



DESAIN REPLIKA *OS CAPITATUM*
DENGAN METODE PEMOTONGAN BERLAPIS

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**

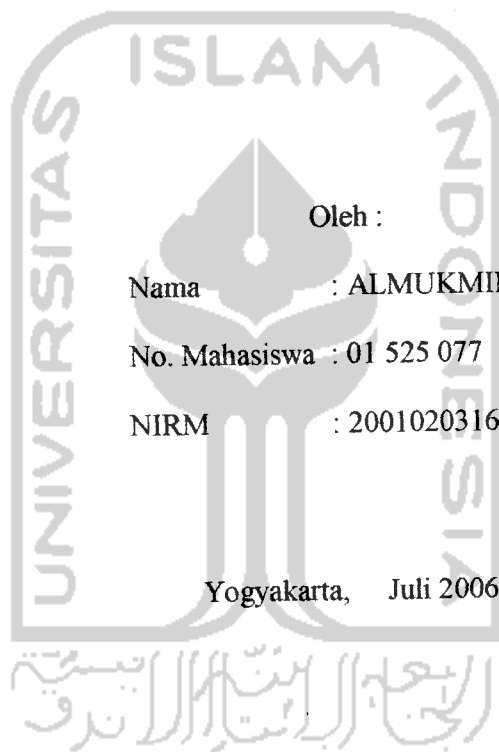


Nama : ALMUKMIN SURYADI
No Mahasiswa : 01 525 077
NIRM : 2001020316

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
DESAIN REPLIKA *OS CAPITATUM* DENGAN METODE
PEMOTONGAN BERLAPIS

TUGAS AKHIR



Oleh :

Nama : ALMUKMIN SURYADI

No. Mahasiswa : 01 525 077

NIRM : 2001020316

Yogyakarta, Juli 2006

Menyetujui,

Pembimbing I

(Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng)

Pembimbing II

(dr. Zaenuri Sabta Nugraha)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
DESAIN REPLIKA *OS CAPITATUM* DENGAN METODE
PEMOTONGAN BERLAPIS

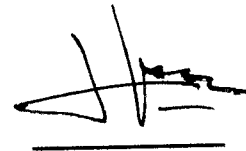
TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : ALMUKMIN SURYADI
No. Mahasiswa : 01 525 077
NIRM : 2001020316

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu
Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, Agustus 2006

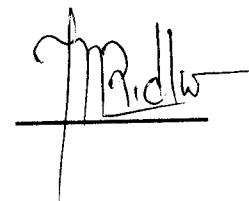
Tim Penguji
Ir. Hudaya, MM
Ketua



Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng
Anggota I



Muhammad Ridlwan, ST., MT
Anggota II

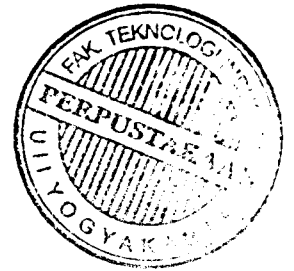


Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




Muhammad Ridlwan, ST., MT

Halaman Persembahan



Disaat cobaan & ujian menghadang saat itu pula kesabaran, ketabahan & ketekunan di uji. Sungguh kecil apa yang dapat kuberikan, tapi inilah hasil dari amanah orang tua dan tanggung jawabku untuk ilmu pengetahuan. Begitu banyak yang telah Engkau berikan tapi sangat sedikit yang dapat “ ku persembahkan ”

Teruntuk:

Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepadaku,
Kedua orang tuaku yang tercinta, bapak Hadi Tasman dan ibu Surip yang selalu mendo'akanku dan memberi dukungan baik materi dan spiritual,
Adeqku tersayang yang selalu memberi support dan mendengar semua keluh kesahku dan yang selalu mendampingi, semoga cita-cita kita tercapai
Amien

M O T T O

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka
apabila
kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan
sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya kepada
Robbmulah hendaknya kamu berharap “
(Qs. Al Insyrah 6-8)

Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka
Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.
(HR Muslim dari Abu Hurairah r.a.)

Menuntut ilmu sesaat (1 jam) lebih baik daripada bangun
beribadat satu malam dan menuntut ilmu sehari lebih baik dari
pada puasa tiga bulan (HR Addailami)

Orang pandai yang tidak menyampaikan ilmunya kepada
orang lain adalah suatu kebodohan
(mukmin '06)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur semoga tetap tercurahkan atas ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan Inayah-Nya, Shalawat serta salam senantiasa semoga tetap tercurah kepada junjungan kita, nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan para pengikutnya sampai akhir zaman.

Tugas Akhir berjudul “Desain Replika *Os Capitatum* Dengan Metode Pemotongan Berlapis” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa bantuan moral maupun material dari berbagai pihak. Atas segala bantuan yang diberikan, baik berupa bimbingan, motivasi, dorongan, kerjasama, fasilitas maupun kemudahan lainnya maka pada kesempatan ini diucapkan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya,
2. Kedua orang tuaku Bapak Hadi Tasman dan Ibunda Surip, terima kasih atas bekal, motivasi dalam menempuh pendidikan, keikhlasan, ketulusan, dorongan, do'a, dan restumu untuk ananda.
3. Bapak Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng., Dosen pembimbing Tugas Akhir I sekaligus penguji I.
4. Bapak dr. Zaenuri Sabta Nugraha., Dosen pembimbing Tugas Akhir II.
5. Bapak Ir. Hudaya, MM, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia sekaligus ketua penguji.
6. Bapak Muhammad Ridlwan, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia sekaligus penguji II.

7. Bapak dan Ibu Dosen, staff serta karyawan FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademik maupun administratif.
8. Rekan-rekan dalam Tugas Akhir , Machmud Arif, Prima. S, Agus. H, Agus. J, Bobby.D dan Danang. S terima kasih atas kerja samanya selama ini.
9. Serta berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala yang diberikan.

Disadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan yang disebabkan keterbatasan baik dari segi waktu untuk mendapatkan data maupun percobaan-percobaan yang kurang akurat hal ini tidak lepas dari kurangnya pengetahuan dan kelalaian. Untuk itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi pembaca sekalian dan membantu mengembangkan ilmu pengetahuan pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2006
Penyusun

Almukmin Suryadi

Abstraksi

Pengembangan ilmu anatomi yang semakin maju telah banyak menciptakan penemuan baru. Salah satu penemuan tersebut adalah pembuatan replika tulang sebagai sarana pendidikan. Saat ini di negara maju telah ditemukan metode yang cepat dan sesuai dengan detail dari tulang seperti scan 3 dimensi. Namun peralatan yang digunakan tersebut sangatlah mahal. Jadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan metode yang sederhana namun hasil yang didapat cukup baik. Dalam penelitian ini akan dibuat desain replika tulang karpal Capitatum. Tulang karpal Capitatum adalah Bagian dari tulang karpal yang berada pada pergelangan tangan. Pembuatan desain replika tulang karpal Capitatum menggunakan metode Pemotongan Berlapis. Cara kerja dari metode ini adalah memotong suatu benda dengan ketebalan tertentu kemudian di transfer pada suatu software CAD dan dijadikan ke bentuk 3 Dimensi. Dalam penelitian ini software CAD yang digunakan adalah software PowerSHAPE dan mesin yang digunakan adalah mesin CNC milling tipe Roland EGX 600.

Kata kunci : biomekanik, CAD/CAM, replika Os Capitatum, pemotongan berlapis



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar	vi
Abstraksi	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
 BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengertian Tulang	4
2.2 Struktur Tulang	4
2.3 Pembentukan Tulang	6
2.4 Tulang Karpal (<i>Ossa Carpalia</i>)	7
2.5 Tulang Capitatum (<i>Os Capitatum</i>)	8
2.6 Artikulasi-artikulasi Tulang <i>Capitatum</i>	9
2.7 PowerSHAPE	10

BAB III PERCOBAAN PENELITIAN

3.1 Materi Percobaan.....	12
3.2 Langkah Pendesainan.....	12
3.3 Desain Tulang Capitatum.....	14
3.3.1 Pembuatan Replika Rulang Capitatum.....	14
3.3.2 Pembenaman Replika Tulang Ke Gypsum.....	15
3.4 Pemesinan Cetakan.....	16
3.4.1. Pembuatan <i>Tripod</i> Kamera.....	16
3.4.2 Pembuatan Desain Cetakan.....	16
3.4.3 Penentuan Parameter Pemesinan.....	17
3.5 Proses Pemesinan.....	19
3.5.1 Persiapan Pemesinan.....	19
3.5.2 Mengatur Titik Nol.....	19
3.5.3 Proses Transfer Data.....	20
3.5.4 Proses Pemesinan.....	20
3.6 Proses Pendesainan.....	21
3.6.1 Pentransferan Gambar.....	21
3.6.2 Pengulangan Alur.....	22
3.6.3 Pembuatan <i>Surface</i>	23
3.6.4 Penyempurnaan <i>Surface</i>	25
3.7 Data Percobaan.....	26
3.7.1 Percobaan Tanpa Garis Referensi.....	26
3.7.1.1 Gambar Hasil Percobaan.....	27
3.7.2 Percobaan Dengan Garis Referensi Spidol.....	28
3.7.2.1 Dengan Step Down 0.5 mm Pandangan Atas.....	28
3.7.2.1.1 Gambar Hasil Percobaan.....	28
3.7.2.2 Dengan Step Down 0.5 mm Pandangan samping..	29
3.7.2.2.1 Gambar Hasil Percobaan.....	29

3.7.3	Pecobaan Dengan Garis Referensi Goresan Ballpoint....	30
3.7.3.1	Gambar Hasil Percobaan.....	31

BAB IV PEMBAHASAN

4.1	Metode Pemotongan Berlapis.....	32
4.2	Garis Referensi.....	32
4.3	Analisa Kesalahan Percobaan.....	32
4.3.1	Percobaan Tanpa Garis Referensi.....	33
4.3.2	Percobaan Dengan Garis Referensi Spidol.....	33
4.3.3	Percobaan Dengan Referensi Garis Gores Ballpoint.....	33
4.4	Analisa Hasil Desain.....	34
4.5	Kelebihan Dan Kekurangan Metode Pemotongan Berlapis.....	36

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran.....	37

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Tulang <i>Compact</i> Dan <i>Cancellous</i>	5
2. Gambar 2.1 Pertumbuhan Tulang	7
3. Gambar 2.2 Tulang telapak tangan.....	8
4. Gambar 2.3 Tulang <i>Capitatum</i>	9
5. Gambar 2.4 Tampilan Windows PowerSHAPE.....	10
6. Gambar 3.1 Mesin <i>CNC Roland EGX 600</i>	12
7. Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	13
8. Gambar 3.3 Cetakan <i>Os Capitatum</i>	14
9. Gambar 3.4 Cetakan gipsium.....	15
10. Gambar 3.5 <i>Tripod</i> untuk kamera.....	16
11. Gambar 3.6 Desain kotak yang telah jadi.....	17
12. Gambar 3.7 <i>Dialog box block</i>	17
13. Gambar 3.8 <i>Dialog box raster area clearance</i>	18
14. Gambar 3.9 Pilihan jenis mesin.....	18
15. Gambar 3.10 <i>Command Prompt</i>	20
16. Gambar 3.11 Gambar <i>labels</i>	22
17. Gambar 3.12 Alur yang telah jadi.....	23
18. Gambar 3.13 Perpotongan bidang dan <i>wireframe</i>	23
19. Gambar 3.14 Garis perpotongan.....	24
20. Gambar 3.15 Pembuatan <i>composite curve</i>	24
21. Gambar 3.16 Proses pembuatan <i>surface Os Capitatum</i>	25
22. Gambar 3.17 Bagian penempelan otot.....	26
23. Gambar 3.18 Hasil pemesinan.....	27
24. Gambar 3.19 <i>Wireframe</i> pada pemesinan tanpa garis referensi	27
25. Gambar 3.20 Hasil pemesinan.....	28
26. Gambar 3.21 <i>Wireframe</i> tidak tersusun sesuai alur tulang sebenarnya	29
27. Gambar 3.22 Hasil pemesinan.....	30
28. Gambar 3.23 Hasil pemesinan.....	31
29. Gambar 3.24 <i>Wireframe</i> setelah dibuat.....	31

30. Gambar 4.1 Hasil percobaan dengan garis referensi spidol.....	33
31. Gambar 4.2 Hasil percobaan dengan garis referensi 4 garis.....	34
32. Gambar 4.3 Penyesuaian referensi.....	35
33. Gambar 4.4 <i>Surface Os Capitatum</i>	35



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Peradaban manusia yang semakin maju telah membawa dampak positif di bidang teknologi. Perkembangan teknologi tidak hanya dalam satu bidang, melainkan pada semua bidang yang meliputi industri, kedokteran, astronomi, pertanian, pertambangan dan sebagainya. Pada bidang kedokteran telah banyak penemuan-penemuan yang sangat membantu dalam penyembuhan pasien seperti penemuan sinar-X untuk *rontgen* sampai penemuan *Ct scan* yang berfungsi memberi gambaran organ tubuh secara detail dalam bentuk foto.

