



**PERANCANGAN MESIN CNC ROUTER MILLING
(BAGIAN STATIS)**

TUGAS AKHIR

Oleh
Oktafian Nanda Nusila
NIM 131903101019

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



**PERANCANGAN MESIN CNC ROUTER MILLING
(BAGIAN STATIS)**

TUGAS AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (D3)
dan mencapai gelar Ahli Madya

Oleh
Oktafian Nanda Nusila
NIM 131903101019

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

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Nunuk Ismiati dan Ayahanda Untung Susilo 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. Teman seperjuangan Teknik Mesin DIII dan S1 angkatan 2013 yang telah memberikan do'a, dukungan, kontribusi, ide dan kritikan;
4. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

MOTO

Jika kamu bersungguh-sungguh, kesungguhan itu untuk kebaikanmu sendiri.

(terjemahan Surat Al-Ankabut ayat 6)*)

atau

Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum kecuali kaum itu sendiri

yang mengubah keadaan diri mereka.

(terjemahan Surat Ar-Ra'd ayat 11)*)

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 : Oktafian Nanda Nusila

NIM : 131903101019

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul “*Perancangan Mesin CNC Router Milling (Bagian Statis)*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2016

Yang menyatakan,

Oktafian Nanda Nusila
131903101019

PROYEK AKHIR

**PERANCANGAN MESIN CNC ROUTER MILLING
(BAGIAN STATIS)**

Oleh

Oktafian Nanda Nusila
NIM 131903101019

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Agus Triono, S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Proyek akhir berjudul *”Perancangan Mesin CNC Router Milling (Bagian Statis)”*
telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Selasa, 28 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T.
NIP. 19690209 199802 1 001

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.
NIP. 19700807 200212 1 001

Penguji

Penguji I,

Penguji II,

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP. 19850117 201212 1001

Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19740901 199903 1 002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

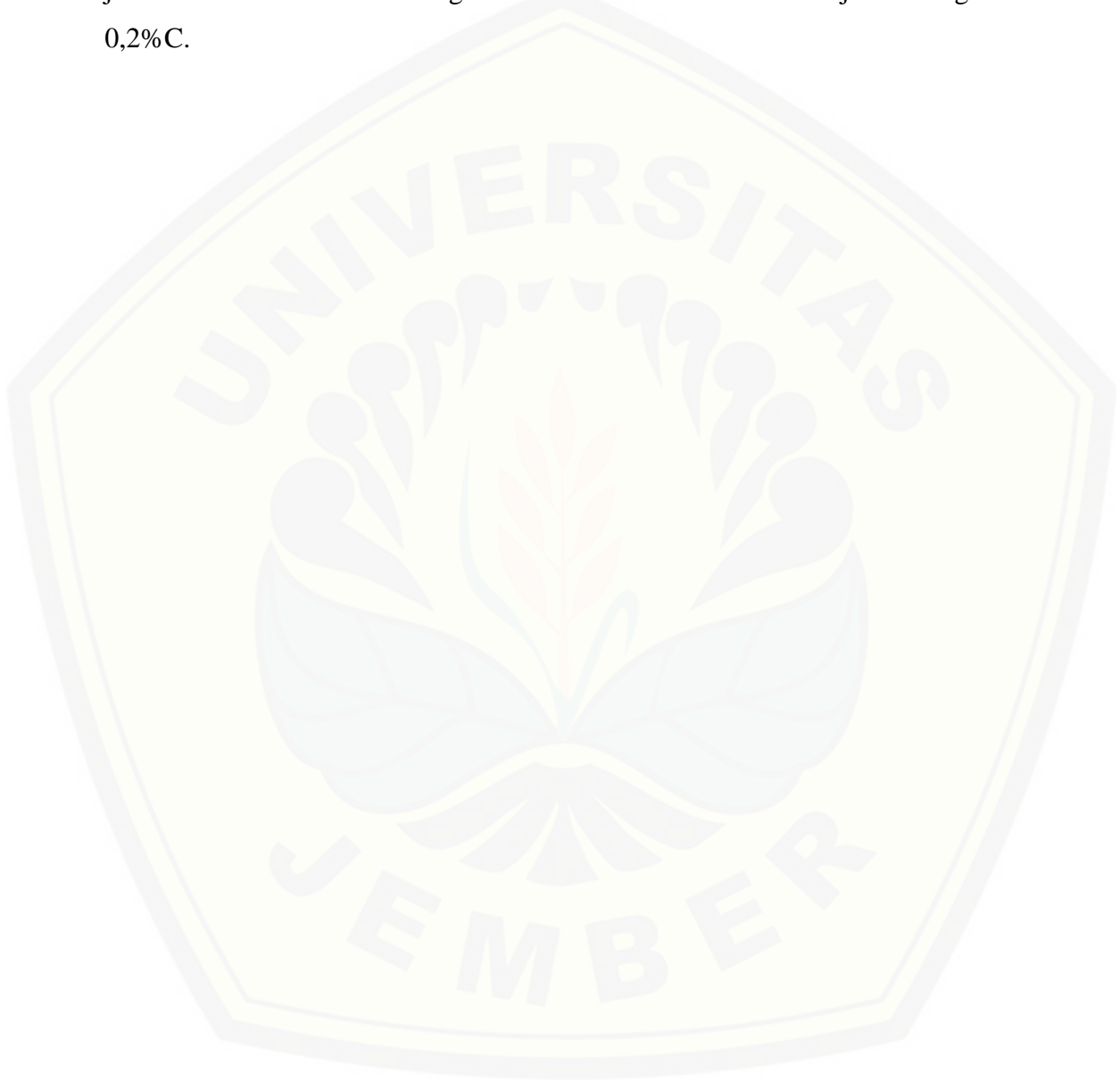
Perancangan Mesin CNC Router Milling (Bagian Statis); Oktafian Nanda Nusila, 131903101019; 2016; 73 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Industri di Indonesia begitu beragam diantaranya industri kayu yang berasal dari hutan maupun perkebunan. Indonesia mulai memanfaatkan hutan melalui pembangunan industri pengolahan kayu. Saat ini, Indonesia menjadi eksportir kayu lapis terbesar di dunia, dan juga produksi kayu utuh, kayu olahan dan bubur kayu untuk produksi kertas. Ada juga produksi dari kayu yang khas asli dari Indonesia yaitu seni ukir kayu. Proses pembuatan kerajinan kayu membutuhkan waktu yang relatif lama. Oleh sebab itu penulis membuat mesin CNC router sederhana dengan tujuan untuk mempersingkat waktu proses pengerjaan kerajinan berbahan dasar kayu dengan hasil yang seragam.

Mesin CNC router milling yang dibangun menggunakan 3 axis dalam pengoperasiannya dan bersifat *portable* yang bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam penempatan dan pemeliharannya. Mesin ini memiliki kapasitas yang terbatas dalam ukuran bahan baku yang akan digunakan. Alat ini memiliki motor utama yang digunakan untuk memutar pahat yaitu menggunakan mesin router atau profil kayu, sedangkan untuk menggerakkan 3 axis alat ini menggunakan 3 unit motor stepper pada tiga sisi berbeda dengan penransmisi daya melalui poros ulir. Motor stepper dihubungkan pada controller perangkat elektronik agar dapat menjalankan perintah dari software dan dihubungkan pada poros ulir yang terdapat pada setiap eretan.

Rangka mesin CNC router milling memiliki dimensi dengan panjang 600 mm, lebar 410 mm dan tinggi 620 mm. Bahan rangka 25 mm x 25 mm x 3 mm.

Pengelasan pada rangka menggunakan elektroda jenis AWS E 6013 diameter 2 mm. Elektroda jenis ini digunakan untuk semua pengelasan. Baut dan mur menggunakan jenis ulir metris halus M4 dengan bahan baut dan mur adalah baja liat dengan karbon 0,2%C.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul "Perancangan Mesin CNC Router Milling (Bagian Statis)". Laporan proyek akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan diploma tiga (DIII) pada Jurusan Teknik Mesin 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 proyek akhir ini;
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Hari Arbiantara B., S.T., M.T. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
3. Dr. Gaguk Jatisukanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran memberi bimbingan, dorongan, meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran kepada penulis selama penyusunan proyek akhir ini sehingga dapat terlaksana dengan baik;
4. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas saran dan kritiknya;
5. Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Penguji I yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah;
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengorbanan, saran dan kritik kepada penulis;

7. Ibunda Nunuk Ismiati dan Ayahanda Untung Susilo yang telah memberikan segalanya kepada penulis;
8. Veni Naftalina N, dan Elvira Rosyada yang telah memberikan do'a dan semangat untuk penulis;
9. Para sahabat Bahtiar Faton A. (Toni), Reza Arianto (Barong), Lutfi Amin (Kriwul), M. Rezza Wira (RW), M. Novan Hidayat (Paimen), M. Adly A.(Rewel), Ika Angga A. (TDR), Rizal Yefi E. (Creme), Sri Rahayu (Yuk Sri), Priyo Agung W. (Bos), Jelang Ikrar M., Sucipto (Mbah), M. Mahrus Ali (Paul Walker), Hadi R.A. (Bos), Yusuf Eko P. (Cong), Yudi B.A. (Bayek), Bagus A. (Gembel), Yudha A. (Yudha JR), Indra Wisnu W. (Indros), M. Mukhlisin, Deni Anggara (Mandor), Bayu Putro (Bay), Ifan Romadhani (TDR), dan N. A. Hasan (Pak Kos) yang telah membantu tenaga dan fikiran dalam pembuatan mesin CNC router milling;
10. Teman-temanku seperjuangan DIII dan S1 Teknik Mesin 2013 yang selalu memberi dukungan dan saran kepada penulis;
11. Saudara-saudaraku Bagus Aprianto, Rega Deo Fernanda, dan Muhammad Rudi Alex F., yang memberi dukungan serta do'a kepada penulis;
12. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

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

Jember, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

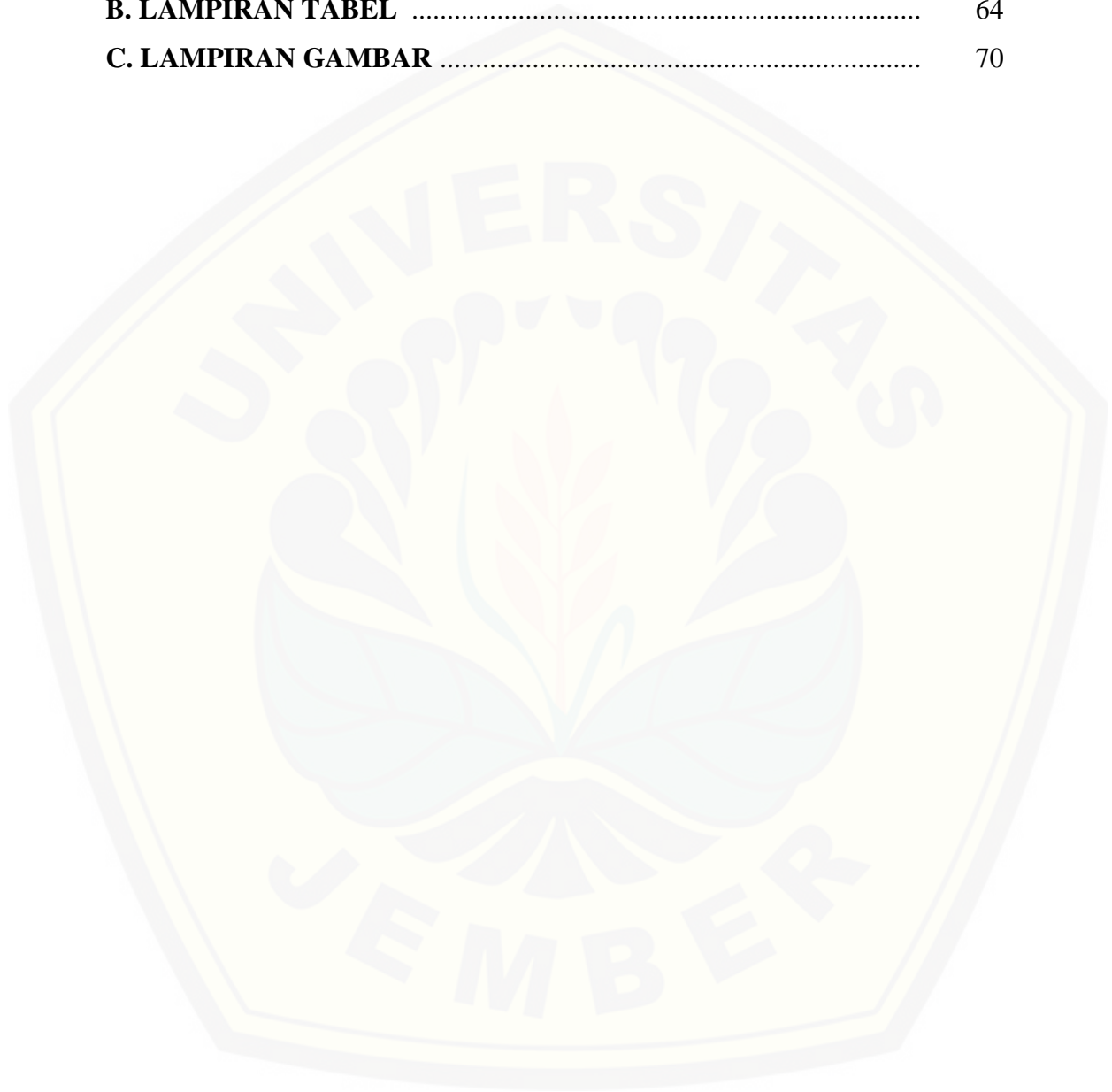
HALAMAN SAMBUTAN	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kayu	4
2.1.1 Pengertian Kayu	4
2.1.2 Jenis-Jenis Kayu	5
2.1.3 Sifat-Sifat Umum Kayu	5
2.1.4 Sifat Fisik Kayu	6
2.1.5 Sifat Mekanik Kayu	9
2.1.6 Kelas Kekuatan Kayu	12

2.2 Papan Partikel	13
2.2.1 Kelebihan Papan Partikel.....	13
2.2.2 Kelemahan Papan Partikel.....	14
2.3 Mesin CNC Router Milling	14
2.3.1 Mesin Profil Kayu (Router).....	15
2.3.2 Motor Stepper	16
2.4 Perancangan Kerangka	17
2.4.1 Perencanaan Batang Beban Terpusat	17
2.5 Perancangan Kolom	22
2.6 Perancangan Pengelasan (<i>Welding</i>)	24
2.6.1 Metode Pengelasan	24
2.6.2 Kampuh Las	24
2.6.3 Mampu Las	24
2.6.4 Perhitungan Kekuatan Las	25
2.7 Perancangan Baut dan Mur	28
2.7.1 Perancangan Perhitungan Baut dan Mur Pengikat Motor Profil.....	28
2.8 Proses Manufaktur	30
2.8.1 Pengukuran	31
2.8.2 Penggoresan	31
2.8.3 Penitik	31
2.8.4 Gergaji Tangan	31
BAB 3. METODOLOGI PERANCANGAN	32
3.1 Alat dan Bahan	32
3.1.1 Alat.....	32
3.1.2 Bahan	32
3.2 Waktu dan Tempat	33
3.2.1 Waktu	33

3.2.2 Tempat	33
3.3 Metode Penelitian	33
3.3.1 Pencarian Data	33
3.3.2 Pustaka	33
3.3.3 Perencanaan dan Perancangan	33
3.3.4 Proses Manufaktur	34
3.3.5 Proses Perakitan	34
3.3.6 Percobaan Alat	35
3.3.7 Penyempurnaan Alat	35
3.3.8 Pembuatan Laporan	35
3.4 Flow Chart.....	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat	37
4.1.1 Cara Kerja Alat	38
4.2 Analisa Hasil Perancangan dan Perhitungan Rangka	39
4.3 Hasil Perancangan Kolom.....	40
4.4 Hasil Perancangan Las	40
4.5 Hasil Perancangan Baut dan Mur.....	40
4.6 Hasil Manufaktur.....	41
4.6.1 Pemotongan.....	41
4.6.2 Pengelasan.....	42
4.7 Hasil Pengujian Rangka	42
4.7.1 Prosedur Pengujian Rangka, Baut, Mur dan Las	42
BAB 5. PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45

