RANCANG BANGUN *COPY MLLING MACHINE* UKIRAN SEDERHANA

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : Rizqi Mahran
No. Mahasiswa : 12525081
NIRM : 2012060607

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2018

PERNYATAN BEBAS PLAGIARISME

"Dengan ini saya menyatakan dalam penulisan skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah ditujukan untuk mendapatkan gelar Akademik Sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis dan dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis atau pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguh-sungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat tidakbenaran maupun kekeliruan dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik, serta sanksi yang sesuai dengan peraturan yang berlaku dengan melalui proses yang ada."

Yogyakarta, 9 Mei 2018



Rizqi Mahran

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

RANCANG BANGUN *COPY MILLING MACHINE* UKIRAN SEDERHANA

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

Nama : Rizqi Mahran

No. Mahasiswa : 12525081

NIRM : 2012060607

Yogyakarta, 22 MEI 2018

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr.Eng. Risdiyono S.T.,M.Eng.	**Santo Ajie Dhewanto S.T.,M.M.**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

RANCANG BANGUN *COPY MLLING MACHINE* UKIRAN SEDERHANA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Rizqi Mahran

No. Mahasiswa : 12525081

NIRM : 2012060607

Tim Penguji

Santo Ajie Dhewanto, S.T.,M.M.
Ketua
Tanggal : 15/5/2018

Paryana Puspaputra, Ir.,M.Eng.,Dr.
Anggota I
Tanggal : 11/5/2018

Donny Suryawan, S.T.,M.Eng.
Anggota II
Tanggal : 30/4/2018

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr.Eng. Risdiyono S.T.,M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Allah SWT dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya khaturkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada:

Allah SWT, karena hanya atas izin dan karuniaNyalah maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai pada waktunya. Puji syukur yang tak terhingga pada Allah penguasa alam yang meridhoi dan mengabulkan segala do'a.

Abah hakim dan mamah wardah selaku orangtua saya, yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusuk selain do'a yang terucap dari orang tua. Ucapan terimakasih saja takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan orang tua, karena itu terimalah persembaha bakti dan cinta ku untuk kalian abah dan mamah.

Bapak dan Ibu Dosen pembimbing, penguji dan pengajar, yang selama ini telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran yang tiada ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik. Terimakasih banyak Bapak dan Ibu dosen, jasa kalian akan selalu terpatri di hati.

Husni Sholahudin (adik) yang senantiasa memberikan dukungan, dan do'anya untuk keberhasilan ini. Maka terimalah karya kakak ini sebagai jawaban atas dukungan dan do'amu.

Nisrina Nur Apriliani yang tidak pernah putus untuk memberikan semangat dan motivasinya dalam perjalanan penulis merampungkan skripsi dan meraih gelar.

Rekan-rekan seperjuanganku (teknik mesin angkatan 2012 dan GC 34 MAPALA UNISI), tanpa semangat, dukungan dan bantuan kalian semua tak kan mungkin aku sampai disini, terimakasih untuk canda tawa, tangis, dan perjuangan yang kita lewati bersama dan terimakasih untuk kenangan manis yang telah mengukir selama ini. Dengan perjuangan dan kebersamaan kita pasti bisa!

Terimakasih yang sebesar-besarnya untuk kalian semua, akhir kata saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua, orang-orang yang saya sayangi. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang, Aamiinnn.

HALAMAN MOTTO

“TIDAK ADA SATU HAL PUN YANG DIKERJAKAN DARI ANAK LAKI-LAKI MELAINKAN UNTUK KELUARGANYA”

“LAKUKAN YANG BISA KAMU LAKUKAN”

“BERPIKIR BERTINDAK”

“PANTANG KEMBALI SEBELUM TERCAPAI PUNCAK IDAMAN”

“WALAA HAULA WALAA QUWWATA ILLAA BILLAAHIL 'ALIYYIL ADHIIMI”

(tiada daya dan upaya kecuali dengan pertolongan-Mu)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdullillah hirabbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir dengan judul : "**Rancang Bangung *Copy Milling Machine* Ukiran Sederhana**". Shalawat serta salam juga penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya yang syafaatnya dinantikan di yaumul qiyamah.

Pelaksanaan tugas akhir harus ditempuh oleh setiap mahasiswa untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikannya dan memperoleh gelar sarjana di Jurusan Tekik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis sudah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas semua bantuannya baik langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan nikmat Iman dan Islam kepada penulis dan Nabi agung Muhammad SAW juga atas segenap keluarga, para sahabat, para pengikutnya hingga akhir zaman.
2. Ayah dan Ibu serta seluruh keluarga tercinta yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan dalam menempuh pendidikan.
3. Adik saya Husni sholahudin yang tak hendi menjadi sumer motivasi saya, terimaksih selalu ada disaat dibutuhkan.
4. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan waktu luangnya untuk membimbing penulis.
6. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas jalinan

7. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas jalinan kerjasama dan ilmu yang telah diberikan pada penulis.
8. teknik mesin uii 2012 dan GC XXXIV terimaksih untuk pengalaman dan perjalanan ini.
9. Untuk para senior HMTM FTI UII (bg senter, bg muheng, bg protal, bg ical, bg tomi, koil, depong, ronal, ridho, rijal, kevin, bg tablo, nandang, tekcem, hasan, risma, bg mawan, ari, kopling, bepe, ade, mesi, nanang, mba sofi, kotak, bana comed, ma siska, gispot, dll) termakasih buat ilmu dan kebersamaan yang tidak ternilai harganya.
10. Untuk para senior Kamar Jenazah Cikditiro No.1 (bg.kacang, bg andi saidi, jois, yuyun, tulup, depong, koil, jijai, sunge, tarkot, pak tyar, mayor, tangin, selsi, kopling, lampir, aling, sobri, tigor dll) buat semua kejailan dan ilmu yang tidak ternilai harganya.
11. Untuk semua adik-adik di posko (keles, aspeling, kesbo, kresek, jemblem. Sumedi, sepil, sumini, lemayu, atak., lele, atak, lemayu, nobod, muna) maafkan abang yang belum bisa kasi contoh yang baik, jangan pernah bosan untuk latihan ke sungai, goa, tebing dan hutan belantara.
12. Untuk semua adik-adik di HMTM (botrok, imam, tape, lepay, indra, RT, gendut, capcin, udin, capcin, mizjon, amel, kuyang) jangan lupa terus kembangkan softskill dan tingkatkan rasa persaudaraa kalian.
13. Untuk sahib-saheb huru hara (tince, kiwil, parno, tile, mengkek, saga, fahri emen, romli, bepe, rudi, didi, wiyan, lutfi, sukri, adan, didi, diko, okto andi, palu, basuki, dll) thanks for everything heb.
14. Serta ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu-persatu.

Tidak dipungkiri bahwa laporan ini masih banyak terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan dan pengalaman, karena itu saya mohon sekiranya kritik dan saran yang membangun sebagai bahan evaluasi dan pembelajaran agar dapat lebih baik lagi dikemudian hari.

Besar harapan terhadap laporan Tugas Akhir yang telah saya selesaikan, semoga laporan ini dapat bermanfaat semua orang yang memerlukan.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

ABSTRAK

Kerajinan ukiran merupakan salah satu kerajinan khas yang banyak diminati dan digandrungi masyarakat, dari jenis ukiran yang berbagai macam hingga fungsinya yang hampir tidak ada batasnya. Proses pengukiran merupakan salah satu jenis produksi yang sering kita jumpai di indonesia, banyaknya pemesanan ukiran berbanding lurus dengan berkembangnya industri kayu, namun perkembangan ini juga harus diikuti dengan perkembangan teknologi untuk mengukir khususnya. Untuk mengatasi masalah ini disusun dan dibuatlah rancang bangun alat copy ukiran sederhana, dengan konsep mengcopy master yang sudah ada namun memiliki pola gerak menyerupai mesin CNC, dengan penggerakan manual. Mesin ini dirancang untuk mempermudah proses pengukiran dan mempercepat prosesnya. Pada saat proses percobaan mesin masih terdapat cacat pada hasil produksi seperti serat yang terkelupas, gosong pada titik tertentu, dan pola yang kurang rapi, dari berbagai kekurangan itu banyak yang dipengaruhi dari operator dan juga dari faktor perancangan mesin.

Kata kunci :mesin copy, mesin duplikat, ukiran.

ABSTRACT

Carving is one of favorite and special the crafts. The nmber carving orders are significanty high, so is the development of wood indusry. The engraving process is one type of production that we often encounter in Indonesia. Therefore, carving system should apply a new improvement with technology, that is designing a simple engraving machine duplication. This concept duplicates the originl concept that has a motion patern resembling a CNC machine (manual movement). This machine is designed to facilitate the process of engraving and speed up the process. At the time of the machine trial process there were defects in production such as peeled fiber, burnt at some point, and the pattern is less tidy. The shortcomings are mostly influenced by the operator and design.

Keywords:copy machine, duplicate machine, engraving.

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Pernyatan Bebas Plagiarisme ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iv
Halaman Persembahan v
Halaman Motto vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih vii
Abstrak ix
Abstract x
Daftar Isi xi
Daftar Tabel xiv
Daftar Gambar xv
Daftar Notasi xvii
BAB 1 Pendahuluan 18
1.1 Latar Belakang 18
1.2 Rumusan Masalah 19
1.3 Batasan Masalah 20
1.4 Tujuan Perancangan 20
1.5 Manfaat Perancangan 20
1.6 Sistematika Penulisan 20
BAB 2 Tinjauan Pustaka 22
2.1 Kajian Pustaka 22
2.2 Dasar Teori 22
2.2.1 Pengertian Ukiran 22
2.2.2 Mesin Perkakas 23
2.2.3 *Copy Milling Machine* 24
2.2.4 Ekonomis 25
2.2.5 *Software* Autodesk Inventor 25
2.2.6 CAD, CAM dan CAE 25
2.2.7 Ergonomis 27

2.2.8 Efisiensi 27
2.2.9 Efektif 28
2.2.10 Prototipe 28
BAB 3 Metode Penelitian 30
3.1 Alur Perancangan 30
3.2 Menentukan Konsep Desain Perancangan 31
3.3 Membuat Desain Mesin 32
3.4 Peralatan dan Bahan 33
3.4.1 Mesin *Router* BOSCH 33
3.4.2 SK/*Support Shaft* 33
3.4.3 Poros *Stainless Steel* 304 34
3.4.4 *Linear Bearing Motion / SCS* UU 35
3.4.5 Dudukan Poros 36
3.4.6 Besi Siku 36
3.4.7 *Pillow Block* 37
3.4.8 Baut 37
3.4.9 *Software* Autodesk Inventor 38
3.5 Melakukan Uji Coba Alat 38
3.5.1 Prosedur Pengujian Alat 38
3.5.2 Metode Analisis Hasil Pengujian 39
BAB 4 Hasil dan Pembahasan 40
4.1 Hasil Perancangan 40
4.1.1 Batang Sumbu Utama 40
4.1.2 Lengan Pengait 47
4.1.3 Perancangan Klem Pengikat Motor 48
4.1.4 *Joint* 50
4.1.5 Beban Penyeimbang 50
4.1.6 Penghubung Tuas Duplikator 51
4.1.7 Tuas Duplikator 52
4.1.8 Mata Pahat Duplikator 52
4.2 Hasil Pengujian 53
4.2.1 Mata Pahat 53

4.2.2 Pengujian Pertama 54
4.2.3 Pengujian Kedua 55
4.2.4 Pengujian Ketiga 55
4.2.5 Pengujian Keempat 56
4.2.6 Pengujian Kelima 56
4.2.7 Pengujian Keenam 57
4.2.8 Pengujian Ketujuh 57
4.3 Analisis dan Pembahasan 58
4.3.1 Analisis dan pembahasan mesin 58
4.3.2 Analisis dan pembahasan pengujian 58
BAB 5 Penutup 60
5.1 Kesimpulan 60
5.2 Saran 60
Daftar Pustaka 61

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai kekuatan material *stainless steel.* 40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses pengukiran manual. 19
Gambar 1.2 Variasi alat ukiran manual. 19
Gambar 2.1 DC300 *KOPYA FREEZE* (*copy milling machine*)..... 25
Gambar 3.1 Diagram alir perancangan. 30
Gambar 3.2 Desain rancang bangun *copy milling machine* ukiran sederhana. 32
Gambar 3.3 Desain area meja kerja. 32
Gambar 3.4 Mesin *router* BOSCH. 33
Gambar 3.5 *Support Shaft.* 34
Gambar 3.6 Poros *stainless steel*. 35
Gambar 3.7 *Linear bearing motion* / SCS UU. 35
Gambar 3.8 Dudukan poros. 36
Gambar 3.9 Besi siku. 36
Gambar 3.10 *Pillow block.* 37
Gambar 3.11 Jenis-jenis baut..... 37
Gambar 3.12 Tampilan *software autodesk inventor*..... 38
Gambar 4.1 Rangkaian pertama. 40
Gambar 4.2 Kurva tegangan-regangan *stainless steel* 304..... 41
Gambar 4.3 Nilai asumsi kebutuhan tegangan. 42
Gambar 4.4 Analisis *displacement shaft* panjang 30 cm diameter 20mm. 44
Gambar 4.5 Dudukan poros. 45
Gambar 4.6 Rangkaian pertama setelah digabungkan..... 45
Gambar 4.7 Rangkaian batang sumbu utama. 46
Gambar 4.8 Nilai *displacement shaft* panjang 81.5 cm diameter 20mm. 47
Gambar 4.9 Linear motion yang digabung dengan besi siku. 48
Gambar 4.10 Desain klem. 48
Gambar 4.11 Rangkaian klem. 49
Gambar 4.12 Rangkaian klem dengan poros 12 mm. 49
Gambar 4.13 Rangkaian *joint.* 50
Gambar 4.14 Beban penyeimbang..... 50
Gambar 4.15 Dudukan tuas tuplikator setelah dirangkai. 51

