



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

PROYEK AKHIR

Oleh :
Ika Angga Ary Sandy
NIM 131903101007

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



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

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 :

**Ika Angga Ary Sandy
NIM 131903101007**

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

PERSEMBAHAN

Proyek akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Rani dan Ayahanda Purwanto 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 SD hingga SMK, 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. Dulur-dulur 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.

MOTTO

“ Semangat dengan niat yang bersungguh-sungguh adalah kunci sukses dalam menjalani sepercik kehidupan di dunia yang hanya berlangsung sementara ini, fokus pada jalan yang benar, hiraukan ejekan yang mengganggu, hanya Allah SWT bersama kita selamanya “

atau

5. Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. 6. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. 7. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan) kerjakanlah sungguh-sungguh (urusan) yang lain. 8. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

Yakinlah bahwa setelah usaha yang kita lakukan sulit pada awalnya namun Allah SWT menjanjikan bahwa sesudah kesulitan pasti ada kemudahan. Mari kita berusaha/bekerja sungguh-sungguh tanpa putus dengan keyakinan bahwa Allah SWT selalu memberi kemudahan.

(QS. Al Insyirah : ayat 5-8 : Jangan Menyerah)

atau

“Solidarity Forever”

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ika Angga Ary Sandy

NIM : 131903101007

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proyek Akhir dengan judul ” Rancang Bangun Mesin CNC Bubut Kayu (Bagian Dinamis)” 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,

Ika Angga Ary Sandy

131903101007

PROYEK AKHIR

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

Oleh
Ika Angga Ary Sandy
NIM 131903101007

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Aris Zainul Muttaqin, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Boy Arief Fachri, S.T.,M.T.,Ph.D

PENGESAHAN

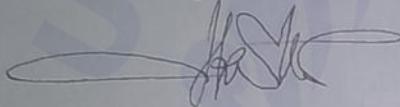
Proyek akhir berjudul "*Rancang Bangun CNC Bubut Kayu (Bagian Dinamis)*" telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Senin, 27 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Tim Pembimbing

Pembimbing I,



Aris Zainul Muttaqin., S.T., M.T.
NIP 19681207 199512 1 002

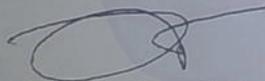
Pembimbing II,



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

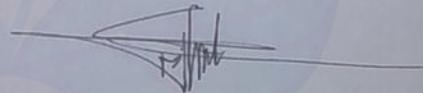
Tim Penguji

Penguji I,



Ir. Digdo Listyadi, S., M.Sc.
NIP 19670924 199412 1 001

Penguji II,



Ir. Fx. Kristianta, M.Eng
NIP 19650120 200112 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 Dinamis); Ika Angga Ary Sandy, 131903101007; 2016; 50 halaman; Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Dewasa ini perkembangan dunia manufaktur semakin berkembang, salah satunya adalah penggabungan teknologi komputer dan teknologi mekanik yang sering disebut dengan mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Salah satu contoh mesin CNC yang sekarang ini mudah ditemukan dan sering digunakan adalah mesin bubut CNC.

Mesin bubut sendiri digunakan untuk memotong logam yang berbentuk silindris poros bertingkat biasa maupun yang memiliki alur atau ulir. Adapun beberapa keuntungan penggunaan mesin perkakas CNC yaitu: produktivitas tinggi, ketelitian pengerjaan tinggi, kualitas produk yang seragam dan dapat digabung dengan perangkat lunak tambahan.

Cara kerja dari alat ini yaitu langkah pertama menentukan ukuran benda kerja yaitu kayu, selanjutnya membuat kalimat perintah melalui *software*. Jika program sudah sesuai dengan ukuran benda kerja, maka benda kerja yaitu kayu dipasang pada chuck yang terpasang pada bor tangan. Selanjutnya menghidupkan bor tangan maka putaran dari daya motor ditransmisikan oleh chuck penggerak untuk menggerakkan kayu. Setelah itu menjalankan program yang telah dibuat sehingga pahat dapat berjalan sesuai program yang dibuat.

Mesin cnc bubut kayu bagian dinamis merancang bantalan eretan bawah, bantalan eretan atas, dalam mesin cnc bubut kayu ini daya pada motor yang digunakan adalah 0,2 hp dengan putaran 3000 rpm.. Mur baut yang digunakan untuk menahan bantalan menggunakan ukuran M10x1.25. Bantalan yang digunakan pada eretan bawah adalah jenis bantalan gelinding bola dengan tipe 6200ZZ , dengan faktor keandalan 90% umur bantalan 6,6 tahun dan tipe 608RS untuk eretan atas dengan faktor keandalan 90% umur bantalan 3,2 tahun.

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 Dinamis)” 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. Aris Zainul Muttaqin S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Boy Arief Fachri S.T.,M.T.,Ph.D 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. Ir. Digdo Listyadi, S., M.Sc.. selaku Dosen Penguji I dan Dr. Ir. Fx. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas saran dan kritiknya;
5. Dedi Dwilaksana., 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 Rani dan Ayahanda Purwanto yang telah memberikan segalanya kepada penulis;

8. Kepada ananda Yaning, terima kasih selama tiga tahun ini sudah menemani dengan penuh kesabaran dan penuh kasih sayang, terima kasih sayang;
9. Para sahabat Sri Rahayu (Bebek), Bahtiar Faton A. (Toni), Reza Arianto (Barong), Lutfi Amin (Enceng), M. Rezza Wira (RW), M. Novan Hidayat (Paimen), M. Adly A., Ifan Romadhani (Ponakan), Rizal Yefi E. (Cerobong), Priyo Agung W. (Kuda Nil), Jelang Ikrar M., Sucipto (Mbah), M. Mahrus Ali (Paul Walker KW), Hadi R.A. (Bos), Yusuf Eko P. (Cong), Oktafian N.N. (Lemot), Yudi B.A. (Arab), Bagus A. (Gembel), Yudha A. (Yudha JR), Indra Wisnu W. (Indros), M. Mukhlisin (Muklis), Deni Anggara (Mandor), Bayu Putro (Bay), dan N. A. Hasan (Tukang Pukul) yang telah membantu tenaga dan fikiran dalam pembuatan mesin CNC bubut kayu dengan tenaga motor listrik bagian dinamis;
10. Teman-temanku seperjuangan D3 dan S1 Teknik Mesin 2013 yang selalu memberi support dan saran kepada penulis;
11. 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, 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	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	2
1.4.1 Tujuan	2
1.4.2 Manfaat	2
1.5 Sistemika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kayu	5
2.2 Sifat-sifat Umum Kayu	5
2.3 Komposisi Kimia Kayu	6
2.2.1 Zat-zat makro molekul	6
2.2.2 Zat-zat molekul rendah	7
2.2.3 Kelas Kekuatan Kayu	10
2.4 Mesin CNC Bubut	11

2.4.1 Pengertian mesin bubut CNC	11
2.4.2 Jenis mesin bubut CNC.....	12
2.3.3 Sistem persumbuan mesin bubut CNC	12
2.5 Mesin CNC bubut kayu	13
2.6 Perencanaan Daya	14
2.7 Motor Stepper	15
2.8 Perencanaan Bantalan	17
2.9 Proses Manufaktur	18
2.9.1 Pengukuran	18
2.9.2 Penggoresan	19
2.9.3 Penitik	19
2.9.4 Gergaji Tangan	19
2.9.5 Gerinda	19
2.9.6 Toolset	19
2.10 Proses Permesinan	19
2.10.1 Pengeboran	19
2.10.2 Penggerindaan	20
2.10.3 Pengelasan	20
BAB 3. METODOLOGI	21
3.1 Alat dan Bahan	21
3.1.1 Alat.....	21
3.1.2 Bahan	21
3.2 Waktu dan Tempat	21
3.2.1 Waktu	21
3.2.2 Tempat	22
3.3 Metode Pelaksanaan	22
3.3.1 Pencarian Data	22
3.3.2 Perencanaan dan Perancangan	22
3.3.3 Proses Manufaktur	23
3.3.4 Proses Perakitan	23
3.3.5 Pengujian Alat	23

3.3.6 Penyempurnaan Alat	23
3.3.7 Pembuatan Laporan	23
3.5 Flow Chart	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat	25
4.1.1 Cara Kerja Alat	25
4.2 Analisa Hasil Perancangan dan Perhitungan	26
4.2.1 Perencanaan Daya	26
4.2.2 Perencanaan Bantalan	26
4.3 Pengujian Mesin CNC Bubut Kayu	27
4.3.1 Tujuan Pengujian	27
4.3.2 Perlengkapan Dan Peralatan	27
4.3.3 Prosedur Pengujian	28
4.3.4 Hasil Pengujian Mesin CNC Bubut Kayu	28
BAB 5. PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
A. LAMPIRAN PERHITUNGAN	
B. LAMPIRAN TABEL	
C. LAMPIRAN GAMBAR	