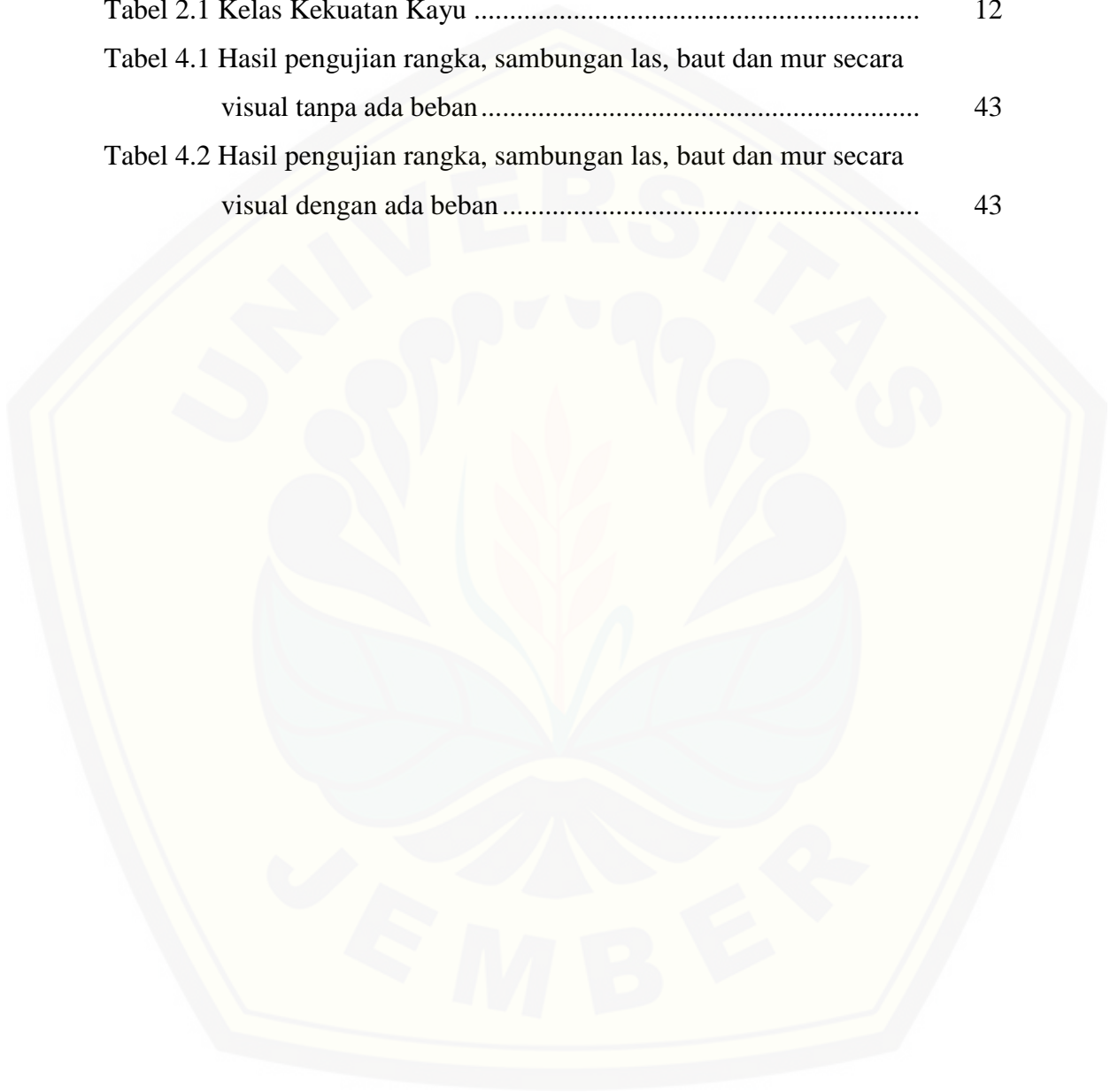
LAMPIRAN

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN	47
B. LAMPIRAN TABEL	64
C. LAMPIRAN GAMBAR	70



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas Kekuatan Kayu	12
Tabel 4.1 Hasil pengujian rangka, sambungan las, baut dan mur secara visual tanpa ada beban.....	43
Tabel 4.2 Hasil pengujian rangka, sambungan las, baut dan mur secara visual dengan ada beban.....	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kayu	4
Gambar 2.2 Kekuatan Lentur Kayu	10
Gambar 2.3 Kekuatan Tarik Kayu	10
Gambar 2.4 Kekuatan Tekan Kayu	11
Gambar 2.5 Kekuatan Geser Kayu	11
Gambar 2.6 Kekuatan Belah Kayu	12
Gambar 2.7 Papan Partikel	13
Gambar 2.8 Mesin CNC Router Milling	15
Gambar 2.9 Mesin Profil Kayu	16
Gambar 2.10 Motor Stepper	17
Gambar 2.11 Analisis gaya batang beban terpusat	18
Gambar 2.12 Potongan I bidang geser	19
Gambar 2.13 Potongan II bidang geser	19
Gambar 2.14 Potongan I bidang momen	19
Gambar 2.15 Potongan II bidang momen	20
Gambar 2.16 Diagram bidang geser dan bidang momen	21
Gambar 2.17 Tegangan lentur	22
Gambar 2.18 Bentuk penampang rangka	23
Gambar 3.1 <i>Flow chart</i> perancangan mesin CNC router milling (bagian statis)	36
Gambar 4.1 Mesin CNC router milling	37
Gambar 4.2 Rangka mesin CNC router milling	39

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi perkembangan teknologi semakin pesat dan berkembang dengan cepat. Tak bisa dipungkiri teknologi sangat berperan besar dalam kehidupan manusia serta membantu di berbagai aspek diantaranya pendidikan, kesehatan, ekonomi, industri dan lain sebagainya.

Industri di Indonesia begitu beragam diantaranya industri kayu yang berasal dari hutan maupun perkebunan. Indonesia mulai memanfaatkan hutan pada awal tahun 1970-an, melalui pembangunan industri pengolahan kayu. Saat ini, Indonesia menjadi eksportir kayu lapis terbesar di dunia, dan juga produksi kayu utuh, kayu olahan dan bubur kayu untuk produksi kertas. Ada juga produksi dari kayu yang khas asli dari Indonesia yaitu seni ukir kayu.

Karya seni ukir memiliki kekhasan tersendiri karena merupakan suatu karya cipta manusia yang didasari rasa estetis sesuai apa yang diinginkan oleh manusia itu sendiri. Karya seni ukir kayu biasanya diciptakan menggunakan teknik memahat. Penciptaan karya-karya kerajinan ukir kayu diawali dengan proses merancang desain yang akan diterapkan pada ukir kayu dengan penyusunan unsur sehingga terbentuk unsur yang bermakna dan harus memiliki keterampilan memahat yang kreatif untuk menghasilkan karya yang baik, menarik serta memiliki makna dan nilai estetika yang tinggi sekaligus bermanfaat dalam kehidupan masyarakat.

Namun dalam perkembangannya pengrajin seni ukir kayu mulai jarang dan banyak beralih profesi lain karena mengukir membutuhkan waktu yang relatif lama dan membutuhkan keterampilan khusus. Oleh karena itu perlu adanya suatu terobosan untuk mempermudah pekerjaan tersebut, salah satu caranya dengan menggunakan mesin CNC. Dengan melihat masalah tersebut tugas akhir ini merancang dan

membuat “Mesin CNC Router Milling” dengan tujuan mempermudah proses pengerjaan kayu.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam perancangan dan pembuatan mesin CNC milling adalah bagaimana merancang dan membuat mesin CNC router milling yang sederhana. Dengan tujuan agar dapat menghasilkan kerajinan dari kayu dengan rentang waktu yang relatif singkat dan tanpa membutuhkan banyak tenaga ahli sehingga dapat menekan biaya produksi yang dikeluarkan.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak meluasnya permasalahan yang akan dibahas ,maka perlu batasan masalah. Pada perancangan dan pembuatan mesin CNC router milling bagian statis masalah dibatasi pada :

1. Perencanaan daya.
2. Perencanaan poros ulir.
3. Perencanaan mur pada eretan.

1.4 Tujuan

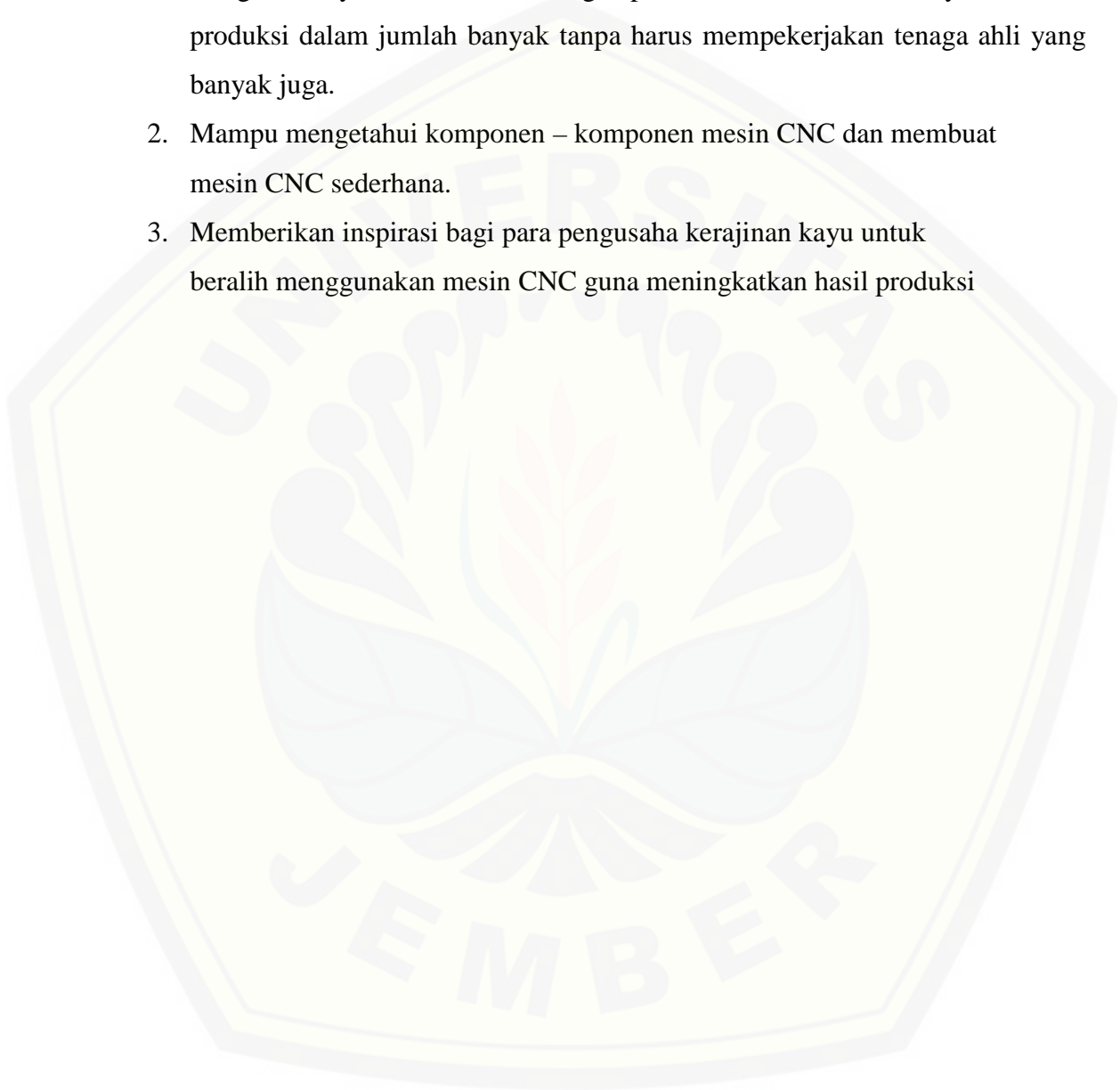
Tujuan dari perencanaan dan pembuatan mesin CNC router milling bagian statis adalah :

1. Dapat merancang desain dan memilih bahan rangka mesin CNC router milling.
2. Dapat membuat rangka mesin CNC router milling.
3. Dapat merencanakan baut dan mur yang digunakan di mesin CNC router milling

1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan dan pembuatan mesin CNC router milling adalah :

1. Dengan adanya mesin CNC milling dapat membantu menekan biaya produksi dalam jumlah banyak tanpa harus mempekerjakan tenaga ahli yang banyak juga.
2. Mampu mengetahui komponen – komponen mesin CNC dan membuat mesin CNC sederhana.
3. Memberikan inspirasi bagi para pengusaha kerajinan kayu untuk beralih menggunakan mesin CNC guna meningkatkan hasil produksi



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kayu

2.1.1 Pengertian Kayu

Kayu adalah bagian batang atau cabang serta ranting tumbuhan yang mengeras karena mengalami pengayuan atau lignifikasi. Kayu digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari memasak, membuat berbagai perabotan, sebagai bahan bangunan, bahan kertas, dan lain sebagainya. Selain itu kayu juga dapat dimanfaatkan sebagai pernak pernik hiasan rumah tangga dan sebagainya. Penyebab terbentuknya kayu adalah akibat akumulasi selulosa dan lignin pada dinding sel berbagai jaringan yang terdapat di bagian batang tumbuhan.

Kayu merupakan produk organisme hidup, oleh karena itu kayu mempunyai sifat-sifat alami yang sangat unik dan setiap jenis kayu mempunyai penampilan yang karakteristik. Sifat-sifat kayu yang unik itu *inherent* dalam struktur anatomi sel-sel penyusunnya (Bodig dan Jayne 1982; Haygreen dan Bowyer 1986).



Gambar 2.1 Kayu

Kayu memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan, diantaranya sebagai berikut :
Keuntungan kayu

- a. Murah dan mudah dikerjakan.
- b. Mempunyai kekuatan yang tinggi dan bobotnya rendah.
- c. Mempunyai daya penahan tinggi terhadap pengaruh listrik (bersifat isolasi)

- d. Bila ada kerusakan mudah diganti dan bisa diperoleh dengan mudah.
- e. Bila terawat dengan baik akan tahan lama.

Kerugian kayu

- a. Kurang homogen ketidaksamaan sebagai hasil alam.
- b. Cacat-cacat pada kayu.
- c. Mudah terbakar.
- d. Dapat memuai dan menyusut dengan perubahan-perubahan kelembaban.

2.1.2 Jenis – Jenis Kayu

Kayu merupakan salah satu material bahan bangunan yang sering digunakan dalam konstruksi maupun industri meubel. Setiap kayu memiliki sifat dan ciri tersendiri baik dalam segi keindahan serat, kadar air, keawetan, berat jenis, kerapatan, dan kekuatan. Maka dalam memilih kayu yang akan dipergunakan ada baiknya kita mengenal Jenis dan Ciri Kayu Yang Sering Digunakan Sebagai Bahan Konstruksi. Selain agar kita dapat mengetahui kayu yang cocok dengan kriteria dan spesifikasi yang kita inginkan, tentunya juga agar kita tidak tertipu dengan jenis-jenis kayu lainnya. Berikut beberapa macam kayu yang sering digunakan yaitu kayu jati, kayu merbau, kayu kamper, kayu kelapa, kayu meranti, kayu karet, kayu ulin, kayu akasia dan lainnya.

2.1.3 Sifat-Sifat Umum Kayu

- a. Kayu berasal dari berbagai jenis pohon memiliki sifat yang berbeda-beda. Bahkan kayu yang berasal dari satu pohon memiliki sifat yang agak berbeda, jika dibandingkan bagian ujung dan pangkalnya.
- b. Kayu merupakan suatu bahan yang bersifat higroskopik, yaitu dapat kehilangan atau bertambah kelembabannya akibat perubahan kelembaban dan suhu udara sekitarnya.
- c. Semua batang pohon mempunyai pengaturan vertikal dan sifat simetri radial. Kayu terdiri dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan

dinding sel nya terdiri dari senyawa-senyawa kimia berupa selulosa dan hemiselulosa (unsur karbohidrat) serta berupa lignin (non-karbohidrat).

- d. 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 menajang sel-sel kayu dan pengaturan sel terhadap sumbu vertikal dan horisontal pada batang pohon.

2.1.4 Sifat Fisik Kayu

Berat jenis merupakan petunjuk penting bagi aneka sifat kayu. Makin berat kayu itu, umumnya makin kuat pula kayunya. Semakin ringan suatu jenis kayu, akan berkurang pula kekuatannya. Berat jenis ditentukan antara lain oleh tebal dinding sel, dan kecilnya rongga sel yang membentuk pori-pori.