Gambar 4.16 Rangkaian tuas duplikator. 52
Gambar 4.17 Mata pahat duplikator. 53
Gambar 4.18 Mata pahat *straight bit.* 53
Gambar 4.19 Mata pisau *v-groove* 90° *bit*. 54
Gambar 4.20 Hasil pengujian pertama. 54
Gambar 4.21 Hasil pengujian kedua. 55
Gambar 4.22 Hasil pengujian ketiga. 55
Gambar 4.23 Hasil pengujian keempat. 56
Gambar 4.24 Hasil pengujian kelima. 56
Gambar 4.25 Hasil pengujian keenam. 57
Gambar 4.26 Hasil pengujian ketujuh. 57

DAFTAR NOTASI

m = Massa

w = Berat

g = Gravitasi

M = Bending momen

σ_l = Tegangan luluh

π = phi (Iudin, 1970-1979)

d = Diameter

mm = Mili Meter

l = Panjang batang/2

∇ = Gradien

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses produksi adalah sebutan untuk kegiatan sebuah proses yang biasanya akan menghasilkan sesuatu produk atau berbagai macan produk yang dimana dalam tahapannya ada beberapa poin yang perlu diperhatikan seperti *efektivitas* kerja, waktu dan juga biasa. Dalam hal ini tentunya sudah menjadi hal yang wajib dalam sebuah produksi dengan mempertimbangkan *cost budged*, dengan adanya peninjauan terhadap alat atau bahan baku yang digunakan tentunya dapat menambah nilai ekonomis produksi. Dari segi kualitas dan desain produk juga pasti harus ada yang diperhatikan.

Beberapa tahapan pokok dalam melakukan kewirausahaan tahap imitasi dan duplikasi (*imitating and duplicating)* yaitu proses imitasi dan duplikasi, para wirausaha mulai meniru ide-ide orang lain, misalnya untuk memulai atau merintis usaha barunya diawali dengan meniru usaha orang lain, dalam menciptakan jenis barang yang akan dihasilkan meniru yang sudah ada. Teknik produksi, desain, pemrosesan, organisasi usaha, dan pola pemasarannya meniru yang sudah ada. Beberapa keterampilan diperoleh dari magang atau pengalaman, baik dari lingkungan keluarga atau orang lain. Akan tetapi, tidak sedikit wirausaha yang berhasil karena proses pengamatan (Zimmerer & scarborough, 2005).

Dunia industri memiliki beberapa metode pengukiran yang digunakan, di antara semua metode pengukiran tersebut, pengukiran menggunakan sistem *copy* adalah metode yang baru dalam dunia industri. Metode *copy* ini adalah metode yang nantinya akan membantu proses produksi sebuah produk ukiran dengan penghematan waktu dan biaya produksi, pengefektifan dan efisiensi ini diperlukan dalam dunia industri untuk menghasilkan produk yang cepat dalam waktu yang singkat dan juga menghasilkan produk yang mirip dengan produk lainnya untuk mengurangi cacat produksi.

Sistem pengerjaan manual pengukiran ditunjukkan pada Gambar 1.1, dan variasi penggunaan alat ukir ditunjukkan pada Gambar 1.2. Secara umum, pengerjaan ukiran dengan cara manual atau tradisional memerlukan waktu yang

cukup lama dan juga memberikan hasil yang kurang sama antara produk satu dengan lainnya dalam skala produksi masal.



Gambar 1.1 Proses pengukiran manual.
https://jeparapedia.com/2017/11/03/seni-ukir-jepara/



Gambar 1.2 Variasi alat ukiran manual.
https://cvaulianajah.com/teknik-mengukir-paling-jenius-dan-efisien/

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

a) Merancang mesin dengan mempertimbangkan alur kerja ukir.
b) Bagaimana caranya agar pengerjaan produk dapat lebih efektif?
c) Memilih jenis mesin yang akan digunakan agar proses pengerjaan lebih efisien dan efektif?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini batasan masalah digunakan agar perancangan ini lebih terfokus dan tidak melebar, maka permasalahan dibatasi pada hal-hal berikut:

a) Sistem penggerak yang digunakan adalah manual.
b) Alat dirancang dengan 3 *axis*.
c) Material produksi yang digunakan adalah kayu dengan ketebalan antara 2 – 10 cm.
d) Mata pahat yang digunakan adalah pisau router.

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan dari perancangan ini adalah:

a) Membantu memudahkan produksi ukiran.
b) Mempercepat waktu produksi dengan proses penggandaan.
c) Mengetahui hambatan apa yang mempengaruhi hasil produksi menjadi kurang maksimal.

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat dari perancangan tugas akhir ini adalah:

a) Alat yang dirancang dapat memudahkan proses produksi ukiran dengan cara meng*copy*.
b) Waktu produksi lebih cepat.
c) Mengetahui faktor-faktor penghambat pengerjaan oleh mesin.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab, yaitu:

a) Bab I Pendahuluan, yang berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan serta sistematika penulisan laporannya.
b) Bab II Tinjauan Pustaka, yang berisi kajian pustaka dan dasar teori perancangan rancang bangun alat *copy* ukiran sederhana.

c) Bab III Metode Perancangan, yang berisi alur perancangan, peralatan dan bahan serta perancangan rancang bangun alat *copy* ukiran sederhana.
d) Bab IV Hasil dan Pembahasan, yang berisi hasil perancangan, hasil pengujian gagal dan hasil pengujian berhasil.
e) Bab V Penutup, yang berisi kesimpulan dan saran.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Mesin perkakas *copy* pada umumnya digunakan untuk menciptakan sebuah tiruan atau cetakan dari produk aslinya, tiruan dari *copy* tersebut biasanya menyerupai dan mendekati dari bentuk produk yang dijadikan sebuah master. Pada dunia bidang manufaktur dikenal berbagai macam teknik meng*copy*, salah satunya adalah mesin duplikat kunci yang biasa kita jumpai.

Mesin perkakas memiliki dua jenis, yaitu mesin perkakas bentuk dan mesin perkakas potong. Perkakas potong merupakan jenis yang banyak ragamnya dan relatif kompleks baik dalam proses pemotongan maupun dalam rancang atau desainnya (Wijoyosumarto & Martawirya, 1985)

Sebagai dampak dari kriteria desain seperti itu, struktur keamanan mesin perkakas memiliki harga faktor keamanan (*safety factor*) yang sangat besar sehingga cenderung sangat kokoh dan berat (Widyanto, 2014)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Ukiran

Proses pengukiran adalah suatu cara untuk membentuk relief pada sebuah kayu atau batu. Proses pengukuran ini membutuhkan waktu yang cukup bervariatif, ketekunan dan ketelitian yang tinggi pada saat mengerjakannya. Tingkat kesulitan dari sebuah ukiran bukan dari jenis kayu tapi pada bentuk relief yang akan dibentuk pada sebuah kayu, dari hal tersebut lamanya waktu pengerjaan dan kebutuhan alat dapat diperhitungkan.

Definisi ukiran tersebut untuk mancapai hasil pengukiran yang maksimal diperlukan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

a) Pemilihan bahan.
b) Kesiapan peralatan.
c) Penggambaran pola dasar pada bidang yang akan diukir.

Banyaknya jenis-jenis hasil ukiran yang beredar dipasaran, ukiran yang dihasilkan digolongkan dari bentuk relief yang mudah sampai yang tersulit. Faktor yang mempengaruhi hasil pemesinan diantaranya sebagai berikut:

a) Jenis kayu
b) Penggunaan mata pahat
c) Mata duplikator

2.2.2 Mesin Perkakas

Mesin perkakas dapat didefinisikan sebagai mesin atau peralatan yang dapat berfungsi untuk mendukung dan memproses suatu material menjadi suatu produk jadi maupun setengah jadi dalam bentuk dan ukuran tertentu seperti yang dikehendaki. Proses pemotongan dan pembentukan ini memerlukan alat bantu potong yang sering dinamakan alat potong atau pahat potong.

Mesin perkakas biasanya digunakan untuk sebuah mesin atau peralatan yang pengoperasiannya tidak menggunakan tenaga manusia secara langsung. Beberapa pendapat mengenai mesin perkakas yang lahir atau ketika keterlibatan manusia dihilangkan dalam proses pembentukan atau proses pemotongan dari berbagai macam peralatan yang berguna untuk menghasilkan suatu produk tertentu.

Proses pemotongan material sendiri akan menimbulkan bagian yang terbuang atau disebut tatal (*chip*) sebagai akibat dari gerak potong (*cutting movement*) dan gerakan makan (*feed movement*) yang masing-masing dari gerakan tersebut dapat memproses benda kerja dan dilakukan oleh benda kerja dan atau alat potong serta kombinasi-kombinasi pendukung lainnya. Proses kerja mesin perkakas mempunyai sistem mekanis yang bermacam-macam tergantung pada fungsi dan jenis mesin perkakas tersebut. Gerakan mekanis yang dimaksudkan adalah mengubah gerak putar menjadi gerak putar yang sama atau gerak lurus, gerak dipercepat maupun diperlambat, sesuai dengan bentuk dan kerumitan permukaan yang akan dibuat.

Kualitas permukaan hasil pemesinan tergantung pada kondisi pemesinan yaitu antara kecepatan potong, kecepatan gerak dan kedalaman pemesinan. Misalnya kecepatan potong yang rendah dengan kecepatan gerak dan pemakanan

yang dalam akan menghasilkan permukaan yang kasar, kombinasi ini biasanya digunakan untuk pekerjaan pendahuluan (*roughing*), sebaliknya kecepatan potong tinggi, diikuti dengan kecepatan gerak dan pemakanan yang kecil akan menghasilkan permukaan yang halus, kombinasi ini biasanya digunakan pada proses penyelesaian (*finishing*).

2.2.3 *Copy Milling Machine*

Copy milling machine adalah mesin yang dirancang untuk profil *milling* (*slabbing*) atau kontur bantuan (three-dimensional miling) pada barang-barang yang terbuat dari berbagai bahan dengan alat pemotong (*miling cutter*), yang direproduksi dipermukaan atau di kontur dari perangkat induk-untuk misalnya, *cam master* dalam bentuk template datar, model tiga dimensi, atau gambar kontur. Peragkat utama secara mekanis, pneumatis, atau terhubung secara hidraulik ke *servomechanism*, yang mengarahkan alat pemotong. *Servomechanism* bekerja pada alat penguat disatu sisi dan, disisi lain pada perangkat penggerak. Relai hidraulik, elektromagnetik, atau elektro-optik digunakan dalam alat pengamplasan mesin tersebut. Anggota penggerak dapat berupa skrup, katup geser, kopling elektromagnetik, selenoid, diferensial, atau beberapa perangkat lain dan dapat digerakan oleh motor lstrik atau silinder dan hidrolik.

Menurut jenis *drive* dan *servomechanism*, perbedaan dibuat antara mesin *copy mlling* salinan dengan pantograph, untuk pengerjaan dua dimensi dan tiga dimensi; mesin serbaguna, mesin yang pantografhnya beberapa di bidang vertikal pada lengan yang berputar, mesin *spindle* dan *multispindle* dengan meja bundar atau persegi panjang, mesin otomatis dengan umpan mekanis, mesin hidrolik dan listrik, dan mesin fotografi. Keakuratn profil dan tingkat kekasaran permukaan yang dapat dihasilkan oleh mesin penggilingan salina tergantung pada kecepatan gerak *servomechanism*, masing-masing adalah 0,02 mm dan ∇6.

Mesin *copy milling* digunakan untuk baling-baling pompa dan pisau turbin, baling-baling kapal, *cams*, *dies*, *press mold*, patung dan perhiasan (Iudin, 1970-1979). *Copy milling machine* yang ada dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 DC300 *KOPYA FREEZE* (*copy milling machine*).

http://www.kopyafreze.com/

2.2.4 Ekonomis

Ekonomis artinya mesin atau alat yang ada haruslah mampu menekan angka biaya, baik produksi ataupun jasa. Dengan adanya unsur ini diharapkan dapat mengurangi pengeluaran biaya untuk operasional mesin dan juga operator ahli mesin tersebut.

2.2.5 *Software* Autodesk Inventor

Autodesk inventor adalah salah satu peranti lunak (*software*) CADD (*Computer Aided Drawing and Design*) yang berbasis gambar tiga dimensi solid (Huda, 2014). *Software* ini berfungsi untuk menggambar dan perancangan sistem mekanis yang akan dibuat.

2.2.6 CAD, CAM dan CAE

CAD adalah sebuah teknologi yang berkaitan dengan penggunaan sistem komputer untuk membantu dalam penciptaan, modifikasi, dan optimasi desain. Pada aplikasi CAD, gambar diguakan untuk memvisualisasikan sebuah produk baik dalam bentuk gambar teknik / 2 dimensi maupun 3 dimensi (Ningsih, 2005). Setiap program komputer yang mengaktifkan grafis dan program aplikasi memfasilitasi fungsi rekayasa dalam proses desain dapat diklasifikasikan sebagai perangkat lunak CAD. Tahapan pokok yang harus dilalui dalam melakukan *Engineering Design* adalah kebutuhan ide/alternatif, keputusan dan tindakan (Stevennson, 1976).

