

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN CETAKAN KERAMIK
DENGAN METODE CAD/CAM/CNC PADA INDUSTRI
KERAMIK DI KASONGAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Firman Heryana
No. Mahasiswa : 06 525 012
NIRM : 06220809

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

2011

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN CETAKAN KERAMIK
DENGAN METODE CAD/CAM/CNC PADA INDUSTRI
KERAMIK DI KASONGAN**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : FIRMAN HERYANA

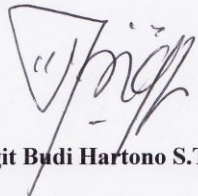
No. Mahasiswa : 06 525 012

NIRM : 06220809

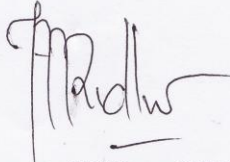
Yogyakarta, Juli 2011

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I


(Sigit Budi Hartono S.T.,M.T)

Dosen Pembimbing II


(Muhammad Ridlwan S.T.,M.T)

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN CETAKAN KERAMIK
DENGAN METODE CAD/CAM/CNC PADA INDUSTRI
KERAMIK DI KASONGAN**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : FIRMAN HERYANA
No. Mahasiswa : 06 525 012
NIRM : 06220809

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Juli 2011

Tim Penguji :

Muhammad Ridlwan, ST., MT.

Ketua

(*M. Ridlwan*)
.....

Tanggal: 02/08/2011

Ferriawan Yudhanto, ST., MT.

Anggota I

(*Ferriawan*)
.....

Tanggal: 30 Juli 2011

Tri Setya Putra, ST

Anggota II

(*Tri Setya Putra*)
.....

Tanggal: 29 Juli 2011

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Agung Nugroho Adi

Agung Nugroho Adi, S.T., M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

KUPERSEMBAHKAN TUGAS AKHIR INI UNTUK Alm. 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...

Via Elvia

Terima kasih atas semangat, cinta dan kasih sayangnya.

Semoga qt dapat menyatukan mimpi-mimpi qt yang belum tercapai.

Amiiiiiiiiinnnn...



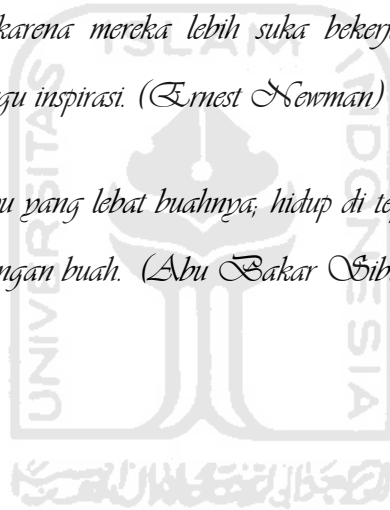
MOTTO

"....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)



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 Cetakan Keramik dengan Metode CAD/CAM/CNC pada Industri Keramik di Kasongan” 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 Bapak Sigit Budi Hartono, S.T.,M.T sebagai dosen pembimbing I dan Bapak Muhammad Ridlwan, S.T.,M.T sebagai dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan pelaksanaan tugas akhir ini. Selain itu penulis haturkan juga rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Gumbolo Hadi Susanto, MSc, sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bapak Agung Nugroho Adi ST.,MT, sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak dan Ibu Dosen serta Karyawan FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademis maupun administratif.
4. Alm. Ayahanda dan Ibu tercinta terima kasih atas segala pengorbanan, cinta, kasih sayang dan doanya untuk anak mu ini, serta kakak-kakak ku yang selalu mendukung setiap langkah-langkah ku. Semoga kita selalu mendapat perlindungan dari ALLAH SWT. Amiin.
5. Bapak Raji selaku pengrajin keramik di Kasongan, terima kasih atas segala bantuannya selama mengerjakan Tugas Akhir ini.

6. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin angkatan 2006 dan semua pihak yang telah memberi semangat dan masukan yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Salam *Solidarity Forever*.

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, Juli 2011

Penulis

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN CETAKAN KERAMIK DENGAN METODE CAD/CAM/CNC PADA INDUSTRI KERAMIK DI KASONGAN

Firman Heryana

06 525 012

ABSTRAKSI

Pemanfaatan teknologi mulai dari perancangan sampai pembuatan produksi jadi dengan efisiensi tinggi sudah tidak bisa dihindarkan lagi dalam dunia industri. Pada industri keramik 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 master keramik ini menggunakan mesin CNC freis tipe Roland EGX 600 dengan perancangan berupa software ArtCAM Pro dengan desain grafis berupa vektor. Pembuatan master keramik (making master ceramic) ini menggunakan material yang berupa stone gypsum. Pemilihan mata pahat harus sesuai dengan bentuk relief yang akan dibuat, semakin kecil dan rumit relief yang akan dibuat maka akan semakin kecil pula diameter pahat yang digunakan. Untuk mengurangi getaran pada saat pemesinan kurangi kecepatan spindle (rpm) dan pemakanan material jangan terlalu besar.

Kata kunci : CNC, Vektor, Stone Gypsum, Proses Pemesinan, Making Master Ceramic.

CERAMICS MOLDING AND DESIGN AND MAKING WITH CAD/CAM/CNC METHODE IN CERAMICS INDUSTRIAL AT KASONGAN

Firman Heryana

06 525 012

ABSTRACTION

Design process and production process using high efficiency technology are the main thing in world industry. Latest traditional cermics art creation is changing from manual creation to automatics creation using machine. Main purpose of this experiment is to produce an analyzing record that useable for making an art product using CNC machine. Machining process analyzing are includes machining parameter analyze, time analyze and final result analyze. Ceramics master as the pruduction result made using Milling CNC Machine type Roland EGX 600 by ArtCAM Pro software with vector graphical design. Ceramic master product using gypsum stone as the material. The chisel eye of CNC Machine choosing are based on the contour of the product, smaller contour and more complicated contour using smaller diameter of CNC machine chisel eye. To reduce vibration at the machining reduce spindle speed (rpm) and ingestion of material should not be too big.

Keywords : CNC, Vektor, Stone Gypsum, Machining Process, Making Master Ceramic.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji.....	iii
Halaman Persembahan	iv
Motto	v
Kata Pengantar	vi
Abstraksi	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 <i>Art CAM</i>	4
2.1.1 Data Vektor	4
2.1.2 <i>Bitmap</i>	5
2.1.3 Relief	6
2.2 <i>Material Stone Gypsum</i>	6
2.2.1 Proses Pengerjaan <i>Stone Gypsum</i>	7
2.2.2 Aplikasi Penggunaan <i>Stone Gypsum</i>	7
2.3 Proses Pemesinan	8
2.3.1 Elemen-elemen Dasar Pemesinan	9
2.3.2 Proses Pemesinan <i>Freis</i>	13

2.4 Material Pahat <i>Milling</i>	15
2.4.1 <i>Carbon Steel</i>	16
2.4.2 <i>High Speed Steel</i>	16
2.4.3 <i>Cast Alloy</i>	17
2.4.4 <i>Carbide</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Alat dan Bahan	19
3.1.1 Alat	19
3.1.2 Bahan	20
3.2 Perancangan Disain.....	20
3.3 Pembuatan Master Cetakan dengan Proses Pemesinan	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pembuatan Master dengan Mesin CNC.....	23
4.1.1 Perancangan Desain.....	23
4.1.2 Pemasangan Benda Kerja	29
4.1.3 Pemasangan Pahat	29
4.1.4 Pengaturan Titik Nol	30
4.1.5 Melakukan Pemesinan	30
4.1.6 Mengganti Pahat ditengah Proses Pemesinan	31
4.2 Data Hasil Pemesinan	32
4.2.1 Perhitungan	32
4.2.2 Hasil Pemesinan Berupa Master Cetakan	34
4.3 Pembuatan Master dengan Cara Manual	36
4.3.1 Proses Pembentukan dengan Teknik Cetak Tekan ...	36
4.3.2 Proses Pembuatan Model	37
4.3.3 Proses Pembuatan Cetakan	40
4.4 Analisis	44
4.4.1 Analisis Hasil Pemesinan	44
4.4.2 Analisis Kegagalan Pemesinan	45
4.4.3 Analisis Hasil Pembuatan Manual	45

BAB V	PENUTUP	
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Contoh vektor.....	5
Gambar 2-2	Contoh <i>bitmap</i>	5
Gambar 2-3	Contoh relief.....	6
Gambar 2-4	Proses pencetakan <i>Stone gypsum</i>	7
Gambar 2-5	Kedalaman potong searah sumbu Z	12
Gambar 2-6	<i>End Milling</i>	14
Gambar 2-7	<i>Profile Milling</i>	14
Gambar 2-8	<i>surface Contouring</i>	15
Gambar 3-1	<i>Flowchart</i> penelitian	18
Gambar 3-2	Mesin Roland EGX-600	19
Gambar 3-3	<i>Specifications</i> Roland EGX 600	20
Gambar 3-4	Teknologi proses pemesinan	22
Gambar 4-1	Gambar manual (tangan)	23
Gambar 4-2	Bentuk 2D	24
Gambar 4-3	Bentuk 3D	24
Gambar 4-4	Pahat <i>end mill</i>	25
Gambar 4-5	Proses <i>roughing</i>	26
Gambar 4-6	Pahat <i>Conical</i>	27
Gambar 4-7	Proses <i>finishing</i>	27
Gambar 4-8	<i>Summary toolpath</i> hasil proses CAM	28
Gambar 4-9	Pemasangan <i>jig</i> pada benda kerja	29
Gambar 4-10	Tampilan <i>command prompt</i>	31
Gambar 4-11	Hasil pemesinan master cetakan	34
Gambar 4-12	Contoh pemilihan pahat yang kurang tepat	35
Gambar 4-13	Pahat dengan diameter 1 mm	35
Gambar 4-14	Pengaruh master <i>gypsum</i> yang bergeser	35
Gambar 4-15	Penampang cetakan cekung dan hasilnya.....	37
Gambar 4-16	Penampang cetakan cembung dan hasilnya	37
Gambar 4-17	Cetakan hasil proses CAD/CAM/CNC.....	37
Gambar 4-18	Hasil tanah liat yang retak.....	38