- a. Kerapatan dan Berat Jenis.

Menurut Brown et al. (1952), berat jenis kayu adalah perbandingan antara kerapatan kayu tersebut terhadap benda standart. Kerapatan adalah perbandingan antara massa atau berat benda terhadap volumenya. Air pada temperatur 40 °C mempunyai kerapatan sebesar 1 g/cm³. oleh karena itu air pada temperatur tersebut dijadikan sebagai kerapatan standar.

Berat kayu meliputi berat zat kayu sendiri, berat zat ekstraktif dan berat air yang dikandungnya. Jumlah zat kayu dan zat ekstraktif biasanya konstan, sedangkan jumlah air berubah-ubah. Oleh karna itu berat jenis dari sepotong kayu bervariasi tergantung dari kadar air yang dikandungnya. Untuk mendapat keseragaman, maka pada umumnya dalam penentuan berat jenis kayu, berat ditentukan dalam keadaan kering tanur. Dalam keadaan kering, volume kayu akan mencapai minimum sedangkan air yang dikandungnya sangat kecil, kurang lebih 1% dari berat kayu (Brown et al. 1952).

b. Kadar Air

Brown et al. (1952) menyatakan kadar air kayu adalah banyaknya air yang terdapat dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanurnya. Dengan demikian standar kekeringan kayu adalah pada saat kering tanur.

Air dalam kayu terdiri dari air bebas dan air terikat dimana keduanya secara bersama-sama menentukan kadar air kayu. Dalam satu pohon kadar air segar bervariasi tergantung tempat tumbuh dan umur pohon (Haygreen dan Bowyer, 1993).

Kollmann dan Cote (1968) menyatakan bahwa biasanya kayu akan bertambah kuat apabila terjadi penurunan kadar air, terutama bila terjadi dibawah titik jenuh serat. Wangaard (1950) menyatakan bahwa kekuatan kayu sebagai balok (lenturan) dan sebagai kolom (tekan sejajar serat) akan bertambah besar bila kondisi kayu tersebut bertambah kering, kecuali keuletannya.

c. Keawetan Alami Kayu

Yang dimaksud dengan keawetan alami, ialah ketahanan kayu terhadap serangan dari unsur-unsur perusak kayu dari luar seperti : jamur, rayap, bubuk, cacing laut dan makhluk lainnya yang diukur dengan jangka waktu tahunan. Keawetan kayu tersebut disebabkan oleh adanya suatu zat di dalam kayu (zat ekstraktif) yang merupakan sebagian unsur racun bagi perusak- perusak kayu, sehingga perusak tersebut tidak sampai masuk dan tinggal di dalamnya serta merusak kayu.

d. Warna Kayu

Ada beraneka macam, antara lain warna kuning, keputih-putihan, coklat muda, coklat tua, kehitam-hitaman, kemerah-merahan dan lain sebagainya. Hal ini disebabkan oleh zat-zat pengisi warna dalam kayu yang berbeda-beda. Warna suatu jenis kayu dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut : umur pohon dan kelembaban udara. Kayu pohon yang lebih tua dapat lebih gelap dari kayu pohon yang lebih muda dari jenis yang sama. Kayu yang kering berbeda pula

warnanya dari kayu yang basah. Kayu yang lama berada diluar dapat lebih gelap, dapat juga lebih pucat daripada kayu yang segar.

e. Higroskopik

Kayu mempunyai sifat higroskopik, yaitu dapat menyerap atau melepaskan air atau kelembaban. Suatu petunjuk, bahwa kelembaban kayu sangat dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu udara pada suatu saat tertentu. Semakin lembab udara disekitarnya akan semakin tinggi pula kelembaban kayu sampai tercapai keseimbangan dengan lingkungannya. Masuk dan keluarnya air dari kayu menyebabkan kayu itu menjadi basah atau kering. Akibatnya kayu itu akan mengembang atau menyusut.

f. Tekstur

Tekstur ialah ukuran relatif sel-sel kayu. Yang dimaksud dengan sel kayu ialah serat-serat kayu. Jadi dapat dikatakan tekstur ialah ukuran relatif serat-serat kayu. Berdasarkan teksturnya, jenis kayu digolongkan kedalam :

- Kayu bertekstur halus, contoh : giam, lara, kulim dan lain-lain.
- Kayu bertekstur sedang, contoh : jati, senokeling dan lain-lain.
- Kayu bertekstur kasar, contoh : kempas, meranti dan lain-lain.

g. Kekerasan

Pada umumnya terdapat hubungan langsung antara kekerasan kayu dan berat kayu. Kayu-kayu yang keras juga termasuk kayu-kayu yang berat. Sebaliknya kayu ringan adalah kayu yang lunak. Cara menetapkan kekerasan kayu ialah dengan memotong kayu tersebut dengan arah melintang. Kayu yang sangat keras akan sulit dipotong melintang dengan pisau. Pisau tersebut akan meleset dan hasil potongannya akan memberi tanda kilau pada kayu. Kayu yang lunak akan mudah rusak, dan hasil potongan melintangnya akan memberikan hasil yang kasar dan suram.

2.1.5 Sifat Mekanik Kayu

Sifat-sifat mekanik atau kekuatan kayu ialah kemampuan kayu untuk menahan muatan dari luar. Yang dimaksud dengan muatan dari luar ialah gaya-gaya di luar benda yang mempunyai kecenderungan untuk mengubah bentuk dan besarnya benda. Dalam hal ini dibedakan menjadi beberapa macam kekuatan sebagai berikut :

a. Modulus Elastisitas

Menurut haygreen dan Bowyer (1993) kekuatan lentur atau Modulus of Elasticity (MOE) adalah suatu nilai yang konstan dan merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan dibawah batas proporsi. Tegangan didefinisikan sebagai distribusi gaya per unit luas, sedangkan renggangan adalah perubahan panjang per unit panjang bahan.

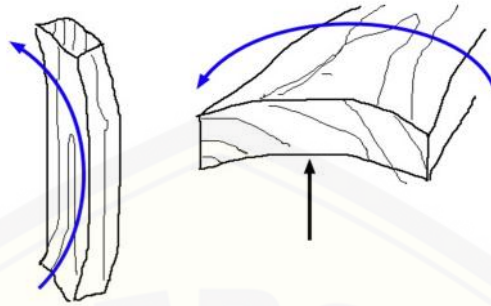
Modulus elastisitas (MOE) berkaitan dengan regangan, defleksi dan perubahan bentuk yang terjadi. Besarnya defleksi dipengaruhi oleh besar dan lokasi pembebanan, panjang dan ukuran balok serta MOE kayu itu sendiri. Makin tinggi MOE akan semakin kurang defleksi balok atau gelagar dengan ukuran tertentu pada beban tertentu dan semakin tahan terhadap perubahan bentuk (Haygreen dan Bowyer, 1993).

b. Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan merupakan ukuran kekerasan kayu untuk menahan kikisan pada permukaannya, sifat kekerasan ini dipengaruhi oleh kerapatan kayu, keuletan kayu, ukuran serat, daya ikat antar serat Nilai yang di dapat dari hasil pengujian merupakan uji pembanding, yaitu besar gaya yang dibutuhkan untuk memasukan bola baaja berdiameter 0.444 inchi pada kedalaman 0.22 inchi.

c. Kekuatan Lengkung (lentur)

Kayu juga tahan terhadap gaya yang berusaha melengkungkan kayu dengan satu kali tekanan secara terus menerus atau berkali-kali (secara mendadak, seperti pukulan). Ialah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban-beban mati maupun hidup selain beban pukulan yang harus dipukul oleh kayu tersebut.

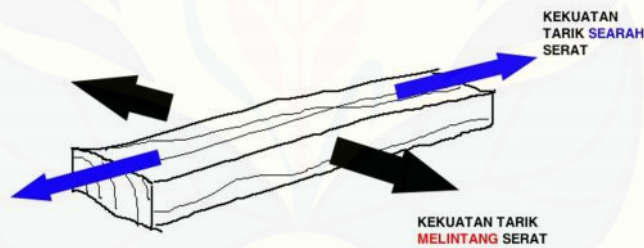


Gambar 2.2 Kekuatan Lentur Kayu

(Sumber : www.tentangkayu.com/sifat-mekanik-kayu.html)

d. Kekuatan Tarik (*Tension Strength*)

Kekuatan atau keteguhan tarik suatu jenis kayu ialah kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha menarik kayu itu. Kekuatan tarik terbesar pada kayu ialah sejajar arah serat.



Gambar 2.3 Kekuatan Tarik Kayu

(Sumber : www.tentangkayu.com/sifat-mekanik-kayu.html)

e. Kekuatan Tekan/kompresi (*Compression strength*)

Keteguhan tekan suatu jenis kayu ialah kekuatan kayu untuk menahan muatan jika kayu itu dipergunakan untuk penggunaan tertentu.

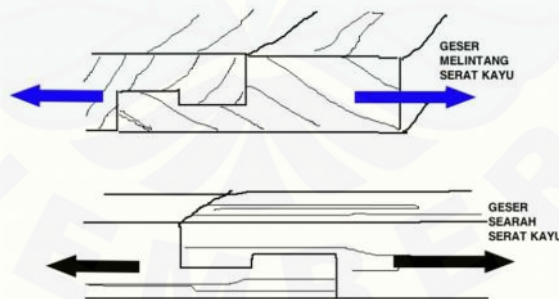


Gambar 2.4 Kekuatan Tekan Kayu

(Sumber : www.tentangkayu.com/sifat-mekanik-kayu.html)

f. Kekuatan Geser

Kekuatan geser adalah kekuatan kayu menahan gerakan dan tekanan yang membuat kayu bergeser (tanpa pukulan) baik itu beban mati ataupun beban hidup. Beban mati artinya tekanan secara terus menerus pada skala tekanan tertentu. Sedangkan beban hidup berarti tekanan yang berulang-ulang dan bisa berubah-ubah kekuatannya. Kekuatan geser kayu paling besar adalah pada posisi melintang serat kayu.



Gambar 2.5 Kekuatan Geser Kayu

(Sumber : www.tentangkayu.com/sifat-mekanik-kayu.html)

g. Kekuatan Belah

Daya tahan kekuatan kayu terhadap tekanan belah paling rendah pada posisi searah serat. Walaupun demikian untuk beberapa jenis kayu tertentu sangat baik apabila kekuatan belahnya sangat lemah karena jenis kayu ini akan sangat cocok untuk pembuatan atap sirap atau kayu bakar.



Gambar 2.6 Kekuatan Belah Kayu

(Sumber : www.tentangkayu.com/sifat-mekanik-kayu.html)

2.1.6 Kelas Kekuatan Kayu

Di dalam Vademecum Kehutanan Indonesia, kelas kekuatan kayu didasarkan pada berat jenis, kekuatan lengkung mutlak (klm) dan kekuatan tekan mutlak (ktm), dan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Kelas Kekuatan Kayu

Kelas Kayu	Berat Jenis	Klm (kg/cm²)	Ktm (kg/cm²)
I	0,90	1.100	650
II	0,60 - < 0,90	725 - < 1.100	425 - < 650
III	0,40 - < 0,60	500 - < 725	300 - < 425
IV	0,30 - < 0,40	300 - < 500	215 - < 300
V	< 0,30	< 300	< 215

Kekuatan kayu terhadap gaya tekanan (sejajar serat) disebut daya tegang kayu. Tegangan adalah gaya yang tersebar persatuan luas dan dinyatakan dalam psi (pon per inci persegi) atau dalam Pascal (newton per meter kwadrat). Apabila suatu gaya dikenakan pada suatu suku (benda), maka akan terjadi tegangan-tegangan internal. Tegangan ini memiliki atau mengubah bentuk ukuran benda tersebut. Perubahan panjang per satuan panjang dalam arah tekanan disebut regangan.

2.2 Papan Partikel

Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panil kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat menggunakan perekat sintesis atau bahan pengikat lain yang kemudian dipadatkan. Sifat bahan baku kayu sangat berpengaruh terhadap sifat papan partikelnya. Sifat kayu tersebut antara lain jenis dan kerapatan kayu, penggunaan kulit kayu, bentuk dan ukuran bahan baku, penggunaan kulit kayu, tipe, ukuran dan geometri partikel kayu, kadar air kayu, dan kandungan ekstraktifnya.



Gambar 2.7 Papan Partikel

2.2.1 Kelebihan Papan Partikel

Papan partikel mempunyai beberapa kelebihan dibanding kayu asalnya yaitu :

- a. Papan partikel bebas dari mata kayu, pecah dan retak.
- b. Ukuran dan kerapatan papan partikel dapat disesuaikan dengan kebutuhan.
- c. Tebal dan kerapatannya seragam dan mudah dikerjakan.
- d. Mempunyai sifat isotropis, sifat dan kualitasnya dapat diatur.
- e. Memiliki bentuk yang bermacam-macam dan model yang futuristik.
- f. Harga yang lebih murah dari mebel yang terbuat dari kayu.

2.2.2 Kelemahan Papan Partikel

Papan partikel memiliki beberapa kelemahan yaitu :

- a. Mudah rapuh, papan partikel akan mudah hancur bila lembab atau terkena air.
- b. Tidak tahan terhadap beban yang terlalu berat, karena tidak memiliki serat-serat kayu yang saling berhubungan seperti kayu yang diambil langsung dari pohon yang memiliki keterikatan serat yang kuat.
- c. Mudah terserang jamur, kebanyakan mebel yang terbuat dari papan partikel dilapisi oleh sejenis kertas yang ditempelkan dengan lem, oleh karena itu sangat mudah didiami oleh jamur.

2.3 CNC Router Milling

Mesin CNC router milling memiliki prinsip kerja yang sama seperti dengan mesin CNC sebenarnya. Hanya saja CNC router milling ini berbentuk prototype karena dibangun dengan peralatan yang sederhana dan menggunakan komponen yang kecil, karena bahan baku yang akan diolah adalah kayu. Mesin ini mengolah kayu yang nantinya akan dijadikan ornamen furnitur atau hiasan dari kayu.

Mesin CNC router milling yang akan dibangun menggunakan 3 axis dalam pengoperasiannya dan bersifat porteble yang bertujuan untuk mempermudah dalam penempatan. Mesin ini memiliki kapasitas yang terbatas dalam ukuran bahan baku yang akan digunakan. Alat ini memiliki motor utama yang digunakan untuk memutar pahat yaitu menggunakan mesin router atau profil kayu, sedangkan untuk

menggerakkan 3 axis alat ini menggunakan 3 unit motor stepper pada tiga sisi berbeda.

Motor stepper dihubungkan pada controller perangkat elektronik agar dapat menjalankan perintah dari software melalui PC dan dihubungkan pada poros ulir dengan coupling tetap. Pada bagian dudukan poros ulir menggunakan bearing sebagai bantalannya yang diletakkan pada kerangka.



Gambar 2.8 Mesin CNC Router Milling

(Sumber : <http://id.aliexpress.com/cheap/cheap-small-CNC-machine.html>)

2.3.1 Mesin Profil Kayu (Router)

Mesin router adalah mesin yang digunakan untuk membuat profil dan menghias tepian kayu. Profil yang dimaksud bukanlah data diri ataupun biografi kayu melainkan guratan dan lekukan memanjang pada tepian kayu. Tujuannya untuk mempercantik tampilan kayu sekaligus merapikan serat kayu.

Alat utama yang digunakan dalam mesin router adalah pisau baja yang bentuknya mirip mata bor. Baja yang digunakan adalah baja khusus untuk putaran tinggi yang terbuat dari *carbide tipped steel*. Pisau tersebut akan berputar dengan kecepatan tinggi dan "memakan" tepian kayu hingga terbentuk lekukan yang diinginkan.