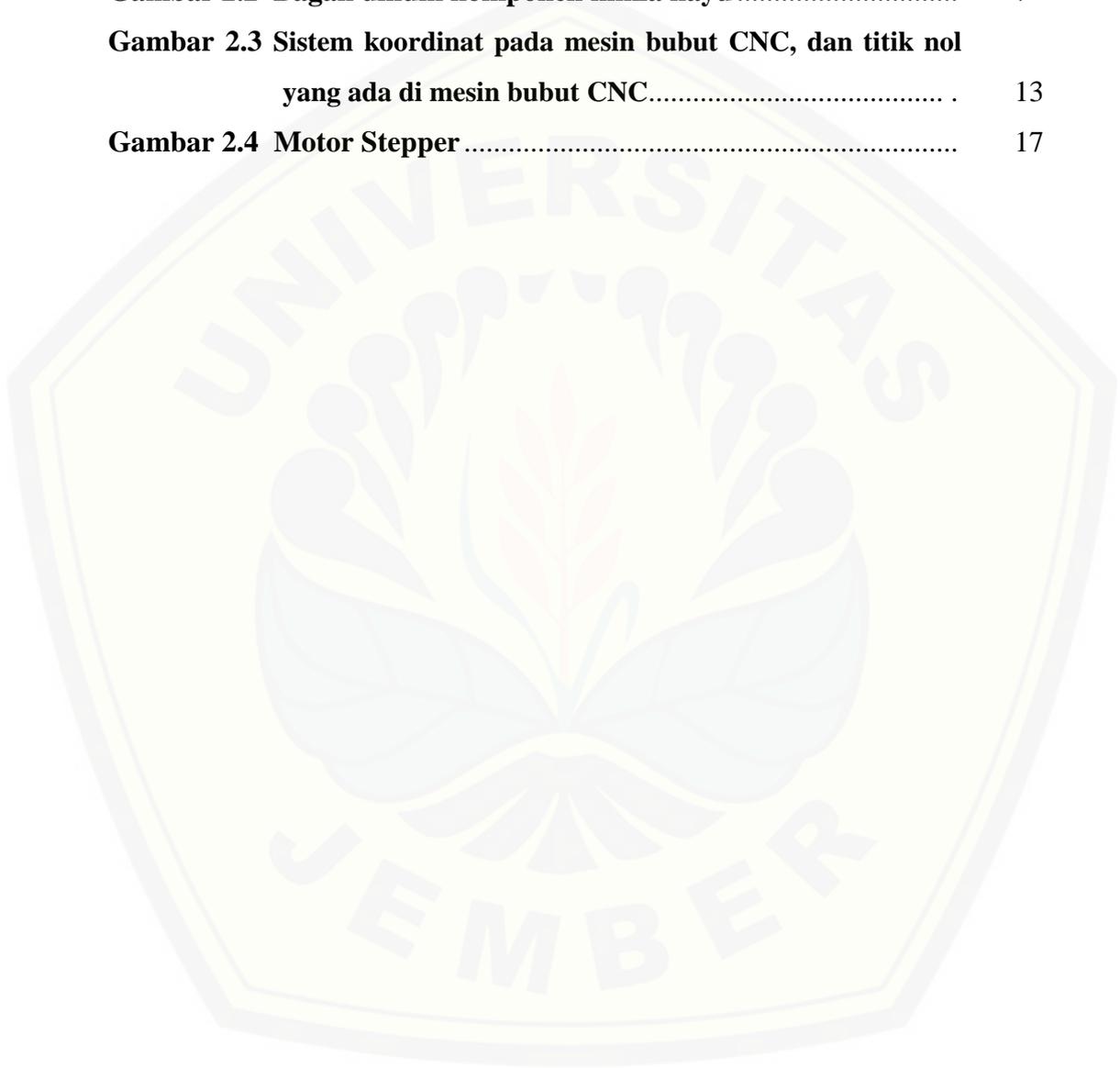
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas Kekuatan Kayu 10



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kayu	6
Gambar 2.2 Bagan umum komponen kimia kayu	7
Gambar 2.3 Sistem koordinat pada mesin bubut CNC, dan titik nol yang ada di mesin bubut CNC	13
Gambar 2.4 Motor Stepper	17



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. (Darsin Mahros, 2003)

Pada pembentukan furniture-furniture 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 tanpa 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.

Mesin bubut CNC yang sudah ada mayoritas membubut berbagai macam bentuk benda kerja tetapi hanya diperuntukkan pada bahan logam.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memperbaiki mutu dari pembentukan furniture-furniture 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 meluasnya 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 daya.
 - Perencanaan bantalan
 - Perencanaan eretan pada mesin CNC bubut kayu
- b. Asumsi-asumsi dalam perhitungan terkadang dimasukkan agar permasalahan dapat dipecahkan dengan asumsi yang bisa dipertanggung jawabkan.
- c. Tidak membahas dan merencanakan program dan *software* yang digunakan serta yang berkaitan dengan hal tersebut.

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 tanpa campur tangan manusia.
- b. Merancang dan membuat kerangka mesin CNC bubut kayu agar mampu menahan beban dari seluruh 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 Mesin Universitas Negeri 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 Mesin Universitas Negeri Jember kepada institusi pendidikan lain.
 - 2) Sebagai bahan kajian kuliah di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jember dalam mata kuliah bidang teknik mesin.
- c. Bagi Masyarakat
- 1) Diharapkan dengan adanya mesin CNC bubut kayu ini dapat membantu peningkatan proses produksi pada industri *furniture-furniture* kayu khususnya pembubutan pada aksesoris meja, kursi dan lain sebagainya.

1.5 Sistemika 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, perencanaan daya motor bor tangan, proses perencanaan bantalan sesuai yang akan di terapkan pada alat yang dirancang.

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 dinamis 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.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kayu

Kayu adalah bagian batang atau cabang serta ranting tumbuhan yang mengeras karena mengalami lignifikasi (pengayuan). Kayu digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari memasak, membuat perabot (meja, kursi), bahan bangunan (pintu, jendela, rangka atap), bahan kertas, dan banyak lagi. Kayu juga dapat dimanfaatkan sebagai hiasan-hiasan rumah tangga dan sebagainya. Penyebab terbentuknya kayu adalah akibat akumulasi selulosa dan lignin pada dinding sel berbagai jaringan di batang. Ilmu kayu (*wood science*) mempelajari berbagai aspek mengenai klasifikasi kayu serta sifat-sifat kimia, fisika, dan mekanika kayu dalam berbagai kondisi penanganan. Beberapa jenis kayu dipilih karena bersifat kedap air, isolator, dan mudah dibentuk.

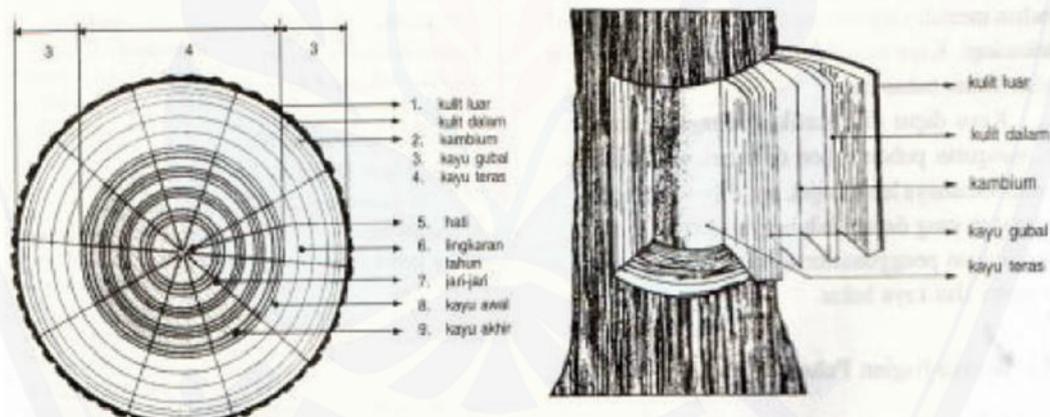
Kayu merupakan hasil hutan dari sumber kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu memiliki beberapa sifat sekaligus, yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain. Pengetian kayu disini ialah sesuatu bahan, yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian-bagian mana yang lebih banyak dapat dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan. Baik berbentuk kayu pertukangan, kayu industri maupun kayu bakar.

2.2 Sifat-sifat umum kayu

Kayu yang berasal dari berbagai jenis pohon memiliki sifat yang berbeda-beda. Bahkan kayu berasal dari satu pohon memiliki sifat agak berbeda, jika dibandingkan bagian ujung dan pangkalnya. Disamping sekian banyak sifat-sifat kayu yang berbeda satu sama lain, ada beberapa sifat yang umum terdapat pada semua kayu yaitu :

- a. Semua batang pohon mempunyai pengaturan vektirikal dan sifat simetri radial.

- b. 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).
- c. 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.
- d. Bersifat *higroskopik*, yaitu dapat kehilangan atau bertambah kelembabannya akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekitarnya.
- e. Kayu dapat diserang makhluk hidup perusak kayu, dapat juga terbakar terutama jika kayu dalam keadaan kering. (Dumanauw, J. F., 1990).

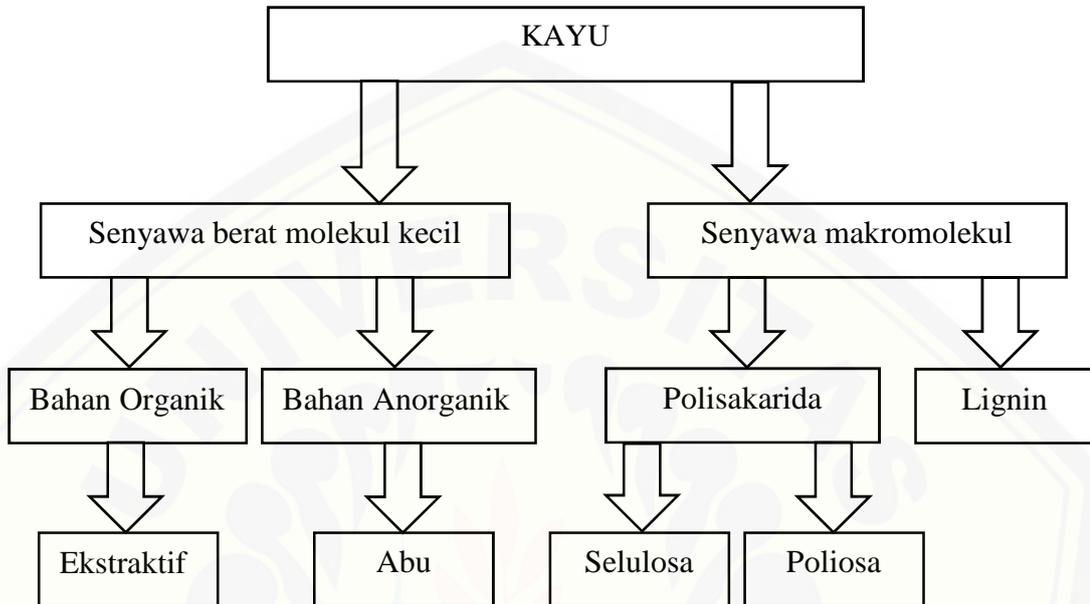


Gambar 2.1 Kayu (Dumanauw, J. F., 1990)

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 (Fengel, D. dan G. Wegener, 1985)

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 - 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 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)

2.3.3 Kelas Kekuatan Kayu

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

Tabel 2.1 Kelas Kekuatan Kayu

Kelas Kayu	Berat Jenis	Klm (kg/cm ²)	Ktm (kg/cm ²)
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

(Sumber: PKKI,1979)

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.

