *furnitur-furnitur* kayu khususnya pembubutan pada aksesoris meja, kursi dan lain sebagainya.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang akan dilakukan pada proses ini adalah meliputi 5 bab, yaitu terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan tentang pembahasan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi teori dasar tentang kayu, aksesoris meja, proses perencanaan kerangka, perencanaan mur dan baut pada mesin CNC bubut kayu.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini berisi tentang alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan mesin CNC bubut kayu, waktu dan tempat, metode penelitian, metode pelaksanaan serta flow chart perancangan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang uraian hasil perhitungan bagian statis mesin CNC bubut kayu.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran yang dapat ditarik setelah melakukan pengujian serta beberapa saran yang dapat diberikan untuk melancarkan dan menyempurnakan alat dimasa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang literatur yang digunakan dalam pembuatan proyek akhir ini.

LAMPIRAN

Berisi tentang perhitungan, gambar-gambar dan tabel yang digunakan dalam pembuatan laporan proyek akhir yang tidak dapat ditampilkan di bab-bab sebelumnya.

kayu yang berbeda satu sama lain, ada beberapa sifat yang umum terdapat pada semua kayu yaitu :

- a. Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa-senyawa kimia berupa selulosa dan hemiselulosa (unsur karbohidrat) serta berupa lignin (non-karbohidrat).
- b. Semua kayu bersifat *anisotropik*, yaitu memperlihatkan sifat-sifat yang berlainan jika diuji menurut tiga arah utamanya (longitudinal, tangensial dan radial). Hal ini disebabkan oleh struktur dan orientasi selulosa dalam dinding sel, bentuk memanjang sel-sel kayu dan pengaturan sel terhadap sumbu vertikal dan horisontal pada batang pohon.
- c. Bersifat *higroskopik*, yaitu dapat kehilangan atau bertambah kelembabannya akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekitarnya.
- d. Kayu dapat diserang makhluk hidup perusak kayu, dapat juga terbakar terutama jika kayu dalam keadaan kering. (Dumanauw, J. F., 1990).

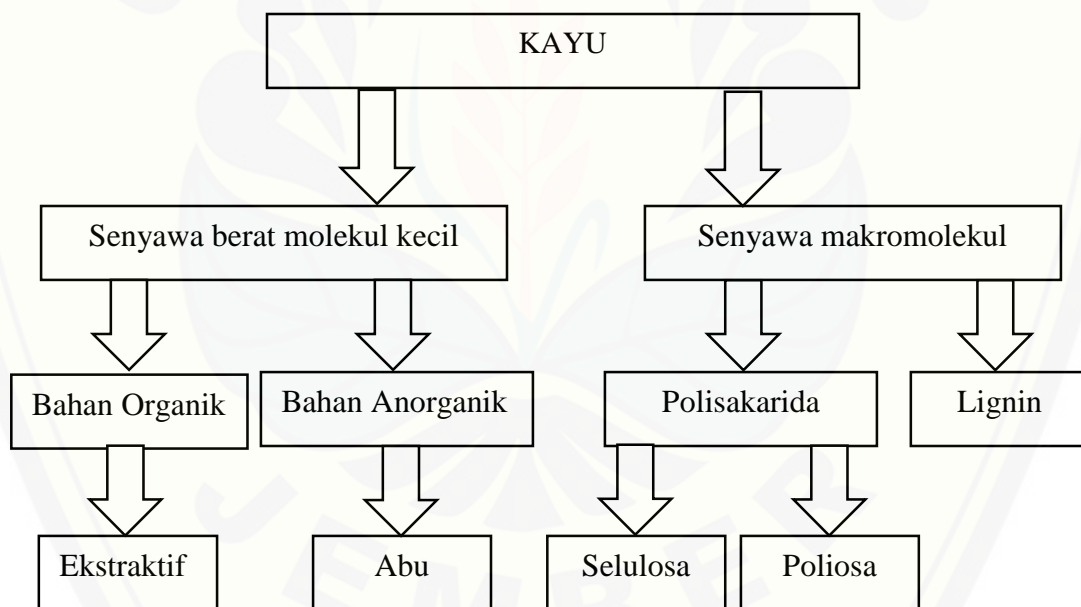


Gambar 2.1 Kayu

(www.tentangkayu.com/2008/01/sifat-mekanik-kayu.html)

2.3 Komposisi Kimia Kayu

Sepanjang menyangkut komponen kimia kayu, maka perlu dibedakan antara komponen-komponen makromolekul utama dinding sel selulosa, poliosa (hemiselulosa) dan lignin, yang terdapat pada semua kayu, dan komponen-komponen minor dengan berat molekul kecil (ekstraktif dan zat-zat mineral), yang biasanya lebih berkaitan dengan jenis kayu tertentu dalam jenis dan jumlahnya. Perbandingan dan komposisi kimia lignin dan poliosa berbeda pada kayu lunak dan kayu keras, sedangkan selulosa merupakan komponen yang seragam pada semua kayu. Pengenalan singkat tentang komponen kimia kayu mengikuti bagan umum seperti berikut :



Gambar 2.2 Bagan umum komponen kimia kayu

Dalam kayu dari daerah iklim sedang, bagian senyawa polimer tinggi yang menyusun dinding sel mencapai 97-99% dari zat kayu. Untuk kayu tropika, angka tersebut dapat turun hingga angka rerata 90%. Kayu terdiri atas 65-75% polisakarida.

2.3.1 Zat-zat makromolekul

1. Selulosa

Merupakan komponen kayu yang terbesar yang dalam kayu lunak dan kayu keras jumlahnya mencapai hampir setengahnya. Selulosa merupakan polimer linier dengan berat molekul tinggi yang tersusun seluruhnya atas α -D-glukosa. Karena sifat-sifat kimia dan fisiknya maupun struktur utama dinding sel tumbuhan.

2. Poliosa (hemiselulosa)

Poliosa sangat dekat asosiasinya dengan selulosa dalam dinding sel. Lima gula netral, yaitu heksosa-heksosa glukosa, manosa, galaktosa dan pentosa-pentosa xilosa dan arabinosa merupakan konstituen utama poliosa. Sejumlah poliosa mengandung senyawa tambahan asam uronat. Rantai molekulnya jauh lebih pendek bila dibandingkan dengan selulosa, dan dalam beberapa senyawa mempunyai rantai-cabang. Kandungan poliosa dalam kayu keras lebih besar daripada dalam kayu lunak dan komposisi gulanya berbeda.

3. Lignin

Merupakan komponen makromolekul kayu ketiga. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida karena terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana. Dalam kayu lunak kandungan lignin lebih banyak bila dibandingkan dalam kayu keras dan juga terdapat beberapa perbedaan struktur lignin dalam kayu lunak dan dalam kayu keras. Dari segi morfologi, lignin merupakan senyawa *amorf* yang terdapat dalam lamela tengah majemuk maupun dalam dinding sekunder. Selama perkembangan sel, lignin dimasukkan sebagai komponen terakhir didalam dinding sel, menembus diantara fibril-fibril sehingga memperkuat dinding sel.

4. Senyawa polimer minor

Terdapat dalam kayu dalam jumlah sedikit sebagai pati dan senyawa pektin. Sel parenkim kayu mengandung protein sekitar 1%, tetapi terutama terdapat dalam bagian batang bukan kayu, yaitu kambium dan kulit bagian dalam.

2.3.2 Zat-zat berat molekul rendah

Disamping komponen-komponen dinding sel, terdapat juga sejumlah zat-zat yang disebut bahan tambahan atau ekstraktif kayu. Meskipun komponen-komponen tersebut hanya memberikan saham beberapa persen pada massa kayu, mereka dapat memberi pengaruh yang besar pada sifat-sifat dan kualitas pengolahan kayu. Beberapa komponen, seperti ion-ion logam tertentu, bahkan sangat penting untuk kehidupan pohon. Zat-zat berat molekul rendah berasal dari golongan senyawa kimia yang sangat berbeda hingga sukar untuk membuat sistem klasifikasi yang jelas tetapi komprehensif. Klasifikasi yang mudah dapat dibuat dengan membaginya kedalam zat organik dan zat anorganik secara ringkas disebut abu. Dalam hal analisis adalah lebih tepat untuk membedakan antara zat-zat berdasar kelarutan dalam air dan dalam pelarut organik.

Berikut ini adalah gugus-gugus utama senyawa kimia yang merupakan komponen kayu dengan berat molekul rendah :

a. Senyawa aromatik (fenolat)

Senyawa yang paling penting dari kelompok ini adalah tannin yang dapat dibagi menjadi tanin yang dapat dihidrolisis dan senyawa flobafen terkondensasi. Senyawa fenolat lain adalah misalnya stibena, lignan dan flavonoid, dan turunannya. Senyawa sederhana yang diturunkan dari metabolisme lignin juga termasuk dalam kelompok kimia ini.

b. Terpena

Merupakan kelompok senyawa alami yang tersebar luas. Secara kimia, zat-zat ini dapat diturunkan dari isoprena. Dua satuan isoprena atau lebih membentuk mono-, seskui-, di-, tri-, tetra-, dan politerpena.

c. Asam alifatik

Asam alifatik adalah asam lemak jenuh dan tak jenuh tinggi terdapat dalam kayu terutama dalam bentuk esternya dengan gliserol (lemak dan minyak) atau dengan alkohol tinggi (lilin). Asam asetat dihubungkan dengan poliosa sebagai ester. Asam di- dan hidroksi karboksilat terutama terdapat sebagai garam kalsium.

d. Alkohol

Kebanyakan alkohol alifatik dalam kayu terdapat sebagai komponen ester, sedangkan sterol aromatik, termasuk dalam steroid, terutama terdapat sebagai glikosida.

e. Senyawa Anorganik

Komponen mineral kayu dari daerah iklim sedang terutama adalah unsur-unsur kalium, kalsium dan magnesium. Unsur-unsur lain dalam kayu tropika, misalnya silikon, dapat merupakan komponen anorganik utama.

f. Komponen lain

Mono- dan disakarida terdapat dalam kayu hanya dalam jumlah yang sedikit tetapi mereka terdapat dalam persentase yang tinggi dalam kambium dan dalam kulit bagian dalam. Jumlah sedikit amina dan etena juga terdapat dalam kayu. (Fengel, D. dan G. Wegener, 1985)

2.4 Mesin CNC bubut kayu

Mesin CNC bubut kayu dirancang dan dibuat dengan menggunakan penggerak motor bor tangan listrik. Prinsip kerja mesin CNC bubut kayu sama dengan mesin bubut konvensional pada umumnya, hanya saja penggunaan CNC yang membedakan dengan mesin bubut konvensional. Hal yang pertama kali yaitu motor bor tangan listrik dihidupkan. Setelah motor bot tangan listrik menyala, putaran dan daya dari motor bor tangan listrik ditransmisikan oleh besi panjang yang

menghubungkan dengan cekam mesin CNC bubut kayu dan kemudian benda kerja dipasang antara pencekan dengan tail stocknya, selanjutnya mesin CNC bubut kayu dapat beroperasi dengan otomatis terutama pahatnya dapat bergerak pada sudut X dan Y karena telah dipasang motor stepper yang dapat membuat pahat dapat bergerak kearah sudut X dan Y.

Kayu yang akan dibubut sebagai bahan utama, harus disesuaikan dengan kapasitas mesin CNC bubut kayu. Dikarenakan mesin CNC bubut kayu dibuat tidak dengan ukuran yang besar, agar hasil lebih maksimal maka terlebih dahulu kayu dipotong atau dikuliti terlebih dahulu.

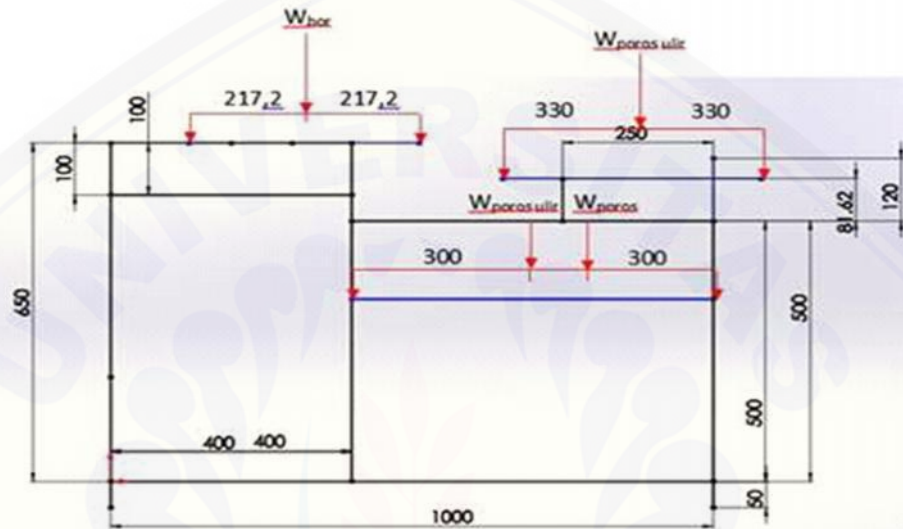
2.5 Perancangan Kerangka

2.5.1 Perencanaan Batang Beban Terpusat

Rangka dirancang untuk mendukung beban dalam bentuk tertentu dan yang terpenting dalam hampir semua kasus hanya mengalami deformasi sedikit jika mengalami pembebanan. Semua struktur teknik atau unsur structural mengalami gaya eksternal atau pembebanan. Hal ini akan mengakibatkan gaya eksternal lain atau reaksi pada titik pendukung strukturnya (Tood, 1984).

Semua gaya yang bekerja pada benda dianggap bekerja pada titik tersebut, dan jika gaya-gaya ini tidak seimbang. Oleh karena itu agar sebuah sistem gaya dalam keseimbangan resultan semua gaya dan resultan semua momen terhadap suatu titik = 0, persyaratan yang harus dipenuhi adalah: $F_y = 0$, $F_x = 0$, dan $M = 0$ (Tood, 1984).

a. Perencanaan pada rangka mesin cnc bubut kayu.



Gambar 2. 3 Rangka pada CNC bubut kayu

1) Menentukan tegangan lentur (bending)

$$\sigma = M.y/I \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- σ = Tegangan lentur yang terjadi pada batang (kg.mm²)
- M = Momen lentur yang dialami pada batang (kg.mm²)
- y = Jarak serat terjauh pada sumbu tampang (mm)
- I = Momen inersia (mm⁴)

2) Menentukan momen inersia

$$I = m.r^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

- I = Momen inersia ($\text{kg} \cdot \text{mm}^2$)
- m = Massa benda (kg)
- r^2 = Jari-jari rotasi (m)

3) Perhitungan dan pengecekan pada rangka

Untuk mengetahui apakah rangka yang digunakan kuat atau tidaknya rangka maka diperlukan perhitungan pengecekan tegangan yang terjadi pada rangka;

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{I_{\text{tot}}} \cdot y \dots\dots\dots(2.4)$$

Syarat $\sigma_{\max} < \sigma_{\text{izin}}$

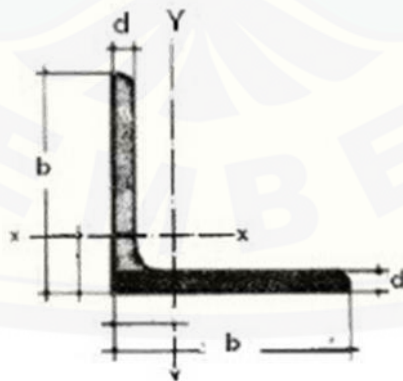
Dimana:

- σ_{\max} = Tegangan normal maksimal pada rangka ($\text{kg} \cdot \text{mm}^2$)
- M_{\max} = Momen lentur maksimal ($\text{kg} \cdot \text{mm}^2$)
- I_{tot} = Momen inersia total (mm^4)

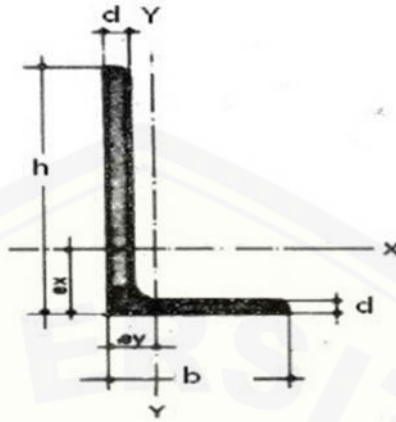
2.6 Bahan Rangka

Macam-macam bahan kolom dan rangka yang dibentuk khusus dan lebih banyak digunakan untuk struktur baja antara lain:

- a. Baja profil sama kaki dan tidak sama kaki.



Gambar 2.4 Baja profil siku sama kaki



Gambar 2.5 Baja profil siku tidak sama kaki

Dalam pemilihan bahan perlu diketahui kekuatan bahan yang akan digunakan untuk suatu konstruksi baja, dibawah ini terdapat tabel kekuatan bahan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kekuatan Bahan

Bahan	Tarik (MPa)	Tekan (MPa)	Geser (MPa)
Baja karbon tinggi	83-166	83-166	55-110
Baja karbon rendah	110-2017	110-207	83-138
Baja cor	55-103	55-103	41-83
Besi cor	21-28	70-110	21-28

Sumber : <http://aljabarsquad.blogspot.com>

2.7 Perancangan Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu cara untuk menyambung dua buah benda logam dengan cara kedua benda tersebut dipanaskan.

2.7.1 Metode Pengelasan

Berdasarkan klasifikasi ini pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu:

- a. Pengelasan tekan yaitu cara pengelasan yang sambungannya dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu;
- b. Pengelasan cair yaitu ruangan yang hendak disambung (kampuh) diisi dengan suatu bahan cair, sehingga dengan waktu yang sama tepi bagian yang berbatasan mencair. Kalor yang dibutuhkan dapat dibangkitkan dengan cara kimia atau listrik;
- c. Pematrian yaitu cara pengelasan yang sambungannya diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk turut mencair.