Khusus pada manusia sering terjadi kasus patah tulang, jika patah pada salah satu tulang maka bagian yang patah tersebut dapat disambung menggunakan pen yang tentu saja harus bisa diterima oleh sistem kekebalan tubuh, tetapi penyambungan ini hanya bisa dilakukan pada bagian tulang yang cukup panjang, sedangkan tulang yang sangat pendek dan berukuran kecil tidak memungkinkan untuk dilakukan penyambungan, misal tulang karpal pada pergelangan tangan. Dari permasalahan diatas diperlukan suatu solusi yang efisien dan efektif agar permasalahan tersebut dapat teratasi. Maka pada penelitian ini dikhususkan pada hal tersebut di atas.

Tulang karpal yang mengalami kerusakan dapat diganti dengan menggunakan tulang buatan. Akan tetapi pembuatan tulang ini tidaklah mudah, karena bentuk tulang harus sesuai dengan ukuran aslinya. Sehingga diperlukan strategi desain dan *software* yang tepat. Pada saat ini banyak digunakan *software CAD/CAM* untuk desain dan pemesinan, pada penelitian ini proses *CAD* dilakukan dengan *software PowerSHAPE*. Sedangkan proses *CAM* menggunakan *engraving machining EGX 600* dengan bantuan *software PowerMILL*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana metode mendesain replika tulang karpal *Os Capitatum*.
2. Bagaimana membuat *surface* dari beberapa alur *wireframe*.

1.3 Batasan Masalah

Dengan perumusan masalah diatas maka penelitian ini perlu diberi batasan masalah agar penelitian tidak menyimpang dari apa yang diteliti dan dikembangkan. Batasan-batasannya adalah sebagai berikut :

1. Metode desain menggunakan metode pemotongan berlapis
2. Mesin yang digunakan dalam pembuatan desain replika tulang *Capitatum* adalah mesin *CNC milling tipe engraving machining EGX 600*.
3. Material peraga yang dipakai dalam proses pemesinan adalah *wax* dan gipsum.
4. Tahap CAD menggunakan *software PowerSHAPE*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah membuat desain replika tulang karpal *Capitatum*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat menentukan metode yang tepat dalam mendesain replika tulang karpal *Capitatum*.
2. Dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk menerapkan ilmu yang diperoleh di perguruan tinggi.
3. Menjalin hubungan yang baik antara bidang pendidikan teknik dan kedokteran.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan penelitian ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima Bab yaitu Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Metodologi Penelitian Dan Sistematika Penulisan Dijelaskan dalam *Bab I Pendahuluan*. *Bab II* berisi penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk pemecahan masalah. Untuk menunjang dasar teori diperlukan data percobaan dan pengamatan dijelaskan dalam *Bab III*. *Bab IV* merupakan analisis dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan dan saran penelitian dijelaskan pada *Bab V Penutup*.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Tulang

Tulang atau *osseous tissue* (dalam bahasa latin "*os*") adalah jaringan keras penghubung *endoskeletal* yang biasa ditemukan pada manusia dan hewan bertulang belakang [1]. Tulang berfungsi mendukung struktur tubuh, melindungi organ bagian dalam, bersama dengan otot memudahkan pergerakan, menentukan bentuk dasar tubuh, mentransmisikan berat badan, penghasil sel darah dan sebagai penyimpan mineral.

Kumpulan semua tulang manusia atau hewan biasa disebut *skeleton*. *Skeleton* manusia dikelompokkan menjadi dua yaitu:

a. *Skeleton Axiale*

Kelompok tulang ini terdiri dari sebagai berikut.

- *Cranium*, terdiri atas *ossa crannii* (mengelilingi otak) dan *ossa facieslis* (muka).
- *Columna Vertebralis* (tulang belakang).
- Dua belas pasang *costa* (tulang iga)
- *Sternum* (tulang dada)
- *Os hyodium* (tulang kecil di leher)

b. *Skeleton Appendiculare*

Kelompok tulang ini terdiri dari sebagai berikut.

- *Cingulum*, menghubungkan ekstremitas dan dengan *skeleton axiale*
- Tulang-tulang ekstremitas

2.2. Struktur Tulang

Tulang merupakan material yang relatif keras dan ringan, yang terdiri dari kalsium *fosfat* dalam susunan kimia termasuk kalsium *hidroxyapatite*. Tulang relatif kuat terhadap tekanan tetapi lemah terhadap kekuatan tarik. Walaupun pada dasarnya tulang sangat rapuh, tetapi tulang mempunyai derajat kekenyalan yang didukung oleh komponen-komponen organiknya (terutama kolagen). Tulang

mempunyai struktur dalam yang kepadatannya berbeda pada setiap bagian. Tulang dapat berbentuk *compact* (padat) dan *cancellous* (berongga). Lapisan luar tulang (*cortical*) yang padat membuat massa tulang menjadi besar, tetapi karena kepadatannya hal itu membuat luas penampang menjadi lebih kecil. Tulang jenis *cancellous* adalah *trabecular* membentuk jaringan berlubang seperti sarang lebah, hal ini membuat luas penampang lebih besar tetapi mempunyai masa yang lebih kecil [1].

Compact Bone & Spongy (Cancellous Bone)



Gambar 2.1. Tulang *Compact* dan *Cancellous*[1].

Menurut bentuknya tulang dibagi menjadi empat jenis, yaitu:

a. Tulang panjang

Mempunyai struktur berbentuk pipa. Bagian tengah tulang panjang disebut *diaphysis*. Bagian dalam *diaphysis* berlubang yang disebut *cavitas meduller* (*rongga sumsum*), bagian ini berisi sumsum tulang. Dinding *medullar cavity* adalah lapisan yang tipis tulang *cancellous* yang juga berisi sumsum. Ekstrimitas di kedua ujung tulang disebut *epiphyses* dan kebanyakan merupakan tulang *cancellous* yang dilindungi oleh lapisan tulang padat yang relatif tipis. Pada anak-anak, tulang panjang berisi sumsum tulang berwarna merah, kemudian secara berangsur-angsur digantikan dengan sumsum berwarna kuning. Contoh tulang panjang adalah tulang kering pada kaki.

b. Tulang pendek

Bentuknya mirip dengan struktur tulang panjang hanya tulang pendek tidak memiliki *cavitas meduler*, contohnya tulang jari.

c. Tulang rata

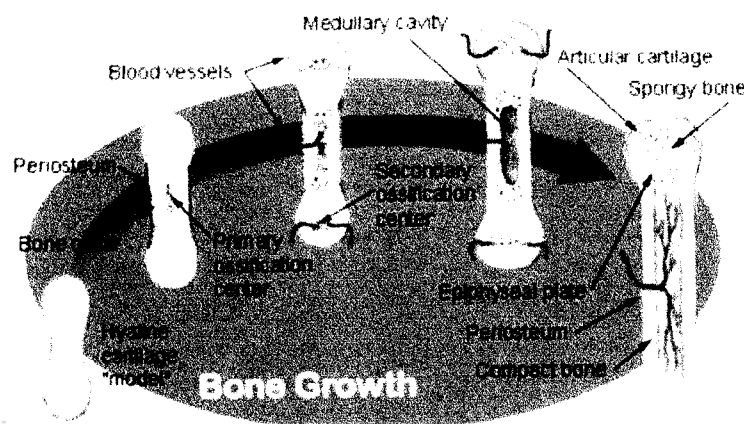
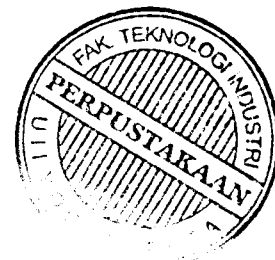
Tulang rata terdiri dari dua lapis tulang padat yang mengapit tulang *cancellous* ditengahnya. Contoh tulang rata adalah tulang tengkorak

d. Tulang tidak beraturan

Tulang Tidak Beraturan adalah tulang yang bentuknya tidak beraturan. Contohnya tulang belakang.

2.3. Pembentukan Tulang

Pembentukan tulang dibagi menjadi dua metode, pengerasan *intramembranous* dan *endochondral*. Pengerasan *Intramembranous* terutama terjadi pada pembentukan tulang tengkorak, yang dibentuk dari jaringan *mesenchyme*. Pengerasan *endochondral* terjadi pada tulang panjang, seperti lengan yang terbentuk dari tulang rawan. Pengerasan *endochondral* dimulai pada titik-titik dalam tulang rawan, yang disebut "pusat pengerasan utama". Hampir semua tulang ini mulai nampak bersamaan dengan berkembangnya janin. Walaupun beberapa tulang pendek mulai pengerasannya setelah bayi lahir. Titik-titik ini merupakan awal pembentukan *diaphyses* tulang panjang, tulang pendek dan beberapa bagian tulang tak beraturan. Pengerasan sekunder terjadi setelah kelahiran, dan membentuk *epiphyses* tulang panjang dan ekstrimitas tulang rata dan tulang tak beraturan. *Diaphyses* dan *epiphyses* tulang panjang dipisahkan oleh zona pertumbuhan tulang rawan (*metaphysis*) sampai anak mencapai kedewasaan (18-25 tahun), setelah itu tulang rawan mengeras dan menggabungkan keduanya menjadi satu (*epiphyseal* penutup). Sumsum dapat ditemukan pada hampir setiap tulang jenis *cancellous*. Setelah kelahiran tulang hanya berisi sumsum merah (sumsum *hemopoietic*), tetapi setelah masa kanak-kanak sumsum digantikan dengan sumsum kuning (sumsum *fatty*). Pada orang dewasa sumsum merah dapat ditemukan di tulang tengkorak, tulang rusuk, tulang belakang dan tulang panggul[1].



Gambar 2.2. Pertumbuhan Tulang[1]

2.4. Tulang Karpal (*Ossa Carpus*)

Tulang karpal (*ossa carpus*) adalah tulang pergelangan tangan yang berada diantara tulang *radius*, *ulna* dan metakarpal (*metacarpal*). Tulang karpal terdiri dari 8 tulang yang menjadi satu kesatuan. Tulang karpal dibagi menjadi dua baris, baris *proximal* dan baris *distal*.

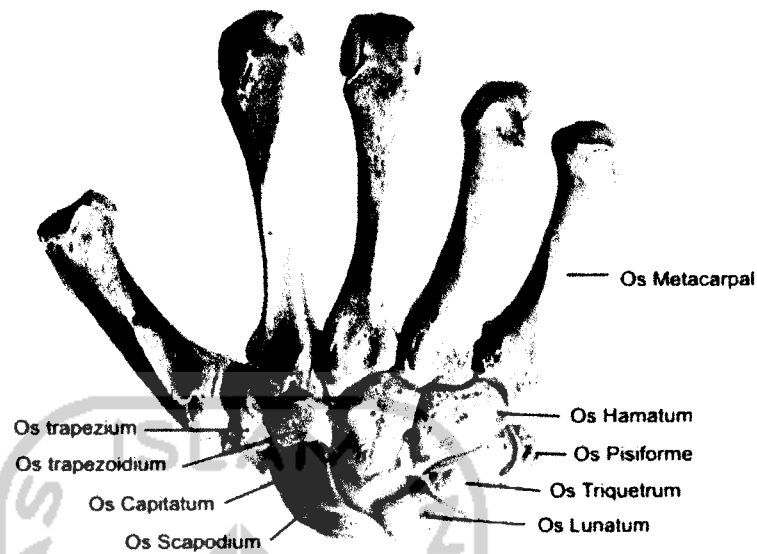
Baris *proximal* menempel pada tulang *radius*, yang terdiri dari sebagai berikut.

- Tulang *Scaphoidium*
- Tulang *Lunatum*
- Tulang *Triquetrum*
- Tulang *Pisiforme*

Sedangkan baris *distal* yang menempel dengan tulang metakarpal, terdiri dari sebagai berikut.

- Tulang *Trapezium*
- Tulang *Trapezoidium*
- Tulang *Capitatum*
- Tulang *Hamatum*

Permukaan *posterior* dari tulang karpal berbentuk cembung dari sisi ke sisi sedangkan permukaan *anterior* berbentuk cekung[5]. Bagian tengah dan bagian sisi tulang merupakan artikulasi yang menyambung dengan tulang yang berdekatan, dan bagian yang lain[1].

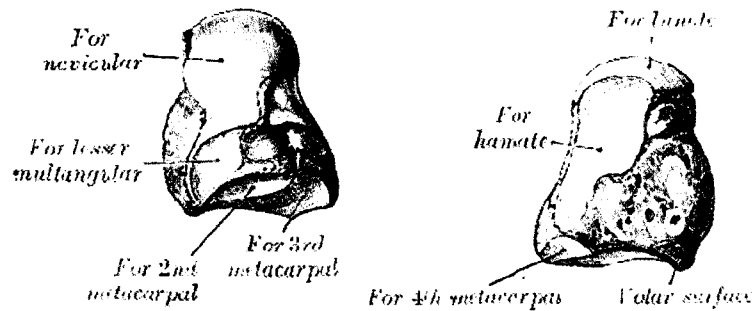


Gambar 2.3. Tulang telapak tangan[4].