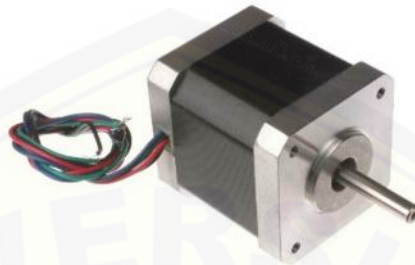
Gambar 2.9 Mesin Profil Kayu

(Sumber : <https://www.klikglodok.com/perkakas/mesin-profil/12896.html>)

2.3.2 Motor Stepper

Motor stepper adalah salah satu jenis motor yang digunakan dalam sistem gerak dengan kendali posisi yang presisi. Motor stepper merupakan perangkat pengendali yang mengkonversikan bit-bit masukan menjadi posisi rotor. Bit-bit tersebut berasal dari terminal-terminal input yang ada pada motor stepper yang menjadi kutub-kutub magnet dalam motor. Bila salah satu terminal diberi sumber tegangan, terminal tersebut akan mengaktifkan kutub di dalam magnet sebagai kutub utara dan kutub yang tidak diberi tegangan sebagai kutub selatan. Dengan terdapatnya dua kutub di dalam motor ini, rotor di dalam motor yang memiliki kutub magnet permanen akan mengarah sesuai dengan kutub-kutub input. Kutub utara rotor akan mengarah ke kutub selatan stator sedangkan kutub selatan rotor akan mengarah ke kutub utara stator. Prinsip kerja motor stepper mirip dengan motor DC, sama-sama dicatu dengan tegangan DC untuk memperoleh medan magnet. Bila motor DC memiliki magnet tetap pada stator, motor stepper mempunyai magnet tetap pada rotor. Adapun spesifikasi dari motor stepper adalah banyaknya fasa, besarnya nilai derajat per step, besarnya volt tegangan catu untuk setiap lilitan, dan besarnya arus yang dibutuhkan untuk setiap lilitan. Motor stepper tidak dapat bergerak sendiri secara kontinyu, tetapi bergerak secara diskrit per-step sesuai dengan spesifikasinya. Untuk bergerak dari

satu step ke step berikutnya diperlukan waktu dan menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah.



Gambar 2.10 Motor Stepper

(Sumber : [http://digitalmedia.risd.edu/pbadger/physcomp/ Devices.Stepper](http://digitalmedia.risd.edu/pbadger/physcomp/Devices.Stepper))

2.4 Perancangan Kerangka

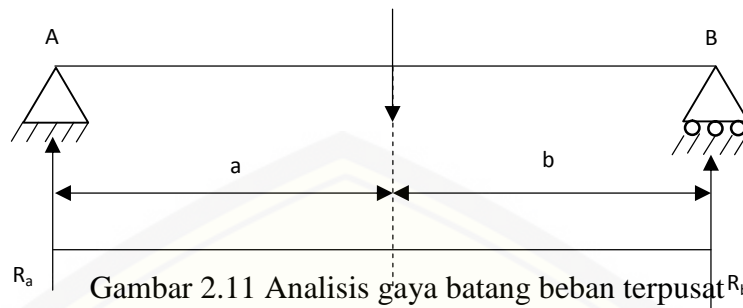
2.4.1 Perancangan Batang Beban Terpusat

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 (Todd, 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 $M = 0$ (Todd, 1984).

- a. Perencanaan Batang Konstruksi Penyangga Poros pada Rangka.

b.



Gambar 2.11 Analisis gaya batang beban terpusat

Syarat keseimbangan

- $F_y = 0$ (gaya lintang arah sumbu y)
- $F_x = 0$ (gaya lintang arah sumbu x)
- $M_y = 0$ (momen lentur arah sumbu y)
- $M_x = 0$ (momen lentur arah sumbu x)

c. Gaya reaksi pada tumpuan R

Apabila gaya (F) terjadi pada batang konstruksi A dan B dengan tumpuan sederhana (beban terpusat), maka gaya reaksi pada tumpuan R_a dan R_b sama dengan F.

Selanjutnya melakukan perancangan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Menentukan beban (F) yang dialami rangka
- b. Menentukan gaya aksi-reaksi pada tumpuan A dan B

$$M_a = 0$$

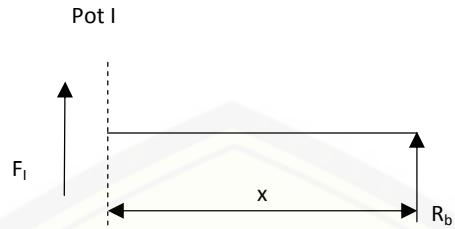
$$R_b \cdot L - F \cdot a = 0 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$M_b = 0$$

$$R_a \cdot L - F \cdot b = 0 \dots\dots\dots(2.2)$$

c. Menentukan bidang gaya lintang (F)

Potongan I dengan $0 < x < b$

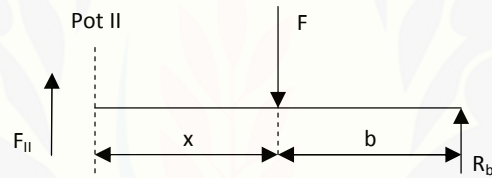


Gambar 2.12 Potongan I bidang geser

$$F = 0$$

$$F_I = R_b \dots\dots\dots(2.3)$$

Potongan II dengan $0 < x < a$



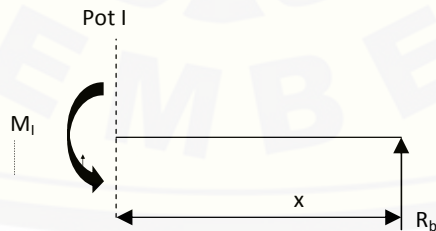
Gambar 2.13 Potongan II bidang geser

$$F = 0$$

$$F_{II} = R_b - F \dots\dots\dots(2.4)$$

d. Menentukan bidang momen (M)

Potongan I dengan $0 < x < b$

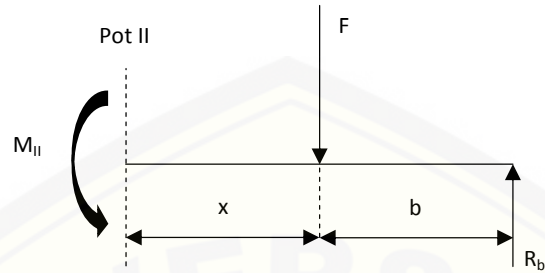


Gambar 2.14 Potongan I bidang momen

$$M = 0$$

$$M_I = R_b \cdot x \dots\dots\dots(2.5)$$

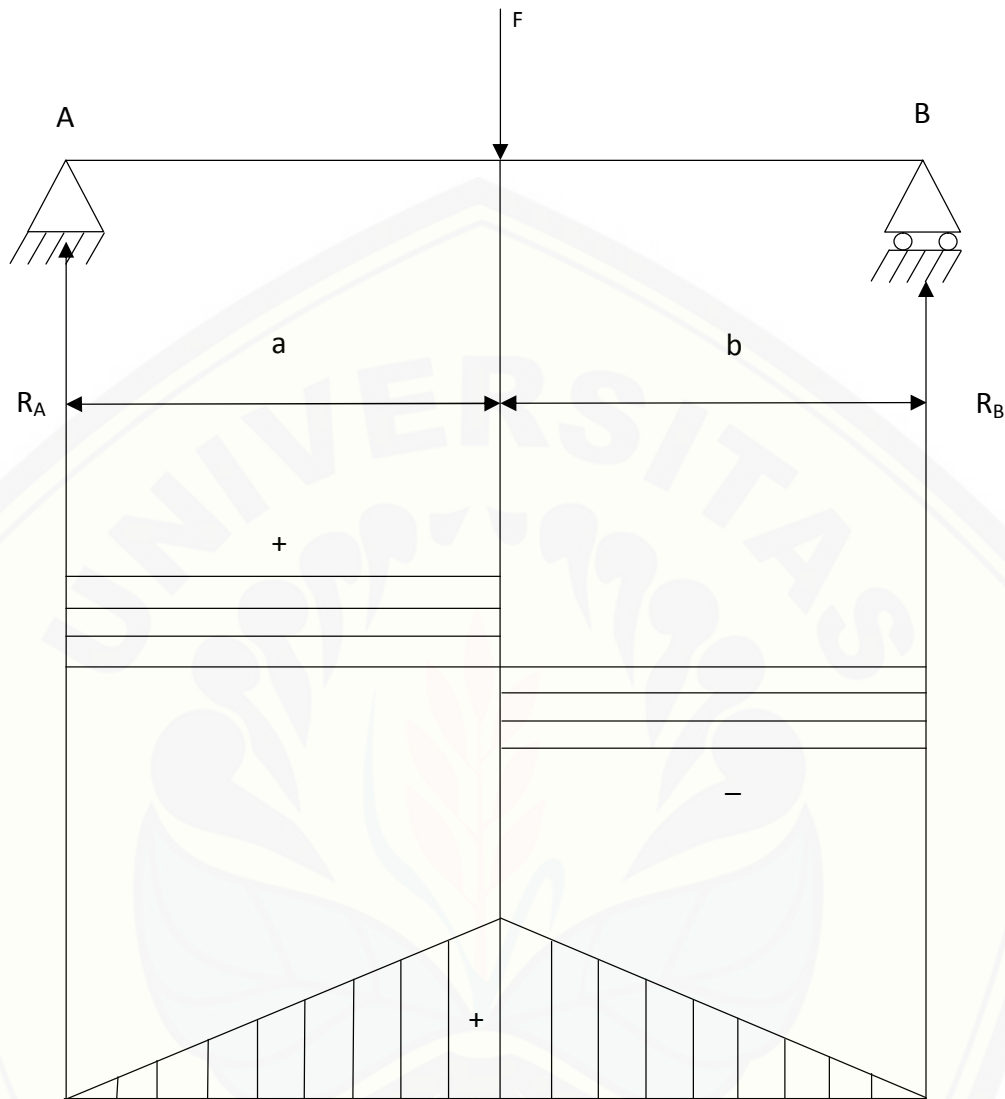
Potongan I dengan $0 \leq x \leq a$



Gambar 2.15 Potongan II bidang momen

$$M = 0$$

$$M_{II} = R_b \cdot (b+x) - F \cdot x \dots\dots\dots(2.6)$$



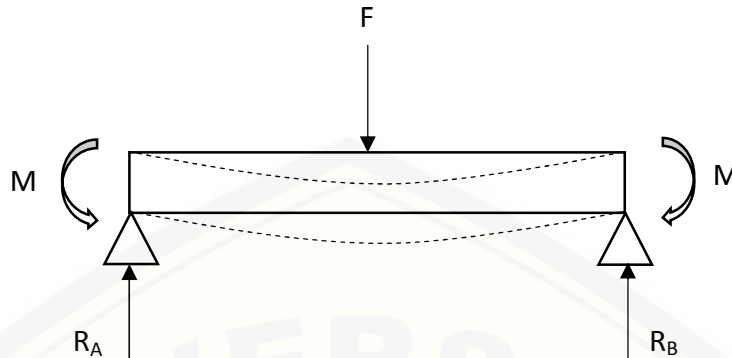
Gambar 2.16 Diagram bidang geser dan bidang momen

e. Menentukan tegangan lentur (bending)

$$\sigma = M.y/I \dots\dots\dots(2.7)$$

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)



Gambar 2.17 Tegangan lentur

f. Menentukan momen inersia

$$I = \frac{b \cdot h^2}{12} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

- I = Momen Inersia (mm^4)
- b = Panjang penampang (mm)
- h = Lebar penampang (mm)

Perhitungan dan pengecekan pada rangka

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

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{I_{\text{tot}}} \cdot y \dots\dots\dots(2.9)$$

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

Dimana:

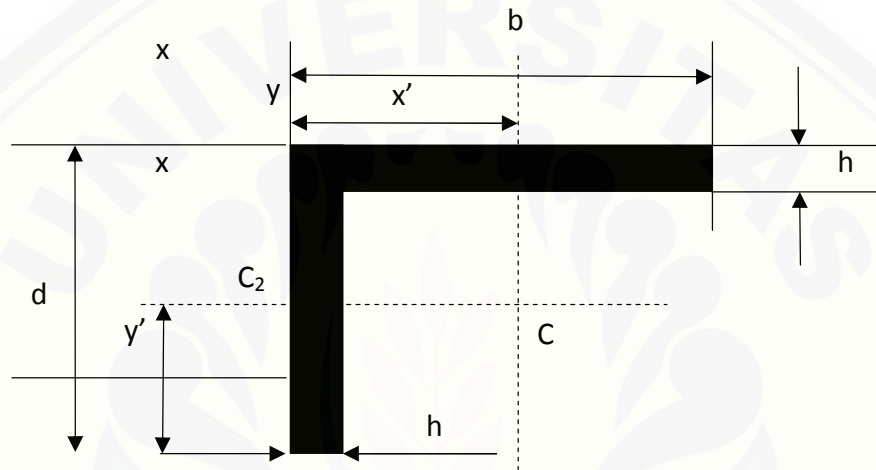
- σ_{\max} = Tegangan normal maksimal pada rangka ($\text{kg} \cdot \text{mm}^2$)
- M_{\max} = Momen lentur maksimal ($\text{kg} \cdot \text{mm}^2$)
- I_{tot} = Momen inersia total (mm^4)

2.5 Perancangan Kolom

Kolom yang dirancang pada mesin CNC router milling mendapat gaya tekan pada salah satu bagian sumbu, maka akan terjadi defleksi kecil pada batang atau

sedikit pergeseran beban dan tumpuan. Agar hasil perancangan batang ini tidak mengalami kebengkokan maka beban yang diterima harus lebih kecil dari P_{cr} (beban kritis yang diterima kolom) yang sesuai dengan perancangan kolom euler (Shigley, 1994).

Bahan kolom menggunakan batang profil siku sama kaki yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.18 Bentuk penampang rangka

Beban kritis yang diterima oleh kolom adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4L^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

- P_{cr} = Beban kritis (kg)
- E = Modulus elastisitas beban (kg/mm^2)
- I = Momen inersia batang (mm^4)
- L = Panjang kolom (mm)

2.6 Perancangan Pengelasan (*Welding*)

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

2.6.1 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.
- 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.

2.6.2 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*).

2.6.3 Mampu Las

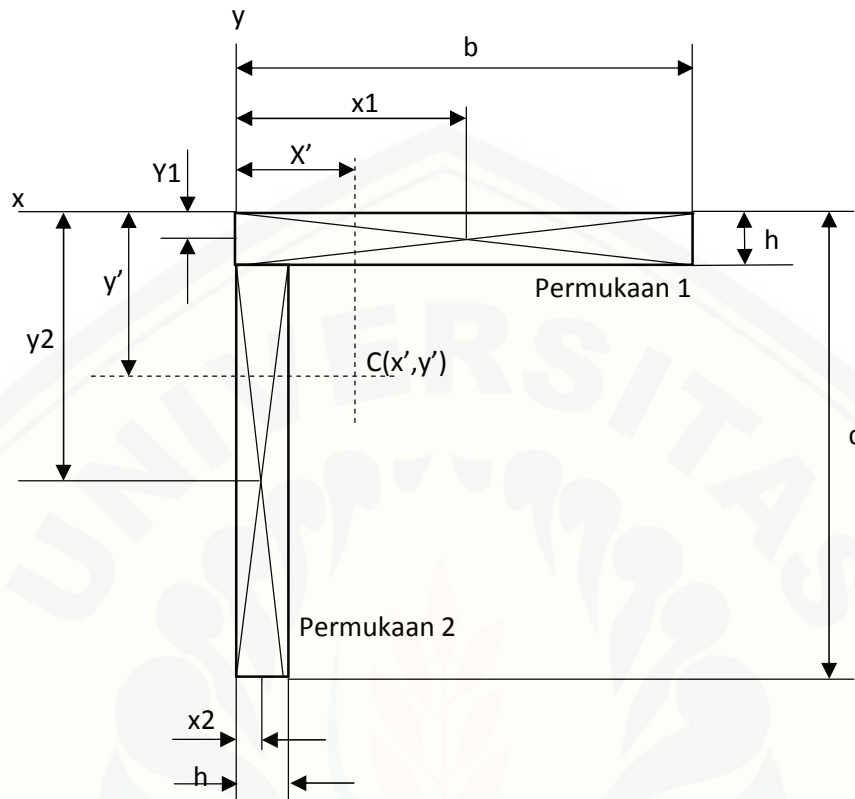
Tidak semua bahan yang mampu untuk dilas dan dapat diandalkan serta dapat dibuat dengan tujuan yang dikehendaki, baik dari segi kekuatan maupun

ketangguhan. Beberapa faktor penting untuk mengetahui bahan yang dapat dan mampu dilas:

- a. Sifat fisik dan sifat kimia bahan untuk bagian hendak dilas termasuk prasejarahnya (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.

