

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KALIGRAFI
PADA PLAT ALUMINIUM DENGAN TEKNIK ENGRAVING
MENGUNAKAN TEKNOLOGI CAD CAM CNC**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Melaksanakan Tugas Akhir pada Teknik Mesin**



Disusun oleh :

Nama : HENDRO PRASTYO
No. Mahasiswa : 03 525 056

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2011

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KALIGRAFI PADA PLAT
ALUMINIUM DENGAN TEKNIK ENGRAVING MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI CAD CAM CNC**

TUGAS AKHIR



Disusun oleh :

Nama : HENDRO PRASTYO

No. Mahasiswa : 03 525 056

Yogyakarta, _____ 20__

Disetujui

Pembimbing

(Muhammad Ridwan,ST.,MT.)

Tanggal :

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KALIGRAFI
PADA PLAT ALUMINIUM DENGAN TEKNIK ENGRAVING
MENGUNAKAN TEKNOLOGI CAD CAM CNC**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : HENDRO PRASTYO

No. Mahasiswa : 03525056

**Telah Dipertahankan di Depan Sidang penguji Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 30 Desember 2011**

Tim Penguji

Tanda Tangan

Muhammad Ridwan,ST.,MT.

Ketua

Tanggal :

Vendy Antono, ST.,MT

Anggota I

Tanggal :

Mohammad Faizun,ST.,M.Eng

Anggota II

Tanggal :

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Universitas Islam Indonesia

(Agung Nugroho Adi,ST.,MT.)

HALAMAN PERSEMBAHAN

KUPERSEMBAHKAN TUGAS AKHIR INI
untuk

AYAH dan IBU

Terimakasih atas segala pengorbanan,dukungan, cinta, kasih sayang dan doanya kepada Anak mu ini, serta kakak-kakak ku yang slalu mendukung setiap langkah ku

Semoga ALLAH SWT selalu melindungi kita...

Amiiiiiiiiinnnn....



MOTTO

Menaklukkan dunia tidak lebih sulit dari menaklukkan diri sendiri

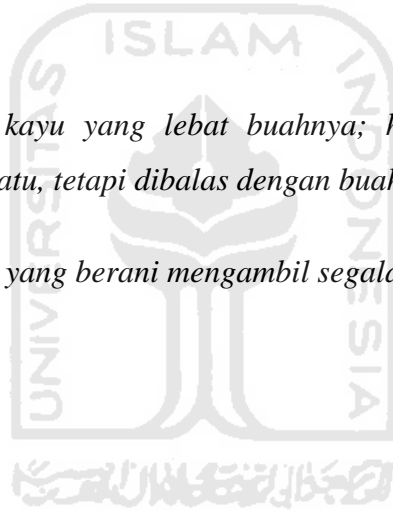
“.....sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar” (Al-Baqoroh :153)

Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak. (Aldus Huxley)

Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi. (Ernest Newman)

Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya; hidup di tepi jalan dan dilempari orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah. (Abu Bakar Sibli)

Orang yang sukses, orang yang berani mengambil segala resiko.



KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, penulis mengucapkan sukur kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Perancangan dan Pembuatan Kaligrafi Pada Plat Aluminium dengan Teknik Engraving Menggunakan Teknologi CAD CAM CNC”** Perancangan dan pembuatan kaligrafi pada plat aluminium dengan teknik engraving menggunakan teknologi CAD CAM CNC” yang merupakan syarat untuk mendapatkan Sarjana Stara Satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Muhammad Ridlwan, ST.MT sebagai dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan pelaksanaan tugas akhir ini. Selain itu penulis haturkan juga rasa terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu tersayang semoga lekas sembuh, kakakku tercinta atas dukungan baik lahir maupun batin dalam penyelesaian tugas akhir ini. Seluruh keluarga dengan segala dukungan dan doanya.
2. Fatul Wahid, ST.,Msc. Sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
3. Bapak Muhammad Ridwan,ST.,MT. Selaku dosen pembimbing tugas akhir atas kesabarannya yang tak pernah lelah memberikan motivasi dan dorongan nya.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademis maupun administratif.
5. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin UII

6. Teman-teman satu atap anton, uje, dika terima kasih untuk persahabatan yang kalian berikan.
7. Rekan-rekan yang tidak bisa sebutkan satu persatu atas bantuannya hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga apa yang diberikan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Tidak ada karya yang sempurna, namun besar harapan penulis dibalik ketidak sempurnaan ini, banyak manfaat yang dapat dipetik oleh semua pihak khususnya bagi penulis sendiri.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat merangsang lahirnya pemikiran-pemikiran baru untuk melakukan penelitian lebih lanjut yang akan melengkapi hasil penelitian ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.



Yogyakarta, 30 Desember 2011

Penyusun

ABSTRAKSI

Pemanfaatan teknologi mulai dari perancangan sampai pembuatan produksi jadi dengan efisiensi tinggi sudah tidak bisa dihindarkan lagi dalam dunia industri, baik industri besar maupun industri kecil dengan produk yang teliti. Pada industry engraving sekarang ini menjadi perubahan dari proses manual menjadi proses otomatis dengan menggunakan mesin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu analisis yang dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat suatu produk dengan menggunakan mesin CNC. Analisis proses pemesinan yang dilakukan mencakup analisis parameter pemesinan, analisis waktu dan analisis hasil atau produk. Pembuatan produk berupa kaligrafi ini menggunakan mesin CNC freis tipe Roland EGX 600 dengan perancangan berupa software ArtCAM Pro dengan desain grafis berupa bitmap.

Proses pemesinan CNC dengan teknik engraving ini menggunakan material yang berupa aluminium

Kata kunci : CNC, Vektor, bitmap, Proses Pemesinan, engraving, aluminium, conical .

DAFTAR ISI

Halaman judul	i
Lembar pengesahan dosen pembimbing	ii
Lembar pengesahan dosen penguji	iii
Halaman persembahan.....	iv
Halaman moto	v
Halaman abstraksi	viii
Kata pengantar	vi
Daftar isi	ix
Daftar gambar	xii
Daftar tabel	xiii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
2.1 Pengertian Engraving	5
2.1.1 Proses pembuatan kaligrafi	7
2.2 Auto CAD	8
2.3 Art CAM	8
2.3.1 Data vektor	9
2.3.2 Data bitmap	10
2.3.3 Relief	10
2.4 Mesin CNC	11
2.4.1 Keuntungan mesin CNC	11
2.4.2 Kerugian mesin CNC	12
2.5 Pahat	12

2.5.1	Material pahat	13
2.5.2	Speed baja tinggi	13
2.5.3	Carbon steel	13
2.5.4	High speed steel	13
2.5.5	Cast alloy	14
2.5.6	Carbide	14
2.6	Bahan.....	15
2.7	Proses pemesinan	16
2.8	Elemen-elemen dasar pemesinan	17
2.9	Proses pemesinan freis	21
2.10	Jig and fixture	23
BAB III		24
Metodologi Penelitian		25
3.1.2	Bahan	27
3.2	Perancangan disain	27
3.3	Menentukan strategi pemesinan	30
3.4	Proses finishing	31
3.5	Menentukan tipe pahat	31
3.6	Simulasi pemesinan	33
3.7	Pemasangan benda kerja	34
3.7.1	Pemasangan pahat	35
3.7.2	Pengaturan titik nol	35
3.7.3	Melakukan pemesinan	35
BAB IV		37
4.1	Analisis kegagalan pada proses pemesinan	37
4.2	Analisis pemesinan dengsn perubahan step over	37
1.	Kegagalan disebabkan permukaan material yang tidak rata.....	39
2.	Kegagalan disebabkan bergesernya pencekam pada <i>fixture</i>	39
3.	Kegagalan disebabkan gram yang dihasilkan menempel pada benda kerja.....	43
4.	Kegagalan disebabkan pada gambar <i>bitmaps</i>	40

BAB V.....	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
Daftar pustaka	44
Lampiran	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	macam macam burin	6
Gambar2.2	burin berbentuk V	6
Gambar 2.3	Contoh vektor	10
Gambar 2.4	Contoh bitmap	10
Gambar 2.5	Contoh relief	11
Gambar 2.6	Kedalaman potong arah sumbu Z	19
Gambar 2.7	End Milling	21
Gambar 2.8	Profile Milling	22
Gambar 2.9	Surface contouring	22
Gambar 2.10	fixture	23
Gambar 3-1	<i>Flowchart</i> Penelitian	24
Gambar 3-2	Mesin Roland EGX 600	25
Gambar 3-3	Spesifikasi Roland EGX 600	26
Gambar 3.4	Gambar disain dengan Auto CAD	29
Gambar 3.5	Gambar sebelum di edit	29
Gambar 3.6	Gambar setelah di edit	29
Gambar 3.7	Bentuk 3D	30
Gambar 3.8	Pahat <i>Ballnose</i>32
Gambar 3.9	Pahat <i>conical</i>	32
Gambar 3.9	Summary tool path	34
Gambar 3.10	Pemasangan <i>jig</i> dan <i>fixture</i> pada benda kerja	35
Gambar 3.11	Tampilan <i>Command Prompt</i>	37
Gambar 4.1	Kurva stepover terhadap waktu	41
Gambar 4.2	Pemesinan menggunakan stepover 0,15	41
Gambar 4.3	Pemesinan menggunakan stepover 0,341	41
Gambar 4.4	Permukaan material yang tidak rata.	42
Gambar 4.5	Hasil pemesinan yang gagal.	42
Gambar 4.6	Hasil pemesinan yang gagal.	43
Gambar 4.7	Hasil pemesinan yang gagal.	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Pahat HSS (Suwadi)	14
Table 2-2	Tabel kecepatan potong mesin <i>freis</i> sesuai jenis pahat dan material (Oswald dan Amand, 1976)	17
Tabel 3.1	Tabel sifat-sifat fisik aluminium 27	
Tabel 3.2	Sifat-sifat mekanik aluminium 27	
Tabel 3.3	Setandar ukuran pahat untuk proses engraving	33
Tabel 3.4	Parameter pemesinan sesuai dengan jenis benda kerja (buku panduan Roland EGX 600/400)	38
Tabel 4.1	Perbandingan <i>stepover</i> terhadap waktu	40



lampiran



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan produk kerajinan pada industri kecil dan menengah (IKM) di Indonesia semakin meningkat dari waktu ke waktu salah satunya adalah produk kerajinan berbahan plat tipis (Furi, 2007). Dalam usahanya membuat berbagai kerajinan para perajin industri berusaha meningkatkan mutu dan mempercepat proses produksi tanpa menghilangkan unsur seni di dalamnya. Para perajin dituntut untuk bisa memenuhi kebutuhan pasar yang semakin meningkat dan persaingan harga di antara pengusaha. Untuk mengatasinya berbagai cara dilakukan oleh industri yaitu dengan meningkatkan produktivitas pekerjanya dan menciptakan produk yang berbeda serta memiliki keunggulan dari produk lain.