2.7.2 Kampuh Las

Agar perlakuan las dapat memperoleh kampuh yang baik dengan pelekatan atau pelelehan yang baik terhadap benda kerja dilas maka sebaiknya:

- a. Pelat dengan ketebalan 2,5 mm dapat diletakkan tumpuk satu terhadap yang lain dan disambung dengan satu sisi;
- b. Pelat dengan ketebalan 2,5 mm dapat dilas dengan diberi ruang antara 1-5 mm dan las dua sisi sebaiknya terlebih dahulu diberi tepi miring pada pelat dengan jalan mengetam atau mengefrais atau dapat juga menggunakan dengan pembakar potong (proses persiapan tepi).

2.7.3 Mampu Las

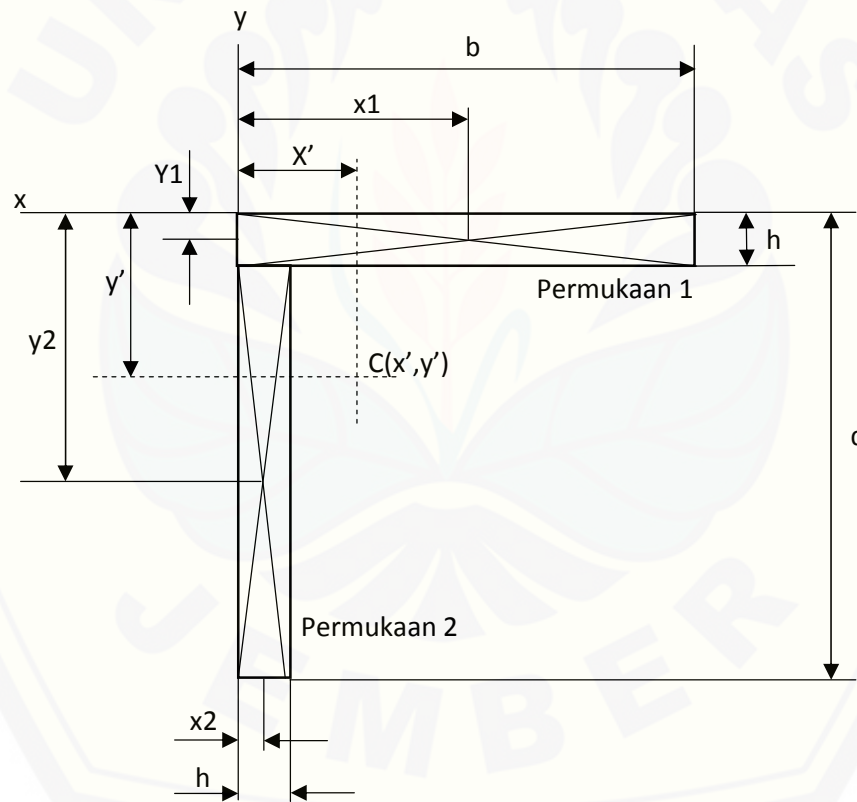
Tidak semua bahan yang mampu untuk dilas dan dapat dihandalkan serta dapat dibuat dengan tujuan yang dikehendaki, baik dari segi kekuatan maupun ketangguhan. Beberapa faktor penting untuk mengetahui bahan yang dapat dan mampu dilas:

- a. Sifat fisik dan sifat kimia bahan untuk bagian hendak dilas termasuk prasejarahannya (cara pengelasan, metode pemberian bentuk, dan perlakuan panas);
- b. Tebal bagian yang hendak disambung, dimensi dan kekuatan konstruksi yang hendak dibuat;

- c. Teknologi metode las yaitu sifat dan susunan elektroda, urutan pengelasan, perlakuan panas yaitu sebelum dan setelah pengelasan serta temperature pada waktu pengelasan dilakukan.

2.7.4 Perhitungan Kekuatan Las

Sambungan las dengan menggunakan las pada konstruksi rangka banyak mengalami tegangan terutama tegangan lentur dan tegangan geser. Oleh karena itu perlu adanya perhitungan pada daerah sambungan yang dirasa kritis, sehingga diperoleh konstruksi rangka yang kuat untuk mengetahui tegangan maksimum yang terjadi pada rangka adalah sebagai berikut (Niemen, 1999):



Gambar 2.6 Bentuk penampang lasan

- a. Menentukan gaya yang terjadi pada lasan

$$F = W . g \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

F = Gaya (N)

W = Beban (kg)

g = Gaya gravitasi (m/det^2)

b. Momen lentur

$$Mb = F \cdot y \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

Mb = Momen lentur (N.mm)

F = Gaya (N)

y = Garis pada titik berat lasan ke titik tekan lasan.

c. Menentukan tegangan normal dalam kampuh

$$\sigma' = \frac{Mb}{I_{tot}} \cdot y \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

σ' = Tegangan normal (N/mm^2)

Mb = Momen lentur (N.mm)

I_{total} = Momen inersia (mm^4)

y = Garis pada titik berat lasan ke titik tekan lasan.

d. Menentukan tegangan geser dalam kampuh

$$\tau' = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

τ' = Tegangan geser dalam kampuh (N/mm^2)

F = Gaya (F)

A = Luas penampang kampuh (mm^2)

e. Menentukan tegangan resultan

$$\sigma v = \sqrt{(\sigma')^2 + [1,8(\tau')^2]} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

σv = Tegangan resultan (N/mm^2)

τ' = Tegangan geser dalam kampuh (N/mm^2)

f. Pengujian persyaratan kekuatan las

$$\sigma v' < \sigma' \dots\dots\dots(2.11)$$

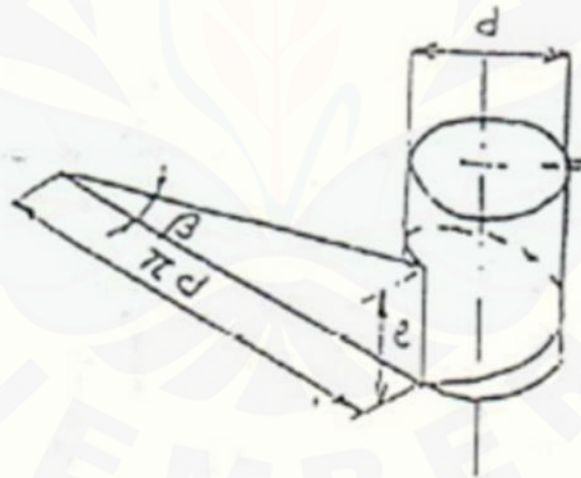
Dimana:

$\sigma v'$ = Tegangan resultan (N/mm^2)

σ' = Tegangan normal (N/mm^2)

2.8 Pemilihan Baut dan Mur

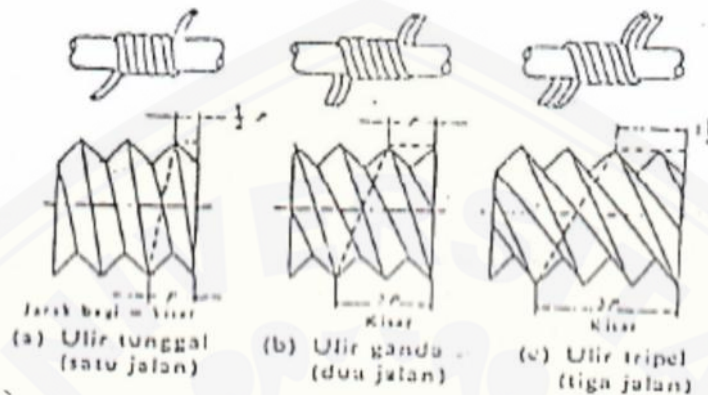
Bentuk ulir dapat terjadi bila sebuah lembaran berbentuk segi tiga digulung pada sebuah silinder, seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.7 dalam pemakaian. Ulir selalu bekerja dalam pasangan ulir luar dan ulir dalam, seperti dalam gambar 2.8 ulir pengikat umumnya mempunyai profil segitiga sama kaki. Jarak antara satu puncak dengan puncak berikutnya dari profil ulir tersebut jarak bagi.



Gambar 2.7 Profil ulir pengikat

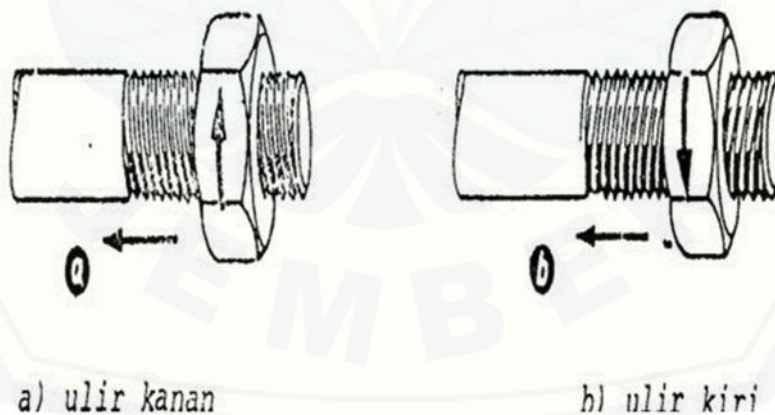
(Sumber: www.mechaniccheap.html)

Ulir disebut tunggal atau satu jalan bila hanya ada satu jalur yang melilit silinder dan disebut dua atau tiga jalan bila ada dua atau tiga jalur. Jarak antara puncak-puncak yang berbeda satu putaran dari suatu jalur disebut kisar.



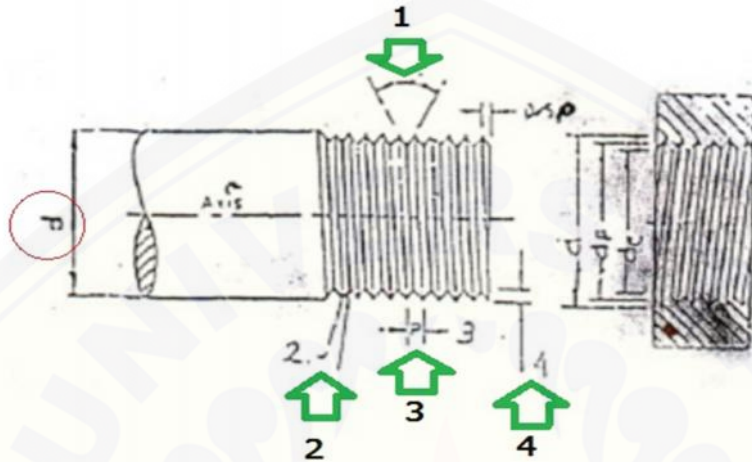
Gambar 2.8 Jenis-jenis jalur ulir
(Sumber: www.mechaniccheap.html)

Ulir juga dapat berupa ulir kanan dan ulir kiri, ulir kanan bergerak maju bila diputar searah jarum jam dan ulir bergerak maju bila diputar berlawanan arah jarum jam. Pada umumnya ulir kanan lebih banyak dipakai.



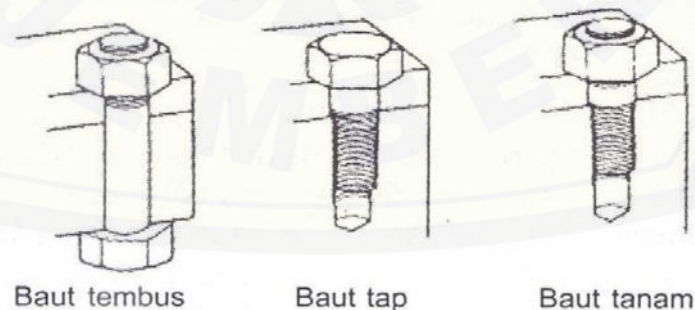
Gambar 2.9 Ulir kanan dan ulir kiri
(Sumber: www.mechaniccheap.html)

Dalam perancangan rangka mesin pengiris ketela pohon digunakan ulir standart metris kasar karena pada konstruksi rangka mesin ini tidak diperlukan ulir dengan ketelitian yang tinggi.



Gambar 2.10 Ulir standart
(www.mechaniccheap.html)

Baut dan mur dibagi menjadi baut penjepit, baut untuk pemakaian khusus, sekrup mesin, sekrup penetap, sekrup pengetap dan mur. Dalam perancangan mesin CNC bubut kayu hanya digunakan baut penjepit berbentuk baut tembus untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus yang diletakkan dengan sebuah mur.



Gambar 2.11 Jenis-jenis baut pengikat

(www.mechaniccheap.html)

Baut dan mur adalah elemen pengikat yang sangat penting untuk menyatukan rangka. Pemilihan baut dan mur harus dilakukan secara cermat untuk mendapatkan ukuran yang sesuai.

2.8.1 Perancangan Pehitungan Baut dan Mur

- a. Menentukan besarnya beban maksimum yang diterima oleh masing-masing baut dan mur. Dengan faktor koreksi (f_c) = 1,2 – 2,0 untuk perhitungan terhadap deformasi (Sularso, 1997).

$$W_{max} = W_0 \cdot f_c \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

- W_0 = Beban (N)
- f_c = Faktor koreksi

- b. Menentukan jenis bahan baut dan mur

Tegangan tarik yang diizinkan (σ_a) :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_b}{S_f} \dots\dots\dots(2.13)$$

Tegangan geser yang diizinkan (τ_a) :

$$\tau_a = 0,5 \cdot \sigma_a \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

- σ_a = Beban (N)
- S_f = Faktor koreksi
- σ_b = Kekuatan tarik (N/mm²)
- τ_a = Tegangan geser yang diizinkan (N/mm²)

- c. Dengan mengetahui besar beban maksimum dan besar tegangan yang diizinkan pada baut, maka diameter ini (D) baut dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$d \geq \sqrt{\frac{2W}{\sigma_a}} \text{ atau } \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \sigma_a \cdot 0,64}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana:

- d = Diameter yang diperlukan (mm)
- W = Beban rencana (N)
- σ_a = Kekuatan tarik bahan yang diizinkan (N/mm^2)

d. Ulir baut dan mur dipilih ulir metris ukuran standart dengan dimensi sebagai berikut:

- 1) D = Diamater luar ulir dalam (mm)
- 2) p = Jarak bagi (mm)
- 3) d = Diameter inti (mm)
- 4) d_1 = Diameter efektif ulir dalam (mm)
- 5) h_1 = Tinggi kaitan (mm)

e. Menentukan jumlah dan tinggi ulir yang diperlukan

$$Z \geq \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot q_a} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

- Z = Jumlah ulir yang diperlukan
- d_2 = Diameter efektif ulir dalam (mm)
- H_1 = Tinggi kaitan (mm)
- q_a = Tekanan permukaan yang diizinkan (N/mm^2)

f. Jumlah ulir yang diperlukan untuk panjang H dalam mm adalah

$$H \geq (0,8 - 1,0) \cdot d \dots\dots\dots(2.17)$$

g. Jumlah ulir yang dipakai adalah

$$Z^1 = \frac{H}{p} \dots\dots\dots(2.18)$$

h. Tegangan geser akan ulir mur

$$\tau_b = \frac{W}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot p \cdot Z^1} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

- τ_b = Tegangan geser akan ulir mur (N/mm^2)
- k = Konstanta ulir metri $\approx 0,84$

i. Tegangan geser akan ulir dalam adalah

$$\tau_n = \frac{W}{\pi \cdot D \cdot j \cdot p \cdot z^1} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

τ_n = Tegangan geser akan ulir dalam (N/mm²)

D = Diameter ulir dalam

j = Konstanta jenis ulir metris $\approx 0,75$

j. Persyaratan kelayakan dari baut dan mur yang direncanakan

$$\tau_b \leq q_a \dots\dots\dots(2.21)$$

$$\tau_n \leq q_a \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana perancangan baut dan mur dapat diterima apabila harga τ_b dan τ_n (\leq) lebih kecil dari q_a .

2.9 Proses Manufaktur

Dalam perancangan rangka, langkah yang dibutuhkan adalah proses manufaktur yaitu proses perakitan dan permesinan. Proses perakitan adalah merupakan proses kerja yang akan dikerjakan dengan menggunakan alat yaitu meliputi:

2.9.1 Pengukuran

Pengukuran merupakan membandingkan besaran yang akan diukur dengan suatu ukuran pembandingan yang telah tertera. Macam-macam alat ukur panjang yang sederhana yaitu:

- a. Mistar baja
- b. Jangka
- c. Meteran sabuk

2.9.2 Penggoresan

Penggoresan yaitu proses penandaan dengan cara membuat gambar atau menggaris pada benda kerja yang akan dikerjakan dengan menggunakan alat penggores ataupun kapur untuk benda kerja yang permukaannya kasar.

2.9.3 Penitik

Penitik adalah merupakan proses pemberian tanda dengan membuat tanda titik pada benda kerja yang akan dibuat lubang dengan bor, biasanya sudut puncaknya dibuat 60°.

2.9.4 Gergaji Tangan

Tujuan dari penggunaan gergaji ini adalah untuk memotong, pemotongan benda kerja dan untuk penggergajian alur serta celah-celah dalam benda kerja. Secara umum gergaji tangan terdiri dari pemegang gergaji, bingkai gergaji, daun gergaji, baut dan mur pengencang.

2.9.5 Gerinda

Penggerindaan yaitu proses menggerinda suatu benda dengan tujuan untuk mendapatkan hasil benda kerja yang permukaannya rata atau bisa juga digunakan dengan tujuan untuk memotong suatu benda kerja.

2.9.6 Toolshet

Toolshet merupakan sejumlah peralatan perkakas di lapangan untuk membantu proses pengerjaan pembuatan suatu produk benda kerja. Toolset biasanya berisi tang, obeng – dan + serta yang lainnya.

2.10 Proses Permesinan

2.10.1 Pengeboran

Mesin bor termasuk mesin perkakas dengan gerak utama berputar, fungsi pokok mesin ini adalah untuk membuat lubang yang silindris pada benda kerja dengan mempergunakan mata bor sebagai alatnya.