2.6.4 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 2.19 Bentuk penampang lasan

a. Menentukan gaya yang terjadi pada lasan

$$F = W \cdot g \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

F = Gaya (N)

W = Beban (kg)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

b. Momen lentur

$$Mb = F \cdot y \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

Mb = Momen lentur (N.mm)

F = Gaya (N)

γ = panjang benda yang mendapatkan beban kegaris normal (mm)

c. Menentukan tegangan normal dalam kampuh

$$\sigma' = \frac{Mb}{I_{tot}} \cdot y \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

σ' = Tegangan normal (N/mm²)

Mb = Momen lentur (N.mm)

I_{total} = Momen inersia (mm⁴)

y = Setengah panjang benda kerja yang mendapat beban ke garis normal (mm)

d. Menentukan tegangan geser dalam kampuh

$$\tau' = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

τ' = Tegangan geser dalam kampuh (N/mm²)

F = Gaya (F)

A = Luas penampang kampuh (mm²)

e. Menentukan tegangan resultan

$$\sigma v = \sqrt{(\sigma')^2 + [1,8(\tau')^2]} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana:

σv = Tegangan resultan (N/mm²)

τ' = Tegangan geser dalam kampuh (N/mm²)

f. Pengujian persyaratan kekuatan las

$$\sigma v' < \sigma' \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

$\sigma v'$ = Tegangan resultan (N/mm²)

$$\sigma' = \text{Tegangan normal (N/mm}^2\text{)}$$

2.7 Perencanaan Baut dan Mur

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.

Baut dan mur dibagi menjadi 5 yaitu: baut penjepit, baut untuk pemakaian khusus, sekrup mesin, sekrup penetap, sekrup pengetap, dan mur. Dalam perancangan mesin CNC router milling hanya di gunakan baut penjepit berbentuk baut tembus untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus yang diletakkan dengan sebuah mur.

2.7.1 Perancangan Perhitungan Baut dan Mur Pengikat Motor Profil

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

$$W_{max} = W_0 \cdot f_c \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana:

W = Beabn (N)

F_c = faktor koreksi

- b. Menentukan jenis bahan baut dan mur

Tegangan tarik yang diijinkan (σ_a)

$$\sigma_a = \frac{\sigma_h}{S_f} \dots \dots \dots (2.18)$$

Tegangan geser yang diijinkan (τ_a)

$$\tau_a = 0,5 \cdot \sigma_a \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

σ_a = Tegangan tarik yang diijinkan (N/mm²)

S_f = Faktor keamanan

σ_b = Kekuatan tarik (N/mm²)

σ_a = Tegangan geser yang diijinkan (N/mm²)

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

$$d \geq \sqrt{\frac{2W}{\sigma_a}} \text{ atau } \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \sigma_a \cdot 0,64}} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

d = diameter inti yang diperlukan (mm)

W = beban rencana (N)

σ_a = kekuatan tarik bahan yang diijinkan (N/mm²)

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

1. D = Diameter 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

$$Z \geq \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot H_2 \cdot q_a} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

Z = Jumlah ulir yang diperlukan

d_2 = diameter efektif ulir dalam (mm)

H_1 = Tinggi kaitan (mm)

q_a = Tekanan permukaan yang diijinkan (N/mm²)

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

$$H \geq (0,8 - 1,0) \cdot d \dots\dots\dots(2.22)$$

g. Jumlah ulir yang dipakai adalah

$$Z_1 = \frac{H}{p} \dots \dots \dots (2.23)$$

h. Tegangan geser akar ulir baut

$$\tau_b = \frac{W}{\pi \cdot d^1 \cdot k \cdot p \cdot z^1} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana:

τ_b = Tegangan geser akar ulir baut (N/mm²)

K = Konstanta ulir metris $\approx 0,84$

i. Tegangan geser akan ulir mur adalah

$$\tau_n = \frac{W}{\pi \cdot D \cdot j \cdot p \cdot z^1} \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana

τ_n = Tegangan geser akar ulir mur (N/mm²)

D = Diameter ulir dalam

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

j. Persyaratan kelayakan dari baut dan mur yang direncanakan

$$\tau_b \leq q_a \dots \dots \dots (2.26)$$

$$\tau_n \leq q_a \dots \dots \dots (2.27)$$

2.8 Proses Manufaktur

Dalam perencanaan rangka, langkah yang di butuhkan adalah proses manufaktur yaitu proses perakitan. Proses perakitan adalah merupakan proses kerja yang akan dikerjakan dengan menggunakan alat yaitu meliputi:

2.8.1 Pengukuran

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

- a. Mistar baja
- b. Meteran sabuk

2.8.2 Penggoresan

Penggoresan adalah proses untuk memberikan garis/gambar pada benda kerja sebelum benda itu dikerjakan lebih lanjut. Supaya garis penggoresan dapat dilihat dengan jelas maka benda kerja yang kasar dibubuhi pengolesan cairan kapur.

2.8.3 Penitik

Penitik adalah alat yang digunakan untuk menandai titik dimana akan dilakukan pemboran. Alat ini terdiri dari kepala dan bondan. Ujung/kepala harus dijaga kelancipannya dengan sudut tertentu, biasanya sudut puncaknya dibuat 60° .

2.8.4 Gergaji Tangan

Gergaji adalah alat yang digunakan untuk penceraian, pemotongan benda kerja dan untuk pengergajian alur dan celah-celah didalam benda kerja. Pada penuntutan gergaji dengan tepat dapat dihasilkan pemotongan yang datar, licin, serta potongan yang berukuran tepat dengan kerugian bahan yang sedikit.

BAB 3. METODOLGI PERANCANGAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

1. Gergaji Besi
2. Mistar Baja
3. Gerinda
4. Kunci Pas Ring Satu Set
5. Ragum
6. Penitik
7. Obeng + dan Obeng –
8. Meteran
9. Penggores
10. Kaca Mata
11. Sarung Tangan
13. Mesin Bor
14. Mesin Las Listrik SMAW

3.1.2 Bahan

1. Mesin Profil Kayu / Mesin Router
2. Motor Stepper
3. Controller
4. Mur dan Baut
5. Partikel Board
6. Akrilik
7. Poros Ulir Trapesium
8. Bearing
9. Coupling
10. Mur Skrup

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 router milling adalah laboratorium pengecoran dan metalurgi serbuk, laboratorium desain, laboratorium permesinan dan laboratorium las jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Pencarian Data

Dalam merencanakan sebuah perancangan mesin CNC router milling, maka terlebih dahulu di lakukan pengamatan di lapangan dan studi literatur.

3.3.2 Pustaka

Sebagai penunjang dan referensi dalam pembuatan perancangan mesin CNC router milling terhadap gaya tekan antara lain adalah:

- a. Konstruksi Rangka;
- b. Proses Pemesinan;
- c. Proses Kerja Bangku dan Pelat.

3.3.3 Perencanaan dan Perancangan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari literatur studi kepustakaan serta dari hasil survei, maka dapat direncanakan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan mesin CNC router milling.

Dari studi lapangan dan studi pustaka tersebut dapat dirancang pemesinan. Dalam proyek ini proses yang akan dirancang adalah :

- a. Perancangan elemen mesin pada mesin CNC router milling;
- b. Persiapan alat bahan yang dibutuhkan;
- c. Proses perakitan dan finishing.

3.3.4 Proses Manufaktur

Proses ini merupakan proses pembuatan alat pengiris ketela pohon 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 plat besi;
- b. Penyambungan plat dengan menggunakan mesin las;

3.3.5 Proses Perakitan

Proses perakitan dilakukan setelah proses pembuatan (permesinan) selesai, sehingga akan membentuk “Mesin CNC Router Milling”. Proses perakitan bagian-bagian mesin CNC router milling meliputi :

1. Penggabungan kerangka;
2. Pemasangan bantalan pada kerangka;
3. Pemasangan poros ulir pada bantalan;
4. Pemasangan motor stepper pada kerangka dan coupling;
5. Pemasangan controller pada kerangka;
6. Penyambungan controller pada motor stepper;
7. Pemasangan mesin profil kayu / router.

3.3.6 Percobaan Alat

Prosedur percobaan dilakukan untuk mengetahui apakah mesin CNC router milling mampu bekerja dengan baik. Hal-hal yang dilakukan dalam percobaan alat sebagai berikut :

1. Melihat apakah elemen mesin bekerja dengan baik dan benar;
2. Melihat apakah baut pengikat elemen mesin tidak lepas, tidak mengendor dan tidak putus;
3. Mengukur waktu proses pekerjaan;
4. Melihat hasil pemakanan.

3.3.7 Penyempurnaan Alat

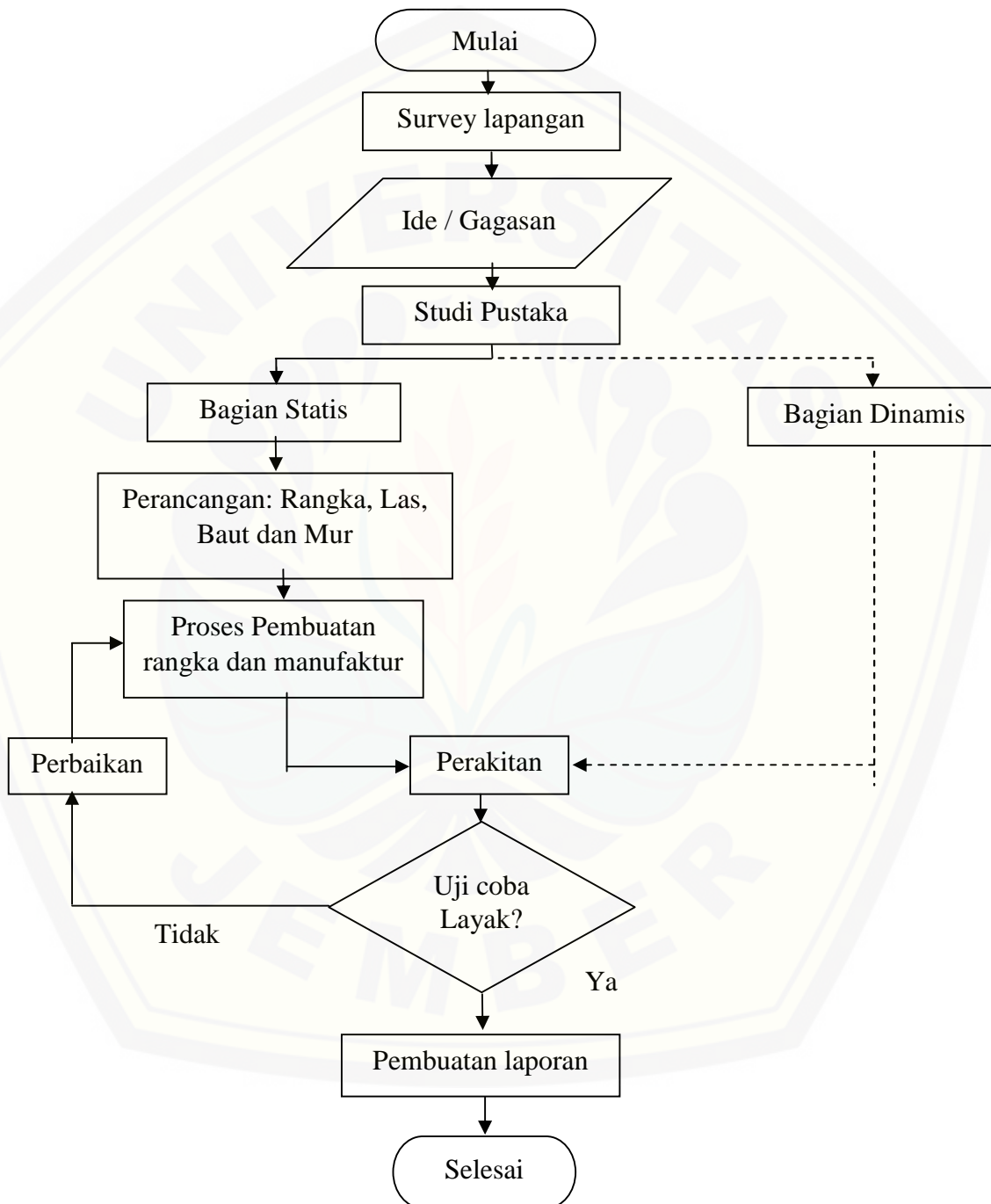
Penyempurnaan alat ini dilakukan apabila tahap pengujian alat terdapat masalah atau kekurangan, sehingga dapat berfungsi dengan baik sesuai prosedur, tujuan dan perancangan yang dilakukan.

3.3.8 Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan proyek akhir ini dilakukan secara bertahap dari awal analisa, desain, perencanaan, dan pembuatan alat mesin CNC router milling sampai selesai.

3.4 Flow Chart

Berikut adalah *flow chart* dari alat penghancur sampah organik



Gambar 3.1 Flow chart perancangan mesin CNC router milling (bagian statis)

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Rangka mesin CNC router milling memiliki dimensi dengan panjang 600 mm, lebar 410 mm dan tinggi 620 mm. Bahan rangka menggunakan bahan baja ST-37 profil siku sama kaki dengan ukuran 25 mm x 25 mm x 3 mm.
2. Rangka mesin CNC router milling dibuat dengan penyambungan besi siku dengan metode pengelasan. Pengelasan pada rangka menggunakan elektroda jenis AWS E 6013 diameter 2 mm. Elektroda jenis ini digunakan untuk semua pengelasan.
3. Baut dan mur menggunakan jensi ulir metris halus M4 x 0,7 dengan bahan baut dan mur adalah baja liat dengan baja karbon 0,2%C.

5.2 Saran

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

1. Setelah menggunakan mesin CNC router milling ini sebaiknya dibersihkan dari sisa pemahatan kayu agar mesin terjaga kebersihannya dan tahan lebih lama.
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.
3. Pada saat melakukan pengerjaan disarankan kepada operator untuk menggunakan masker agar terhindar dari serbuk kayu yang terpotong yang membahayakan untuk kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bodig, J. and Jayne, B.A. 1982 . *Mechanics of Wood and Wood Composites' Van Nostrand Reinholt Company*. New York, U.S.A.
- Brown HP, Panshin AJ, dan Forsaith CC. 1952. *Text Book of Wood Technology., Vol. II. Mc Graw Hill Company Inc*. New York.
- G. Niemann. 1999. *Elemen Mesin jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Haygreen, J. G., and Bowyer, J. L., 1982. *Forest Products and Wood Science*. The Lowa University Press, 259
- Haygreen, J.G. dan Bowyer, J.L. diterjemahkan oleh Hadikusumo, S.A. dan Prawirohatmodjo, S. 1993. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar*. Yogyakarta. Gadjahmada University Press.
- Kollman, F. dan Cote, J. R. (1968). *Principles of Woods Science and Technology I*. New York. Solid Wood.
- Popov, E, P. 1996. *Mekanika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Shigley, Joseph Edward.1994.*Perencanaan Teknik Mesin Jilid 2 alih bahasa : Gandhi Harahap*.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 Paramitha.
- Todd,J.D. 1984. *Analisis Struktur*. Jakarta:Erlangga
- Wangaard,Frederick. 1950. *The Mechanical Properties of Wood*. NewYork:Jonh Wiley&Sons