Gambar 4-19	Tanah liat plastis	39
Gambar 4-20	Proses penekanan tanah liat.....	39
Gambar 4-21	Penekanan tanah liat secara merata.....	39
Gambar 4-22	Proses pelepasan benda keramik dari cetakan.....	39
Gambar 4-23	Model yang siap dicetak.....	40
Gambar 4-24	Model yang sudah diolesi larutan pemisah.....	40
Gambar 4-25	Papan cetakan untuk model.....	41
Gambar 4-26	Adonan <i>gypsum</i>	41
Gambar 4-27	Proses penuangan <i>gypsum</i>	42
Gambar 4-28	proses penghalusan permukaan <i>gypsum</i>	42
Gambar 4-29	Pelepasan model dari cetakan.....	42
Gambar 4-30	Cetakan <i>gypsum</i> yang siap digunakan.....	43
Gambar 4-31	Pencampuran <i>gypsum</i> yang kurang baik.....	43
Gambar 4-32	Permukaan cetakan yang tidak rata	44



DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Tabel kecepatan potong mesin freis sesuai jenis pahat dan material (Oswald dan Amand, 1976).....	10
Tabel 2-2	Karakteristik Pahat HSS (Suwadi, 2005)	16
Tabel 4-1	Data hasil proses <i>roughing</i> dan <i>finishing</i>	32



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia mengalami kemajuan yang sangat pesat, hal ini ditunjukkan salah satunya dari penggunaan mesin di setiap industri manapun. Namun, pada industri keramik dikasongan penggunaan mesin dalam pembuatan cetakan belum dilakukan.

Kemampuan dalam menghasilkan motif baru akan menjadikan nilai tambah dari industri keramik, tetapi sebagian besar industri keramik belum mampu membuat motif-motif baru untuk memproduksi keramik. Saat ini industri keramik dikasongan lebih memilih untuk membuat cetakan yang telah ada dipasaran, yang telah banyak digunakan oleh industri lain.

Untuk membuat keramik yang dapat berkembang dan bersaing dengan keramik yang lain, industri keramik dapat mengembangkan gambar sketsa tangan dengan corak tradisional dalam negeri dan bagaimana menentukan motif dan corak tradisional produk keramik yang disukai konsumen. Indonesia memiliki banyak warisan seni yang dapat diaplikasikan pada produk keramik. Kemampuan industri keramik dalam membuat cetakan masih terbentur oleh masalah kreatif membuat desain baru, mesin pembuat cetakan dan biaya pembuatan cetakan.

Untuk membantu mengembangkan industri keramik teknologi CAD/CAM yang ada pada saat ini dapat digunakan dan strategi pemesinan seperti apakah yang harus diterapkan pada proses pemesinan pada mesin CNC dengan bahan *stone gypsum*. *Stone gypsum* adalah kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dihasilkan dari bermacam komposisi yang memiliki sifat mekanik, *stone gypsum* harus kuat, sehingga mengurangi kemungkinan rusak oleh karena kecerobohan. Seiring dengan perkembangan teknologi pembuatan cetakan keramik dapat dilakukan dengan mudah dan cepat. Proses pengerjaan yang dilakukan manual dapat digantikan dengan menggunakan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) sehingga hasil yang diperoleh lebih baik dan akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menentukan motif dan corak produk keramik yang disukai konsumen.
2. Bagaimana merancang dan mendesain suatu produk dengan menggunakan *software* CAD.
3. Strategi pemesinan seperti apakah yang harus diterapkan pada proses pemesinan pada mesin CNC dengan bahan *stone gypsum*.
4. Bagaimana menghasilkan produk yang baik sesuai dengan hasil perancangan dengan strategi yang diterapkan.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian agar ruang lingkup menjadi jelas dan tidak meluas ke hal-hal yang tidak diinginkan. Pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Membuat desain produk seni.
2. Perancangan produk dengan menggunakan CAD.
3. Pembuatan master dengan menggunakan CAD/CAM.
4. Mesin yang digunakan dalam analisa strategi ini adalah mesin CNC *milling*.
5. Operasi pemesinan yang dilakukan adalah proses *roughing* dan *finishing*.
6. Pembuatan master produk keramik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah pembuatan master produk keramik dengan menggunakan teknologi CAD/CAM/CNC.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari tugas akhir ini adalah untuk membantu industri kecil dalam mengembangkan variasi produknya.

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 *ArtCAM*

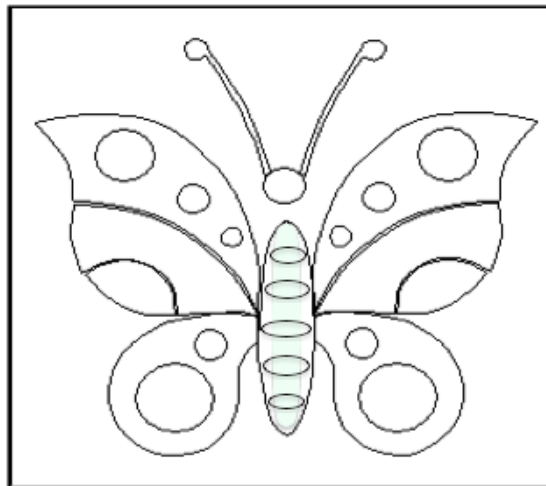
Pada umumnya perancangan dimulai dari sketsa konsep asli atau dari sebuah foto. Sketsa atau foto tersebut bisa dirubah atau digambar kembali secara keseluruhan dalam *software ArtCAM*. *ArtCAM pro* merupakan *software* khusus yang memberikan kemudahan bagi pemakainya untuk merancang suatu produk 3D dengan kualitas tinggi. Sama halnya dengan cara lain, perancangan dengan *ArtCAM* mempunyai tujuan untuk membuat atau merancang suatu produk sesuai dengan yang diinginkan.

Pada saat menggunakan *ArtCAM* dan pemesinan dengan menggunakan mesin CNC dapat dikerjakan suatu produk dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat. *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 dapat juga melihat simulasi proses pemesinan dari produk yang akan dibuat sebelum ditransfer ke mesin CNC. Kemampuan yang dimiliki *ArtCAM* antara lain yaitu :

1. Perancangan 2D.
2. Pemodelan 3D.
3. Definisi dan Simulasi Manufaktur.
4. Presentasi dan penyajian.

2.1.1 Data Vektor

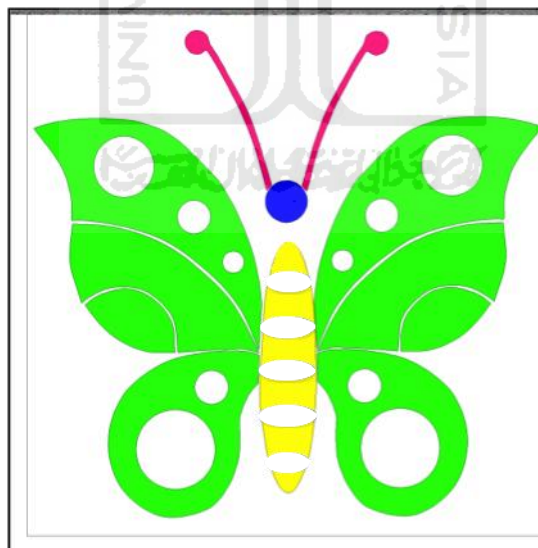
Data vektor merupakan data yang didefinisikan secara matematik. Obyek atau gambar data vektor tersimpan dalam bentuk data geometri yang terdiri dari sejumlah titik dan garis atau kurva yang terhubung. Data vektor sangat fleksibel dan dapat dimanipulasi dengan mudah dan akurat. Terlihat seperti gambar 2-1 :



Gambar 2-1 Contoh vektor

2.1.2 *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*. Terlihat seperti gambar 2-2 :



Gambar 2-2 Contoh *bitmap*

2.1.3 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. Terlihat seperti gambar 2-3 :



Gambar 2-3 Contoh relief

2.2 Material Stone Gypsum

Bahan dasar *stone gypsum* adalah kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dihasilkan dari bermacam komposisi yang memiliki sifat mekanik, *stone gypsum* harus kuat, sehingga mengurangi kemungkinan rusak oleh karena kecerobohan. Faktor pencampuran *stone gypsum* dengan air dapat mempengaruhi kualitas master cetakan yang akan dipergunakan. Perbandingan pencampuran 1 kg *stone gypsum* idealnya adalah 300 ml air (Rizqolnadi, 2010), sama seperti material lain pada umumnya, *stone gypsum* mempunyai sifat-sifat fisik yang dapat disimpulkan antara lain:

1. Rapuh terhadap proses *bending*.
2. Mudah dibentuk.
3. Tahan terhadap suhu panas $\pm 150^\circ\text{C}$. (Rizqolnadi, 2010).
4. Mudah menyerap air.
5. Halus.

