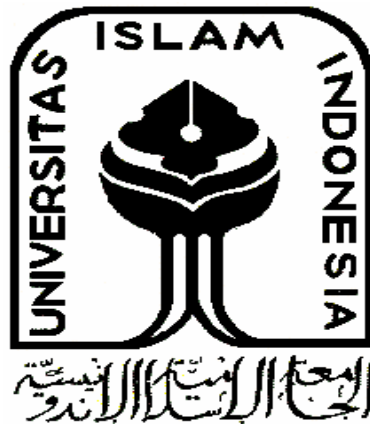


**PEMBUATAN HIASAN DINDING BERMOTIF KEBUDAYAAN DAERAH
(WAYANG BAGONG) DENGAN TEKNOLOGI CAD/CAM DAN MESIN
CNC MILLING PADA MATERIAL KAYU**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk melaksanakan Tugas Akhir pada
Jurusan Teknik Mesin



Disusun oleh :

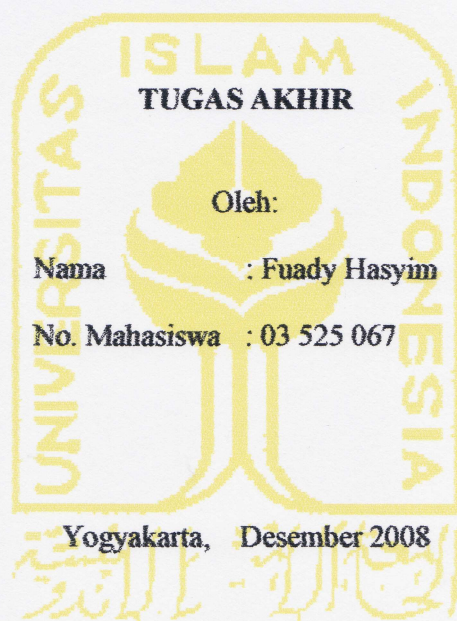
Fuady Hasyim

03 525 067

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2008**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PEMBUATAN HIASAN DINDING BERMOTIF KEBUDAYAAN DAERAH
(WAYANG BAGONG) DENGAN TEKNOLOGI CAD/CAM DAN MESIN
CNC MILLING PADA MATERIAL KAYU**



Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PEMBUATAN HIASAN DINDING BERMOTIF KEBUDAYAAN DAERAH (WAYANG BAGONG) DENGAN TEKNOLOGI CAD/CAM DAN MESIN CNC MILLING PADA MATERIAL KAYU

TUGAS AKHIR



Oleh :

Nama : Fuady Hasyim

No. Mahasiswa : 03 525 067

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Desember 2008

Tim Penguji.

Ir. Hudaya, MM.
Ketua

()

Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.
Anggota I

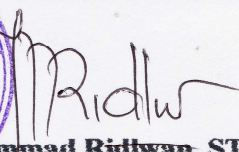
()

Agung Nugroho Adi, ST., MT
Anggota II

()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



()
Muhammad Ridwan, ST., MT.

PERSEMBAHAN

.....Untuk Yang Terbaik Dalam Hidupku.....

Bapakku, Djarminah Sunarto

Ibuku, Eni Nurhayati

Saudaraku, Mba Nani, Mas Ikhin dan Sri Utami

Serta

Sahabat-sahabatku

HALAMAN MOTTO

Seseorang hanya akan meraih pengetahuan bila dalam dirinya terdapat enam hal : Kecerdasan, Semangat, Ketabahan, Bekal, Bimbingan guru dan proses yang tiada henti.

**JANGAN MUDAH MENYERAH DAN PUTUS ASA BILA INGIN
MENDAPATKAN KESUKSESAN**

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalaamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta para keluarganya , sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas Akhir berjudul pembuatan hiasan dinding bermotif kebudayaan daerah (wayang bagong) dengan teknologi *CAD/CAM* dan mesin *CNC milling* pada material kayu adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Tentunya penulisan tugas akhir tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan baik moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis, baik berupa bimbingan, dorongan, kerjasama, fasilitas dan kemudahan lainnya, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Yang Maha Pengasih dan Penyayang.
2. Keluarga tercinta, Bapak, Ibu, Kakak serta Adeku atas doa-doa tanpa henti, segala kasih sayang dan perhatian serta pengertian yang amat berharga.
3. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Drs. Sunarto, M.Hum, Dosen Pengajar Institut Seni Indonesia Yogyakarta selaku Dosen Pembimbing II.

5. Muhammad Ridlwan, ST.,MT. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
6. Seluruh Staff, Dosen, dan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
7. Teman-teman seperjuangan, Bayu, Gani, Wahyu W, Wawan, Yopi, Dika, Danu, Yudi, Mas Dahlan dan teman-teman semuanya.
8. Teman-teman kos, Yanuar, Wahyu, Mahfud, Mas Nanang dan yang lain terimakasih atas dukungannya.
9. Dan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi kemajuan penulis di masa mendatang.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat dan membantu mengembangkan ilmu pengetahuan penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Desember 2008

Penulis

Abstrak

Hiasan dinding merupakan sebuah sarana yang berfungsi sebagai pelengkap dan memperindah sebuah ruangan yang memiliki makna dari objek tersebut. Wayang adalah salah satu kebudayaan daerah yang masih dikenal masyarakat karena wayang dipandang sebagai suatu bahasa simbol kehidupan yang lebih bersifat rohaniah. Salah satu objek yang bisa dijadikan sebagai kerajinan hiasan adalah wayang punakawan, mengapa tokoh punakawan? karena tokoh punakawan sangat dikenal masyarakat sebagai salah satu tokoh yang dapat menghibur dengan ciri khasnya masing-masing. Salah satunya adalah Bagong yang memiliki sifat lancang tapi sangat lucu. Kebanyakan industri kerajinan khususnya dalam pembuatan hiasan ukiran kayu, proses pembuatannya masih menggunakan manual (handmade). Akibatnya perusahaan akan kewalahan apabila banyak pesanan karena untuk membuat hiasan motif wayang membutuhkan waktu yang relatif lama. Munculnya sistem manufaktur modern memberikan solusi bagi permasalahan tersebut karena selain produktifitas lebih cepat, sistem ini juga fleksibel dalam perubahan desain yang dapat terjadi setiap saat. Hal ini dapat memberikan peluang usaha yang cukup baik. Dalam sistem manufaktur modern, perancangan desain menggunakan software CAD/CAM dan proses produksi dengan mesin CNC. Akan tetapi tentunya perlu strategi pemesinan dengan metode yang efektif dan pengaturan parameter-parameter pemesinan yang optimal, agar produk yang dihasilkan berkualitas baik dan dengan waktu produksi yang cepat. Pada Tugas Akhir ini sudah menghasilkan hiasan dinding (wayang Bagong) dengan strategi yang optimum menggunakan bantuan Software CAD/CAM dan mesin CNC.

Kata kunci : Hiasan dinding, wayang, CAD/CAM, CNC.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar	vi
Abstrak	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	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	4
2.1. Sejarah Wayang Purwa	4
2.1.1 Sejarah Punakawan dan Tokoh-tokohnya	5
2.1.2 Karakter Tokoh Punakawan	6
2.2. <i>CAD/CAM</i>	7
2.3. Mesin <i>CNC</i>	8
2.3.1 Sejarah <i>NC</i>	9
2.3.2. Sumbu Mesin	9
2.3.3. Titik Nol Mesin	11
2.3.4. Motor Penggerak	13

2.3.4.1	Motor Servo	13
2.3.4.2	Motor Stepper	14
2.4.	Pahat (<i>Cutting Tools</i>)	15
2.4.1	Geometri Utama Pahat	16
2.4.2	Jenis Pahat	17
2.4.3	Material Pahat	18
2.5.	Proses Pemesinan	19
2.5.1	Proses <i>Roughing</i>	20
2.5.2	Proses <i>Semifinishing</i>	20
2.5.3	Proses <i>Finishing</i>	20
2.6.	Kayu	21
2.6.1	Bagian-bagian kayu	21
2.6.2	Struktur Kayu	22
2.6.3	Sifat Fisik Kayu	23
2.6.4	Sifat Kimia Kayu	25
2.6.5	Kadar Air pada Kayu	26
2.6.6	Jenis-jenis Kayu untuk Kerajinan	27
2.6.7	Jenis-Jenis Cacat pada Kayu	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		31
3.1.	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	31
3.2.	Perencanaan Penelitian	32
3.2.1	Tahapan Desain	32
3.2.2	Material yang Digunakan	34
3.2.3	Peralatan yang Digunakan	35
3.2.4	Menentukan Strategi Pemesinan	36
3.2.5	Simulasi Permesinan	37
3.2.6	Pemesinan	37
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS		38
4.1.	Pemesinan Awal	38
4.1.1.	Proses <i>Roughing</i>	38
4.1.2.	Proses <i>Semi Finishing</i>	39

4.1.3. Proses <i>Finishing</i>	40
4.1.4. Proses <i>Profiling</i>	41
4.1.5. Analisis Hasil Pemesinan	43
4.2. Pemesinan dengan Menggunakan Pembatas Vektor	44
4.2.1. Proses <i>Roughing</i>	44
4.2.2. Proses <i>Semi Finishing</i>	45
4.2.3. Proses <i>Finishing</i>	46
4.2.4. Analisis Hasil Pemesinan	48
4.3. Pemesinan dengan Metode Pemakanan per Area	49
4.3.1. Proses <i>Roughing</i>	49
4.3.2. Proses <i>Semi Finishing</i>	50
4.3.3. Proses <i>Finishing</i>	51
4.3.4. Analisis Hasil Pemesinan	53
4.4. Kendala-kendala Umum dalam Permesinan dan Solusinya	54
BAB V PENUTUP	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
Lampiran	xv
Daftar Pustaka	xvi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Tokoh Punakawan</i>	6
Gambar 2.2	Mesin <i>milling</i> Horizontal	10
Gambar 2.3	Mesin <i>milling</i> vertikal	10
Gambar 2.4	Pergerakan pahat pada mesin <i>CNC milling</i>	11
Gambar 2.5	(a) Titik nol mesin bubut	12
	(b) Titik nol mesin <i>frais</i>	12
Gambar 2.6	Titik nol mesin <i>Roland MDX-20</i>	12
Gambar 2.7	Motor <i>Servo</i>	14
Gambar 2.8	Skema pada Sistem <i>Loop</i> Tertutup	14
Gambar 2.9	Skema pada Motor <i>Step</i>	15
Gambar 2.10	Skema pada Sistem <i>Loop</i> Terbuka	15
Gambar 2.11	Pahat	15
Gambar 2.12	Geometri Pahat Proses <i>Turning</i>	16
Gambar 2.13	Geometri Pahat Proses <i>Milling</i>	17
Gambar 2.14	Grafik ketahanan material pahat	19
Gambar 2.15	Oprasi mesin <i>frais</i>	20
Gambar 2.16	Sumbu mesin <i>frais</i>	20
Gambar 2.17	Bagian-bagian kayu	21
Gambar 2.18	Bentuk&Posisi Kayu saat Pemotongan	23
Gambar 2.19	<i>Knot</i> atau mata kayu	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	31
Gambar 3.2	Bagong Yogyakarta	32
Gambar 3.3	Sketsa Bagong	33
Gambar 3.4	Desain 2D	34
Gambar 3.5	Desain 3D	34
Gambar 3.6	Kayu sonokeling	35
Gambar 3.7	<i>Roland MDX-20</i>	37
Gambar 4.1	Simulasi <i>Roughing</i>	39
Gambar 4.2	Simulasi <i>Semi Finishing</i>	40
Gambar 4.3	Simulasi <i>Finishing</i>	41

Gambar 4.4 Simulasi <i>Profiling</i>	42
Gambar 4.5 Hasil Akhir Produk Pemesinan Awal	43
Gambar 4.6 Pembatas Vektor	44
Gambar 4.7 Simulasi Proses <i>Roughing</i>	45
Gambar 4.8 Simulasi Proses <i>Semi Finishing</i>	46
Gambar 4.9 Simulasi Proses <i>Finishing</i>	47
Gambar 4.10 Hasil Akhir Produk Menggunakan Pembatas Vektor	48
Gambar 4.11 Simulasi Proses <i>Roughing</i>	50
Gambar 4.12 Simulasi Proses <i>Semi Finishing</i>	51
Gambar 4.13 Simulasi Proses <i>Finishing</i>	52
Gambar 4.14 Hasil Akhir Produk dengan Metode Pemakanan per Area	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Right-Hand Standard Cartesian Coordinate System</i>	10
Tabel 2.2 Metode pemrograman	13
Tabel 2.3 Jenis-jenis Pahat	17
Tabel 2.4 Macam-macam serat miring	25
Tabel 2.5 Jenis-jenis Kayu Kerajinan	27
Tabel 2.6 Jenis-Jenis Kerusakan Kayu Berhubungan dengan Pemesinan	29
Tabel 4.1 Parameter <i>Roughing</i> pada Pemesinan Awal	38
Tabel 4.2 Parameter <i>Semi Finishing</i> Pada Pemesinan Awal	39
Tabel 4.3 Parameter <i>Finishing</i> pada Pemesinan Awal	41
Tabel 4.4 Parameter <i>Profiling</i> pada Pemesinan Awal	42
Tabel 4.5 Analisa Hasil Pemesinan Awal	43
Tabel 4.6 Parameter Pemesinan <i>Roughing</i>	45
Tabel 4.7 Parameter Pemesinan <i>Semi Finishing</i>	46
Tabel 4.8 Parameter Pemesinan <i>Finishing</i>	47
Tabel 4.9 Analisa Pemesinan dengan Menggunakan Pembatas Vektor	48
Tabel 4.10 Parameter Pemesinan <i>Roughing</i>	49
Tabel 4.11 Parameter Pemesinan <i>Semi Finishing</i>	50
Tabel 4.12 Parameter Pemesinan <i>Finishing</i>	51
Tabel 4.13 Analisa Pemesinan dengan Metode Pemakanan per Area	53
Tabel. 4.14 Kendala-kendala dalam Pemesinan dan Solusinya	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Hiasan dinding merupakan sebuah sarana yang berfungsi untuk memperindah sebuah ruangan. Namun, saat ini hiasan dinding tidak hanya berfungsi sebagai sarana pelengkap dan penambah keindahan di dalam ruangan. Karena selain sebagai penambah nuansa keindahan, hiasan dinding juga dapat dikatakan sebagai penambah isi dari ruangan. Wayang Bagong adalah nama salah satu tokoh punakawan dalam cerita wayang dari Jawa Tengah dan Jawa Timur. Bagong adalah anak ketiga dari Semar dengan ibunya Sutiragen. Dalam cerita wayang dari Jawa Barat ia bernama Cepot atau nama yang lebih lengkapnya yaitu Astrajingga. Sering kita temui hiasan dinding wayang berupa ukiran kayu menghiasi rumah, hotel, kantor maupun tempat-tempat umum, hal ini dapat membuka peluang usaha yang cukup baik dalam industri kerajinan hiasan.

Pada dasarnya, manusia mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda-beda. Begitu juga dalam hal seni dan keindahan, sehingga dalam pembuatan sebuah produk dibutuhkan suatu teknologi yang fleksibel terhadap keinginan konsumen. Selain dalam pembuatan sebuah produk yang berbasis atas keinginan konsumen, saat ini juga diperlukan kecepatan yang tinggi dalam proses produksinya.