2.5. Tulang *capitatum* (*os capitatum*)

Tulang *capitatum* adalah pusat tulang karpal dan yang paling besar diantara tulang karpal lain. Permukaan *superior* adalah bulat, halus dan merupakan artikulasi dengan tulang *lunatum*. Permukaan *inferior* dibagi oleh dua punggung dan ke tiga artikulasi, dengan tulang metakarpal kedua, ketiga dan keempat. Artikulasi dengan tulang metakarpal ke tiga adalah yang paling besar. Permukaan *dorsal* tulang *capitatum* lebar dan kasar. Permukaan *volar* sempit, bulat, dan kasar, karena permukaan ini untuk ligamen dan bagian dari otot *Adductor pollicis*[2].

Tulang *capitatum* saling menempel dengan tulang karpal lain karena adanya *ligamen* (ikatan sendi). Jenis *ligamen* yang menghubungkan tulang *capitatum* dengan tulang karpal yang lain *ligamen palmar radiocarpal*. *Ligamen* ini berbentuk pita membran lebar yang mengikat bagian tulang radius dan menyilang antara tulang *trapezium* dan tulang *trapezoidium*, tulang *trapezoidium* dan tulang *capitatum*, serta tulang *capitatum* dan tulang *hamatum*[1].



Gambar 2.4. Tulang *capitatum*[1]

2.6. Artikulasi-artikulasi Tulang *Capitatum*

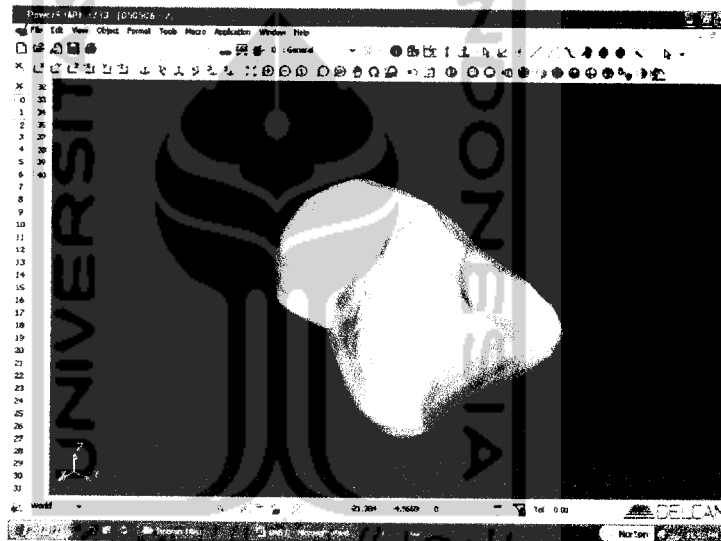
Artikulasi (articulation) adalah hubungan antara dua atau lebih unsur skeletal[3]. Tulang *capitatum* mempunyai 7 artikulasi dengan tulang lain. Artikulasi tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Permukaan *proximal-lateral* artikulasi dengan tulang *scapodium*, disebut (*facies artic. navicularis*)
- b. Permukaan *proximal* artikulasi dengan tulang *lunatum*, disebut (*facies artic. lunati*)
- c. Permukaan *lateral* artikulasi dengan tulang *trapezoidium*, disebut (*facies artic. multangularis*)
- d. Permukaan *distal-lateral* artikulasi dengan tulang kedua *metacarpal*, disebut (*facies artic. metacarpi II*)
- e. Permukaan *distal* artikulasi dengan tulang ketiga *metacarpal*, disebut (*facies artic. metacarpi III*)
- f. Permukaan *distal-medial* dengan tulang keempat *metacarpal*, disebut (*facies artic. metacarpi IV*)
- g. Permukaan *medial* artikulasi dengan tulang *hamatum*, disebut (*facies artic. hamati*)

2.7. *PowerSHAPE*

PowerSHAPE adalah suatu perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk merancang desain yang rumit (*complex*) baik dua dimensi atau tiga dimensi. *Software* ini ideal untuk membuat model, baik dari awal maupun *editing* bagian atau seluruh model yang diimport dari *software* CAD (*computer-aided design*) lain.

Software powerSHAPE dapat digunakan dalam berbagai bidang, terutama yang membutuhkan desain yang rumit, dan dilanjutkan ke proses pemesinan. *Software PowerSHAPE* dapat digunakan untuk merancang cetakan (*molding*) yang mempunyai ukuran, sampai mendesain benda yang ukuranya tak beraturan.



Gambar 2.5. Tampilan Windows PowerSHAPE

Beberapa hal yang merupakan keunggulan *software PowerSHAPE* adalah sebagai berikut.

- Dapat digunakan untuk membuat desain yang kompleks (rumit).
- Tools editing* yang dapat yang dapat digunakan untuk *wireframe* (garis) dan *surface* (bidang).

- c. Ketelitian yang sangat tinggi.
- d. Dapat mengimport data dari *software* CAD lain seperti Artcam (.dmt) dan Stereolitografi (.stl).

Dalam bidang kedokteran *software* PowerSHAPE dapat digunakan untuk mendesain bentuk gigi dan tulang manusia. Perancangan dapat menggunakan metode yang moderen yaitu dengan menggunakan 3D scan yang dapat ditransfer langsung ke *software*. Atau dengan menggunakan metode yang sederhana, seperti pada perancangan tulang karpal yang menggunakan metode pemesinan. Metode yang sederhana lebih rumit dan membutuhkan ketelitian tinggi.

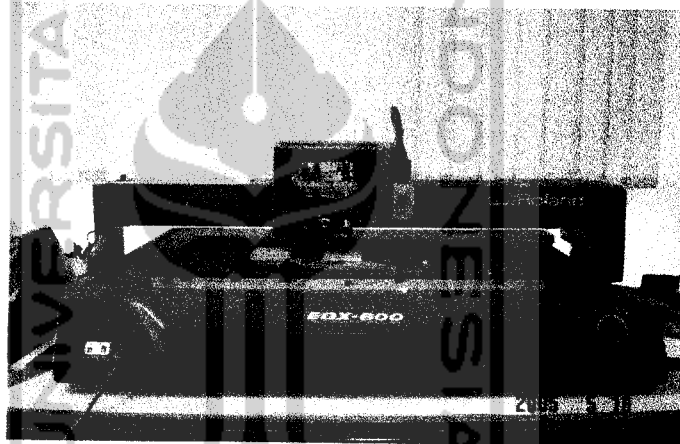
Software PowerSHAPE dibagi menjadi beberapa *software* yang digunakan untuk mendesain gambar khusus, yaitu *PS Estimator*, *PS Draft*, *PS Shoemaker*, *PS Moldmaker* dan *PS Surfacar*.



BAB III PERCOBAAN PENELITIAN

3.1 Materi Percobaan

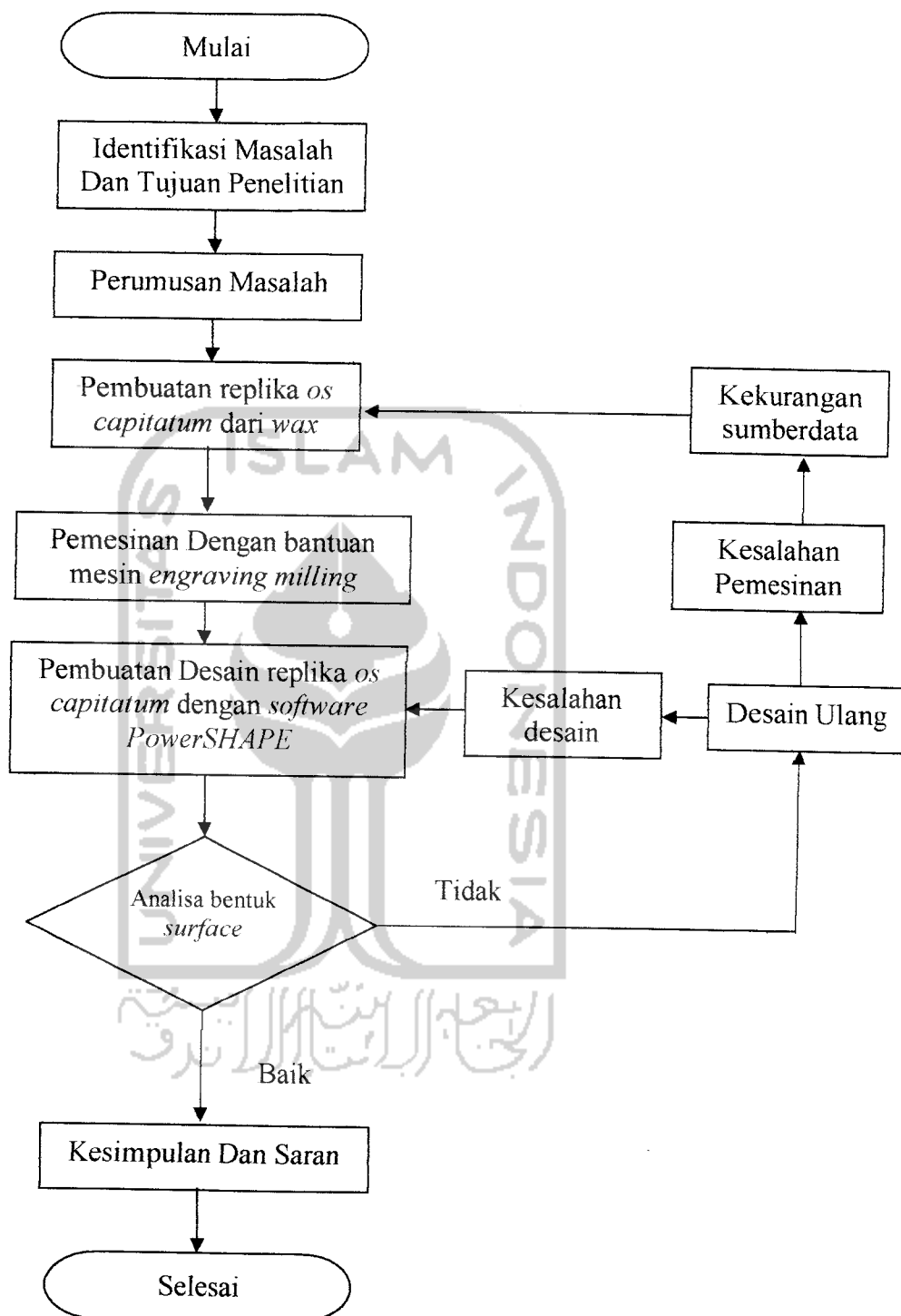
Pembuatan desain replika tulang karpal *capitatum* harus menggunakan metode khusus, karena mempunyai bentuk yang rumit. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah pemotongan model replika tulang dengan ketebalan tertentu untuk mendapatkan alur tulang. Sebagai percobaan akan dilakukan pendesainan tanpa garis referensi dan dengan beberapa jenis garis referensi. Proses CAD/CAM menggunakan *software PowerSHAPE* dan *PowerMILL*. Dan mesin CNC yang digunakan tipe *Engraving Machining EGX 600*.



Gambar 3.1 Mesin CNC Roland EGX 600

3.2 Langkah Pendesainan

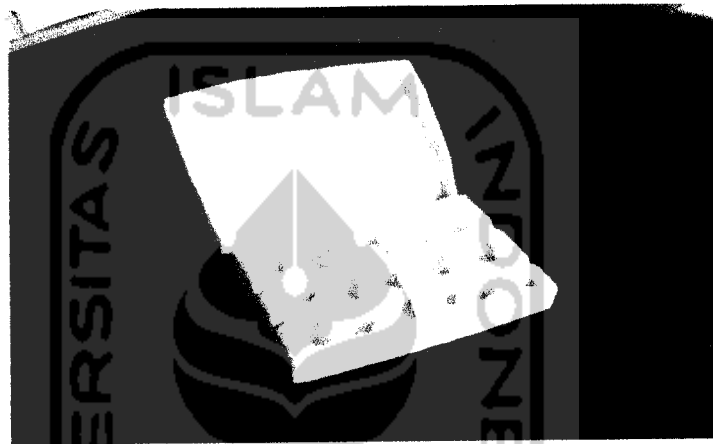
Langkah-langkah pendesainan replika tulang karpal *capitatum* dapat terlihat dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Desain Tulang *Capitatum*

Desain replika tulang *capitatum* menggunakan metode pemotongan berlapis sehingga membutuhkan replika tulang yang akan di potong. Replika tulang dicetak menggunakan cetakan yang terbuat dari *silicone rubber* dan *catalyst*. Pembuatan cetakan menggunakan metode penanaman dengan model tulang *capitatum* asli.



Gambar 3.3 Cetakan *Os Capitatum*

3.3.1 Pembuatan Replika Tulang *Capitatum*

Replika tulang *Capitatum* dibuat dari wax dengan menggunakan cetakan. Tujuan penggunaan wax adalah sebagai berikut.

- a. Pembuatan replika tulang lebih mudah, karena wax mudah dibentuk.
- b. Mempermudah pemesinan, karena wax relatif lunak.
- c. Membuat warna yang kontras dengan gipsium karena wax terdiri dari banyak warna.