2.2.1 Proses Pengerjaan *Stone Gypsum*

Stone gypsum dapat dikerjakan dalam keadaan kering atau keras agar dapat dikerjakan dengan proses pemesinan. *Stone gypsum* dibiarkan $\frac{1}{2}$ mengering didalam cetakan selama ± 10 menit agar *stone gypsum* mudah dilepas dari cetakan, kemudian *stone gypsum* dilepas dari cetakan setelah itu baru dijemur sampai terlihat mengering dan keras, *stone gypsum* dapat dibentuk sesuai keinginan dengan proses pemesinan. Terlihat seperti gambar 2-4 :



Gambar 2-4 Proses pencetakan *Stone gypsum*

2.2.2 Aplikasi Penggunaan *Stone Gypsum*

Persentase komposisi pencampuran air yang berbeda maka *stone gypsum* dapat digunakan sebagai keperluan di dunia industri dan kedokteran. Penggunaan *stone gypsum* yang berupa master cetakan banyak terdapat pada industri pengecoran logam seperti emas, alumunium, perak, kuningan.

Untuk dunia kedokteran *stone gypsum* dapat dibuat sebagai replika bentuk gigi, gusi dan tulang. Untuk gigi banyak sekali kegunaannya, *stone gypsum* bisa digunakan sebagai master cetakan pembuat gigi palsu.

2.3 Proses Pemesinan

Proses pemesinan *stone gypsum (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 adalah sisa hasil pemesinan.

Dalam proses pembuatan master cetakan *gypsum* 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 pemotong *stone gypsum* 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 x dan y (mm).
2. *Stepdown* : Kedalaman pemakanan arah sumbu z (mm).

3. *Feed rate* : Kecepatan pemakanan benda kerja arah sumbu x dan y (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 (*metalforming*), pengecoran panas dan penempaan, karena bentuk yang beranekaragam maka proses pemesinan yang dilakukan bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan silinder atau rata.

2.3.1 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 :

1. *Minimum production cost.*
2. *Minimum production time.*

Seperti terlihat pada table 2-1 adalah contoh kecepatan potong sesuai jenis pahat dan material benda kerja :

Tabel 2-1 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>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 30 m per menit, karena diameter pemotongan berpengaruh pada kecepatan, menyebabkan perlunya mempertimbangkan diameter pada perhitungan. (Subchan, 2010)

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

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)

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

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 per menit yakni langkah kerja pemotongan. Hal ini

membolehkan pemakanan yang lebih cepat untuk yang lebih luas dan putaran pemotongan yang lambat.

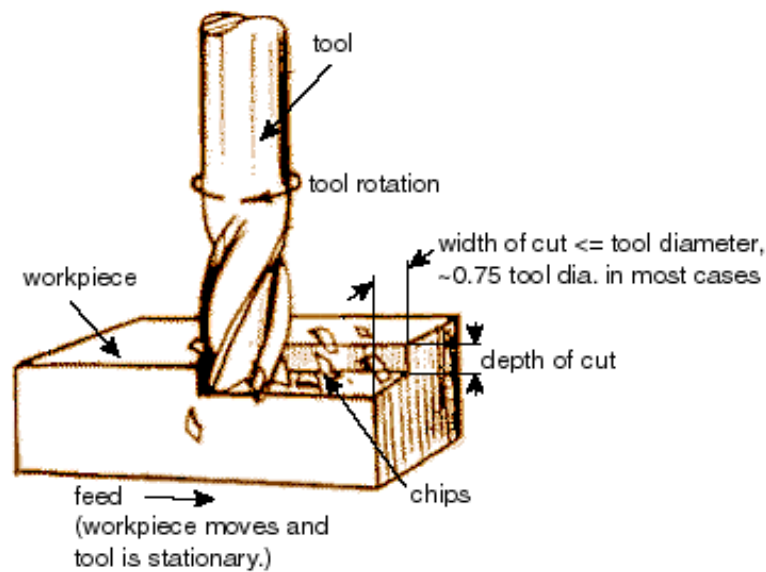
Kecepatan pemakanan yang digunakan pada mesin *milling* tergantung pada beberapa faktor, seperti :

- 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 pemesinan *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. Terlihat seperti gambar 2-5 :



Gambar 2-5 Kedalaman potong arah sumbu Z

(www.custompartnet.com/image/cutting/mach...file.png)
(diakses tanggal 27-2-2011 21:00)

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)

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

Keterangan : v_f = Kecepatan pemakanan (mm/mnt).

a = Kedalaman potong (mm).

w = Lebar pemotongan benda kerja (mm).

2.3.2 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.

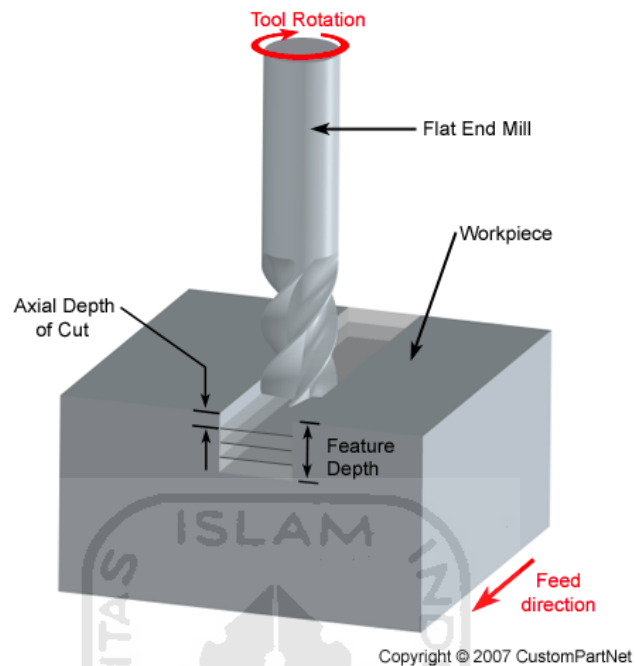
Salah satu bagian pengerjaan pemesinan ini adalah pemakanan melalui pahat *silindris* yang berputar dengan bagian tepi yang dipotong berkali-kali. Prinsip kerja dari proses ini adalah mengumpankan benda kerja kepada pisau potong yang berputar secara *stasioner*. Sumbu putar pahat pemotong tegak lurus 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. (Diktat mata kuliah pemrograman mesin CNC).

1. Proses *Roughing*

Proses *roughing* merupakan proses pengurangan material sesuai dengan bentuk relief. Proses ini diantaranya adalah proses *end mill* dan *profile milling*. 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

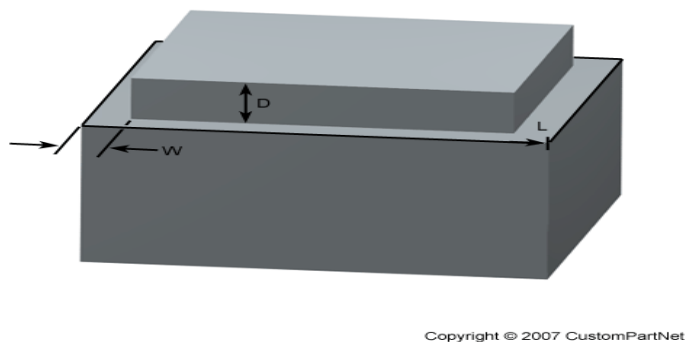
oleh pahat, sehingga bentuk relief pada benda kerja akan tampak namun bentuknya belum sempurna. Terlihat seperti gambar 2-6 :



Gambar 2-6 End Milling

(www.custompartnet.com/image/1/mach...file.png)
(diakses tanggal 27-02-2011 21:00)

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. Terlihat seperti gambar 2-7 :



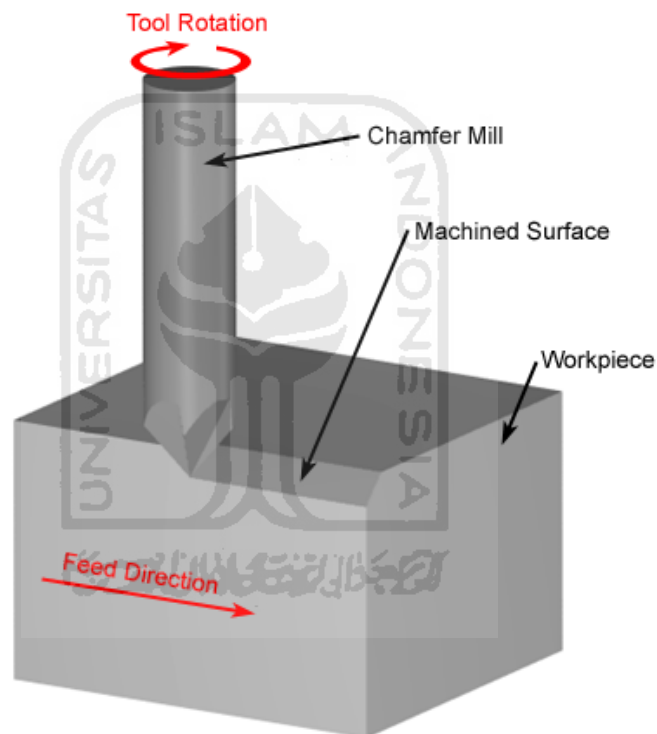
Gambar 2-7 Profile Milling

(www.custompartnet.com/image/2/mach...file.png)
(diakses tanggal 27-02-2011 21:05)

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 runcing (*conical*) 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. Terlihat seperti gambar 2-8 :



Copyright © 2007 CustomPartNet

Gambar 2-8 *Surface contouring*

(www.custompartnet.com/image/3/mach...file.png)
diakses tanggal 27-02-2011 21:10

2.4 Material Pahat *Milling*

Pahat haruslah lebih keras dari pada 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*.