Engraving (ukiran halus) adalah praktek desain menggores pada permukaan, *drive* biasanya datar, dengan memotong alur ke dalamnya. Proses ini dikembangkan di Jerman sekitar tahun 1430. Biasanya teknik *engraving* digunakan oleh para tukang emas untuk mendekorasi karya mereka. Pembuat *engraving* tradisional memakai alat dari logam yang diperkeras yang disebut dengan *burin* untuk mengukir desain ke permukaan logam. Alat ukir ini memiliki bermacam-macam bentuk dan ukuran untuk menghasilkan jenis garis yang berbeda-beda. (www.antaresinc.net)

Teknik *engraving* merupakan ketrampilan yang rumit, karena dalam kegiatan menggrafir umumnya lebih membutuhkan usaha serta memakan waktu lebih lama. Oleh karena itu kegiatan menggrafir lebih sering dikerjakan oleh perajin emas terdidik atau para pelukis. Untuk mengatasi masalah tersebut para pengrajin bisa memanfaatkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang dengan sangat cepat. Kemajuan ini termasuk dalam dunia industri dan multimedia. Dalam dunia industri misalnya, mesin produksi atau mesin perkakas sudah banyak menggunakan teknologi tinggi seperti mesin *frais*, mesin

bor, mesin bubut dan lain-lain. Sedangkan kemajuan teknologi di bidang multimedia yang sangat pesat salah satunya adalah komputer.

Penggunaan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan , salah satunya dengan mengaplikasikan program komputer ke dalam mesin-mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin *freis*, mesin bor, mesin las, mesin gerinda dan lain-lain. Hasil gabungan antara teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan mesin *CNC* (*Computer Numerically Controlled*), yang mana pengoperasiannya menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, maka mesin perkakas *CNC* akan menghasilkan produk yang memiliki kualitas yang sama antara produk yang satu dengan produk lainnya, lebih teliti (akurat), lebih tepat (presisi), luwes (fleksibel) dan cocok untuk menghasilkan produk dalam kuantitas besar dalam waktu yang relatif lebih singkat.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain dan membuat kerajinan dengan menggunakan software CAD, Art CAM.
2. Menentukan strategi pemesinan seperti apakah yang harus diterapkan pada proses pemesinan pada mesin CNC dengan bahan plat tipis.
3. Bagaimana menghasilkan produk yang baik sesuai dengan hasil perancangan dengan strategi yang diterapkan.

1.3 Batasan Masalah

Dengan adanya batasan masalah penulis dapat lebih menyederhanakan dan mengarahkan penelitian agar tidak menyimpang dari apa yang diteliti. Penulis akan menerangkan sebagai berikut:

1. Material yang digunakan pada proses pemesinan CNC adalah plat alumunium.

2. Desain yang digunakan berupa tulisan kaligrafi.
3. Perancangan produk dengan menggunakan *software* CAD.
4. Mesin yang digunakan dalam analisa strategi ini adalah mesin CNC *Engraving*.
5. Analisa pemesinan lebih difokuskan pada pengaruh parameter proses terhadap kualitas hasil *engraving*.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diambil tujuan dari tugas akhir yaitu

1. Bagaimana mendesain dan membuat kerajinan dengan menggunakan *software* CAD, Art CAM. Untuk menentukan strategi pemesinan seperti apakah yang harus diterapkan pada proses pemesinan pada mesin CNC dengan bahan plat tipis.
2. Dapat menguasai dan menjalankan mesin CNC.
3. Dapat menentukan material yang cocok digunakan pada pemesinan terutama berbahan aluminium.

Dari tujuan diatas dapat menghasilkan produk yang baik sesuai dengan hasil perancangan dengan strategi yang diterapkan. Sehingga dihasilkan relief atau ukiran pada permukaan plat aluminium dengan hasil yang halus, serta baik.

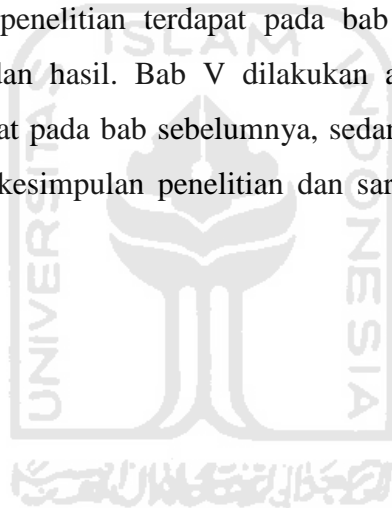
1.5 Manfaat Tugas Akhir

Penelitian ini akan memberikan kontribusi meningkatkan apresiasi kecintaan terhadap produk lokal serta dapat memperkaya dan memperkokoh khasanah budaya Indonesia. Pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya bidang teknik mesin karena dapat menemukan strategi dan metode pemesinan yang efektif pada mesin CNC. Terutama pada proses pemesinan dengan media plat aluminium. Selain itu aplikasinya sangat luas di segala bidang dan tentunya tidak lepas dari permasalahan-permasalahan yang mungkin saja terjadi dan manfaatnya dapat dinikmati dalam dunia pendidikan dan perindustrian.

Bagi peneliti sendiri dapat membuka pola pikir dan dapat menerapkan teori yang telah diperoleh kedalam teknologi.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan tugas akhir ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan agar mempermudah pembahasan. Pokok-pokok pembahasan dalam penulisan ini dibagi menjadi empat bab yang terdiri dari, bab I berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Pada bab II akan diberikan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam pemecahan masalah. Untuk metode penelitian terdapat pada bab III. Pada bab IV akan membahas pelaksanaan dan hasil. Bab V dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil yang didapat pada bab sebelumnya, sedangkan bab VI merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Engraving

Engraving (ukiran halus) adalah praktek desain menggores pada permukaan, *drive* biasanya datar, dengan memotong alur ke dalamnya. Proses ini dikembangkan di Jerman sekitar tahun 1430. Biasanya teknik *engraving* digunakan oleh para tukang emas untuk mendekorasi karya mereka. Pembuat *ngravinge* tradisional memakai alat dari logam yang diperkeras yang disebut dengan *burin* untuk mengukir desain ke permukaan logam. Alat ukir ini memiliki bermacam-macam bentuk dan ukuran untuk menghasilkan jenis garis yang berbeda-beda (www.antaresinc.net).

Line engraving (grafir garis) pada logam, yang sejumlah besar telah dikembangkan dari kegiatan kerajinan para pertukangan emas untuk ornamentasi senjata dan barang-barang logam berharga lainnya, teknik ini tidak memunculkan teknik cetak-mencetak hingga abad ke 15. Teknik *engraving* merupakan ketrampilan yang rumit karena dalam kegiatan *menggrafir* umumnya lebih membutuhkan usaha serta biasanya memakan waktu lebih lama dari pada *block cutting*. Oleh karena itu kegiatan *menggrafir* lebih sering dikerjakan oleh perajin emas terdidik atau para pelukis. Karena tembaga, logam biasa digunakan dalam *engraving* .

Gravers datang dalam berbagai bentuk dan ukuran yang menghasilkan jenis garis yang berbeda. Pada *burin* menghasilkan kualitas yang unik dapat dikenali dari garis yang ditandai dengan penampilan stabil, yang disengaja dan tepi bersih. Pada *burin* berbentuk "v" pada *engraving* menghasilkan garis sangat halus dan bertepi tajam. *Burins* yang persegi atau memanjang berbentuk berlian digunakan untuk memotong garis lurus. *Gravers* bulat biasanya digunakan pada perak untuk membuat pemotongan terang, serta lainnya sulit-potong logam seperti nikel dan baja. Alat-alat lain seperti *rocker mezzotint*, *roulets* dan *burnishers* digunakan untuk efek tekstur.



Gambar 2.1 macam-macam burin



Gambar 2.2 burin berbentuk V

Bukti dan sejarah *engraving*, bukti pertama untuk pola ukiran manusia ditemukan di Afrika Selatan di Batu hunian *Diepkloof* yang terdapat pada kulit telur burung unta dan digunakan sebagai wadah air. Ukiran ini diperkirakan berusia sekitar 60.000 SM pada zaman Batu Tengah. Di zaman dahulu ukiran hanya ada pada logam, yang bisa dilakukan adalah alur dangkal yang ditemukan di beberapa perhiasan setelah awal milenium SM I. Mayoritas terdapat pada desain terukir di cincin emas kuno atau barang lain yang diproduksi dengan mengejar atau kadang-kadang kombinasi dari hilang-lilin casting. Ukiran pada tulang dan gading adalah teknik penting bagi Seni dari *Paleolitik* Muda. Dan lebih besar terukir pada batu *petroglyphs* ditemukan dari periode prasejarah dan budaya di seluruh dunia.

2.1.1 Proses Pembuatan Kaligrafi

Untuk membuat hiasan kaligrafi dengan teknik *engraving* bisa dilakukan dengan berbagai macam cara salah satunya adalah dengan proses *manufaktur*. Istilah *manufaktur* pertama kali digunakan pada tahun 1622, kata *manufaktur* itu sendiri berasal dari bahasa latin *manus* dan *factus*. *Manus* artinya tangan sedangkan *factus* artinya membuat. Jadi *manufaktur* dapat diartikan sesuatu yang dibuat dengan tangan. *Manufaktur* merupakan metode yang umum dipakai Dalam proses membuat sesuatu. (groover 2002) Selain itu proses teknik *engraving* bisa menggunakan mesin. Proses pemesinannya menggunakan *software* Art CAM kemudian dikirim ke mesin CNC. Art CAM merupakan program (*software*) khusus yang dapat memberikan kemudahan bagi pemakainya. Untuk merancang suatu produk dalam bentuk 2D dan 3D dengan kualitas tinggi (delcam 2004).

Adapun beberapa keuntungan mesin perkakas *CNC* yaitu : produktifitas tinggi, ketelitian pengerjaan tinggi dan dapat digabung dengan mesin lain dalam hal ini adalah mesin *CAD/CAM* dengan perangkat tambahan sehingga pemakaian mesin *CNC* akan lebih efektif, waktu produksi lebih cepat, kapasitas produksi lebih cepat, kapasitas produksi lebih besar, dan biaya pembuatan produk lebih murah (Beno S, 2006:2).