CAM sendiri merupakan sistem teknologi komputer yang merencanakan, mengelola dan mengendalikan operasi manufaktur melalui antar muka komputer dengan sumber daya produksi.produksi. Salah satu cakupan yang paling penting dari CAM adalah kontrol numerik (NC). Ini adalah teknik menggunakan instruksi yang diprogram untuk mengontrol mesin, mill, grind, yang bisa mengubah benda mentah menjadi bagian-bagian barang jadi.

Computer Numerical Control / CNC (komputer kontrol numerik) yang merupakan sebuah sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang telah diprogram secara abstrak dan disimpan dimedia penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya yang biasanya mesin perkakas dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan CAM. Kata NC yang disebutkan adalah singkatan dari kata *Numerical Control* yang bermaksud "Kontrol Numerik". Mesin NC ada pertama kali pada tahun 40-an dan 50-an dengan modifikasi dari mesin-mesin perkakas biasa. Dalam hal ini mesin perkakas biasanya ditambahkan dengan motor-motor tertentu yang akan menggerakkan pengontrol mengikuti titik-titik yang telah dimasukkan kedalam sistem oleh perangkat lunak (*software*). Mesin yang memiliki perpaduan antara motor servo dan mekanis ini segera diganti dengan sistem analog dan kemudian komputer digital, menciptakan mesin perkakas modern yang disebut CNC yang kemudian semakin dikembangkan hingga saat ini yang mempengaruhi revolusi proses desain dari masa ke masa. Saat ini mesin CNC dibangun untuk menjawab tantangan di dunia manufaktur modern. Dengan mesin CNC, ketelitian dari suatu produk dapat dijamin hingga 1/100mm lebih, pengerjaan produk masal dengan hasil yang sama persis dan waktu permesinan yang cepat.

NC/CNC terdiri dari beberapa bagian utama :

a) Program
b) Control Unit
c) Motor listrik servo untuk mengganti kontrol pahat
d) Motor listrik untuk menggerakan/memutar pahat
e) Pahat
f) Dudukan dan

g) Pemegang

2.2.7 Ergonomis

Ergonomis adalah sebuah nilai yang terdapat pada suatu benda atau alat yang memiliki unsur keindahan, keamanan dan kenyamanan dari sebuah alat atau produk. Pada masa sekarang faktor keamanan dan kenyamanan adalah sebuah keharusan yang mutlak adanya dimiliki sebuah alat atau produk yang akan digunakan untuk sebuah produksi atau kegiatan sehari-hari.

Definisi bahwa perancangan rekayasa (*Engineering Design*) merupakan suatu kegiatan yang berguna untuk diarahkan pada tujuan pemenuhan kebutuhan manusia, khususnya yang dicapai dengan faktor-faktor teknologi yang terdapat pada masyarakat (Stevenson, 1976). Keberhasilan rancangan tidak hanya tergantung pada kesan luar saja tetapi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dengan seksama secara menyeluruh supaya desain menjadi lebih baik dan benar, yaitu tujuan pemakaian, keinginan pemakai, fungsi perabot, bentuk / kesan / penampilan luar, bahan yang dipakai, konstruksi dan cara pembuatan, serta kemudahan, keamanan dan kenyamanan (Kristianto, 1993).

2.2.8 Efisiensi

Dalam beberapa kasus sebuah proses pemesinan harus dapat bekerja secara efisien dalam artian ketepatan dan ketelitian pengerjaan proses pemesinan dalam hal ini sangat diperhatikan.

Efisiensi mekanikal dibedakan dalam 2 isu, yaitu : efisiensi struktural dan efisiensi teknologi. Efisiensi struktural adalah ratio antara kapasitas dukung beban dibanding dengan jumlah material struktural. Apabila ratio tersebut besar maka strukturnya efisien. Efisiensi teknologi berhubungan dengan sistem dan proses pembangunan, efisiensi struktural berbanding terbalik dengan efisiensi teknologi, struktur yang semakin efisien secara struktural akan semakin tidak efisien secara teknologi (Sandaker, 2008).

2.2.9 Efektif

Efektif adalah sebuah metode yang didalamnya berhubungan dengan waktu atau target, dalam kasus ini sebuah alat haruslah memiliki tingkat efektifitas yang tinggi saat dioperasikan.

2.2.10 Prototipe

Prototipe adalah contoh awal atau model yang dibuat untuk menguji konsep atau proses atau sebagai sesuatu yang dapat direplikasi atau dipelajari (Blackwell & Manar, 2015) sebuah prototipe umumnya digunakan untuk mengevaluasi desain baru. Prototipe berfungsi untuk memberikan spesifikasi produk yang nyata dan bukan teoritis.

Prototipe dapat dibagi dalam beberapa kategori yaitu:

a) *Proof of Principle*

Berfungsi untuk memverifikasi beberapa aspek fungsional utama dari desain yang dimaksud, namun biasanya tidak memiliki semua fungsi produk akhir.

b) *Working Prototype*

Adalah prototipe yang mewakili semua atau hampir semua fungsi dari produk akhir

c) *Visual Prototype*

Adalah prototipe yang mewakili ukuran dan tampilan, tapi bukan fungsionalitasnya dari desain yang dimaksud. Prototipe ini adalah tipe awal di mana fitur geometris dari sebuah desain detekankan, dengan perhatian kurang terhadap fitur geometris dari sebuah desain ditekankan, dengan perhatian kurang terhadap warna, tekstur, atau aspek lain dari penampilan akhir.

d) *User Experience Prototype*

Adalah prototipe yang cukup mewakili penampilan dan fungsi produk yang dapat digunakan untuk penelitian terhadap pengalaman pengguna dalam menggunakan produk.

e) *Functional Prototype*

Adalah prototipe yang memiliki fungsi dan tampilan desain yang dimaksud, meski bisa dibuat dengan teknik yang berbeda dan bahkan skala yang berbeda dari desain akhir.

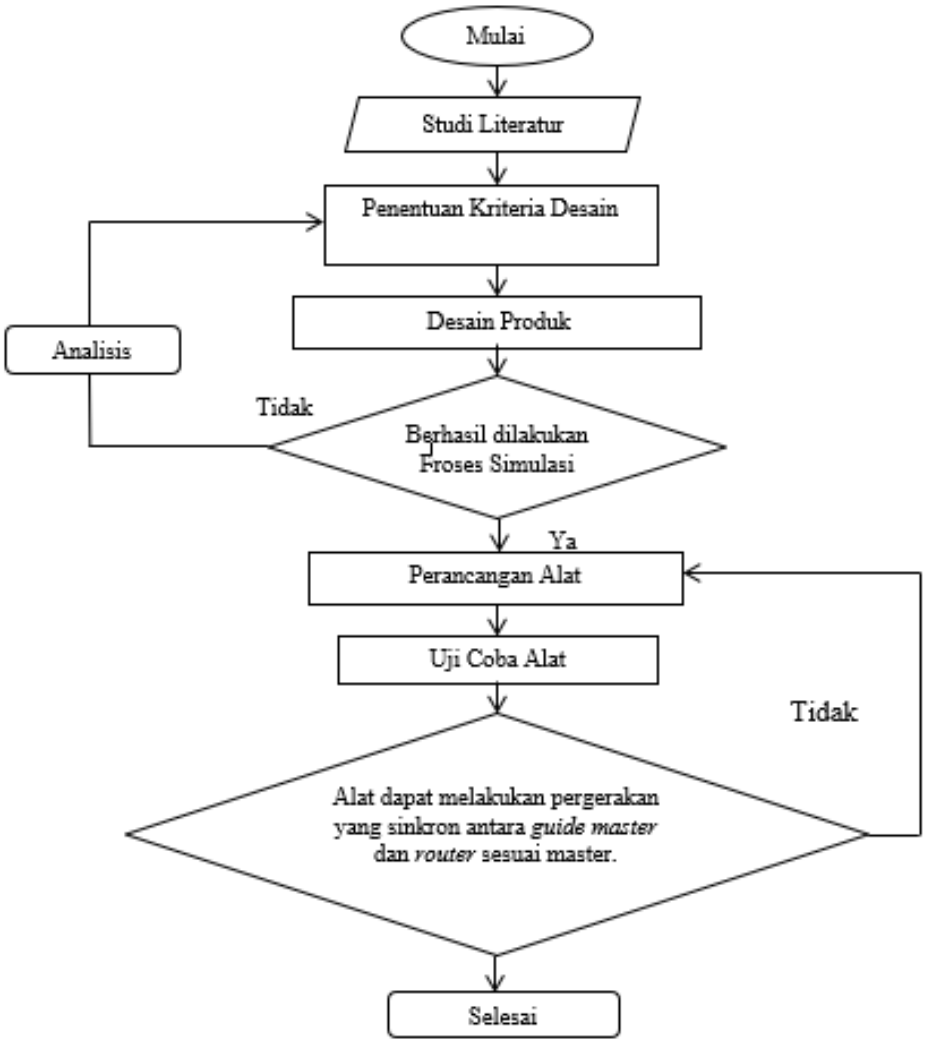
f) *Paper Prototype*

Adalah representasi tercetak dan representasi pengguna dari produk perangkat lunak. Prototipe seperti itu biasa digunakan untuk pengujian awal perancangan perangkat lunak, dan dapat menjadi bagian dari panduan perangkat lunak untuk mengkonfirmasi keputusan desain.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Perancangan

Penelitian tugas akhir ini memiliki beberapa tahapan, tahapan terdiri dari beberapa tahapan-tahapan proses yang akan dilakukan. Untuk mempermudah langkah-langkah atau penelitian dalam pembuatan alat yang lebih teratur, maka dibuat diagram alur perancangan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir perancangan.

3.2 Menentukan Konsep Desain Perancangan

Sebelum menentukan desain seperti apa yang akan dibuat, hal pertama yang perlu dilakukan yaitu menentukan konsep desain mana yang akan digunakan yang telah dibuat dalan sebuah sketsa. Dalam menentukan konsep sendiri tedapat beberapa langkah yang dapat membantu mempermudah menentukan sebuah konsep, yaitu :

a) Identifikasi

   Proses identifikasi yang dilakukan dalam pembuatan alat ini dilakukan dengan cara melakukan observasi langsung terhadap hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini. Proses identifikasi yang dilakukan yaitu dengan meninjau langsung cara pembuatan ukiran.

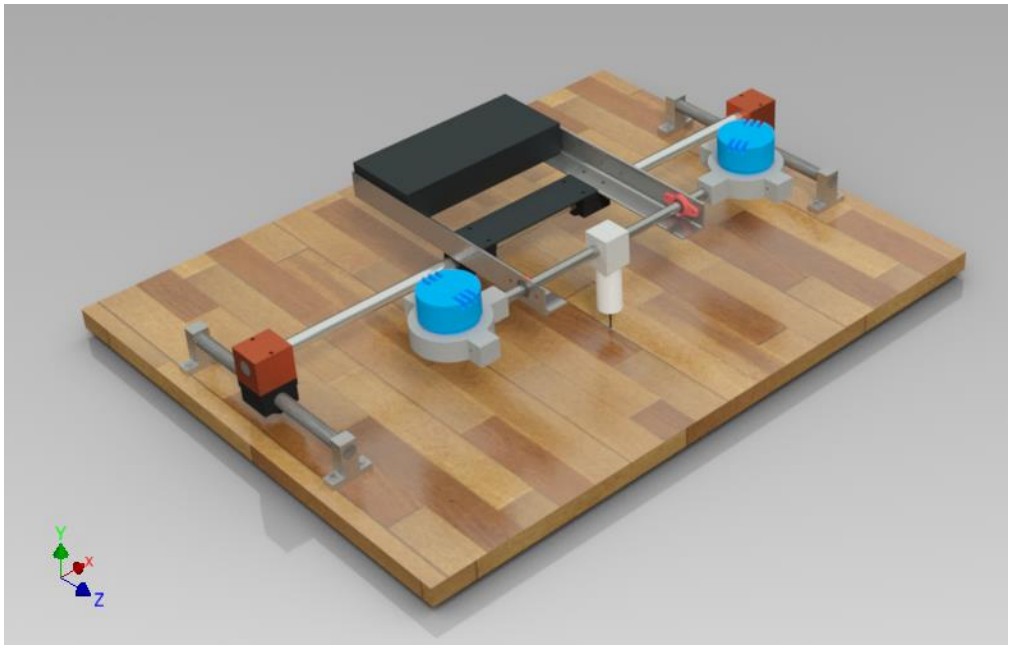
b) Deskripsi

   Setelah mendapatkan beberapa hasil dari proses identifikasi, maka selanjutnya melakukan pendeskripsian terhadap hal terkait dengan konsep alat yang telah disusun serta memperhatikan funsi dan kegunaan konsep alat tersebut. Kriteria alat yang akan dibuat, yaitu :

   a. Alat dapat dibuat dengan mudah yaitu dengan konsep yang sederhana dan menggunakan bahan baku yang mudah didapatkan.
   b. Biaya pembuatan seminimal mungkin.
   c. Alat mudah untuk proses perawatan.
   d. Kapasitas alat cukup untuk mengerjakan model ukiran sederhana.
   e. Alat dapat menyesuaikan bahan baku yang akan digunakan, tentunya dengan kapasitas maksimal dari alat tersebut.