2.4.1 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).

2.4.2 High Speed Steel (HSS)

Bahan ini merupakan penyempurnaan dari *Carbon Steel* dengan tambahan beberapa bahan sehingga diperoleh karakteristik pemotongan yang seperti diinginkan. Terlihat seperti tabel 2-2. Ada tiga macam bahan yang dihasilkan, yaitu :

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

Tabel 2-2 Karakteristik Pahat HSS (Suwadi, 2005)

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.

2.4.3 *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).

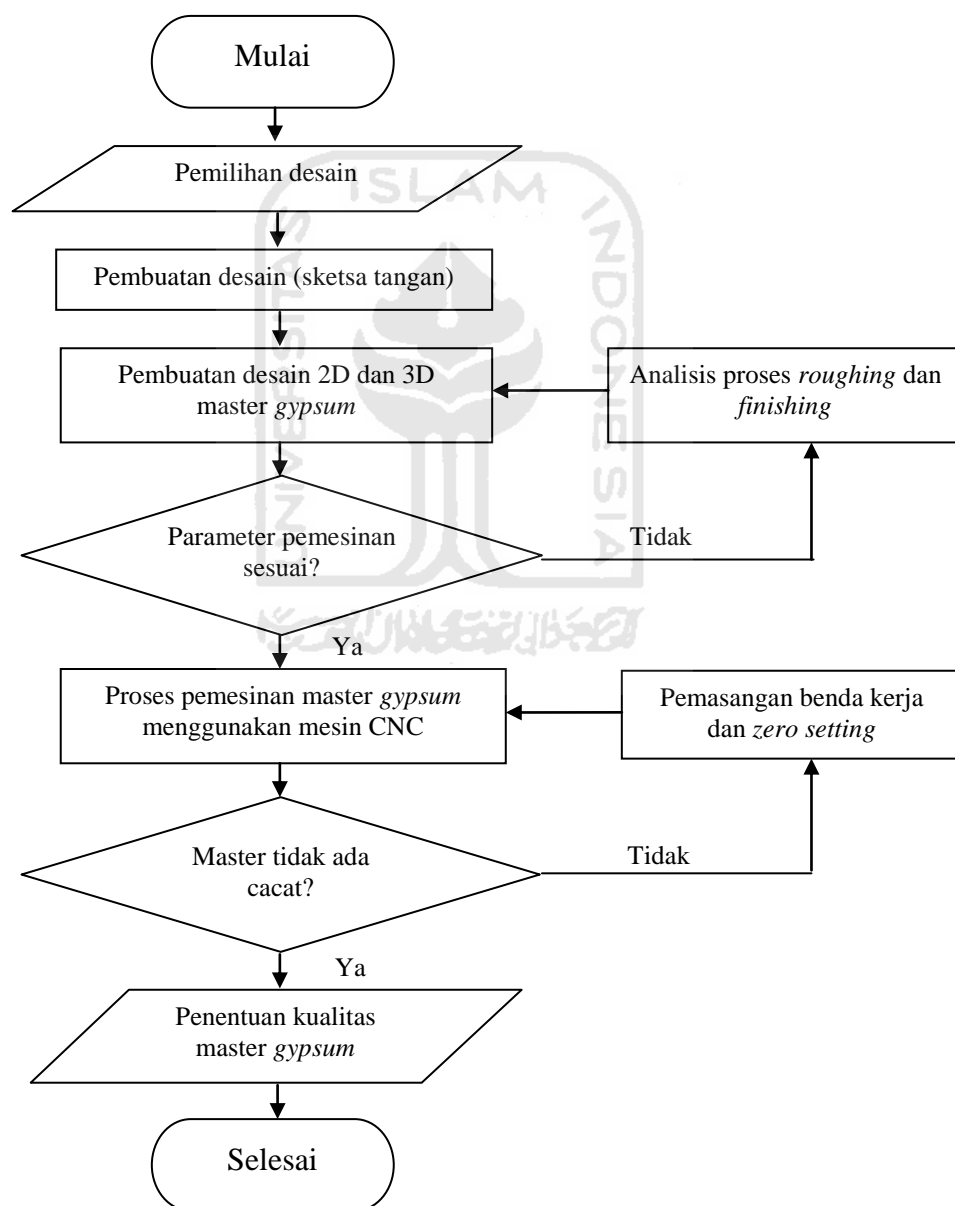
2.4.4 *Carbide*

Bahan ini dibuat dari *tungsten* yang dijadikan tepung, ditekan, dan akhirnya dilelehkan pada suhu yang sangat tinggi yaitu 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 (Marvianto, 2010), sehingga memungkinkan pemakaian *cutting speed* yang tinggi. Kerugian dari bahan ini adalah sifatnya yang getas (rapuh) sehingga kejutan tekanan harus dihindarkan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan hasil pemesinan yang optimal dilakukan beberapa kali percobaan, dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan data-data proses pemesinan baik itu dari proses *roughing* maupun proses *finishing*. Terlihat seperti gambar 3-1 :



Gambar 3-1 Flowchart Penelitian

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pahat *end mill* diameter 2 mm dan *conical* diameter 1 mm.
2. Kunci pas 10 dan 14.
3. Penggaris, kuas dan *collet*.
4. Mesin CNC jenis *milling* tipe Roland EGX 600 dan spesifikasinya, lihat gambar 3-2 dan 3-3 :



Gambar 3-2 Mesin Roland EGX 600

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

(diakses tanggal 27-02-2001 21:30)

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
Cuttable 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-300ZUS-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

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Stone Gypsum*. Material ini berupa cetakan segi empat dengan ketebalan 25 mm. Material yang akan diproses pada mesin Roland EGX 600 ini berukuran panjang 250 mm dan lebar 250 mm.

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).

Desain *gypsum* yang ada dipasaran saat ini selain mengutamakan kegunaan, juga mencoba untuk memberikan sentuhan seni pada desain sehingga

memiliki ciri khas tersendiri. Berdasarkan dari hal tadi, maka pada perancangan ini mencoba untuk mengangkat sebuah desain gambar unik yang memiliki relief. Hiasan motif ini dirancang sedemikianrupa agar menambah estetika bagi penikmat yang ada didalam ruangan tersebut.

Untuk membuat desain produk digunakan *software* CAD jenis *ArtCAM Pro*, dengan memperhatikan beberapa konsep atau desain sehingga diperoleh hasil produk seni yang bagus, berelief sebagai identitas atau ciri khas pada produk karya seni ini, desain yang ergonomi, dan layak untuk dipajang. Berikut tahapan-tahapan perancangan yang diperlukan dalam penelitian.

Fungsi cetakan adalah untuk membuat produk secara massal yang sama dengan akurat dan presisi. Desain *gypsum* yang sudah dibuat kemudian *discan* agar mempermudah untuk membuat desain gambar dengan menggunakan *software ArtCAM Pro*.

a. Proses Desain 2D

Di dalam *software ArtCAM Pro* ada dua metode yang digunakan untuk mendesain, yaitu metode vektor dan metode *bitmap*. Pada pembuatan desain cetakan hiasan seni dinding ini metode yang digunakan yaitu metode pembuatan vektor dan *bitmap*. Desain *gypsum* dibuat semenarik mungkin dengan sedikit kreasi tanpa merubah karakter dari tokoh tersebut.

b. Proses Desain 3D

Desain 3D merupakan gambar komputer yang mempresentasikan benda aktual 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 *gypsum* yang sudah jadi.

Material cetakan yang digunakan dalam pembuatan cetakan ini adalah *stone gypsum*. Material *stone gypsum* dipilih karena materialnya yang kuat, halus dan keras, dan juga tahan korosi. Sifat-sifat ini bersama dengan kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya yang tinggi, membuat *stone gypsum* merupakan material struktural yang menarik. Material ini dipergunakan secara luas bukan saja untuk kedokteran tetapi dapat digunakan untuk pembuatan cetakan-cetakan yang memiliki nilai presisi yang tinggi, dalam proses pengerjaan benda dari material *stone gypsum* banyak dilakukan dengan cara pengecoran karena *stone gypsum* mempunyai sifat mampu cor.