Perhitungan pada proses pengeboran yaitu:

- a. Menentukan kecepatan potong (mm/menit)

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(2.23)$$

- b. Kecepatan pemakanan (mm/menit)

$$V_f = s \cdot n \dots\dots\dots(2.24)$$

c. Jarak bebas bor (mm)

$$A = 2 \cdot (0,3) \cdot D \dots\dots\dots(2.25)$$

d. Jarak pengeboran keseluruhan (mm)

$$L = t + l_1 + A \dots\dots\dots(2.26)$$

e. Waktu pengeboran (menit)

$$Tm = \frac{L}{V_f} + \text{Setting pahat} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

Vc = Kecepatan potong (m/menit)

D = Diameter mata bor (mm)

n = Putaran bor (rpm)

Vf = Kecepatan pemakanan (mm/menit)

s = Gerak pemakanan (mm/rpm)

A = Jarak bebas bor (mm)

L = Jarak pengeboran keseluruhan (mm)

t = Tebal benda kerja yang akan dibor (mm)

l_1 = Jarak lebih pengeboran (mm)

Tm = Waktu proses pengeboran (menit)

2.10.2 Penggerindaan

Penggerindaan adalah suatu proses untuk mengasah benda kerja untuk membuat permukaan benda kerja menjadi lebih rata dengan menggunakan mesin gerinda. Secara umum mesin gerinda terdiri dari motor listrik, mata gerinda, poros dan perlengkapan lainnya.

BAB 3. METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

- | | | |
|-------------------------|---------------------|-------------|
| 1. Mesin gerinda | 11. Penggores | 21. Pensil |
| 2. Mesin gerinda potong | 12. Sarung tangan | 22. Spidol |
| 3. Mesin bor | 13. Obeng + dan - | 23. Gunting |
| 4. Kertas gosok | 14. Kuas | |
| 5. Mesin las SMAW | 15. Tang | |
| 6. Pelindung mata | 16. Kikir | |
| 7. Jangka sorong | 17. Penitik | |
| 8. Ragum | 18. Meteran | |
| 9. Gergaji besi | 19. Mata bor | |
| 10. Mistar baja | 20. Kunci pas 1 set | |

3.1.2 Bahan

1. Besi siku lubang 35mm x 35mm x 3mm
2. Pelat besi tebal 5 mm
3. Poros Ulir
4. Pahat mesin bubut
5. Bantalan
6. Mur dan baut
7. Motor stapper
8. PCB
9. Kabel

3.2 Waktu dan Tempat

3.2.1 Waktu

Analisa, perancangan, pembuatan dan pengujian alat dilaksanakan selama ± 3 bulan berdasarkan pada jadwal yang ditentukan.

3.2.2 Tempat

Tempat pelaksanaan perancangan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu adalah laboratorium CNC, laboratorium desain, laboratorium permesinan dan laboratorium las jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Mempelajari literatur yang membantu dan mendukung perancangan mesin (bagian statis), mempelajari dasar perancangan rangka, mur dan baut, serta literatur lain yang mendukung.

3.3.2 Studi Lapangan

Perancangan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu dikerjakan dengan melakukan pengamatan secara langsung pada mesin bubut lainnya untuk melihat mekanisme dan prinsip kerjanya sebagai dasar dalam perancangan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu.

3.3.3 Konsultasi

Konsultasi dengan dosen pembimbing maupun dosen lainnya untuk mendapatkan petunjuk-petunjuk tentang perancangan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu.

3.4 Metode Pelaksanaan

3.4.1 Pencarian Data

Dalam merencanakan mesin CNC bubut kayu bagian satis, maka terlebih dahulu dilakukan pengamatan di lapangan, studi literatur dan konsultasi yang mendukung pembuatan proyek akhir ini.

3.4.2 Perencanaan dan Perancangan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari studi literatur, studi lapangan dan konsultasi maka dapat direncanakan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu.

Dari studi literatur, studi lapangan dan konsultasi tersebut dapat dirancang rangka dan pemesinan. Dalam proyek ini proses yang akan dirancang adalah:

- a. Perancangan konstruksi pada mesin CNC bubut kayu;
- b. Persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan;
- c. Proses perakitan dan finishing.

3.4.3 Proses Manufaktur

Proses ini merupakan proses pembuatan alat CNC bubut kayu yang meliputi proses permesinan untuk membentuk suatu alat sesuai dengan desain yang diinginkan. Adapun macam-macam proses permesinan yang dilakukan dalam pembuatan alat yaitu meliputi:

- a. Proses pemotongan;
- b. Proses pengelasan;
- c. Proses pengeboran;

Tahapan dari proses manufaktur pada rangka ini adalah:

- a. Pembuatan landasan dengan bahan besi siku ST-37.
- b. Penyambungan plat dengan menggunakan mesin las.
- c. Penyambungan landasan dengan rangka menggunakan baut.

3.4.4 Proses Perakitan

Proses perakitan dilakukan setelah proses pembuatan (pemesinan) selesai, sehingga akan membentuk system pembubutan kayu. Proses perakitan bagian-bagian mesin CNC bubut kayu meliputi:

- a. Memasang bor tangan;
- b. Memasang motor stepper;
- c. Memasang bantalan pada eretan bawah;
- d. Memasang bantalan pada eretan atas ;
- e. Mengatur jarak bantalan;
- f. Mengatur jarak bor dengan pahat dan center pada tailstok.

3.4.5 Pengujian Alat

Dilakukan untuk mengetahui apakah mesin bubut dapat bekerja dengan baik. Hal-hal yang dilakukan dalam pengujian alat sebagai berikut:

- a. Melakukan pengujian apakah rangka kokoh dan kuat (tidak terdefleksi, tidak patah, tidak bergetar secara berlebihan);
- b. Melakukan pengujian apakah sambungan mur dan baut berfungsi (tidak lepas, tidak mengendor, dan tidak putus);
- c. Melakukan pengujian apakah sambungan las berfungsi (tidak retak dan tidak patah).

3.4.6 Penyempurnaan Alat

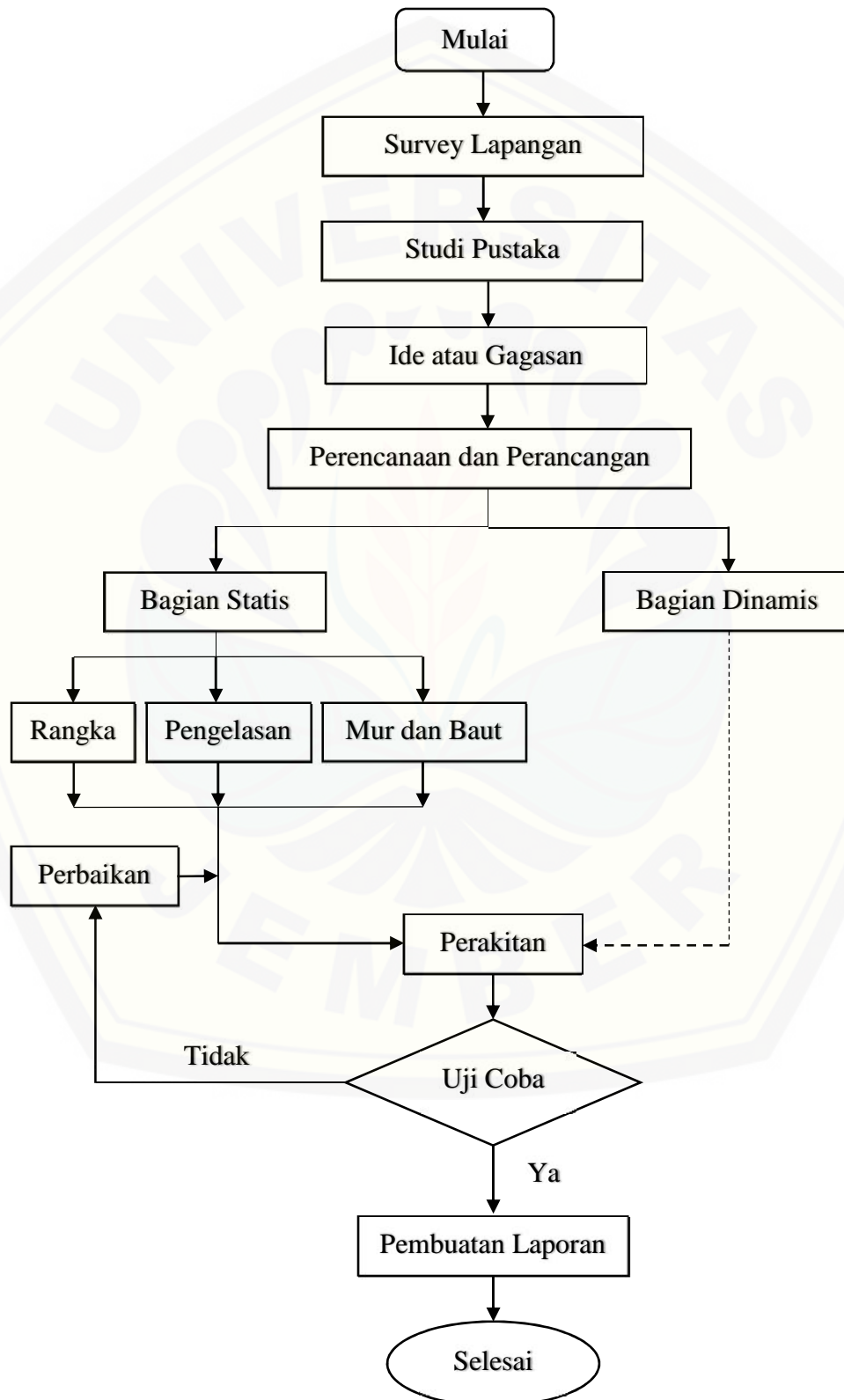
Penyempurnaan alat dilakukan apabila tahap pengujian terdapat masalah atau kekurangan, sehingga dapat berfungsi dengan baik sesuai prosedur, tujuan dan perancangan yang dilakukan.

3.4.7 Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan proyek akhir ini dilakukan secara bertahap dari awal analisa, desain, perancangan, dan pembuatan alat mesin CNC bubut kayu sampai dengan selesai.



3.5 Flow Chart



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil rancangan dan pengujian alat, disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Rangka mesin CNC bubut kayu memiliki dimensi dengan panjang 1000 mm, lebar 500 mm dan tinggi 500 mm.
2. Bahan rangka menggunakan bahan baja ST-37 profil siku sama kaki dengan ukuran 35 mm x 35 mm x 3 mm.
3. Pengelasan pada rangka menggunakan elektroda jenis AWS E 6013 diameter 2 mm. Elektroda jenis ini digunakan untuk semua pengelasan.
4. Baut dan mur menggunakan jenis ulir metris kasar M10 x 1,50, M8 x 1,25 dengan bahan baut dan mur adalah baja liat dengan baja karbon 0,2%C.
5. Pembuatan lubang pada rangka menggunakan mata bor jenis HSS diameter 10 mm dengan waktu 5,10 menit untuk 4 lubang pada rangka pengikat bantalan, diameter 8 mm dengan waktu 5,07 menit untuk 8 lubang.

5.2 Saran

Dalam pelaksanaan perancangan dan pembuatan mesin CNC bubut kayu ini masih terdapat hal-hal yang perlu disempurnakan, antara lain:

1. Setelah menggunakan mesin CNC bubut kayu ini sebaiknya pada bagian poros ulir dilakukan pembersihan terhadap sisa serbuk kayu yang menempel pada bagian poros ulir, agar tidak menghambat jalannya eretan pahat pada saat melakukan pemakanan pada kayu.
2. Pada proses pengecatan rangka, alangkah lebih baik jika sebelum pengecatan rangka didempul dan digosok/diratakan terlebih dahulu agar kualitas dan ketahanan rangka terhadap korosi semakin bagus.

DAFTAR PUSTAKA

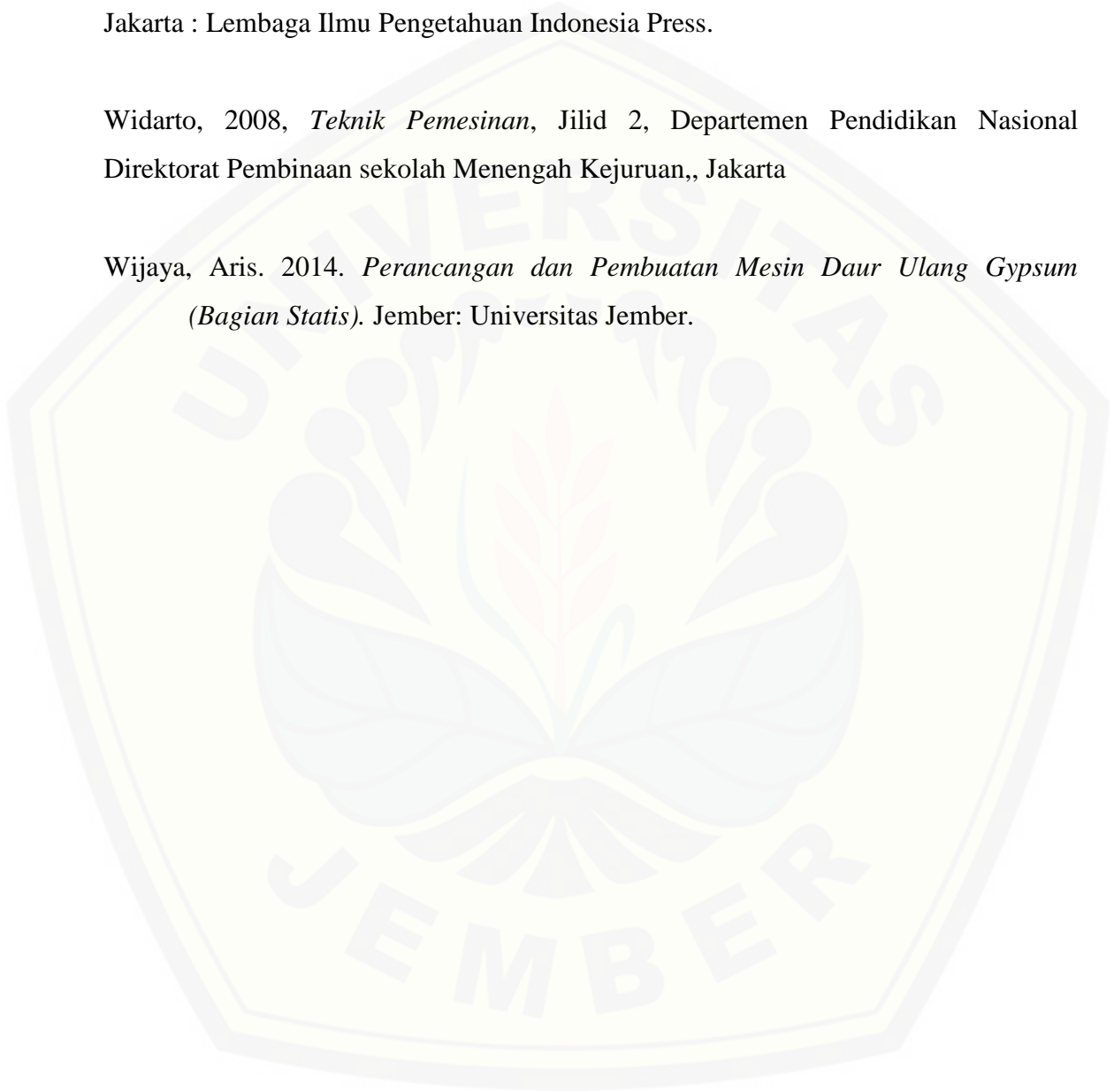
- Acmadi, S,S 1990. *Kimia kayu*. Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor
- Andrianto, Deni 2011 *Rancang Bangun Mesin CNC Bubut Kayu Duplikat*, Jember. Universitas Jember
- Darsin, Mahros. Muttaqin, Aris Zainul. *Rancang Bangun CNC dari Mesin Bubut Konvensional*. Lemlit Jember. Universitas jember, 2003
- G. Niemen. 1999. *Elemen Mesin Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Gunawan, Indra. 2009. *Perencanaan Mesin dan Analisa Statik Rangka Mesin Pencacah Rumput Gajah dengan Menggunakan Software CATIA V5*. Skripsi. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Harris, Daniel C. 1982. *Quantitative Chemical Analisis Second Edition*. USA: W.H. Freeman and Company.
- Haygreen, J.G and J. L. Bowyer. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu* Diterjemahkan oleh Hadikosumo, S. A dan Prawirohatmodjo, S. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kemen. Dik. Bud. RI. 2013. *Pekerjaan Dasar Teknik Otomotif 1*. Jakarta: Pusat Pendidikan dan Budaya
- Popov, E, P. 1996. *Mekanika Teknik*. Jakarta: Erlangga
- Shigley, J, P. 1999. *Perencanaan Teknik Mesin Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga. 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Surdia, Tata. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Subadgio, Dalmaisus Ganjajr. 2008. "*Teknik Pemrograman CNC bubut dan freis*". Jakarta : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Press.

Widarto, 2008, *Teknik Pemesinan*, Jilid 2, Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Pembinaan sekolah Menengah Kejuruan,, Jakarta

Wijaya, Aris. 2014. *Perancangan dan Pembuatan Mesin Daur Ulang Gypsum (Bagian Statis)*. Jember: Universitas Jember.