Dengan digabungnya mesin *CNC* dengan *CAD/CAM* akan lebih efektif, karena dengan adanya mesin *CAD/CAM* operator tinggal membuat program benda kerja dan program tersebut dapat disimpan dalam komputer atau disket. Setelah program dibuat, operator bisa melihat kembali program tersebut dan dapat mengeksekusinya dalam bentuk simulasi, sehingga bila ada kesalahan program dapat diketahui lebih dahulu sebelum di eksekusi ke mesin sebenarnya. Sehingga penggunaannya akan lebih efektif dan efisien. Selain itu program yang sudah dibuat dapat digunakan secara berulang-ulang (untuk produksi massal).

2.2 Auto CAD

Auto CAD merupakan salah satu perangkat lunak yang sangat populer dalam bidang proses desain rekayasa. Pertama kali diluncurkan pada tahun 1982 oleh *Autodesk Corp.* dengan kemampuan yang sangat terbatas. Saat ini *Auto CAD* sudah mempunyai kemampuan yang sangat banyak. Beberapa keuntungan dengan menggunakan *Auto CAD* antara lain: tingkat presisi tinggi, waktu yang efisien, dan mampu dibaca perangkat lunak lain.

2.3 Art CAM

Art CAM merupakan salah satu perangkat lunak yang unik untuk memudahkan pembuatan produk 3D dengan kualitas tinggi dari gambar 2D baik yang berbasis data *bitmap* maupun *Vektor*. *Art CAM* mentransformasi ide menjadi produk jadi dengan lebih cepat dibanding metode konvensional. Meskipun pengerjaan tangan diperlukan, pada saat menggunakan *Art CAM* dan pemesinan dengan menggunakan mesin CNC dapat dikerjakan suatu produk dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat. Pada umumnya perancangan dimulai dari sketsa konsep asli atau dari sebuah foto. Sketsa atau foto tersebut bisa dirubah atau digambar kembali secara keseluruhan dalam *software ArtCAM*. *ArtCAM pro* merupakan *software* khusus yang memberikan kemudahan bagi pemakainya untuk merancang suatu produk 3D dengan kualitas tinggi. Sama halnya dengan cara lain, perancangan dengan *ArtCAM* mempunyai tujuan untuk membuat atau merancang suatu produk sesuai dengan yang kita inginkan.

ArtCAM bisa digunakan untuk merancang bentuk 2D dan kemudian diubah menjadi model 3D atau bisa juga langsung *mentransfer* foto atau gambar yang sudah ada menjadi model 3D. Selain itu kita bisa melihat simulasi proses pemesinan dari produk yang akan kita buat sebelum ditransfer ke mesin CNC.

Langkah-langkah dalam pembuatan *engraving* meliputi :

1. Perancangan desain 2D.

Pembuatan disain awal menggunakan Art CAM . disain 2D bias ditampilkan dalam *software* Art CAM Yang berupa *bitmap* (bmg) *image* (tif, pcx, gif, jpg) maupun *vector* (dxf, dwg) dan *software* Art CAM, warna-warna penyusun *bitmap* mendefinisikan ketinggian relief.

2. Pemodelan dalam 3D.

Disain 3D dalam bentuk relief dari disain 2D yang dapat dibentuk tinggi rendahnya relief yang menggunakan *software* Art CAM. Gambar yang berupa *bitmap* atau *vector* yang dapat dibuat tampilan 3D dalam *software* Art CAM tersebut dengan metode *Shape editor* atau *extrude*.

3. Strategi pemesinan

Dalam menu *tool path* yang terdapat pada *software* ArtCAM berfungsi untuk menentukan jenis pahat yang akan digunakan dalam proses pemesinan.

4. Proses pembuatan *engraving*.

Dalam pembuatan kaligrafi yang menggunakan teknik *engraving* maka proses pemesinan dapat menggunakan *software* Art CAM yang berupa data. Dari Art CAM yang di *transfer* ke mesin CNC menggunakan *Software command promt*. Sehingga proses produksi bisa dilakukan.

2.3.1 Data Vektor

Data *vektor* merupakan data yang didefinisikan secara matematik. Obyek atau gambar data *vektor* tersimpan dalam bentuk data geometri yang terdiri dari sejumlah titik dan garis atau kurva yang terhubung. Data *vektor* sangat fleksibel dan dapat dimanipulasi dengan mudah dan akurat. Contoh gambar vektor pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 contoh vektor

2.3.2 Data Bitmap

Bitmap merupakan data yang terdiri dari kumpulan nilai warna dari tiap-tiap piksel sebuah gambar. Data *bitmap* mempunyai karakter berupa resolusi dan kedalaman bit. Contoh gambar bitmap terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh bitmap

2.3.3 Relief

Relief merupakan kumpulan dari bentuk tiga dimensi. Sebuah relief terbuat dari satu atau lebih bentuk tiga dimensi. Sebuah bentuk tiga dimensi menjadi bagian atau keseluruhan dari relief. Contoh relief terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Contoh relief

2.4 Mesin CNC

Mesin *CNC* (*Computer Numerically Controlled*) secara singkat dapat diartikan suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa *numeric* (perintah gerakan dan berhenti dengan menggunakan kode angka dan huruf) (Lilih, 2001:1). Misal: pada layar monitor mesin kita tulis M03, maka *spindel* mesin akan berputar, sedang jika kita tulis M05 maka *spindel* mesin akan mati, dan masih banyak kode angka huruf untuk berbagai perintah kerja mesin lainnya.

Dengan adanya mesin *CNC* dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin sedang beroperasi, sehingga mempermudah serta mempercepat pekerjaan suatu produk. Mesin *CNC* memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan mesin perkakas *konvensional* sejenis.

2.4.1 Keuntungan mesin CNC antara lain:

1. Sangat fleksibel, karena untuk membuat suatu produk baru hanya dibutuhkan suatu program baru.
2. Dapat meningkatkan kualitas, akurasi dari suatu prodak.

3. Waktu produksi lebih cepat.
4. Biaya pembuatan produk lebih stabil.
5. Kapasitas produksi lebih besar.
6. Mampu membuat produk yang kompleks profil 2D maupun 3D.
7. Ketergantungan pada operator yang ahli dapat dihindarkan.
8. Mencegah *human errors*.
9. Lebih aman dalam beroperasi.
10. Dapat digabung dengan mesin lain dalam hal ini adalah mesin *CAD/CAM* dengan perangkat tambahan sehingga pemakaian mesin *CNC* akan lebih efektif, Dan masih banyak lagi keuntungan dari mesin *CNC* yang lain (Beno S, 2006:8)

2.4.2 Kerugian mesin CNC

1. Biaya yang lebih mahal pada waktu investasi awal.
2. *Maintenance* lebih sulit.
3. Diperlukan seorang *programmer* yang ahli dan terlatih.

2.5 Pahat

Pahat merupakan salah satu alat yang sangat penting untuk proses pemesinan dalam pembuatan produk. Untuk mendapatkan produk yang maksimal dalam perancangan serta dapat menghasilkan produk yang presisi dan akurat maka kita harus bisa menentukan jenis pahat sesuai dengan disain relief yang ada.

Beberapa elemen pahat yang bisa didefinisikan antara lain.

1. Badan (body)
Bagian pahat yang dibentuk menjadi mata potong atau tempat untuk sisipan potong.
2. Pemegang / gagang
Bagian pahat yang digunakan untuk mesin perkakas.
3. Lubang pahat (tool bore)
Lubang pada pahat yang dapat dipasang pada poros utama spindle atau poros pemegang dari mesin perkakas.

4. Sumbu pahat (tool axis)

Garis maya yang digunakan untuk mendefinisikan geometri pahat umumnya merupakan garis tengah dari pemegang atau lubang tengah.

2.5.1 Material Pahat

Pahat haruslah lebih keras daripada benda kerja yang akan dipotongnya. Ada lima bahan utama yang umum digunakan sebagai bahan pahat yaitu *Carbon Steel*, *High Speed Steel*, *Cast Alloy*, dan *Carbide*

2.5.2 Speed Baja Tinggi

Speed baja tinggi merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan berbagai paduan baja yang digunakan untuk alat pemotong. Bahan-bahan ini menggabungkan jumlah yang bervariasi dari unsur-unsur yang berbeda (*Tungsten*, *Molybdenum*, *Cobalt*, dll) untuk menghasilkan kekerasan yang spesifik dan karakteristik pemotongan. Alat *High Speed Baja* lebih tangguh daripada yang terbuat dari karbida, namun mereka tidak memiliki kekerasan atau ketahanan abrasi.

2.5.3 Carbon Steel

Carbon steel merupakan bahan pahat yang pertama kali ditemukan. *Carbon steel* terbuat dari besi dengan kandungan karbon berkisar antara 0,7% - 1,2%. Panas yang terjadi pada waktu operasi, cepat membuat bahan ini menjadi lunak sehingga bahan ini hanya dipergunakan untuk operasi-operasi dengan *cutting speed* dan *feeding* yang rendah. *Cutting speed* maksimum adalah 7,5 m/mnt dan panas temperatur maksimum yang diijinkan adalah 200 °C (473 °F). (Rizqolnadi, 2010).

2.5.4 High Speed Steel (HSS)

Bahan ini merupakan penyempurnaan dari *Carbon Steel* dengan tambahan beberapa sehingga diperoleh karakteristik pemotongan yang seperti diinginkan.

Ada tiga macam bahan yang dihasilkan, yaitu :

- Tambahkan *Tungsten* dan *Manganese* menghasilkan HSS.
- Tambahkan *Tungsten*, *Chromium* dan *Vanadium* menghasilkan HSS.
- Tambahkan *Cobalt* menghasilkan super HSS.

Tabel 2.1 Karakteristik Pahat HSS (Suwadi)

Material	Max cut speed (m/mnt)	Max cut temp (C)
HSS (<i>Tungsten</i> dan <i>Manganese</i>)	10	260 °C
HSS (<i>Tungsten</i> , <i>Chromium</i> dan <i>Vanadium</i>)	22,5	540 °C
Super HSS	45	870 °C

HSS memiliki kemampuan maksimum *cutting speed* yang tinggi dan temperatur yang tinggi, memungkinkan bahan ini dipakai pada tingkat pemakanan yang lebih tinggi.