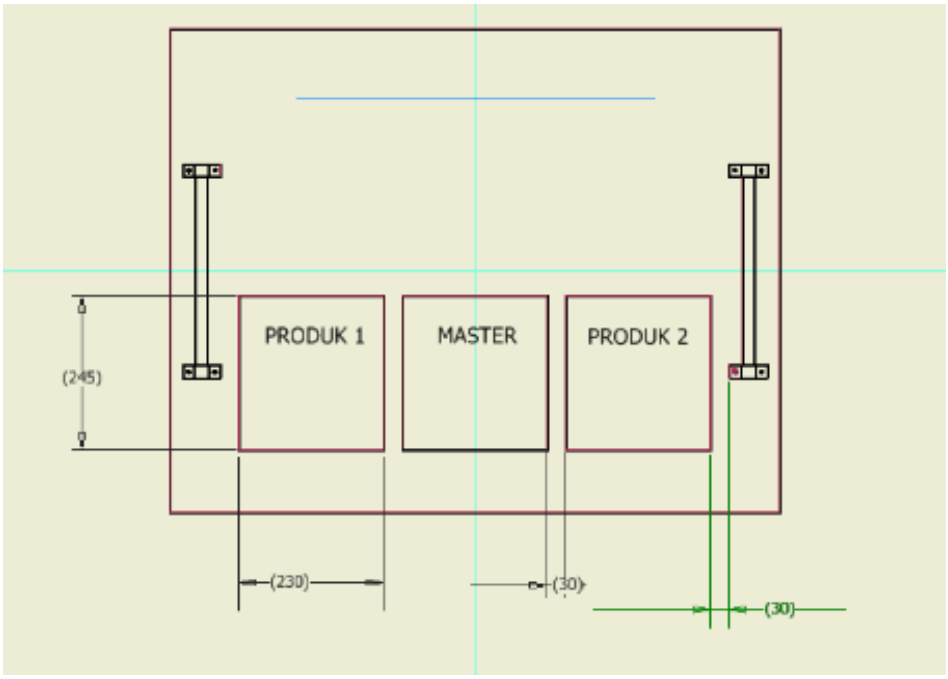
3.3 Membuat Desain Mesin

Pembuatan desain alat pada penelitian ini menggunakan *software* CAD *Autodesk Inventor* 2015. Gambar desain dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain rancang bangun *copy milling machine* ukiran sederhana.

Desain area meja kerja dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Desain area meja kerja.

3.4 Peralatan dan Bahan

3.4.1 Mesin *Router* BOSCH

Mesin *router* BOSCH konvensional yang akan dimodifikasi menjadi sistem gerak 3 axis. Spesifikasi dari mesin *router* adalah :

Model mesin : *Router*

Daya : 550 W

Kecepatan : 33000 rpm

Berat : 1.5 kg

Alas dudukan Mesin : 6 mm

Mesin *router* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Mesin *router* BOSCH.

3.4.2 SK/*Support Shaft*

Pada perancangan ini menggunakan *support shaft* yang berfungsi sebagai dudukan poros sekaligus menjadi batang sumbu utama alat ini baik saat alat ini bekerja atau diam. *Support shaft* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Support Shaft.*

3.4.3 Poros *Stainless Steel* 304

Stainless steel merupakan salah satu logam yang memiliki ketahanan terhadap korosi cukup tinggi. *Stainless steel* merupakan logam perpaduan dari beberapa unsur logam yang dipadukan dengan komposisi tertentu sehingga membuat logam baru dengan sifat karakteristik yang lebih unggul dari unsur logam sebelumnya. Poros *stainless steel* dapat dilihat pada Gambar 3.6

Karakteristik *stainless steel* adalah:

a) Persen krom tinggi yang dimiliki minimal 10,5%, kandungan *chromium* ini yang membuat perlindungan pertama dari gejala yang disebabkan pengaruh lingkungan.
b) Tahan karat, *stainless steel* memiliki sifat alami tahan terhadap korosi tanpa proses pabrikasi selain itu sifat tahan karatnya didapat dari unsur *chromium* yang tinggi sekaligus memiliki lapisan anti oksida yang stabil pada permukaannya sehingga membuat tahan terhadap pengaruh oksigen.
c) Minim perawatan dan tahan lama, lapisan film dengan kandungan kromium oksida alami pada permukaan baja yang membuat *stainless steel* bisa tahan terhadap korosi.
d) Kekerasan dan kekuatan yang tinggi, bila dibandingkan dengan baja lainnya *stainless steel* cenderung memiliki kekuatan yang lebih tinggi.



Gambar 3.6 Poros *stainless steel*.

3.4.4 *Linear Bearing Motion / SCS* UU

Linear bearing motion adalah sebuah bantalan yang dirancang untuk memberikan gerakan bebas dalam satu arah. Ada banyak jenis bantalan gerak linier salah satunya SCS UU, seri ini memiliki bantalan bola yang memberikan gerakan linier dengan gesekan yang rendah untuk peralatan yang didukung oleh inersia atau dengan tangan. *Linear bearing motion* / SCS UU dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 *Linear bearing motion* / SCS UU.

3.4.5 Dudukan Poros

Dudukan ini berfungsi sebagai penopang poros *stainles steel* yang nantinya poros itu berfungsi sebagai salah satu sumbu gerak pada mesin ini. Dudukan poros dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Dudukan poros.

3.4.6 Besi Siku

Besi siku ini berfungsi untuk menopang gaya dari motor dan juga sebagai penghubung dengan komponen lainnya. Besi siku yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Besi siku.

3.4.7 *Pillow Block*

Perancangan ini menggunakan *pillow block*, fungsinya sebagai penopang poros dan memuluskan gerak putaran poros. *Pillow block* dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Pillow block.*

3.4.8 Baut

. Jenis-jenis baut yang digunakan pada alat ini cukup bervariatif, mulai dari baut L baja, baut L *stainless* hingga Baut kepala lepas, dan ukurannya pun cukup beraneka ragam. Jenis-jenis baut dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Jenis-jenis baut.

3.4.9 *Software* Autodesk Inventor

Software ini digunakan untuk desain dan pengujian material. Tampilan awal dari *software autodesk inventor* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Tampilan *software autodesk inventor*.

3.5 Melakukan Uji Coba Alat

Dalam melakukan pengujian alat ini ada 2 tahapan yang perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dan analisis hasil produk, yaitu :

a) Prosedur pengujian alat.
b) Metode hasil analisis pengujian.

3.5.1 Prosedur Pengujian Alat

Dalam pengujian alat ini perlu memperhatikan beberapa prosedur yang harus dilakukan. Prosedur pengujian alat sebagai berikut :

a) Menyiapkan master ukiran.
b) Menyiapkan bahan kayu untuk diproduksi.
c) Pastikan kesesuaian mata pahat yang akan digunakan dengan bentuk relief yang akan di*copy*.

d) Pastikan bahan baku sudah terpasang pada ragum.
e) Setelah semua siap nyalakan mesin *router* dengan menekan saklar ON, kemudian ikuti pola relief yang akan di*copy.*
f) Setelah selesai tekan saklar OFF.

3.5.2 Metode Analisis Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian alat dengan meng*copy* ukiran sederhana selanjutnya dilakukan pengolahan hasil pengujian dari beberapa parameter yang telah didapatkan dari hasil kerja alat dan produksi. Pengolahan data dilakukan dengan membandingkan hasil-hasil pengujian secara berkala hingga didapatkan kelebihan dan kekurangan produk disetiap pengujian untuk perbaikan alat.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

4.1.1 Batang Sumbu Utama

Rangkaian batang sumbu utama ini menggunakan *support shaft* yang diberi poros *stainlees* dengan diameter 20 mm dan panjang lintasan 30mm dengan nilai kekuatan seperti pada Tabel 4.1 Nilai kekuatan material *stainless steel.*Tabel 4.1 Nilai kekuatan material *stainless steel*

Tabel 4.1 Nilai kekuatan material *stainless steel.*

AISI	301	304	304L	305	309S	310S	316	316L
Yield Strength (0,2 % offset) MPa.	275	290	270	262	310	310	290	290
Tensile strenght MPa	755	580	560	585	620	655	580	560

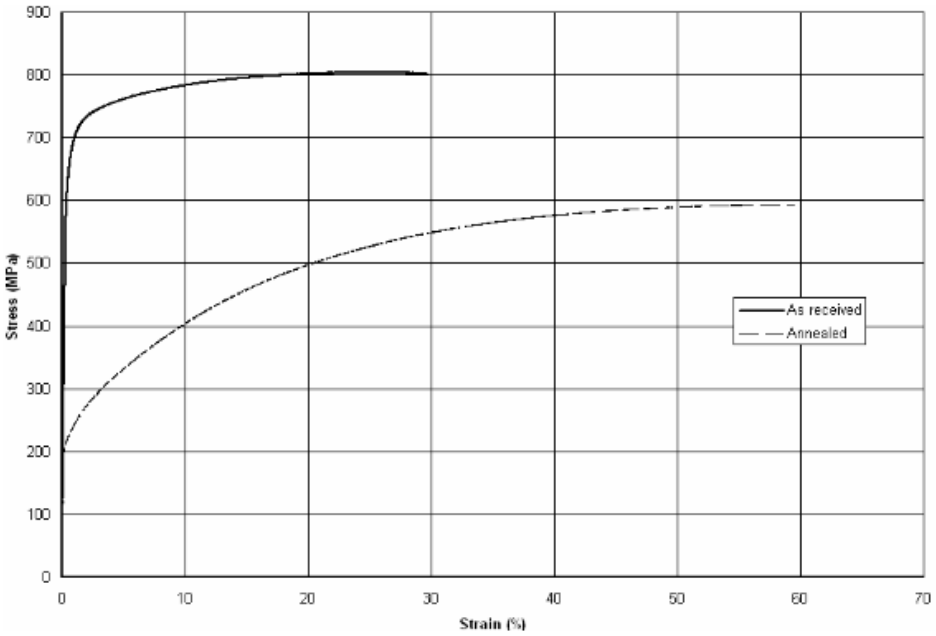
Sumber : https://sassda.co.za/the-mechnical-properties-of-stainless-steel/

Selanjutnya diberi *linear bearing motion* sebagai tumpuan untuk mesin nantinya. Model mekanisme rangkaian pertama dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rangkaian pertama.

Sebelum dilakukan perancangan batang sumbu utama, poros yang akan digunakan telah melalui perhitugan dengan mempertimbangkan besar beban yang ada dan kekuatan *stainless steel*. Kurva tegangan-regangan (Quinn et al., 2007) dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva tegangan-regangan *stainless steel* 304

Diketehui berat total yang harus diterima 2 batang sumu utama ini adalah 18 kg, dari total berat tersebut kemudian dibagi 2 untuk bagian batang sumbu utama z bagian kanan dan kiri.

Konversi kg menjad N.

$m = w \times \mathrm{g}$

$m = 9kg \times 9.8$

$m = 88.2\ N$

Kemudian mencari momen lentur pada penampang.

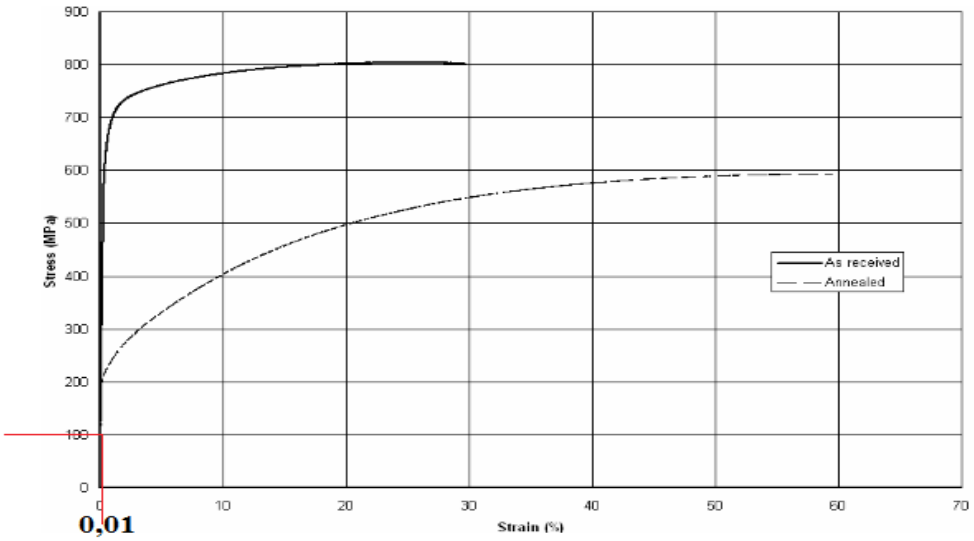
$M = m \times l$

$M = 88.2N \times 150mm$

$M = 13230N/mm$

Mencari diameter yang disarankan untuk penggunaan batang sumbu utama di *axis* z, dalam hal ini di asumsikan kebutuhan nilai tegangan terjadi yang terendah,

hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai diameter yang sesuai dengan nilai luluh yang kecil. Nilai asumsi kebutuhan tegangan yang diambil dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Nilai asumsi kebutuhan tegangan.

$$\sigma_l = \frac{32M}{\pi d^3}$$

$$\pi d^3 = \frac{32M}{\sigma_l}$$

$$d^3 = \frac{32M}{\sigma_l \pi}$$

$$d^3 = \sqrt{\frac{32 \times 13230}{100 \times 3.14}}$$

$$d^3 = \sqrt{\frac{423360}{314}}$$

$$d^3 = \sqrt{1348{,}2}$$

$$d = 11.04mm$$

Mencari diameter yang disarankan untuk penggunaan batang sumbu utama di *axis* x, penggunaan asumsi tegangan luluh yang disarankan sama dengan

batang sumbu utama di *axis* z, hanya jumlah bebanya yang berbeda karena batang sumbu utama *axis* x tidak menerima pembebanan dudukan poros dan beban dari poros *axis* x sendiri, besar bebannya adalah 13.5 kg.