Untuk menunjang kelancaran produksi digunakan berbagai macam teknologi yang salah satunya adalah komputer. Pemanfaatan teknologi komputer yang sedang berkembang yaitu pada bidang rancang bangun dan perekayasaan. Pada penelitian ini untuk mendesain model hiasan dinding menggunakan *Software ArtCAM*. Adanya *Software ArtCAM* memberi kemudahan perancangan dalam peningkatan kualitas hasil produksi, terutama yang terkait dengan pemanfaatan teknologi tinggi. Mesin yang digunakan adalah *CNC milling* tipe *Roland MDX-20*, dengan bantuan *software ArtCAM* dapat menentukan strategi dan parameter pemesinan pada waktu proses produksinya. Teknologi ini mampu memenuhi

tuntutan konsumen untuk memaksimalkan hasil produksi dengan waktu produksi seminimal mungkin dan dengan harga produksi yang relatif murah.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana mengenalkan kebudayaan daerah dengan cara membuat produk hiasan dinding model wayang.
2. Bagaimana mendesain hiasan dinding yang inovatif dan menarik agar dapat meningkatkan kualitas produk dengan waktu pemesinan yang efektif.
3. Bagaimana menentukan strategi dan parameter pemesinan pada mesin *CNC milling* tipe *Roland MDX-20* untuk benda kerja kayu.

1.3. Batasan Masalah

Penyelesaian masalah dalam pembuatan dan perancangan produk, secara mendasar dilakukan dengan batasan sebagai berikut :

1. Budaya daerah yang diambil adalah wayang Bagong dari Yogyakarta.
2. Desain hiasan dinding Bagong menggunakan *software ArtCAM*.
3. Strategi pemesinan yang dilakukan yaitu *3D Toolpaths*.
4. Proses *Finishing* dalam pembuatan produk menggunakan mesin *CNC Roland MDX-20*.
5. Material yang digunakan adalah kayu sonokeling.
6. Produk yang dihasilkan memiliki ukuran 150x150 mm.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai adalah mampu membuat contoh model hiasan dinding berupa wayang Bagong dengan *Software Art CAM* serta dapat memahami dan mengoperasikan mesin *CNC* yang menghasilkan produk 3 dimensi sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Dapat memahami tentang ciri khas Bagong Yogyakarta.
2. Pengetahuan tentang *Software ArtCAM*.
3. Dapat memahami dan mengoperasikan mesin *CNC*.
4. Dapat memberikan suatu pemikiran baru dalam desain hiasan dinding.
5. Memiliki keterampilan dalam mendesain sebuah hiasan dinding.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan tugas akhir ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasan. Pokok-pokok permasalahan 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 kumpulan data dan pengolahan data akan dilakukan pada bab III, dimana data diolah untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan. Pada bab IV akan dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil yang didapat pada bab sebelumnya. Sedangkan bab V merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.7. Sejarah Wayang Purwa

Kesenian wayang dalam bentuknya yang asli timbul sebelum kebudayaan Hindu masuk di Indonesia dan mulai berkembang pada jaman Hindu Jawa. Masa Hindu Jawa adalah masa transisi masyarakat Jawa ketika itu masih belum melepaskan sepenuhnya tradisi animisme dan dinamisme. (Sutini.BA. 1994).

Kata wayang berasal dari kata bahasa Indonesia (Jawa) asli yang berarti “bayang” atau bayang-bayang yang berasal dari akar kata “yang” dengan mendapat awalan “wa” menjadi kata “wayang”. Kata wayang pada waktu dulu berarti mempertunjukkan “bayangan”, lambat laun menjadi pertunjukan bayang-bayang, kemudian menjadi seni pentas bayang-bayang atau wayang”.(Sri Mulyono, 1983)

Menurut kitab Centini, tentang asal usul wayang Purwa disebutkan bahwa kesenian wayang mula-mula diciptakan oleh raja Jayabaya dari kerajaan Mamenang (Kediri). Sekitar abad ke-10 Raja Jayabaya berusaha menciptakan gambaran dari roh leluhurnya dan digoreskan di atas daun lontar. Bentuk gambaran wayang tersebut ditiru dari gambaran relief cerita Ramayana pada candi Penataran di Blitar. Figur tokoh yang digambarkan untuk pertama kali adalah Batara Guru atau Sang Hyang Jagadnata yaitu perwujudan dari Dewa Wisnu. (<http://www.petra.ac.id/english/eastjava/culture/wayang.html>)

Sejak saat itu kegiatan penciptaan wayang semakin berkembang. Karya sastra yang menjadi bahan cerita wayang sudah ditulis oleh para pujangga Indonesia sejak abad ke-10 tersebut. Diantaranya berupa naskah kitab Ramayana Kakawin berbahasa Jawa Kuno yang ditulis pada masa pemerintahan Raja Dyah Balitung (898–910), kitab ini merupakan terjemahan dari kitab Ramayana karangan pujangga India Waalmiki yang selanjutnya mengalami penambahan falsafah Jawa. Contoh lain adalah karya Empu Kanwa Kakawin Arjunawiwaha, yang merupakan gubahan yang berinduk pada kitab Mahabarata. (AIKON edisi 44, Perjalanan Wayang di Nusantara, dipublikasi oleh: Industri Desain Indonesia, Jakarta,1996.)

Masuknya agama Islam ke Indonesia pada abad ke-13 memberi pengaruh pada perkembangan wayang di Indonesia, terutama pada falsafah wayang yang semakin diperkaya dengan hadirnya falsafah-falsafah baru.

2.1.1. Sejarah Punakawan Dan Tokoh-tokohnya.

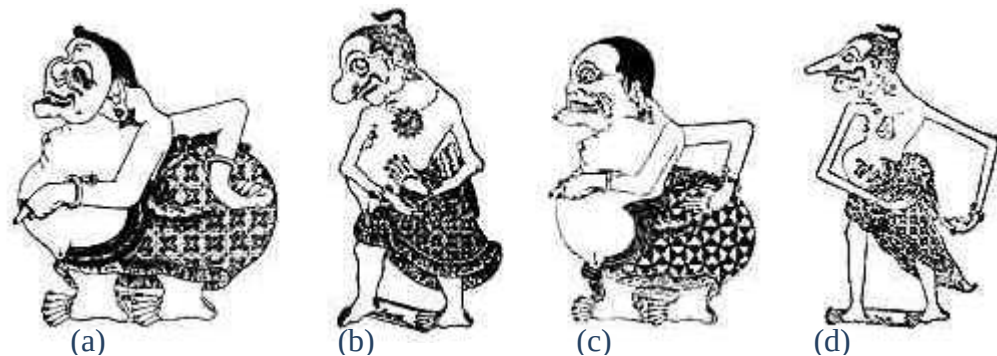
Kata punakawan atau yang sering juga disebut *panakawan* menurut pedalangan berasal dari dua suku kata, yaitu kata *pana* yang berarti cerdik, jelas-terang sekali atau cermat dalam pengamatan dan juga kata kawan yang berarti teman. Jadi, *panakawan* berarti teman atau pamong yang sangat (*pana*) cerdik sekali, dapat dipercaya serta mempunyai pandangan yang luas dan pengamatan yang tajam dan cermat (Mulyono, Sri, 1982).

Punakawan adalah tokoh khas dalam wayang kulit purwa Indonesia. Tokoh-tokoh punakawan memiliki karakter yang unik dan bisa menjalankan berbagai macam peran, seperti pengasuh dan penasehat para ksatria, kritikus, pelawak bahkan sebagai penutur kebenaran dan kebajikan. Karena fungsinya yang begitu khas tersebut, maka punakawan dapat dijadikan sebagai suatu media yang efektif dalam upaya untuk menyampaikan suatu pesan secara visual (Bing Bedjo Tanudjaja. Punakawan Sebagai Media Komunikasi Visual).

Punakawan umumnya dijumpai pada pagelaran wayang kulit purwa dengan lakon apapun, selalu tampil dengan *banyolan-banyolan* atau *ndagel*, oleh karena itu punakawan disebut juga dengan *dhagelan* (lawakan).(Sunarto, 1997).

Tokoh-tokoh punakawan terdiri atas Semar, Gareng, Petruk dan Bagong secara umum melambangkan sifat-sifat orang pada umumnya. Tokoh-tokoh tersebut dibuat sedemikian rupa mendekati kondisi masyarakat Jawa yang beraneka ragam. Dalam cerita wayang kulit purwa tersebut, segala nasihat-nasihat atau pun *wejangan-wejangan* yang diberikan selalu menjadi bahan pertimbangan oleh para kesatria (Pandam Guridno, 1985).

Tokoh-tokoh punakawan dapat terlihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1. Tokoh Punakawan Wayang kulit Purwa, dari kiri ke kanan, Semar, Gareng, Bagong dan Petruk.

2.1.2. Karakter Tokoh Punakawan

Masing-masing tokoh Punakawan dalam wayang kulit purwa memiliki karakter yang khas dan penuh makna, seperti:

a. Semar

Pengasuh para Pandawa, ia juga bernama Hyang Ismaya. Meskipun berwujud manusia jelek, namun memiliki kesaktian yang sangat tinggi bahkan melebihi para dewa.

b. Gareng

Putra Semar yang berarti pujaan atau didapatkan dengan memuja. Nalagareng adalah seorang yang tidak pandai bicara, apa yang dikatakannya kadang-kadang serba salah. Tetapi sangat lucu dan menggelikan. Pernah menjadi raja di Paranggumiwang dan bernama Pandubergola. Diangkat sebagai raja atas nama Dewi Sumbadra, kesaktiannya hanya bisa dikalahkan oleh Petruk.

c. Bagong

Bagong berarti bayangan Semar. Ketika diturunkan ke dunia Dewa bersabda pada Semar bahwa bayangannyalah yang akan menjadi temannya. Seketika itu juga bayangannya berubah wujud menjadi Bagong, yang memiliki sifat lancang dan berlagak bodoh, tapi sangat lucu.

d. Petruk

Putra Semar yang bermuka manis dengan senyuman yang menarik hati, pandai berbicara dan juga sangat lucu. Petruk suka menyindir ketidakbenaran

dengan lawakan-lawakannya. Pernah menjadi raja di negeri Ngrancang Kencana dengan bernama Helgeduelbek. Dikisahkan bahwa Petruk pernah melarikan ajimat Kalimasada dan tidak ada yang dapat mengalahkannya selain Gareng.

Dalam cerita wayang Bagong dari Yogyakarta, tokoh Bagong Yogyakarta ini memiliki ciri khas yang berbeda dengan Bagong dari kota lainnya. Ciri khas tersebut seperti kepala agak menunduk, bibir panjang dan tebal, bentuk tubuhnya agak lonjong, mata Bagong berbentuk *pecicilan* (membeliak), hidung pesek, berperut besar, bergelang dan berkain bentuk *rapekan* dagelan.

2.8. CAD/CAM

Software CAD (Computer Aided Design) merupakan program komputer yang digunakan untuk menjelaskan proses dimana perancang teknik menggunakan komputer sebagai peranti kreatif yang dapat menghasilkan, mengevaluasi, memodifikasi dan menyelesaikan suatu desain 2 dimensi maupun 3 dimensi. Komputer menjadi sebuah terminal yang digunakan oleh perancang untuk menganalisa data, membuat perhitungan dan menggunakan grafik komputer untuk membangun citra tiga dimensi dengan cepat dan mudah.

Software CAD pertama kali dikembangkan oleh *Sage Project Massachusetts Institute of Technology* pada tahun 1963. Tujuan *Sage Project* adalah membuat sebuah monitor untuk menampilkan grafis dari komputer. Penerapan teknologi *CAD* pada komputer dalam bentuk *software* mulai populer pada era 1980-an. (Groover, 1987)

Keunggulan penggunaan *software CAD* dibanding menggambar manual adalah lebih cepat mendesain dan akurat dalam menentukan dimensi pada desain. Lebih estetik karena hasil gambar *CAD* dapat diubah sesuai dengan proyeksi yang digunakan, dan efisien karena dapat memperbanyak desain dengan mudah. (Chang, Wysk dan Wang, 2006)

Software CAM (Computer Aided Manufacturing) merupakan sebuah bagian yang tidak terlepas dalam proses manufaktur. Fungsinya adalah sebagai penghubung antara rancangan yang dihasilkan melalui *CAD* dengan mesin pahat,

contohnya adalah mesin *CNC (Computerize Numeric Control)*. Keuntungan menggunakan teknologi *CAM* adalah memberi kemudahan dalam perencanaan pemesinan seperti pengaturan strategi, parameter pemesinan, pemilihan pahat, penempatan benda kerja, analisis pemesinan dan kontrol produk serta meningkatnya kompleksitas rancangan produk yang dihasilkan dengan biaya/harga terjangkau.

Software Art CAM merupakan program aplikasi *CAD* yang mampu memberikan kemudahan untuk merancang bentuk relief 3D yang berasal dari gambar 2D dengan mengkombinasikan kecepatan. *Software Art CAM* dapat membuat relief dari bagian terkomplek menjadi bentuk yang lebih sederhana. Selain itu *Software Art CAM* dapat memunculkan data-data pahat secara otomatis dalam gambar model 3D untuk mengendalikan pahat dari mesin *CNC*.

Peranan *CAD* dan *CAM* untuk industri mempunyai keterkaitan yang sangat erat. Keterkaitan tersebut adalah saling bekerja sama dalam melakukan proses perancangan. Setelah dilakukan pemodelan dalam *CAD* kemudian dilanjutkan dengan pensimulasian dalam *CAM*, didapat data-data mengenai proses pengerjaan benda mulai dari ukuran mata pahat yang digunakan, jenis bahan baku, hingga set kecepatan yang digunakan dalam proses permesinan (*CNC*).

2.3. Mesin CNC

CNC adalah sebuah sistem yang aksinya dikontrol dengan pemasukan data numeris. Sistem harus secara otomatis mampu menginterpretasikan beberapa bagian dari data tersebut. (*Electronics Industries Association, EIA*). Membandingkan mesin konvensional dengan *NC (Numerical Control)*, dalam mesin konvensional proses pemesinan dilakukan dengan menggerakkan pahat untuk memotong benda kerja yang diarahkan oleh operator sedangkan mesin *NC* gerakannya diatur oleh program. Jadi sistem *NC* berfungsi menggantikan operasi manual dari operator.

2.3.1. Sejarah NC

Sejarah perkembangan NC pertama kali dikembangkan oleh *Parson Corporation* dari *Institut Teknologi Massachusetts* pada tahun 1947. Yang mengembangkan sistem kontrol untuk menggerakkan spindel ke beberapa titik yang dipresentasikan kepada *US Air Force*. Pada tahun 1951 mengembangkan sistem itu dengan menambahkan komputer ke sistem *Parson* atas sponsor *US Air Force*. Pada tahun 1952 *Cincinnati Milacron Hydro Tel Vertical Spindle Milling Machine* merupakan mesin NC 3 axis pertama diluncurkan. Pada tahun 1954 mesin NC diluncurkan ke publik.