2.5.5 *Cast Alloy*

Cast alloy adalah bahan gabungan yang bahan utamanya terdiri dari *Tungsten*, *Chromium*, dan *Cobalt* yang dituang bersama-sama. Material yang terjadi adalah material *non ferro* yang kuat, keras dan mempunyai daya pendinginan yang tinggi sehingga dapat digunakan pada operasi-operasi dengan *cutting speed* 30 m/mnt dan temperatur maksimum 580 °C (Rizqolnadi, 2010).

2.5.6 *Carbide*

Bahan ini dibuat dari *tungsten* yang dijadikan tepung, ditekan, dan akhirnya dilelehkan pada suhu yang sangat tinggi, untuk bahan pahat gunakan panas sekitar 1370 °C. Bubuk *tungsten* pada waktu dipanaskan akan membentuk gabungan yang akhirnya menjadi massa yang solid disebut *carbide*. *Carbide* mempunyai maksimum *cutting*

speed yang tinggi yaitu 90 m/mnt dan temperatur maksimum 1100 °C (Rizqolnadi, 2010), sehingga memungkinkan pemakaian *cutting speed* yang tinggi. Kerugian dari bahan ini adalah sifatnya yang getas (rapuh) sehingga kejutan tekanan harus dihindarkan.

2.6 Bahan

Aluminium ditemukan oleh *Sir humphrey davy* tahun 1809. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi dan baja. Diantara logam *non fero*. Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik serta sifat-sifat yang baik sebagai sifat logam. Berikut ini adalah tabel dari sifat-sifat aluminium AL-MG lihat table 2.2.

Tabel 2.2 Tabel sifat-sifat mekanik dan fisik paduan AL-MG

Sifat-sifat mekanik dan fisik paduan AL-MG	
Kekuatan tarik	28,8 Kgf/mm ²
Titik cair	653-657 °C
Kekuatan geser	16,9 Kgf/mm ²
Hantaran listrik (%)	59 dianil
Tahanan listrik koefisien temperature (°C)	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,5 x 10 ⁻⁶
Masa jenis (20°C)	2,71
Kekuatan mulur (0,2%)	25,3 Kgf/mm ²
Perpanjangan	8 %
Panas jenis (100°C)	0,2297
Kekerasan brinell	85
Batas lelah	13,4 Kgf/mm ²

Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekanik yang semakin meningkat aluminium dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni secara satu-satu atau bersamaan, Selain itu mempunyai sifat baik lain nya berupa ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Sehingga material ini cocok digunakan untuk peralatan rumah tangga dan keperluan industri karena harganya yang sangat murah. aluminium yang akan kita gunakan ini berbentuk plat aluminium tipis berbentuk segi empat dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 60 mm dan ketebalan 1,2 mm.

2.7 Proses Pemesinan

Proses pemesinan logam (*machining*) merupakan suatu proses pengerjaan atau pembuatan benda kerja (*work place*) sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan dengan cara memotong bagian-bagian tertentu, dengan membuang sebagian benda kerja tersebut yang disebut geram melalui proses pemesinan. Pemotongan terjadi akibat adanya tekanan antara pahat dan benda kerja yang menimbulkan gesekan-gesekan diantara lapisan-lapisan benda kerja sehingga lapisan tersebut terkelupas dan terjadilah geram-geram.

Dalam proses pemesinan logam diperlukan bermacam-macam jenis pahat (*tool*) disesuaikan dengan macam operasi yang dilakukan, jenis mesin operasi, material benda kerja, dan bentuk benda kerja yang diinginkan. Bentuk yang dihasilkan oleh pemotongan logam tergantung pada bentuk pahat (*toolshape*) dan arah gerak relatif antara pahat dengan benda kerja (*work place*).

Pemesinan biasanya dilakukan untuk menghasilkan bentuk dengan toleransi dimensi yang tinggi, permukaan yang halus dan geometri yang rumit. Kualitas permukaan potong tergantung pada kondisi pemotongan (*cutting condition*), misalnya kecepatan potong rendah dengan *feed* dan *depth of cut* yang besar menghasilkan permukaan yang kasar (*roughing*), sebaliknya kecepatan potong tinggi dengan *feed* dan *depth of cut* yang kecil menghasilkan permukaan yang halus (*finishing*).

Proses pemesinan atau proses pemotongan logam tergantung pada :

1. Bentuk benda potong yang dihasilkan.
2. Bentuk pahat potong (*tool shape*).

3. Sifat gerak relatif yang diterapkan.
4. Kualitas permukaan.

Beberapa parameter yang penting dalam pemesinan :

1. *Stepover* : Langkah pemakanan arah sumbu y (mm).
2. *Stepdown* : Kedalaman pemakanan arah sumbu z (mm).
3. *Feed rate* : Kecepatan pemakanan benda kerja (mm/detik).
4. *Plunge rate* : Kecepatan turunnya pahat ketika akan memakan benda kerja (mm/detik).
5. *Spindle speed* : Kecepatan putar *spindle* (rpm).

Pemesinan merupakan operasi sekunder karena biasanya dilakukan pada benda kerja yang dihasilkan oleh primer yaitu proses mengubah bahan baku (*rawmaterial*) dari bentuk awal ke bentuk geometri dasar yang diperlukan produk jadi seperti penuangan atau pengacoran (*casting*), proses pengolahan bentuk (*metal forming*), pengecoran panas dan penempaan, karena bentuk yang beranekaragam maka proses pemesinan yang dilakukan bermacam-macam sesuai dengan dengan bidang yang dihasilkan silinder atau rata.

2.8 Elemen-elemen Dasar Pemesinan

1. Kecepatan potong (*cutting speed*), v (m/mnt)

Salah satu faktor penting yang berpengaruh pada efisiensi proses *milling* adalah kecepatan potong. *Cutting speed* adalah suatu kecepatan dari titik tertentu pada mata potong (*cutting edge*) melalui benda kerja. Jika pemotongan berjalan terlalu lambat akan terjadi pemborosan waktu, saat kecepatan berlebihan berakibat tingginya waktu produksi sebab dibutuhkan waktu yang banyak untuk beberapa kali penggantian pahat potong. Kira-kira diantara kedua perbedaan besar ini merupakan efisiensi kecepatan pemotongan untuk pemesinan material. Dalam memilih *cutting speed* dipakai dua kriteria tertentu yaitu :

- a. *Minimum production cost.*
- b. *Minimum production time.*

Cutting speed optimum memberikan *production cost minimum* pada *cutting speed* konstan.

Table 2-3 Tabel kecepatan potong mesin *freis* sesuai jenis pahat dan material (Oswald dan Amand, 1976)

Material	<i>High Speed Steel Cutter</i>		<i>Carbide Cutter</i>	
	mm/mnt	ft/mnt	m/mnt	ft/mnt
<i>Machine Steel</i>	21-30	70-100	45-75	150-250
<i>Tool Speed</i>	18-20	60-70	40-60	125-200
<i>Cast Iron</i>	15-25	50-80	40-60	125-200
<i>Bronze</i>	20-35	65-120	60-120	200-400
Almunium	150-300	500-1000	150-300	1000-2000

Untuk memperoleh penggunaan maksimal dari pemotong, kecepatan yang tepat pada pemotong harus diputar berdasarkan yang ditetapkan, ketika proses pemesinan baja, pemotong harus mencapai kecepatan permukaan kira-kira 30m per meter, karena diameter pemotongan berpengaruh pada kecepatan, menyebabkan perlunya mempertimbangkan diameter pada perhitungan. (Rizqolnadi, 2010)

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (\text{m/mnt}) \dots \dots \dots (2.1)$$

- keterangan : V = Kecepatan potong (m/mnt)
d = Diameter pahat (mm)
n = Putaran poros (*spindle speed*), (rpm)

2. Kecepatan Pemakanan (*Feeding Speed*), v_f (mm/mnt)

$$v_f = f_c \cdot Z \cdot n \quad (\text{mm/mnt}) \dots \dots \dots (2.2)$$

- keterangan : f_c = Gerak makan pergigi pahat (*feed per tooth*), mm/tooth
n = Putaran poros (*spindle*), rpm
Z = Jumlah gigi pahat

Gerakan *feeding* adalah gerak untuk membawa benda kerja atau alat pemotong dalam garis kerja yang tegak lurus terhadap gerak potong, besarnya gerakan ini disebut

feeding. Pemakanan mesin *milling* ditetapkan sebagai jarak dalam millimeter (*inch*) per menit yakni langkah kerja pemotongan. Hal ini membolehkan pemakanan yang lebih cepat untuk yang lebih luas dan putaran pemotongan yang lambat.

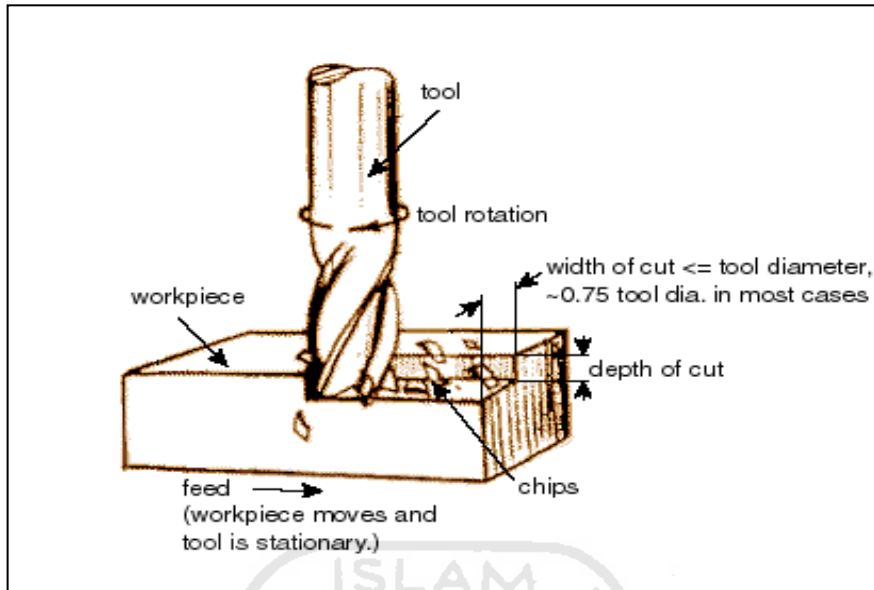
Kecepatan pemakanan yang digunakan pada mesin *milling* tergantung pada beberapa faktor, seperti :

- a. Kedalaman dan lebar dari pemotongan.
- b. Bentuk atau tipe pemotongan.
- c. Ketajaman pemotongan.
- d. Material benda kerja.
- e. Kekuatan dan keseragaman benda kerja.
- f. Kekuatan dan kekakuan mesin.