Konversi kg menjad N.

$m = w \times \mathrm{g}$

$m = 13.5kg \times 9.8$

$m = 132.3\ N$

Kemudian mencari momen lentur pada penampang.

$M = m \times l$

$M = 132.3N \times 407.5mm$

$M = 53912N/mm$

Mencari diameter yang disarankan.

$$\sigma_l = \frac{32M}{\pi d^3}$$

$$\pi d^3 = \frac{32M}{\sigma_l}$$

$$d^3 = \frac{32M}{\sigma_l \pi}$$

$$d^3 = \sqrt{\frac{32 \times 53912}{100 \times 3.14}}$$

$$d^3 = \sqrt{\frac{1725184}{314}}$$

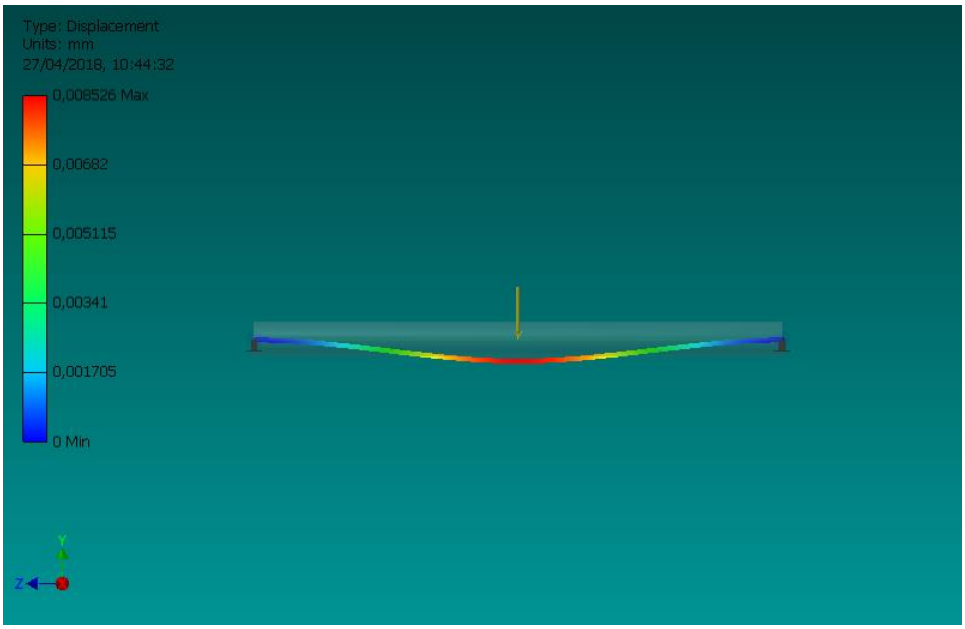
$$d^3 = \sqrt{5494.2}$$

$$d = 17.64mm$$

Setelah melalui perhitungan di dapatkan ukuran diameter yang sesuai untuk sumbu utama *axis* z sebesar 11.04 mm dan untuk sunbu utama *axis* x sebesar 18.07 mm. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut di pilihlah poros *stainless steel* dengan ukuran 20 mm untuk sumbu utama *axis* z dan sumbu utama *axis* y.

Setelah didapatkan diameter yang disarankan dilanjutkan tahap pengujian menggunakan *software* inventor, hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai

displacement yang digunakan untuk menentukan diameter poros yang akan digunakan. Berikut adalah hasil pengujian pada poros dengan diameter 20 mm dan panjang 30 cm yang diberi beban sebesar 88,2 N (beban total yang diasumsikan). Hasil pengujian poros untuk batang sumbu utama dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Analisis *displacement shaft* panjang 30 cm diameter 20mm.

Nilai pada diagram *displacement* maksimal poros di atas adalah 0,008526, grafik tersebut menunjukkan tingkat perubahan bentuk dari warna yang ditunjukkan dengan *range* angka yang berbeda-beda, nilai terendah ditunjukkan pada warna biru tua naik hingga nilai tertinggi pada warna merah.

Setelah rangkaian awal selesai barulah kita buat tumpuan untuk menopang poros selanjutnya. Bahan yang digunakan adalah dari aluminium dengan proses pengecoran, selain lebih ringan dengan bahan utama aluminium bahan ini mudah dibentuk dan dimodifikasi. Contoh dudukan yang sudah dibuat dengan dimensi 5,5 cm x 5 cm x 5 cm, selain menjadi tumpuan, blok ini juga berfungsi untuk menjaga kestabilan dari pergerakan poros. Hasil pengecoran tumpuan untuk poros dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Dudukan poros.

Setelah selesai dibuat tumpuan poros bisa dilanjutkan proses penggabungan dudukan poros dengan *linear bearing motion*, selanjutnya diberi poros *stainless steel* sepanjang 81,5 cm yang nantinya berfungsi sebagai lintasan. Rangkaian pertama ditunjukkan pada Gambar 4.6.



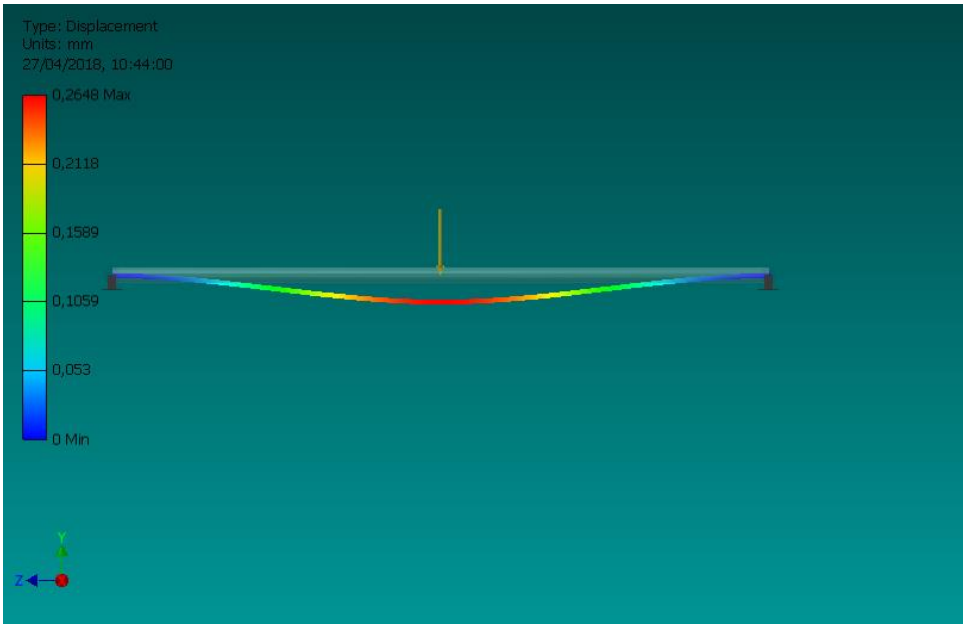
Gambar 4.6 Rangkaian pertama setelah digabungkan.

Batang sumbu utama pertama merupakan dudukan penopang utama pada mesin ini dan juga berfungsi sebagai sumbu *axis* yang akan dilalui motor yang akan bekerja, dari batang sumbu utama utama ini didapatkan dua pola *axis* terdiri dari sumbu x dan z. Rangkaian batang sumbu utama dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rangkaian batang sumbu utama.

Perancangan batang sumbu utama ini menggunakan *tools analisys frame* pada *software* autodesk inventor, sehingga didapatkan kekuatan tegangan regangan dari jenis material poros yang akan digunakan pada struktur batang sumbu utama. Dibawah ini adalah poros dengan panjang 81,5 cm dengan diameter 20 mm yang diuji dengan beban seberat 13,5 KN Nilai *displacement* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Nilai *displacement shaft* panjang 81.5 cm diameter 20mm.

Nilai *displacement max* yang didapatkan dari analisis diatas sebesar 0,2648 mm. Poros utama yang digunakan adalah jenis *stainles steel* seri 304 yang memiliki tingkat kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap korosi.

4.1.2 Lengan Pengait

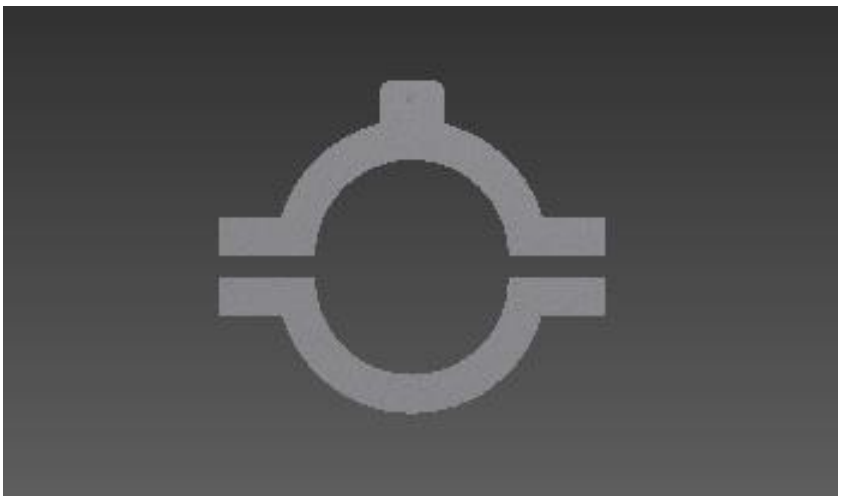
Lengan pengait yang digunakan adalah besi siku ukuran 5 x 5 cm dengan ketebalan 3 mm dengan panjang penggunaan 30 cm yang memungkinkan kekuatannya untuk menopang beban besar. Besi siku dihubungkan pada *linear motion bearing* dengan baut supaya dapat meluncur pada poros sepanjang 81,5 cm dan juga sebagai *axis* ketiga yaitu *axis* y. panjang lengan ini disesuaikan dengan lebar maksimal meja kerja dan panjang maksimal benda yang akan diproduksi. Mekanisme sumbu gerak z dapat dilihat pada gambar Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Linear motion yang digabung dengan besi siku.

4.1.3 Perancangan Klem Pengikat Motor

Penggunaan klem ini berfungsi untuk mengikat, mempertahankan posisi motor agar tidak berubah dan juga menstabilkan getaran yang ada. Desain klem dapat dilihat pada Gambar 4.10.



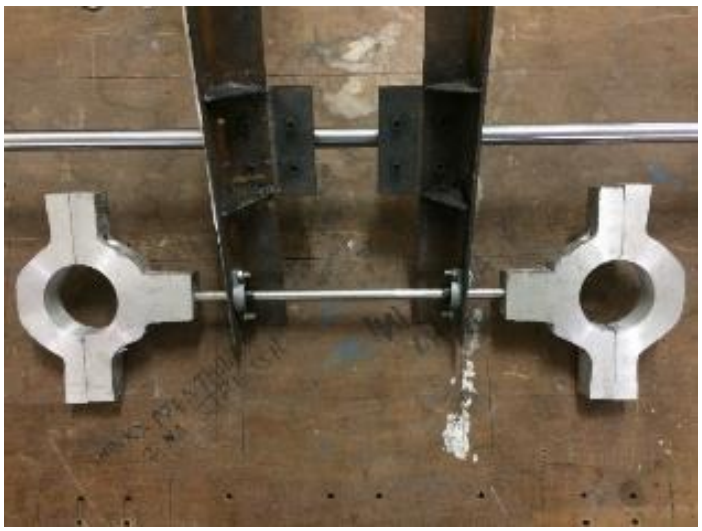
Gambar 4.10 Desain klem.

Setelah desain klem selesai dilanjutkan dengan pembentukan master desain untuk dilanjutkan ke tahap pengecoran aluminium, selanjutnya masuk tahap *machining* hingga tahap *finishing.* Rangkaian klem dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Rangkaian klem.

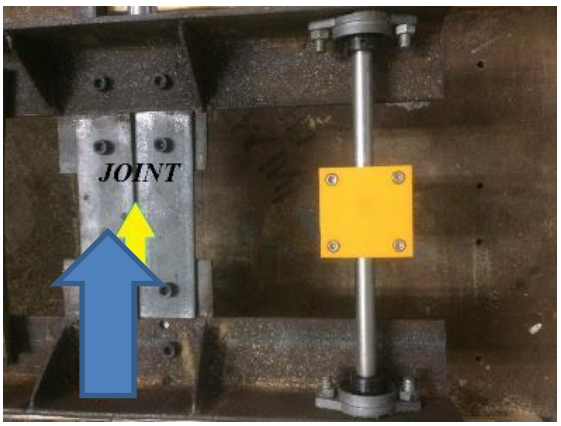
Kedua klem dihubungkan dengan lengan pengait menggunakan sebuah poros *stainless steel* 12 mm yang diposisikan pada dinding besi siku yang sebelumnya telah terpasang *pillow block bearing, yang* berfungsi sebagai tumpuan poros dan juga sebagai gerak *rotary*. Rangkaian klem dengan lengan pengait dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Rangkaian klem dengan poros 12 mm.