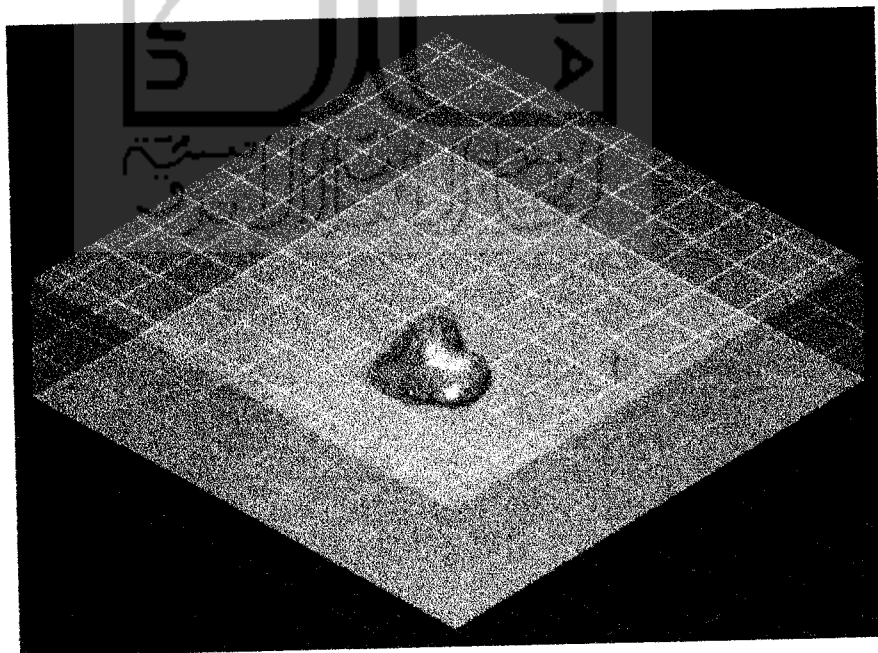
Selain mempunyai keuntungan wax juga mempunyai kekurangan, yang menyebabkan pembuatan desain kurang maksimal. Kekurangan tersebut antara lain karena sifat wax yang lunak menyebabkan mudah berubah bentuk ketika terkena tekanan. Sehingga pada saat pembuatan dan penanaman ke gipsium harus hati-hati.

3.3.2 Penanaman Replika Tulang Pada Gypsum.

Replika tulang yang telah jadi ditanam kedalam gypsum dengan menggunakan cetakan. Tujuan dari penanaman tersebut adalah agar replika tulang dapat dipotong dimesin, dan agar terbentuk alur tulang saat dimesin. Cara pembuatannya adalah sebagai berikut.

- Membuat cetakan dari kaca dengan dimensi 120 x 120 x 50 mm.
- Cetakan yang sudah dibuat ditempatkan pada kaca datar.
- Tepung gypsum dicampur air dengan perbandingan 1 : 2
- Adonan dituang kedalam cetakan sampai ketebalan 0,5 cm, kemudian replika tulang disusun dan gypsum dituang kembali sampai ketebalan 3 cm

Ketebalan dari cetakan tidak boleh lebih dari 3 cm karena sumbu Z maksimum dari mesin CNC adalah 3 cm. Hasil cetakan gypsum dijemur hingga kering, karena jika masih basah maka gypsum akan rusak jika di lakukan pemesinan. Hal yang harus diperhatikan lagi adalah pemberian tanda agar saat proses pemesinan tidak terbalik.

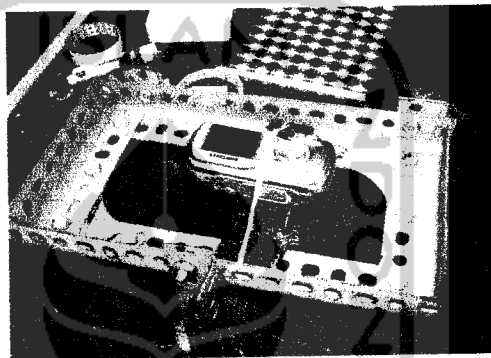


Gambar 3.4 Tulang *Capitatum* dalam gypsum

3.4 Pemesinan Cetakan

3.4.1 Pembuatan *Tripod* Kamera

Langkah berikutnya setelah pembuatan cetakan adalah pemesinan. Peralatan kamera harus disiapkan terlebih dahulu karena metode desain menggunakan kamera sebagai pengambil gambar. Agar kamera tidak berubah posisi maka perlu pembuatan *tripod*. *Tripod* dibuat dari bahan plat besi profil L dengan bentuk kotak dan dipasang pada meja mesin *CNC*, namun tidak *fix* (tetap) agar tidak mengganggu pada saat proses pemesinan.



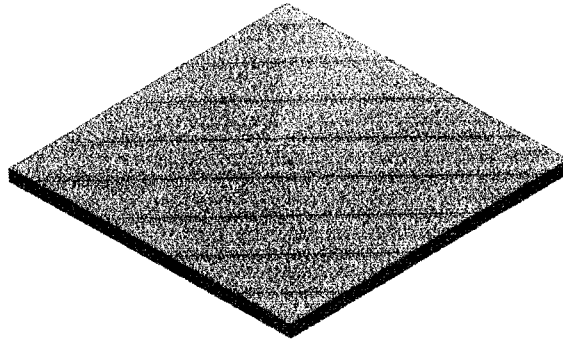
Gambar 3.5 *Tripod* untuk kamera

3.4.2 Pembuatan Desain Cetakan

Cetakan didesain terlebih dahulu dalam *PowerSHAPE* sebelum ditransfer ke *PowerMILL* untuk menentukan strategi dan parameter pemesinan. Langkah-langkah pendesainannya adalah sebagai berikut.

- a. Membuka *software PowerSHAPE*.
- b. Dengan menggunakan perintah *Create Solid Block* kotak dibuat pada layar (*window*) *PowerSHAPE*.
- c. Untuk menentukan ukuran dilakukan dengan mendouble klik kotak, maka akan muncul kotak dialog. Pada kotak dialog diisi dengan ukuran panjang 120, lebar 120, dan tinggi 5.

Maka akan terbentuk kotak yang akan ditransfer ke *PowerMILL*.

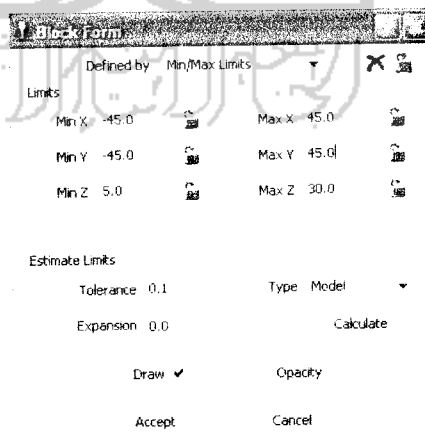


Gambar 3.6 Desain kotak yang telah jadi

3.4.3 Penentuan Parameter Pemesinan

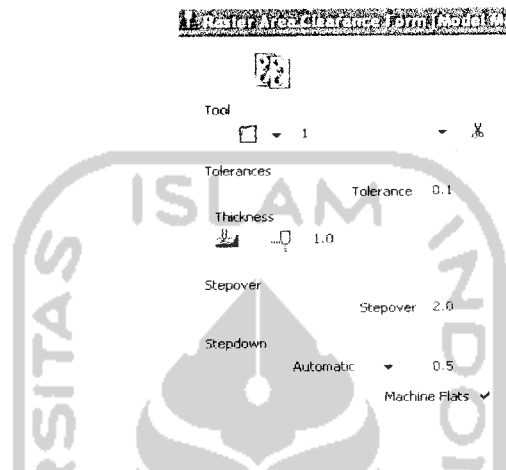
Setelah desain cetakan jadi maka langkah selanjutnya adalah penentuan parameter pemesinan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Pertama, setelah gambar jadi klik ikon *PowerMILL* yang ada pada *toolbar PowerSHAPE*, sehingga muncul layar baru.
2. Kedua, menentukan ukuran dari benda kerja yang akan dibuat dengan menggunakan perintah *block* yang ada pada *toolbar*. Pada *dialog box* dipilih tombol *calculate* untuk menentukan kotak minimal gambar. Pada *dialog box* isi *limits* untuk menentukan batas pemakanan sebagai berikut



Gambar 3.7 Dialog box block

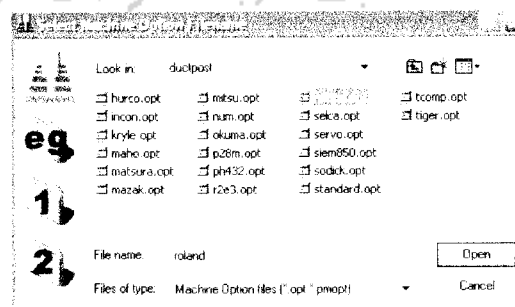
3. Ketiga, untuk mengatur tinggi aman naiknya gerakan pahat agar tidak mengenai benda kerja digunakan perintah *rapid move heights*.
4. Keempat, penentuan strategi pemesian dengan memilih ikon *toolpath strategies*. Pada proses ini digunakan *3D area clearance* dengan strategi pemesian berupa *raster area clear*.



Gambar 3.8 Dialog box raster area clearance

Jenis pahat yang dipakai dalam pemesian adalah *end mill* dengan diameter 6 mm. Dengan *stepover* 3 mm dan *stepdown* 0.5 mm.

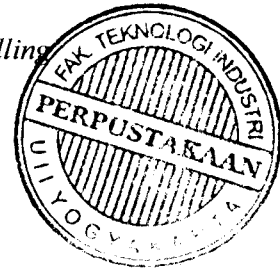
5. Kelima, menuliskan *NC Program*. Pada *dialog box NC Program* harus ditentukan jenis mesin yang akan digunakan. Ada berbagai jenis pilihan mesin yang dapat digunakan. Untuk mesin *CNC Roland EGX 600* digunakan jenis mesin *roland.opt*.



Gambar 3.9 Pilihan jenis mesin

Hasil *output NC Program* dapat dilihat dengan menggunakan *WordPad*.

6. Keenam, hasil simulasi gerakan pahat terhadap benda kerja dapat dilihat dengan menggunakan perintah *ViewMill toolbar*.
7. Ketujuh, mentransfer data dari *output NC Program* ke mesin *CNC Milling Roland EGX 600*.



3.5 Proses Pemesinan

3.5.1 Persiapan Pemesinan

Setelah penentuan parameter pemesinan langkah selanjutnya adalah pemesinan. Persiapan yang harus dilakukan sebelum proses pemesinan adalah sebagai berikut.

1. Gypsum berisi replika tulang yang telah kering dipasang pada meja mesin dengan penjepit yang telah ada.
2. Pahat *End Mill* dengan diameter 6 mm dipasang pada *Tool Post* dengan menggunakan kunci pas 14 dan 10
3. Pemasangan kamera pada *tripod*.

3.5.2 Mengatur Titik Nol

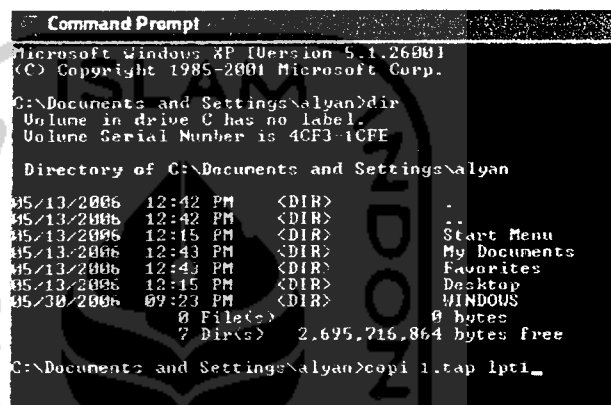
Untuk keamanan pada saat proses pemesinan kedudukan pahat harus diseting. Titik nol x, y, dan z diatur menggunakan *control panel*. Untuk mengatur posisi nol dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Mesin dipastikan *on*.
2. Pada *control panel* dipilih tombol xy *origin* untuk mengatur posisi titik xy nol pada benda kerja, kemudian tentukan titik yang nantinya akan menjadi titik *home xy* pahat. Tombol *enter* digunakan untuk menyimpan posisi *home*.
3. Untuk mengatur posisi z nol dipilih tombol z *origin*, *spindle* diturunkan dengan cara menekan tombol z- saat kondisi *spindle* mati (tidak berputar). Setelah pahat hampir menyentuh meja mesin, tekan tombol *enter* untuk menyimpan koordinat tersebut.

3.5.3 Proses Transfer Data

Setelah proses persiapan selesai, langkah selanjutnya proses pemesinan. Namun sebelum itu data *out put* dari *powerMILL* harus ditransfer ke mesin *CNC Milling Roland EGX 600* dengan bantuan *command prompt*. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Buka program *command prompt*
2. *File* yang akan ditransfer kemudian *dicopy* ke *lpt1*.



Gambar 3.10 *Command Prompt*

3.5.4 Proses Pemesinan

Jika data telah ditransfer maka tekan *enter* untuk memulai pemesinan. Karena pendesainan menggunakan metode pemotretan alur maka setelah melakukan sekali pemesinan, langkah selanjutnya adalah pembuatan garis referensi. Garis referensi berfungsi mensejajarkan alur tulang agar sesuai dengan bentuk tulang asli. Garis referensi dibuat pahat dengan kedalaman tertentu berbentuk tanda positif. Setelah itu mesin harus dimatikan untuk proses pemotretan. Langkah-langkahnya pemotretan adalah sebagai berikut.