3. Kedalaman Potong (*Depth of cut*), a (mm)

Untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih halus, perlu mempertimbangkan pemesian *milling* yang bagus untuk proses *roughing* dan proses *finishing*. Pemotongan pada proses *roughing* sebaiknya tebal atau dalam, dengan pemakanan sesuai dengan kerja dan sesuai dengan kemampuan mesin. Untuk pemakanan yang lebih dalam atau pemakanan yang lebih tebal sebaiknya menggunakan pahat *helical* yang mempunyai jumlah gigi sedikit. Pemotongan dengan jumlah gigi sedikit dan memiliki jarak geram yang besar dibandingkan dengan yang mempunyai banyak gigi.

Pahat *finishing* harus lebih tajam, dengan pemakanan yang lebih halus dibandingkan dengan menggunakan pahat *roughing*. Pahat yang lebih tajam dan kedalaman penghalusan dengan perbedaan yang mencolok tidak baik karena geram diambil oleh masing-masing gigi akan tipis dan pahat akan sering bergesekan pada permukaan benda kerja, menyebabkan pahat tumpul. Pada saat proses penghalusan terakhir dibutuhkan, pemakanan dengan kecepatan pemotong yang tinggi harus dikurangi, kebanyakan pahat tumpul oleh kecepatan tinggi dari pada pemakanan yang banyak atau tebal.



Gambar 2.6 Kedalaman potong arah sumbu Z
 (www.custompartnet.com/image/cutting/mach...file.png)

4. Kecepatan Penghasilan Geram (*Rate of metal removal*), z (cm^3/mnt)

Mekanisme pembentukan geram adalah logam yang pada umumnya bersifat ulet (*ductile*) apabila mendapat tekanan akan timbul tegangan (*stress*) didaerah disekitar konsentrasi gaya penekanan mata potong pahat. Tegangan pada logam (benda kerja) tersebut mempunyai orientasi yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearing stress*) yang maksimum, apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutuskan benda kerja diujung pahat pada suatu bidang geser (*shear plane*).

Pada proses pemesinan *milling* tidak menghasilkan geram dengan tebal yang tetap melainkan membentuk koma atau serbuk. Bentuk geram dipengaruhi oleh kecepatan makan (*feed rate*, v_f), lebar pemotongan benda kerja (*stepover*, w), dan kedalaman potong (*depth of cut*, a) sehingga didapat rumus perhitungan kecepatan penghasilan geram : (Rizqolnadi, 2010)

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000} \text{ (cm}^3\text{/mnt)} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.9 Proses Pemesinan *Freis* (*milling*)

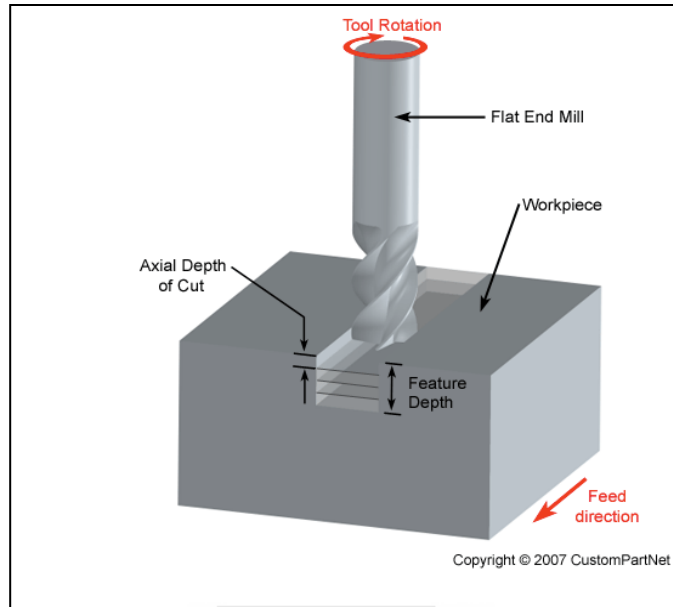
Proses *milling* adalah proses menghilangkan material dengan menggunakan alat potong yang berputar. Proses *milling* merupakan salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan untuk membuat suatu bentuk motif tertentu pada bidang datar dengan gerak makan (*feeding movement*). Proses dari CNC *milling* terdiri dari dua prosedur, yang pertama adalah lintasan pahat (*toolpathing*), yakni proses menterjemahkan model 3D dari komputer menjadi sebuah lintasan pada CNC *milling*, sedangkan yang kedua adalah proses pemesinan itu sendiri yakni menterjemahkan *toolpath* menjadi sebuah perintah pada mesin yang menggerakkan pahat arah sumbu x, y dan z.

Salah satu bagian pengerjaan pemesinan ini adalah memakan melalui pahat *silindris* yang berputar dengan bagian tepi yang dipotong berkali-kali. Prinsip kerja dari proses ini adalah mengumpankan benda kerja kepada pisau potong yang berputar secara *stasioner*. Sumbu putar pahat pemotong tegak lurus arah pemakanan dari fitur merupakan hal yang membedakan *freis* atau *milling* dari *drill*. Proses *freis* tidak hanya menghasilkan permukaan yang rata melainkan juga untuk menyelesaikan permukaan dengan berbagai macam profil.

1. Proses *Roughing*

Proses *roughing* merupakan proses pengurangan material sesuai dengan bentuk relief. Proses ini mencakup proses *end mill* dan *profilemilling*. Pada proses ini pemakanan dilakukan secara bertahap sampai mencapai ketebalan tertentu. Langkah pemakanan bertahap pada seluruh permukaan benda kerja ini disebut dengan *slice*. Ketebalan *slice* sama dengan nilai kedalaman pemakanan (*stepdown*).

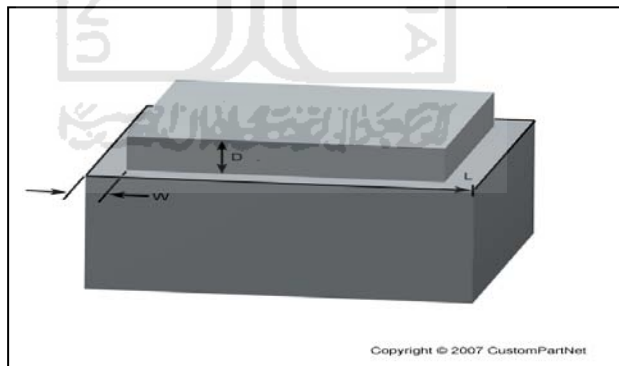
Pada proses *end milling* digunakan diameter pahat lebih kecil dari bidang yang dikerjakan, jadi ada pengurangan material dari benda kerja yang dilakukan oleh pahat, sehingga bentuk relief pada benda kerja akan tampak namun bentuknya belum sempurna.



Gambar 2.7 *End Milling*

(www.custompartnet.com/image/1/mach...file.png)

Profile milling merupakan bentuk dari proses pemesinan *end milling* dimana pengurangan material dari benda kerja dilakukan pada sisi luar dari suatu bidang datar untuk mendapatkan bentuk atau dimensi sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.8 *Profile Milling*

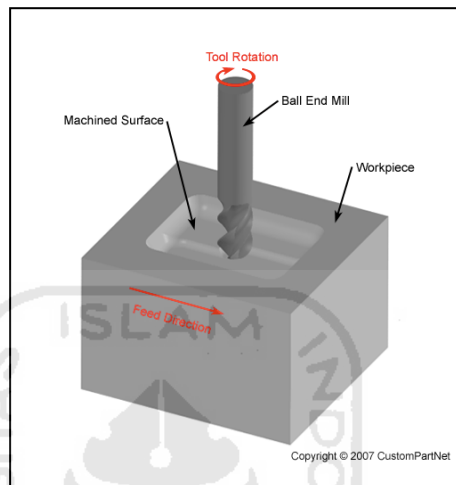
(www.custompartnet.com/image/2/mach...file.png)

2. Proses *Finishing*

Surface contouring merupakan pemesinan pada bagian permukaan benda kerja sesuai bentuk (kontur) atau dimensi dari relief yang diinginkan. Pahat pada proses ini ujungnya berbentuk bola (*ball nose*) yang bergerak maju mundur sepanjang bidang

melengkung maupun datar dengan interval yang sangat dekat untuk menciptakan suatu bentuk relief.

Proses *finishing* atau *surface contouring* ini merupakan proses pemakanan sisa *roughing*, proses ini bertujuan untuk menghasilkan bentuk relief yang halus dan sempurna sesuai keinginan.



Gambar 2.9 *Surface contouring*
(www.custompartnet.com/image/3/mach...file.png)

2.10 Jig dan fixture

Jig dan *fixture* adalah alat bantu dalam proses manufaktur untuk menghasilkan produk atau komponen yang seragam dan presisi (Hoftmen, 1996). *Jig* dan *fixture* diperlukan untuk memegang dan menempatkan setiap komponen secara khusus. *Jig* dan *fixture* mempunyai arti definisi yang sangat dekat dan kadang membingungkan. Perbedaan yang bisa disimpulkan *jig* merupakan alat untuk memegang menempatkan benda kerja yang akan diproses, sekaligus mengarahkan *tools* diposisinya. Sedangkan *fixture* tidak mengarahkan *tools*.

Jadi fungsi utama *jig* dan *fixture* adalah membantu untuk mempercepat proses pengerjaan terutama untuk produksi masal. Mempermudah *positining* yang berulang-ulang pada (*drilling, miling, boring*) agar diperoleh ketelitian yang tinggi.

Pada dasarnya *jig* dan *fixture* dibuat dengan metode atau prinsip yang sama yaitu dengan selalu memperhatikan *locartorys* dan *positioners*. Biasanya *fixture* lebih kuat dan berat dibandingkan *jig* untuk komponen yang sama.