4.1.4 *Joint*

Joint ini dirancang dan dibuat untuk menjaga kestabilan antara lengan penghubung satu dengan lainnya. Selain sebagai penghubung lengan *joint* ini juga berfungsi untuk menjaga kestabilan dan keselarasan gerak dari lengan penghubung. Sambungan *joint* dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Rangkaian *joint.*

4.1.5 Beban Penyeimbang

Pembebanan ini untuk menyeimbangkan antara beban mesin bagian depan dan bagian belakang. Peletakan beban penyeimbang ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Beban penyeimbang.

Adanya pembebanan ini membantu memudahkan pola pergerakan mesin dan juga meringankan saat diarahkan bergerak mengikuti pola ukiran yang akan di*copy*. Berat dari beban penyeimbang ini tidak sama dari beban mesin bagian depan, tetapi sedikit lebih berat dibanding beban bagian depan. Perbandingan antara beban mesin bagian depan dengan bagian belakang yaitu 5 dengan 5,2, pembebanan ini akan mempermudah operator saat mengoperasikan mesin, karena lebih mudah saat menarik tuas duplikator kebawah dibanding mendorongnya keatas.

4.1.6 Penghubung Tuas Duplikator

Penghubung ini dirancang untuk kaitan tuas duplikator dengan poros *stainless steel* dengan diameter 12 mm yang sebelumnya sudah dihubungkan dengan klem sehingga ketika digerakkan akan menghasilkan gerakan yang selaras dengan kedua klem motor, yang mengakibatkan gerakan mata pahat pada motor akan selaras dengan gerakan yang dihasilkan mata pahat duplikator. dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Dudukan tuas tuplikator setelah dirangkai.

4.1.7 Tuas Duplikator

Panjang tuas duplikator adalah 15 cm, sehingga memudahkan pada saat pencengkeraman dan membuat pola gerakan relief pada saat pengoperasian. Jarak pada mata pahat dengan bibir duplikator adalah 2 cm, hal ini berkaitan dengan kemampuan alat dalam mencapai titik terdalam pada saat pembuatan relief ukiran.

Parameter lain yang menentukan perilaku dan stabilitas pergerakan kepala duplikator adalah kemampuan dari operator. Karena pahat *router* pada motor akan bergerak selaras dengan pola gerakan dari kepala duplikator. Aplikasi konstruksi tuas duplikator ditunjukan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Rangkaian tuas duplikator.

4.1.8 Mata Pahat Duplikator

Mata Pahat duplikator ini dibuat untuk mengikuti pola master ukiran yang akan di*copy*, selain itu bentuk mata pahat duplikator juga harus sama dengan mata pahat yang digunakan pada *router*. Mata pahat duplikator dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Mata pahat duplikator.

4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Mata Pahat

Pada proses pengujian mesin menggunakan dua jenis mata pisau, yaitu :

a) Mata pahat *straight bit* ukuran 3mm.

Mata pahat ini dapat melakukan pemakanan hingga kedalaman 12,7mm dan lebar 3mm, sehingga dapat cukup menjangkau bagian-bagian relief dengan lebar dan kedalaman tertentu. Mata profil ini cukup efektif digunakan untuk pemakanan bahan baku yang cukup banyak. Mata pahat *Straigt bit* dapat dilihat pada Gambar 4.18



Gambar 4.18 Mata pahat *straight bit.*

b) Mata pahat *v-groove* 90°*bit* ukuran 3mm.

Mata pahat ini dapat melakukan pemakanan hingga kedalaman 12 mm dan lebar 5,2mm, mata pahat ini cukup bagus untuk digunakan pada bagian relief yang tidak terlalu dalam tapi juga tidak terlalu lebar dengan hanya memanfaatkan bagian ujungnya saja. Mata pahat *v-grove* 90°*bit* ukuran 3 mm dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Mata pisau *v-groove* 90° *bit.*

4.2.2 Pengujian Pertama

Pengujian ini menggunakan mata pisau pahat *straight bit* ukuran 3 mm.



Gambar 4.20 Hasil pengujian pertama.

4.2.3 Pengujian Kedua

Pengujian ini menggunakan mata pisau pahat *straight bit* 3 mm.



Gambar 4.21 Hasil pengujian kedua.

4.2.4 Pengujian Ketiga

Pengujian ini menggunakan pisau pahat *v-groove* 90°*bit* lebar 3 mm.



Gambar 4.22 Hasil pengujian ketiga.

4.2.5 Pengujian Keempat

Pengujian ini menggunakan mata pisau pahat *v-groove* 90°*bit* lebar 3 mm.



Gambar 4.23 Hasil pengujian keempat.

4.2.6 Pengujian Kelima

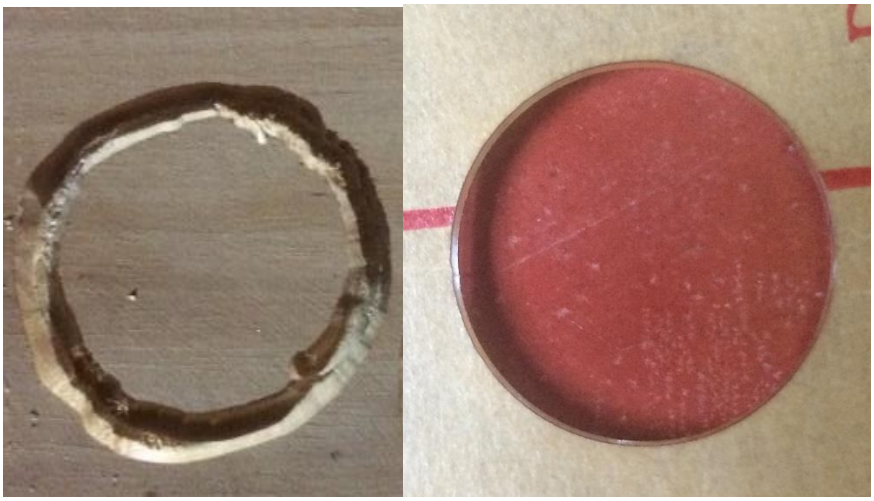
Pengujian ini menggunakan pisau pahat *v-groove* 90°*bit* lebar 3 mm.



Gambar 4.24 Hasil pengujian kelima.

4.2.7 Pengujian Keenam

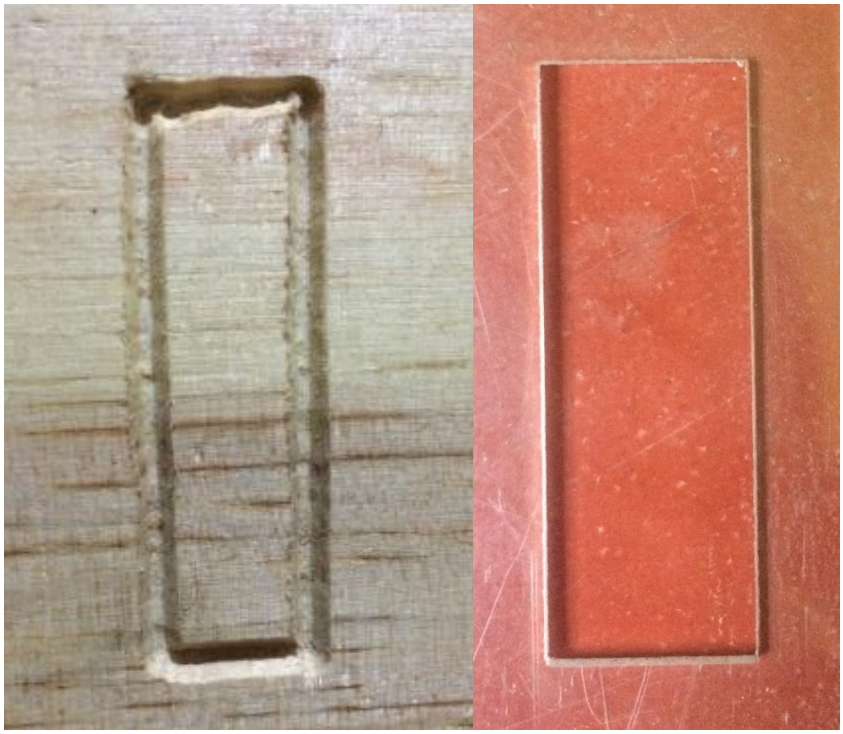
Pengujian ini menggunakan pisau pahat *v-groove* 90°*bit* lebar 3 mm.



Gambar 4.25 Hasil pengujian keenam.

4.2.8 Pengujian Ketujuh

Pengujian ini menggunakan pisau pahat *v-groove* 90°*bit* lebar 3 mm.



Gambar 4.26 Hasil pengujian ketujuh.

4.3 Analisis dan Pembahasan

4.3.1 Analisis dan pembahasan mesin

Setelah mesin melalui tahapan desain, perancangan dan pengujian didapatkan beberapa analisis yang cukup menarik. Dari dimensi produksi yang dibatasi hanya dengan panjang 24,5 cm x lebar 23 cm dan ketebalan bahan produksi antara 2 – 10 cm alat ini sudah cukup mampu menjangkau cukup banyak jenis ukiran yang akan di*copy*.

Pada proses pengujian didapat hasil yang semakin meningkat dari sebelum-sebelumnya, hal ini didukung dari pemilihan ketepatan bahan baku yang akan diproduksi, pemilihan mata pahat, dan juga kesiapan bahan baku yang akan diproduksi.

4.3.2 Analisis dan pembahasan pengujian

a) Pengujian Pertama

Pada pengujian pertama dilakukan penduplikasian terhadap ukiran ornamen jepara. Pada percobaan tersebut menggunakan mata pahat *straight bit* ukuran 3 mm, dengan kedalaman makan 3 mm. Pada pengujian ini berjalan cukup lancar, namun produk yang dihasilkan belum sesuai dengan relief yang di duplikasi. Namun kemampuan mesin untuk mengerjakan bagian pola relief sudah cukup sesuai dengan yang asli. Pada pengujian ini juga diketahui jenis kayu dapat mempengaruhi hasil produksi. Dapat dilihat pada Gambar 4.20.

b) Pengujian kedua

Pengujian ini mengikuti pola gagang talenan, jika dilihat dengan kasat mata hasil dari pengujian kedua ini sudah mencapai nilai diatas 60%, sisanya adalah kegagalan. Warna hitam atau gosong didapat dari pemakanan yang terlalu lama pada bagian tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 4.21.

c) Pengujian ketiga

Pengujian tersebut mencoba mengikuti pola relief yang sedikit kompleks, dan hasilnya belum bisa dibilang memuaskan namun lebih baik dari pada pengujian sebelum-sebelumnya. tidak terjangkaunya beberapa pola diatas diakibatkan kurang handalnya operator, pada kasus mesin ini dibutuhkan

operator yang cukup handal untuk mengoptimalkan kerja mesin agar efektif dan efisien. Pada bagian tertentu juga terdapat perbedaan kedalaman pemakanan yang disebabkan oleh tidak rataan bahan produksi. Dapat dilihat pada Gambar 4.22.

d) Pengujian keempat

Pada pengujian kali ini hasil yang didapatkan lebih memuaskan dari pengujian-pengujian sebelumnya, dari kesuaian pola dan kerapihan menjadi nilai lebih meskipun masih ada beberapa kekurangan. Terbukanya serat kayu menunjukkan tingkat kekeringan kayu mempengaruhi hasil produksi dapat dilihat pada Gambar 4.23.

e) Pengujian kelima

Pada pengujian ini proses duplikasi meniru bentuk oval, tetapi masih memiliki kekurangan pada saat mengikuti pola yang ada, sehingga hasil pengujian ini masih memiliki cacat pada bagian atas. Hal ini disebabkan ada pergerakan pada ragum pada saat proses produksi. Dapat dilihat pada Gambar 4.24.

f) Pengujian keenam

Pengujian ini mencoba mengikuti master berbentuk lingkaran, namun pada hasilnya belum mendekati tingkat kesempurnaan lingkaran, namun untuk pola pergerakan alat sudah cukup baik untuk mengikuti model lingkaran. Dapat dilihat pada Gambar 4.25.

g) Pengujian ketujuh

Pengujian ini mengikuti produk berbentuk persegi, yang memiliki sudut-sudut untuk pengujian kesesuaian penggunaan mata pahat, hasil dari pengujiannya cukup berhasil. Dapat dilihat pada Gambar 4.26.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

a) Alat yang dirancang menggunakan metode duplikasi ini memungkinkan seseorang dapat membuat ukiran dengan mudah.
b) Pada saat proses produksi dapat dilakukan dua pengerjaan produk.
c) Pada saat mengoperasikan mesin operator harus mengerti dan paham tentang bahan produksi dan mata pahat yang akan digunakan, agar pengerjaan lebih efektif dan efisien, sehingga hasil dapat maksimal.

5.2 Saran

Setelah selesai perancangan sistem ini ada beberapa saran untuk perancangan selanjutnya, yaitu sebagai berikut :

a) Perlu adanya SOP dalam menggunakan alat ini, agar performa dari dua motor *router* tetap stabil dan bekerja beriringan dengan maksimal.
b) Pada saat proses produksi diharuskan memakai pakaian kerja.
c) Pada saat proses produksi harus dipastikan pencengkraman ragum.
d) Perlu adanya pengembangan pada mekanisme gerak sumbu y.
e) Perlu adanya pengembangan pada mekanisme ragum.
f) Perlu adanya pengembangan pada mekanisme rotasi.
g) Masih perlu adanya analisis penghematan biaya yang dihasilkan dengan metode *copy*.