Berikut adalah beberapa contoh kayu berdasarkan tingkat keawetan dan kekuatan.

a. Kayu Jati (*Tectona Grandis*)

Kayu jati mempunyai tingkat kekuatan II. Mempunyai berat jenis 0,67 g/cm³. Di Indonesia banyak terdapat di pulau jawa, khususnya didaerah Rembang, madiun, dan Kediri. Warna awal dari kayu jati adalah sawo kelabu dan apabila telah lama terkena sinar matahari menjadi warna sawo matang.

b. Kempas (*Koompasia Malaccessis Maing*)

Kayu Kempas mempunyai tingkat kekuatan I. Mempunyai berat jenis antara 0,68–1,29 g/cm³.

c. Kamfer

Kayu Kamfer mempunyai tingkat kekuatan II. Mempunyai berat jenis 0,7–0,9 g/cm³. Banyak terdapat didaerah Sumatera dan sedikit di Kalimantan. Mempunyai warna sawo merah.

Kayu kamfer tidak tahan terhadap serangan rayap, akan tetapi agak tahan terhadap bubuk, oleh karena itu kayu ini tidak baik digunakan untuk konstruksi bangunan yang tidak terlindungi. Kelebihan dari kayu kamfer ini adalah mudah dikerjakan selain itu mengembang dan menyusutnya kecil.

d. Rengas (Gluta Renghas L)

Kayu Rengas mempunyai tingkat kekuatan II. Mempunyai berat jenis 0,59–0,84 g/cm³. Banyak terdapat di daerah Kalimantan Tengah.

e. Mindi (Melia Azedarach L.)

Kayu mindi mempunyai tingkat kekuatan II–III. Mempunyai berat jenis 0,42–0,65 g/cm³. Banyak terdapat dipulau jawa.

f. Suren

Kayu Suren mempunyai tingkat kekuatan III. Mempunyai berat jenis 0,4–0,7 g/cm³. Kayu jenis ini dapat tumbuh di seluruh daerah di Indonesia. Oleh karena itu kayu jenis ini hanya dipakai untuk bekisting dan kadang–kadang untuk bangunan sementara.

g. Jelutung (Dyera Spec Div.)

Kayu jelutung mempunyai tingkat kekuatan III–V. Mempunyai berat jenis 0,42–0,91 g/cm³. Kayu jenis ini banyajk terdapat di pulau Jawa.

2.4 Mesin CNC Bubut

2.4.1 Pengertian mesin bubut CNC

Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang amat pesat. Dalam hal ini komputer telah diaplikasikan ke dalam alat-alat mesin perkakas di antaranya mesin bubut, mesin frais, mesin gerinda, mesin bor, mesin potong dan lain-lain. Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi

mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan CNC (*Computer Numerically Controlled*). Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setara dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), *fleksibilitas*, dan kapasitas produksi. Sehingga, di era modern seperti saat ini banyak industri-industri mulai meninggalkan mesin-mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin-mesin perkakas CNC.

Secara garis besar pengertian mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf). Sebagai contoh apabila pada layar monitor mesin kita tulis M03, spindel utama mesin akan berputar berlawanan jarum jam dan apabila kita tulis M30, spindel utama mesin akan berhenti berputar. (Sumber : Lilih.2000:23)

2.4.2 Jenis mesin bubut CNC

Pada dasarnya desain atau tipe suatu mesin bubut CNC dibuat sesuai dengan kebutuhan. Sesuai dengan kebutuhannya mesin Bubut CNC dibagi menjadi 3, yaitu:

- a. Mesin bubut CNC kecil
- b. Mesin bubut CNC sedang / menengah
- c. Mesin bubut CNC besar

Ketiga mesin tersebut mempunyai prinsip kerja yang sama, akan tetapi yang membedakan ketiga jenis mesin tersebut adalah penggunaannya di lapangan. Mesin bubut CNC kecil dipergunakan untuk pelatihan dasar pemrograman dan pengoperasian mesin bubut CNC disekolah-sekolah. Mesin bubut CNC kecil hanya mampu dipergunakan untuk pekerjaan dengan benda kerja yang berukuran kecil dan benda kerja yang dikerjakannya pun relatif lunak seperti aluminium. Mesin bubut CNC sedang dan besar banyak kita jumpai di perusahaan-perusahaan. Hal tersebut disesuaikan dengan tuntutan konsumen yang menghendaki kualitas benda kerja yang presisi, berkualitas sama baiknya, dalam waktu singkat dan dalam jumlah yang banyak, akan lebih mudah dikerjakan

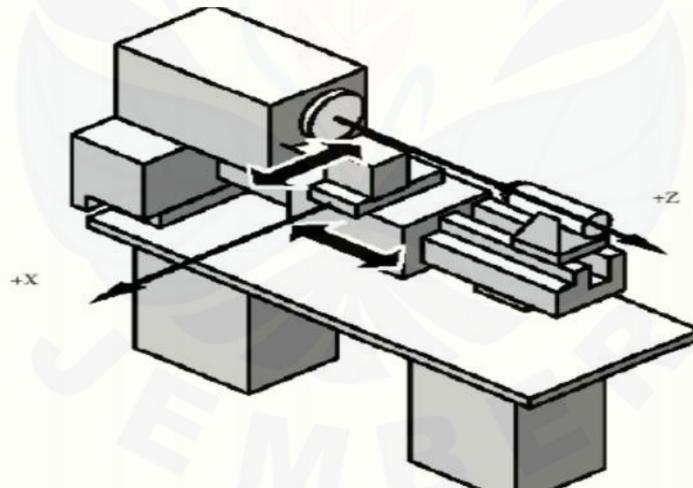
dengan mesin bubut CNC (Computer Numerlally Controlled) yaitu mesin yang dapat berkerja melalui pemograman yang dilakukan dan dikendalikan melalui komputer. (Wirawan Sumbodo, 2008 :404)

2.4.3 Sistem persumbuan mesin bubut CNC

Mesin bubut CNC mempunyai prinsip gerakan dasar seperti halnya mesin bubut konvensional yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Z. Prinsip kerja mesin bubut CNC juga sama dengan mesin bubut konvensional yaitu benda kerja yang dipasang pada cekam bergerak sedangkan alat potong diam. Untuk arah gerakan pada mesin bubut diberi lambang sebagai berikut :

- a. Sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
- b. Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar.

Untuk memperjelas fungsi sumbu-sumbu mesin bubut CNC dapat dilihat pada gambar ilustrasi di bawah ini.



Gambar 2.3 Sistem koordinat pada mesin bubut CNC, dan titik nol yang ada di mesin bubut CNC (Siemens,2003 ; MTS.,1999)

2.5 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 bor 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 ke arah 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.

2.6 Perencanaan Daya

Daya yang diperlukan untuk memakan benda kerja kayu, dimana besarnya tergantung kapasitas mesin. Dalam proses pengukiran ini menggunakan mesin router kayu. Daya yang direncanakan dihitung menurut persamaan– persamaan berikut :

a. Gaya pada pahat (Sularso, MSME. Kiyokatsu Suga. 2002)

$$= F/A \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

= Kekuatan kayu (N/m²)

F = Gaya (N)

A = Luas alas/penampang (m²)

b. Torsi yang diperlukan (Sularso,2002) :

$$T = F \cdot r \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

T = Torsi (Kg.mm)

F = Gaya yang terjadi (Kg)

r = Jari– jari dudukan pisau (mm)

- c. Daya yang diperlukan untuk menghancurkan gypsum (Sularso,2002) :

$$P = \frac{T}{1000} \left(2\pi \frac{n}{60} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

P = Daya input (kW)

T = Torsi (Kg.mm)

n_2 = Putaran Poros (rpm)

- d. Untuk menjaga keamanan daya dikalikan faktor koreksi (f_c) sehingga di dapat daya rencana (Sularso,2002) :

$$P_d = f_c \cdot P \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

P_d = Daya Rencana (kW)

P = Daya (kW)

f_c = Faktor koreksi daya yang ditransmisikan

1,2 – 2,0 : Untuk daya rata– rata yang diperlukan

0,8 – 1,2 : Daya maksimum yang diperlukan

1,0 – 1,5 : Daya yang di transmisikan

2.7 Motor Stepper

Motor stepper adalah motor yang digunakan sebagai penggerak/pemutar. 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. Motor stepper dinyatakan dengan spesifikasi : “berapa phasa “, “berapa derajat perstep”, “berapa volt tegangan catu untuk tiap lilitan” dan ”berapa ampere/miliampere arus yang dibutuhkan untuk tiap lilitan”. Motor stepper tidak dapat bergerak

sendirinya, tetapi bergerak secara per-step sesuai dengan spesifikasinya, dan bergerak dari satu step ke step berikutnya memerlukan waktu, serta menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah. Motor stepper juga memiliki karakteristik yang lain yaitu torsi penahan, yang memungkinkan menahan posisinya. Hal ini sangat berguna untuk aplikasi dimana suatu sistem memerlukan keadaan start dan stop (Trianto, 2005).

Motor stepper tidak merespon sinyal *clock* dan mempunyai beberapa lilitan dimana lilitan-lilitan tersebut harus dicatu (tegangan) dahulu dengan suatu urutan tertentu agar dapat berotasi. Membalik urutan pemberian tegangan tersebut akan menyebabkan putaran motor stepper yang berbalik arah. Jika sinyal kontrol tidak terkirim sesuai dengan perintah maka motor stepper tidak akan berputar secara tepat, mungkin hanya akan bergetar dan tidak bergerak. Untuk mengontrol motor stepper digunakan suatu rangkaian driver yang menangani kebutuhan arus dan tegangan (Trianto, 2005).