3.3 Pembuatan Master Cetakan Dengan Proses Pemesinan

Bahan master cetakan yang digunakan adalah *stone gypsum*, bahan ini selanjutnya akan digunakan untuk membuat master cetakan berupa desain motif kupu-kupu dengan relief yang indah dan baik dengan panjang 250 mm dan lebar 250 mm serta tebal 25 mm. Terlihat seperti gambar 3-4 :



Gambar 3-4 Teknologi proses pemesinan

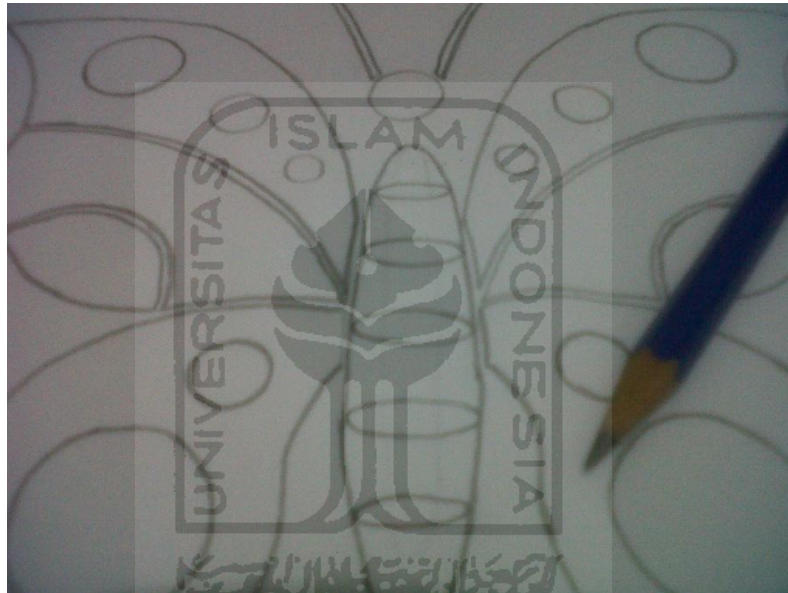
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Master Dengan Mesin CNC

4.1.1 Perancangan Desain

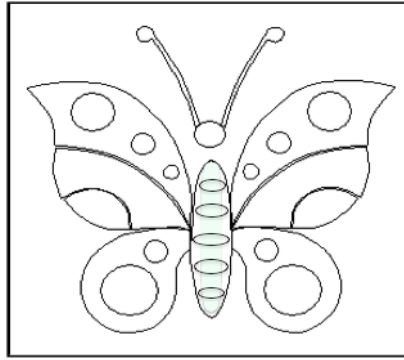
Desain berupa gambar manual (tangan) dengan bentuk garis-garis melengkung dan membentuk suatu gambar yang indah dan mempunyai nilai kreatifitas yang baik. Gambar 4-1 desain yang digunakan untuk membuat model master cetakan.



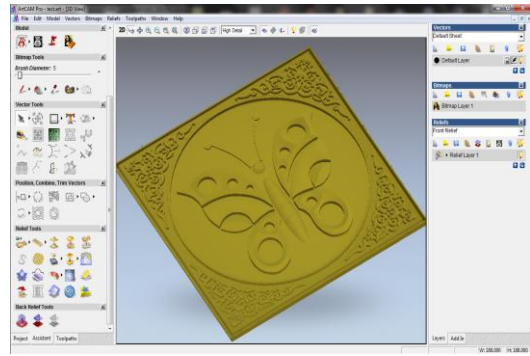
Gambar 4-1 Gambar manual (tangan)

Desain dengan ukuran 250 mm x 250 mm dengan ketebalan 25 mm, kemudian *discan*. Bentuk 2D dan 3D, seperti terlihat pada gambar 4-2 dan 4-3 dengan menggunakan *software ArtCAM Pro* dengan cara :

1. Klik open model.
2. Menentukan panjang 250 mm x 250 mm.
3. Gambar dengan menggunakan *tools* yang terdapat pada *ArtCAM Pro*.
4. Membuat permukaan 3D dengan menggunakan *shape editor*.



Gambar 4-2 Bentuk 2D



Gambar 4-3 Bentuk 3D

Kedalaman relief dari desain gambar adalah :

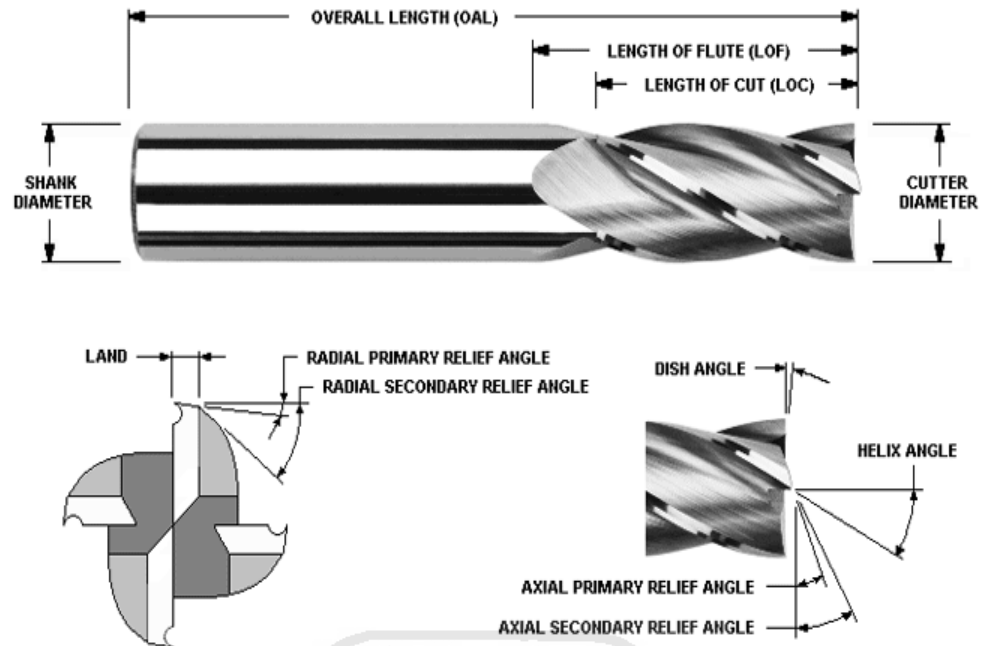
1. Persegi relief berbentuk *planar* 3D dengan kedalaman 6 mm karena sesuai dengan reliefnya.
2. - Gambar relief berbentuk *round* dengan kedalaman 3 mm karena sesuai dengan reliefnya dan sudut 22° .
- Gambar relief berbentuk *planar* dengan kedalaman 3 mm karena sesuai dengan reliefnya.

Berdasarkan desain relief 3D kemudian dibuat program CAM-nya yang nantinya ditransfer ke mesin CNC untuk proses pemesinan. Pada proses pemesinan terdapat dua proses yaitu proses *roughing* dan proses *finishing* maka pembuatan program CAM juga harus dua. Dalam pembuatan program CAM langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Proses *Roughing* (*Z Level Roughing*)

Untuk proses *roughing* dapat diuraikan dari tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan daerah yang akan diproses
Memilih *complete relief*, karena yang akan diproses adalah seluruh permukaan dari benda kerja.
2. Memilih pahat yang akan digunakan
Pahat yang digunakan adalah *end mill* terlihat seperti pada gambar 4-4 dengan diameter 2 mm yang sesuai *space relief*, kemudian menentukan parameter pemesinan, yaitu : *stepover* (mm), *stepdown* (mm), *feed rate* (mm/sec), *plunge rate* (mm/sec) dan *spindle speed* (rpm).



Gambar 4-4 Pahat *end mill*

(sumber : <http://www.servatool.com/terminology.htm>)

(diakses tanggal 27-02-2011 21:00)

3. Menentukan letak material

Menentukan tebal material yang akan diproses, tebal material yang diisikan harus lebih besar dari tinggi relief yang telah dibuat, untuk model posisi material memakai *top offset* dan menentukan titik nol dari material diatas permukaan material benda kerja.

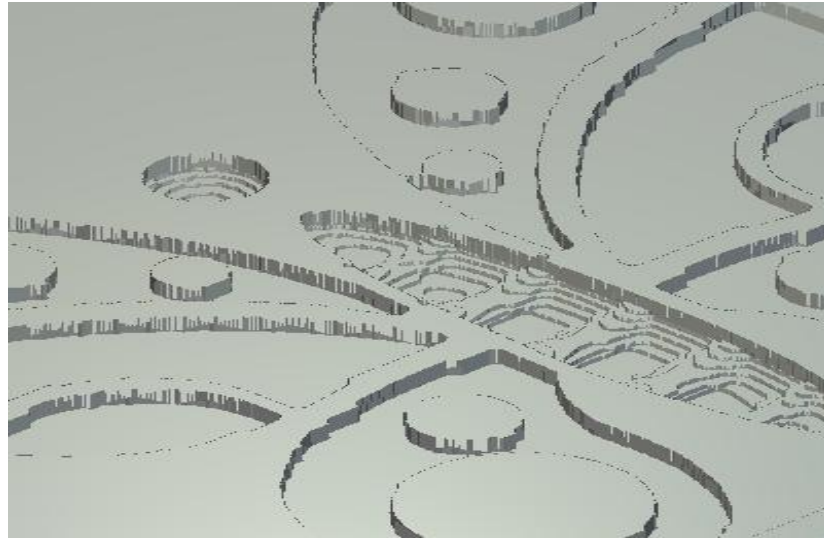
4. Menentukan jarak aman sumbu Z

Penentuan jarak aman untuk sumbu Z ini bertujuan supaya saat pahat bergerak tanpa pemakanan, ujung pahat tidak menyentuh material benda kerja. Titik aman pemakanan sebagai berikut : *safe z* : 8, *home position* sumbu x : 0, sumbu y : 0, sumbu z : 8, dan *tolerance* : 0,01.

5. Menentukan strategi pemotongan material

Strategi pemotongan ada dua tahap yaitu *raster* dan *spiral*. Cetakan yang dibuat dengan proses *roughing* menggunakan *raster* karena lebih cepat dan presisi.