DAFTAR PUSTAKA

Agung Nugroho Adi. 2010. Template Laporan TA. Diakses dari nugroho.staff.uii.ac.id. pada 1/1/2011.

Blackwell,A.H., & Manar,E. (2015). *Encyclopedia of Science.* UXL.

Copy Milling Machine. (n.d.) *the great Edition.* (1970-1979). *Retrieved May* 7. https://*encyclopedia2.thefreedictionary*

Kristianto, M. Gani, 1993. Teknik Mendesain Perabot Yang Benar. Penerbit Kanisius. Semarang.

Ningsih, D. H. (2005). *Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur* [CAD/CAM] . *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume X,No. 3*, 143-149.

Quinn, S & Dulieu-Barton, Janice & Eaton-Evans, Jimmy & Tatum, Paul. (2007). Thermoelastic Investigation of Damage Evolution in Small Stainless Steel Pipework. 10.1007/978-1-4020-6239-1_424.

Sandaker, B. N. (2008). *On span and space,* New York: Routledge.

Stevensson, N.L. 1976, *Introduction To Engineering Desagn, Pitman Publishing* Ltd. London.

Wijoyosumarto, S.H dan Martawirya, Y.Y. 1985, "Mesin Perkakas", Laboratoria Teknik Produksi dan Metrologi Industri. Teknik Mesin, ITB.

Widyanto, S.A. dkk, 2014, "Merancang Mesin Perkakas" Universitas Muhammadiyah Surakarta: Muhammadiyah University Press 2014, xxi+272 hlm: 14,8 x 21 cm.

Yon F Huda, M.Eng. 2014. Mahir Menggunakan *Autodesk Inventor Pro* 2013 untuk Menggambar Desain Mesin 3D.

Zimmerer dan scarborough (2005). *Essentials of entrepreneurship and small business management, 4th edition.*

LAMPIRAN 1

Tabel ukuran pilow block UCFL

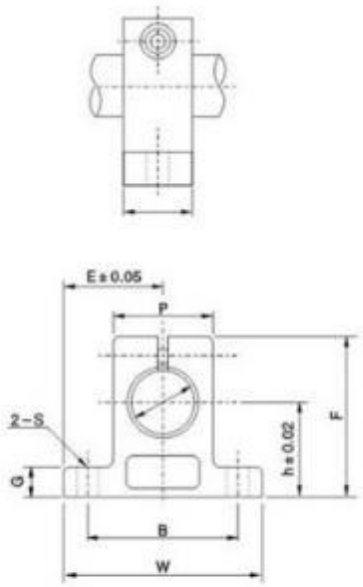


Unit Number	Housing Number	Bearing Number	Shaft Size	H Dimension	L Dimension	J Dimension	Basic Load Ratings Cr	Cor
UCFL201E	FL203E	UC201	12 mm	98 mm 3-27/32 in	56 mm 2-7/32 in	76.2 mm 3 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCFL201-8E	FL203E	UC201-8	1/2 in	98 mm 3-27/32 in	56 mm 2-7/32 in	76.2 mm 3 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCFL202E	FL203E	UC202	15 mm	98 mm 3-27/32 in	56 mm 2-7/32 in	76.2 mm 3 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCFL202-10E	FL203E	UC202-10	5/8 in	98 mm 3-27/32 in	56 mm 2-7/32 in	76.2 mm 3 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCFL203E	FL203E	UC203	17 mm	98 mm 3-27/32 in	56 mm 2-7/32 in	76.2 mm 3 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCFL204-12E	FL204E	UC204-12	3/4 in	113 mm 4-7/16 in	60 mm 2-3/8 in	89.7 mm 3-17/32 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCFL204E	FL204E	UC204	20 mm	113 mm 4-7/16 in	60 mm 2-3/8 in	89.7 mm 3-17/32 in	12.8 kN 2877 lb	6.65 kN 1494 lb
UCFL205-14E	FL205E	UC205-14	7/8 in	130 mm 5-1/8 in	68 mm 2-11/16 in	98.8 mm 3-57/64 in	14 kN 3147 lb	7.85 kN 1764 lb
UCFL205-15E	FL205E	UC205-15	15/16 in	130 mm 5-1/8 in	68 mm 2-11/16 in	98.8 mm 3-57/64 in	14 kN 3147 lb	7.85 kN 1764 lb
UCFL205E	FL205E	UC205	25 mm	130 mm 5-1/8 in	68 mm 2-11/16 in	98.8 mm 3-57/64 in	14 kN 3147 lb	7.85 kN 1764 lb
UCFL205-16E	FL205E	UC205-16	1 in	130 mm 5-1/8 in	68 mm 2-11/16 in	98.8 mm 3-57/64 in	14 kN 3147 lb	7.85 kN 1764 lb
UCFL206-18E	FL206E	UC206-18	1-1/8 in	148 mm 5-13/16 in	80 mm 3-5/32 in	116.7 mm 4-19/32 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCFL206E	FL206E	UC206	30 mm	148 mm 5-13/16 in	80 mm 3-5/32 in	116.7 mm 4-19/32 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCFL206-19E	FL206E	UC206-19	1-3/16 in	148 mm 5-13/16 in	80 mm 3-5/32 in	116.7 mm 4-19/32 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCFL206-20E	FL206E	UC206-20	1-1/4 in	148 mm 5-13/16 in	80 mm 3-5/32 in	116.7 mm 4-19/32 in	19.5 kN 4383 lb	11.3 kN 2540 lb
UCFL207-20E	FL207E	UC207-20	1-1/4 in	161 mm 6-11/32 in	90 mm 3-17/32 in	130.2 mm 5-1/8 in	25.7 kN 5777 lb	15.4 kN 3462 lb
UCFL207-21E	FL207E	UC207-21	1-5/16 in	161 mm 6-11/32 in	90 mm 3-17/32 in	130.2 mm 5-1/8 in	25.7 kN 5777 lb	15.4 kN 3462 lb
UCFL207-22E	FL207E	UC207-22	1-3/8 in	161 mm 6-11/32 in	90 mm 3-17/32 in	130.2 mm 5-1/8 in	25.7 kN 5777 lb	15.4 kN 3462 lb

https://art-ikels.blogspot.co.id/search/label/semua

LAMPIRAN 2



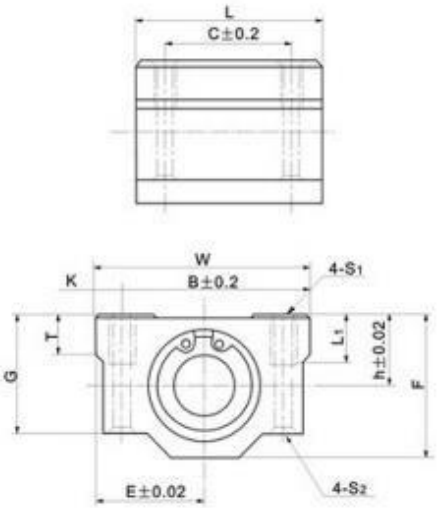


MODEL NO.	SHAFT DIAMETER	MAIN DIMENSIONS(mm)									DESIGNATION OF CLAMPING BOLT	DESIGNATION OF MOUNTING BOLT	WEIGHT (kg)
		h	E	W	L	F	G	P	B	S			
SK3	3	20	21	42	14	37.5	6	18	32	5.5	M4	M5	0.024
SK4	4	20	21	42	14	37.5	6	18	32	5.5	M4	M5	0.024
SK5	5	20	21	42	14	37.5	6	18	32	5.5	M4	M5	0.024
SK6	6	20	21	42	14	37.5	6	18	32	5.5	M4	M5	0.024
SK8	8	20	21	42	14	37.5	6	18	32	5.5	M4	M5	0.024
SK10	10	20	21	42	14	37.5	6	18	32	5.5	M4	M5	0.024
SK12	12	23	21	42	14	37.5	6	20	32	5.5	M4	M5	0.030
SK13	13	23	21	42	14	37.5	6	20	32	5.5	M4	M5	0.030
SK16	16	27	24	48	16	44	8	25	38	5.5	M5	M6	0.040
SK20	20	31	30	60	20	51	10	30	45	6.6	M6	M6	0.070
SK25	25	35	35	70	24	60	12	38	56	6.6	M6	M8	0.130
SK30	30	42	42	84	28	70	12	44	64	9	M8	M10	0.180
SK35	35	50	49	98	32	82	15	50	74	11	M8	M10	0.270
SK40	40	60	57	114	36	96	15	60	90	11	M10	M10	0.420
SK50	50	70	63	126	40	120	18	74	100	14	M12	M12	0.750
SK60	60	80	74	148	45	136	18	90	120	14	M12	M12	1.100

http://www.3dprintingstore.co.za/mechanics/aluminium-rod-mount-for-10mm-rod-sk10-1-pair/