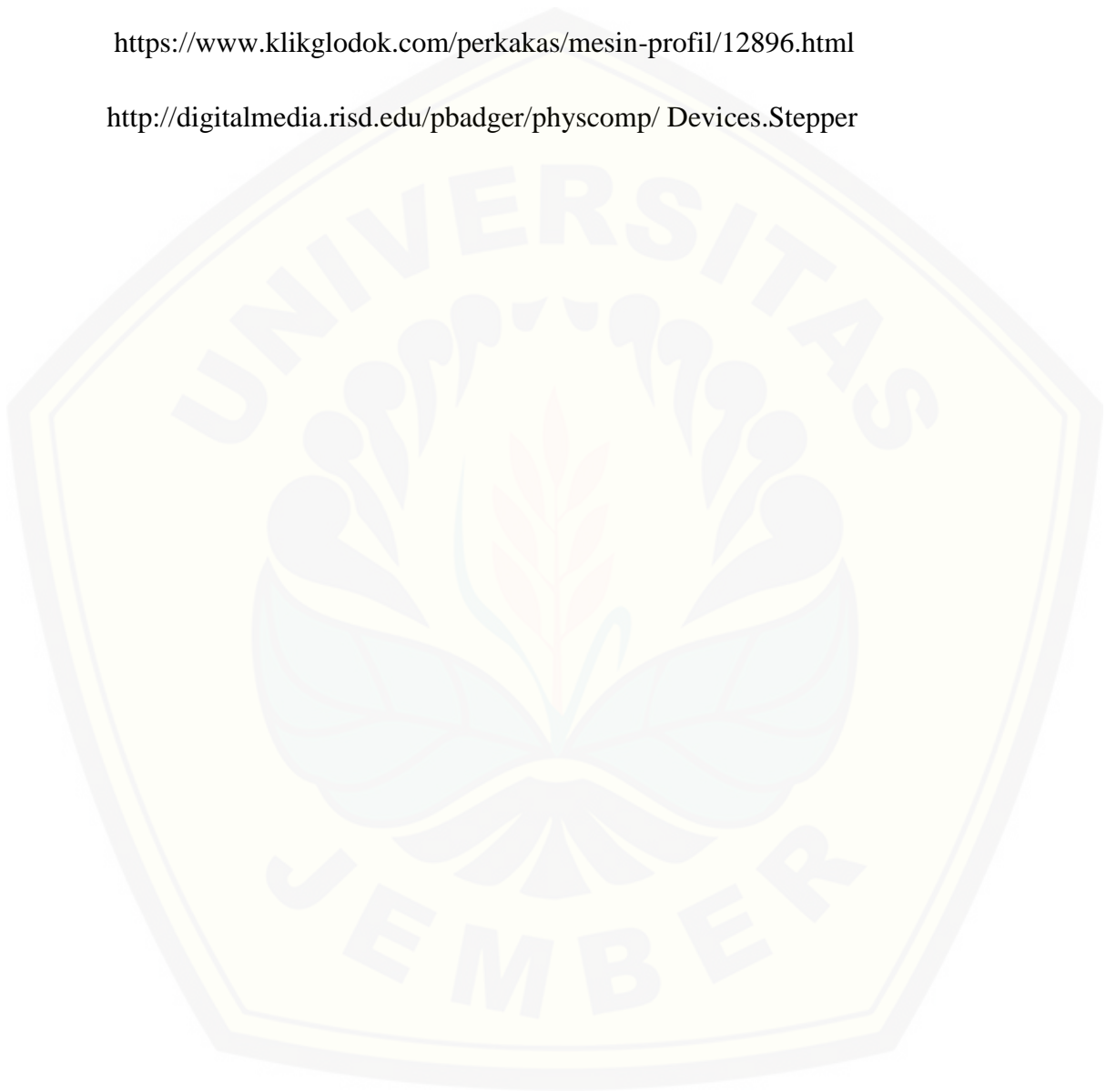
Sumber Internet :

www.tentangkayu.com/sifat-mekanik-kayu.html

<http://id.aliexpress.com/cheap/cheap-small-cnc-machine.html>

<https://www.klikglodok.com/perkakas/mesin-profil/12896.html>

<http://digitalmedia.risd.edu/pbadger/physcomp/ Devices.Stepper>



A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

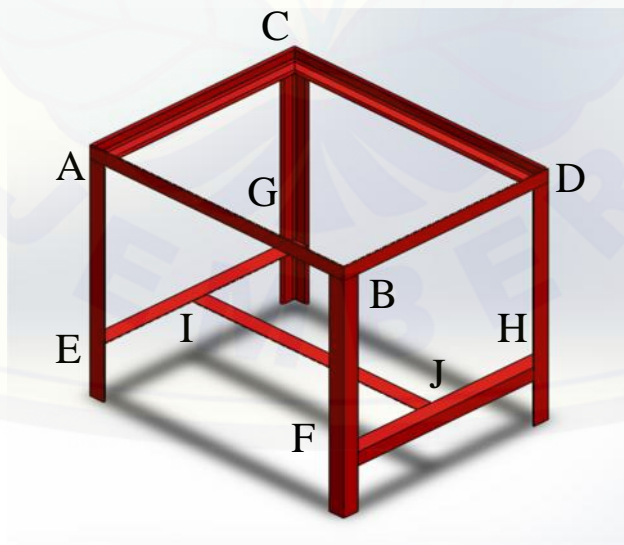
A.1 Berat Komponen Mesin

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 *standing* : 2 kg
- Berat alas meja : 3,5 kg
- Berat motor profil : 1,25 kg
- Berat poros samping : 0,55 kg
- Berat poros atas : 0,2 kg
- Berat poros bawah : 0,8 kg
- Berat dudukan motor stepper : 0,25 kg

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 router milling

Beban yang dialami oleh rangka karena pengaruh dari gaya normal *standing*, alas meja, poros, motor stepper dan motor profil juga merupakan batang penumpu beban terpusat yaitu sebesar 8,55 kg.

Setelah dilakukan perhitungan batang penumpu beban terpusat pada komponen-komponen tersebut, rangka mesin (gambar A.1) yang menerima beban terjadi di batang A-C, B-D, E-G, F-H, dan I-J, dimana yang menerima beban paling besar yakni di batang A-C sehingga perhitungan perencanaan batang penumpu beban terpusat yang direncanakan adalah batang A-C karena sudah mewakili batang rangka lainnya dengan menerima beban dari W total sebesar 8,55 kg. Maka dapat diuraikan bahwa gaya-gaya yang terjadi seperti dibawah ini :

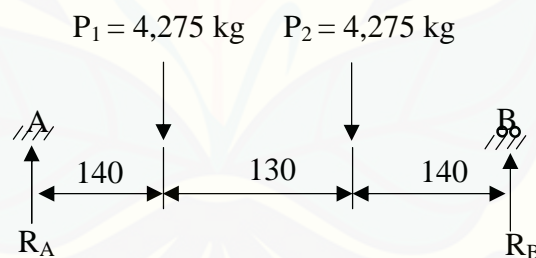
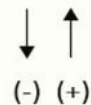
Kesepakatan

arah momen



Kesepakatan

arah gaya



Gambar A.2 Perancangan gaya batang AC

Gaya yang diterima oleh batang A-C dari W total sebesar 8,55 kg dikedua titik P_1 dan P_2 , sehingga gaya tersebut dapat diuraikan seperti dibawah ini;

- $P_1 = P_2 = W \text{ total} / 2$

$$P_1 = P_2 = 8,55 / 2$$

$$P_1 = P_2 = 4,275 \text{ kg}$$

$$F_y = 0$$

$$-4,275 + R_A + R_B - 4,275 = 0$$

$$R_A + R_B = 8,55 \text{ kg}$$

$$M_A = 0$$

$$-4,275 \cdot 140 + R_B \cdot 410 - 4,275 \cdot 270 = 0$$

$$-598,5 + 410R_B - 1154,25 = 0$$

$$R_B = \frac{598,5 + 1154,25}{410}$$

$$R_B = \frac{1752,75}{410}$$

$$R_B = 4,275 \text{ kg}$$

$$M_B = 0$$

$$4,275 \cdot 140 + 4,275 \cdot 270 - R_A \cdot 410 = 0$$

$$598,5 + 1154,25 - 410R_A = 0$$

$$R_A = \frac{-598,5 - 1154,25}{-410}$$

$$R_A = \frac{-1752,75}{-410}$$

$$R_A = 4,275 \text{ kg}$$

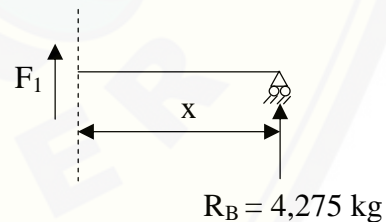
Gambar bidang geser (F)

Potongan I

$$0 \quad x \quad 140$$

$$F_y = 0$$

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



Gambar A.3 Potongan I bidang geser batang AC

$$x = 0 \quad F_y = 4,275 + 0 = 4,275 \text{ kg}$$

$$x = 140 \quad F_y = 4,275 + 0 = 4,275 \text{ kg}$$

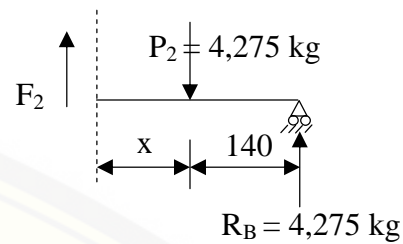
Gambar bidang geser (F)

Potongan II

$$0 \leq x < 130$$

$$F_y = 0$$

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



Gambar A.4 Potongan II bidang geser batang AC

$$x = 0 \quad F_y = 4,275 - 4,275 + 0$$

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

$$x = 130 \quad F_y = 4,275 - 4,275 + 0$$

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

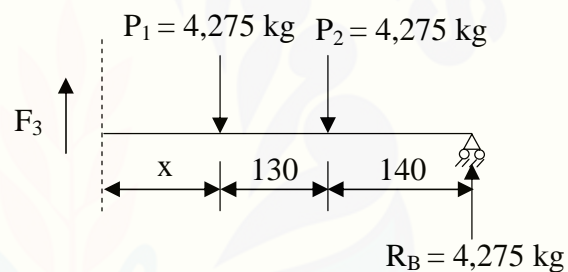
Gambar bidang geser (F)

Potongan III

$$0 \leq x < 140$$

$$F_y = 0$$

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



Gambar A.5 Potongan III bidang geser batang AC

$$x = 0 \quad F_y = 4,275 - 4,275 - 4,275 + 0$$

$$F_y = -4,275 \text{ kg}$$

$$x = 140 \quad F_y = 4,275 - 4,275 - 4,275 + 0$$

$$F_y = -4,275 \text{ kg}$$

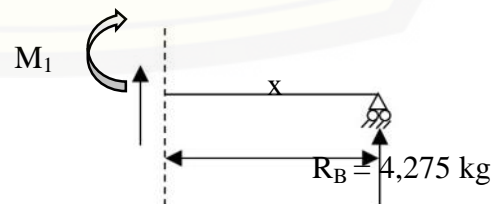
Gambar bidang momen (M)

Potongan I

$$0 \leq x < 140$$

$$M_y = 0$$

$$M_1 = R_b \cdot x$$



Gambar A.6 Potongan I bidang momen batang AC

$$x = 0 \quad M_1 = 4,275 \cdot 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$x = 140 \quad M_1 = 4,275 \cdot 140 = 598,5 \text{ kg.mm}$$

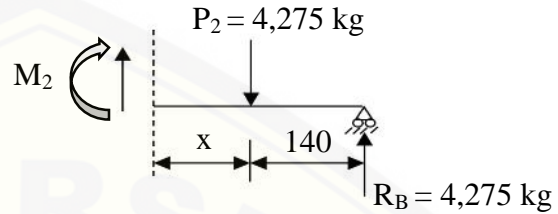
Gambar bidang momen (M)

Potongan II

$$0 \quad x \quad 130$$

$$M_y = 0$$

$$M_2 = R_b \cdot (x + 140) - F \cdot x$$



Gambar A.7 Potongan II bidang momen batang AC

$$x = 0 \quad M_2 = 4,275 \cdot 0 + 598,5 - 4,275 \cdot 0 = 598,5 \text{ kg.mm}$$

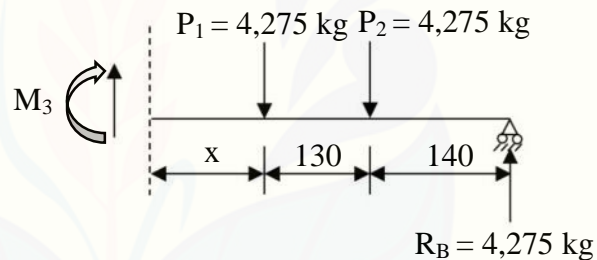
$$x = 130 \quad M_2 = 4,275 \cdot 130 + 598,5 - 4,275 \cdot 130 = 598,5 \text{ kg.mm}$$

Gambar bidang momen (M)

Potongan III

$$0 \quad x \quad 140$$

$$M_y = 0$$



Gambar A.8 Potongan III bidang momen batang AC

$$M_3 = R_b \cdot (270 + x) - F \cdot (130 + x) - F \cdot x$$

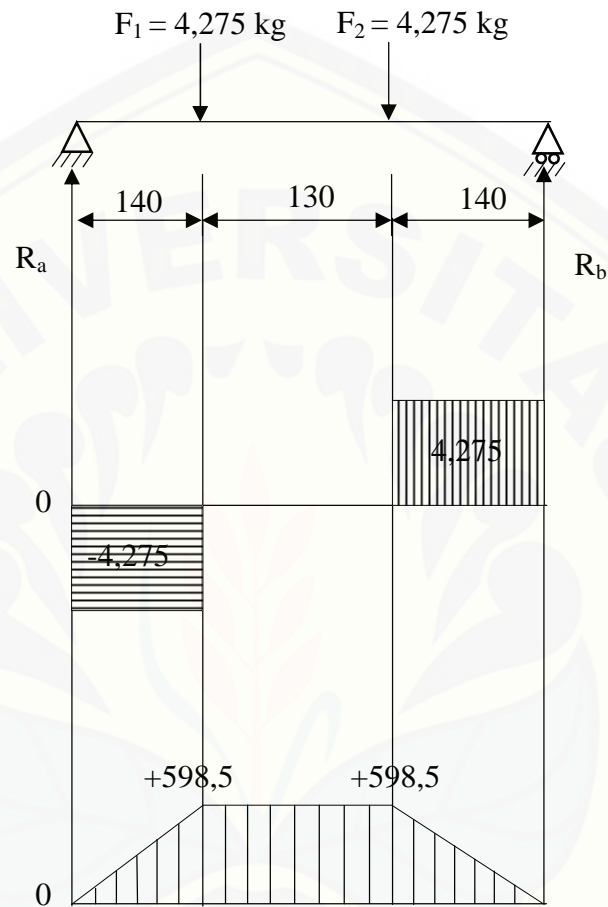
$$= 4,275 (270 + x) - 4,275 (130 + x) - 4,275 \cdot x$$

$$= 1154,25 + 4,275x - 555,75 - 4,275x - 4,275x$$

$$M_3 = -4,275x + 598,5$$

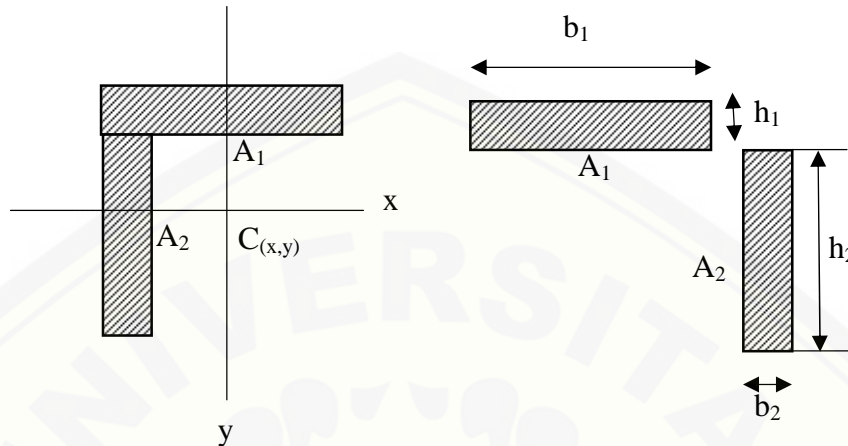
$$x = 0 \quad M_2 = -4,275 \cdot 0 + 598,5 = 598,5 \text{ kg.mm}$$

$$x = 140 \quad M_2 = 4,275 \cdot 140 + 598,5 = 0 \text{ kg.mm}$$

Diagram Bidang Geser dan Bidang Momen untuk A-C

Gambar A.9 Diagram bidang geser dan bidang momen

- Menentukan momen inersia



Gambar A.10 Penampang besi siku

Dimensi kampuh las:

$$b_1 \approx 25 \text{ mm} \quad h_1 = 3 \text{ mm}$$

$$b_2 \approx 3 \text{ mm} \quad h_2 = 25 \text{ mm}$$

$$M_b = 598,5 \text{ kg}$$

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

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

$$= \frac{25}{2}$$

$$= 12,5 \text{ mm}$$

$$A_1 = b_1 \cdot h_1$$

$$= 25 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm}$$

$$= 75 \text{ mm}^2$$

$$x_2 = \frac{h_2}{2}$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$= 1,5 \text{ mm}$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2$$

$$= 3 \text{ mm} \cdot 25 \text{ mm}$$

$$= 75 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2$$

$$= 75 \text{ mm}^2 + 75 \text{ mm}^2$$

$$= 150 \text{ mm}^2$$

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

$$I_{x_1} = \frac{25 \cdot 3^3}{12}$$

$$I_{x_1} = 56,25 \text{ mm}^4$$

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

$$I_{x_2} = \frac{3 \cdot 25^3}{12}$$

$$I_{x_2} = 3906,25 \text{ mm}^4$$

- Menentukan momen inersia total

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{x_1} + (x_1^2 \cdot A_1) \\ &= 56,25 + (12,5^2 \cdot 75) \\ &= 56,25 + 11718,75 \\ &= 11775 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_{x_2} + (x_2^2 \cdot A_2) \\ &= 3906,25 + (1,5^2 \cdot 75) \\ &= 3906,25 + 168,75 \\ &= 4075 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{tot}} &= I_1 + I_2 \\ &= 11775 + 4075 \\ &= 15850 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

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

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

$$x^1 = \frac{(75 \cdot 12,5) + (75 \cdot 1,5)}{75 + 75}$$

$$x^1 = \frac{1050}{150}$$

$$x^1 = 7 \text{ mm}$$

Tegangan yang terjadi pada rangka material ST-37 profil siku sama kaki ukuran 25 mm x 25 mm x 3 mm:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{max} &= \frac{M_b}{I} \times C_{(x,y)} \\
 &= \frac{598,5}{15850} \times 7 \\
 &= 0,037 \times 7 \\
 \sigma_{max} &= 0,26 \text{ kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

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 $\sigma_{izin} = 8,50 \text{ kg/mm}^2 \geq \sigma_{max} = 0,26 \text{ kg/mm}^2$, maka ukuran batang yang diperlukan 25 mm x 25 mm x 3 mm mampu menahan beban alat.