A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

A.1 Berat Komponen Mesin

Berat komponen mesin digunakan untuk menentukan bahan dan kekuatan yang dibutuhkan oleh rangka. Berat serta gaya yang diberikan oleh komponen-komponen mesin adalah sebagai berikut:

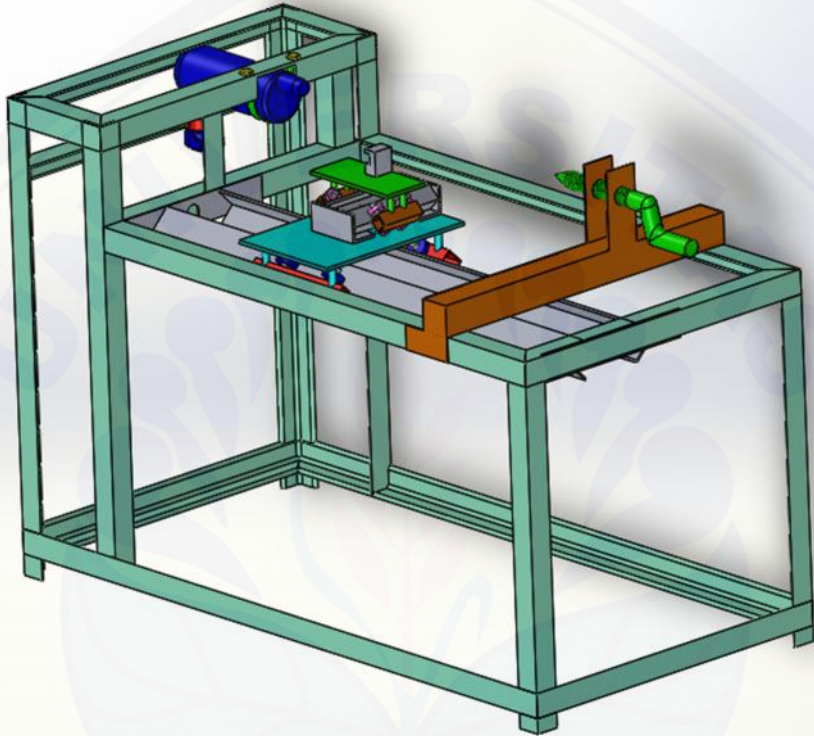
- Berat bor tangan : 1,2 kg
- Berat eretan pahat : 5,5 kg
- Berat poros ulir : 1,4 kg
- Berat kayu : 5 kg
- Berat tailstok : 1,5 kg

➤ Spesifikasi bor tangan



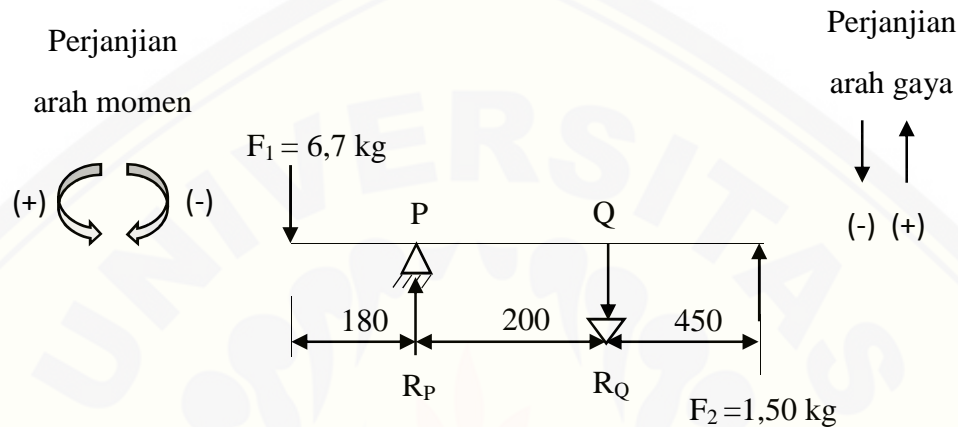
A.2 Perencanaan Batang Penumpu Beban Terpusat

Batang penumpu dan kolom serta gaya yang dibebankan oleh komponen-komponen mesin ditunjukkan oleh gambar A.1 sebagai berikut:



Gambar A.1 Rangka mesin CNC bubut kayu

Beban yang dialami oleh bor tangan (lihat gambar 4.1) karena pengaruh dari putaran pada bor tangan, gaya potong juga merupakan batang penumpu beban terpusat. Maka dapat diuraikan bahwa gaya-gaya yang terjadi seperti dibawah ini :



Gambar A.2 Perancangan gaya batang PQ

$$\begin{aligned} F_1 &= \text{Bor tangan, eretan} \\ &= 1,2 + 5,5 \\ &= 6,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= \text{Tailstok, gaya potong} \\ &= 1,5 + (0,005) \\ &= 1,50 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 0 \\ -6,7 + R_P + R_Q + 1,50 &= 0 \\ R_P + R_Q &= 6,7 - 1,50 \\ &= 5,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_P &= 0 \\ 6,7 \cdot 180 + R_Q \cdot 200 + 1,50 \cdot 650 &= 0 \\ 1206 + 200 R_Q + 975 &= 0 \end{aligned}$$

$$R_Q = \frac{-975 - 1206}{200}$$

$$R_Q = \frac{-2181}{200}$$

$$R_Q = -10,905 \text{ kg}$$

$$M_Q = 0$$

$$6,7 \cdot 380 - R_P \cdot 200 + 1,50 \cdot 450 = 0$$

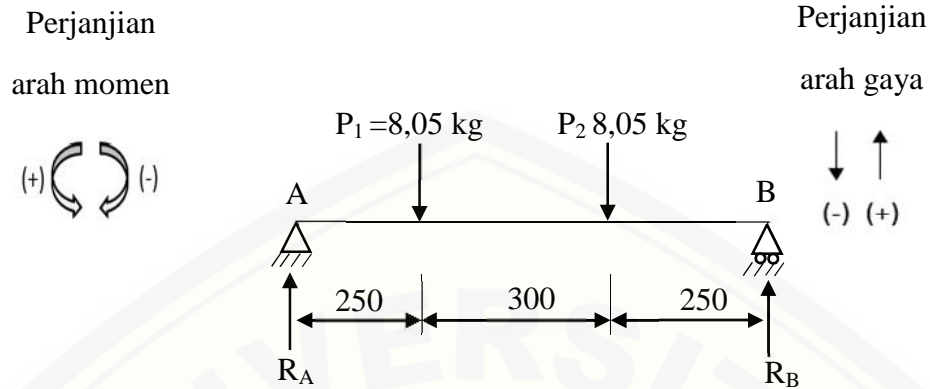
$$2546 - 200R_P + 675 = 0$$

$$R_P = \frac{-2546 - 675}{-200}$$

$$R_P = \frac{-3221}{-200}$$

$$R_P = 16,105 \text{ kg}$$

Setelah dilakukan perhitungan batang penumpu beban terpusat pada bor tangan diatas, rangka mesin (gambar A.1) yang menerima beban terjadi di batang A-B, I-J, K-L, C-D, E-F, M-N, G-H, T-U dan V-W, dimana yang menerima beban paling besar yakni di batang A-B sehingga perhitungan perencanaan batang penumpu beban terpusat yang direncanakan adalah batang A-B karena sudah mewakili batang rangka lainnya dengan menerima beban dari R_P sebesar 16,105 kg.



Gambar A.3 Perancangan gaya batang AB

Gaya yang diterima oleh batang A-B dari R_P sebesar 16,105 kg dikedua titik P_1 dan P_2 , sehingga gaya tersebut dapat diuraikan seperti dibawah ini;

- $P_1 = P_2 = R_P / 2$
 $P_1 = P_2 = 16,105 / 2$
 $P_1 = P_2 = 8,05 \text{ kg}$

$$F_y = 0$$

$$-8,02 + R_A + R_B - 8,05 = 0$$

$$R_A + R_B = 16,105 \text{ kg}$$

$$M_A = 0$$

$$-8,05 \cdot 250 + R_B \cdot 800 - 8,05 \cdot 550 = 0$$

$$-2012,5 + 800R_B - 4427,5 = 0$$

$$R_B = \frac{2012,5 + 4427,5}{800}$$

$$R_B = \frac{6440}{800}$$

$$R_B = 8,05 \text{ kg}$$

$$M_B = 0$$

$$8,05 \cdot 250 + 8,05 \cdot 550 - R_A \cdot 800 = 0$$

$$2012,5 + 4427,5 - 800R_A = 0$$

$$R_A = \frac{-2012,5 - 4427,5}{-800}$$

$$R_A = \frac{-6440}{-800}$$

$$R_A = 8,05 \text{ kg}$$

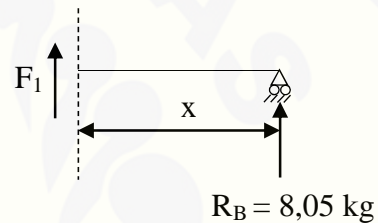
Gambar bidang geser (F)

Potongan I

$$0 \quad x \quad 250$$

$$F_y = 0$$

$$R_B + F_{y,x} = 0$$



Gambar A.4 Potongan I bidang geser batang AB

$$x = 0 \quad F_y = 8,05 + 0 = 8,05 \text{ kg}$$

$$x = 250 \quad F_y = 8,05 + 0 = 8,05 \text{ kg}$$

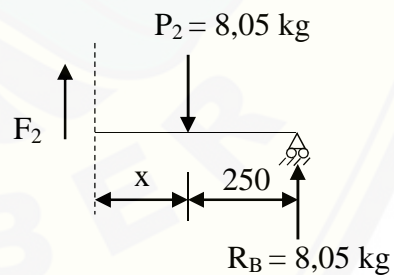
Gambar bidang geser (F)

Potongan II

$$0 \quad x \quad 300$$

$$F_y = 0$$

$$F_y = R_B - P_2 + F_{y,x}$$



Gambar A.5 Potongan II bidang geser batang AB

$$x = 0 \quad F_y = 8,05 - 8,05 + 0$$

$$F_y = 0 \text{ kg}$$

$$x = 300 \quad F_y = 8,05 - 8,05 + 0$$

$$F_y = 0 \text{ kg}$$

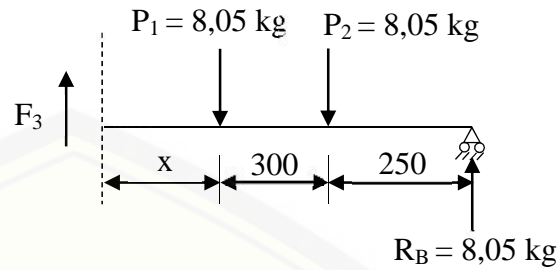
Gambar bidang geser (F)

Potongan III

$$0 \leq x < 250$$

$$F_y = 0$$

$$F_y = R_B - P_2 - P_1 + F_{y,x}$$



Gambar A.6 Potongan III bidang geser batang AB

$$x = 0 \quad F_y = 8,05 - 8,05 - 8,05 + 0$$

$$F_y = - 8,05 \text{ kg}$$

$$x = 250 \quad F_y = 8,05 - 8,05 - 8,05 + 0$$

$$F_y = -8,05 \text{ kg}$$

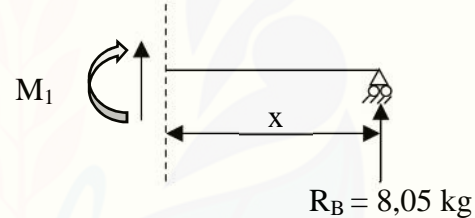
Gambar bidang momen (M)

Potongan I

$$0 \leq x < 250$$

$$M_y = 0$$

$$M_1 = R_b \cdot x$$



Gambar A.7 Potongan I bidang momen batang AB

$$x = 0 \quad M_1 = 8,05 \cdot 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$x = 250 \quad M_1 = 8,05 \cdot 250 = 2012,5 \text{ kg.mm}$$

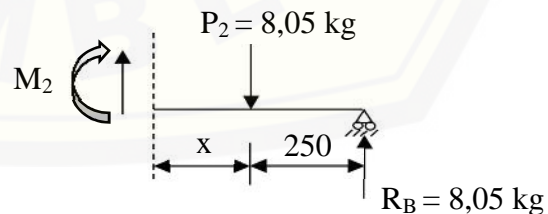
Gambar bidang momen (M)

Potongan II

$$0 \leq x < 300$$

$$M_y = 0$$

$$M_2 = R_b \cdot (x + 250) - F \cdot x$$



Gambar A.8 Potongan II bidang momen batang AB

$$x = 0 \quad M_2 = 8,05 \cdot 0 + 2012,5 - 8,05 \cdot 0 = 2012,5 \text{ kg.mm}$$

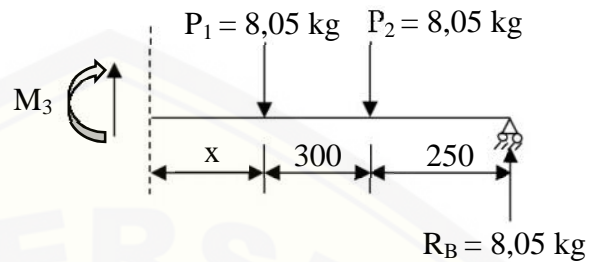
$$x = 300 \quad M_2 = 8,05 \cdot 300 + 2012,5 - 8,05 \cdot 300 = 2012,5 \text{ kg.mm}$$

Gambar bidang momen (M)

Potongan III

$$0 \quad x \quad 250$$

$$M_y = 0$$



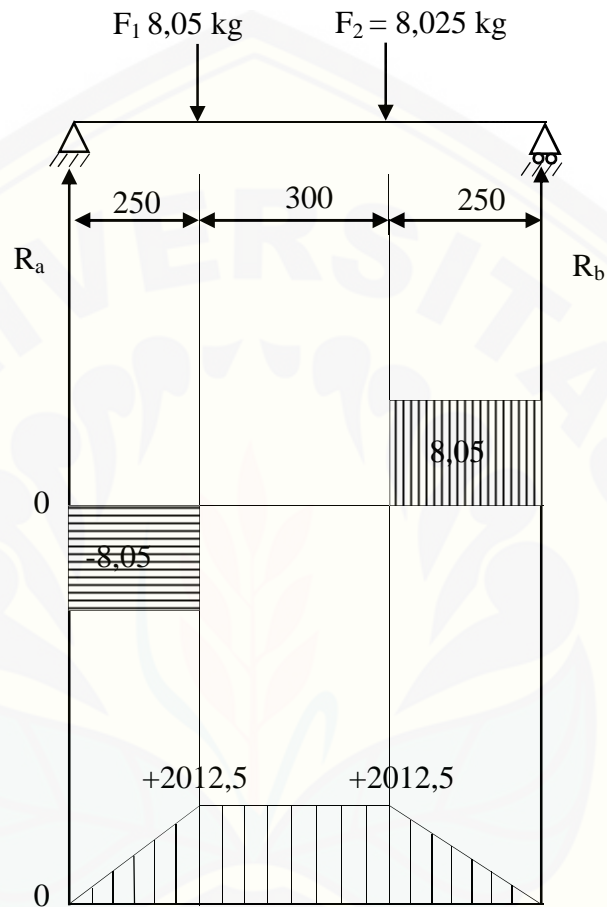
Gambar A.9 Potongan III bidang momen batang AB

$$\begin{aligned} M_3 &= R_b \cdot (550 + x) - F \cdot (300 + x) - F \cdot x \\ &= 8,05 (550 + x) - 8,05 (300 + x) - 8,05 \cdot x \\ &= 4427,5 - 2415 \end{aligned}$$

$$M_3 = -8,05x + 2012,5$$

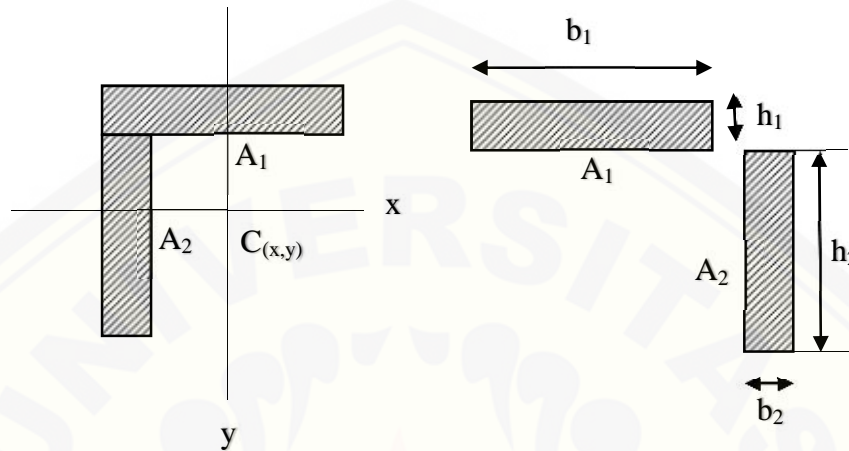
$$x = 0 \quad M_2 = -8,05 \cdot 0 + 2012,5 = 2012,5 \text{ kg.mm}$$

$$x = 250 \quad M_2 = 8,05 \cdot 250 + 2012,5 = 0 \text{ kg.mm}$$

Diagarm Bidang Geser dan Bidang Momen untuk A-B

Gambar A.10 Diagram bidang geser dan bidang momen

- Menentukan momen inersia



Gambar A.11 Penampang besi siku

Dimensi kampuh las:

$$b_1 = 35 \text{ mm} \quad h_1 = 2 \text{ mm}$$

$$b_2 = 2 \text{ mm} \quad h_2 = 37 \text{ mm}$$

$$M_b = 2012,5 \text{ kg/mm}$$

$$\text{Modulus Elastisitas } (E) = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{b_1}{2} & x_2 &= \frac{h_1}{2} \\ &= \frac{35}{2} & &= \frac{2}{2} \\ &= 17,5 \text{ mm} & &= 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= b_1 \cdot h_1 & A_2 &= b_2 \cdot h_2 \\ &= 35 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} & &= 2 \text{ mm} \cdot 37 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm}^2 & &= 74 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{total}} &= A_1 + A_2 \\ &= 70 \text{ mm}^2 + 74 \text{ mm}^2 \\ &= 144 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$I_{x_1} = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12}$$

$$I_{x_1} = \frac{35 \cdot 2^3}{12}$$

$$I_{x_1} = 280 \text{ mm}^4$$

$$I_{x_1} = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12}$$

$$I_{x_1} = \frac{3 \cdot 37^3}{12}$$

$$I_{x_1} = 8442,1 \text{ mm}^4$$

- Menentukan momen inersia total

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{x_1} + (x_1^2 \cdot A_1) \\ &= 280 + (17,5^2 \cdot 70) \\ &= 280 + 21434 \\ &= 21714 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_{x_2} + (x_2^2 \cdot A_2) \\ &= 8442,1 + (1^2 \cdot 74) \\ &= 8442,1 + 74 \\ &= 8516,1 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{tot}} &= I_1 + I_2 \\ &= 21714 + 8516,1 \\ &= 32230,1 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Menentukan Centroid ($C_{(x,y)} = x^1$)

$$x^1 = \frac{(A_1 \cdot x_1) + (A_2 \cdot x_2)}{A_1 + A_2}$$

$$x^1 = \frac{(70 \cdot 17,5) + (74 \cdot 1)}{70 + 74}$$

$$x^1 = \frac{1229}{144}$$

$$x^1 = 9,02 \text{ mm}$$

Tegangan yang terjadi pada rangka material ST-37 profil siku sama kaki ukuran 35 mm x 35 mm x 3 mm:

$$\begin{aligned}\sigma_{max} &= \frac{M_b}{I} \times C_{(x,y)} \\ &= \frac{2012,5}{32230,1} \times 9,02 \\ &= 0,062 \times 9,02 \\ \sigma_{max} &= 0,55 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

Bahan rangka menggunakan ST-37 profil siku. Sifat-sifat mekanis bahan dapat diperoleh yakni tegangan leleh (σ_m) = 120 Mpa, tegangan batas (σ_u) = 140 – 410 Mpa, faktor keamanan (n) = 1,67.