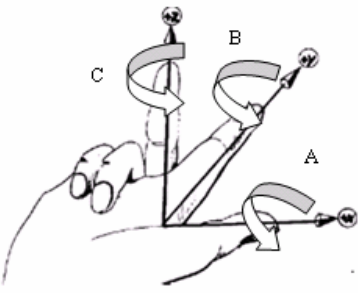
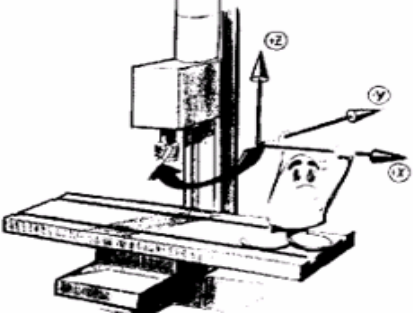
2.3.2. Sumbu Mesin

Sumbu adalah garis maya atau gerakan relatif komponen. Ada dua jenis sumbu, yaitu :

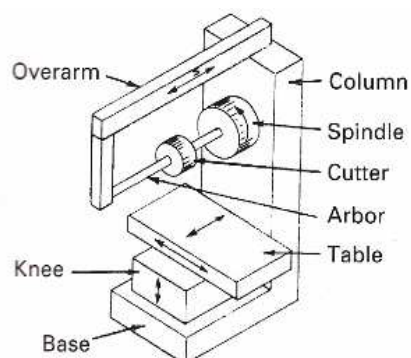
- Sumbu Linear : X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R,
- Sumbu Rotasi : A, B, C, D, E, F,

Sistem persumbuan pada mesin *CNC* diatur mengikuti kaidah tangan kanan, yaitu telapak tangan kanan pada posisi menghadap ke atas, jari tengah arahnya tegak lurus terhadap bidang telapak tangan, jari telunjuk searah dengan telapak tangan, sedang ibu jari tegak lurus dengan telunjuk dan sebidang dengan telapak tangan. Metode ini diciptakan oleh seorang ahli matematika dari Perancis yaitu *Pier de Fermat* pada tahun 1637 kemudian dikembangkan oleh seorang filosofi bernama *Fene Descartes* atau yang dikenal dengan *Cartesius*.

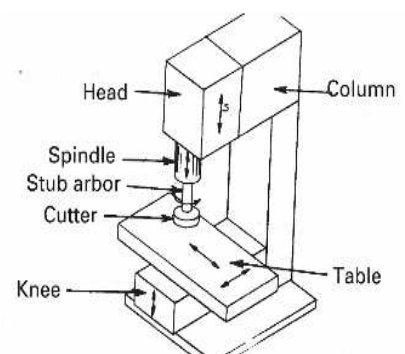
Tabel 2.1 *Right-Hand Standard Cartesian Coordinate System*

	<p>Apabila tiga jari tangan kanan diatur seperti pada gambar maka jari tengah menunjukan sumbu Z, jari telunjuk menunjukan sumbu Y dan ibu jari menunjukan sumbu X.</p>
	<p>Pada mesin <i>freis</i> vertikal, posisi sumbu Z adalah tegak lurus terhadap meja kerja, sumbu Y arahnya melintang dari meja dan sumbu X arahnya memanjang meja. Sumbu Z adalah sumbu referensi dan diorientasikan sebagai sumbu poros utama.</p>

Pada mesin perkakas letak sumbunya berbeda antara mesin perkakas yang satu dengan yang lain. Sebagai contoh mesin *milling* vertikal dengan mesin *milling* horizontal. Pada mesin perkakas poros-poros gerakannya ortogonal (sumbu x,y dan z saling tegak lurus). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3 berikut :



Gambar 2.2 Mesin *milling* horizontal
(E. Paul Degarmo, JT Black, Kosher)

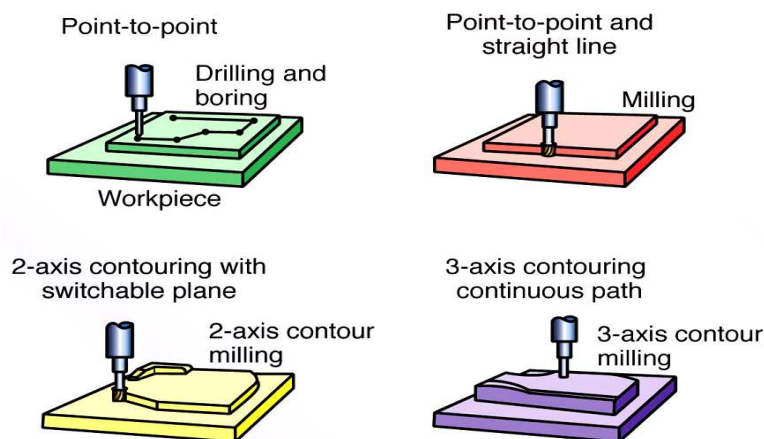


Gambar 2.3 Mesin *milling* vertikal
(E. Paul Degarmo, JT Black, Kosher)

Pada mesin *CNC milling* ada beberapa tipe gerakan pahat pada saat melakukan pemakanan pada benda kerja, diantaranya adalah :

- a) *Point to point*, yaitu pergerakan pahat dari satu titik ke titik lainnya dilakukan dengan kecepatan maksimum. Biasanya untuk *CNC Drilling Machine*.
- b) *Straight cut*, yaitu pergerakan pahat melakukan proses pemakanan dengan arah lurus.
- c) *Contouring* atau *Continuous path*, yaitu pergerakan pahat dalam proses pemakanan dengan alur yang kompleks, seperti kurva, lingkaran, dan lain-lain. Dalam pergerakannya diperlukan interpolasi.

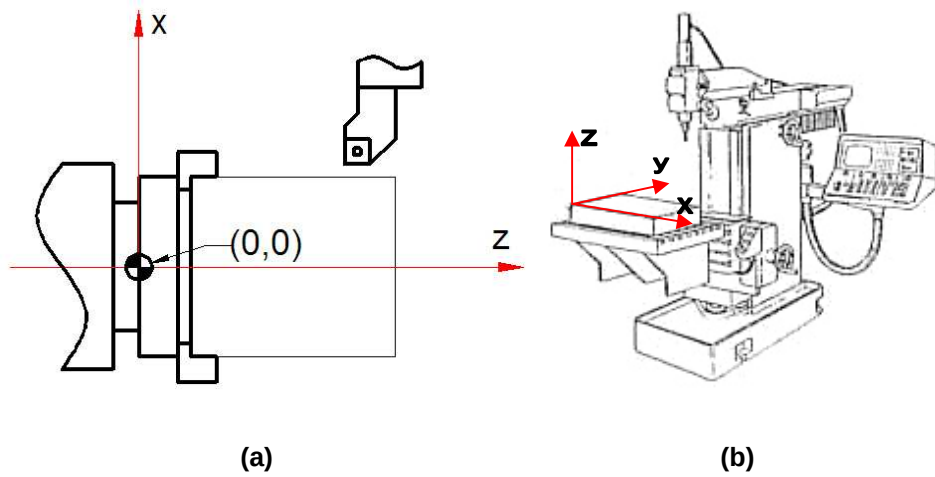
Pergerakan pahat pada mesin *CNC milling* dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut.



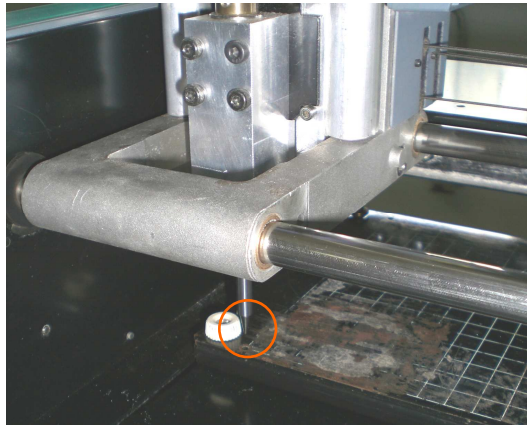
Gambar 2.4. Pergerakan pahat pada mesin *CNC milling*. (Kalpakjian, 2006).

2.3.3. Titik Nol Mesin

Titik Nol merupakan set posisi untuk geseran mesin di mana sumbu berinteraksi. Pada beberapa mesin, titik nol secara tetap menjadi posisi (disebut *fixed zero*) dan tidak dapat diubah, walaupun dapat diposisikan kembali pada basis sementara lewat fasilitas *offset*. Pada mesin *Roland MDX-20* titik nol xy mesin berada pada posisi kiri depan meja kerja.



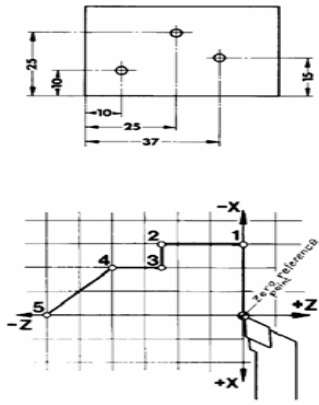
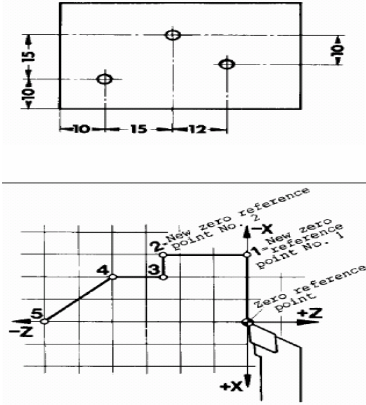
Gambar 2.5 (a) Titik nol mesin bubut, (b) Titik nol mesin *frais*



Gambar 2.6 Titik nol mesin *Roland MDX-20*

Ada dua macam metode pemrograman pada mesin bubut *CNC* untuk menempatkan titik referensi pahat, yaitu dengan metode absolut dan metode inkremental. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Metode pemrograman

No	Metode Pemrograman	Keterangan
1.	<p>Absolut</p> 	<p>Pada sistem ini titik awal penempatan pahat sebagai acuan adalah titik Nol. Titik Nol sebagai titik referensi yang berlaku tetap selama proses operasi mesin berlangsung. Untuk mesin bubut, titik referensinya diletakkan pada sumbu (pusat) benda kerja yang akan dikerjakan pada bagian ujung. Sedangkan pada mesin frais, titik referensinya diletakkan pada pertemuan antara dua sisi pada benda kerja yang akan dikerjakan (titik Nol).</p>
2.	<p>Inkremental</p> 	<p>Pada sistem ini titik awal penempatan yang digunakan sebagai acuan adalah selalu berpindah sesuai dengan titik aktual yang dinyatakan terakhir. Untuk mesin bubut maupun mesin frais diberlakukan cara yang sama. Setiap kali suatu gerakan pada proses pengerjaan benda kerja berakhir, maka titik akhir dari gerakan pahat tersebut dianggap sebagai titik awal (titik Nol) gerakan pahat pada tahap berikutnya.</p>

2.3.4. Motor Penggerak

Penggerak utama dari sebuah mesin adalah kekuatan utama yang menggerakkan meja dan *spindle* dari sebuah mesin. Hal ini biasanya menunjukkan kemampuan dari sebuah mesin baik dalam kemampuannya untuk berputar dan juga kemampuannya untuk mengerjakan berbagai macam proses pemesinan.(Chang, Wysk, & Wang, 2006).

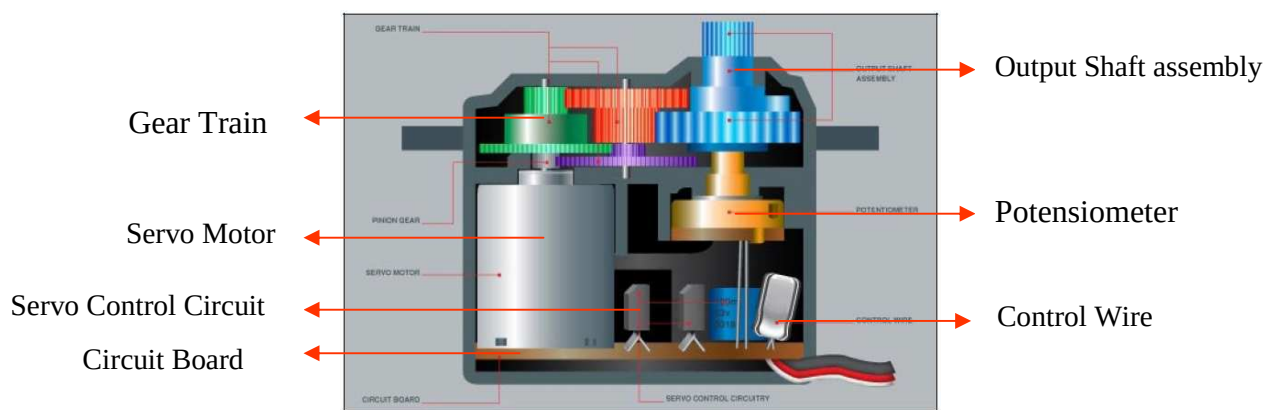
2.3.4.1. Motor Servo

Motor *servo* merupakan sistem *closed feedback*, dimana posisi dan kecepatan dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor *servo*. Motor ini memiliki rangkaian control elektronik dan

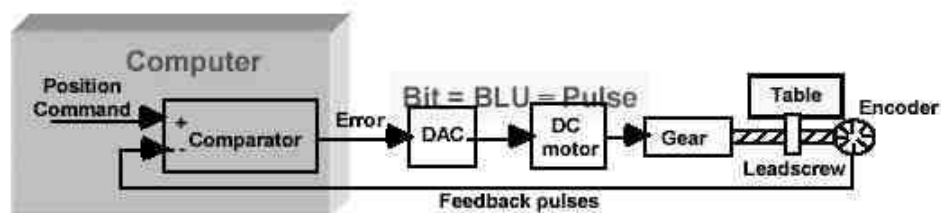
internal *gear* untuk mengendalikan pergerakan dan sudut angularnya. (Riyanto Sigit, 2007)

Motor *servo* umumnya terdiri dari *servo continuous* dan *servo standar*. Motor *servo continuous* dapat berputar sebesar 360 derajat, jenis ini mampu bergerak dua arah tanpa batasan defleksi sudut putar. Sedangkan *servo motor* tipe standar hanya mampu berputar 180 derajat, jenis ini mampu bergerak dua arah dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90 derajat. (Riyanto Sigit, 2007)

Untuk menggerakkan motor *servo* ke kanan atau ke kiri, tergantung dari nilai *delay* yang diberikan. Misalnya untuk membuat *servo* pada posisi center, berikan pulsa 1.5 ms. Untuk memutar *servo* ke kanan, berikan pulsa 1.3 ms dan pulsa 1.7 ms untuk berputar ke kiri dengan *delay* 20 ms. (Elex Media Komputindo, Januari 2008)



Gambar 2.7 Motor Servo

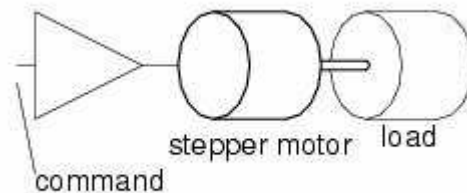


Gambar 2.8 Skema pada Sistem *Loop* Tertutup

2.3.4.2. Motor *Stepper*

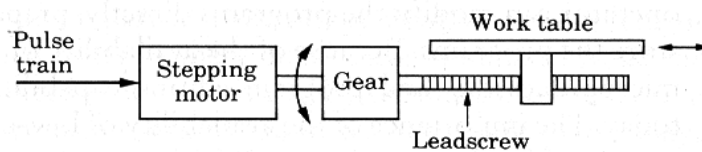
Motor *step* mengubah pulsa-pulsa listrik yang diberikan menjadi gerakan-gerakan diskrit rotor yang disebut langkah (*step*). Mesin dengan motor *stepper* (sistem *loop* terbuka), gerakannya tergantung pada jumlah *step* yang ada dalam

satu kali putaran. Setiap pulsa yang dikirimkan akan sebanding dengan satu *step* gerakan dengan sudut tertentu.