Karakteristik dari motor stepper menurut Trianto adalah sebagai berikut:

a. Tegangan

Tiap motor stepper mempunyai tegangan rata-rata yang tertulis pada tiap unitnya atau tercantum pada datasheet masing-masing motor stepper. Tegangan rata-rata ini harus diperhatikan dengan seksama karena bila melebihi dari tegangan rata-rata ini akan menimbulkan panas yang menyebabkan kinerja putarannya tidak maksimal atau bahkan motor stepper akan rusak dengan sendirinya.

b. Resistansi

Resistansi per lilitan adalah karakteristik yang lain dari motor stepper. Resistansi ini akan menentukan arus yang mengalir, selain itu juga akan mempengaruhi torsi dan kecepatan maksimum dan motor stepper.

c. Derajat per step

Derajat per step adalah faktor terpenting dalam pemilihan motor stepper sesuai dengan aplikasinya. Tiap-tiap motor stepper mempunyai spesifikasi

masing-masing, antara lain: 0.72° per step, 1.8° per step, 3.6° per step, 7.5° per step, 15° per step, dan bahkan ada yang 90° per step.

Dalam pengoperasiannya kita dapat menggunakan 2 prinsip yaitu full step atau half step. Dengan full step berarti motor stepper berputar sesuai dengan spesifikasi derajat per stepnya, sedangkan half step berarti motor stepper berputar.

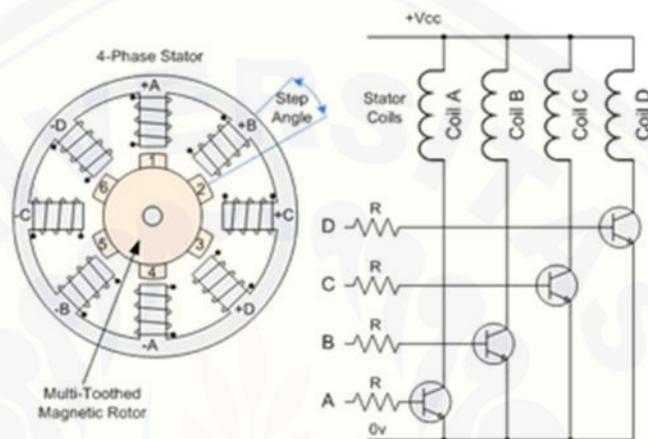


Figure 1: Variable Reluctance

Gambar 2.4 Motor Stepper (V.V Athani, 2005)

2.8 Perencanaan Bantalan

Bantalan digunakan untuk menumpu poros berbeban. Penggunaan bantalan disesuaikan dengan beban yang bekerja pada poros tersebut, sehingga poros dapat bekerja dengan baik dan permukaan bantalan tahan lama.

Bantalan yang akan digunakan pada mesin cnc bubut kayu ini adalah bantalan radial. Jenis bantalan dan ukuran bantalan dapat diketahui dengan persamaan berikut:

- Beban ekivalen dinamis

Beban ekivalen dinamis adalah suatu beban yang besarnya sedemikian rupa sehingga memberikan umur yang sama dengan umur yang diberikan oleh beban dan kondisi putaran sebenarnya (Sularso, 2002)

$$P_r = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_r \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

P_r : Beban ekivalen dinamis (kg)

- X : Faktor beban radial
 V : Faktor putaran
 F_r : Beban radial (kg)
 Y : Faktor beban radial
 F_a : Beban aksial (kg)

b. Faktor kecepatan putaran bantalan (Sularso, 2002) :

$$f_n = \left[\frac{33,3}{n} \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(2.6)$$

c. Faktor umur bantalan (Sularso, 2002)

$$F_h = f_n \frac{C}{P} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

f_n = Faktor umur

f_n = Faktor kecepatan putaran bantalan

C = Beban normal spesifik (kg)

P = Beban ekivalen (kg)

d. Umur nominal (Sularso, 2002) :

$$L_h = 500 f_h^3 \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

L_h = Faktor nominal (jam)

f_h = Faktor umur

e. Faktor keandalan umur bantalan (Sularso, 2002)

$$L_n = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

L_n = Faktor keandalan umur bantalan

a_1 = Faktor keandalan

a_2 = Faktor bahan

a_3 = Faktor kerja

2.9 Proses Manufaktur

Dalam proses perancangan, 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 Toolset

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

Pengeboran adalah proses pemotongan yang menggunakan mata bor untuk memotong atau memperbesar lubang lingkaran penampang bahan padat. *The bor* adalah alat pemotong *rotary*, sering multipoint. *Bit* ditekan terhadap benda kerja dan diputar pada tingkat dari ratusan hingga ribuan putaran per menit. Hal ini akan memaksa ujung tombak terhadap benda kerja, memotong *chip (swarf)* dari lubang seperti yang dibor. Juga suatu proses pengerjaan pemotongan menggunakan mata bor (*twist drill*) untuk menghasilkan lubang yang bulat pada material logam maupun non logam yang masih pejal atau material yang sudah berlubang.

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.

2.10.3 Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu.

Proses pengelasan berkaitan dengan lempengan baja yang dibuat dari kristal besi dan karbon sesuai struktur mikronya, dengan bentuk dan arah tertentu. Lalu sebagian dari lempengan logam tersebut dipanaskan hingga meleleh. Proses pengelasan tidak sama dengan menyolder di mana untuk antara solder keras dan lunak adalah pada suhu kerjanya di mana batas kedua proses tersebut ialah pada suhu 450 derajat Celcius. Pada pengelasan, suhu yang digunakan jauh lebih tinggi, antara 1500 hingga 1600 derajat Celcius.

BAB 3. METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

- | | | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|
| 1. Mesin gerinda | 11. Penggores | 21. Spidol |
| 2. Mesin gerinda potong | 12. Sarung tangan | 22. Kunci ring 1 set |
| 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 35x35x2mm | 9. Elektroda |
| 2. Besi siku 40x40x3mm | 10. Poros ulir baja |
| 3. Plat besi | 11. PCB |
| 4. Pelat besi tebal 5 mm | 12. Kabel |
| 5. Pahat mesin bubut | 13. Timah |
| 6. Bor tangan | |
| 7. Bantalan | |
| 8. Mur dan baut | |

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 Pelaksanaan

3.3.1 Pencarian Data

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

3.3.2 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.

3.3.3 Proses Manufaktur

Proses ini merupakan proses pembuatan mesin 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 bagian dinamis adalah:

- a. Pembuatan eretan dengan bahan plat besi dengan dimensi 17x25 mm dengan ketebalan 5 mm;

- b. Penyambungan plat dengan menggunakan mesin las;
- c. Pemotongan besi kotak dengan dimensi 3x3 mm dengan ketebalan 2 mm
- d. Penyambungan besi kotak dengan eretan menggunakan baut

3.3.4 Proses Perakitan

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

- a. Memasang motor;
- b. Memasang motor stepper;
- c. Memasang eretan;
- d. Mengatur jarak bantalan pada eretan;
- e. Memasang *tailstock*.

3.3.5 Pengujian Alat

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

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

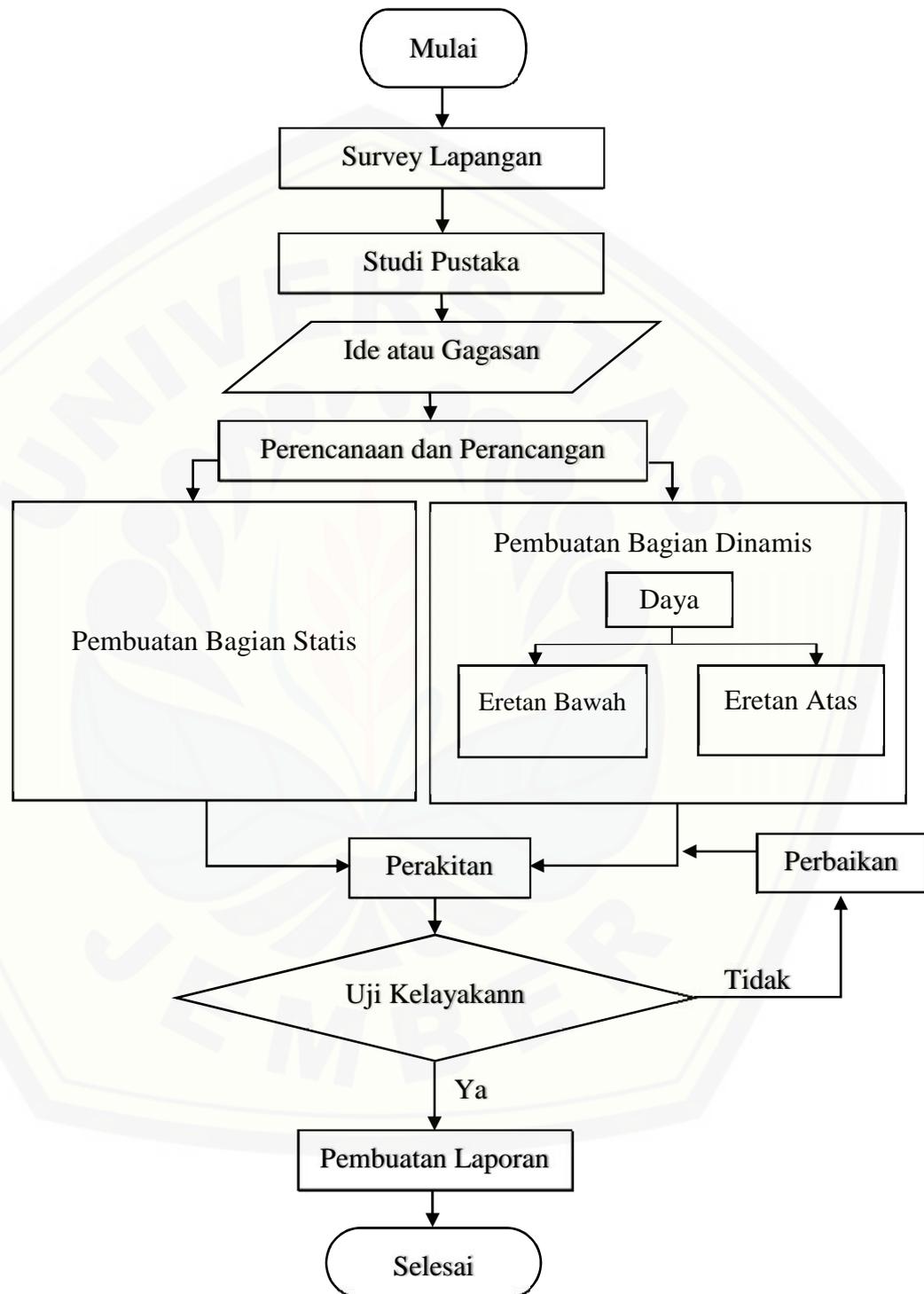
3.3.6 Penyempurnaan Alat

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

3.3.7 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



Gambar 3.1 Flow Chart

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian mesin pengiris ketela pohon, maka dapat disimpulkan:

1. Daya yang diperlukan untuk pemakanan kayu adalah 0,16 KW
2. Bor tangan listrik sebagai penggerak utama mesin CNC bubut kayu dengan berat 1.2 kg.
3. Bantalan yang digunakan untuk menumpu eretan atas adalah nomor 608RS dengan diameter dalam 8 mm, diameter luar 22 mm, dengan ketebalan 7 mm.
4. Bantalan yang digunakan untuk menumpu eretan atas adalah nomor 6200ZZ dengan diameter dalam 10 mm, diameter luar 30 mm, dengan ketebalan 9 mm

4.2 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 diberi pelumas pada bagian eretan agar tidak berkarat.
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. Setelah selesai menggunakan mesin CNC bubut kayu ini sebaiknya sisa butiran-butiran kayu dibersihkan, agar butiran tersebut tidak melekat pada poros ulir

DAFTAR PUSTAKA

Darmanto, Joko 2004. *“Memahami Dasar-Dasar Mesin (CNC)”* Solo : CV Haka MJ.

Deni, Andriyanto 2011. *Rancang Bangun Mesin Bubut Kayu Duplikat.(Bagian Dinamis)* Jember: Universitas Jember.

Dumanauw, J.F. 1990. *“Mengenal Kayu”*. Yogyakarta : Kanisius.

D. Panjaitan, Sisjono, dan Sugihartono, 1987, *“Mesin Bubut CNC”*. Bandung: Proyek PPPGT

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

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

Sularso, MSME. Kiyokatsu Suga. 2002. *“Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin.* Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Darsin, Mahros. Muttaqin, Aris Zainul, 2003. *Rancang Bangun Mesin Bubut CNC dari Mesin Bubut Konvensional.* Lemlit Jember: Universitas Jember.

Fengel, D. dan G. Wegener, 1985 *Chemisry, Ultrastructure, Reactions.* Berlin/New York: Walter de Gruyter 1984.

(PKKI) buku Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia tahun 1979

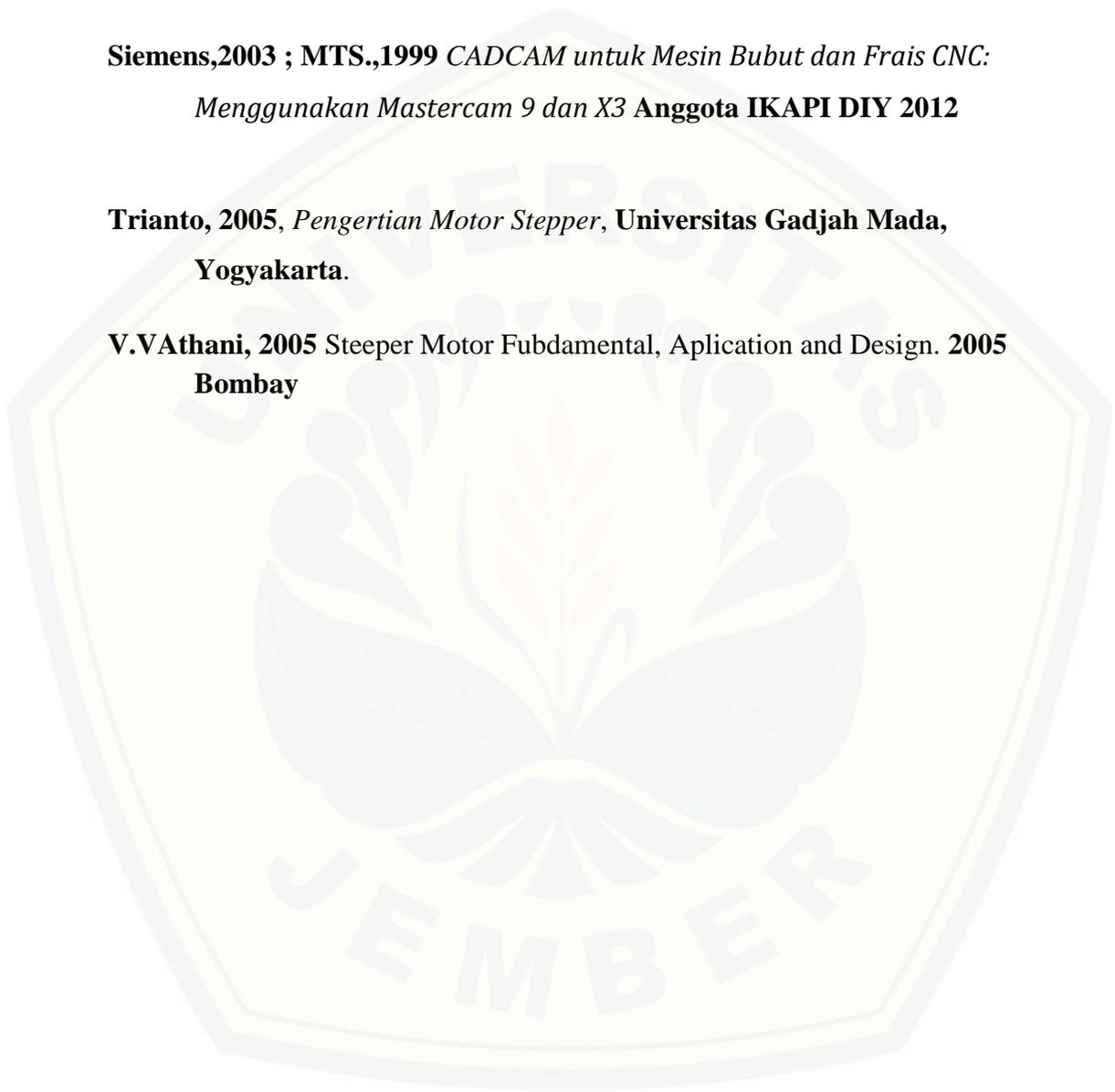
Lilih.2000:23 Mesin bubut CNC, Jakarta tahun 2000

Wirawan Sumbodo, 2008 :404 *Teknik Produksi Mesin Industri Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2008*

Siemens,2003 ; MTS.,1999 *CAD/CAM untuk Mesin Bubut dan Frais CNC: Menggunakan Mastercam 9 dan X3 Anggota IKAPI DIY 2012*

Trianto, 2005, Pengertian Motor Stepper, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

V.VAthani, 2005 *Stepper Motor Fundamental, Application and Design. 2005 Bombay*



LAMPIRAN A. PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

A.1 Perencanaan Daya

- a. Luas Penampang Pahat

Diketahui : Panjang (p) pahat = 100 mm

: Lebar (l) pahat = 10 mm

$$\begin{aligned} A &= (p \times l) \\ &= 100 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 1000 \text{ mm}^2 \\ &= 1000 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Gaya Potong Pahat dengan kemiringan $\pm 10^\circ$

$$N = F \cdot \cos 10^\circ$$

$$N = 10.8 \times 0,98$$

$$N = 10.584 \text{ kg/mm}^2$$

- c. Torsi yang diperlukan

$$T = N \cdot r$$

$$= 10.584 \times 5$$

$$= 52.92 \text{ kg.mm}$$

- d. Daya yang diperlukan

$$\begin{aligned} P &= \frac{T}{1000} \left(\frac{2\pi n}{60} \right) \\ &= \frac{52.92}{1000} \left(\frac{2 \times 3,14 \times 3000}{60} \right) \\ &= 0.16 \text{ KW} \end{aligned}$$

- e. Daya Rencana

$$P_d = f_c \times P$$

$$= 1,2 \times 0,16$$

$$= 0,192 \text{ KW}$$

$$= 19.2 \text{ W}$$

A.2 Perencanaan Elemen Mesin

A.2.1 Perencanaan Bantalan Eretan Bawah

a. Jenis Bantalan

Jenis bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding bola dalam keadaan terpasang, dengan tipe 6200ZZ dengan spesifikasi:

- $d = 10 \text{ mm}$ - $r = 1 \text{ mm}$
- $D = 30 \text{ mm}$ - $C = 400 \text{ kg}$
- $B = 9 \text{ mm}$ - $C_0 = 236 \text{ kg}$

b. Beban Radial

Beban radial $F_r = 5,5 \text{ kg}$

c. Beban Aksial

Dikarenakan tidak terjadi beban aksial, maka besar $F_a = 0$

d. Bantalan yang digunakan adalah bantalan radial maka beban ekuivalen bantalan :