Menentukan tegangan izin:

$$\begin{aligned}\sigma_{izin} &= \frac{\sigma_u}{n} \\ &= \frac{140}{1,67} \\ \sigma_{izin} &= 8,33 \text{ Mpa} = 8,50 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

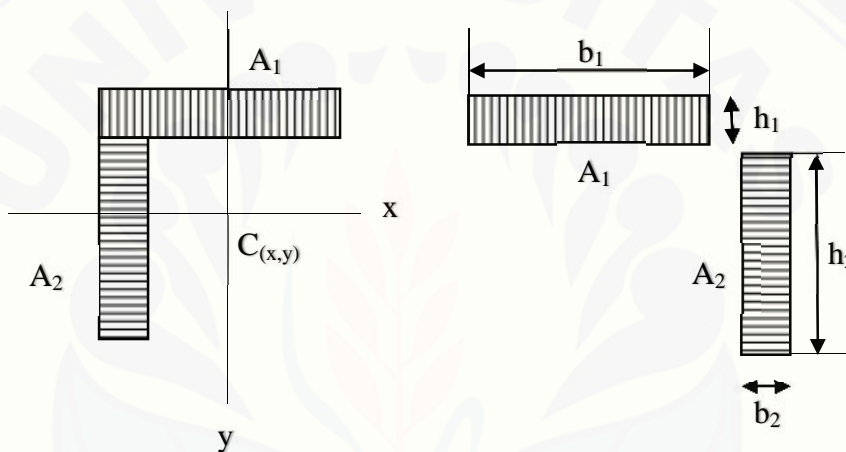
Nilai yang diperoleh telah sesuai syarat yaitu $\sigma_{izin} = 8,50 \text{ kg/mm}^2 \geq \sigma_{max} = 0,55 \text{ kg/mm}^2$, maka ukuran batang yang diperlukan 35 mm x 35 mm x 3 mm mampu menahan beban alat.

A.2 Perancangan Las

Bahan menggunakan ST-37 profil siku. Sifat-sifat mekanis bahan dapat diperoleh tegangan leleh (σ_m) \approx 120 Mpa, tegangan batas (σ_u) = 140 – 410 Mpa, factor keamanan (n) \approx 1,67.

$$M_b = 2012,5 \text{ kg/mm}$$

Menentukan momen inersia



Gambar A.12 Penampang kampuh las

Dimensi kampuh las:

$$b_1 \approx 35 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 \text{ mm}$$

$$b_2 \approx 1 \text{ mm}$$

$$h_2 = 39 \text{ mm}$$

$$x_1 = \frac{b_1}{2}$$

$$= \frac{35}{2}$$

$$= 17,5 \text{ mm}$$

$$x_2 = \frac{h_1}{2}$$

$$= \frac{1}{2}$$

$$= 0,5 \text{ mm}$$

$$A_1 = b_1 \cdot h_1$$

$$= 35 \text{ mm} \cdot 1 \text{ mm}$$

$$= 35 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2$$

$$= 1 \text{ mm} \cdot 39 \text{ mm}$$

$$= 39 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{total}} &= A_1 + A_2 \\
 &= 35 \text{ mm}^2 + 39 \text{ mm}^2 \\
 &= 74 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$I_{x_1} = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12}$$

$$I_{x_1} = \frac{35 \cdot 1^3}{12}$$

$$I_{x_1} = 2,91 \text{ mm}^4$$

$$I_{x_2} = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12}$$

$$I_{x_2} = \frac{1 \cdot 39^3}{12}$$

$$I_{x_2} = 4943,25 \text{ mm}^4$$

- Menentukan momen inersia total

$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_{x_1} + (x_1^2 \cdot A_1) \\
 &= 2,91 + (17,5^2 \cdot 35) \\
 &= 2,91 + 10718,75 \\
 &= 10721,66 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_2 &= I_{x_2} + (x_2^2 \cdot A_2) \\
 &= 4943,25 + (0,5^2 \cdot 39) \\
 &= 4943,25 + 9,75 \\
 &= 4953 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{tot}} &= I_1 + I_2 \\
 &= 10721,66 + 4953 \\
 &= 15674,66 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Menentukan Centroid ($C_{(x,y)}$) = x^1

$$x^1 = \frac{(A_1 \cdot x_1) + (A_2 \cdot x_2)}{A_1 + A_2}$$

$$x^1 = \frac{(35 \cdot 17,5) + (39 \cdot 0,5)}{35 + 39}$$

$$x^1 = \frac{632}{74}$$

$$x^1 = 8,54 \text{ mm}$$

Jenis elektroda yang digunakan adalah AWS E6013 dengan diameter 2 mm. Hasil pengelasan elektroda jenis ini memiliki kekuatan tarik $47,1 \text{ kg/mm}^2$ dan perpanjangan 17%, tegangan geser yang diizinkan adalah 0,3 kali kekuatan tarik elektroda dengan $F = 11,71 \text{ kg}$, tegangan tarik dan lentur yang diizinkan untuk kampuh las $(\sigma'_{zul}) = 13,5 \text{ kg/mm}^2$

Pada rancangan ini didapat:

- Menentukan tegangan normal dalam kampuh las

$$\sigma' = \frac{M_b}{I} C_{(x,y)}$$

$$\sigma' = \frac{2012,5 \text{ kg.mm}}{15674,66 \text{ mm}^2} \cdot 8,54 \text{ mm}$$

$$\sigma' = 1,09 \text{ kg/mm}^2$$

- Menentukan tegangan geser dalam kampuh las

$$\tau' = \frac{F}{A}$$

$$\tau' = \frac{8,02}{74}$$

$$\tau' = 0,10 \text{ kg/mm}^2$$

- Pengujian kekuatan sambungan las

$$\sigma'_{zul} \geq \sigma' \approx 13,5 \text{ kg/mm}^2 \geq 1,09 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau'_{zul} \geq \tau' \approx 13,5 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,10 \text{ kg/mm}^2$$

Jadi dengan hasil perhitungan diatas, beban total yang diterima oleh kampuh las tersebut aman untuk sambungan konstruksi.

A.3 Perencanaan Mur dan Baut

A.3.1 Perencanaan mur dan baut pengikat bantalan

- Menentukan besarnya beban maksimal yang dapat diterima oleh masing-masing baut dan mur dengan factor koreksi (f_c) = 1,2 – 2,00, maka factor koreksi yang diambil adalah $f_c = 1,2$

$$\begin{aligned}
 W_{max} &= W_0 \cdot f_c && \longrightarrow W_0 = \text{berat bor} + \text{klem pada bor} \\
 &= 1,7 \times 1,2 && = 1,2 + 0,5 \text{ kg} = 1,7 \text{ kg} \\
 &= 2,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban yang diterima oleh masing-masing baut:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{2,04}{2} \\
 &= 1,02 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Menentukan bahan baut dan mur

Bahan baut dan mur yang direncanakan dari baja liat dengan kadar karbon 0,2% C = ST-34, $\sigma_b = 330 - 410 \text{ N/mm}^2$ 34 kg/mm^2 . Sehingga diketahui faktor keamanan (S_f) 8 – 10 10. Tekanan permukaan yang diizinkan (q_a) = 3 kg/mm^2 .

- Kekuatan tarik yang diizinkan (σ_a)

$$\begin{aligned}
 \sigma_a &= \frac{\sigma_b}{S_f} \\
 &= \frac{34 \text{ kg/mm}^2}{10} \\
 &= 3,4 \text{ kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan geser yang diizinkan (τ_a)

$$\begin{aligned}\tau_a &= 0,5 \cdot \sigma_a \\ &= 0,5 \times 3,4 \\ &= 1,7 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

Dengan mengetahui besar beban maksimum dan besar tegangan geser yang diizinkan pada masing-masing baut, maka diameter D dapat dihitung:

$$\begin{aligned}D &\geq \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \sigma_a \cdot 0,64}} \\ &\geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,02}{3,14 \cdot 3,4 \cdot 0,64}} \\ &\geq \sqrt{\frac{4,80}{6,83}} \\ &\geq \sqrt{0,59} \\ &\geq 0,76\end{aligned}$$

Disini diambil $D = 8 \text{ mm}$

Sehingga ulir baut dan mur yang dipilih ulir metris dengan ukuran standart M10 dan didapat standart dimensi sebagai berikut:

Dimensi luar ulir dalam (D)	= 8	mm
Jarak bagi (p)	= 1,25	mm
Diameter inti (d_1)	= 6,647	mm
Tinggi kaitan (H_1)	= 0,677	mm
Diameter efektif ulir dalam (d_2)	= 7,188	mm

Dari hasil data diatas dapat ditetapkan untuk perhitungan ulir dalam dimana untuk ulir metris harga $k \approx 0,84$ dan $j \approx 0,75$.

Jumlah ulir (Z) yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} Z &\geq \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot q_a} \\ &\geq \frac{1,02}{3,14 \cdot 7,188 \cdot 0,677 \cdot 3} \\ &\geq \frac{1,02}{4584} \\ &\geq 0,02 \rightarrow 3 \end{aligned}$$

➤ Tinggi mur (H) yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} H &\geq z \times p \\ &\geq 3 \times 1,25 \\ &\geq 3,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

menurut standar :

$$\begin{aligned} H &\geq (0,8 - 1,0) \cdot D \\ &\geq (1,0) 8 \\ &\geq 8 \text{ mm} \rightarrow 8 \end{aligned}$$

➤ Tinggi mur yang akan diambil adalah 10 mm, sehingga jumlah ulir mur (Z') adalah:

$$\begin{aligned} Z' &= \frac{H}{p} \\ &= \frac{8}{1,25} \\ Z' &= 6,4 \end{aligned}$$

- Kekuatan geser akar ulir baut τ_b adalah:

$$\begin{aligned}\tau_b &= \frac{W}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot p \cdot z'} \\ &= \frac{1,02}{3,14 \cdot 6,647 \cdot 0,84 \cdot 1,25 \cdot 6,4} \\ &= \frac{1,02}{104,2} \\ &= 0,009 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

- Kekuatan geser akar ulir mur τ_n adalah:

$$\begin{aligned}\tau_n &= \frac{W}{\pi \cdot D \cdot j \cdot p \cdot z'} \\ &= \frac{1,02}{3,14 \cdot 8 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 6,4} \\ &= \frac{1,02}{150,72} \\ &= 0,006 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{maka : } \tau_a \geq \tau_b \approx 1,7 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,009 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau_a \geq \tau_n \approx 1,7 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,006 \text{ kg/mm}^2$$

Harga τ_n dan τ_b memenuhi syarat yang ditentukan, sehingga mur dan baut yang dipilih M8 dengan ketinggian mur 8 mm dan dari bahan baja liat dengan kadar karbon 0,2%C.

A.3.2 Perencanaan mur dan baut pengikat motor listrik

- Menentukan besarnya beban maksimal yang dapat diterima oleh masing-masing baut dan mur dengan factor koreksi (f_c) = 1,2 – 2,00, maka factor koreksi yang diambil adalah $f_c = 1,2$

$$\begin{aligned} W_{max} &= W_0 \cdot f_c && \longrightarrow W_0 = \text{berat eretan} \\ &= 5,5 \times 1,2 && = 5,5 \text{ kg} \\ &= 6,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban yang diterima oleh masing-masing baut:

$$\begin{aligned} W &= \frac{6,6}{2} \\ &= 3,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Menentukan bahan baut dan mur

Bahan baut dan mur yang direncanakan dari baja liat dengan kadar karbon 0,2% C = ST-34, $\sigma_b = 330 - 410 \text{ N/mm}^2$ 34 kg/mm^2 . Sehingga diketahui faktor keamanan (S_f) 8 – 10 10. Tekanan permukaan yang diizinkan (q_a) = 3 kg/mm^2 .

- Kekuatan tarik yang diizinkan (σ_a)

$$\begin{aligned} \sigma_a &= \frac{\sigma_b}{S_f} \\ &= \frac{34 \text{ kg/mm}^2}{10} \\ &= 3,4 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

- Kekuatan geser yang diizinkan (τ_a)

$$\begin{aligned} \tau_a &= 0,5 \cdot \sigma_a \\ &= 0,5 \times 3,4 \\ &= 1,7 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan mengetahui besar beban maksimum dan besar tegangan geser yang diizinkan pada masing-masing baut, maka diameter D dapat dihitung:

$$\begin{aligned}
 D &\geq \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \sigma_a \cdot 0,64}} \\
 &\geq \sqrt{\frac{4 \cdot 3,3}{3,14 \cdot 3,4 \cdot 0,64}} \\
 &\geq \sqrt{\frac{1312}{6,83}} \\
 &\geq \sqrt{1,92} \\
 &\geq 1,38
 \end{aligned}$$

Disini diambil $D = 10$ mm

Sehingga ulir baut dan mur yang dipilih ulir metris dengan ukuran standart M10 dan didapat standart dimensi sebagai berikut;

Dimensi luar ulir dalam (D)	= 10	mm
Jarak bagi (p)	= 1,5	mm
Diameter inti (d_1)	= 8,3760	mm
Tinggi kaitan (H_1)	= 0,812	mm
Diameter efektif ulir dalam (d_2)	= 9,0260	mm

Dari hasil data diatas dapat ditetapkan untuk perhitungan ulir dalam dimana untuk ulir metris harga $k \approx 0,84$ dan $j \approx 0,75$.

Jumlah ulir (Z) yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned}
 Z &\geq \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot q_a} \\
 &\geq \frac{3,3}{3,14 \cdot 9,026 \cdot 0,812 \cdot 3}
 \end{aligned}$$

$$\geq \frac{3,3}{69,04}$$

$$\geq 0,04 \rightarrow 3$$

- Tinggi mur (H) yang diperlukan adalah:

$$H \geq z \times p$$

$$\geq 3 \times 1,5$$

$$\geq 4,5 \text{ mm}$$

menurut standar :

$$H \geq (0,8 - 1,0) \cdot D$$

$$\geq (1,0) 10$$

$$\geq 10 \text{ mm} \rightarrow 10$$

- Tinggi mur yang akan diambil adalah 10 mm, sehingga jumlah ulir mur (Z') adalah:

$$Z' = \frac{H}{p}$$

$$= \frac{10}{1,5}$$

$$Z' = 6,7$$

- Kekuatan geser akar ulir baut τ_b adalah:

$$\tau_b = \frac{W}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot p \cdot z'}$$

$$= \frac{3,6}{3,14 \cdot 8,3760 \cdot 0,84 \cdot 1,5 \cdot 6}$$

$$= \frac{3,6}{222,3}$$

$$= 0,016 \text{ kg/mm}^2$$

- Kekuatan geser akar ulir mur τ_n adalah:

$$\begin{aligned}\tau_n &= \frac{W}{\pi \cdot D \cdot j \cdot p \cdot z'} \\ &= \frac{3,6}{3,14 \cdot 10 \cdot 0,75 \cdot 1,5 \cdot 6,7} \\ &= \frac{3,6}{236,68} \\ &= 0,02 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{maka : } \tau_a \geq \tau_b \approx 1,7 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,016 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau_a \geq \tau_n \approx 1,7 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,02 \text{ kg/mm}^2$$

Harga τ_n dan τ_b memenuhi syarat yang ditentukan, sehingga mur dan baut yang dipilih M6 dengan ketinggian mur 10 mm dan dari bahan baja liat dengan kadar karbon 0,2%C.

A.4 Proses Pengeboran

A.4.1 Pembuatan lubang pada rangka pengikat bantalan

Dalam proses pengeboran mata bor yang dipakai adalah jenis HSS dengan diameter 8 mm, sedangkan material yang akan dibor adalah ST-37 dengan tebal 3 mm.

Dengan mengasumsikan bahwa material yang akan dibor merupakan material keras, maka dari tabel didapat harga kecepatan potong (v_c) = 25 m/menit dan pemakanan (s) = 0,2 sehingga:

$$\begin{aligned}\text{➤ Putaran mata bor (n)} &= \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \\ &= \frac{1000 \cdot 25 \text{ m/menit}}{3,14 \times 8 \text{ mm}} \\ &= \frac{25000 \text{ m/menit}}{25,12 \text{ mm}} \\ &= 995,2 \text{ rpm}\end{aligned}$$

- Laju pemakanan (v_f)

$$= s \times n$$

$$= 0,2 \text{ mm/putaran} \times 995,2 \text{ rpm}$$

$$= 199,04 \text{ mm/menit}$$
- Jarak bebas bor (A)

$$= 2 \times 0,3 \times D$$

$$= 2 \times 0,3 \times 8$$

$$= 4,8 \text{ mm}$$

- Jika jarak lebih (I_1) pengeboran diambil sebesar 8 mm, maka jarak pengeboran total (L) adalah:

$$L = t + A + I_1$$

$$= (3 + 4,8 + 8) \text{ mm}$$

$$= 15,8 \text{ mm}$$

- Jika waktu yang dibutuhkan untuk setiap setting pahat adalah 1 menit dan setting benda kerja tiap lubang membutuhkan 1 menit, maka waktu pengeboran (t_m) yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 8 lubang adalah:

$$t_m = \frac{L}{V_f} + \text{Setting pahat} + \text{Setting benda kerja} \times 8$$

$$= \frac{15,8}{199,04} + 1 \text{ menit} + (1 \text{ menit} \times 8)$$

$$= 5,07 \text{ menit}$$

Jadi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 8 lubang membutuhkan waktu 5,10 menit.