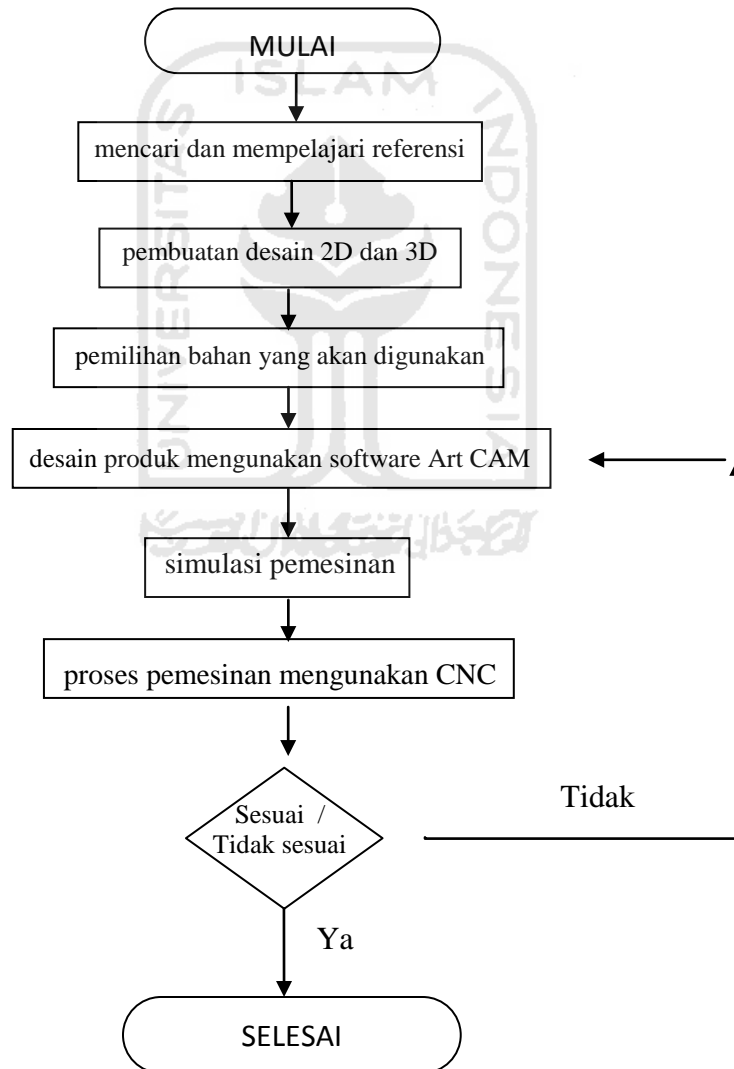


Gambar 2.10 *fixture*

BAB III

METODOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan hasil pemesinan yang optimal dilakukan beberapa kali percobaan, dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan data-data proses pemesinan. Data-data yang disajikan berupa parameter pemesinan pengaruhnya terhadap waktu dan hasil pemesinan. Data yang didapat dianalisis sehingga dapat diketahui hasil pemesinan yang optimal. Proses pemesinan dilakukan di laboratorium CAD, CAM, CAE jurusan teknik mesin UII.



Gambar 3-1 Flowchart Penelitian

3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin CNC jenis *milling* tipe Roland EGX 600, lihat gambar 3.2
2. Pahat *flat conical* diameter 0,25mm
3. Obeng plus (+) dan obeng min (-)
4. Kunci pas 10 dan kunci pas 14
5. *Jig dan Fixture*
6. Amplas



Gambar 3-2 Mesin Roland EGX 600

(Sumber:http://www.bhinneka.com/products/sku00006512/roland_egx-600.aspx)

Working Area	610 (X) x 407 (Y) x 42.5 (Z) mm
Carriage Operating Speed	XY-Axis : 1-100 mm/sec, Z-Axis : 1 - 50 mm/sec
Cutttable Material	wood, urethan foam, plastic, acrylic and light metals (aluminum and brass)
Resolution	<ul style="list-style-type: none"> ● Software : 0.01 mm/step ● Mechanical : XY-axis : 0.003 mm/step, Z-axis : 0.0025 mm/step
Spindle Motor	72 W (DC brushless motor)
Spindle Rotating Speed	8.000 to 30.000 rpm
Cutter Diameter	4.36 mm for engraver cutter, 3,4,5,6 mm (using collect chuck for end mill)
Interface	Parallel, Serial, MMC
Power	1.6 A/230 V
Included Software	3D Engrave, Dr. Engrave
Dimensions	995 (W) x 820 (D) x 521 (H) mm / 64 kg
Cutters - Engravers (Option)	<ul style="list-style-type: none"> ● Cemented Carbide Engraving Cutters for Plastic (ZEC-A40xx) ● Cemented Carbide Ball Cutters for Light Metals (ZEC-40xx-BAL) ● Cemented Carbide Flat Cutters for Plastic (ZEC-A41xx, 42xx, 43xx, 44xx) ● Diamond Cutters (ZDC-4000)
Cutter - Milling (Option)	<ul style="list-style-type: none"> ● Square End Mill, HSS (ZHS-100 ... ZHS-600) ● Square End Mill, Cemented Carbide (ZUS-300 ... ZUS-600) ● Ball End Mill, Cemented Carbide (ZUB-xxx)
Collets & Other Options	<ul style="list-style-type: none"> ● ZC-23 (Collet Set of 6, 5, 4 and 3 mm) ● ZC-23-3175 (dia. 3.175 mm collet) ● ZC-23-6 (dia. 6 mm collet) ● ZC-23-6.35 (dia. 6.35 mm collet) ● ZC-E436 (dia. 4.36 collet for Diamond Cutter) ● ZDN-200 (dia. 2 mm nose cone) ● ZS-600 (Spindle Unit) ● ZV-600C (Center Vise) ● ZAD-600 (Vacuum Adapter) ● AS-10 (Adhesive Sheet 210 x 140 mm)
Accessories	Operation Panel, Power Cord, Depth regulator nose, Collect, Clamps, Roland Software Package CD-ROM, User's Manual

Gambar 3-3 Spesifikasi Roland EGX 600

(Sumber: http://www.bhinneka.com/products/sku00006512/roland_egx-600.aspx)

3.2 Perancangan Desain

Pembuatan desain merupakan tahapan awal dalam sistem manufaktur. Desain harus dibuat sesuai dengan keadaan sebenarnya atau sesuai estetika dan *usability* (kemudahan dalam menggunakan barang). Sebuah karya desain dianggap sebagai kekayaan intelektual karena merupakan hasil buah pikiran dan kreatifitas dari pendesainnya. (Papanek, 1971).

Unsur yang terkandung dalam sebuah disain berupa tekstur garis ruang dan warna unsur-unsur itu membentuk perinsip dasar disain. Perinsip-perinsip tersebut seperti keseimbangan ritme proporsi dan kesatuan, kemudian membentuk aspek struktual komposisi yang lebih luas. Disain menggunakan komputer memberi kemudahan dan lebih efektif karena selain peroduksi lebih cepat juga memungkinkan untuk mengeksploisasi lebih banyak ide dan lebih detail dari yang bisa dicapai dengan goresan tangan.

Dalam penelitian ini proses disain meliputi dua tahap yaitu :

1. Proses Desain 2D

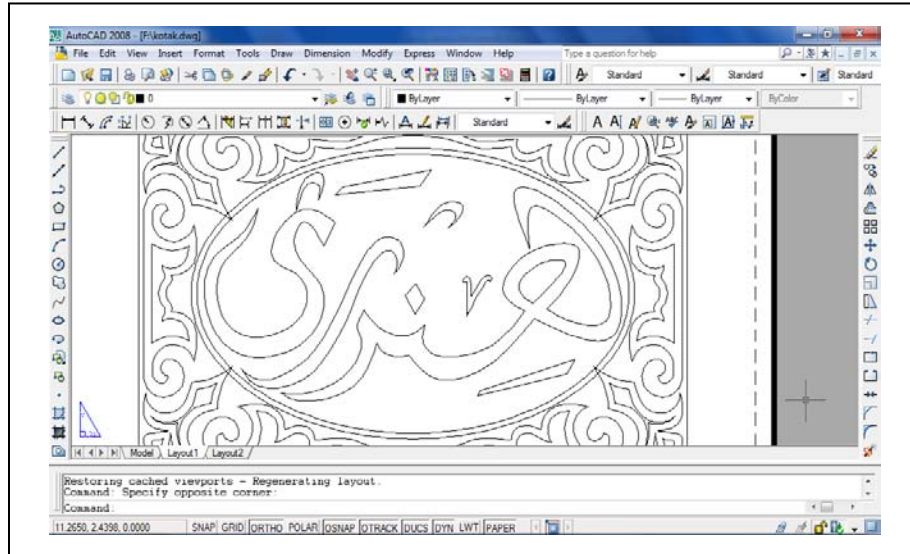
Didalam *software ArtCAM Pro* ada dua metode yang digunakan untuk mendesain, yaitu metode *vektor* dan metode *bitmap*. Pada pembuatan desain untuk hiasan seni yang diinginkan metode yang paling efektif digunakan yaitu metode pembuatan *vektor*, menggunakan metode *vector* jauh lebih mudah dibandingkan dengan metode *bitmap*, karena menggunakan metode *vector* dapat dengan mudah memodifikasi bentuk desain, sedangkan metode *bitmap* akan sulit memisahkan jenis-jenis warna yang ada digambar. Desain dibuat semenarik mungkin dengan sedikit kreasi tanpa merubah model dari tokoh tersebut.

2. Proses Desain 3D

Desain 3D merupakan gambar komputer yang mempresentasikan benda actual dan memuat informasi fisik tentang benda tersebut. Cara pembuatannya yaitu dengan memberi ketinggian tertentu pada relief dan vektor 2D yang telah dibuat.

Faktor penentuan bentuk 2D dapat dilakukan dengan melakukan proses pengerjaan pemesinan 2 - 3 kali percobaan. Proses yang berulang-ulang dapat memberikan nilai tambah untuk membandingkan antara percobaan 1 dan 2, hasil yang diperoleh dapat dijadikan patokan untuk melakukan percobaan desain yang lain. Penentuan ketinggian relief dan bentuk relief dapat dilakukan dengan melihat beberapa contoh produk yang sudah jadi.

Desain berupa gambar dengan menggunakan software Auto CAD dengan bentuk garis-garis melengkung dan membentuk suatu gambar yang indah dan mempunyai nilai kreatifitas yang baik. Tapi untuk disain yang lebih rumit sulit dikerjakan.



Gambar 3.4 Gambar disain dengan Auto CAD

Kemudian disain ke dua berupa gambar jpg. Karena gambar yang didapat belum sesuai dengan yang diharapkan maka dilakukan pengeditan. Walau hasilnya masih banyak memiliki kekurangan.



Gambar 3.5 Desain Sebelum di edit



Gambar 3.6 Desain setelah di edit

Desain gambar dengan ukuran 100 mm x 60 mm, kemudian ditransfer ke *software* ArtCAM Pro. Bentuk 2D dan 3D menggunakan *software* ArtCAM Pro dengan cara :

1. Klik *file open model*.
2. Menentukan *set model size* panjang 100 mm x 60 mm.
3. Kemudian klik *bitmaps, colour, reduce number* edit angka untuk memperkecil jumlah warna.
4. Membuat permukaan 3D dengan menggunakan *shape editor*.