6. Kemudian langkah terakhir menekan tombol “*Calculate*”. Hasil proses *roughing* terlihat seperti pada gambar 4-5 :

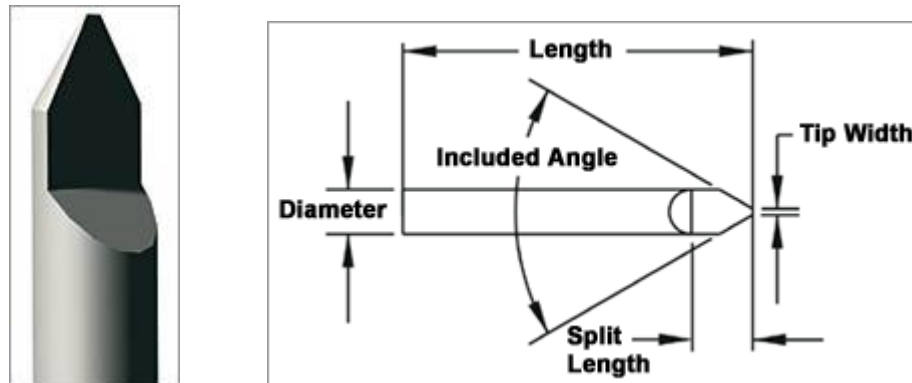


Gambar 4-5 Proses *Roughing*

2. Proses *Finishing (Machine Relief)*

Untuk program CAM pada *finishing* dapat dilakukan sesuai dengan urutan sebagai berikut :

1. Menentukan daerah yang akan diproses
Pilih bentuk *whole model*, dengan bentuk ini maka pemesinan akan mencakup seluruh areal dari material benda kerja.
2. Menentukan strategi pemotongan material yang akan dipakai
Memilih metode *raster in x* untuk nilai *angel* : 0, *allowence* : 0, dan *tolerance* : 0,01.
3. Menentukan jarak aman sumbu Z
Jarak aman terhadap sumbu z nilainya sama dengan proses *roughing* yaitu : *safe z* : 8, *home position* sumbu x : 0, sumbu y : 0, sumbu z : 8.
4. Menentukan pahat yang akan digunakan
Untuk proses *finishing* pahat yang digunakan yaitu jenis *conical* terlihat seperti pada gambar 4-6, supaya hasilnya lebih halus, kemudian menentukan parameter pemesinan, yaitu : *stepover (mm)*, *stepdown (mm)*, *feed rate (mm/sec)*, *plunge rate (mm/sec)* dan *spindle speed (rpm)*.

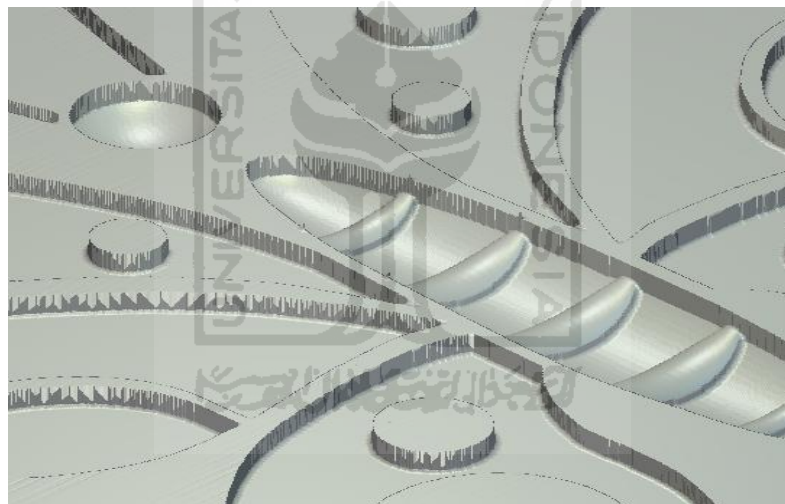


Gambar 4-6 Pahat *Conical*

(Sumber : <http://www.indiamart.com/company...l-s.html>)

(diakses tanggal 27-02-2011 21:10)

5. Menekan tombol "*Calculate*". Hasil proses *finishing* terlihat seperti pada gambar 4-7 :



Gambar 4-7 Proses *Finishing*

Tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi dari program CAM yang telah dibuat, dari simulasi *roughing* dan *finishing* dapat dilihat hasil sementara, kemudian lihat data pemesinan lewat *summary toolpath*, dari *summary toolpath* dapat diperoleh data-data pemesinan yang nantinya akan dibandingkan dengan data aktual pemesinan untuk analisis. Contoh hasil *summary toolpath* dari proses pemesinan terlihat seperti pada gambar 4-8 : :

```

width: 213.41463 mm Height: 210.00000 mm
Min X: 0.00000 mm Min Y: 0.00000 mm
Min Z: -17.84010 mm Max Z: 0.00016 mm

Material Thickness = 25.0000 mm
Z Zero = Top of material
Machining Time:      24:23:29
-----

Z Roughing - End Mill 2 mm

Tool:                [1] 2.000 mm dia. slot drill
Feed Rate:           42.000 mm/sec
Plunge Rate:         12.000 mm/sec
Safe Z:              8.000 mm
Spindle Speed:       15000 r.p.m
Stepover:            0.800 mm
Tolerance:           0.010 mm
Allowance:           0.500 mm
Home Position:       X:0.000 Y:0.000 Z:8.000
Comments:            Z Roughing

Feed Rate Length:    269746 mm
Plunge Rate Length:  8012 mm
Rapid Rate Length:   18162 mm
Machining Time:      08:21:30
-----

Machine Relief - Ball Nose 1.5 mm

Tool:                [1] 1.000 mm dia. ball nose
Feed Rate:           23.000 mm/sec
Plunge Rate:         12.000 mm/sec
Safe Z:              8.000 mm
Spindle Speed:       15000 r.p.m
Stepover:            0.180 mm
Tolerance:           0.010 mm
Allowance:           0.000 mm
Home Position:       X:0.000 Y:0.000 Z:8.000
Comments:            Machine Relief

Feed Rate Length:    331652 mm
Plunge Rate Length:  8 mm
Rapid Rate Length:   218 mm
Machining Time:      16:01:59

```

Gambar 4-8 *Summary toolpath* hasil proses CAM

Data penting yang dapat diketahui dari *summary toolpath* adalah waktu pemesinan yang nantinya akan dilaksanakan, jika waktu pemesinan dinilai terlalu lama maka dapat dilakukan pengeditan pada nilai parameter pemesinan hingga didapat waktu pemesinan yang dianggap 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 bedanya antara *file roughing* dan *finishing*, hal ini bertujuan agar antara program untuk proses *roughing* dan *finishing* tidak salah transfer pada saat melakukan pemesinan.

4.1.2 Pemasangan Benda Kerja

Pemasangan benda dimesin CNC Roland EGX 600 adalah dengan menggunakan *jig*, *jig* yang digunakan berjumlah empat buah dipasangkan pada setiap sudut dari material *stone gypsum*. Terlihat seperti pada gambar 4-9 :



Gambar 4-9 Pemasangan *jig* pada benda kerja

4.1.3 Pemasangan Pahat

Pemasangan pahat 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

sedangkan kunci pas 10 pada *collet* diputar kekanan sampai terasa cukup kencang untuk menahan putaran *spindle* saat proses pemesinan.

4.1.4 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 .

4.1.5 Melakukan Pemesinan

Untuk memulai pemesinan, membuka *command prompt*, terlihat seperti pada gambar 4-10 dan ikuti langkah seperti pada tahap persiapan berikut :

1. Kabel *connector* komputer terhubung dengan *parallel*.
2. Buka program *command prompt* yang ada pada fasilitas *windows*.
3. Cari *folder file* yang akan ditransfer.
4. *Copy file* tersebut ke LPT1.

Ex : E:\PEMESINAN\copy *roughing1.egx* LPT1

```

C:\ Command Prompt
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\CNC.NET>d:

D:\>cd pemesinan

D:\pemesinan>dir/w
Volume in drive D is DATA_2
Volume Serial Number is 8C96-2683

Directory of D:\pemesinan

[.]                [..]              ballnose.egx
Doc1.docx          endmill.egx       finishing1.egx
finishing20.egx   ratain27.egx     roughing1.egx
roughing20.egx    toolpath summary.txt
                  9 File(s)        7,140,392 bytes
                  2 Dir(s)    5,100,027,904 bytes free

D:\pemesinan>copy roughing1.egx LPT1_

```

Gambar 4-10 Tampilan *Command Prompt*

4.1.6 Mengganti Pahat ditengah Proses Pemesinan

Pergantian pahat dilakukan karena proses pemesinan yang dilakukan dari proses pertama ke proses kedua memerlukan pahat yang berbeda. Pada proses pertama yaitu *roughing* dengan pahat jenis *end mill* diameter 2 mm, dan proses kedua yaitu *finishing* dengan pahat jenis *conical*, maka setelah selesai proses *roughing*, pahat diganti. Pada saat mengganti pahat, sama dengan tahap awal pemasangan pahat, *home* sumbu x dan y tidak perlu dirubah tetapi yang dirubah *home* pada sumbu z. *Home* dari sumbu z pahat di *setting* dengan cara diturunkan hingga menyentuh permukaan relief yang paling tinggi.