Besarnya faktor – faktor X, V dan Y (sularso, 2002)

$$X = 0,56 \text{ untuk } Fa/V.F_r \quad e$$

$$V = 1 \text{ (beban putar pada cicin luar)}$$

$$Y = 0 \text{ untuk } Fa/V.F_r \quad e$$

$$P = X.V.F_r + Y.Fa$$

$$P = 0,56 \times 1 \times 5,5 + 0$$

$$P = 3,08 \text{ kg}$$

e. Faktor kecepatan putaran bantalan (F_n)

$$F_n = \left[\frac{33,3}{n_2} \right]^{1/3}$$

$$F_n = \left[\frac{33,3}{600} \right]^{1/3}$$

$$F_n = 0,381 \text{ rpm}$$

f. Umur bantalan

- Faktor umur (F_h)

$$F_h = F_n \frac{C}{P}$$

$$F_h = 0,381 \frac{400}{3.08}$$

$$F_h = 49$$

- Umur nominal bantalan (L_h)

$$L_h = 500. F_h^3$$

$$L_h = 500 \times 49^3$$

$$L_h = 58.824 \text{ Jam}$$

- Faktor keandalan umur bantalan (L_n)

$$a_1 = 1 \text{ (faktor keandalan 90\%)}$$

$$a_2 = 1 \text{ (dicairkan secara terbuka)}$$

$$a_3 = 1 \text{ (karena tidak adanya kondisi tertentu yang tidak menguntungkan umur bantalan)}$$

$$L_n = a_1. a_2. a_3. L_h$$

$$= 1 \times 1 \times 1 \times 58.824$$

$$= 58.824 \text{ jam}$$

$$= 6.6 \text{ tahun}$$

A.2.2 Perencanaan Bantalan Eretan Atas

a. Jenis Bantalan

Jenis bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding bola dalam keadaan terpasang, dengan tipe 608RS dengan spesifikasi:

- d = 8 mm - r = 0.3 mm
- D = 22 mm - C = 3500 kg
- B = 7 mm - C₀ = 1370 kg

b. Beban Radial

$$\text{Beban radial } F_r = 1.2 + 29.4 = 30.6 \text{ kg}$$

g. Beban Aksial

Dikarenakan tidak terjadi beban aksial, maka besar $F_a = 0$

h. Bantalan yang digunakan adalah bantalan radial maka beban ekuivalen bantalan :

Besarnya faktor – faktor X, V dan Y (sularso, 2002)

$$X = 0,56 \text{ untuk } Fa/V.F_r \cdot e$$

$$V = 1 \text{ (beban putar pada cicin luar)}$$

$$Y = 0 \text{ untuk } Fa/V.F_r \cdot e$$

$$P = X.V.F_r + Y.Fa$$

$$P = 0,56 \times 1 \times 30.6 + 0$$

$$P = 17.136 \text{ kg}$$

i. Faktor kecepatan putaran bantalan (F_n)

$$F_n = \left[\frac{33,3}{n^2} \right]^{1/3}$$

$$F_n = \left[\frac{33,3}{600} \right]^{1/3}$$

$$F_n = 0.381 \text{ rpm}$$

j. Umur bantalan

- Faktor umur (F_h)

$$F_h = F_n \frac{C}{P}$$

$$F_h = 0,381 \frac{3500}{17.136}$$

$$F_h = 77$$

- Umur nominal bantalan (L_h)

$$L_h = 500 \cdot F_h^3$$

$$L_h = 500 \times 77^3$$

$$L_h = 228.266 \text{ Jam}$$

- Faktor keandalan umur bantalan (L_n)

$$a_1 = 1 \text{ (faktor keandalan 90\%)}$$

$$a_2 = 1 \text{ (dicairkan secara terbuka)}$$

$$a_3 = 1 \text{ (karena tidak adanya kondisi tertentu yang tidak menguntungkan umur bantalan)}$$

$$L_n = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h$$

= $1 \times 1 \times 1 \times 228.266$

= 228.266 jam

= 3.2 tahun



LAMPIRAN B DAFTAR TABEL

Tabel B.1 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, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 2003

Tabel B.2 Faktor – faktor V, X, Y , dan X_o, Y_o

Jenis bantalan		Beban putar pada cincin dalam	Beban putar pada cincin luar	Baris Tunggal		Baris ganda				e		Baris Tunggal		Baris Ganda	
				$F_a/VF_r > e$		$F_a/VF_r \leq e$						X_o	Y_o	X_o	Y_o
				X	Y	X	Y	X	Y	X	Y				
Bantalan bola alur dalam	$F_a/C_o = 0,014$	1	1,2	0,56	2,30	1	0	0,56	2,30	0,19	0,6	0,5	0,6	0,5	
	$= 0,028$				1,99				1,90	0,22					
	$= 0,056$				1,71				1,71	0,26					
	$= 0,084$				1,55				1,55	0,28					
	$= 0,11$				1,45				1,45	0,30					
	$= 0,17$				1,31				1,31	0,34					
	$= 0,28$				1,15				1,15	0,38					
$= 0,42$	1,04	1,04	0,42												
$= 0,56$	1,00	1,00	0,44												
Bantalan bola sudut	$= 20^\circ$	1	1,2	0,35	0,43	1	0,55	0,70	1,63	0,57	0,5	0,33	1	0,84	
	$= 25^\circ$				1,00			0,92	0,67	1,41				0,68	0,76
	$= 30^\circ$				0,87			0,78	0,63	1,24				0,80	0,66
	$= 35^\circ$				0,76			0,66	0,60	1,07				0,95	0,58
	$= 40^\circ$				0,66			0,60	0,60	1,07				0,95	0,58
					0,57			0,55	0,57	0,93				1,14	0,52

Sumber : Sularso, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 2003

Untuk bantalan baris tunggal, bila $F_a/VF_r \leq e, X = 1, Y = 0$

Nomor Bantalan	Ukuran luar (mm)	Kapasitas nominal
----------------	------------------	-------------------

Tabel B.3 Spesifikasi Bantalan Bola

Jenis Terbuka	Dua sekat	Dua sekat tanpa kontak	d	D	B	r	Dinamis spesifik C (kg)	Statis spesifik Co (kg)
6000			10	26	8	0,5	360	196
6001	6001ZZ	6001VV	12	28	8	0,5	400	229
6002	02ZZ	02VV	15	32	9	0,5	440	263
6003	6003ZZ	6003VV	17	35	10	0,5	470	296
6004	04ZZ	04VV	20	42	12	1	735	465
6005	05ZZ	05VV	25	47	12	1	790	530
6006	6006ZZ	6006VV	30	55	13	1,5	1030	740
6007	07ZZ	07VV	35	62	14	1,5	1250	915
6008	08ZZ	08VV	40	68	15	1,5	1310	1010
6009	6009ZZ	6009VV	45	75	16	1,5	1640	1320
6010	10ZZ	10VV	50	80	16	1,5	1710	1430
608	608ZZ	608VV	8	22	7	0,3	3500	1370
6200	6200ZZ	6200VV	10	30	9	1	400	236
6201	01ZZ	01VV	12	32	10	1	535	305
6202	02ZZ	02VV	15	35	11	1	600	360
6203	6203ZZ	6203VV	17	40	12	1	750	460
6204	04ZZ	04VV	20	47	14	1,5	1000	635
6205	05ZZ	05VV	25	52	15	1,5	1100	730
6206	6206ZZ	6206VV	30	62	16	1,5	1530	1050
6207	07ZZ	07VV	35	72	17	2	2010	1430
6208	08ZZ	08VV	40	80	18	2	2380	1650
6209	6209ZZ	6209VV	45	85	19	2	2570	1880
6210	10ZZ	10VV	50	90	20	2	2750	2100

6300	6300ZZ	6300VV	10	35	11	1	635	365
6301	01ZZ	01VV	12	37	12	1,5	760	450
6302	02ZZ	02VV	15	42	13	1,5	895	545
6303	6303ZZ	6303VV	17	47	14	1,5	1070	660
6304	04ZZ	04VV	20	50	15	2	125	785
6305	05ZZ	05VV	25	62	17	2	1610	1080
6306	6306ZZ	6306VV	30	72	19	2	2090	1440
6307	07ZZ	07VV	35	80	20	2,5	2620	1840
6308	08ZZ	08VV	40	90	23	2,5	3200	2300
6309	6309ZZ	6309VV	45	100	25	2,5	4150	3100
6310	10ZZ	10VV	50	110	27	3	4850	3650

Sumber : Sularso, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 2003

Tabel B.4 Harga Faktor Keandalan

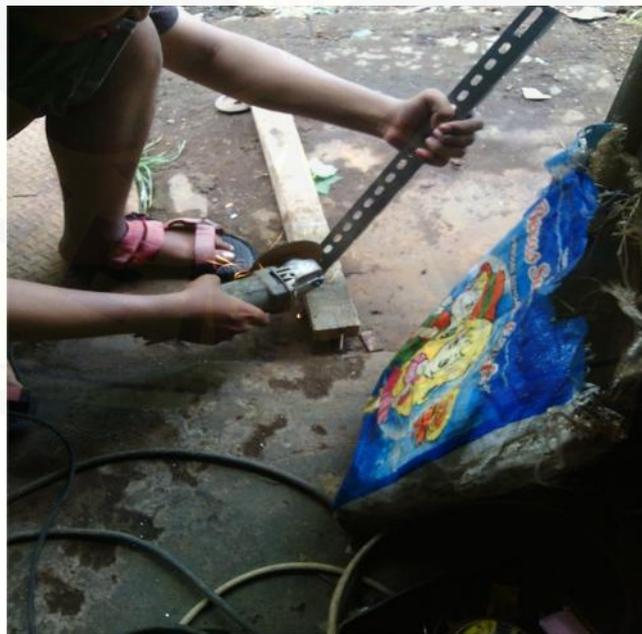
Faktor keandalan (%)	L_n	a_l
90	L_{10}	1
95	L_5	0,62
96	L_4	0,53
97	L_3	0,44
98	L_2	0,33
99	L_1	0,21