1. Set pahat pada keadaan *view*.
2. Tripot dan kameranya dipasang diatas gipsum.
3. Pastikan tripot dan kamera tidak berubah tempat, dengan membuat tanda pada meja mesin.

4. Pemotretan menggunakan *timer* agar kamera tidak berubah bentuk pada saat menekan tombol.

Setelah pemotretan selesai jalankan mesin kembali untuk pemakanan selanjutnya, dan lakukan pemotretan kembali jika replika tulang telah terpahat. Proses ini dilakukan sampai replika tulang habis terpahat.

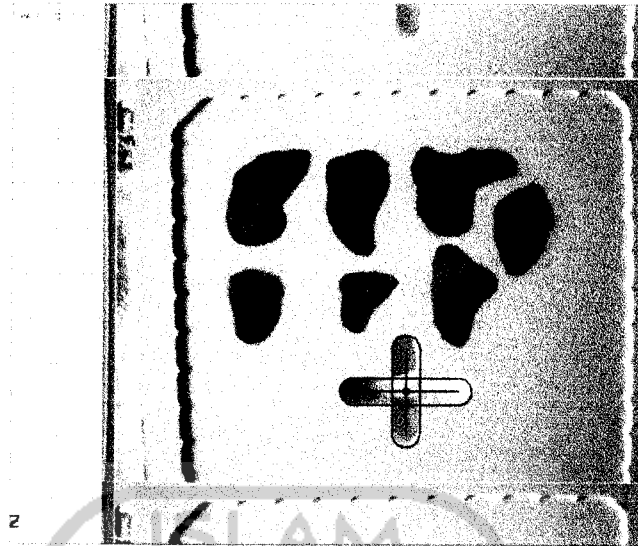
3.6 Preses Pendesainan

Setelah melakukan lima kali percobaan pemesinan dengan garis referensi berbeda dan melakukan analisa, berikut adalah desain dengan garis referensi paling baik.

3.6.1 Pentransferan Gambar

Hasil pemotretan bisa ditransfer ke *PowerSHAPE* untuk menggambar alur kembali. Hal itu tidak bisa langsung dilakukan, namun harus dibantu dengan *tool label*. Perintah ini digunakan untuk memberi corak pada desain, seperti corak kayu, kulit binatang dan lain-lain. Langkah langkah pembuatan label adalah sebagai berikut.

1. Bidang dibuat dengan *tool plane primitive* dengan ukuran 120 x 120 mm.
2. Dari *tool format* pilih *labels*. Maka akan terlihat label-label yang merupakan bawaan dari *software*. Untuk membuat label dari foto hasil pemesinan dilakukan dengan mengklik *new* dan kemudian menentukan alamat *file* berada.

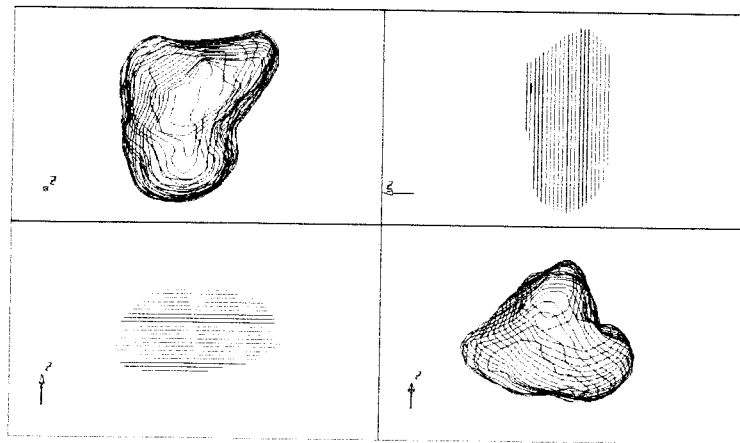


Gambar 3.10 Gambar *Labels*

3.6.2 Pengulangan Alur

Warna yang kontras antara replika tulang dan gipsium akan membentuk alur yang dapat digambar kembali. Langkah pembuatan alurnya adalah sebagai berikut.

1. Untuk membuat garis kurva digunakan *tool create a bezier curve*.
2. Klik mengelilingi alur yang terbentuk hingga menyambung dengan titik awal
3. Setiap alur yang telah jadi disusun sesuai urutan dengan jarak 0.5 mm arah sumbu Z negatif
4. Agar *wireframe* tidak melenceng maka untuk meluruskannya menggunakan garis referensi.

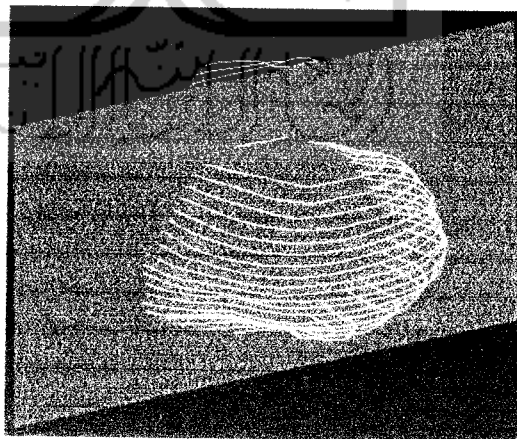


Gambar 3.12 Alur yang telah jadi

3.6.3 Pembuatan Surface

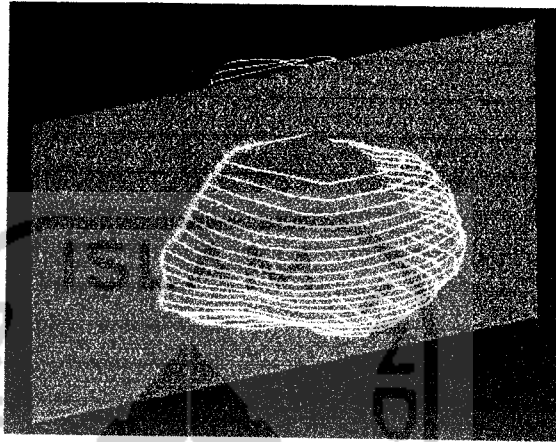
Wireframe alur yang telah jadi tidak dapat langsung dibuat *surface*. Bentuk tulang karpal *capitatum* yang kompleks sangat susah untuk dibuat menjadi satu *surface*. Untuk mengatasi masalah ini salah satu alternative adalah membagi *surface* menjadi beberapa bagian. Langkah-langkah pembuatan *surfacenya* adalah sebagai berikut.

- a. Pertama, membuat bidang yang membagi *wireframe* menjadi 2 bagian. Pembuatan bidang menggunakan *line* diatas *wireframe* kemudian *diextrude* sehingga memotong semua *wireframe*.



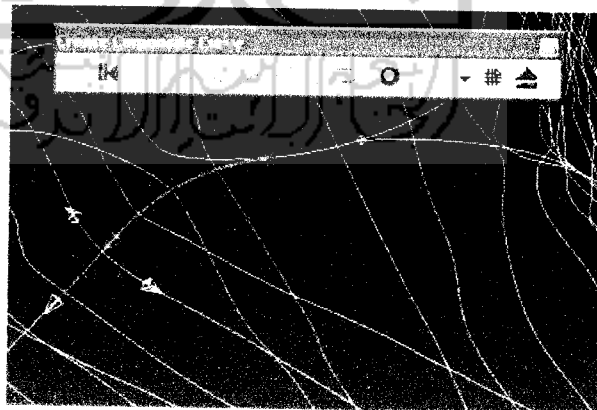
Gambar 3.13 Perpotongan bidang dan *wireframe*

- b. Kedua, perpotongan antara bidang dan *wireframe* dibuat garis dengan *tool create a bezier curve*. Pada saat pembuatan garis potong layar harus di *zoom* sebesar mungkin, agar bisa menyambung dengan alur *wireframe* tulang.



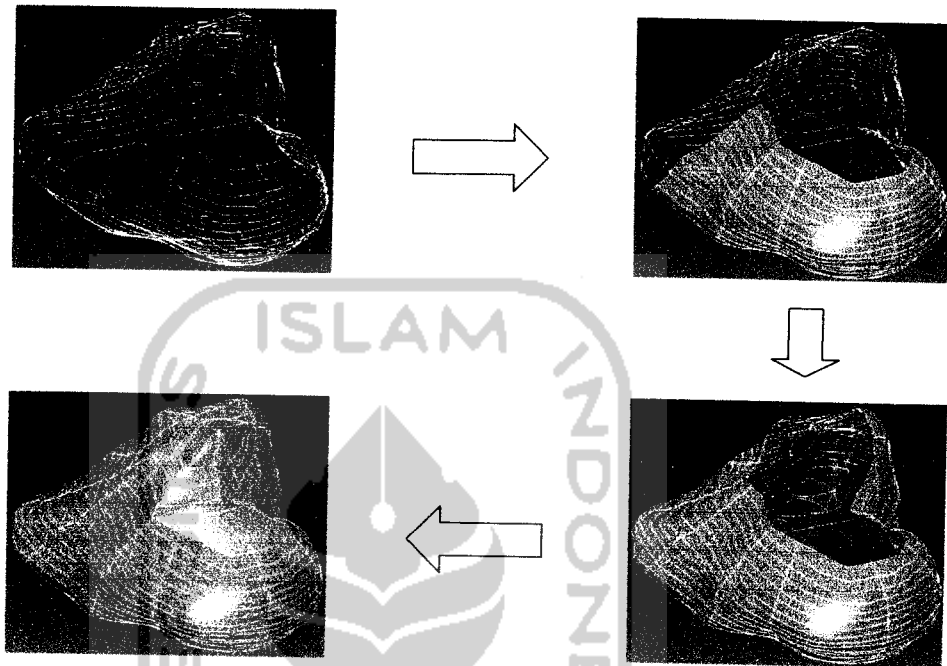
Gambar 3.14 Garis perpotongan

- c. Ketiga, dengan *tool create a composite curve* semua *wireframe* dibuat *double* (ganda). Hal ini bertujuan untuk membuat dua bidang yang yang terpisah dan mencegah berlubangnya *surface* karena tidak pas.



Gambar 3.15 pembuatan *composite curve*

- d. Keempat, *surface* dibuat dengan menggunakan tool *create surface from network of curve* dengan memilih *wireframe* yang akan dibuat *surface* terlebih dahulu.



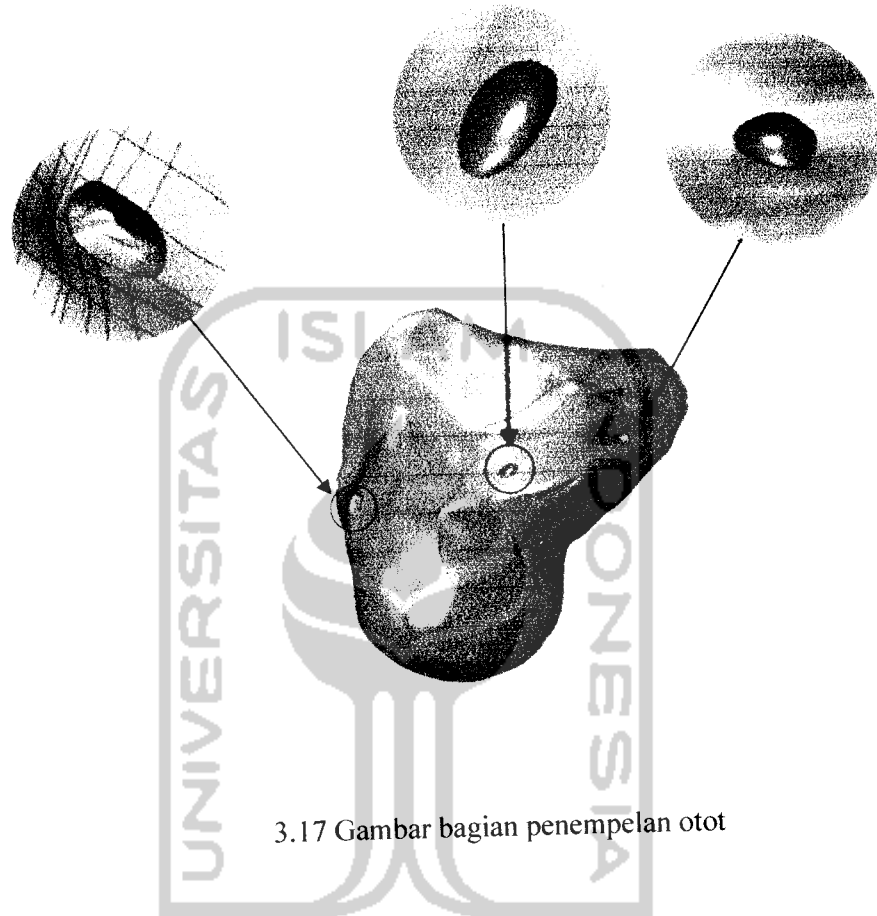
Gambar 3.16 Proses pembuatan *surface Os Capitatum*

- e. Kelima, *surface* yang masih berlubang dapat ditutup dengan bidang, dengan melihat tulang aslinya. Bagian ini merupakan *error* yang pasti terjadi jika menggunakan metode pemotongan model.