A.4.2 Pembuatan lubang pada rangka pengikat motor listrik

Dalam proses pengeboran mata bor yang dipakai adalah jenis HSS dengan diameter 10 mm, sedangkan material yang akan dibor adalah ST-37 dengan tebal 3 mm.

Dengan mengasumsikan bahwa material yang akan dibor merupakan material keras, maka dari tabel didapat harga kecepatan potong (v_c) = 25 m/menit dan pemakanan (s) = 0,1 sehingga:

$$\begin{aligned} \text{➤ Putaran mata bor } (n) &= \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \\ &= \frac{1000 \cdot 25 \text{ m/menit}}{3,14 \times 10 \text{ mm}} \\ &= \frac{25000 \text{ m/menit}}{31,4 \text{ mm}} \\ &= 796,17 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Laju pemakanan } (v_f) &= s \times n \\ &= 0,2 \text{ mm/putaran} \times 796,17 \text{ rpm} \\ &= 159,23 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Jarak bebas bor } (A) &= 2 \times 0,3 \times D \\ &= 2 \times 0,3 \times 10 \\ &= 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Jika jarak lebih (I_1) pengeboran diambil sebesar 8 mm, maka jarak pengeboran total (L) adalah:

$$\begin{aligned} L &= t + A + I_1 \\ &= (3 + 6 + 8) \text{ mm} \\ &= 17 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Jika waktu yang dibutuhkan untuk setiap setting pahat adalah 1 menit dan setting benda kerja tiap lubang membutuhkan 1 menit, maka waktu pengeboran (t_m) yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 4 lubang adalah:

$$\begin{aligned}t_m &= \frac{L}{V_f} + \text{Setting pahat} + \text{Setting benda kerja} \times 9 \\ &= \frac{17}{159,23} + 1 \text{ menit} + (1 \text{ menit} \times 9) \\ &= 5,10 \text{ menit}\end{aligned}$$

Jadi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 4 lubang membutuhkan waktu 5,10 menit.

Tabel A.1 Total waktu pengeboran

Jenis Pengeboran	Waktu (menit)	Keterangan
Diameter 10 mm dengan 4 lubang	5,10	Pengeboran pada pelat eretan dudukan pahat
Diameter 8 mm dengan 8 lubang	5,07	Pengeboran pada besi kotak eretan
Total	10,17	

B. LAMPIRAN TABEL

TABEL B.1 SIFAT-SIFAT MEKANIS

Bahan	Tegangan leleh σ_y		Tegangan batas σ_u		Persen pemanjangan (panjang ukuran 50 mm)
	ksi	MPa	ksi	MPa	
Aluminium (murni)	3	20	10	70	60
Aluminium campuran	5 - 70	35 - 500	15 - 80	100 - 550	1 - 45
2014 - T6	60	410	70	480	13
6061 - T6	40	270	45	310	17
7075 - T6	70	480	80	550	11
Kuningan	10 - 80	70 - 550	30 - 90	200 - 620	4 - 60
Kuningan merah (80% Cu, 20% Zn); keras	70	470	85	590	4
Kuningan merah (80% Cu, 20% Zn); lunak	13	90	43	300	50
Kuningan naval ; keras	60	410	85	590	15
Kuningan naval ; lunak	25	170	59	410	50
Batu-bata (tekan)			1 - 10	7 - 70	
Perunggu	12 - 100	82 - 690	30 - 120	200 - 830	5 - 60
Perunggu mangan ; keras	65	450	90	620	10
Perunggu mangan ; lunak	25	170	65	450	35
Besi tuang (tarik)	17 - 42	120 - 920	10 - 70	69 - 480	0 - 1
Besi tuang kelabu	17	120	20 - 60	140 - 410	0 - 1
Besi tuang (tekan)			50 - 200	340 - 1.400	
Beton (tekan)			1,5 - 10	10 - 70	
Kekuatan-rendah			2	14	
Kekuatan-sedang			4	28	
Kekuatan-tinggi			6	41	
Tembaga					
Keras-ditarik	48	330	55	380	10
Lunak (dilunakkan)	8	55	33	230	50
Tembaga berillium	110	760	120	830	4
Kaca			5 - 150	30 - 1.000	
Kaca datar			10	70	
Serat kaca			1.000 - 3.000	7.000 - 20.000	
Magnesium (murni)	3 - 10	20 - 70	15 - 25	100 - 170	5 - 15
Campuran	12 - 40	80 - 280	20 - 50	140 - 340	2 - 20
Monel (67% Ni, 30% Cu)	25 - 160	170 - 1.100	65 - 170	450 - 1.200	2 - 50
Nikel	20 - 90	140 - 620	45 - 110	310 - 760	2 - 50
Nilon			6 - 10	40 - 70	50
Karet	0,2 - 1,0	1 - 7	1 - 3	7 - 20	100 - 800
Baja					
Kekuatan tinggi	50 - 150	340 - 1.000	80 - 180	550 - 1.200	5 - 25
Mesin	50 - 100	340 - 700	80 - 125	550 - 860	5 - 25
Pegas	60 - 240	400 - 1.600	100 - 270	700 - 1.900	3 - 15
Tahan-karat	40 - 100	280 - 700	60 - 150	400 - 1.000	5 - 40
Alat	75	520	130	900	8
Baja, struktural	30 - 100	200 - 700	50 - 120	340 - 830	10 - 40
ASTM-A36	36	250	60	400	30
ASTM-A572	50	340	70	500	20
ASTM-A514	100	700	120	830	15
Kawat baja	40 - 150	280 - 1.000	80 - 200	550 - 1.400	5 - 40
Batu (tekan)					
Granit			10 - 40	70 - 280	
Batu-kapur			3 - 30	20 - 200	
Marmer			8 - 25	50 - 180	
Titanium (murni)	60	400	70	500	25
Campuran	110 - 130	760 - 900	130 - 140	900 - 970	10
Tungsten			200 - 600	1.400 - 4.000	0 - 4
Kayu					
Ash	6 - 10	40 - 70	8 - 14	50 - 100	
Douglas fir	5 - 8	30 - 50	8 - 12	50 - 80	
Ek (Oak)	6 - 9	40 - 60	8 - 14	50 - 100	
Cemara (southern pine)	6 - 9	40 - 60	8 - 14	50 - 100	
Kayu (tekan, sejajar dengan serat)					
Ash	4 - 6	30 - 40	5 - 8	30 - 50	
Douglas fir	4 - 8	30 - 50	6 - 10	30 - 50	
Ek (Oak)	4 - 6	30 - 40	5 - 8	30 - 50	
Cemara (southern pine)	4 - 8	30 - 50	6 - 10	40 - 70	
Besi tempa	30	210	50	340	35

Sumber : Gere & Timoshenko.1996. *Mekanika Bahan jilid 1*. Erlangga. Jakarta

TABEL B.2 KONVERSI DARI SATUAN YANG BIASA DI AS KE SATUAN SI

Satuan yang biasa di AS		Faktor konversi pengali		Sama dengan satuan SI	
		Teliti	Praktis		
Percepatan					
kaki per detik kuadrat	kaki /det ²	0.3048 ^a	0.305	Meter per detik kuadrat	m/det ²
inci per detik kuadrat	inci/det ²	0.0254 ^a	0.0254	Meter per detik kuadrat	m/det ²
Luas					
kaki kuadrat	kaki ²	0.09290304 ^a	0.0929	Meter kuadrat	m ²
Inci kuadrat	inci ²	645.16 ^a	645	Milimeter kuadrat	mm ²
Kerapatan (massa)					
Slug per kaki kubik	slug/kaki ³	515.379	515	Kilogram per meter kubik	kg/m ³
Energi, kerja					
Kaki-pon	kaki-lb	1.35582	1.36	joule	J
Kilowatt-jam	kWh	3.6 ^a	3.6	Megajoule	MJ
Satuan panas Inggris	Btu	1055.06	1055	Joule	J
Gaya					
Pon	lb	4.44822	4.45	Newton	N
Kip (1000 pon)	k	4.44822	4.45	Kilonewton	kN
Intensitas cahaya					
Pon per kaki	lb/kaki	14.5939	14.6	Newton per meter	N/m
Kip per kaki	k/kaki	14.5939	14.6	Kilonewton per meter	kN/m
Panjang					
Kaki	kaki	0.3048 ^a	0.305	Meter	m
Inci	inci	25.4 ^a	25.4	Milimeter	mm
Mil		1.609344 ^a	1.61	Kilometer	km
Massa					
Slug		14.5939	14.6	Kilogram	kg
Momen gaya; torca					
Kaki-pon	kaki-lb	1.35582	1.36	Newton meter	Nm
Inci-pon	inci-lb	0.112985	0.113	Newton meter	Nm
Kaki-kip	kaki-k	1.35582	1.36	Kilonewton meter	kN-m
Inci-kip	inci-k	0.112985	0.113	Kilonewton meter	kN-m
Momen inersia (massa slug kaki kuadrat)					
		1.35582	1.36	Kilogram meter kuadrat	kg-m ²
Momen inersia (momen kedua arid luas)					
Inci pangkat empat	inci ⁴	416,231	416,000	Milimeter pangkat empat	mm ⁴
Inci pangkat empat	inci ⁴	0.416231 × 10 ⁶	0.416 × 10 ⁶	Meter pangkat empat	m ⁴
Daya					
Kaki-pon per detik	kaki-lb/det	1.35582	1.36	Watt	W
Kaki-pon per menit	kaki-lb/menit	0.0225970	0.0226	Watt	W
Daha kuda (550 kaki-pon per detik)	hp	745.701	746	Watt	W
tekanan; tegangan					
pon per kaki kuadrat	lb/kaki ²	47.8803	47.9	Pascal	Pa
pon per inci kuadrat	lb/inci ²	6894.76	6890	Pascal	Pa
kip per kaki kuadrat	k/kaki ²	47.8803	47.9	Kilopascal	kPa
kip per inci kuadrat	k/inci ²	6894.76	6890	Kilopascal	kPa
Modulus tampang					
Inci pangkat tiga	inci ³	16,387.1	16,400	Milimeter pangkat tiga	mm ³
Inci pangkat tiga	inci ³	16.3871 × 10 ⁶	16.4 × 10 ⁶	Meter pangkat tiga	m ³
Berat spesifik (kecepatan berat)					
Pon per kaki kubik	lb/kaki ³	157.087	157	Newton per meter kubik	N/m ³
Pon per inci kubik	lb/inci ³	271.447	271	Kilonewton per meter kubik	kN/m ³
Kecepatan					
Kaki per detik	kaki/detik	0.3048 ^a	0.305	Meter per detik	m/det
Inci per detik	inci/detik	0.0254 ^a	0.0254	Meter per detik	m/det
Mil per jam	inci/detik	0.44704 ^a	0.447	Meter per detik	m/det
Mil per jam	mil/jam	1.609344 ^a	1.61	Kilometer per jam	km/jam
Volume					
Kaki kubik	kaki ³	0.0283168	0.0283	Meter kubik	m ³
Inci kubik	inci ³	16.3871 × 10 ⁶	16.4 × 10 ⁶	Meter kubik	m ³
Inci kubik	inci ³	16.3871	16.4	Sentimeter kubik	cm ³
Galon		3.78541	3.79	Liter	L
Galon		0.00378541	0.00379	Meter kubik	m ³

^aFaktor konversi yang pasti

catatan : untuk mengkonversi Satuan SI ke satuan AS, bagilah dengan faktor konversi.

Sumber : Gere & Timoshenko.1996. *Mekanika Bahan jilid 1*.Erlangga: Jakarta.

TABEL B.3 MASSA JENIS BAHAN (...)

(Satuan : kg/Dm³)

Bahan	Massa Jenis	Bahan	Massa Jenis
Aether (Minyak Tanah)	0,91	Gelas Cermin	2,46
Air Raksa	13,60	Gemuk	0,93
Alkohol (Bebas Air)	0,79	Gips (Bakar)	1,80
Aluminium Murni	2,58	Gips (Tuang, Kering)	0,97
Aluminium Tuang	2,60	Glycerine	1,25
Aluminium Tempa	2,75	Granit	2,50 – 3,10
Aluminium Loyang	7,70	Grafit	2,50 – 3,10
Asbes	2,10 – 2,80	Kapur (Bakar)	1,40
Aspal Murni	1,10 – 1,40	Kapur Tulis	1,80 – 2,70
Aspal Beton	2,00 – 2,50	Kaporit	2,20
Baja Tuang	7,85	Kobalt	8,50
Besi Tuang	7,25	Logam Delta	8,70
Basalt	2,70 – 3,20	Logam Putih	7,10
Batu Bara	1,40	Magnesium	1,74
Bensin	0,68 – 0,70	Mangan	7,50
Berlian	3,50	Nikel Tuang	8,28
Besi Tempa	7,60 – 7,89	Nikel Tempa	8,67
Besi Tarik	7,60 – 7,75	Perak	10,50
Besi Murni	7,88	Perunggu	8,80
Besi Vitriol	1,80 – 1,98	Platina Tuang	21,20
Bismuth	9,80	Platina Tempa	21,40
Emas	19,00 – 19,50	Tembaga Elektrolisis	8,90 – 8,95
Es	0,88 – 0,92	Tembaga Tempa	8,90 – 9,00
Fiber	1,28	Tembaga Tuang	8,80
Gabus	2,24	Timah Putih Tuang	7,25
Garam Dapur	2,15	Timah Putih Tempa	7,45
Gas Kokas	1,40	Timbal	11,35
Gelas Flint	3,70	Uranium	18,50

Sumber : Buku Teknik Sipil, Sunggono KH, 1995

TABEL B.4 TEGANGAN YANG DIJINKAN UNTUK SAMBUNGAN LAS KONSTRUKSI BAJA MENURUT DIN 4100

Kampuh	Kualitas kampuh	Tegangan	Baja			
			St 37 Beban		St 52 Beban	
			H	HZ [N/mm ²]	H	HZ
Kampuh temu, kampuh K dengan Kampuh sudut ganda, Kampuh steg K dengan kampuh sudut ganda	Semua kualitas kampuh	Tekan dan lentur	160	180	240	270
	Bebas dari retak dan kesalahan lainnya	Tarik dan lentur	160	180	240	270
	Kualitas kampuh tidak diketahui		135	150	170	190
Kampuh Steg-HV dengan kampuh sudut	Semua kualitas	Tekan dan lentur, tarik dan lentur, tegangan total	135	150	170	190
Kampuh-kampuh lainnya	Semua kualitas	Geser	135	150	170	190

Sumber : Niemen. 1999. *Elemen Mesin jilid 1*. Erlangga: Jakarta.

TABEL B.5 TEKAPAN PERMUKAAN YANG DIJINKAN PADA ULIR (Satuan : kg/mm²)

Jenis Bahan		Tekanan Permukaan Yang Dijinkan (q_a)	
Ulir Luar (Baut)	Ulir Dalam (Mur)	Untuk Pengikat	Untuk Penggerak
Baja Liat	Baja Liat atau Perunggu	3,0	1,0
Baja Keras	Baja Liat atau Perunggu	4,0	1,3
Baja Keras	Besi Cor	1,5	0,5

Sumber : Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Sularso; 1997

TABEL B.6 FAKTOR-FAKTOR KOREKSI DAYA YANG AKAN DITRANSMISIKAN, f_c

Daya yang akan ditransmisikan	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. 2002. *Perancangan Elemen Mesin*. Pradnya Paramita: Jakarta.

TABEL B.7 UKURAN STANDAR ULIR HALUS METRIS (Satuan : mm)

Jenis Ulir			Jarak Bagi (p)	Tinggi Kaitan (H_1)	Ulir Dalam (Mur)		
					Diameter Luar (D)	Diameter Efektif (D_2)	Diameter Dalam (D_1)
1	2	3			Ulir Luar (Baut)		
					Diameter Luar (d)	Diameter Efektif (d_2)	Diameter Inti (d_1)
M 0,25			0,075	0,041	0,250	0,201	0,169
M 0,3			0,080	0,043	0,300	0,248	0,213
	M 0,35		0,090	0,049	0,350	0,292	0,253
M 0,4			0,100	0,054	0,400	0,335	0,292
	M 0,45		0,100	0,054	0,450	0,385	0,342
M 0,5			0,125	0,068	0,500	0,419	0,365
	M 0,55		0,125	0,068	0,550	0,469	0,415
M 0,6			0,150	0,081	0,600	0,503	0,438
	M 0,7		0,175	0,095	0,700	0,586	0,511
M 0,8			0,200	0,108	0,800	0,670	0,583
	M 0,9		0,225	0,122	0,900	0,754	0,656
M 1			0,250	0,135	1,000	0,838	0,729
M 1,2			0,250	0,135	1,200	1,038	0,929
M 1,4			0,300	0,162	1,400	1,205	1,075
M 1,7			0,350	0,189	1,700	1,473	1,321
M 2			0,400	0,217	2,000	1,740	1,567
M 2,3			0,400	0,217	2,300	2,040	1,867
M 2,6			0,450	0,244	2,600	2,308	2,113
M 3			0,500	0,271	3,000	2,675	2,459
			0,600	0,325	3,000	2,610	2,350
	M 3,5		0,600	0,325	3,500	3,110	2,850
M 4			0,700	0,0379	4,000	3,515	3,242
			0,750	0,406	4,000	3,513	3,188
	M 4,5		0,750	0,406	4,500	4,013	3,688
M 5			0,800	0,433	5,000	4,480	4,134
			0,900	0,487	5,000	4,415	4,026
			0,900	0,487	5,500	4,915	4,526

Catatan : Kolom 1 merupakan pilihan utama. Kolom 2 dan kolom 3 hanya dipilih jika terpaksa.