A.3 Perencanaan Kolom

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

➤ Menentukan tegangan izin:

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

- Tegangan maksimal yang terjadi pada kolom:

$$\begin{aligned}\sigma_{max} &= \frac{M_b}{I} \times C_{(x,y)} \\ &= \frac{598,5}{15850} \times 7 \\ &= 0,037 \times 7\end{aligned}$$

$$\sigma_{max} = 0,26 \text{ kg/mm}^2$$

Nilai yang diperoleh telah sesuai syarat yaitu $\sigma_{izin} = 8,50 \text{ kg/mm}^2 \geq \sigma_{max} = 0,26 \text{ kg/mm}^2$, maka ukuran batang yang diperlukan 25 mm x 25 mm x 3 mm mampu menahan beban alat.

- Beban kritis (P_{cr}) yang diterima oleh kolom adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4L^2}$$

$$P_{cr} = \frac{(3,14)^2 \cdot 210000 \text{ N/mm}^2 \cdot 15850 \text{ mm}^4}{4(155)^2}$$

$$P_{cr} = 341495,09 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 34149,509 \text{ kg}$$

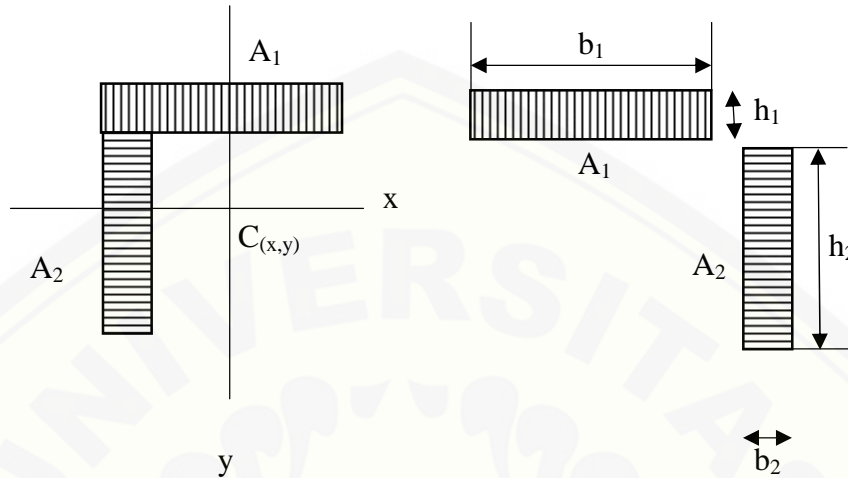
Berdasarkan hasil perancangan diatas $P_{cr} = 34149,509 \text{ kg} \geq P = 4,275 \text{ kg}$, berarti telah sesuai syarat.

A.4 Perencanaan Las

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

$$M_b = 598,5 \text{ kg}$$

Menentukan momen inersia



Gambar A.11 Penampang kampuh las

Dimensi kampuh las:

$$b_1 \approx 25 \text{ mm} \quad h_1 = 1 \text{ mm}$$

$$b_2 \approx 1 \text{ mm} \quad h_2 = 25 \text{ mm}$$

$$M_b = 598,5 \text{ kg}$$

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

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{b_1}{2} \\ &= \frac{25}{2} \\ &= 12,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{h_2}{2} \\ &= \frac{25}{2} \\ &= 12,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= b_1 \cdot h_1 \\ &= 25 \text{ mm} \cdot 1 \text{ mm} \\ &= 25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= b_2 \cdot h_2 \\ &= 1 \text{ mm} \cdot 25 \text{ mm} \\ &= 25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{total}} &= A_1 + A_2 \\
 &= 25 \text{ mm}^2 + 25 \text{ mm}^2 \\
 &= 50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$I_{x_1} = \frac{25 \cdot 1^3}{12}$$

$$I_{x_1} = 2,08 \text{ mm}^4$$

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

$$I_{x_2} = \frac{1 \cdot 25^3}{12}$$

$$I_{x_2} = 1302,08 \text{ mm}^4$$

- Menentukan momen inersia total

$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_{x_1} + (x_1^2 \cdot A_1) \\
 &= 2,08 + (25^2 \cdot 25) \\
 &= 2,08 + 15625 \\
 &= 15627,07 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_2 &= I_{x_2} + (x_2^2 \cdot A_2) \\
 &= 1302,08 + (0,5^2 \cdot 25) \\
 &= 1302,08 + 6,25 \\
 &= 1308,88 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{tot}} &= I_1 + I_2 \\
 &= 15627,07 + 1308,88 \\
 &= 16935,95 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

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

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

$$x^1 = \frac{(25 \cdot 25) + (25 \cdot 0,5)}{25 + 25}$$

$$x^1 = \frac{673,5}{50}$$

$$x^1 = 12,75 \text{ mm}$$

Jenis elektroda yang digunakan adalah AWS E6013 dengan diameter 2 mm. Hasil pengelasan elektroda jenis ini memiliki kekuatan tarik 47,1 kg/mm² dan perpanjangan 17%, tegangan geser yang diizinkan adalah 0,3 kali kekuatan tarik elektroda dengan F = 4,275 kg, tegangan tarik dan lentur yang diizinkan untuk kampuh las (σ'_{zul}) = 13,5 kg/mm²

Pada rancangan ini didapat:

- Menentukan tegangan normal dalam kampuh las

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

$$\sigma' = \frac{598,5 \text{ kg} \cdot \text{mm}}{16935,95 \text{ mm}^2} \cdot 12,75 \text{ mm}$$

$$\sigma' = 0,45 \text{ kg/mm}^2$$

- Menentukan tegangan geser dalam kampuh las

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

$$\tau' = \frac{4,275}{50}$$

$$\tau' = 0,08 \text{ kg/mm}^2$$

- Pengujian kekuatan sambungan las

$$\sigma'_{zul} \geq \sigma' \approx 13,5 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,45 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau'_{zul} \geq \tau' \approx 13,5 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,08 \text{ kg/mm}^2$$

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

A.5 Perencanaan Mur dan Baut

A.5.1 Perencanaan mur dan baut pengikat motor profil

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

$$\begin{aligned}
 W_{max} &= W_0 \cdot f_c && \longrightarrow \text{ Koreksi} \\
 &= 3,91 \times 1,2 && \text{ : berat motor listrik + gaya motor saat bekerja} \\
 &= 4,7 \text{ kg} && = (1,25 + 2,66) \text{ kg} \\
 & && = 3,91 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban yang diterima oleh masing-masing baut:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{4,7}{2} \\
 &= 2,35 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- 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/mm². Sehingga diketahui faktor keamanan (S_f) 8 – 10 10. Tekanan permukaan yang diizinkan (q_a) = 3 kg/mm².

- 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:

$$\begin{aligned}
 D &\geq \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \sigma_a \cdot 0,64}} \\
 &\geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2,35}{3,14 \cdot 3,4 \cdot 0,64}} \\
 &\geq \sqrt{\frac{9,4}{6,83}} \\
 &\geq \sqrt{1,37} \\
 &\geq 1,17
 \end{aligned}$$

Disini diambil $D = 4$ mm

Sehingga ulir baut dan mur yang dipilih ulir metris dengan ukuran standart M4 dan didapat standart dimensi sebagai berikut;

Dimensi luar ulir dalam (D)	= 4	mm
Jarak bagi (p)	= 0,7	mm
Diameter inti (d_1)	= 3,242	mm
Tinggi kaitan (H_1)	= 0,379	mm
Diameter efektif ulir dalam (d_2)	= 3,515	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:

$$\begin{aligned}
 Z &\geq \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot q_a} \\
 &\geq \frac{2,35}{3,14 \cdot 3,515 \cdot 0,379 \cdot 3} \\
 &\geq \frac{2,35}{12,549}
 \end{aligned}$$

$$\geq 0,18 \rightarrow 3$$

- Tinggi mur (H) yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} H &\geq z \times p \\ &\geq 3 \times 0,7 \\ &\geq 2,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

menurut standar :

$$\begin{aligned} H &\geq (0,8 - 1,0) \cdot D \\ &\geq (1,0) 4 \\ &\geq 4 \text{ mm} \rightarrow 4 \end{aligned}$$

- Tinggi mur yang akan diambil adalah 4 mm, sehingga jumlah ulir mur (Z') adalah:

$$\begin{aligned} Z' &= \frac{H}{p} \\ &= \frac{2,1}{0,7} \\ Z' &= 3 \end{aligned}$$

- Kekuatan geser akar ulir baut τ_b adalah:

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{W}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot p \cdot z'} \\ &= \frac{2,35}{3,14 \cdot 3,242 \cdot 0,84 \cdot 0,7 \cdot 3} \\ &= \frac{2,35}{17,95} \\ &= 0,13 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan geser akar ulir mur τ_n adalah:

$$\begin{aligned}\tau_n &= \frac{W}{\pi \cdot D \cdot j \cdot p \cdot z'} \\ &= \frac{2,35}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 3} \\ &= \frac{2,35}{12,78} \\ &= 0,18 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{maka : } \tau_a \geq \tau_b \approx 1,7 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,13 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau_a \geq \tau_n \approx 1,7 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,18 \text{ kg/mm}^2$$

Harga τ_n dan τ_b memenuhi syarat yang ditentukan, sehingga mur dan baut yang dipilih M4 dengan ketinggian mur 4 mm dan dari bahan baja liat dengan kadar karbon 0,2%C.

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/Dm^3)

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
Kampuh Steg-HV dengan kampuh sudut	Kualitas kampuh tidak diketahui	Tekan dan lentur, tarik dan lentur, tegangan total	135	150	170	190
			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 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.

C. LAMPIRAN GAMBAR



Gambar C.1 Pemotongan bahan (papan partikel)



Gambar C.2 Perakitan Meja Alas)



Gambar C.3 Perakitan *Standing*



Gambar C.4 Pemotongan Bahan Rangka (Besi Siku)



Gambar C.5 Proses Pengelasan

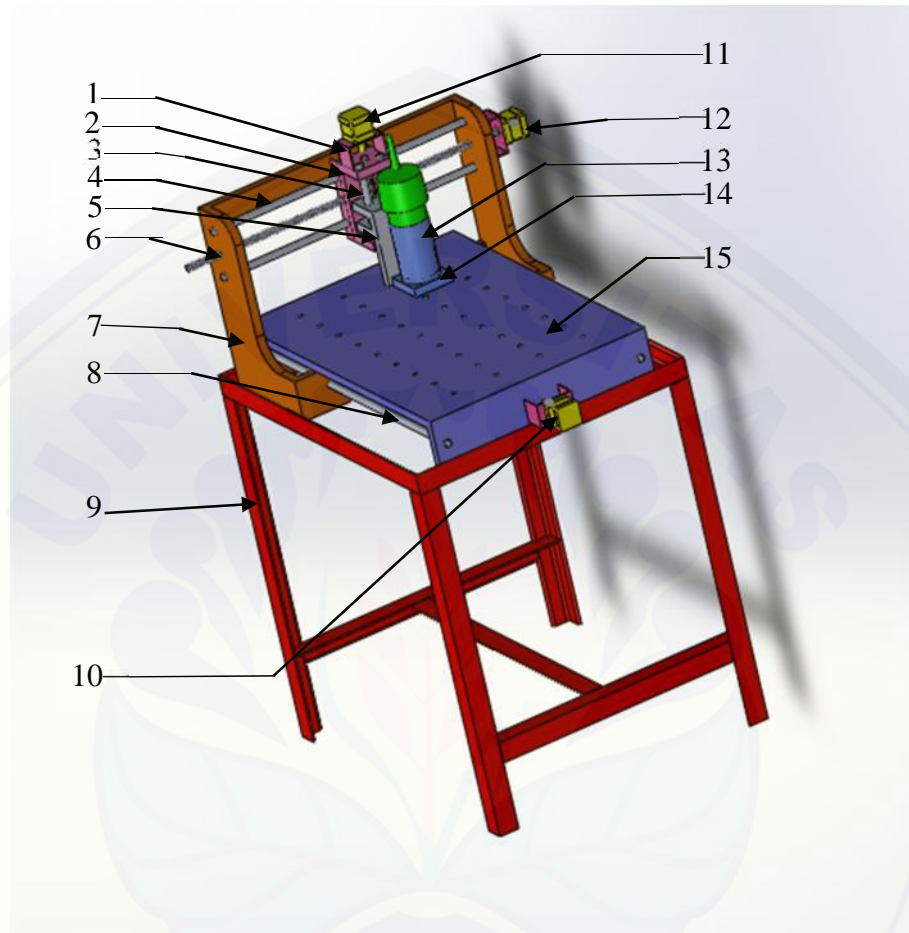


Gambar C.6 Proses Pengecatan



Gambar C.7 Mesin CNC Router Milling

SOP (Standart Operating Procedures)
Mesin Pengiris Ketela Pohon Kapasitas 50 kg/jam



Keterangan :

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1. Dudukan Motor Stepper | 9. Rangka |
| 2. Eretan Sumbu X | 10. Motor Stepper Sumbu Z |
| 3. Poros Statis Sumbu Y | 11. Motor Stepper Sumbu Y |
| 4. Poros Statis Sumbu X | 12. Motor Stepper Sumbu X |
| 5. Eretan Sumbu Y | 13. Motor Profil |
| 6. Poros Ulir Eretan Sumbu X | 14. Klem |
| 7. Eretan Sumbu Z | 15. Meja/Alas |
| 8. Poros Statis Sumbu Z | |

Berikut merupakan langkah atau prosedur mengoperasikan mesin CNC router milling untuk pengoperasian 1 orang operator dengan posisi berdiri ;