Gambar 2.9 Skema pada Motor *Step*

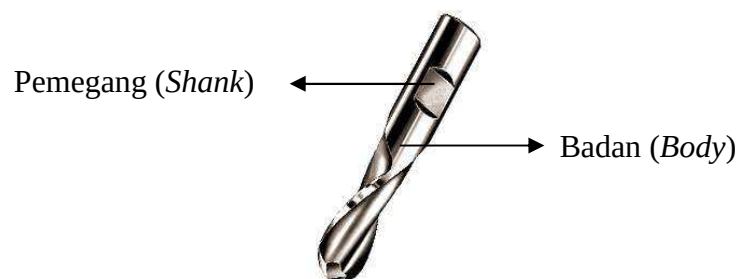
Motor *step* umumnya mempunyai kecepatan dan torsi yang rendah. Kecepatan motor *step* pada dasarnya ditentukan oleh kecepatan pemberian data pada komutatornya. Semakin cepat data yang diberikan maka motor *step* akan semakin cepat pula berputarnya. Motor *step* tidak memiliki umpan balik (*feedback*). Seperti pada gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2.10 Skema pada Sistem *Loop* Terbuka

2.4. Pahat (*Cutting Tools*)

Pahat merupakan objek fisik yang digunakan untuk menyelesaikan pemesinan. Komponen penting dalam proses permesinan menggunakan mesin *CNC* adalah pemilihan pahat. Baik dan tidaknya hasil akhir produk ditentukan juga oleh baik dan tidaknya kualitas dari pahat yang digunakan. (Chang, 2006)



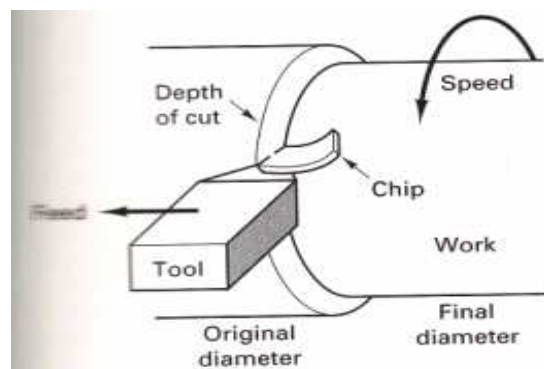
Gambar 2.11 Pahat

Beberapa elemen dari pahat yang dapat didefinisikan antara lain :

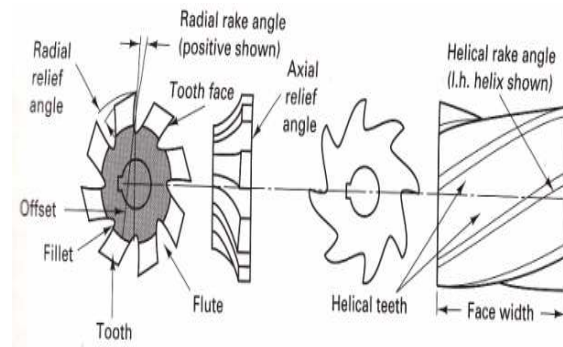
- Badan (*Body*)
Bagian pahat yang dibentuk menjadi mata potong atau tempat untuk sisipan pahat.
- Pemegang/gagang (*Shank*)
Bagian pahat untuk dipasangkan pada mesin perkakas.
- Lubang pahat (*Tool bore*)
Lubang pada pahat yang dapat dipasang pada poros utama (*spindle*) atau poros pemegang dari mesin perkakas.
- Sumbu pahat (*Tool axis*)
Garis maya yang digunakan untuk mendefinisikan geometri pahat. Umumnya merupakan garis tengah dari pemegang atau lubang pahat.
- Dasar (*Base*)
Bidang rata pada pemegang untuk meletakkan pahat sehingga mempermudah proses pembuatan, pengukuran, ataupun pengasahan pahat. (Rochim, 1993)

2.4.1. Geometri Utama Pahat

Geometri dari sebuah pahat ditentukan oleh tiga faktor, yaitu karakteristik material pahat, karakteristik benda kerja dan tipe pemakanan. Geometri pahat untuk mesin *turning* tentunya berbeda dengan pahat *milling*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.12 dan gambar 2.13.



Gambar 2.12 Geometri Pahat Proses *Turning*



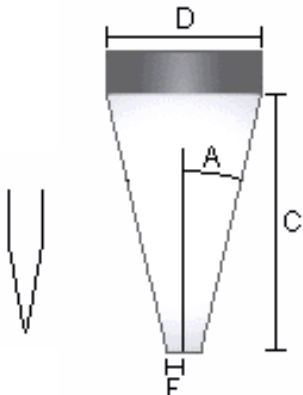
Gambar 2.13 Geometri Pahat Proses *Milling*

2.4.2. Jenis Pahat

Pemilihan pahat tergantung pada proses pemesinan yang dilakukan dan tergantung pada bentuk dari desain yang dibuat. Berikut ini beberapa jenis pahat yang digunakan dalam proses pemesinan pada mesin *CNC milling* :

Tabel 2.3 Jenis-jenis Pahat

	Pahat	Kenggunaan
1.	<p><i>Endmill</i></p> 	Pahat <i>Endmill</i> digunakan untuk proses <i>Roughing</i> , <i>Finishing</i> , <i>Facing</i> atau pemerataan permukaan.
2.	<p><i>Ball nose</i></p> 	Pahat ini memiliki mata pahat yang melengkung pada ujung permukaannya, ukuran pahat ini berdiameter 3 mm. Cocok digunakan untuk membuat produk yang permukaannya melengkung.

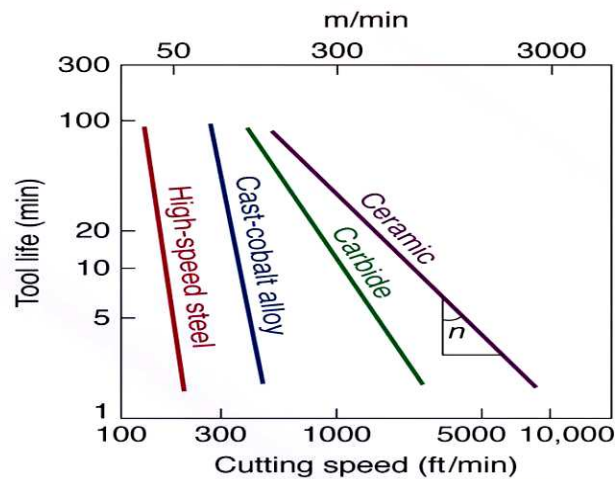
3.	<p><i>Flat conical</i></p>  <p>Keterangan : D = Diameter A = Half angle F = Flat radius C = Flute length</p>	<p>Pahat ini memiliki mata pahat yang ujungnya runcing dengan diameter 6mm, <i>half angel</i> 10 derajat dan <i>flat</i> radius 0.125mm. Umumnya digunakan untuk pembuatan <i>relief</i> yang rumit dan kecil.</p>
----	---	--

2.4.3 Material Pahat

Untuk menjamin kelangsungan proses pemesinan maka diperlukan material pahat yang lebih unggul dari pada material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan memperhatikan berbagai segi yaitu :

- Kekerasan : yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja, tidak saja pada temperatur ruang melainkan juga pada temperatur tinggi pada saat proses pembentukan geram berlangsung.
- Keuletan : yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu pemesinan dengan interupsi maupun sewaktu memotong benda kerja yang mengandung partikel/bagian yang keras.
- Ketahanan beban kejut termal : diperlukan bila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala/periodik.
- Sifat adhesi yang rendah : untuk mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan.
- Daya larut elemen material pahat yang rendah : dibutuhkan demi untuk memperkecil laju keausan akibat mekanisme difusi. (Rochim, 1993)

Grafik ketahanan dari berbagai macam jenis material pahat, dapat dilihat pada gambar 2.14 di bawah ini.



Gambar 2.14 Grafik ketahanan material pahat. (Kalpakjian, 2006)

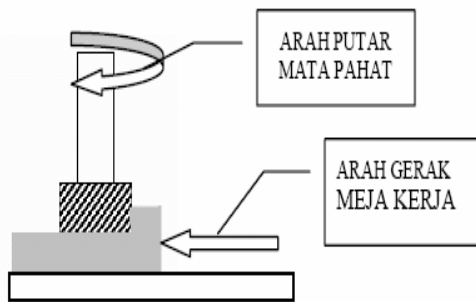
Umumnya yang paling banyak digunakan adalah pahat dengan material karbida. Karbida merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (*sintering*) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya dari cobalt (Co). Dengan cara *carburizing* masing-masing bahan dasar (serbuk) tungsten (Wolfram, W), titanium (Ti), tantalum (Ta) dibuat menjadi karbida yang kemudian digiling dan disaring. Salah satu atau campuran serbuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak tekan dengan memakai bahan pelumas (lilin). Setelah itu dilakukan *presintering* (1000°C) pemanasan mula untuk menguapkan bahan pelumas dan kemudian *sintering* (1600°C) sehingga bentuk keping (sisipan) sebagai hasil proses cetak tekan akan menyusut menjadi sekitar 80% volume semula. (Rochim, 1993)

2.5 Proses Permesinan

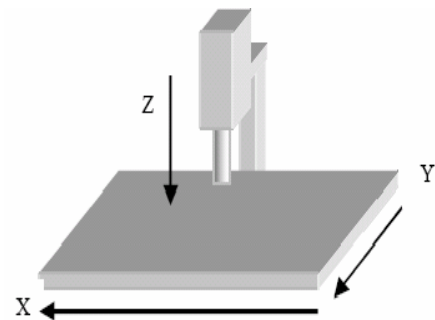
Pemesinan adalah proses pemotongan material dengan menggunakan pahat sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Berikut ini adalah tahapan proses pemesinan :

2.5.1 Proses *Roughing*

Proses pembentukan benda dengan menggunakan mata pahat penyayat yang berputar dan benda kerja yang akan dibentuk diumpankan kemata pahat tersebut.(Hine,1971).



Gambar 2.15 Operasi mesin *frais*



Gambar 2.16 Sumbu mesin *frais*

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa benda kerja akan bergerak seiring dengan pergerakan benda kerja, sehingga bentuk potongan pada benda akan ditentukan oleh bentuk pergerakan meja kerja dan jenis mata pahat. Pahat yang digunakan dalam proses ini menggunakan *Ballnose* dengan ukuran pahat diameter 3 mm disesuaikan dengan dimensi benda kerja. Sistem seperti ini disebut sebagai kontur atau alur kontinyu.(Koren,1983). Kegunaan proses *roughing* adalah untuk mengurangi atau membuang material benda kerja yang tidak terpakai agar mempermudah kerja pahat pada proses berikutnya.

2.5.2 Proses *Semifinishing*

Proses pemesinan ini adalah proses yang mempermudah pada saat *finishing*, hasil dari proses ini relief sudah terbentuk seperti yang didesain akan tetapi masih kasar. Pahat yang digunakan dalam proses ini menggunakan *conical carbide* dengan *flat radius* 0,25 mm, *half angle* 15° dan diameter *collet* 6 mm.

2.5.3 Proses *Finishing*

Merupakan proses pemesinan akhir, proses *finishing* dilakukan setelah proses *roughing*. Pergerakan proses ini mengikuti dan memakan bagian paling

dasar *relief*. Pahat yang digunakan dalam proses ini menggunakan *conical* dengan ukuran 0.25 mm bertujuan memperhalus bagian *relief*.

2.6 Kayu

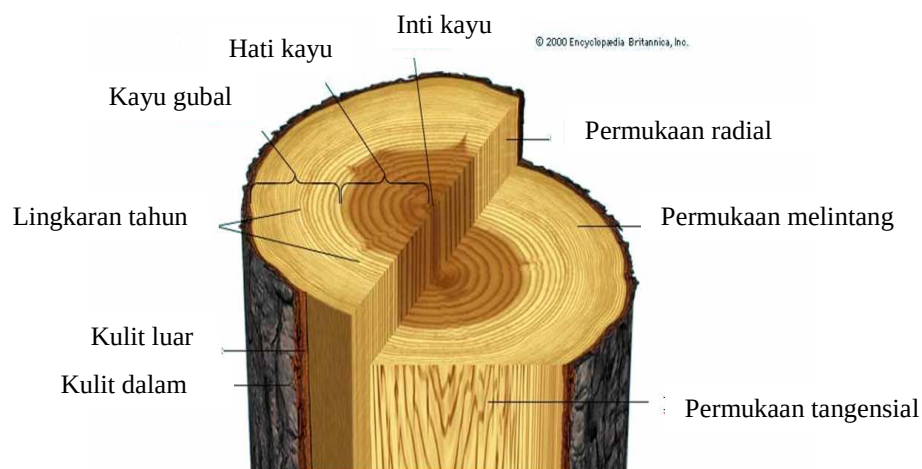
Kayu dapat didefinisikan sebagai sesuatu bahan yang diperoleh dari hasil pemungutan dan penebangan pohon-pohon di hutan untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. (Dumanauw,2001).

Ditinjau dari tujuan penggunaannya, kayu dapat dibedakan atas :

- Kayu pertukangan dan kerajinan
- Kayu industri dan
- Kayu bakar

2.6.1. Bagian-bagian kayu

Berikut ini adalah bagian-bagian kayu yang terdapat di Indonesia :



Gambar 2.17 Bagian-bagian kayu

1. Kulit

Kulit terdapat pada bagian terluar, dan mempunyai dua bagian, yaitu kulit bagian luar yang mati dan mempunyai ketebalan bervariasi, kulit bagian dalam yang bersifat hidup dan tipis.

2. Kambium

Kambium merupakan jaringan lapisan tipis dan bening, melingkari pohon. Fungsi kambium kearah luar membentuk kulit baru menggantikan kulit lama yang telah rusak, kearah dalam membentuk kayu yang baru.

3. Kayu gubal

Kayu gubal adalah bagian kayu yang masih muda, terdiri dari sel-sel yang masih hidup dan terletak disebelah dalam kambium. Kayu gubal berfungsi sebagai penyalur cairan dan tempat penimbunan zat-zat makanan.

4. Kayu teras

Terdiri dari sel-sel yang dibentuk melalui perubahan-perubahan sel hidup pada lingkaran kayu gubal bagian dalam. Terbentuknya kayu teras disebabkan oleh terhentinya fungsi sebagai penyalur cairan dan proses-proses lain dalam kehidupan kayu.

5. Hati

Bagian kayu yang terletak pada pusat lingkaran tahun (tidak mutlak pada pusat bontos). Hati berasal dari kayu awal, yaitu bagian kayu yang pertama kali dibentuk oleh kambium. Oleh sebab itu, umumnya hati mempunyai sifat rapuh dan lunak.

6. Lingkaran tahun

Adalah batas antara kayu yang terbentuk pada permulaan dan akhir suatu musim. Melalui lingkaran tahun ini dapat diketahui umur suatu pohon.