3.6.4 Penyempurnaan Surface

Surface yang telah jadi masih memiliki kekurangan. Bagian ini merupakan tempat menempelnya tendon (ujung otot) yang berbentuk lubang-lubang kecil. Pembuatan dilakukan secara manual dengan bantuan *software* ArtCAM pro, dan disimpan dalam bentuk dmt. File kemudian ditransfer ke *software* PowerSHAPE

untuk ditempel pada *surface* tulang *Capitatum*. Penempelan menggunakan perintah *wrap triangles* secara manual.



3.17 Gambar bagian penempelan otot

3.7 Data percobaan

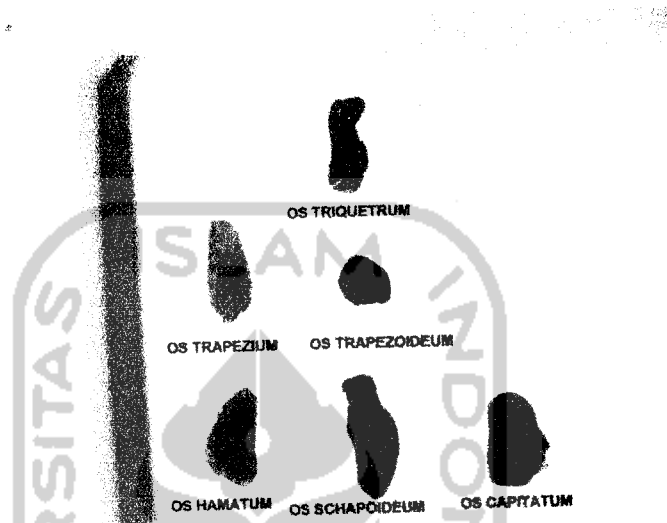
Sebelum mendapatkan strategi yang tepat, percobaan yang telah dilakukan mengalami kegagalan. Kebanyakan dari hasil pemesinan tidak dapat dibuat *surface*. Data percobaan yang mengalami kegagalan adalah sebagai berikut.

3.7.1 Percobaan Tanpa Garis Referensi

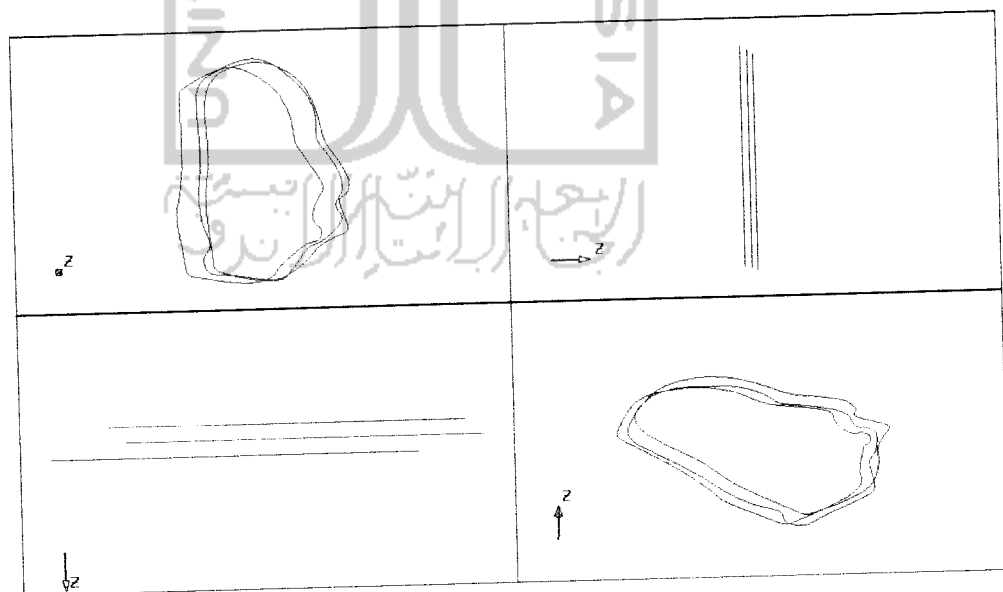
Pemesinan pada percobaan tanpa garis referensi menggunakan pahat jenis *endmill* dengan diameter 4 mm, *stepdown* 0.5 mm, *stepover* 0.7 mm dan *feed rate* 45 mm/sec. Pemesinan dilakukan pada pandangan samping dari replika tulang.

3.7.1.1 Gambar Hasil Percobaan.

Karena tidak menggunakan garis referensi percobaan ini tidak dapat dibuat *surface*. Beberapa *wireframe* yang telah dibuat mengalami penyimpangan yang besar.



Gambar 3.18 Hasil pemesinan



Gambar 3.19 *Wireframe* pada pemesinan tanpa garis referensi

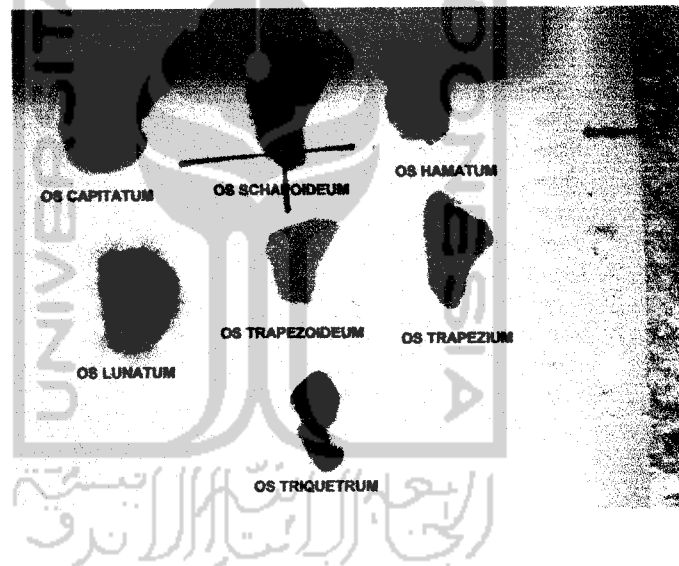
3.7.2 Percobaan Dengan Garis Referensi Spidol

3.7.2.1 Dengan *Step Down* 0.5 mm Pandangan Atas

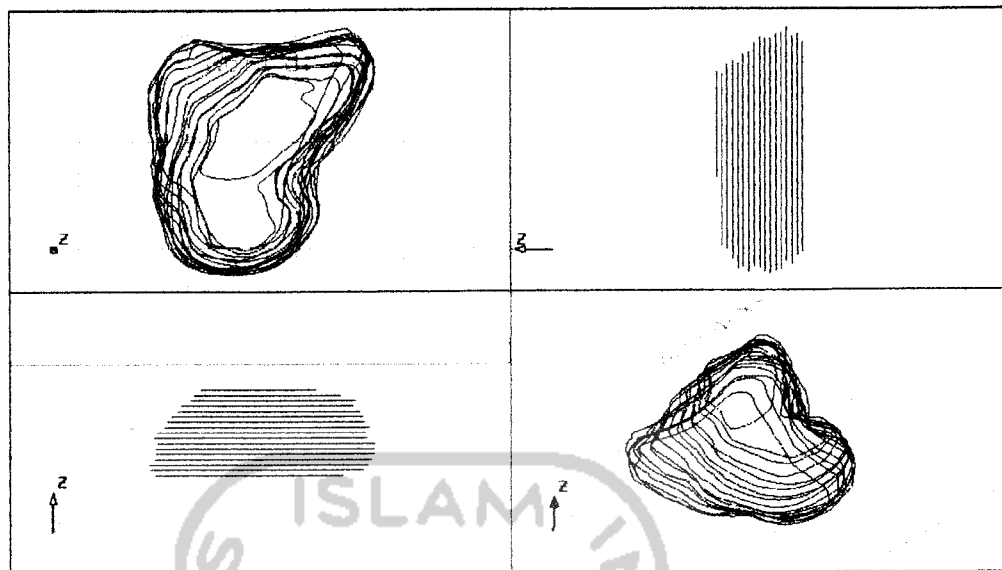
Pemesinan ini menggunakan pahat jenis *Endmill* 4 mm, *stepover* 2mm, *stepdown* 0,5 mm dan *feedrate* 45 mm/sec. Pemesinan dilakukan pada pandangan atas dari replika tulang. Pembuatan garis referensi menggunakan spidol yang dibuat manual dengan penggaris. Garis referensi berbentuk tanda positif.

3.7.2.1.1 Gambar Hasil Percobaan

Hasil garis referensi yang didapat dari pemesinan ini tidak lurus dan ketebalan tidak sama antara gambar satu dengan lainnya. Hal ini diakibatkan pembuatan garis referensi dilakukan secara manual.



Gambar 3.20 Hasil pemesinan



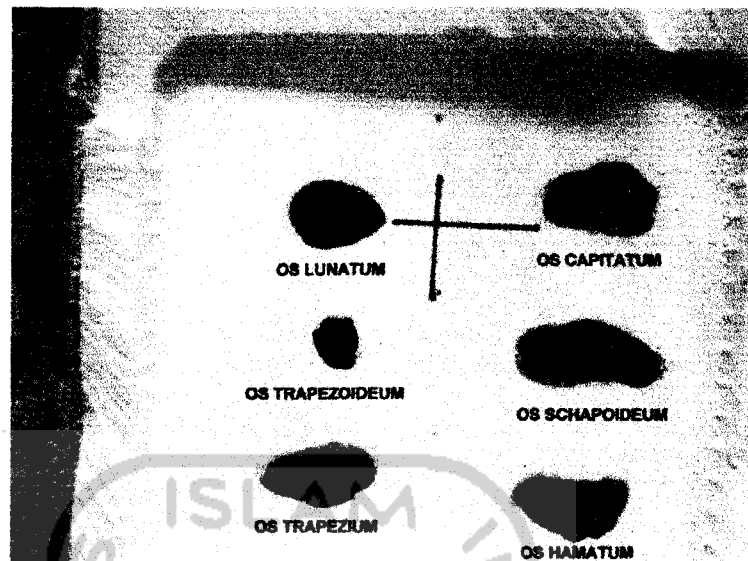
Gambar 3.21 *Wireframe* tidak tersusun sesuai alur tulang sebenarnya

3.7.2.2 Dengan *Step Down* 0.5 mm Pandangan Samping

Pemesinan menggunakan pahat jenis *Endmill* diameter 4 mm, *stepover* 2 mm, *stepdown* 0.5 dan *feedrate* 45 mm/sec. Pemesinan dilakukan pada pandangan samping. Pembuatan garis referensi dilakukan secara manual dengan sidol dan penggaris. Garis referensi berbentuk tanda positif menggunakan 2 garis.

3.7.2.2.1 Gambar Hasil Percobaan

Proses pemesinan dengan metode ini hampir sama dengan metode sebelumnya sehingga *wireframe* yang didapat pun tidak jauh beda.



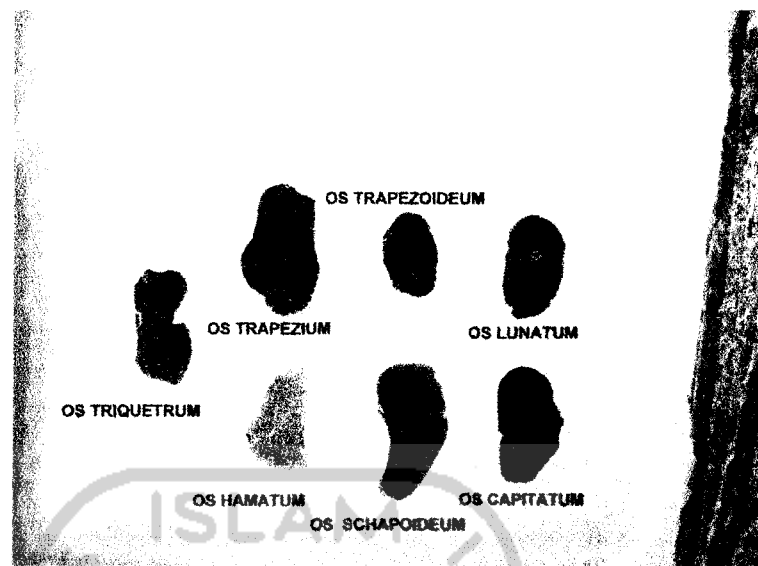
Gambar 3.22 Hasil pemesinan

3.7.3 Percobaan Dengan Garis Referensi Goresan Ballpoint

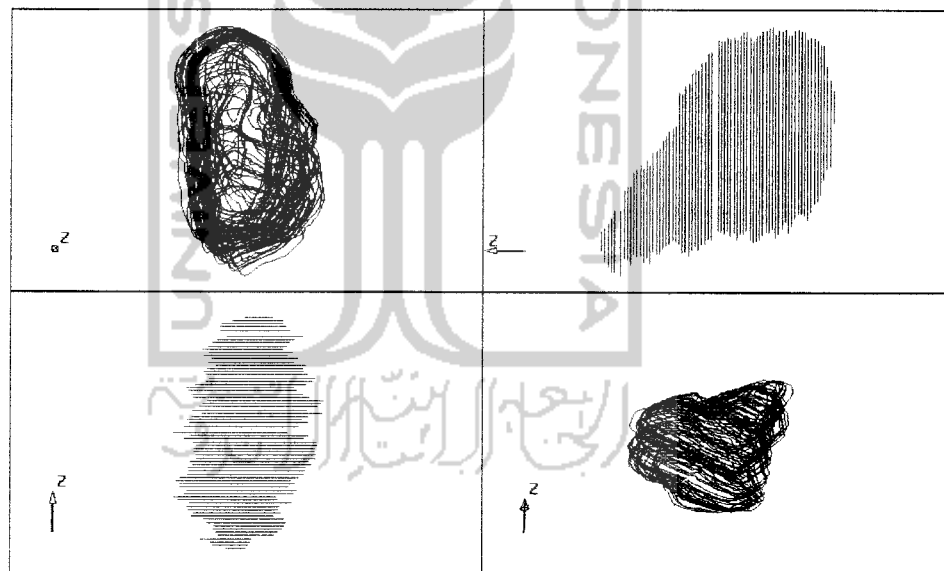
Pemesinan menggunakan pahat jenis *Endmill* dengan diameter 6 mm, *stepover* 3 mm, *stepdown* 0,3 dan *feedrate* 45 mm/sec. Pemesinan dilakukan pada pandangan samping, dengan menggunakan garis referensi berbentuk tanda positif dengan 4 garis. Pembuaan garis referensi menggunakan pena yang ditempel pada mesin dan digerakkan dengan *control panel* secara manual untuk menggores gipsum.