Gambar 3.7 Bentuk 3D

3.3 Menentukan Strategi Pemesinan

Strategi pemesinan merupakan langkah yang harus dilakukan sebelum proses pemesinan agar mendapatkan hasil yang lebih baik dalam proses pemesinan nanti. Dalam penelitian ini strategi pemesinan menggunakan *software* ArtCAM, karena *software* ini memiliki kelebihan dalam pemilihan strategi, sehingga proses pemesinan menjadi lebih cepat.

Dalam proses pemesinan ada dua langkah yaitu proses *roughing* dan proses *finishing*. Dalam proses ini yang akan kita lakukan nantinya hanya proses *finishing* saja.

- Proses *roughing* adalah proses pemesinan dimana hasil dari proses ini masih kasar tidak sesuai dengan motif yang dibuat tujuannya untuk mengurangi dan membuang material benda kerja yang tidak terpakai sehingga mempermudah kerja pahat. Pada proses ini menggunakan pahat jenis *end mill* dengan ukuran pahat nantinya disesuaikan dengan disain hasil perancangan.
- Proses *finishing* yaitu proses akhir untuk menghaluskan benda kerja dari hasil proses *roughing* dan menampilkan detail dari relief. Pada proses *finishing* kita menggunakan pahat jenis *flat conical*.

3.4 Proses finishing (machine relief)

Berdasarkan desain relief 3D kemudian dibuat program CAM-nya yang nantinya ditransfer ke mesin CNC untuk proses pemesinan. Pada proses pemesinan hanya menggunakan proses *finishing* saja maka pembuatan program CAM hanya satu. Dalam pembuatan program CAM langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan daerah yang akan diproses.
2. Menentukan seterategi pemotogan material yang akan dipakai.
3. Menentukan pahat yang akan dipakai untuk proses finishing pahat yang dipakai adalah jenis pahat “ V” atau *flat conical* kemudian tentukan parameter pemesinan yaitu *stepover* (mm), *stepdown* (mm), *feadrate* (mm/sec), *plungrate* (mm/sec).
4. Menentukan letak material.
5. Tekan *calculate*.

Setelah memilih seterategi pemesinan yang akan dilakukan yang berupa proses *finishing* serta memilih jenis pahat yang sesuai untuk proses *engraving*. Kemudian menentukan parameter pemesinan, pengukuran parameter pemesinan tergantung pada jenis mesin yang digunakan, karena setiap mesin memiliki kemampuan yang berbeda-beda.

3.5 Menentukan tipe pahat

Ada banyak jenis pahat yang digunakan dalam proses pemesinan pada mesin CNC milling. Pemilihan pahat tergantung pada proses pemesinan dan desain produk yang akan dibuat. Pahat flat conical merupakan pahat yang sering digunakan untuk proses *finishing* dan proses *engraving*.

Flat conical (0,25 flat conical 15°) pahat ini digunakan untuk mendapatkan sebuah relief produk yang bagus pada pemesinan. Pahat ini memiliki mata pahat yang ujungnya runcing umumnya digunakan untuk pembuatan relief yang rumit dan kecil.



Gambar 3.9 pahat *conical* yang dipakai
 (Sumber :file:///H:/imgres_files/engraving_tools_conical.htm)

Tabel 3.3 Standar ukuran pahat untuk proses *engraving*
 (Sumber :file:///H:/imgres_files/engraving_tools_conical.htm)

Standard Conical Engraving Tools (C) GENERAL PURPOSE ENGRAVER Standard Sizes - order below				
Overall Shank Diameter (inches)	Overall Length (inches)	Included Angles	Tip Widths (inches)	Split Length (inches)
.125 (1/8)	2.0 & 4.5	60° 90° for smaller angles see <i>Profilers and Micro Profilers</i>	.005" - .125" see below table for sizes per tool shank diameter	.40
.1719 (11/64)	6.5			.65
.1875 (3/16)	2.0			.50
.250 (1/4)	2.0 & 6.5			.65
.375 (3/8)	3.0			---
.500 (1/2)	3.0			---
.562 (9/16)	3.0			---
Metric Sizes - order below				
4 mm	50 mm (1.97")	60°	.254 mm (.010") .508 mm (.020") .762 mm (.030")	.50"
6 mm	50 mm (1.97")			.65"

3.6 Simulasi Pemesinan

Tahap selanjutnya melakukan simulasi pemesinan. Simulasi pemesinan merupakan tahap yang dilakukan sebelum proses pemesinan berlangsung untuk mengetahui bagaimana jalannya proses pemesinan dan hasil akhir dari bentuk produk. Simulasi pemesinan sangat membantu dalam mencegah terjadinya kesalahan dan pengaturan parameter pada strategi pemesinan. Simulasi pemesinan dapat dilihat dari program CAM yang telah dibuat untuk mengetahui hasil sementara. Kemudian lihat data pemesinan lewat *summary toolpath*, data yang diperoleh dari pemesinan untuk dianalisis. Contoh data dari *summary tool path* pada proses pemesinan sebagai berikut.

```
Relief Dimensions
Width: 99.75904 mm Height: 60.00000 mm
Min X: 0.00000 mm Min Y: 0.00000 mm
Min Z: -2.00000 mm Max Z: -1.00000 mm
Material Thickness = 2.0000 mm
Z Zero = Top of material
Machining Time: 03:12:40

-----

Machine Relief - Conical 0.25 Flat - 15 degrees

Tool: [1] 15.0 deg. conical with 0.000 mm tip radius and
0.250 mm flat radius
Feed Rate: 15.000 mm/sec
Plunge Rate: 12.000 mm/sec
Safe Z: 5.000 mm
Spindle Speed: 15000 r.p.m
Stepover: 0.150 mm
Tolerance: 0.010 mm
Allowance: 0.000 mm
Home Position: X:0.000 Y:0.000 Z:5.000
Comments: Machine Relief
Feed Rate Length: 43220 mm
Plunge Rate Length: 7 mm
Rapid Rate Length: 123 mm
Machining Time: 03:12:40

-----

Machining time estimates based on a rapid feedrate
of 0.000 mm/sec and a time scaling factor of 4.00
```

Gambar 3.9 *summary tool path*

Data yang berasal dari *summary toolpath* adalah waktu pemesinan yang nantinya akan dilaksanakan jika waktu pemesinan terlalu lama dapat dilakukan pengeditan pada parameter pemesinan hingga didapatkan waktu pemesinan yang cukup.

Program CAM yang telah dibuat kemudian disimpan, dari program ini nantinya digunakan untuk menjelaskan proses pemesinan yang akan dilakukan, saat menyimpan program sesuaikan dengan jenis mesin yang akan digunakan, pada penelitian ini mesin yang digunakan adalah Roland EGX 600.

Suatu hal penting yang perlu diperhatikan adalah pemberian nama file pada saat menyimpan program CAM, dalam pemberian nama hendaknya jelas sehingga mudah dalam proses *transfer* pada saat melakukan pemesinan.

3.7 Pemasangan benda kerja

Pemasangan benda kerja dimesin CNC roland EGX 600 dengan menggunakan jig. Akan tetapi material tidak dapat langsung diletakan pada meja kerja. Untuk material logam yang keras serta kecil membutuhkan alat bantu berupa *fixture*. Pada *fixture* inilah benda kerja diletakan dengan dijepit menggunakan baut pada setiap sisinya. Setelah benda kerja terpasang kencang pada plat kemudian dipasang dimeja CNC dengan menggunakan *jig*. *Jig* dipasangkan setiap sisi dari *fixture*.



Gambar 3.10 Pemasangan *jig* dan *fixture* pada benda kerja

3.7.1 Pemasangan Pahat

Pemasangan pahat pada mesin CNC dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Posisi *spindle speed* pada posisi *view*.
2. *Collet* digunakan untuk pencekam pahat yang nantinya akan dipasangkan pada *spindle*. Pencekam tidak sampai menyentuh mata pahat.
3. *Collet* dipasang pada *spindle*, untuk mengencangkannya putar kedua pengunci dengan kunci, *spindle* ditahan dengan arah berlawanan dengan kunci pas 10 dan kunci pas 14. Pada *collet* diputar kekanan sampai terasa cukup kencang untuk menahan putaran *spindle* saat proses pemesinan.

3.7.2 Pengaturan Titik Nol

Titik nol x , y , dan z mesin EGX 600 diatur dengan menggunakan kontrol panel. Untuk mengatur posisi nol langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mesin dalam keadaan ON.
2. Memilih menu yang ada pada panel kontrol untuk mengatur *home position* dan *z origin*.
3. Tombol *xy origin* ditekan untuk mengatur posisi nol x dan y dari benda kerja, kemudian *enter* ditekan untuk menyimpan posisi tersebut. Posisi dimana diletakkan titik nol untuk sumbu x dan y disebut *home position* pada sumbu x dan y .
4. Tombol *z origin* untuk mengatur posisi z nol, menekan tombol *z* untuk menurunkan *spindle* dengan kondisi *spindle* berputar sampai menyentuh permukaan benda kerja, kemudian tombol *enter* ditekan untuk menyimpan posisi tersebut sebagai *home position* sumbu z .

3.7.3 Melakukan Pemesinan

Untuk memulai pemesinan, membuka *command prompt* dan ikuti langkah seperti pada tahap persiapan berikut :

1. Kabel *konektor* komputer terhubung dengan paralel
2. Buka program *command prompt* yang ada pada fasilitas *windows*

3. Cari *folder file* yang akan ditransfer dimana disimpan
4. *Copy file* tersebut ke LPT1 dengan cara
 - ketik nama partisi titik dua enter (F: enter).
 - Kemudian ketik CD (spasi) nama folder enter.
 - Ketik DIR/W enter.
 - Ketik COPY (nama penyimpanan).(titik) EGX (spasi) LPT1 enter.