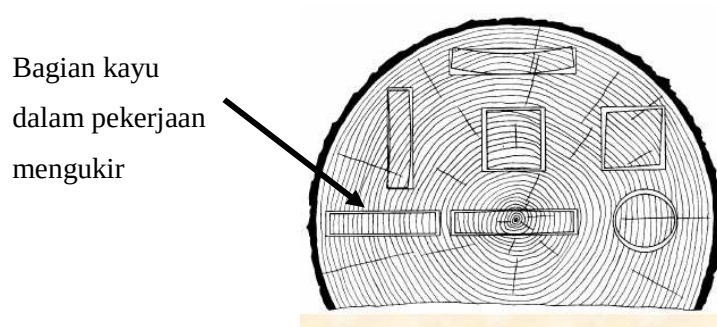
7. Jari-jari

Jari-jari diukur dari luar ke dalam, berpusat pada sumbu batang. Jari-jari berfungsi sebagai tempat bahan makan yang mudah diproses di daun, guna pertumbuhan pohon.

2.6.2. Struktur Kayu

Jika sebatang pohon dipotong melintang dan permukaan potongan melintang tersebut dihaluskan, maka akan tampak suatu gambaran dari unsur-unsur kayu tersebut yang tersusun dalam pola melingkar dengan suatu pusat di

tengah batang serta deretan sel kayu dengan arah mirip jari-jari roda ke permukaan batang, seperti yang tergambar pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.18 Bentuk&Posisi Kayu saat Pemotongan
(Ensiklopedi *Britannica*, 2000).

2.6.3. Sifat Fisik Kayu

Beberapa hal yang tergolong dalam sifat-sifat fisik kayu adalah:

a. Berat jenis (BJ)

Kayu memiliki BJ berbeda-beda, berkisar antara minimum 0,20 hingga 1,28. Makin berat BJ-nya, umumnya makin kuat pula kayunya, demikian sebaliknya. BJ ditentukan oleh tebal dinding sel dan dan kecilnya rongga sel yang membentuk pori-pori.

BJ diperoleh dari perbandingan antara berat suatu volume kayu tertentu dengan volume air yang sama pada suhu standar. BJ kayu ditentukan berdasarkan berat kayu kering tanur atau kering udara dan volume kayu pada posisi kadar air tertentu (12-15 %).

b. Keawetan alami kayu

Maksud keawetan alami kayu adalah ketahanan kayu terhadap serangan unsur-unsur perusak kayu dari luar seperti jamur, rayap, bubuk, cacing laut dan mahluk lainnya, yang diukur dengan jangka waktu tahunan. Keawetan kayu tsb disebabkan karena adanya suatu zat di dalam kayu (zat ekstraktif).

c. Warna kayu

Terdapat berbagai macam warna kayu, antara lain warna kuning, keputih-putihan, coklat muda, coklat tua, kehitam-hitaman, kemerah-merahan dan lain

sebagainya. Hal ini disebabkan oleh zat-zat pengisi warna dalam kayu yang berbeda-beda. Warna suatu jenis kayu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: tempat di dalam batang, umur pohon, dan kelembaban udara. Sebagai pedoman pada pengenalan kayu yang di pakai adalah warna kayu terasnya.

d. *Higroskopik*

Kayu mempunyai sifat *higroskopik*, yaitu dapat menyerap atau melepaskan air atau kelembaban. Kelembaban kayu sangat dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu udara. Makin lembap udara di sekitarnya akan makin tinggi pula kelembapan kayu sampai tercapai keseimbangan dengan lingkungannya. Kandungan air pada kayu semacam ini dinamakan kandungan air kesetimbangan.

e. Tekstur

Tekstur adalah ukuran relatif sel-sel kayu. Maksud sel kayu adalah serat-serat kayu. Jadi dapat dikatakan bahwa tekstur ialah ukuran relative serat-serat kayu. Berdasarkan teksturnya, jenis kayu dapat dibedakan ke dalam tiga golongan, yaitu:

- a. Kayu bertekstur halus, misalnya kayu giam, lara, kulim dan lain-lain.
- b. Kayu bertekstur sedang, misalnya jati, sonokling, dan lain-lain.
- c. Kayu bertekstur kasar, misalnya kempas, meranti, dan lain-lain.

f. Serat

Serat berkaitan dengan sifat kayu, yang menunjukkan arah umum sel-sel kayu di dalam kayu terhadap sumbu batang pohon. Arah serat dapat ditentukan oleh arah alur-alur yang terdapat pada permukaan kayu. Kayu dikatakan berserat halus, jika arah sel-sel kayunya sejajar dengan sumbu batang. Jika arah sel-sel itu menyimpang atau membentuk sudut terhadap sumbu panjang batang, maka kayu itu dikatakan berserta miring.

Serat miring dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu serat berpadu, serat berombak dan serat terpilin.

Tabel 2.4 Macam-macam serat miring

Jenis Serat	Keterangan
<p>Serat berpadu</p>  <p>serat berpadu</p>	<p>Jika batang kayu terdiri dari lapisan-lapisan yang berselang-seling, menyimpang ke kiri dan ke kanan terhadap sumbu batang, dikatakan berserat berpadu. Contohnya adalah kayu kulim, renghas dan kapur.</p>
<p>Serat berombak</p>  <p>serat berombak</p>	<p>Serat berombak adalah serat-serat kayu yang membentuk gambaran berombak. Contohnya adalah kayu renghas dan merbau.</p>
<p>Serat terpilin</p>  <p>serat terpilin</p>	<p>Serat terpilin adalah serat-serat kayu yang membentuk gambaran terpilin (puntiran), seolah-olah batang kayu tersebut dipilin mengelilingi sumbu. Contohnya adalah kayu bintangur, kapur dan damar.</p>

2.6.4. Sifat Kimia Kayu

Susunan kimia kayu digunakan sebagai pengenalan ketahanan kayu terhadap serangan makhluk perusak kayu dan dapat pula menentukan pengerjaan dan pengolahan kayu. Pada umumnya komponen kimia kayu daun lebar dan daun jarum terdiri dari tiga macam unsur, yaitu (1) unsur karbohidrat terdiri dari *selulosa* dan *hemi selulosa*, (2) unsur nonkarbohidrat terdiri dari *lignin*, (3) unsur

yang diendapkan dalam kayu selama proses pertumbuhan yang disebut dengan *zat ekstraktif*, seperti minyak, resin, lilin, lemak, tanin, gula, pati dan zat warna.

2.6.5. Kadar Air pada Kayu

Kadar air kayu adalah banyaknya air yang dikandung pada sepotong kayu, yang di singkat (Ka). Banyaknya kandungan kadar air pada kayu bervariasi, tergantung jenis kayunya. Kandungan tersebut berkisar antara 25%-30% dan dinyatakan dengan persentase dari berat kayu kering tanur (kering udara). Berat kayu kering tanur dipakai sebagai dasar, karena berat ini merupakan dasar dan petunjuk banyaknya zat padat kayu. Standar untuk menentukan banyaknya air adalah dengan mengeringkan kayu pada suhu 100°C-105°C, hingga mencapai berat tetap. Dalam keadaan ini kadar air kayu dianggap nol, walaupun sebenarnya kayu masih memiliki kadar air sekitar 1 persen.

Keadaan air yang terdapat di dalam kayu terdiri atas dua macam yaitu air bebas dan air terikat.

1. Air bebas, air yang terdapat dalam rongga-rongga sel. Air bebas ini paling mudah dan lebih dulu keluar dan air bebas ini tidak mempengaruhi bentuk kayu kecuali berat kayu.
2. Air terikat, air yang berada dalam dinding sel kayu, sehingga sangat sulit dilepaskan. Zat cair pada dinding-dinding sel inilah yang berpengaruh kepada sifat-sifat kayu (penyusutan).

2.6.6. Jenis-jenis Kayu untuk Kerajinan

Tabel 2.5 Jenis-jenis Kayu Kerajinan

Nama Kayu	Kelas Kayu	Karakteristik	Keterangan
Kayu Jati (<i>Tectona grandis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Awet I-II ▪ Kuat II 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corak warna coklat agak muda sampai tua kehijau-hijauan. ▪ Daya retak rendah ▪ Serat lurus ▪ Tekstur yang agak kasar 	Cocok untuk kerajinan dan perabotan rumah tangga seperti lemari, pintu rumah karena pengerjaannya mudah.
Kayu Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>)	Kuat II	Berwarna merah muda dan berwarna merah hingga coklat tua.	Digunakan untuk mebel, alat olah raga, alat musik dan lain-lain.
Kayu Sonokeling (<i>Dalbergia latifolia</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Awet I ▪ Kuat II 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tekstur sangat halus ▪ Serat lurus 	Digunakan untuk alat olah raga dan musik, seni ukir dan pahat, finis mewah
Kayu Sungkai (<i>Pronema canescens Jac</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Awet III ▪ Kuat I-II. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corak warna putih kekuning-kuningan ▪ Serat lurus bergelombang ▪ Daya retaknya cukup tinggi ▪ Memiliki tekstur agak kasar 	Diperuntukkan sebagai kayu bangunan, kayu perkakas, lantai, papan, seni ukir dan pahat

Nama Kayu	Kelas Kayu	Karakteristik	Keterangan
Kayu Pulai (<i>alstonia</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Awet III-V ▪ Kuat IV 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kembang susut sedang ▪ Serat berpadu ▪ Tekstur agak kasar halus. 	Kegunaannya untuk alat gambar, moulding, papan dan hack sepatu. korek api
Kayu Bangkirai (<i>Shorea laevifolia Ender</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Awet I ▪ Kuat I-II 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corak warna kayu coklat kuning (kemerahan) ▪ Daya retak sedang-tinggi ▪ Tekstur kasar agak halus ▪ Serat lurus 	Kegunaannya untuk kayu bangunan, jembatan, bantalan, plywood, lantai, kayu perkapalan.

2.6.7. Jenis-Jenis Cacat pada Kayu

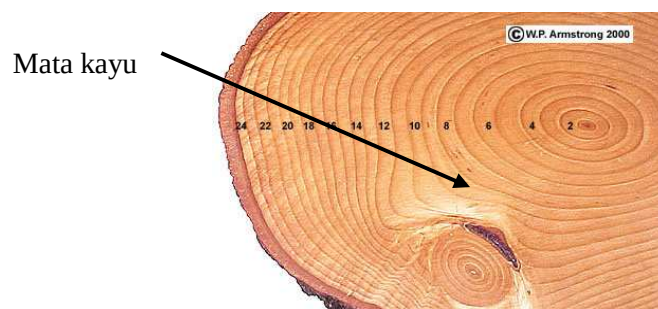
Kayu merupakan material yang dapat berubah terhadap berbagai macam pengaruh, baik yang berasal dari dalam maupun dari lingkungan disekitarnya. Untuk mengurangi kerugian yang ditimbulkan karena cacat yang terjadi pada kayu tersebut, maka perlu diketahui hal-hal yang menjadi penyebab kerusakan pada kayu tersebut.

Menurut asalnya, kerusakan kayu dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu kerusakan secara alam dan kerusakan yang berasal dari luar pohon. Seperti yang tergambar pada tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6 Jenis-Jenis Kerusakan Kayu Berhubungan dengan Pemesinan.(Dumanaw, 2001).

No.	Jenis Kerusakan	Keterangan
1.	Kerusakan secara alam	Kerusakan secara alam (yang berasal dari pohon itu sendiri) terjadi selama proses pertumbuhan.
2.	Kerusakan yang berasal dari luar	Kerusakan yang berasal dari luar dibagi menjadi dua, yaitu ; a. kerusakan oleh makhluk hidup (secara biologis). Kerusakan oleh makhluk hidup disebabkan oleh hewan seperti ; serangga, jamur (cendawan) atau fungi dan oleh cacing laut. b. kerusakan oleh benda mati (non-biologis). Kerusakan oleh benda mati disebabkan oleh ; udara, cahaya, air, api, panas, pukulan, gesekan, tekanan, dan keadaan alam seperti asam dan basa.

Kerusakan pada kayu tersebut, baik yang disebabkan dari dalam dan luar pohon dapat menyebabkan cacat pada kayu. Bentuk cacat pada kayu yang sering ditemui adalah adanya *knot* atau mata kayu. Mata kayu terjadi akibat adanya hati dan inti kayu dari cabang kayu yang menyatu dengan batang utamanya.



Gambar 2.19 *Knot* atau mata kayu. (WoodZone.com, Maret 2005)

Keberadaan mata kayu menjadi pertimbangan tersendiri dalam pembuatan berbagai produk-produk dengan material kayu, khususnya produk-produk seni, karena mata kayu mempunyai pengaruh yang kurang menguntungkan. Pengaruh mata kayu tersebut antara lain :

- a. Menyulitkan pengerjaan karena kerasnya penampang mata kayu.
- b. Mengurangi keindahan permukaan kayu.
- c. Menyebabkan lembaran-lembaran finis berlubang.
- d. Mengurangi sifat keteguhan kayu.

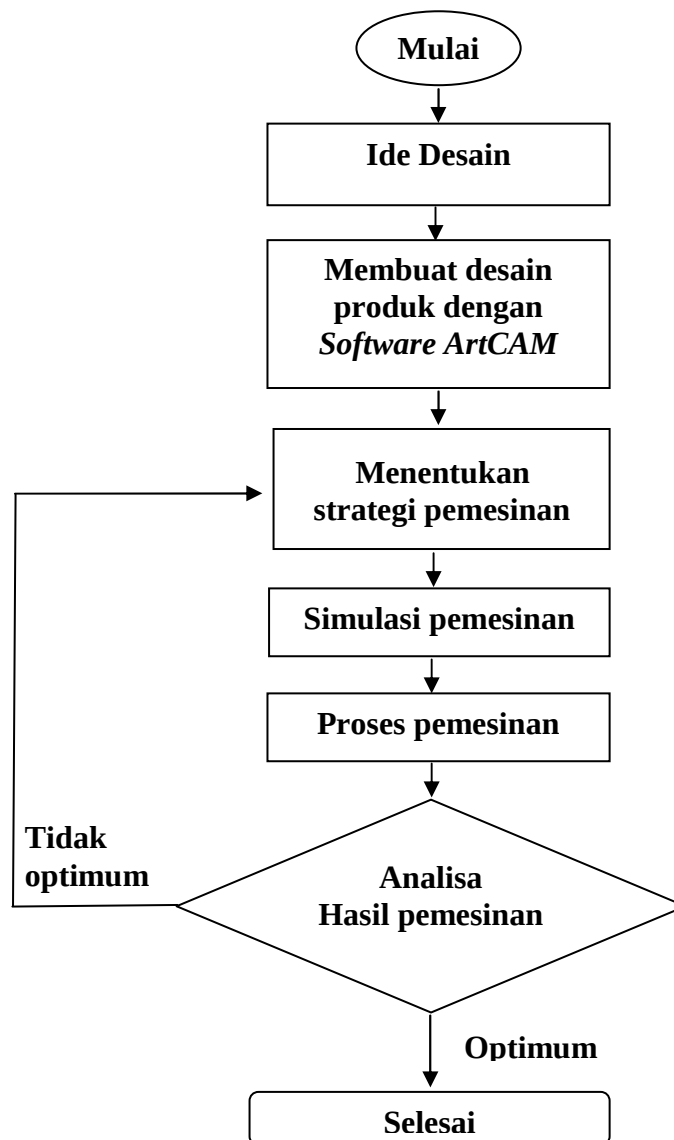
Kerusakan pada kayu tersebut menciptakan cacat pada kayu. Kerusakan pada kayu tersebut terjadi karena tindakan-tindakan atau karena keadaan yang mengakibatkan kekuatan kayu menurun, harga menurun, mutu serta nilai pakai kayu berkurang atau kayu sama sekali tidak terpakai (Dumanauw, 2001).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.