3.7.4.1 Gambar Hasil Pemesinan

Setelah membuat semua *wireframe* percobaan ini sulit untuk dibuat *surface* karena *wireframe* mengalami pergeseran akibat garis referensi yang kurang baik. Meskipun bisa hasil yang didapat tidak akan maksimal.



Gambar 3.23 Hasil pemesinan



Gambar 3.24 *Wireframe* setelah dibuat

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Metode Pemotongan Berlapis

Tulang karpal *capitatum* mempunyai bentuk permukaan yang rumit. Dalam pendesainan replikanya memerlukan metode yang tepat agar desain yang dihasilkan sesuai dengan benda aslinya. Metode yang digunakan dalam pendesainan ini adalah pemotongan replika tulang kemudian mengambil gambar alur dengan kamera.

Penggunaan metode pemotongan berlapis terinspirasi dari *Ct scan* yang digunakan untuk mendiagnosa bagian tubuh manusia tiap lapis dalam bentuk foto (gambar). Namun berbeda dengan *Ct scan*, metode yang digunakan dalam mendesain replika tulang menggunakan mesin *CNC* tipe *engraving machining*. Metode ini harus memotong benda yang didesain sehingga bersifat merusak. Jadi dalam pemesinanya tidak menggunakan tulang asli, tapi menggunakan replika tulang.

4.2 Garis Referensi

Garis referensi mempunyai peranan penting dalam pendesainan replika tulang *capitatum*. Pengambilan gambar secara manual dengan camera sangat memungkinkan terjadinya kemiringan pada saat pemotretan sehingga perlu adanya suatu acuan.

Dalam desain replika tulang karpal *capitatum* ini garis referensi yang digunakan berupa dua garis bersilangan yang dalam pembuatannya menggunakan beberapa percobaan. Dari beberapa percobaan garis referensi yang paling lurus adalah pembuatan garis referensi dengan menggunakan pahat. Sedangkan cara yang lain masih mengalami kesalahan.

4.3 Analisa Kesalahan Percobaan

Percobaan yang telah dilakukan setelah dianalisa terdapat kesalahan-kesalahan yang mengakibatkan hasil tidak sempurna atau tidak dapat digambar sama sekali.

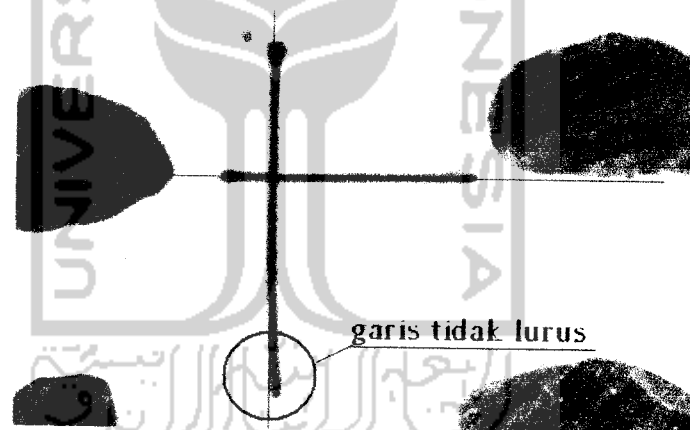
Kekurangan dari setiap metode yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

4.3.1 Percobaan Tanpa Garis Referensi.

Kekurangan dari metode ini adalah pada saat penyusunan *wireframe* alur tulang menemukan kesulitan karena tidak ada garis referensi sebagai acuan.. Sehingga hasil gambar tidak beraturan dan tidak dapat dibuat *surface*.

4.3.2 Percobaan Dengan Garis Referensi Spidol

Pada percobaan ini telah dibuat dua garis berpotongan sebagai garis referensi. Pembuatan garis masih dilakukan secara manual sehingga kelurusan dan ketebalan antara garis satu dengan lainnya tidak sama.. Hal tersebut mengakibatkan kesulitan pada saat mencocokkan garis referensi pada foto tulang dengan garis referensi yang dibuat di *software PowerSHAPE*. *Wireframe* yang dibuat menjadi tidak lurus dan *surface* tidak dapat dibuat.

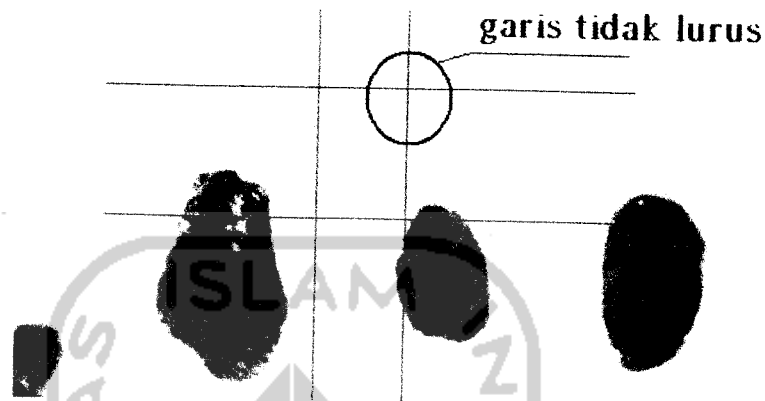


Gambar 4.1 Hasil percobaan dengan garis referensi spidol

4.3.3 Percobaan Dengan Referensi Garis Gores ballpoint

Percobaan dengan referensi garis gores mulai menggunakan mesin untuk membuat garis referensi. Untuk menggores gipsium digunakan ujung ballpoint yang dilekatkan pada mesin *CNC* yang digerakkan secara manual dengan kontrol panel. Kekurangan dari percobaan ini adalah ketebalan goresan. Karena sifat

ballpoint yang agak lentur membuatnya melengkung saat dilakukan penggoresan sehingga kedalaman goresan tidak sama. Hasil garis yang didapat juga tidak lurus sehingga pada saat dibuat *wireframe* tidak lurus antara satu dengan yang lain.



Gambar 4.2 Hasil percobaan dengan garis referensi 4 garis

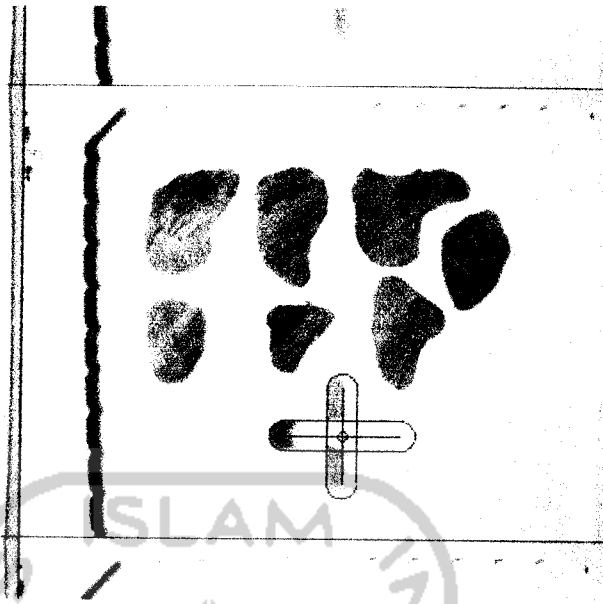
Hasil yang didapat dari percobaan garis gores tidak dapat dibuat *surface* karena *wireframe* yang tidak teratur.

4.4 Analisa Hasil Desain

Percobaan dengan garis referensi goresan pahat adalah metode yang digunakan untuk mendesain tulang *Capitatum*. Kelebihan penggunaan pahat untuk membuat garis referensi adalah sebagai berikut.

- Ketebalan garis dapat diatur sesuai diameter pahat.
- Garis referensi lebih lurus
- Koordinat letak garis dapat ditentukan dengan mudah.

Hasil *wireframe* yang dihasilkan dari metode ini lebih lurus dibandingkan metode sebelumnya. Sehingga *surface* dapat terbentuk dengan baik dan sesuai dengan tulang aslinya.



Gambar 4.3 Penyesuaian referensi pada foto dengan referensi yang dibuat di
PowerSHAPE



Gambar 4.4 *Surface Os Capitatium*

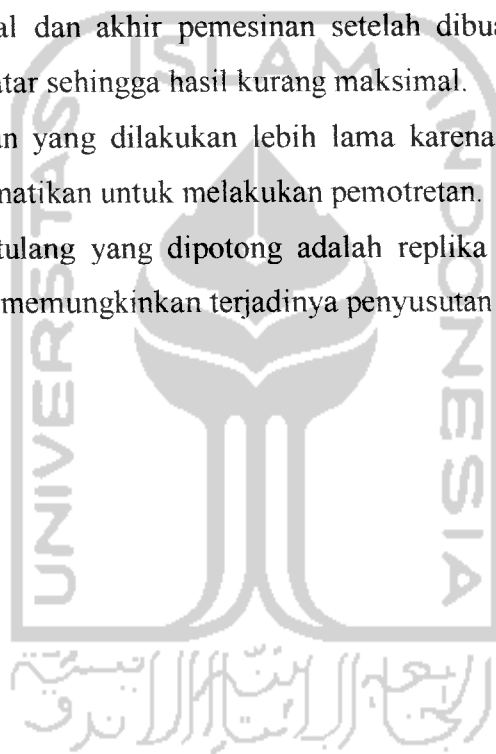
4.5 Kelebihan dan Kekurangan Metode Pemotongan Berlapis

Kelebihan dari metode pemotongan berlapis adalah sebagai berikut.

- a. Pemotongan replika tulang dilakukan dengan mesin *CNC* sehingga jarak pemotongan sama.
- b. Perbedaan warna antara gipsium dengan *wax* membuat alur tulang terlihat dengan jelas sehingga memudahkan pembuatan *wireframe*.

Selain mempunyai kelebihan metode pemotongan berlapis juga mempunyai kekurangan. Kekurangan dari metode ini adalah sebagai berikut.

- a. Pada awal dan akhir pemesinan setelah dibuat *surface* akan berbentuk bidang datar sehingga hasil kurang maksimal.
- b. Pemesinan yang dilakukan lebih lama karena setiap sekali pemotongan mesin dimatikan untuk melakukan pemotretan.
- c. Replika tulang yang dipotong adalah replika tulang yang sudah kering sehingga memungkinkan terjadinya penyusutan volume.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pendesainan replika tulang karpal *capitatum* dengan metode pemotongan berlapis memerlukan garis referensi sebagai acuan dalam penyusunan alur. Metode yang paling efektif adalah penggunaan pahat untuk membuat garis referensi karena garis yang dihasilkan lebih lurus dan tidak berubah-ubah posisinya.

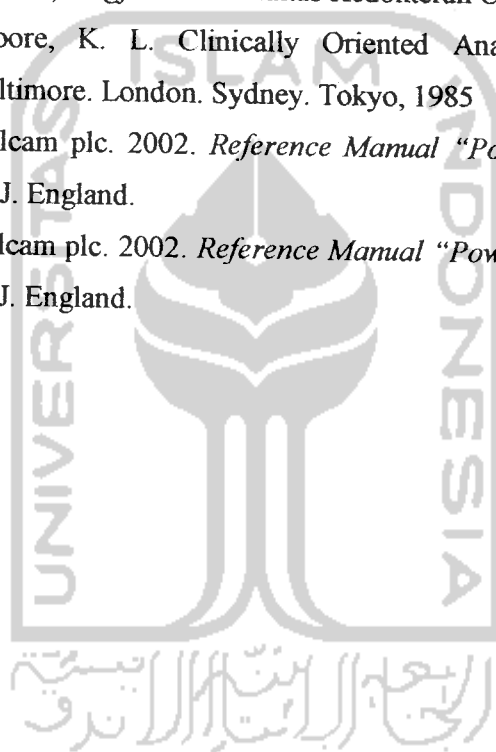
Metode pemotongan berlapis cukup efektif untuk mendesain replika tulang karpal *capitatum* karena hasil yang didapat mendekati bentuk aslinya.