Sumber : Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Sularso; 1997

TABEL B.8 UKURAN STANDAR ULIR KASAR METRIS (Satuan : mm)

Jenis Ulir			Jarak Bagi (p)	Tinggi Kaitan (H_1)	Ulir Dalam (Mur)		
					Diameter Luar (D)	Diameter Efektif (D_2)	Diameter Dalam (D_1)
1	2	3			Ulir Luar (Baut)		
					Diameter Luar (d)	Diameter Efektif (d_2)	Diameter Inti (d_1)
M 6			1,00	0,541	6,000	5,3500	4,9170
		M 7	1,00	0,541	7,000	6,3500	5,9170
M 8			1,25	0,677	8,000	7,1880	6,6470
		M 9	1,25	0,677	9,000	8,1880	7,6470
M 10			1,50	0,812	10,00	9,0260	8,3760
		M 11	1,50	0,812	11,00	10,026	9,3760
M 12			1,75	0,947	12,00	10,863	10,106
	M 14		2,00	1,083	14,00	12,701	11,835
M 16			2,00	1,083	16,00	14,701	13,835
	M 18		2,50	1,353	18,00	16,376	15,294
M 20			2,50	1,353	20,00	18,376	17,294
	M 22		2,50	1,353	22,00	20,376	19,294
M 24			3,00	1,624	24,00	22,051	20,752
	M 27		3,00	1,624	27,00	25,051	23,752
M 30			3,50	1,894	30,00	27,727	26,211
	M 33		3,50	1,894	33,00	30,727	29,211
M 36			4,00	2,165	36,00	34,402	31,670
	M 39		4,00	2,165	39,00	36,402	34,670
M 42			4,50	2,436	42,00	39,077	37,129
	M 45		4,50	2,436	45,00	42,077	40,129
M 48			5,00	2,706	48,00	44,752	42,587
	M 52		5,00	2,076	52,00	48,752	46,587
M 56			5,50	2,977	56,00	52,428	50,046
	M 60		5,50	2,977	60,00	56,428	54,046
M 64			6,00	3,248	64,00	60,103	57,505
	M 68		6,00	3,248	68,00	64,103	61,505

Sumber : Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Sularso; 1997

Catatan : Kolom 1 merupakan pilihan utama. Kolom 2 dan kolom 3 hanya dipilih jika terpaksa.

TABEL B.9. FEEDING UNTUK PENGEBORAN BAJA MENGGUNAKAN MATA BOR BAJA KECEPATAN TINGGI

Diameter Mata Bor (mm)	Kekuatan Tarik (kg/mm^2)								
	< 80			80 – 100			> 100		
	Kelompok Feeding								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Feeding (mm/putaran)								
Sampai Dengan									
2	0,05-0,06	0,04-0,05	0,03-0,04	0,04-0,05	0,03-0,04	0,02-0,03	0,03-0,04	0,03-0,04	0,02-0,03
4	0,08-0,10	0,06-0,08	0,04-0,05	0,06-0,08	0,04-0,06	0,03-0,04	0,04-0,06	0,04-0,05	0,03-0,04
6	0,14-0,18	0,11-0,13	0,07-0,09	0,10-0,12	0,07-0,09	0,05-0,06	0,08-0,10	0,06-0,08	0,04-0,05
8	0,18-0,22	0,13-0,17	0,09-0,11	0,13-0,15	0,09-0,11	0,06-0,08	0,11-0,13	0,08-0,10	0,05-0,07
10	0,22-0,28	0,16-0,20	0,11-0,13	0,17-0,21	0,13-0,15	0,08-0,11	0,13-0,17	0,10-0,12	0,07-0,09
13	0,25-0,31	0,19-0,23	0,13-0,15	0,19-0,23	0,14-0,18	0,10-0,12	0,15-0,19	0,12-0,14	0,08-0,10
16	0,31-0,37	0,22-0,27	0,15-0,19	0,22-0,28	0,17-0,21	0,12-0,14	0,18-0,22	0,13-0,17	0,09-0,11
20	0,35-0,43	0,26-0,32	0,18-0,22	0,26-0,32	0,20-0,24	0,13-0,17	0,21-0,25	0,15-0,19	0,11-0,13
25	0,39-0,47	0,29-0,35	0,20-0,24	0,29-0,35	0,22-0,26	0,14-0,18	0,23-0,29	0,17-0,21	0,12-0,14
30	0,45-0,55	0,33-0,41	0,22-0,28	0,32-0,40	0,24-0,30	0,16-0,20	0,27-0,33	0,20-0,24	0,13-0,17
> 30 dan < 60	0,60-0,70	0,45-0,55	0,30-0,35	0,40-0,50	0,30-0,35	0,20-0,25	0,30-0,40	0,22-0,30	0,16-0,23

Catatan : Feeding kelompok I untuk proses pengeboran benda kerja keras.

Feeding kelompok II untuk proses pengeboran benda kerja kekerasan menengah.

Feeding kelompok III untuk proses pengeboran lubang presisi atau pekerjaan reamer.

TABEL B.10. TINGKAT PEMESINAN PADA KECEPATAN POTONG, TERGANTUNG PADA TINGKAT KARAKTER MEKANIS DARI BAJA (PAHAT BAJA KECEPATAN TINGGI)

Material Pemesinan		Data Mekanis Baja dan Tingkat Pemesinan Untuk Kecepatan Potong							
Kelompok Baja	Tingkat Baja								
Baja Karbon Baja Struktural ($C = 0,6\%$)	08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 55, 60 C _{T.0} , C _{T.1} , C _{T.2} , C _{T.3} , C _{T.4} , C _{T.5} , C _{T.6}	Kekuatan Tarik (\dagger_B)	30-35	36-41	42-49	50-57	58-68	69-81	82-96
		<i>Bhn</i>	84-99	100-117	118-140	141-163	164-194	195-232	234-274
		K_{mv}	0,86	1,0	1,16	1,34	1,16	1,0	0,86
		Tingkat Pemesinan	7	6	5	4	5	6	7
Baja Krom Baja Nikel Baja Nikel Krom	15X, 20X, 30X, 35X, 40X, 45X, 50X 25H, 30H 20XH, 40XH, 45XH, 50XH 12XH2, 12XH3, 30XH3, 12X2H4 20XH20H4 20XH3A, 37XH3A	Kekuatan Tarik (\dagger_B)	37-43	44-51	52-61	62-72	73-85	86-100	101-119
		<i>Bhn</i>	110-127	128-146	147-174	175-205	206-243	244-285	286-341
		K_{mv}	1,56	1,34	1,16	1,0	0,86	0,75	0,64
		Tingkat Pemesinan	3	4	5	6	7	8	9

TABEL B.11. KECEPATAN POTONG UNTUK BAJA KARBON DAN BAJA DENGAN MATA BOR BAJA KECEPATAN TINGGI (HSS) MENGGUNAKAN CAIRAN PENDINGIN (BAGIAN PERTAMA)

Tingkat Pemesinan Baja	Feedings (<i>mm/put</i>)													
1	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88	–	–	–	–	–	–	–	–
2	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88	–	–	–	–	–	–	–
3	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88	–	–	–	–	–	–
4	0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88	–	–	–	–	–
5	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88	–	–	–	–
6	–	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88	–	–	–
7	–	–	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88	–	–
8	–	–	–	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88	–
9	–	–	–	–	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88
10	–	–	–	–	–	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66
11	–	–	–	–	–	–	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49

TABEL B.12. KECEPATAN POTONG UNTUK BAJA KARBON DAN BAJA DENGAN MATA BOR BAJA KECEPATAN TINGGI (HSS) MENGGUNAKAN CAIRAN PENDINGIN (BAGIAN KEDUA)

Jenis Pengeboran	Diameter Mata Bor D (mm)	Kecepatan Potong V (m/mt)													
Double Angle with Thinned Web DW	20	55	55	50	43	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11	9,5
	30	55	55	55	50	43	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11
	60	55	55	55	55	50	43	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13
Conventional C	4,6	43	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11	9,5	8,2	7	6
	9,6	50	43	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11	9,5	8,2	7
	20	55	50	43	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11	9,5	8,2
	30	55	55	50	43	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11	9,5
	60	55	55	55	50	43	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11

Sumber :Niemen. 1999. *Elemen Mesin jilid 1*. Erlangga: Jakarta.

TABEL B.13. SPESIFIKASI ELEKTRODA TERBUNGKUS DARI BAJA LUNAK (AWS A5.1-64T)

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis fluks	Posisi pengelasan	Jenis listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E 6010....	Natrium selulosa tinggi	F,V,OH,H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E 6011....	Kalium selulosa tinggi	F,V,OH,H	AC/DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E 6012....	Natrium titania tinggi	F,V,OH,H	AC/DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E 6013....	Kalium titania tinggi	F,V,OH,H	AC/DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E 6020....	Oksida besi tinggi	{ H-S F	AC/DC polaritas lurus AC/DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
E 6027....	Serbuk besi, oksida besi	{ H-S F	AC/DC polaritas lurus AC/DC polaritas ganda	43,6	35,2	25

Sumber : Wiryasumarto, Toshie Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Pradnya Paramita :Jakarta.

TABEL B.14 *CUTTING SPEED* UNTUK MATA BOR

Jenis bahan	Carbide Drills meter/menit	HSS Drills meter/menit
Alumunium dan paduannya	200 – 300	80 – 150
Kuningan dan Bronze	200 – 300	80 – 150
Bronze liat	70 – 100	30 – 50
Besi tuang lunak	100 – 150	40 – 75
Besi tuang sedang	70 – 100	30 – 50
Tembaga	60 – 100	25 – 50
Besi tempa	80 – 90	30 – 45
Magnesium dan paduannya	250 – 400	100 – 200
Monel	40 – 50	15 – 25
Baja mesin	80 – 100	30 – 55
Baja lunak(St37)	60 – 70	25 – 35
Baja alat	50 – 60	20 – 30
Baja tempa	50 – 60	20 – 30
Baja dan paduannya	50 – 70	20 – 35
Stainless steel	60 – 70	25 – 35

Sumber: Umaryadi. 2006. *PDTM Teknologi dan Industri*. Yudhistira: Jakarta.

TABEL B.15 KECEPATAN PEMAKANAN (FEEDING)

Diameter mata bor dalam mm	Kecepatan pemakanan mm/putaran
Hingga 3	0,025 sd 0,05
3 sd 6	0,05 sd 0,1
6,5 sd 8,5	0,1 sd 0,2
8,5 sd 25	0,2 sd 0,4
Lebih dari 25	0,4 sd 0,6

Sumber: Umaryadi. 2006. *PDTM Teknologi dan Industri*. Yudhistira: Jakarta.

C. LAMPIRAN GAMBAR



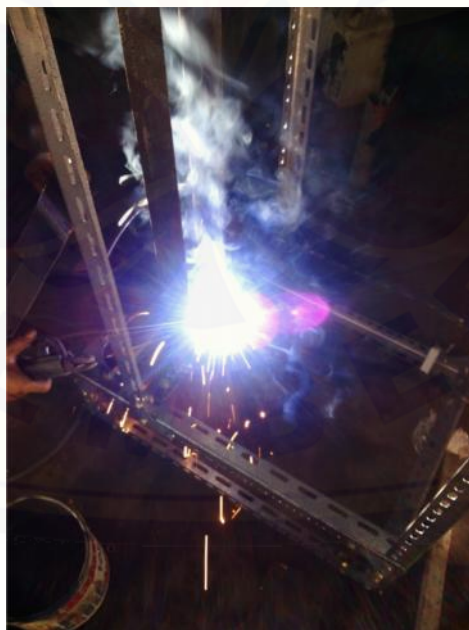
Gambar C.1 Bahan rangka (ST-37)



Gambar C.2 Pengukuran bahan (ST-37)



Gambar C.3 Pemotongan bahan (ST-37)