LAMPIRAN 3

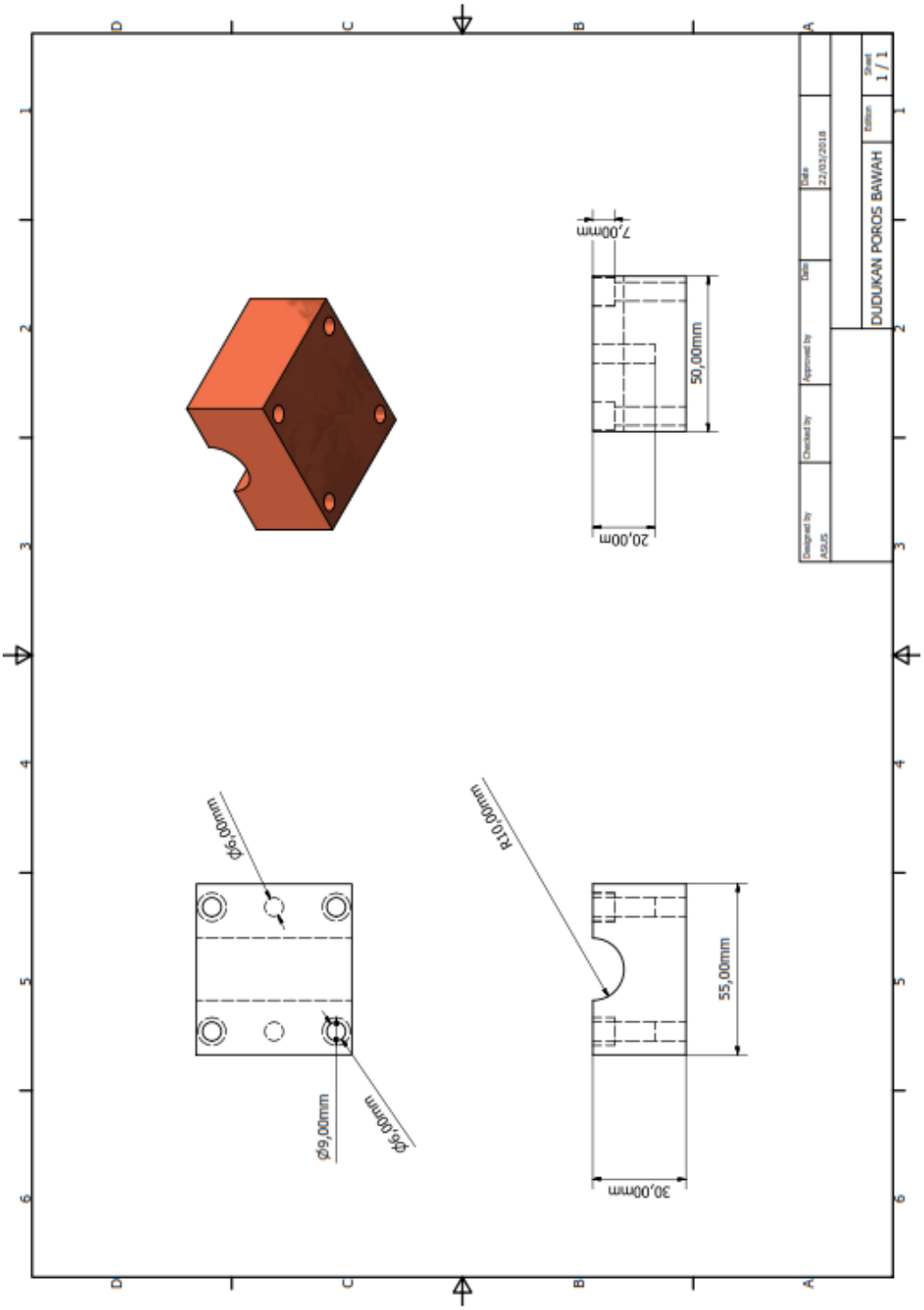




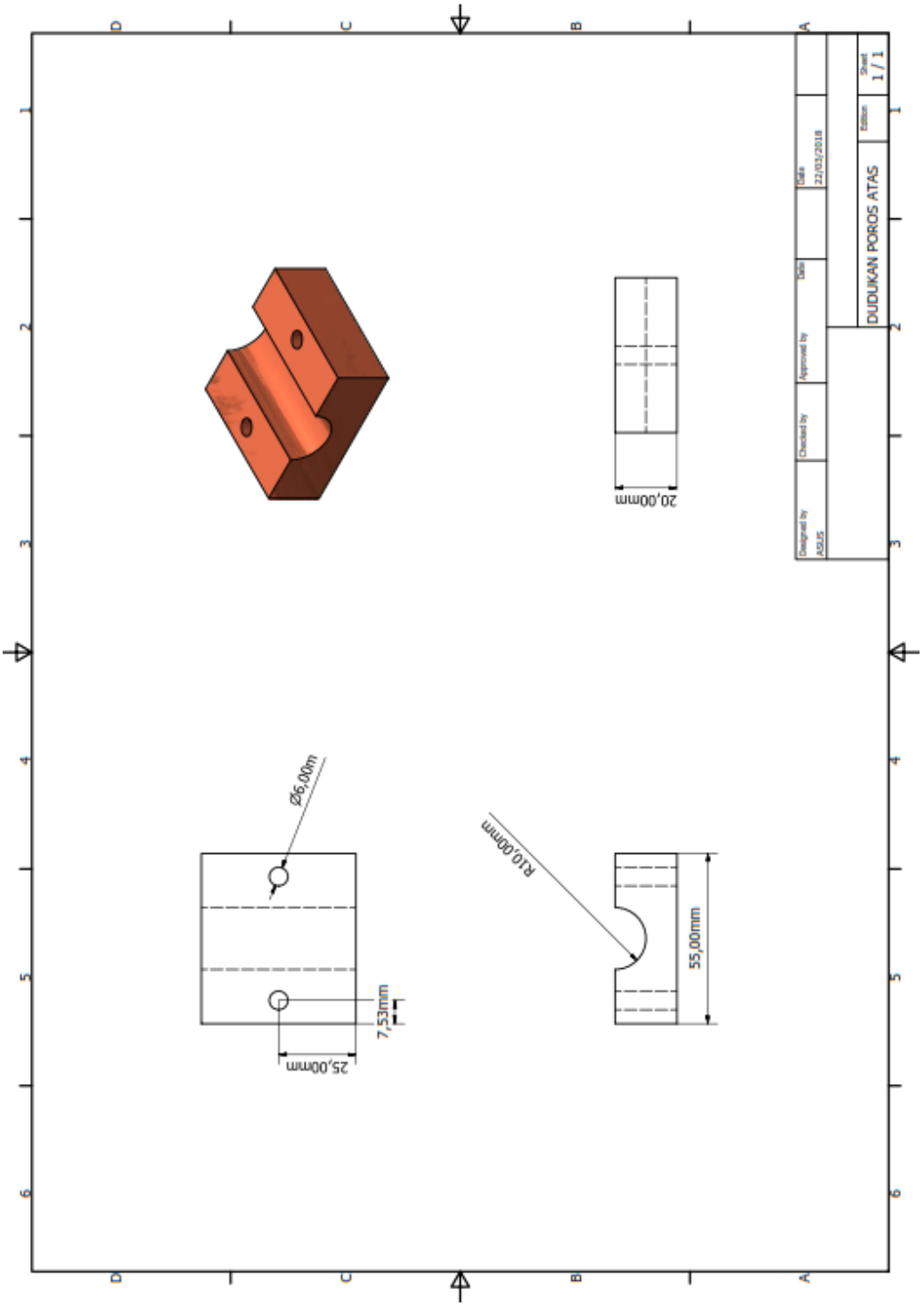
滑块型号 Unit Designation	主要尺寸Dimensions (mm)													配合直线轴承Slide bush			重量 Weight (g)
	T	h	E	W	L	F	G	B	C	K	S1	S2	L1	型号 Designation	基本负荷率 Basic load rating C dynamic C N	C0 static C0N	
SCS6UU	6	9	15	30	25	18	15	20	15	5	M4	3.4	8	LM6LUU	206	265	34
SCS8UU	6	11	17	34	30	22	18	24	18	5	M4	3.4	8	LM8LUU	274	392	52
SCS10UU	8	13	20	40	35	26	21	28	21	6	M5	4.3	12	LM10LUU	372	549	92
SCS12UU	8	15	21	42	36	28	24	30.5	26	5.75	M5	4.3	12	LM12LUU	510	784	102
SCS13UU	8	15	22	44	39	30	24.5	33	26	5.5	M5	4.3	12	LM13LUU	510	784	120
SCS16UU	9	19	25	50	44	38.5	32.5	36	34	7	M5	4.3	12	LM16LUU	774	1180	200
SCS20UU	11	21	27	54	50	41	35	40	40	7	M6	5.2	12	LM20LUU	882	1370	255
SCS25UU	12	26	38	76	67	51.5	42	54	50	11	M8	7	18	LM25LUU	980	1570	600
SCS30UU	15	30	39	78	72	59.5	49	58	58	10	M8	7	18	LM30LUU	1570	2740	735
SCS35UU	18	34	45	90	80	68	54	70	60	10	M8	7	18	LM35LUU	1670	3140	1100

http://www.3dprintingstore.co.za/mechanics/aluminium-rod-mount-for-10mm-rod-sk10-1-pair/

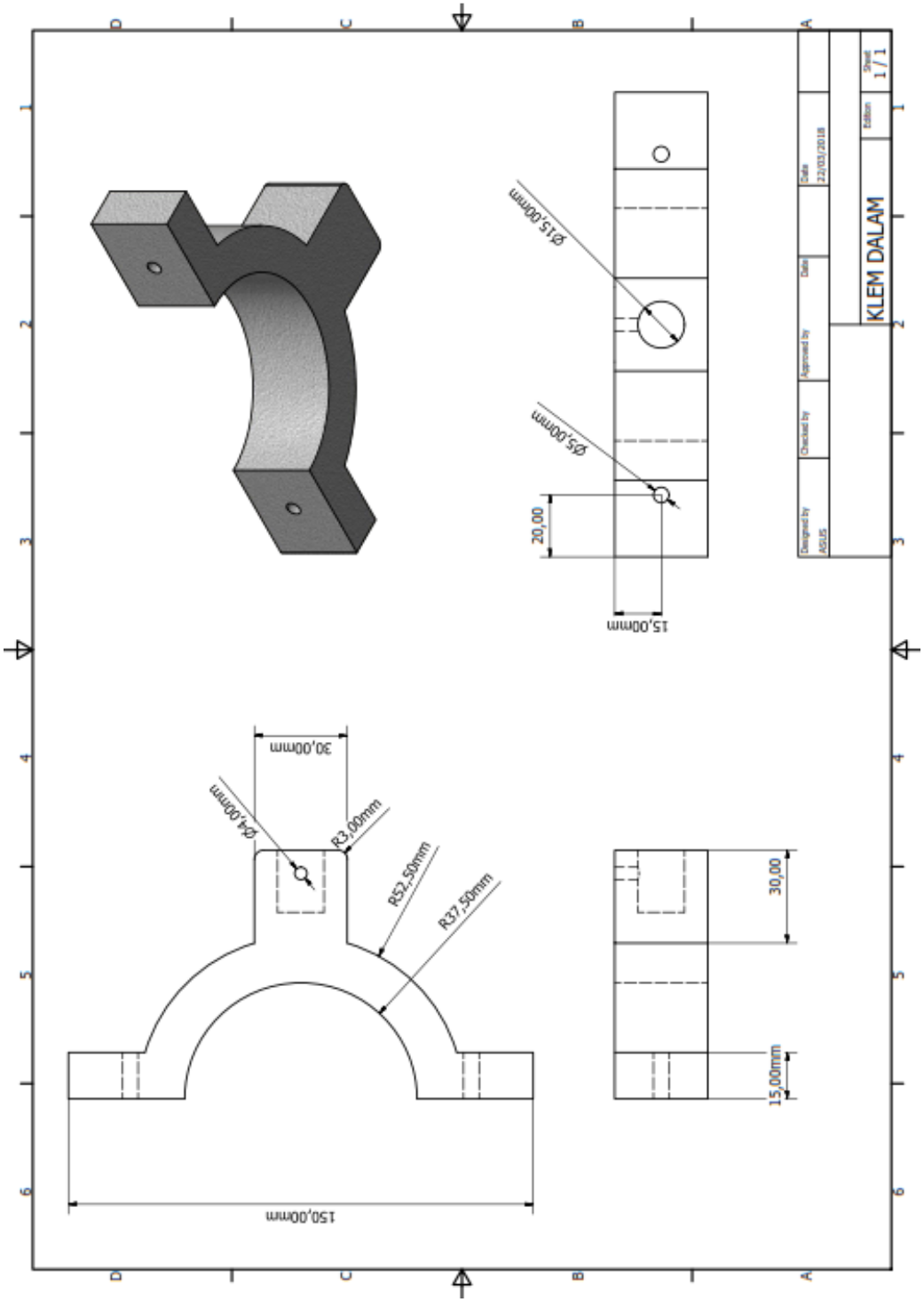
LAMPIRAN 4


DUDUKAN POROS BAWAH
Sheet 1 / 1
Edition
Date 22/03/2018
Data
Approved by
Checked by
Designed by AGUS
7,00mm
50,00mm
20,00mm
R10,00mm
55,00mm
30,00mm
Ø6,00mm
Ø9,00mm
Ø6,00mm

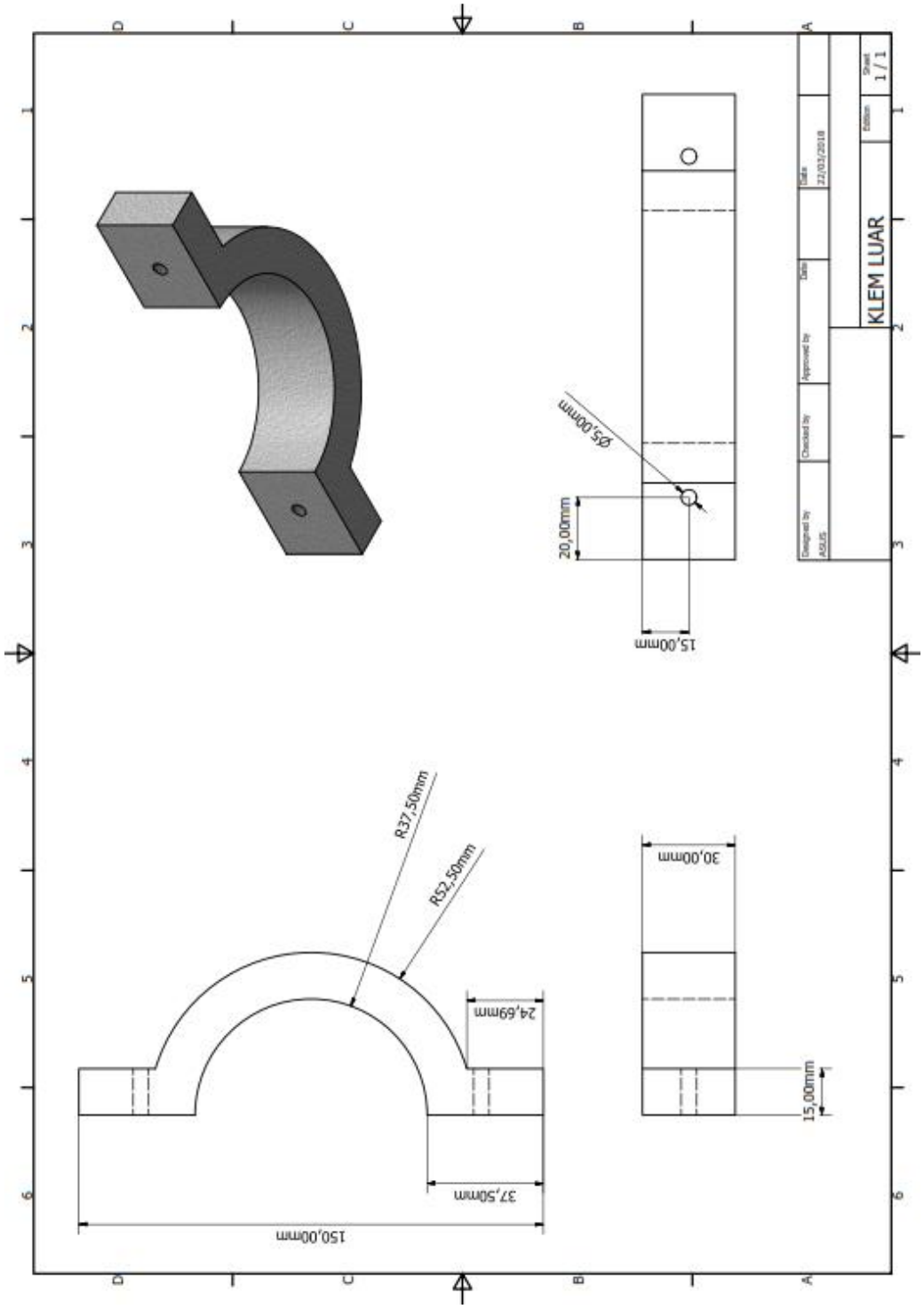
LAMPIRAN 5


DUDUKAN POROS ATAS
Sheet 1 / 1
Edition
Date 22/03/2018
Data
Approved by
Checked by
Designed by AGUS
20,00mm
Ø6,00mm
7,53mm
25,00mm
R10,00mm
55,00mm

LAMPIRAN 6


KLEM DALAM
Ø15,00mm
Ø5,00mm
20,00
15,00mm
30,00mm
Ø4,00mm
R3,00mm
R52,50mm
R37,50mm
150,00mm
30,00
15,00mm

LAMPIRAN 7


KLEM LUAR
Sheet 1 / 1
Edition
Date 22/03/2018
Designed by AGUS
Checked by
Approved by
Date
Ø5,00mm
20,00mm
15,00mm
R37,50mm
R52,50mm
24,69mm
37,50mm
150,00mm
30,00mm
15,00mm