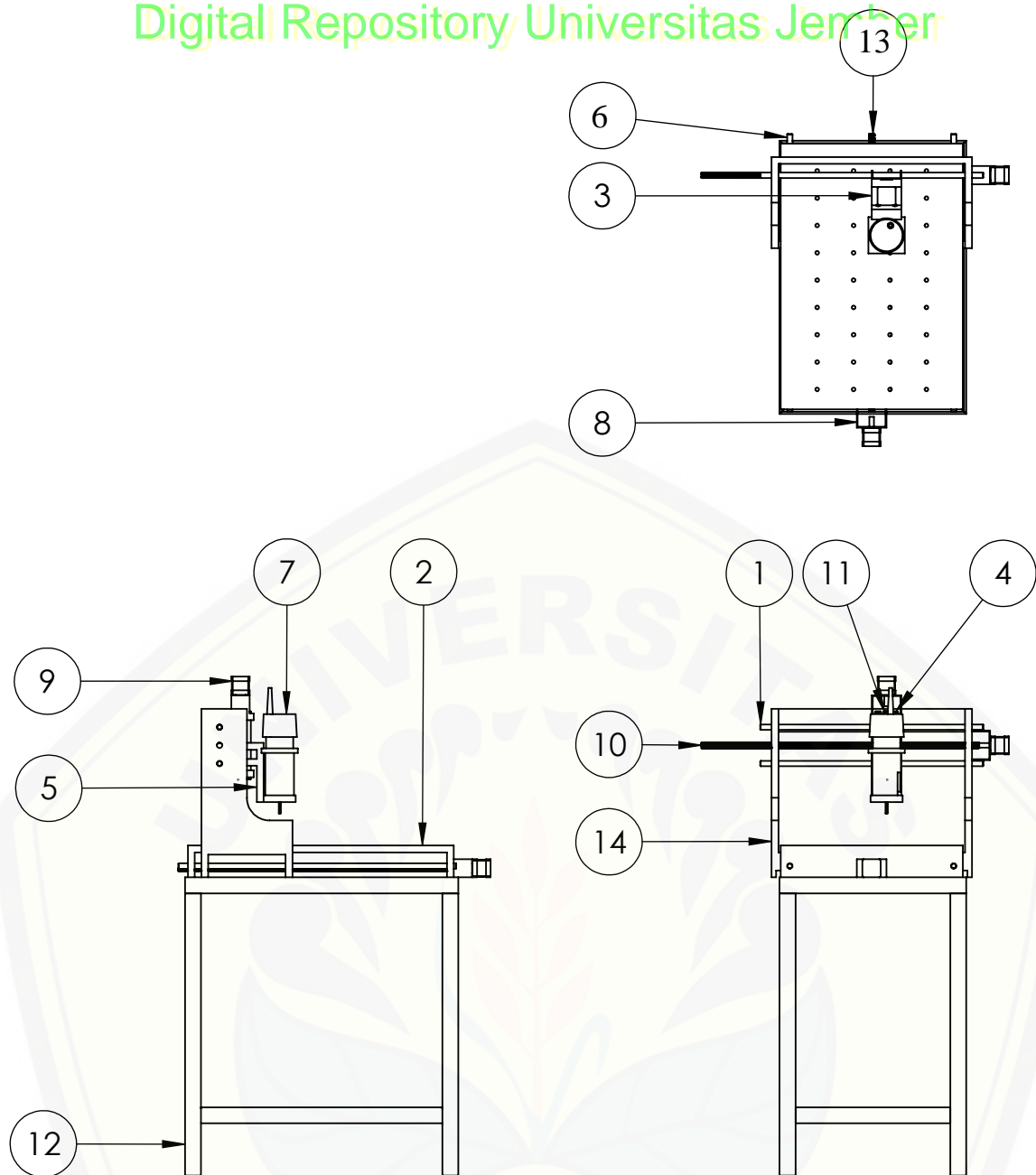
1. Siapkan benda kerja kayu yang rata pada meja kerja;
2. Cekam benda kerja menggunakan mur dan baut;
3. Sesuaikan jarak mata pahat dengan benda kerja;
4. Beri pelumas pada setiap poros ulir maupun poros statis;
5. Nyalakan stop kontak;
6. Hubungkan Flasdisk yang berisi desain pada konektor;
7. Hidupkan mesin profil;
8. Jalankan motor stepper;
9. Jika sudah selesai matikan seluruh program dan mesin profil beserta stop kontaknya;
10. Bersihkan tempat kerja.

Teknik Perawatan / Pemeliharaan Mesin CNC Router Milling (Bagian Statis)

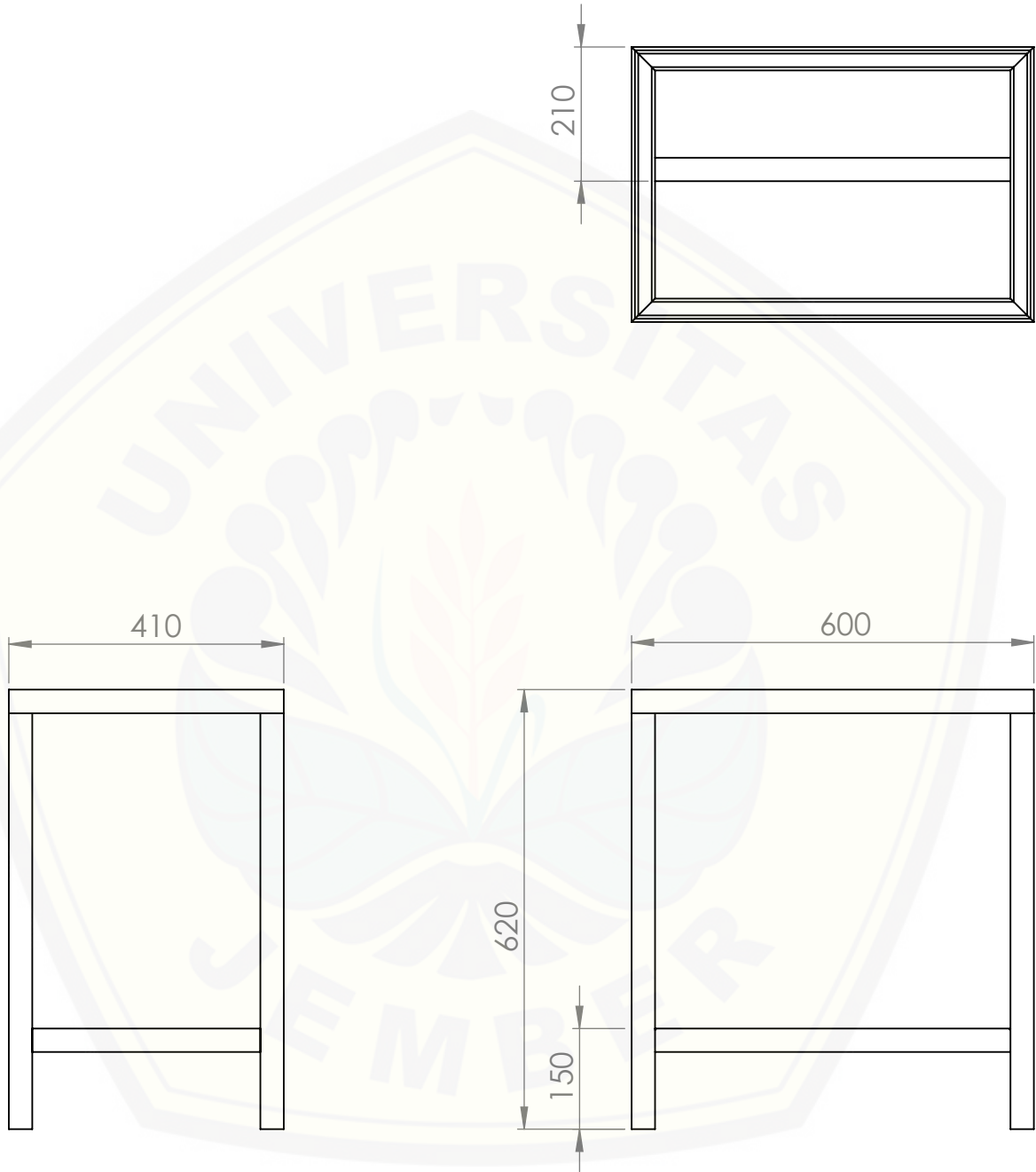
Perawatan / pemeliharaan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan agar peralatan selalu memiliki kondisi yang sama dengan kondisi awalnya (selalu dalam kondisi baik).

Berikut merupakan teknik perawatan / pemeliharaan mesin CNC router milling, yakni;

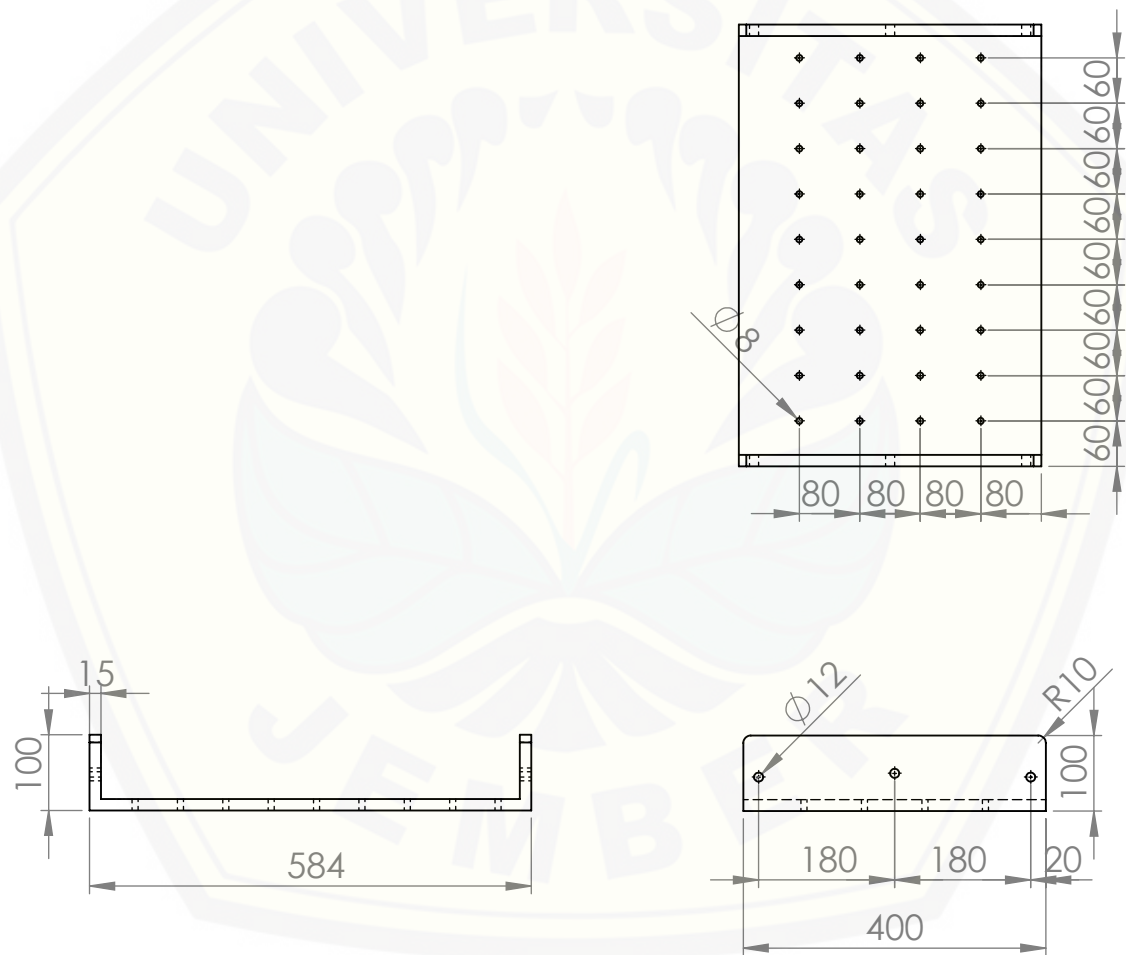
1. Setelah menggunakan mesin CNC router milling ini sebaiknya dibersihkan dari sisa-sisa potongan kayu agar tidak mengganggu dalam pengerjaan berikutnya dan kebersihan mesin selalu terjaga;
2. Cek kondisi kekencangan baut dan mur tiap 1 atau 2 kali dalam sebulan. Jika ditemukan kerusakan maka segeralah diganti;
3. Cek kondisi rangka 3 bulan sekali. Apabila terjadi cat mengelupas atau mulai terjadi korosi segeralah mengecat ulang agar rangka bisa bertahan lebih lama.



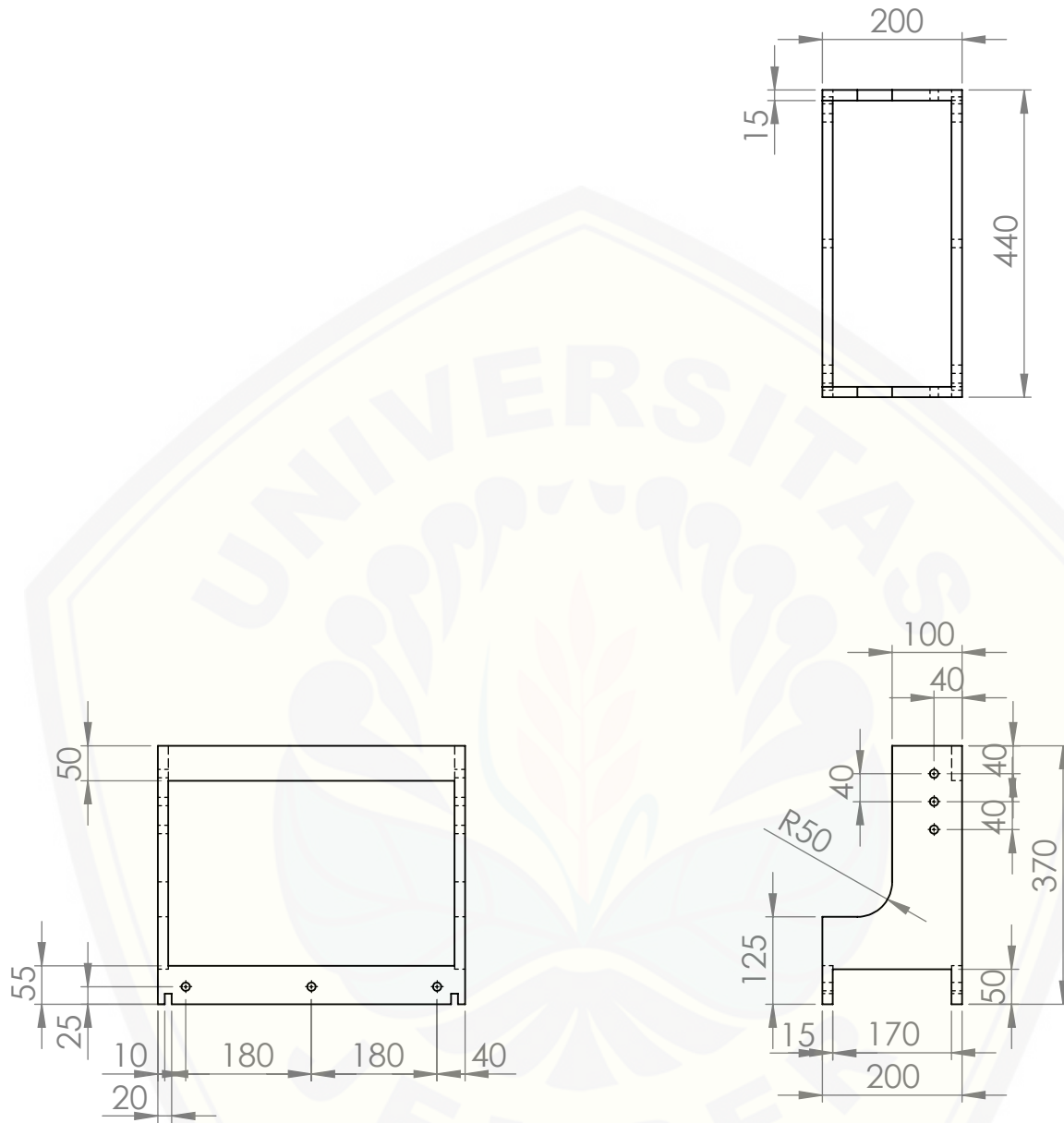
14	Standing	1	Papan Partikel	
13	Poros Ulir Sumbu Z	1	SCN 3	
12	Rangka	1	Papan Partikel	
11	Poros Ulir Sumbu Y	1	SCN 3	
10	Poros Ulir Sumbu X	1	SCN 3	
9	Motor Stepper	3		Pabrikan
8	Rumah Motor Stepper	3	ST-37	
7	Motor Profil	1		Pabrikan
6	Poros Statis Sumbu Z	2	Stainless Steel	
5	Eretan Sumbu Y	1	Akrilik	
4	Poros Statis Sumbu Y	2	Stainless Steel	
3	Eretan Sumbu X	1	Akrilik	
2	Meja Alas	1	Papan Partikel	
1	Poros Statis Sumbu X	2	Stainless Steel	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1 : 10		DIGAMBAR : OKTAFIAN N. N.	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101019	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT: Dr. GAGUK J., S.T., M.T	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC ROUTER MILLING	No. 1 A4



2	Rangka	1	ST-37	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:10		DIGAMBAR : OKTAFIAN N. N	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101019	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT: Dr. GAGUK J., S.T., M.T.	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC ROUTER MILLING	No. 2 A4



3	Alas Meja	1	Kayu	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:10		DIGAMBAR : OKTAFIAN N. N	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101019	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT: Dr. GAGUK J., S.T., M.T.	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC ROUTER MILLING	No. 3 A4



4	Standing	1	Kayu	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1 : 10		DIGAMBAR : OKTAFIAN N. N	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101019	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT: Dr. GAGUK J., S.T., M.T.	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC ROUTER MILLING	No. 4 A4