4.2 Data Hasil Pemesinan

Diperoleh data-data hasil pemesinan seperti pada table 4-1 :

Tabel 4-1 Data hasil proses *roughing* dan *finishing*

No	Keterangan	Master Cetakan	
		<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
1	Pahat D (mm)	2	1
2	Jenis Pahat	<i>End Mill</i>	<i>Conical</i>
3	<i>Stepover</i> (mm)	0,8	0,18
4	<i>Stepdown</i> (mm)	1,5	0,5
5	<i>Feed Rate</i> (mm/s)	42	23
6	<i>Plunge Rate</i> (mm/s)	12	12
7	<i>Spindle Speed</i> (rpm)	15000	15000
8	<i>Raster</i>	Sumbu x	Sumbu x
9	Waktu Pemesinan (mnt)	501	962
10	Total Waktu (mnt)	1463	

4.2.1 Perhitungan

Perhitungan untuk proses *roughing* dan *finishing* :

- Proses *roughing*

1. Kecepatan potong, (m/menit)

$$V = \frac{\pi d n}{1000}$$

Keterangan : $d = 2$ mm

$n = 15000$ rpm

$$= \frac{3,14 \times 2 \times 15000}{1000}$$

$$= 94,2 \text{ m/menit}$$

2. Kecepatan penghasilan geram, Z (cm^3/menit)

$$Z = \frac{v_f a w}{1000}$$

Keterangan : $a = 1,5$ mm

$w = 0,8$ mm

$$= \frac{2520 \times 1,5 \times 0,8}{1000}$$

$$= 3,024 \text{ cm}^3/\text{menit}$$

- Proses *finishing*

1. Kecepatan potong, (m/menit)

$$V = \frac{\pi d n}{1000}$$

Keterangan : $d = 1$ mm

$n = 15000$ rpm

$$= \frac{3,14 \times 1 \times 15000}{1000}$$

$$= 47,1 \text{ m}/\text{menit}$$

2. Kecepatan penghasilan geram, Z (cm^3/menit)

$$Z = \frac{v_f a w}{1000}$$

Keterangan : $a = 0,5$ mm

$w = 0,18$ mm

$$= \frac{1380 \times 0,5 \times 0,18}{1000}$$

$$= 0,1242 \text{ cm}^3/\text{menit}$$

4.2.2 Hasil Pemesinan berupa Master Cetakan

Hasil produk yang telah dilakukan dengan proses pemesinan berupa master cetakan merupakan perolehan pengerjaan atau penelitian yang dilakukan dengan percobaan berulang-ulang diperoleh kualitas yang baik, dari proses yang dilakukan dengan uraian tahapan yang dilakukan sesuai dengan perhitungan dan nilai kreatifitas pemilihan bentuk 3D maka didapat hasil yang baik dan maksimal. Hasil dapat dilihat pada gambar 4-11 di bawah ini :



Gambar 4-11 Hasil pemesinan master cetakan

Dari 3 percobaan yang dilakukan diperoleh 2 hasil kegagalan dan 1 hasil yang maksimal. Tingkat keberhasilan pemesinan master *gypsum* juga dipengaruhi keadaan mesin yang baik dan operator yang teliti. Pada gambar 4-12 dan 4-14 adalah beberapa hasil yang gagal karena beberapa faktor :

1. Pemilihan pahat yang kurang tepat dapat berpengaruh sangat besar terhadap master cetakan. Gambar 4-12 adalah contoh pemilihan pahat yang kurang tepat :



Gambar 4-12 Contoh pemilihan pahat yang kurang tepat

Pada percobaan tersebut terjadi kegagalan pada proses *finishing* karena diameter mata pahat yang digunakan terlalu besar yaitu 2 mm, sehingga tidak dapat melakukan pemakanan dengan baik dan berakibat merusak cetakan. Untuk mendapatkan hasil yang sempurna, maka dibutuhkan diameter mata pahat yang ukurannya lebih kecil, yaitu dengan menggunakan pahat *conical*. Terlihat seperti gambar 4-13 :



Gambar 4-13 Pahat jenis *conical*

2. Proses pengecaman *jig* yang kurang baik dapat berpengaruh pergeseran master *gypsum*. Gambar 4-14 adalah contoh pengaruh master *gypsum* yang bergeser.



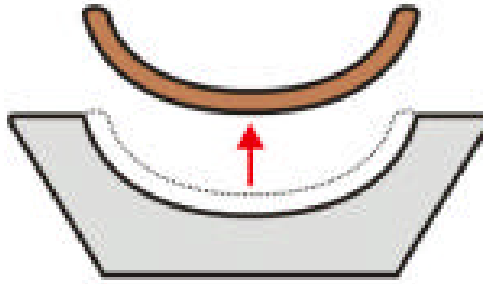
Gambar 4-14 Pengaruh master *gypsum* yang bergeser

4.3 Pembuatan Master dengan Cara Manual

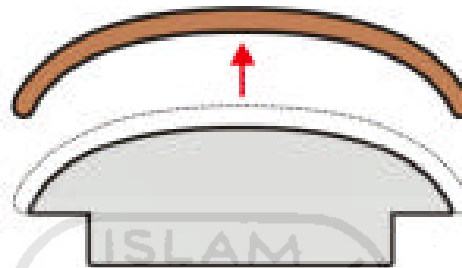
4.3.1 Proses Pembentukan dengan Teknik Cetak Tekan

Membentuk dengan teknik cetak tekan merupakan teknik pembentukan benda keramik yang dilakukan bantuan cetakan *gypsum* satu sisi (cetakan tunggal) menggunakan bahan tanah liat plastis dengan cara menekan bongkahan atau lempengan tanah liat plastis ke permukaan cetakan sehingga mengisi cekungan atau bentuk cetakan, hasilnya adalah suatu bentuk benda keramik yang sesuai bentuk cetakan *gypsum*.

Pada teknik cetak tekan ini benda keramik yang dihasilkan sangat terbatas bentuknya, biasanya hanya bentuk-bentuk 2D seperti wadah sederhana. Pembuatan benda keramik dengan teknik cetak tekan (satu sisi) dapat dilakukan menggunakan cetakan cekung maupun cetakan cembung, yang penting untuk dihindari adalah benda keramik hasil cetakan tidak menyangkut pada cetakan *gypsum*. Gambar cetakan dapat dilihat pada gambar 4-15 dan gambar 4-16 :



Gambar 4-15 Penampang cetakan cekung dan hasilnya



Gambar 4-16 Penampang cetakan cembung dan hasilnya

4.3.2 Proses Pembuatan Model

Pada proses ini model yang akan dibuat adalah hiasan dinding berupa gambar kupu-kupu, akan tetapi master yang digunakan sebagai cetakan adalah master yang dibuat menggunakan teknologi CAD/CAM/CNC. Seperti terlihat pada gambar 4-17 :



Gambar 4-17 Cetakan hasil proses CAD/CAM/CNC

Untuk proses pencetakan tanah liat dengan teknik cetak tekan sebaiknya menggunakan tanah liat plastis (tidak kembali ke bentuk semula), tidak terlalu lembek (terlalu banyak air) karena akan menyulitkan untuk mendapatkan bentuk

yang tajam dan jelas, tanah liat yang terlalu lembek akan lengket pada cetakan *gypsum* sehingga sulit untuk diambil. Tanah liat juga sebaiknya tidak terlalu keras, karena tanah liat akan sulit masuk ke dalam cekungan atau bentuk cetakan *gypsum* dan hasilnya akan retak-retak, seperti gambar 4-18 :



Gambar 4-18 Hasil cetakan yang retak

Sebaiknya gunakan tanah liat yang kondisinya plastis. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pencetakan adalah sebagai berikut:

1. Penyiapan tanah liat dengan cara diuli untuk membuat model. Seperti terlihat pada gambar 4-19 :



Gambar 4-19 Tanah liat

2. Tanah liat tersebut dimasukkan ke dalam cetakan *gypsum*, kemudian menekan secara perlahan-lahan agar tanah liat tersebut mengisi ruang yang ada pada bagian cetakan *gypsum*. Terlihat seperti gambar 4-20:



Gambar 4-20 Proses penekanan tanah liat

3. Penekanan secara perlahan tanah liat plastis tersebut secara merata pada bagian cetakan *gypsum*, bentuk bagian dalam benda mengikuti bentuk cetakan agar benda hasil cetakan memiliki ketebalan yang relatif sama. Terlihat seperti gambar 4-21 :



Gambar 4-21 Penekanan tanah liat secara merata

4. Dilepaskan benda keramik hasil cetakan dari cetakan *gypsum*. Terlihat seperti gambar 4-22 :



Gambar 4-22 Proses pelepasan benda keramik dari cetakan

5. Model cetakan satu sisi yang telah selesai dan siap untuk dicetak tuang.
Seperti gambar 4-23 :



Gambar 4-23 Model yang siap dicetak

4.3.3 Proses Pembuatan Cetakan

Teknik cetak tekan ini menggunakan cetakan satu sisi yang hanya memiliki satu permukaan saja yang merupakan bagian muka dari benda keramik. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan cetakan keramik adalah sebagai berikut :

1. Model yang sudah dibuat tadi kemudian diolesi oleh larutan pemisah (sabun dan minyak kelapa) dengan perbandingan 1 : 1 dan dipanaskan, larutan tersebut berfungsi untuk mempermudah melepaskan model dari cetakan *gypsum*. Terlihat seperti pada gambar 4-24 :



Gambar 4-24 Model yang sudah diolesi larutan pemisah

2. Pemasangan papan cetakan pada keempat sisi model, kemudian beri tanah liat plastis pada bagian sambungan papan cetakan agar adonan *gypsum* tidak keluar. Terlihat seperti gambar 4-25 :



Gambar 4-25 Papan cetakan untuk model

3. Dibuat adonan *gypsum* untuk membuat cetakan *gypsum*. Terlihat seperti gambar 4-26 :



Gambar 4-26 Adonan *gypsum*

4. Penuangan adonan *gypsum* pada model hingga seluruh permukaan model tertutup oleh adonan *gypsum* dengan rata, biarkan adonan *gypsum* itu mengeras. Terlihat seperti gambar 4-27 :



Gambar 4-27 Proses penuangan *gypsum*

5. Setelah *gypsum* mengeras papan cetakan dibuka, kemudian seluruh permukaan cetakan *gypsum* tersebut dirapihkan. Terlihat seperti gambar 4-28 :



Gambar 4-28 Proses penghalusan permukaan *gypsum*

6. Dilepaskan model kupu-kupu tersebut dari cetakan *gypsum*, kemudian cetakan *gypsum* dijemur hingga benar-benar mengering dan siap untuk digunakan. Terlihat seperti gambar 4-29 :



Gambar 4-29 Pelepasan model dari cetakan

7. Cetakan *gypsum* yang sudah jadi dan siap digunakan untuk mencetak benda keramik. Terlihat seperti gambar 4-30 :



Gambar 4-30 Cetakan *gypsum* yang siap digunakan

Dari proses pembuatan cetakan secara manual yang telah dilakukan, terdapat kegagalan. Di bawah ini adalah contoh hasil kegagalan akibat beberapa faktor :

1. Pencampuran *gypsum* dengan air yang kurang tepat akan menyebabkan cetakan kurang baik, jika air terlalu banyak maka cetakan akan mudah patah atau rapuh, sedangkan jika air terlalu sedikit maka akan ada udara yang terjebak di dalam cetakan sehingga cetakan akan rusak. Gambar 4-31 adalah contoh pencampuran *gypsum* yang kurang baik.