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

LAMPIRAN C DAFTAR GAMBAR



Proses Pengukuran



Proses Pemotongan Bahan



Proses Pengelasan Rangka



Pemasangan Rel Eretan Bawah



Pemasangan Eretan Bawah



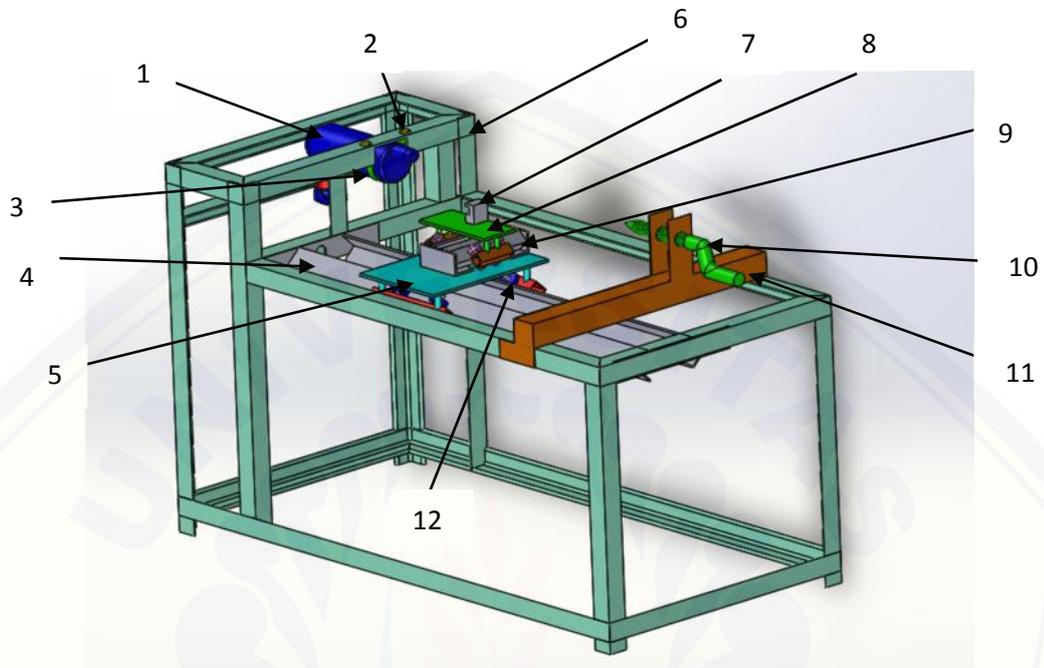
Pengelasan Eretan Atas



Pemasangan Bor Tangan

SOP (Standart Operating Procedures)

Mesin CNC Bubut Kayu



Keterangan :

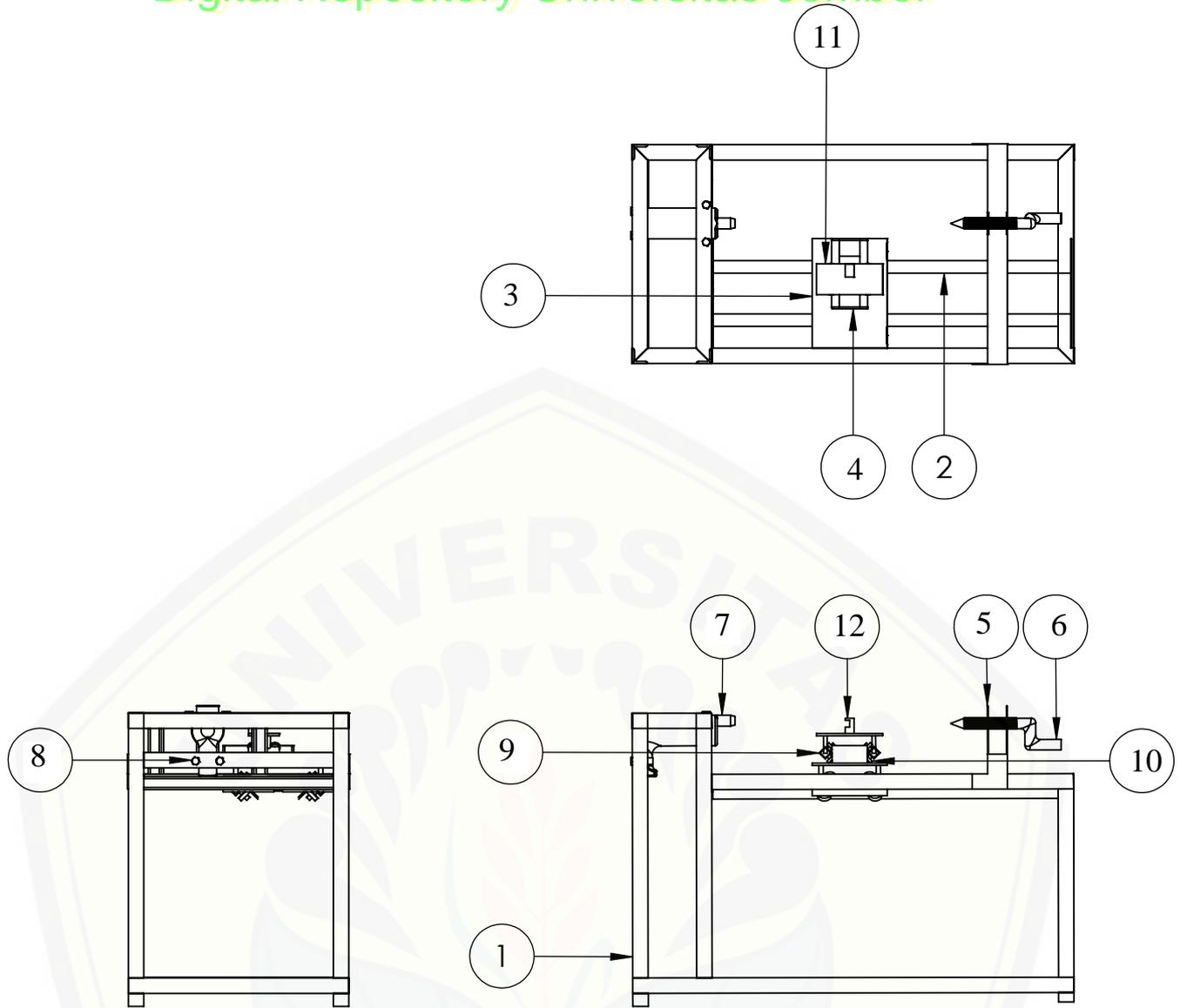
- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Bor Tangan | 7. Dudukan Pahat |
| 2. Baut | 8. Papan Eretan Atas |
| 3. Klem Pengikat | 9. Rel Eretan Atas |
| 4. Rel Eretan Bawah | 10. Ulir Tailstock |
| 5. Papan Eretan Bawah | 11. Tailstock |
| 6. Rangka | 12. Bearing |

Berikut merupakan langkah atau prosedur mengoperasikan Mesin CNC Bubut ;

1. Siapkan Kayu sebagai bahan.
2. Siapkan Program.
3. Memasang kayu pada chuck.

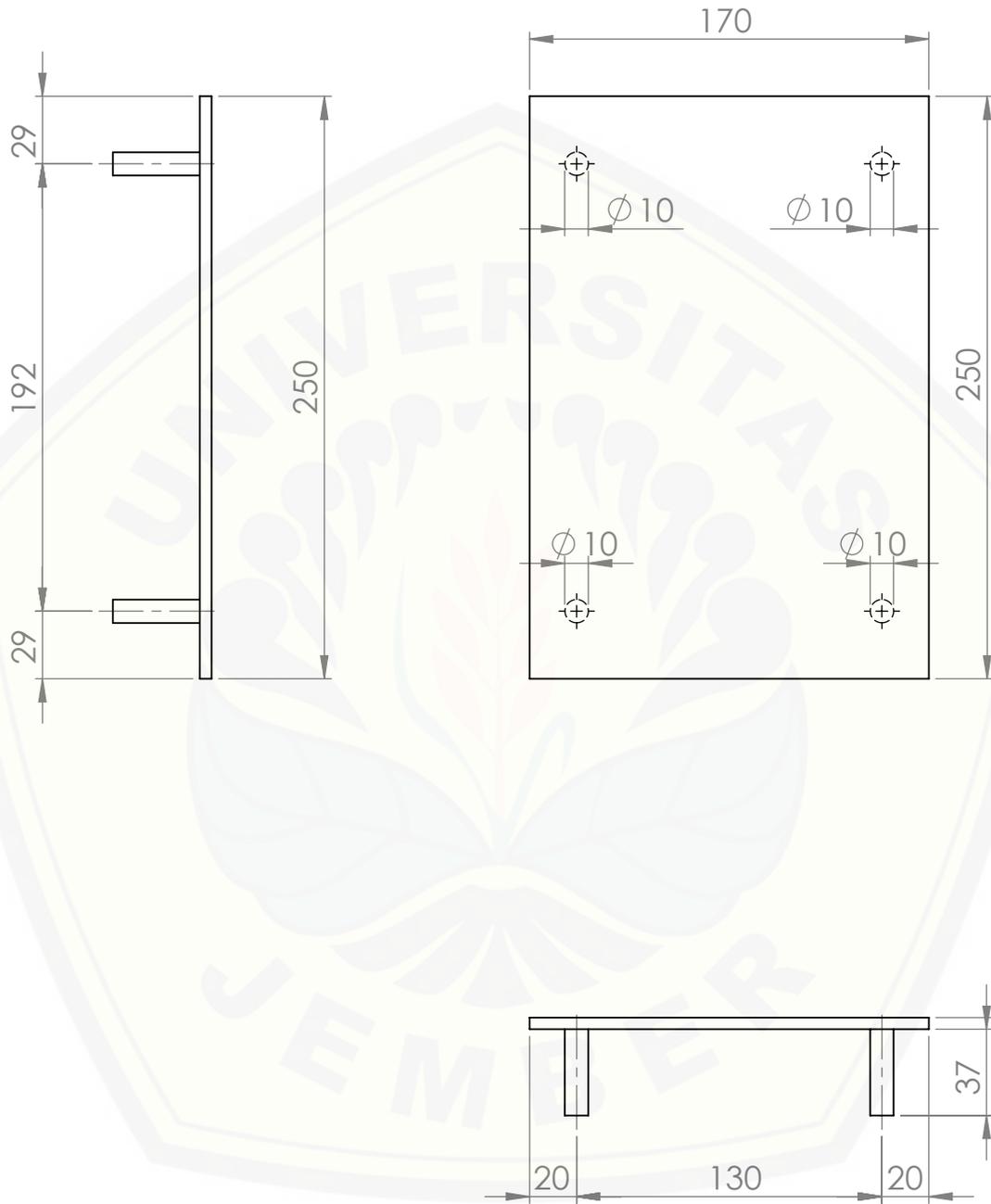
4. Nyalakan stop kontak;
5. Nyalakan bor tangan pada posisi ON sesuai rpm yang diinginkan dengan mengatur kekencangan klem pada saklar bor tangan;
6. Jika sudah selesai matikan mesin dan stop kontaknya;
7. Buka kayu yang telah di bubut dan bersihkan sisa-sisa potongan kayu yang menempel pada rel eretan atau komponen lainnya dengan menggunakan kain atau sikat besi dan lumasi dengan oli pada bagian permukaan rel eretan dan bantalan untuk menjaga kebersihannya.