Adapun yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian seperti di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Optimum yang dimaksud adalah pemilihan parameter yang terbaik (sudah tepat) saat menentukan strategi dengan waktu pemesinan efektif dan produk yang dihasilkan sudah halus.

3.2. Perencana Penelitian

Dalam penelitian, diperlukan adanya perencanaan agar tujuan pembuatan hiasan dengan gambar wayang bagong dapat tercapai. Berikut tahapan-tahapan yang diperlukan dalam penelitian, yaitu :

3.2.1. Tahapan Desain

Mendesain adalah tahapan awal dalam perencanaan suatu produk desain dibuat sesuai dengan keadaan sebenarnya yang mencakup nilai estetika. Sebuah karya desain dianggap sebagai kekayaan intelektual karena sebagai pemikiran dan kreatifitas dari seorang pendesainnya. (Papanek, 1971).

Hiasan dinding merupakan seni keindahan yang mengangkat salah satunya potensi daerah, alam dan budaya yang umumnya digunakan sebagai pelengkap didalam suatu ruangan. Hiasan dinding dirancang dengan sedemikian rupa agar menambah estetika bagi penikmat didalam ruangan tersebut.

Pada perancangan hiasan dinding ini mencoba untuk mengangkat sebuah konsep budaya daerah sebagai potensi yang bisa dimanfaatkan dan dilestarikan dengan bentuk gambar bagong, produk tersebut berupa hiasan yang biasanya dipakai diruangan sebagai pelengkap keindahan dengan memiliki ciri khas yang dipertahankan seperti mata, berperut besar, berkain bentuk *rapekan* dagelan, bibir panjang dan tebal. Gambar Bagong Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.2 Bagong

Yogyakarta

Berikut tahapan-tahapan perancangan yang diperlukan dalam penelitian, yaitu:

a. Proses Perancangan

Perancangan dalam desain hiasan diawali dari pencarian bentuk-bentuk pra-desain, yang berupa sketsa. Sketsa merupakan kerangka atau pola yang merupakan gambaran utama dari suatu produk yang akan direalisasikan. Dalam perancangan hiasan ini, proses sketsa dilakukan dengan menggambar tangan, artinya sketsa tersebut merupakan salah satu tahapan pencarian ide, dengan menggabungkan objek utamanya dengan bingkai, tanpa menghilangkan ciri khas dari wayang Bagong tersebut.



Gambar 3.3 Sketsa Bagong

b. Proses Desain 2D

Di dalam *software ArtCAM* ada dua metode yang digunakan untuk mendesain, yaitu metode *vektor* dan metode *bitmap*. Pada pembuatan desain hiasan dinding dengan gambar Bagong metode yang paling efektif digunakan yaitu dengan metode pembuatan *vektor*. Menggunakan *vektor* jauh lebih mudah dibanding metode *bitmap*, karena menggunakan *vektor* dapat dengan mudah memodifikasi bentuk desain, sedangkan metode *bitmap* akan sulit memisahkan jenis-jenis warna yang ada digambar. Desain hiasan dinding dibuat semenarik mungkin dengan sedikit kreasi tanpa merubah karakter dari tokoh tersebut. Hasil dari desain 2D hiasan dinding gambar wayang bagong dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.4 Desain 2D

c. 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* dari *vektor* 2D yang telah dibuat. Hasil dari desain 2D hiasan dinding gambar bagong dapat dilihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.5 Desain 3D

3.2.2. Material yang Digunakan

Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan material kayu Sonokeling (*Rosewood*), sering disebut juga *Dalbergia laetifoli*. Sonokeling mempunyai kayu teras berwarna coklat kehitam-hitaman dengan serat kayunya yang padat, memiliki tekstur sangat halus, tingkat dekoratif yang tinggi sehingga sangat cocok untuk digunakan sebagai hiasan dan bahan dekoratif lainnya, selain itu jenis kayu ini juga tergolong kayu kuat dan awet, sehingga kayu ini bernilai ekonomi tinggi. Kayu sonokeling dipilih, karena kayu sonokeling memiliki motif yang alami

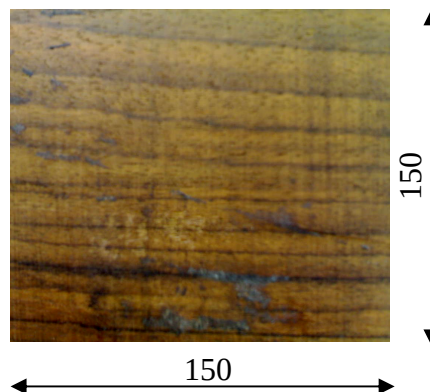
dengan serat kayu yang padat ini cocok digunakan untuk pemesinan membuat hiasan.

Untuk menentukan kayu yang baik dalam proses pemesinan yang perlu diperhatikan juga adalah tingkat kekeringan kayu yang digunakan. Kayu yang memiliki kadar air tinggi memiliki kekuatan rendah dan pada proses pemesinan akan mudah melengkung yang mengakibatkan kegagalan dalam pembuatan produk. Oleh sebab itu, sebaiknya kayu yang digunakan pada proses pemesinan yaitu:

- Kayu harus memiliki kadar air dibawah 20%. Pada kondisi ini, umumnya kayu terhindar dari serangan jamur dan jasad renik perusak kayu.
- Pada kayu tidak terdapat cacat-cacat kayu.
- Arah serat kayu memanjang, sehingga pada proses pemesinan dilakukan kayu tidak mudah melengkung.

Ukuran material kayu sonokeling yang digunakan dalam proses pemesinan yaitu seperti gambar 3.5 di bawah ini.

- Panjang material : 150 mm
- Lebar material : 150 mm
- Tebal material : 15 mm



Gambar 3.6 Kayu sonokeling.

3.2.3. Peralatan Yang Digunakan

Pada penelitian ini, mesin yang digunakan adalah mesin *CNC Milling* tipe *Rolland MDX-20*. Mesin *CNC milling* memegang peranan sangat penting dalam proses produksi, baik tidaknya kondisi mesin yang digunakan berpengaruh terhadap hasil akhir produk. Selain itu keberadaan pahat sangat penting karena

tanpa adanya pahat, mesin *CNC* tidak akan bisa menghasilkan produk. Kualitas pahat juga perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap hasil pemesinan. Pahat yang digunakan adalah jenis *Ballnose* dan *Conical*. Pahat *Ballnose* digunakan untuk proses *semi finishing* sedangkan pahat *conical* digunakan untuk menghaluskan bagian relief yang sudah terbentuk.

3.2.4. Menentukan Strategi Pemesinan

Penentuan strategi yang tepat akan berpengaruh terhadap hasil dari pemesinan dan juga estimasi waktu yang digunakan. Pada penelitian kali ini strategi pemesinan menggunakan *software ArtCAM* yang meliputi tiga tahap proses pemesinan, yang pertama yaitu proses *roughing* menggunakan *machine relief*. Pada tahap ini adalah merupakan pemakanan awal hingga volume sedikit lebih besar dari volume akhir produk, sehingga dalam proses ini pemakanannya masih kasar karena fungsinya hanya untuk pengurangan material benda kerja sebanyak dan secepat mungkin.

Tahap kedua yaitu proses *semi finishing* menggunakan *machine relief*. Pada tahap ini merupakan penyempurnaan dari proses *roughing*, dimana bentuk *relief* makin terlihat dan berfungsi untuk mempermudah kerja pemakanan pada proses *finishing*. Tahap ketiga adalah proses *finishing* dengan menggunakan *machine relief*. Ini merupakan pemakanan akhir untuk memperoleh dimensi, toleransi, dan kehalusan permukaan yang diinginkan.

Beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan dalam menentukan strategi pemesinan, yaitu *step over*, *step down*, *feed rate*, *plunge rate*, dan *spindle speed*. *Step over* adalah pemakanan pahat dalam arah sumbu x dan y (mm). *Step down* merupakan kedalaman pemakanan pahat dalam arah sumbu z (mm). *Feed rate* adalah kecepatan pemakanan benda kerja (mm/sec), sedangkan *plunge rate* merupakan kecepatan pemakanan pahat pada arah sumbu z (mm/sec). *Spindle speed* adalah kecepatan putar dari spindel (rpm).

Selain parameter tersebut, masih ada hal yang perlu diperhatikan yaitu penentuan *allowance*. *Allowance* adalah jarak pemakanan pahat terhadap relief,

ini berpengaruh terhadap pemakanan *relief*, makin besar nilai *allowance* maka makin jauh jarak pemakanan pahat dari *relief*.

3.2.5. Simulasi Permesinan

Merupakan tahap yang dilakukan sebelum proses pemesinan berlangsung, tujuannya mengetahui bagaimana jalannya proses pemesinan dan hasil pengaturan parameter yang telah dipilih. Simulasi pemesinan sangat membantu dalam mencegah terjadinya kesalahan dalam pengaturan parameter pada strategi pemesinan. Jadi, apabila ada kesalahan dalam pengaturan parameter pemesinan, dapat segera diperbaiki sebelum proses pemesinan dilakukan.

3.2.6. Pemesinan

Pemesinan adalah proses pemotongan material dengan menggunakan pahat sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Setelah tahapan sebelumnya sudah selesai dan dianggap memenuhi syarat yang diinginkan maka siap untuk diaplikasikan ke mesin *CNC*. Kemudian hasil pemesinan dianalisis, hasil analisis digunakan untuk menyempurnakan proses pemesinan selanjutnya.

Pada penelitian ini diperlukan proses pemesinan secara berulang kali agar didapat hasil produk dengan kualitas yang lebih baik, serta mendapatkan strategi pemesinan yang optimal. Mesin yang digunakan pada penelitian ini yaitu mesin *CNC Roland MDX-20*, seperti gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 3.7 *Roland MDX-20.*

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

4.1. Pemesinan Awal.

Pengaturan parameter pemesinan awal didasarkan pada teori yang ada, seperti spesifikasi mesin yang dipakai dan material yang digunakan. Pada pemesinan awal ini menggunakan material kayu sonokeling berukuran 150x150 mm dengan tebal 15 mm. Jenis perekat yang digunakan adalah *double tape*. Proses ini melalui empat kali proses pemesinan, antara lain :

4.1.1. Proses *Roughing*.

Merupakan pemakanan awal atau kasar, fungsinya hanya untuk mengurangi atau membuang material benda kerja yang tidak terpakai agar mempermudah kerja pahat pada proses berikutnya. Strategi yang digunakan adalah *Machine Relief* dengan metode pemakanan *offset* dan *star from : outside*. Pahat yang digunakan dalam proses *roughing* adalah jenis *ball nose carbide* dengan diameter mata pahat 3 mm dan diameter *collet* 6 mm. Berikut ini parameter pemesinan *roughing* yang tercantum pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Parameter *Roughing* pada Pemesinan Awal.

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset dan Do Multiple Z Passes</i>	
2	<i>Z Height of first Pass</i>	15	
3	<i>Z Height of Last Pass</i>	5.5	
4	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	Ball Nose 3 mm
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
5	<i>Allowance</i>	0.5 mm	
6	<i>Stepover</i>	0.4 mm	
7	<i>Stepdown</i>	0.6 mm	
8	<i>Spindle Speed</i>	6000 rpm	
9	<i>Feed Rate</i>	12 mm/sec	
10	<i>Plunge Rate</i>	6 mm/sec	
11	Waktu	10:18:01	

Setelah pengaturan parameter-parameter pemesinan dianggap sudah selesai kemudian bisa dilihat hasil pengaturan tersebut dengan melakukan simulasi pemesinan. Jika dianggap sudah sesuai maka bisa diteruskan ke proses

berikutnya, tapi jika terjadi kesalahan bisa memperbaiki pengaturan parameter-parameter tersebut. Dengan adanya simulasi pemesinan dapat menghindari terjadinya kesalahan-kesalahan sebelum pemesinan berlangsung. Hasil simulasi pemesinan proses *roughing* untuk pemesinan awal terlihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Simulasi *Roughing*.

4.1.2. Proses *Semi Finishing*.

Selanjutnya adalah melakukan proses *semi finishing*, fungsinya untuk mempermudah pada saat proses *finishing*. Pada proses ini strategi yang digunakan adalah *Machine Relief* dengan metode pemakanan *offset*, dan *star from : outside*. Pahat yang digunakan sama dengan saat proses *roughing* yaitu pahat jenis *ball nose carbide* dengan diameter mata pahat 3 mm dan diameter *collet* 6 mm. Berikut ini parameter pemesinan yang digunakan untuk proses *semi-finishing* yang tercantum dalam tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Parameter *Semi Finishing* Pada Pemesinan Awal.

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset, star from : Outside.</i>	
2	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	Ball Nose 3 mm
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
3	<i>Allowance</i>	0.1 mm	
4	<i>Stepover</i>	0.3 mm	
5	<i>Stepdown</i>	0.1 mm	
6	<i>Spindle Speed</i>	6000 rpm	
7	<i>Feed Rate</i>	10 mm/sec	

8	<i>Plunge Rate</i>	2 mm/sec
9	Waktu	01:22:08

Hasil simulasi pemesinan memperlihatkan produk sudah lebih terbentuk dan mulai lebih jelas. Tetapi ada bagian-bagian dari produk yang tidak termakan, hal ini karena mata pahat terlalu besar sehingga tidak dapat mencapai bagian-bagian tersebut. Hasil simulasi pemesinan proses *semi finishing* terlihat pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Simulasi *Semi Finishing*.

4.1.3. Proses *Finishing*.

Merupakan proses akhir pembentukan *relief* dari produk, fungsinya adalah untuk menyempurnakan hasil pemakanan pada proses sebelumnya. Strategi yang digunakan yaitu pemesinan *machine relief* dengan metode pemakanan *offset* dan *star from : inside*. Untuk mencapai bagian-bagian *relief* yang sulit atau yang tidak dapat termakan pahat pada proses sebelumnya maka pada proses ini pahat yang digunakan lebih kecil yaitu pahat jenis *conical carbide* dengan *flat radius* 0.25 mm, *half angle* 15° dan diameter *collet* 6 mm. Berikut ini adalah parameter pemesinan yang digunakan untuk proses *finishing* tercantum dalam tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Parameter *Finishing* pada Pemesinan Awal.

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset, star from: Outside.</i>	
2	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	<i>Conical 0.25 Flat 15 degrees</i>
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
		<i>Half Angle</i>	15 deg
		<i>Flat Radius</i>	0.25 mm
3	<i>Allowance</i>	0 mm	
4	<i>Stepover</i>	0.3 mm	
5	<i>Stepdown</i>	0.1 mm	
6	<i>Spindle Speed</i>	6000 rpm	
7	<i>Feed Rate</i>	10 mm/sec	
8	<i>Plunge Rate</i>	2 mm/sec	
9	Waktu	14:04:00	

Dari hasil simulasi pemesinan dapat terlihat bahwa produk sudah benar-benar terlihat, bagian-bagian sulit yang sebelumnya tidak dapat tercapai kali ini sudah termakan. Hasil simulasi pemesinan proses *finishing* terlihat pada gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Simulasi

Finishing.

4.1.4. Proses *Profiling*.

Merupakan proses pemotongan produk dari sisa material. Setelah semua *relief* sudah terbentuk maka selanjutnya memisahkan produk dari benda kerja, ini merupakan fungsi dari proses *profiling*. Strategi pemesinan yang digunakan adalah *2D Area Cleaance* dengan pemakanan sisi luar. Pada proses ini menggunakan pahat jenis *ball nose carbide* dengan diameter mata pahat 3 mm dan diameter *collet* 6 mm. Berikut ini pengaturan strategi dan parameter pemesinan yang digunakan untuk proses *profiling* seperti dalam tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4. Parameter *Profiling* pada Pemesinan Awal.