Gambar 4-31 Pencampuran *gypsum* yang kurang baik

2. Proses pelepasan model dari cetakan *gypsum* juga sangat berpengaruh, jika cetakan *gypsum* masih dalam keadaan basah (belum benar-benar

mengering), maka permukaan cetakan menjadi tidak rata. Terlihat seperti gambar 4-32 :



Gambar 4-32 Permukaan cetakan yang tidak rata

4.4 Analisis

Pemilihan desain yang telah disiapkan mempunyai beberapa nilai seni dan daya tarik pada konsumen, untuk dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemesinan, baik lamanya proses pemesinan, kemampuan mesin maupun hasil dari pemesinan itu sendiri, maka diperlukan analisis dengan mengganti beberapa variabel pada parameter pemesinan. Parameter yang diganti di sini difokuskan pada *stepover*, *stepdown* dan *feed rate*. Dari beberapa analisis percobaan yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh hasil produksi dan waktu pemesinan dapat diketahui dengan simulasi pemesinan yang terdapat pada *software ArtCAM Pro*.

4.4.1 Analisis Hasil Pemesinan

Analisis hasil pemesinan dapat disimpulkan dari beberapa hasil yang dilakukan, dalam proses pemesinan sering terjadi kerusakan atau kegagalan produk, hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya:

1. Pengaturan *machining tools* dan material pada *ArtCAM*.
2. Pemilihan mata pahat tidak tepat.
3. Simulasi pemesinan pada *toolpath summary* terlalu dalam.
4. *Zero setting* dan *tools setting*.
5. Masalah pada mesin dan sumber daya (listrik).

4.4.2 Analisis Kegagalan Pemesinan

Untuk mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada proses pembuatan master diperlukan beberapa cara diantaranya:

1. Pengaturan *shape editor* 3D yang baik sebagai simulasi pemakanan bentuk sesuai hasil yang diinginkan.
2. Pemeriksaan ulang hasil *ArtCAM* sebelum nantinya ditransfer ke mesin CNC.
3. Dikuasai dengan baik cara-cara menggunakan mesin CNC.

Beberapa faktor yang menyebabkan kegagalan dari proses pemesinan baik itu dari operator ataupun dari mesinnya itu sendiri. Kegagalan terjadi pada proses *roughing* maupun *finishing*, dari percobaan yang dilakukan dapat diketahui beberapa penyebab kegagalan dalam proses pemesinan diantaranya:

1. Pemasangan benda kerja yang tidak kuat akan menyebabkan master *gypsum* bergeser dari posisinya sehingga proses pemesinan mengalami perubahan alur pemakanan sehingga berakibat merusak master *gypsum* itu sendiri.
2. Penempatan *home z position* yang tidak tepat (terlalu dalam atau terlalu tinggi). Jika terlalu dalam pahat akan mengalami tekan yang berlebihan karena pemakanannya terlalu besar akibatnya mesin akan macet dan dapat merusak permukaan master *gypsum*.
3. Pemilihan mata pahat yang tidak tepat, jika diameter mata pahat tidak sesuai dengan bentuk relief, maka dapat merusak master cetakan.
4. Geram yang menghambat pergerakan *feed rate*, karena bertumpuknya geram maka pergerakan pahat tidak maksimal dan mengganggu putaran (rpm) *spindle*, sehingga mengakibatkan rusaknya permukaan relief pada master *gypsum*.

Selain itu kegagalan pada proses *finishing* juga disebabkan oleh geram yang menumpuk sehingga kerja pahat saat proses pemesinan dapat mempengaruhi permukaan relief menjadi kasar, maka diperlukan perhatian yang lebih pada proses *finishing* agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan maka operator dituntut teliti dan mengikuti langkah-langkah yang ada dan keadaan mesin yang baik dan

peralatan yang lengkap dalam pembuatan master *gypsum* sehingga menghasilkan master *gypsum* yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan.

4.4.3 Analisis Hasil Pembuatan Manual

Analisis hasil pembuatan manual dapat disimpulkan dari beberapa hasil yang dilakukan, dalam proses pembuatan manual sering terjadi kerusakan atau kegagalan, hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya:

1. Tanah liat menempel pada permukaan benda kerja atau tangan.
2. Muncul retak-retak pada benda kerja sebelum dilakukan pengecoran *gypsum*.
3. Pencampuran serbuk *gypsum* dengan air tidak tepat.

Untuk mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada proses pembuatan master diperlukan beberapa cara diantaranya :

1. Tanah liat yang terlalu lembek sebaiknya dikeringkan agar proses pelepasan dari cetakan *gypsum* tidak sulit.
2. Sebelum nantinya dilakukan pengecoran *gypsum* sebaiknya model dikeringkan secara perlahan-lahan (diangin-anginkan), jauhkan dari panas secara langsung, karena pengeringan yang terlalu cepat akan mengakibatkan munculnya retak-retak pada model.
3. Proses pencampuran atau pengadukan serbuk *gypsum* dengan air sebaiknya dengan perbandingan atau takaran yang sesuai yaitu 1 kg serbuk *gypsum* dicampur dengan 300 ml air. (Rizqolnadi, 2010).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pembuatan cetakan *gypsum* dengan teknologi CAD/CAM/CNC menghasilkan cetakan yang halus dan presisi. Pemilihan mata pahat yang sesuai dengan bentuk relief akan memudahkan untuk membuat kontur atau bentuk relief yang kecil dan rumit.

Proses pembuatan cetakan secara manual menghasilkan bentuk yang terbatas, biasanya hanya bentuk-bentuk 2D seperti wadah sederhana. Untuk membantu mengembangkan industri keramik teknologi CAD/CAM/CNC yang ada pada saat ini dapat digunakan sehingga industri keramik dapat menciptakan variasi dalam membuat produknya.

Pembuatan cetakan menggunakan teknologi CAD/CAM/CNC membutuhkan biaya yang relatif cukup mahal dibandingkan pembuatan secara manual, akan tetapi menghasilkan master *gypsum* yang baik dan berkualitas sesuai dengan yang diinginkan.

5.2 Saran

Saran-saran berikut diberikan untuk pengembangan penelitian berikutnya :

1. Proses pencetakan sangat berpengaruh pada hasil desain, sehingga dianjurkan menggunakan material pencetak yang benar-benar bagus.
2. Dilakukan percobaan dengan merubah parameter dan strategi lain yang menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dan kualitas produk yang lebih baik pula.
3. Penambahan alat kompresor pada mesin CNC tipe Roland EGX 600 agar geram hasil pemesinan tidak menumpuk pada benda kerja sehingga memaksimalkan kerja mesin dan menghasilkan permukaan benda kerja yang lebih halus.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhineka. (2009) “*Gambar Mesin Roland EGX 600/400*”.
www.bhineka.com/products/sku00006512/roland_egx-600.
 (diakses 27/02/2011).
- Diktat mata kuliah pemrograman mesin CNC.
- Indiamart. (2010) “*Conical Tools Application*”, www.indiamart.com/company.
 (diakses 27/02/2011).
- Laboratorium Sistem Manufaktur. (2002). “*Modul Praktikum*”. Teknik Mesin,
 Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Main, Syamsir A. (1989). “*Dasar-dasar Perancangan Perkakas dan Mesin-mesin
 Perkakas*”. Jakarta, Rajawali Pers.
- Oswald, Philip F., Munoz, Jairo. (1997) “*Manufacturing Process and System*”.
 Nine Edition, Canada.
- Rizqolnadi, Adviko. (2010). “*Aplikasi Teknologi CAD/CAM Dalam Desain dan
 Perancangan Pembuatan Cetakan pada Industri Gypsum*”. Tugas Akhir.
- Rochim, Taufiq. (1993). “*Teori Dan Proses Pemesinan*”. Bandung, Higher
 Edition Education Developmen Support Project.
- Schey, John. (1987). “*Introduction to Manufacturing Process*”. Second edition
 New York, Mc Grew-Hill.
- Servatool, (2007). “*Application Of Tool Production*”.
www.servstol.com/terminology. (diakses 27/02/2011)
- Subchan, dan Marvianto. (2010). “*Drilling And Threading*”. Tugas Akhir.
- Suwandi, Suparlan. (2005). “*Catatan Kuliah Teknologi Produksi*”. Bandung
 Departemen Teknik Mesin ITB.