Ex : E:\PEMESINAN\ **copy finishing** .egx.LPT1

Tabel 3-4 Parameter pemesinan sesuai dengan jenis benda kerja (buku panduan Roland EGX 600/400)

	<i>Workpiece</i>	<i>Tool</i>	<i>Spindle speed (rpm)</i>	<i>Cutting-in depth per pass(mm)</i>	<i>XY-axis feed rate (mm/s)</i>	<i>Z-axis feed rate (mm/s)</i>
<i>Engraving</i>	<i>Acrylic resin</i>	ZEC-A4025	20,000	0.2	15	15
		ZEC-A4430	20,000	0.2	15	15
	<i>Aluminum</i>	ZEC-A4013-BAL	22,000	0.02	15	15
		ZDC-A4000	<i>Without rotation</i>	Auto	15	15
	<i>Brass</i>	ZEC-A4013-BAL	22,000	0.02	15	15
		ZDC-A4000	<i>Without rotation</i>	Auto	15	15
	ABS	ZEC-A4025	20,000	0.5	20	20
		ZEC-A4430	20,000	0.4	15	15
<i>Cutting out</i>	ABS	ZHS-100	22,000	0.4	30	10
		ZHS-200	19,000	0.4	30	10
		ZHS-300	16,000	0.4	30	10

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Untuk dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemesinan baik lamanya proses pemesinan, kemampuan mesin maupun hasil dari hasil pemesinan itu sendiri maka diperlukan analisis dengan mengganti beberapa variabel pada parameter proses pemesinan parameter yang diganti disini pada proses *stepover*, seterategi. Hingga didapatkan hasil pemesinan yang halus.




4.1 Analisis Kegagalan Pada Proses Pemesinan.

Setelah proses pemesinan selesai diperoleh hasil akhir dari produk. Namun hasil yang didapat masih terdapat kekurangan dan kegagalan. Ada beberapa factor yang menyebabkan kegagalan pada proses pemesinan baik yang datangnya dari operator maupun dari mesin itu sendiri. Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan maka dapat diketahui beberapa penyebab kegagalan dalam proses pemesinan diantaranya yaitu.

1. Permukaan benda kerja atau plat aluminium yang tidak rata.
2. Penempatan *Z position* yang tidak tepat (posisinya yang terlalu rendah atau terlalu tinggi)
3. Pengesetan parameter yang tidak tepat.
4. Pemasangan benda kerja yang tidak kencang sehingga pada peroses pemesinan benda kerja bergerak atau pindah posisi.
5. Kualitas material bahan aluminium yang rendah sehingga bahan nya getas.

1. Analisis pemesinan dengan perubahan *step over*.

Dari percobaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa perubahan *step over* yang makin besar dari 0,1 sampai 0,3 menghasilkan waktu pemesinan yang makin cepat yakni dari 264 menit menjadi 93 menit.

Perubahan stepover terhadap kecepatan pemesinan dengan hasil pemesinan	
<p>Waktu mengedit pahat Stepover yang digunakan 0,3mm dan waktu yang dihasilkan 93 menit</p>	
<p>Waktu mengedit pahat Stepover yang digunakan 0,15mm dan waktu yang dihasilkan 192 menit</p>	
<p>Waktu mengedit pahat Stepover yang digunakan 0,1mm dan waktu yang dihasilkan 264 menit</p>	

Gambar 4.1 Perubahan stepover terhadap kecepatan dan hasil pemesinan

Dari gambar hasil pemesinan diatas terlihat bahwa dengan meningkatnya nilai *stepover* yang diberikan menyebabkan permukaan benda kerja semakin kasar, atau terdapat garis-garis hasil pemakanan pada permukaan pahat terlihat, yang disebabkan jarak pemakanan pahat makin lebar. Namun dari segi waktu

dengan meningkatnya *stepover* jelas lebih menguntungkan karena lebih cepat dalam proses pemesinan.

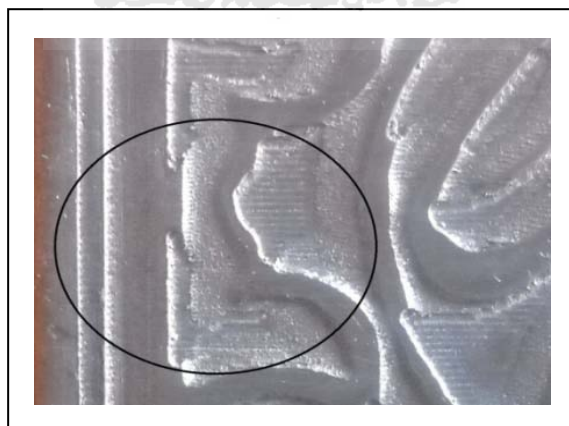
2. Kegagalan disebabkan permukaan material yang tidak rata.

Hasil pemesinan pada bagian relief nya sebagian tidak nampak atau tidak terbentuk. Hal ini disebabkan benda kerja miring atau tidak rata sehingga mata pahat tidak menyentuh benda kerja yang posisinya rendah. Solusinya periksa kembali pada permukaan *jig and fixture* bila permukaan *jig n fixture* tidak rata sebaik nya *jig n fixture* diratakan dengan menggunakan mesin CNC.



Gambar 4.2 Bentuk relief sebagian tidak terlihat.

3. Kegagalan disebabkan bergesernya pencekam pada *fixture*.



Gambar 4.3 Hasil pemesinan permukaan relief termakan pahat.

Hasil pemesinan pada bagian relief nya termakan pahat atau mata pahat mengenai relief. Permasalahan pemasangan benda kerja pada *fixture* kurang kencang pada proses pemesinan benda kerja bergerak. Solusinya periksa baut pada *jig and fixture* kemudian kencangkan.

4. Kegagalan disebabkan gram yang dihasilkan menempel pada benda kerja.

Hasil pemesinan pada bagian relief nya terlihat kasar hal ini disebabkan karena geram hasil pemesinan sangat kecil dan memiliki suhu yang tinggi sehingga mudah menempel.



Gambar 4.4 Hasil pemesinan kasar karena terdapat serabut gram yang menempel.

5. Kegagalan disebabkan pada gambar *bitmaps*.

Hasil pemesinan pada bagian gambar relief hasilnya terlihat zigzag atau bergelombang. Hal ini disebabkan waktu mengedit gambar dengan menggunakan *bitmaps* masih banyak warna ketika di *reduce number* gambar terlihat kotak-kotak. Solusinya sebaiknya gambar memiliki sedikit warna dan memiliki resolusi yang tinggi. Sebaiknya seterategi yang digunakan menggunakan metode vector karena memiliki sedikit warna dan gambar mudah diedit. Lihat gambar 4.5.



Gambar 4.5 Bentuk relief hasil pemesinan tidak halus atau bergerigi .



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pembuatan hiasan dengan teknik *engraving* menggunakan *software* Art CAM serta dalam mendisain produk menggunakan sistim *vector* untuk mendapatkan relief. Maka kita dapat menentukan parameter pemesinan dan simulasi pemesinan. Setelah sterategi pemesinan selesai, kemudian hasilnya ditransfer ke mesin CNC roland EGX 600. Dengan menggunakan material aluminium sebagai bahan baku. Dari hasil penelitian yang dilakukan secara berulang ulang maka dapat ditarik kesimpulan antara lain.

Pembuatan produk dengan teknik *engraving* menggunakan teknologi CAD/CAM menghasilkan produk yang presisi sesuai dengan desain dan hasilnya cukup baik. Sangat mudah dalam pengoperasiannya karena operator hanya memasukan data-data berupa pengaturan parameter pemesinan, mengetahui karakter benda kerja, sehingga memudahkan dalam pemilihan pahat. Proses pemesinan yang dibuat di *software* Art CAM. Tetapi dalam pembuatan produk dengan menggunakan mesin CNC membutuhkan biaya yang mahal dibandingkan dengan teknik *etsa*. Pada proses pemesinan ini untuk mendapatkan hasil yang optimal maka strategi yang digunakan adalah

Table 5.1 parameter proses pemesinan

Parameter	Keterangan	
Sterategi Tool description	Machine relief raster	
	Type	Conical 0,25flat-15 degrees
	diameter	6 mm
Step over	0,15 mm	
Stepdown	0,1 mm	

Spindle speed	15000 rpm
Feed rate	15.000mm/sec
Plunge rate	12.000 mm/sec
waktu	3 : 12 : 40

5.2 SARAN

Dalam penulisan ini belum sempurna masih banyak kekurangan. Maka ada sedikit masukan yang mungkin berguna bagi pengembang untuk penelitian berikutnya. Untuk membuat sebuah produk, sebelum dimulai terlebih dahulu untuk menentukan perancangan produk. Meliputi :

1. Untuk proses pemesinan dengan material yang kecil sebaiknya menggunakan jig and fixture karena sangat membantu dalam proses pemesinan.
2. Disarankan untuk memilih strategi pemesinan yang tepat sehingga produk yang dihasilkan dapat sempurna serta waktu yang dibutuhkan dalam pemesinan lebih cepat.
3. Pemilihan jenis pahat , baik jenis bahan pahat maupun jenis tipe pahat.
4. Selain itu saran-saran untuk pengembang dalam penelitiannya supaya lebih menguasai software Art CAM, menguasai mesin CNC roland EGX 600, teliti dalam menentukan dan sebaiknya menggunakan vector dalam pemilihan strategi pemesinan.
5. Pemilihan bahan agar dapat lebih diperhatikan agar sesuai dengan produk yang akan dibuat serta sesuai dengan kemampuan mesin.
6. Menentukan parameter yang tepat sehingga proses pemesinan waktunya tidak lama serta menghasilkan produk yang sesuai dengan keinginan. Lebih sabar dalam proses pemesinan.

DAFTAR PUSTAKA

Furi,z.m.,2007. Perancangan dan Pembuatan Jig and Fixture untuk plat tipis. Skripsi, Tidak diterbitkan.Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Rizkolnadi,adviko.2010. Aplikasi teknologi CAD/CAM dalam desain dan perancangan pembuatan cetakan pada industri gypsum. Tugas akhir, tidak diterbitkan Yogyakarta : universitas islam indonesia.

Sutopo,Beno.,2006.Pembuatan Benda kerja Pada Mesin Frais CNC TU 3A Menggunakan Software CNC Keller Q Plus Berbasis Software Auto CAD 2000. Skripsi, Tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Prasetyo, y.m.,2010. Pembuatan cetakan alumunium dan pengecoran produk karya seni kaligrafi berbahan aluminium menggunakan teknologi CAN/CAM. Skripsi, Tidak diterbitkan.Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Surdia,T dan Saito,S 1985 Pengetahuan bahan teknik Jakarta : Pradnya paramita

HD. Sirojuddin AR, Keterampilan Menulis Kaligrafi Bagi santri Pondok Pesantren,(Jakarta: Departemen Agama RI, 2001)

Lilih, dkk. 2001. *Mesin Milling CNC TU 3A*. Surabaya: BLPT.

Jurusan Teknik Mesin. 2010. Modul Praktikum CNC Laboratorium Sistim Manufaktur. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

file:///H:/imgres_files/engraving_tools_conical.htm

<file:///H:/imgres.htm>