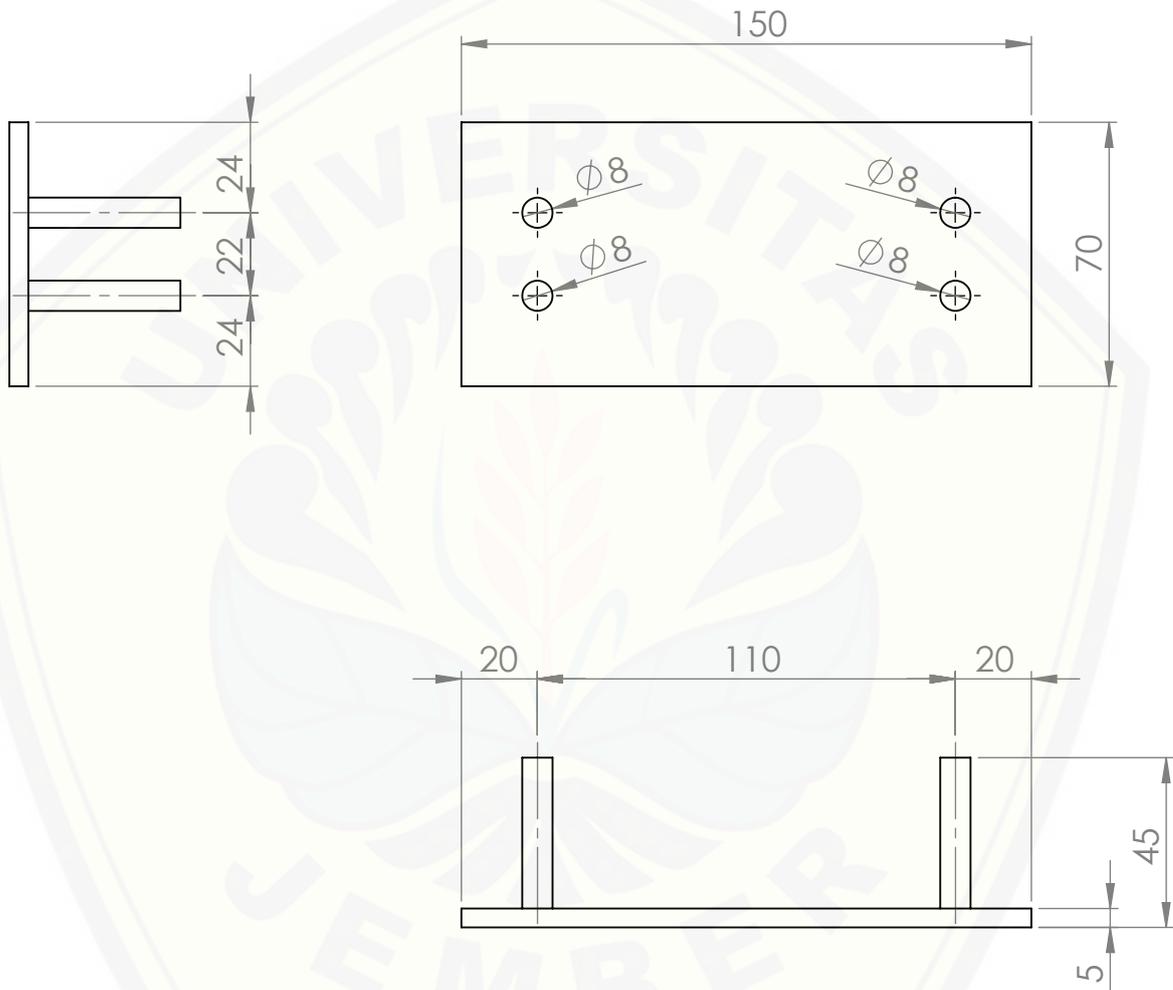


12	Dudukan Pahat	1	Pelat Besi	
11	Papan Eretan Atas	1	Pelat Besi	
10	Bearing / Bantalan	16	Besi Cor	
9	Besi Kotak Eretan Atas	2	ST-37	
8	Mur dan Baut	4	ST-34	
7	Bor Tangan	1		Pabrikan
6	Ulir Tail Stock	1	Besi	
5	Tail Stock	1	ST-37	
4	Rel Eretan Atas	1	Pelat Besi	
3	Eretan Bawah	1	ST-37	
2	Rel Eretan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

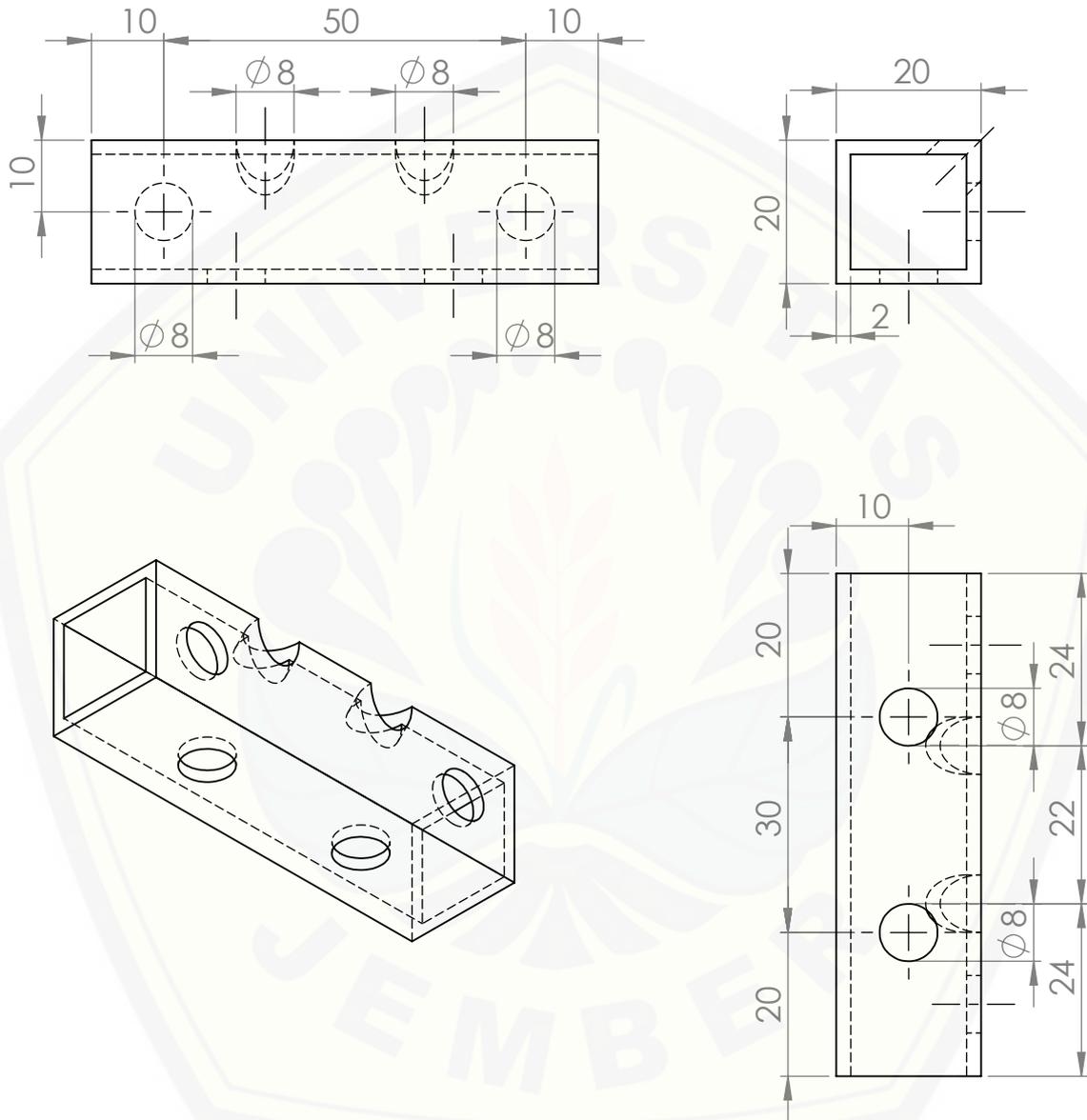
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:15		DIGAMBAR: IKA ANGGA ARY S.	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101007	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : ARIS Z. M., S.T., M.T	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER			MESIN CNC BUBUT KAYU	No. 1 A4



1	Eretan Bawah	1	ST-37	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:3		DIGAMBAR : IKA ANGGA ARY S.	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101007	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : ARIS Z. M., S.T., M.T	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		MESIN CNC BUBUT KAYU		No. 2 A4



2	Eretan Atas	1	ST-37	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:2		DIGAMBAR : IKA ANGGA ARY S.	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101007	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : ARIS Z. M., S.T., M.T	
DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		MESIN CNC BUBUT KAYU		No. 3 A4



3	Besi Kotak Eretan Atas	2	ST-37	
No.	NAMA BAGIAN	JUMLAH	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1:1		DIGAMBAR : IKA ANGGA ARY S.	PERINGATAN:
	SATUAN : mm		NIM : 131903101007	
	TANGGAL: 07-06-2016		DILIHAT : ARIS Z. M., S.T., M.T	
	DIII TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		MESIN CNC BUBUT KAYU	No. 4 A4