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	2D Area Cleaance, Offset, star from: Outside.	
2	Tool Description	Type	Ball Nose 3 mm
		Diameter	6.000 mm
3	Allowance	0 mm	
4	Stepover	0.8 mm	
5	Stepdown	0.75 mm	
6	Spindle Speed	6000 rpm	
7	Feed Rate	10 mm/sec	
8	Plunge Rate	1 mm/sec	
9	Waktu	00:45:07	

Proses *profiling* ini merupakan proses terakhir pada pemesinan awal. Simulasi pemesinan memperlihatkan alur pemakanan pahat di sisi luar dari produk, sehingga produk sudah dapat terlihat jelas karena telah terpisah dari benda kerja. Waktu total pemesinan yang dibutuhkan adalah 26 jam 29 menit 16 detik. Hasil simulasi pemesinan proses *profiling* terlihat pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Simulasi *Profiling*.

Setelah semua pengaturan strategi dan parameter-parameter pemesinan dianggap sudah sesuai dan mengacu juga kepada hasil simulasi pemesinan selanjutnya bisa langsung diaplikasikan ke mesin *CNC*. Hasil akhir produk yang diperoleh seperti terlihat pada gambar 4.5 berikut.

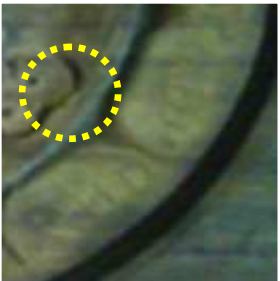


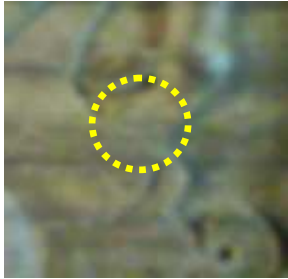
Gambar 4.5 Hasil Akhir Produk Pemesinan Awal.

4.1.5. Analisa Hasil Pemesinan.

Setelah pemesinan berlangsung dan diperoleh hasil akhir dari produk, ternyata masih terdapat beberapa kekurangan-kekurangan. Analisa dari hasil pemesinan awal terlihat pada tabel 4.5 di bawah ini.

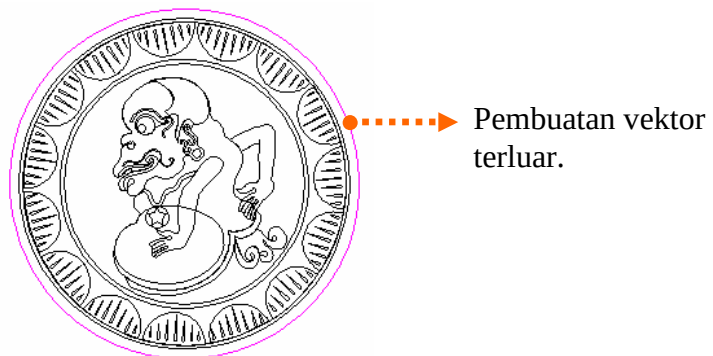
Tabel 4.5. Analisa Hasil Pemesinan Awal.

Gambar	Keterangan
	<p>Pada bagian ini dasar <i>relief</i> tidak tercapai, karena terlalu sempit sehingga pahat <i>conical</i> saat <i>semi finishing</i> tidak mampu menjangkau. Pemakanan yang terlalu sempit mengakibatkan pergerakan pahat kesembarang arah.</p>
	<p>Pada bagian ini, sisi bawahnya tidak dapat dicapai oleh pahat, hal ini karena <i>relief</i> nya terlalu tinggi sehingga dengan menggunakan pahat <i>conical</i> tidak dapat maksimal dalam pemakanannya.</p>

	<p>Pada bagian ini <i>relief</i> jari terpotong, hal ini disebabkan karena salah memilih vektor saat pengesetan sehingga pada produk terlihat terpotong.</p>
---	--

4.2. Pemesinan dengan Menggunakan Pembatas Vektor.

Pada proses pemesinan ini, strategi pemesinan yang digunakan adalah membuat sebuah vektor terluar sebagai area batas pemakanan pahat terhadap *relief*. Hal ini dimaksudkan agar waktu yang digunakan dalam proses pemesinan lebih jauh efisien tanpa menggunakan *profiling* serta untuk menghindari pemakaian pada seluruh material di luar *relief*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Pembatas Vektor

Proses pemesinan dengan menggunakan pembatas vektor kali ini melalui tiga proses yaitu :

4.2.1. Proses *Roughing*

Pada proses ini strategi yang digunakan adalah *Machine Relief* dengan metode pemakanan *offset*, dan *star from : outside*. Pahat yang digunakan dalam proses *roughing* adalah jenis *ball nose carbide* dengan diameter mata pahat 3 dan diameter *collet* 6 mm. Berikut ini parameter pemesinan *roughing* yang tercantum pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Parameter Pemesinan *Roughing*

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset dan Do Multiple Z Passes</i>	
2	<i>Z Height of first Pass</i>	15	
3	<i>Z Height of Last Pass</i>	5.5	
4	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	Ball Nose 3 mm
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
5	<i>Allowance</i>	0.5 mm	
6	<i>Stepover</i>	0.8 mm	
7	<i>Stepdown</i>	0.75 mm	
8	<i>Spindle Speed</i>	6500 rpm	
9	<i>Feed Rate</i>	10 mm/sec	
10	<i>Plunge Rate</i>	1 mm/sec	
11	Waktu	07:29:24	

Jika terjadi kesalahan dalam menentukan parameter maka dapat diperbaiki dengan merubah parameter-parameter tersebut. Apabila parameter yang sudah ditentukan sudah tepat, langkah selanjutnya adalah simulasi pemesinan. Dalam proses *roughing* ini dapat dilihat hasil simulasinya seperti pada gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Simulasi Proses *Roughing*

4.2.2. Proses *Semi Finishing*

Setelah proses *roughing* dilakukan, hasil dari simulasi *relief* masih terlihat kasar dan belum membentuk. Oleh karena itu perlu dilakukan proses pemesinan berikutnya yaitu *semi finishing* tujuannya untuk membentuk *relief* agar lebih terbentuk dan mempermudah kerja pahat pada saat dilakukan proses *finishing*. Pada proses ini menggunakan strategi pemesinan *machine relief* dengan metode

pemakanan *offset* dan *star from* : *Outside*. Pahat yang digunakan yaitu jenis *ball nose carbide* dengan diameter mata pahat 3 dan diameter *collet* 6 mm. Berikut ini adalah parameter pemesinan proses *semi finishing* yang tercantum pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Parameter Pemesinan *Semi Finishing*

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset, star from: Outside.</i>	
2	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	Ball Nose 3 mm
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
3	<i>Allowance</i>	0.2 mm	
4	<i>Stepover</i>	0.2 mm	
5	<i>Stepdown</i>	0.5 mm	
6	<i>Spindle Speed</i>	6500 rpm	
7	<i>Feed Rate</i>	10 mm/sec	
8	<i>Plunge Rate</i>	2 mm/sec	
9	Waktu	01:53:34	

Setelah mengatur beberapa parameter yang sudah ditentukan dan tepat, langkah selanjutnya adalah melihat hasil simulasi pemesinan. Hasil simulasi pemesinan *semi finishing* dapat dilihat seperti pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Simulasi Proses *Semi Finishing*

4.2.3. Proses *Finishing*

Untuk menyempurnakan proses pemesinan sebelumnya, maka perlu dilakukan proses *finishing*. Proses ini merupakan proses akhir dalam pemesinan bertujuan untuk menghasilkan produk yang halus dan mendapatkan geometri produk tersebut. Pada proses ini menggunakan strategi pemesinan *machine relief* dengan metode pemakanan *offset* dan *star from* : *inside*. Untuk bagian *relief* yang

tidak dapat termakan pada proses sebelumnya maka pahat yang digunakan pada *finishing* ini adalah pahat jenis *conical carbide* dengan *flat radius* 0,25 mm, *half angle* 15° dan diameter *collet* 6 mm, fungsinya agar bagian-bagian *relief* yang sulit dapat termakan. Berikut ini adalah parameter pemesinan proses *finishing* yang tercantum pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Parameter Pemesinan *Finishing*

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset, star from: inside.</i>	
2	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	<i>Conical 0.25 Flat 15 degrees</i>
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
		<i>Half Angle</i>	15 deg
		<i>Flat Radius</i>	0.25 mm
3	<i>Allowance</i>	0 mm	
4	<i>Stepover</i>	0.06 mm	
5	<i>Stepdown</i>	0.2 mm	
6	<i>Spindle Speed</i>	6500 rpm	
7	<i>Feed Rate</i>	6 mm/sec	
8	<i>Plunge Rate</i>	2 mm/sec	
9	Waktu	11:05:58	

Dari hasil simulasi pemesinan dapat terlihat bahwa produk sudah benar-benar terlihat, bagian *relief* yang tidak dapat tercapai kali ini sudah termakan. Hasil simulasi pemesinan *finishing* dapat dilihat seperti pada gambar 4.9 berikut :



Gambar 4.9 Simulasi Proses *Finishing*

Setelah melakukan simulasi serta pengaturan parameter pemesinan dianggap sudah sesuai, langkah selanjutnya adalah mengaplikasikan kedalam

mesin CNC untuk dilakukan pemesinan. Waktu total pemesinan yang dibutuhkan adalah 20 jam 27 menit 16 detik Hasil akhir produk dapat dilihat pada gambar 4.10 di bawah ini.



Gambar 4.10 Hasil Akhir Produk Menggunakan Pembatas Vektor

4.2.4. Analisa Hasil Pemesinan

Setelah proses pemesinan berlangsung maka diperoleh hasil akhir dari produk, namun produk yang dihasilkan ini masih terdapat beberapa kekurangan. Analisa dari hasil pemesinan dengan menggunakan pembatas vektor terlihat pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Analisa Pemesinan dengan Menggunakan Pembatas Vektor

Gambar	Keterangan
	<p>Pada bagian ini terdapat serat yang timbul akibat pemakanan pahat tidak saling berpotongan dengan arah serat sehingga timbul serat yang menggumpal.</p>
	<p>Pada bagian ini dasar <i>relief</i> tidak tercapai, karena terlalu sempit sehingga pahat tidak mampu menjangkau.</p>

4.3 Pemesinan dengan Metode Pemakanan per Area.

Pada percobaan kali ini, digunakan metode pemakanan per area yang bertujuan mengatasi kegagalan pada proses sebelumnya agar mendapatkan kualitas produk yang lebih baik. Proses pemakanan per area dilakukan pada saat proses *semi finishing* dan *finishing*. Pemesinan kali ini melalui tiga proses yaitu :

4.3.1. Proses *Roughing*

Untuk proses *roughing* ini tetap menggunakan metode pemesinan vektor area karena metode tersebut cocok untuk proses *roughing*, akan tetapi ada sedikit perubahan pada parameter-parameter pemesinan yang digunakan. Secara jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Parameter Pemesinan *Roughing*

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset dan Do Multiple Z Passes</i>	
2	<i>Z Height of first Pass</i>	15	
3	<i>Z Height of Last Pass</i>	5.5	
4	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	Ball Nose 3 mm
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
5	<i>Allowance</i>	0.5 mm	
6	<i>Stepover</i>	0.8 mm	
7	<i>Stepdown</i>	0.75 mm	
8	<i>Spindle Speed</i>	6500 rpm	
9	<i>Feed Rate</i>	10 mm/sec	
10	<i>Plunge Rate</i>	1 mm/sec	
11	Waktu	06:56:42	

Setelah melakukan beberapa parameter tersebut, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi pemesinan. Dari hasil simulasi pemesinan terlihat relief masih belum terbentuk sempurna. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Simulasi Proses *Roughing*

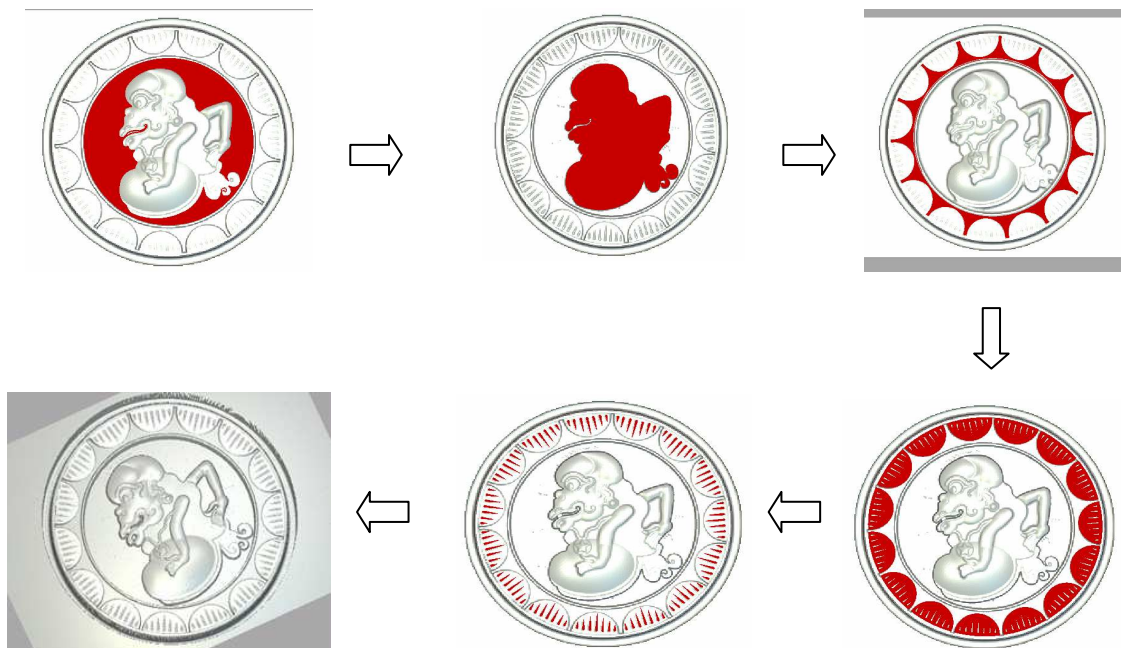
4.3.2. Proses *Semi Finishing*

Pada proses ini menggunakan strategi pemesian *machine relief* dengan metode pemakanan *offset* dan *star from : outside*. Pahat yang digunakan masih sama dengan proses *roughing* yaitu pahat jenis *ball nose carbide* dengan diameter mata pahat 3 mm dan diameter *collet* 6 mm. Berikut ini adalah parameter pemesian proses *semi finishing* yang tercantum pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Parameter Pemesian *Semi Finishing*

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset, star from : Outside.</i>	
2	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	Ball Nose 3 mm
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
3	<i>Allowance</i>	0.2 mm	
4	<i>Stepover</i>	0.2 mm	
5	<i>Stepdown</i>	0.5 mm	
6	<i>Spindle Speed</i>	6500 rpm	
7	<i>Feed Rate</i>	10 mm/sec	
8	<i>Plunge Rate</i>	2 mm/sec	
9	Waktu	01:53:08	