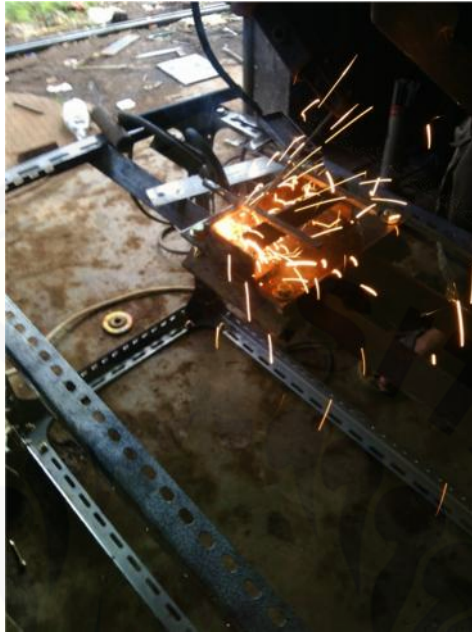
Gambar C.4 Pengelasan



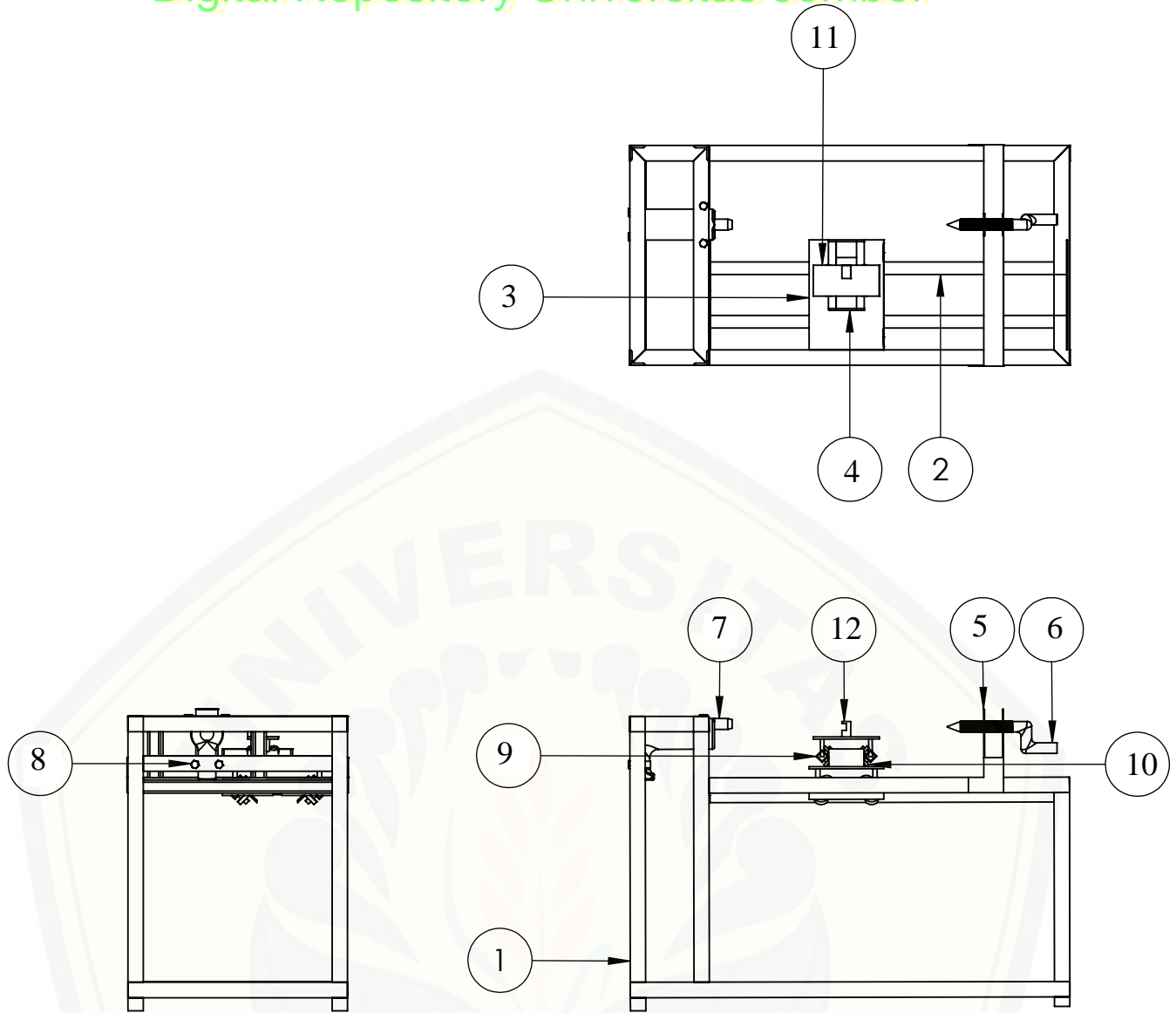
Gambar C.5 Pengeboran



Gambar C.6 Penggerindaan

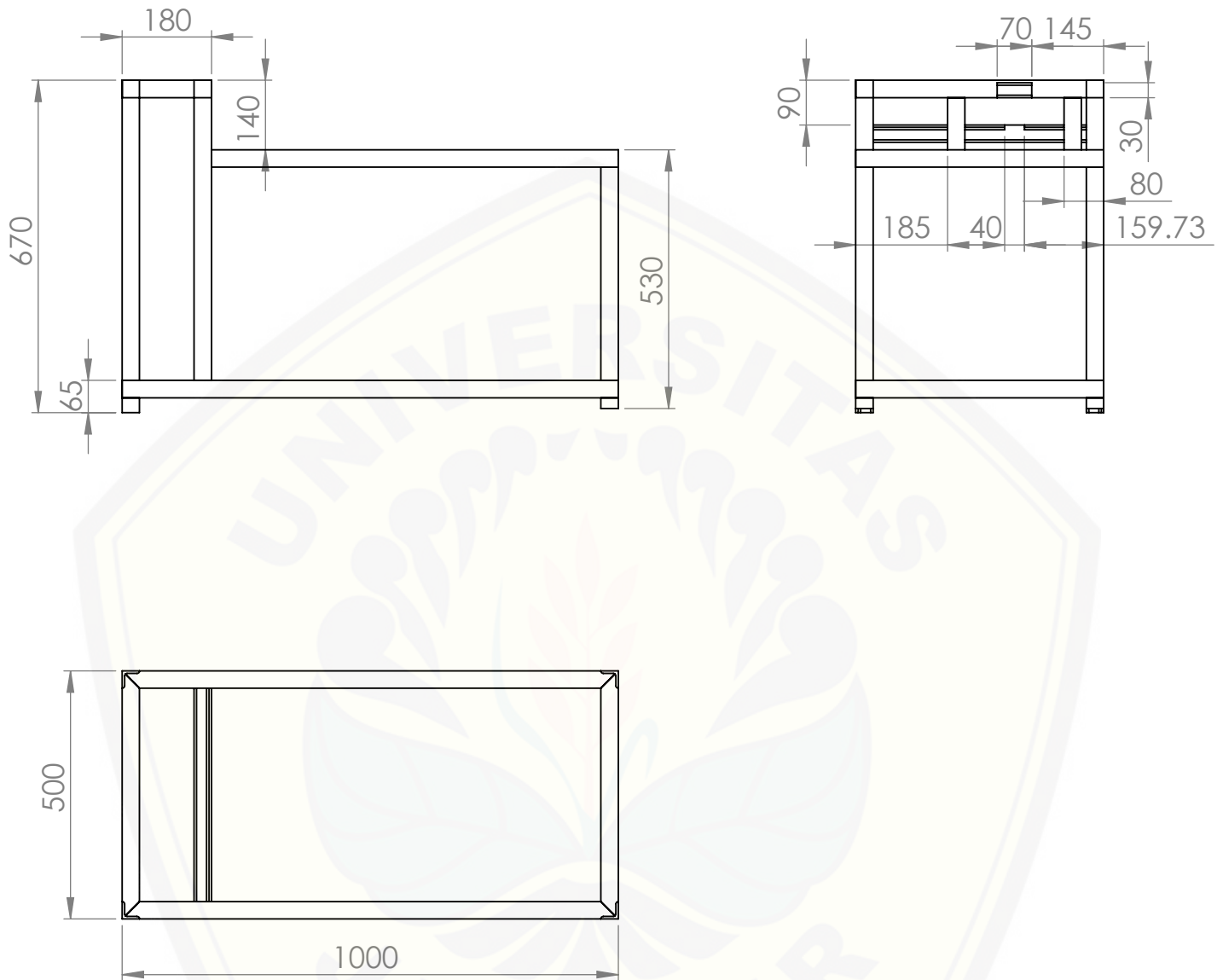


Gambar C.7 Pengelasan pada eretan



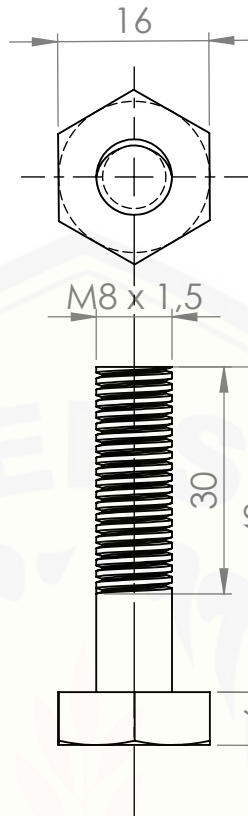
12	Dudukan Pahat	1	Pelat Besi	
11	Papan Eretan Atas	1	Pelat Besi	
10	Bearing / Bantalan	16	Besi Cor	
9	Besi Kotak Eretan Atas	2	ST-37	
8	Mur dan Baut	4	ST-34	
7	Bor Tangan	1		Pabrikan
6	Ulir Tail Stock	1	Besi	
5	Tail Stock	1	ST-37	
4	Rel Eretan Atas	1	Pelat Besi	
3	Eretan Bawah	1	ST-37	
2	Rel Eretan Bawah	2	ST-37	
1	Rangka	1	ST-37	

No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:15		DIGAMBAR: BAHTIAR FATON	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101001	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : SANTOSO M, S.T., M.T	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC BUBUT KAYU	No. 1 A4

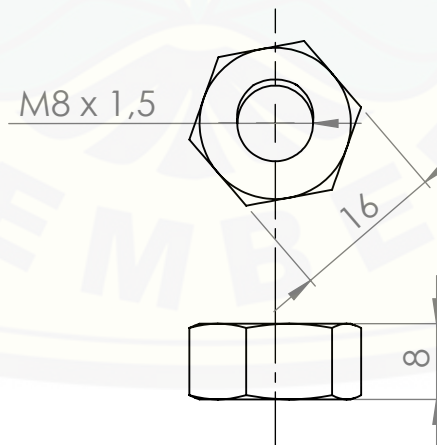


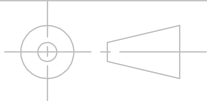
1	Rangka	1	ST-37	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:15		DIGAMBAR : BAHTIAR FATON	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101001	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : SANTOSO M., S.T., M.T.	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		MESIN CNC BUBUT KAYU		No. 2 A4

2 Baut

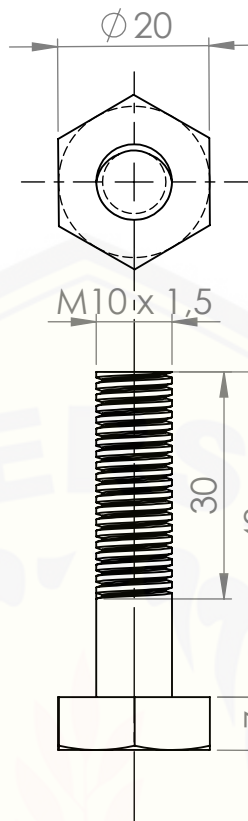


3 Mur

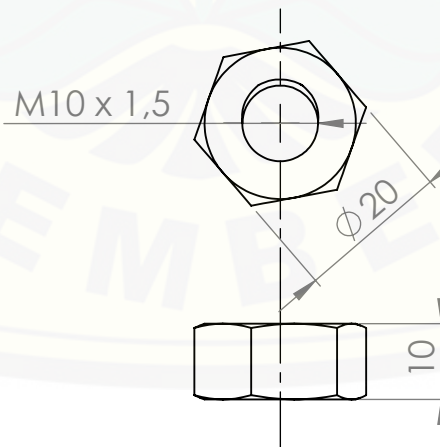


3	Mur	4	ST-34	
2	Baut	4	ST-34	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:1	DIGAMBAR : BAHTIAR FATON		PERINGATAN:
	SATUAN : mm	NIM : 131903101001		
	TANGGAL: 07-06-2016	DILIHAT : SANTOSO M, S.T., M.T		
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		MESIN CNC BUBUT KAYU		No. 3 A4

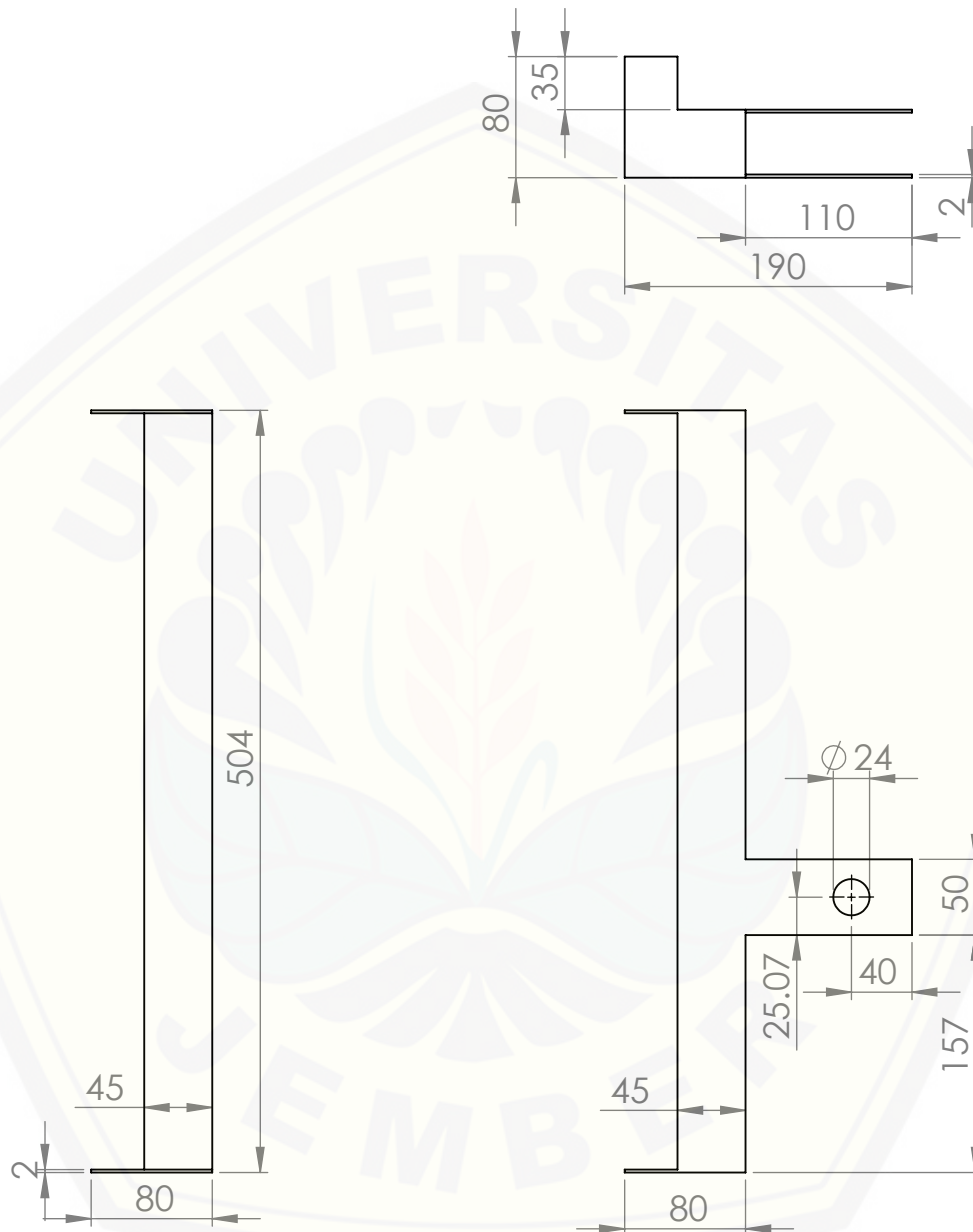
4 Baut



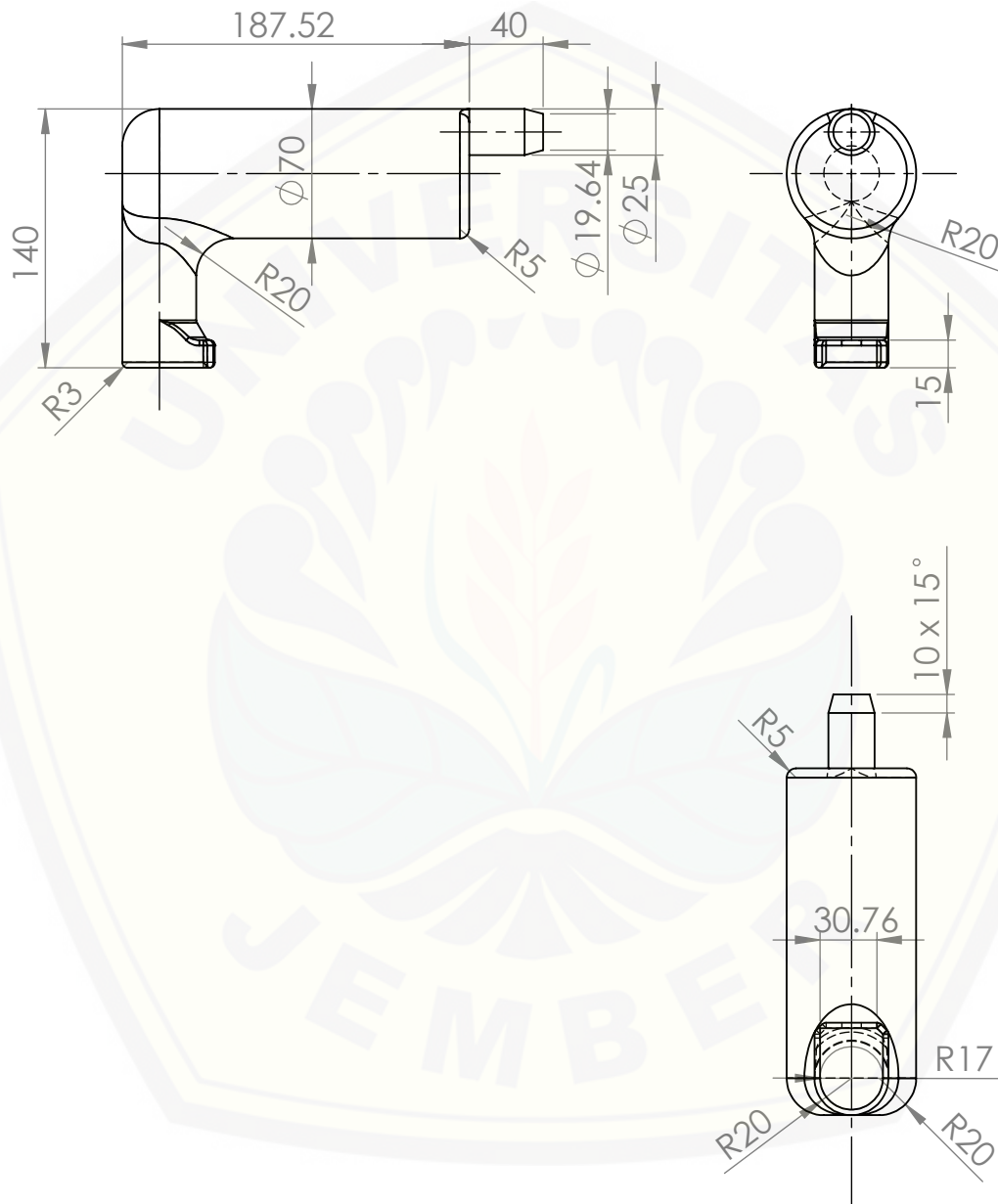
5 Mur



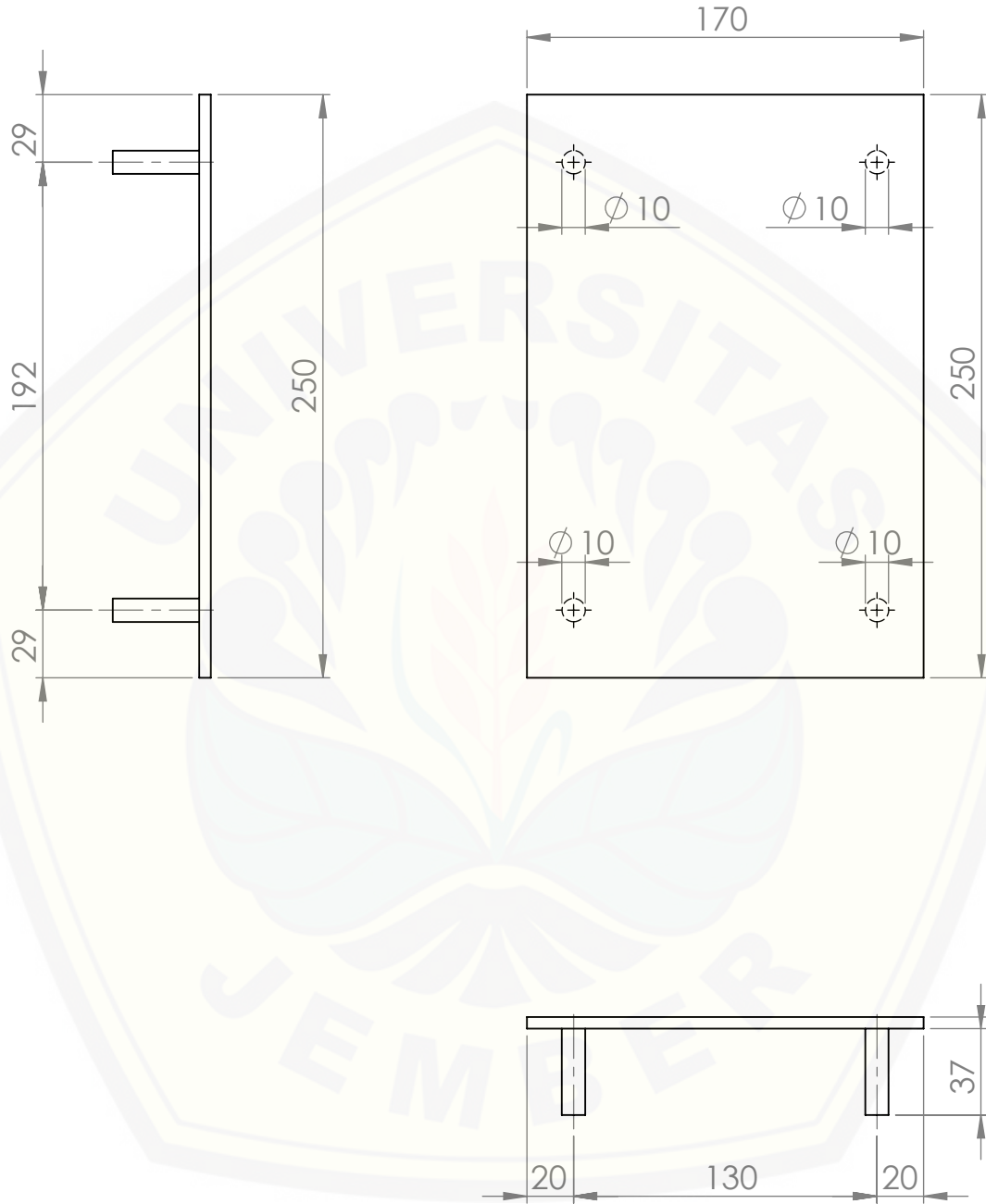
5	Mur	4	ST-34	
4	Baut	4	ST-34	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:1	DIGAMBAR : BAHTIAR FATON		PERINGATAN:
	SATUAN : mm	NIM : 131903101001		
	TANGGAL: 07-06-2016	DILIHAT : SANTOSO M, S.T., M.T		
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		MESIN CNC BUBUT KAYU		No. 4 A4



6	Tail Stock	1	ST-37	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:5		DIGAMBAR : BAHTIAR FATON	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101001	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : SANTOSO M, S.T., M.T	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC BUBUT KAYU	No. 5 A4



7	Mesin Bor	1		Pabrikasi
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:4		DIGAMBAR : BAHTIAR FATON	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101001	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : SANTOSO M, S.T., M.T	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC BUBUT KAYU	No. 6 A4



8	Eretan Bawah	1	ST-37	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:4		DIGAMBAR : BAHTIAR FATON	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101001	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : SANTOSO M, S.T., M.T	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC BUBUT KAYU	No. 7 A4