Hasil simulasi pemesian memperlihatkan produk sudah lebih terbentuk dan lebih jelas. Bagian-bagian dari produk yang tidak termakan sudah dapat termakan walaupun dari hasil simulasi belum keseluruhan. Hasil simulasi pemesian proses *semi finishing* untuk pemesian dengan pemakanan per area terlihat pada gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12 Simulasi Proses *Semi Finishing*

4.3.3. Proses *Finishing*

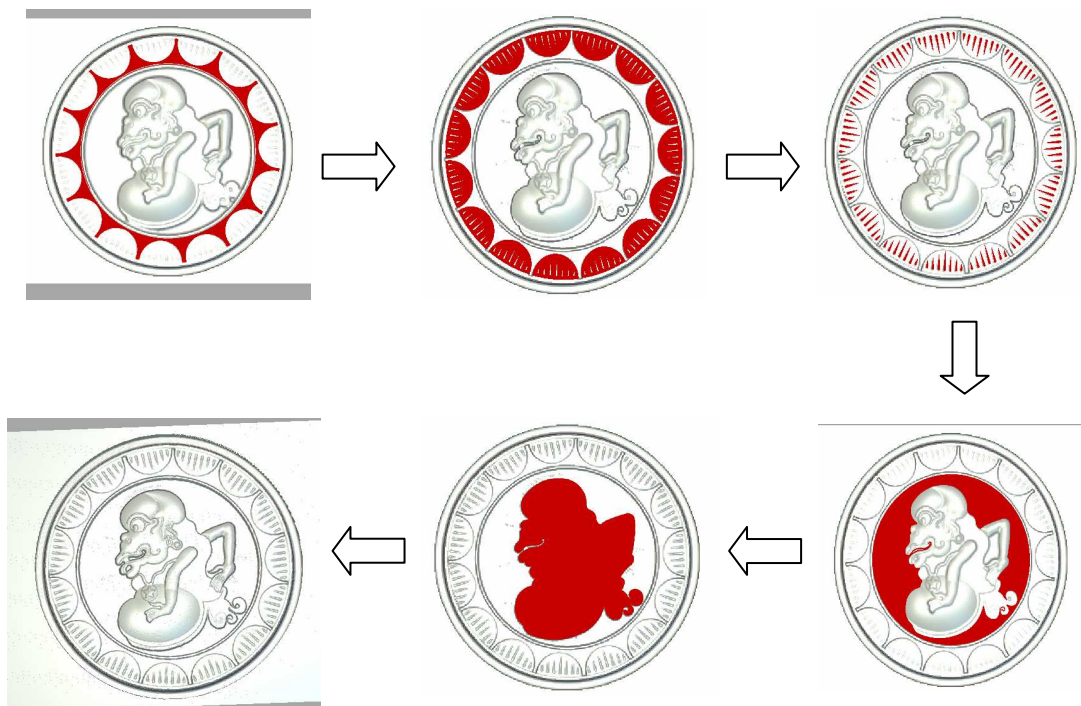
Proses ini adalah proses penyempurnaan dari proses *semi finishing* yang telah dilakukan. Dalam tahapan ini ada perubahan penggunaan pahat yang lebih kecil dengan tujuan pada bagian *relief* sulit atau belum termakan dapat termakan. Pahat yang digunakan pada proses ini adalah pahat jenis *conical carbide* dengan *flat radius* 0.25 mm, *half angle* 15° dan diameter *collet* 6 mm. Berikut ini adalah parameter pemesinan proses *finishing* yang tercantum pada tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Parameter Pemesinan *Finishing*

No	Parameter	Keterangan	
1	Strategi	<i>Machine Relief, Offset, star from: Outside.</i>	
2	<i>Tool Description</i>	<i>Type</i>	Ball Nose 3 mm
		<i>Diameter</i>	6.000 mm
3	<i>Allowance</i>	0 mm	
4	<i>Stepover</i>	0.05 mm	
5	<i>Stepdown</i>	0.2 mm	
6	<i>Spindle Speed</i>	6500 rpm	
7	<i>Feed Rate</i>	6 mm/sec	

8	<i>Plunge Rate</i>	2 mm/sec
9	Waktu	07:57:31

Dari hasil simulasi pemesinan dapat terlihat bahwa produk sudah benar-benar terlihat, bagian *relief* yang tidak dapat tercapai kali ini sudah termakan. Hasil simulasi pemesinan *finishing* dapat dilihat seperti pada gambar 4.13 berikut :



Gambar 4.13 Simulasi Proses *Finishing*

Setelah melakukan simulasi serta pengaturan parameter pemesinan dianggap sudah sesuai dan dilakukan simulasinya, langkah selanjutnya adalah mengaplikasikan kedalam mesin *CNC* untuk dilakukan pemesinan. Waktu total pemesinan yang dibutuhkan adalah 16 jam 07 menit 21 detik Hasil akhir produk dapat dilihat pada gambar 4.14 di bawah ini.



Gambar 4.14 Hasil Akhir Produk dengan Metode Pemakanan per Area.

4.3.4. Analisis Hasil Pemesinan

Setelah proses pemesinan berlangsung maka diperoleh hasil akhir dari produk Analisa dari hasil pemesinan dengan metode pemakanan per area terlihat pada tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Analisa Pemesinan dengan Metode Pemakanan per Area

Gambar	Keterangan
	<p>Pada bagian ini <i>relief</i> terlalu tinggi sehingga pada waktu proses pemesinan tidak dapat maksimal dalam pemakanannya.</p>
	<p>Benda kerja yang dipilih memiliki bagian kayu putih seperti yang ditunjukkan pada gambar, hal tersebut dapat mengakibatkan keropos. Sehingga dapat mengurangi keindahan dan kekasaran permukaan pada bagian ini berbeda dengan permukaan yang lainnya.</p>

4.4.1. Kendala-kendala dalam Pemesinan dan Solusinya.

Dari hasil pemesinan dapat dianalisis bahwa produk yang dikerjakan sudah terlihat halus pada bagian permukaannya dan strategi yang digunakan jauh lebih optimum. Strategi tersebut terbukti dari produk yang dihasilkan serta total waktu selama pengerjaannya lebih efisien. Dalam penelitian ini ada beberapa kendala selama pemesinan berlangsung. Kendala-kendala tersebut dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel. 4.14 Kendala-kendala dalam Pemesinan dan Solusinya.

No	Kendala	Permasalahan	Solusi
1.	Mesin berhenti pada proses pemesinan.	Proses pemakanan yang terlalu dalam mengakibatkan pahat terjepit.	Desain yang dibuat jangan terlalu sempit dan parameter pemesinan disesuaikan.
2.	Permukaan <i>relief</i> tidak rata/halus.	Paramater yang kurang tepat, dan juga dapat disebabkan oleh ujung pahat yang tidak rata	Merubah parameter dan mengasah kembali pahat atau meratakan ujung pahatnya.
3.	Benda kerja bergeser.	Perekatnya belum kering, sehingga tidak merekat dengan baik.	Tunggu sampai perekat benar-benar kering.
4.	Pemakanan tidak sampai dasar relief yang sebenarnya.	Pengsesetan <i>z origin</i> yang tidak sama pada tiap proses	Pengsesetan <i>z origin</i> harus sangat teliti dan hati-hati.
5.	Terdapat serat yang timbul pada benda kerja saat pemesinan.	Penempatan benda kerja tidak berpotongan dengan pergerakan pahat.	Benda kerja diarahkan berpotongan terhadap pemakanan pahat.
6.	Bergesernya area pemakanan	Terdapat sudut-sudut yang terlalu runcing.	Memberi <i>fillet</i> pada bagian sudut yang runcing dan besarnya disesuaikan dengan diameter ujung pahat.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa untuk membuat sebuah produk hiasan berupa Bagong perlu memperhatikan beberapa hal yaitu desain *relief* yang dibuat jangan terlalu sempit dan jangan terlalu dalam, tujuannya untuk menghindari kegagalan pemesinan yang menyebabkan pahat terjepit. Untuk memperoleh hasil pemesinan yang baik, diperlukan pengaturan strategi dan parameter pemesinan dengan memperhatikan karakter material yang digunakan (kayu sonokeling) seperti penempatan arah serat yang baik saat pemesinan adalah saling berpotongan dengan pergerakan pahat, pemilihan pahat serta bentuk model. Pemilihan strategi pemakanan pada produk ini lebih tepat menggunakan metode *offset* dibanding menggunakan metode *raster* karena dengan bentuk model yang melingkar akan lebih optimum menggunakan metode *offset*.

5.2. Saran

Dalam penelitian ini masih banyak kekurangan yang perlu dikaji seperti *relief* yang dibuat terlalu sempit dan dalam sehingga dapat mengakibatkan pahat terjepit dan pemakanan susah dijangkau. Berikut saran-saran yang diberikan untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya yaitu :

- a. Material kayu yang digunakan harus memiliki kadar air yang rendah.
- b. Penempatan material kayu (arah serat) sebaiknya saling berpotongan dengan pergerakan pahat.
- c. Pemilihan jenis perekat mempertimbangkan kekuatan dan mudah dilepas.
- d. Hindari pembuatan *relief* yang sempit dan dalam pada saat membuat desain.
- e. Pemilihan pahat akan mempengaruhi hasil dan kualitas produk.
- f. Pemilihan strategi pemakanan akan mempengaruhi estimasi waktu pemesinan.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I



LAMPIRAN II

Specifications Mesin Roland MDX-20

MODEL	MDX-20
XY table size	8-5/8"(X). x 6-1/4"(Y) (220 mm x 160 mm)
Max. operation area	8 "(X) x 6 " (Y) x 2-3/8" (Z) (203.2mm x 152.4mm x 60.5mm)
Max. table load weight	2.2 lb. (1000 g)
Interface	Serial (RS-232C)
Control keys	STANDBY key, VIEW key, TOOL-UP key, TOOL-DOWN key,
LED	SCANNING MODE LED, MODELING MODE LED, VIEW LED
Power consumption	Exclusive AC adapter (DC+19V 2.1 A)
Acoustic noise level	Standby mode : under 35 dB (A). Operation mode (not cutting) : under 70 dB (A) (According to ISO 7779)
External dimensions.	18-13/16"(W)x15-1/16"(D)x12-1/16"(H) (476.8 mm x 381.6 mm x 305 mm)
Weight (unit only)	30.2 lb. (13.7 kg)
Operation temperature	41-104°F (5 to 40°C)
Operation humidity	35 to 80 % (no condensation)
Accessories	AC adapter: 1, power code: 1, Roland Software Package CD-ROM: 1, spindle unit: 1, sensor unit: 1, cap screw M4x15 : 4, tool:1, set screw M3x3 : 2, double-sided tape: 1, front cover: 1, hexagonal wrench (size: 3 mm) :1, hexagonal wrench (size : 1.5 mm): 1 positioning pins: 3, clay: 1, MDX-20/15 user's manual: 1

▪ ***Modeling Functions***

Tool chuck	6 mm or 1/8 in. tool chuck included
Spindle motor	10W (DC motor)
Software Resolution	0.000984 in./step (0.025 mm/step)
Mechanical Resolution	0.000246 in./step (0.00625 mm/step)
Revolution speed	6500 rpm
Feed rate	0.00393 to 9/16 in./sec. (0.1 to 15 mm/sec.)
Acceptable material	Wood, Plaster, Resin (modeling wax, styrenform), Chemical wood, Aluminum (A5052 according to JIS), Brass
FEDFB3 Acceptable tool	Endmil, Drill

▪ ***Scanning Functions***

Sensor	Roland Active Piezo Sensor (R.A.P.S.) Probe length 60 mm (2-5/16 in.), tip bulb diameter 0.08 mm (0.00315 in.)
Scanning method	Contacting, mesh-point height-sensing
Scanning pitch (Dr. PICZA)	X/Y-axis directions -- 0.002 to 0.20 in. (0.05 to 5.00 mm) 0.002 in.(settable in steps of 0.05 mm) Z-axis direction -- 0.000984 in. (0.025 mm)
Scanning speed	4-15 mm/sec. (1/8-9/16 in./sec.)
Exportable file formats	DXF, VRML, STL, 3DMF, IGES, Grayscale, Point Group and BMP

▪ ***Interface Specifications***

Standard	RS-232C specifications
Transmission method	Asynchronous, duplex data transmission
Transmission speed	9600 bps
Parity Check	None
Data Bits	8 bits (fixed)
Stop Bits	1 bits (fixed)
Handshake	Hardwire

DAFTAR PUSTAKA

- Sejarah Wayang*. 1999. Berdasarkan Ensiklopedi Wayang Indonesia. Jakarta: Sena Wangi. (On-line) Available at <http://sukrabblog.blogspot.com/2008/01/sejarah-wayang.html>, diakses Januari 2008.
- Tanudjaja, B, B. *Punakawan Sebagai Media Komunikasi Visual*. Jurusan Desain Komunikasi Visual, Fakultas Seni dan Desain - Universitas Kristen Petra, (On-line) Available at <http://puslit.petra.ac.id/journals/design/>
- Mulyono, Sri. 1982. *Wayang Asal-usul, Filsafat dan Masa Depan*. Jakarta: P.T Gunung Agung.
- Soekarno, BA. *Mengenal Wayang Kulit Purwa*, Semarang: Aneka Ilmu.
- Sunarto. 1989. *Wayang Kulit Purwa Gaya Yogyakarta*, sebuah tinjauan tentang bentuk, ukiran, sunggingan. Jakarta: Balai Pustaka.
- Hariadi, Ihsan. 2000. *Sejarah Wayang*. (On-line) Available at <http://www.mail-archive.com/itb@itb.ac.id/msg17870.html>.
- Dumanauw, J.F. 1982. *Mengenal Kayu*. Semarang: Pika. CV. Kanisius.
- Brown, Terry. *Basic Wood Properties*.
- Forest Products Laboratory. 1999. *Wood handbook - Wood as an engineering material*. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p.
- Roland, 2000. *MDX-20 MDX-15 User's Manual*. Japan: Roland DG Corporation.
- Chang, Wisk., & Wang. 2006. *Computer Aided Manufacturing* (3rd edition). New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Groover, M, P. 1987. *CAD/CAM: Computer Aided Design and Manufacturing*. New Delhi: Prentice Hall of India.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. 2006. *Manufacturing, Engineering & Technology* (5th edition). New Jersey: Pearson Education, Inc.

Papanek, Victor. (1971). *Design for the Real World*, New York : Pantheon Books.

E. Paul Degarmo, JT. Black, Ronald. A. Kohser 1997. *Material and Processes in Manufacturing*, Prentice Hall.

David D. Bedworth, Mark R. Henderson 1991. *Computer Integrated Design and Manufacturing*, Mc. Graw_Hill.

Risdiyono, *Materi Kuliah Pemrograman Mesin NC*. Jurusan Teknik Mesin FTI-UII.

Rochim, T. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung: Higher Education Development Support Project ITB.

Ir. Cornel N. 1988. *Pengetahuan Pokok Teknik Pemesinan*. Jakarta : Jaya Prasada.

Riyanto Sigit. 2007. *Robotika, Sensor dan Aktuator*. Graha Ilmu.

Tim penulis Delcam, 2002. *Tutorials ArtCAM PRO*.

Website:

<http://www.petra.ac.id/english/eastjava/culture/wayang>.

<http://ekosuryanti.blogsome.com/2007/03/27/wayang-kulit-gaya-yogyakarta-bentuk-dan-ceritanya/>

<http://www.WoodZone.com>.