5.2 Saran

Penggunaan *stepdown* 0.5 mm untuk memotong model dapat mengurangi detail bentuk tulang, terutama bagian awal dan akhir pemesinan. Pada penelitian selanjutnya dapat digunakan *stepdown* yang lebih kecil, untuk memaksimalkan bentuk desain replika tulang.

Daftar Pustaka

- [1] GNU free documentation license, Bone. Available at <http://www.wikipedia.com>
- [2] Williams, P. L. Gray's Anatomy. The Anatomical Basis of Medicine and Surgery. Churchill Livingstone. New York. London. Melbourne, (ed) 1995.
- [3] Prof . dr. Soedjono Aswin, PhD. 1989. Pengantar Anatomi (Anatomi Umum). Jogjakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Gajah Mada
- [4] Moore, K. L. Clinically Oriented Anatomy. Williams & Wilkins. Baltimore. London. Sydney. Tokyo, 1985
- [5] Delcam plc. 2002. *Reference Manual "PowerMILL"*. Birmingham, B10 0HJ. England.
- [6] Delcam plc. 2002. *Reference Manual "PowerSHAPE"*. Birmingham, B10 0HJ. England.



LAMPIRAN





JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Sekretariat: Gd Fakultas Teknologi Industri UII Kampus Terpadu Lantai II Sayap Timur Jalan Kaliurang Km 14,4 Sleman 55001
Telp. 0274-895287 ext 147 Fax. 0274-895007 ext 148 Hunting 0274-7498015

KARTU KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Almukmin Suryadi
No. Mahasiswa : 01 525 077
Pembimbing :
1. Ir. Paryana Puspaputra M. Eng
2. dr. Zaenuri Sabta Nugraha

BULAN	MINGGU	KEGIATAN	HASIL	ANALISIS	RENCANA (PERBAIKAN)	PARAF
Oktober	II	Mempelajari <i>software</i> <i>PowerSHAPE</i>	Pemahaman yang agak lama karena baru mengenal <i>software</i> tersebut	Kurangnya pengetahuan tentang <i>software</i> tersebut	Pembelajaran terus menerus	
Desember	II	Mempelajari <i>software</i> <i>PowerSHAPE</i> dari <i>tutorial</i> dan dari buku <i>referensi</i>	Lebih cepat mengerti	Membaca referensi kemudian langsung di praktekkan akan lebih cepat bisa		





JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Sekretariat: Gd Fakultas Teknologi Industri UII Kampus Terpadu Lantai II Sayap Timur Jalan Kaliurang Km 14,4 Sleman 55001
 Telp. 0274-895287 ext 147 Fax. 0274-895007 ext 148 Hunting 0274-7498015

BULAN	MINGGU	KEGIATAN	HASIL	ANALISIS	RENCANA (PERBAIKAN)	PARAF
Desember	III	Mencoba menggambar dengan menggunakan panduan cetakan (malam) yg telah di scan	Terbentuk alur-alur dari bentuk tulang	Alur-alur di buat dari berbagai pandangan dan dibuat dengan cara manual		
	IV	Mencoba menyusun alur-alur yang telah dibuat, kemudian meng extrude alur- alur tulang pada cetakan malam yang telah di scan.	Alur tulang terbentuk tapi tidak saling menyambung satu dengan yang lainnya, sedangkan hasil extrude Kurang maksimal karena berbentuk lurus	Menggunakan axis X, Y, Z, dan perintah rotate untuk merangkai dan meng extrude	Mencari cara lain yang lebih efektif	
Januari	I	Pelatihan Power Shape	Semakin tahu tentang Power Shape			
	II	Membuat replika tulang dari <i>paraffin</i> dan <i>wax</i>	Ketelitiannya kurang	Pembuatan replika tulang dari <i>wax</i> harus dengan hati-hati, hasilnya bisa diiris setiap 3mm Replika tulang yang terbuat dari <i>paraffin</i> terlalu getas		



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Sekretariat: Gd Fakultas Teknologi Industri UII Kampus Terpadu Lantai II Savap Timur Jalan Kaliurang Km 14,4 Sleman 55001
 Telp. 0274-895287 ext 147 Fax. 0274-895007 ext 148 Hunting 0274-7498015

BULAN	MINGGU	KEGIATAN	HASIL	ANALISIS	RENCANA (PERBAIKAN)	PARAF
Januari	II	Menempatkan replika tulang kedalam gypsum	Terbentuk cetakan	Cetakan akan gypsum mempertahankan bentuk tulang.	Cetakan akan di mesin per 0.4 mm untuk mendapatkan alur tulang	
Februari	I	Mempelajari <i>software PowerMILL</i>	Pemahaman yang lama karena mengetahui <i>software</i> tersebut		Mempelajari menu <i>help</i> untuk membantu saat pembelajaran.	
Februari	II	Pemesinan replika tulang yang berada di dalam <i>gypsum</i> per-0.5 mm	Didapat foto pemesian hasil		Foto tersebut akan dibuat alur untuk kemudian disusun	
Februari	III	Pencarian alur tulang yang telah dicetak dalam <i>gypsum</i> (tampak atas dan tampak samping)	Didapat alur-alur tulang namun kurang teliti.	Garis referensi dibuat secara manual	Pembuatan garis referensi dengan menggunakan mesin	
Maret	I	Menyusun dan mengambar tulang <i>Os Capitatum</i>	Kurang memuaskan	Penggunaan 2 garis referensi kurang teliti	Menggunakan 4 garis referensi untuk membuat alur	
Maret	II	Menyusun dan mengambar tulang <i>Os Capitatum</i> .	Kurang memuaskan	Belum tahu cara <i>mensurface</i> dengan benar	Mempelajari lebih dalam tentang perintah <i>surface</i>	



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Sekretariat: Gd Fakultas Teknologi Industri UII Kampus Terpadu Lantai II Sayap Timur Jalan Kaliurang Km 14,4 Sleman 55001
 Telp. 0274-895287 ext 147 Fax. 0274-895007 ext 148 Hunting 0274-7498015

BULAN	MINGGU	KEGIATAN	HASIL	ANALISIS	RENCANA (PERBAIKAN)	PARAF
Maret	III	Memposisikan alur tulang <i>Os Capitatum</i>	Hasil penyusunan tidak maksimal, banyak alur yang melenceng dari alur yang sebelumnya atau sesudahnya.	Kemungkinan melencengnya alur diakibatkan karena ada garis Bantu yang tidak lurus dan dari efek lensa kamera yang bila pada waktu pemotretal tidak lurus maka dapat mengakibatkan sudut garis Bantu tidak 90°.	Metode penggambaran menggunakan 4 garis bantu yang dibuat dari <i>PowerSHAPE</i> untuk mengapit garis bantu dalam foto.	
Maret	IV	Men- <i>surface</i> alur yang telah tersusun	Dari seluruh alur tulang yang telah tersusun dibuat <i>drive curve</i> pada beberapa sisi yang dianggap perlu	Bentuk tidak maksimal karena alur tidak tersusun rapi dari awal pembuatan.	Dari seluruh alur tulang yang telah tersusun dibuat <i>drive curve</i> pada beberapa sisi yang dianggap perlu	



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Sekretariat: Gd Fakultas Teknologi Industri UII Kampus Terpadu Lantai II Sayap Timur Jalan Kaliurang Km 14,4 Sleman 55001
Telp. 0274-895287 ext. 147 Fax. 0274-895007 ext 148 Hunting 0274-7498015

BULAN	MINGGU	KEGIATAN	HASIL	ANALISIS	RENCANA (PERBAIKAN)	PARAF
April	I	Pemesinan Pandangan Atas	Gambar alur yang dihasilkan tidak terlalu rumit, garis referensi lebih presisi	Pembuatan garis referensi dengan menggunakan pahat disamping menghemat waktu juga panjang garisbantu dapat ditentukan dengan tepat.	Foto tulang akan dibuat alur	
April	II	Pembuatan alur dan penyusunan <i>wireframe</i> sesuai garis referensi	<i>Wireframe</i> akan lebih sesuai dengan ukuran benda yang sesungguhnya	Semakin dalam pemakanan benda maka hasil pemotretan akan semakin mengecil.	Ukuran garis referensi disesuaikan dengan ukuran yang sesungguhnya. Jika gambar tidak sesuai dengan garis referensi maka dapat di perbesar atau diperkecil	
April	III	Pembuatan <i>surface</i> bantuan <i>wireframe</i> yang dibuat memotong <i>wireframe</i> dari gambar yang telah disusun	<i>Surface</i> akan lebih mudah dibuat	<i>Wireframe</i> yang berjauhan satu sama lain akan susah dibuat <i>surface</i> bahkan tidak bisa dibuat <i>surface</i>		

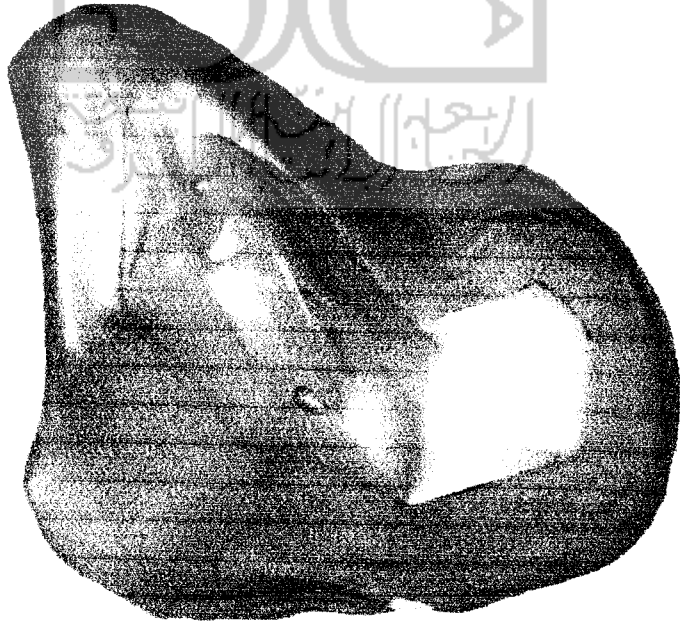


FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Sekretariat: Gd Fakultas Teknologi Industri UIN Kampus Terpadu Lantai II Sayap Timur Jalan Kaliurang Km 14,4 Sleman 55001
Telp. 0274-895287 ext 147 Fax. 0274-895007 ext 148 Hunting 0274-7498015

[illegible]

NO		NAMA BAGIAN	PERINGATAN
1		PERMUKAAN POSTERIOR	
2		PERMUKAAN ANTERIOR	



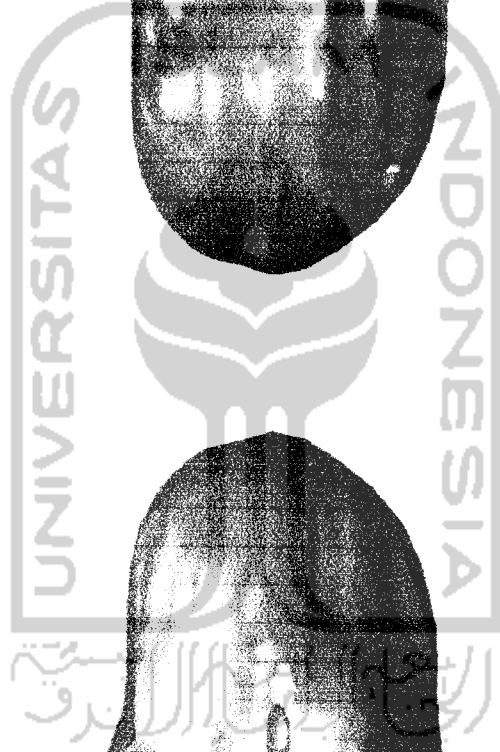
1



2

	SKALA :	DIGAMBAR :	ALMUKMIN SURYADI Ir.Paryana Puspa P dr.Zaenuri Sabta N
	SATUAN : mm	DIPERIKSA :	
	TANGGAL : 20 Juli 2006	DISETUJUI :	
TEKNIK MESIN III		OS CAPITATUM	
		01525077	A ₄

NO	NAMA BAGIAN	PERINGATAN
1	PERMUKAAN LATERAL	
2	PERMUKAAN MEDIAL	

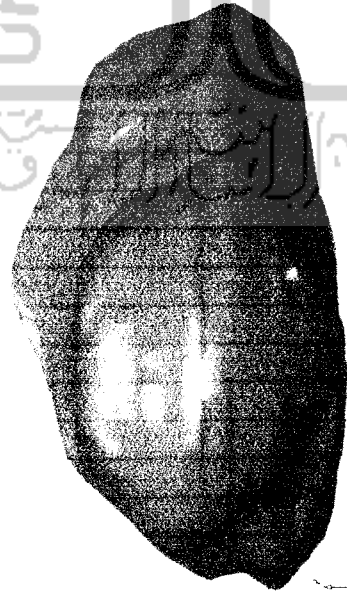


1

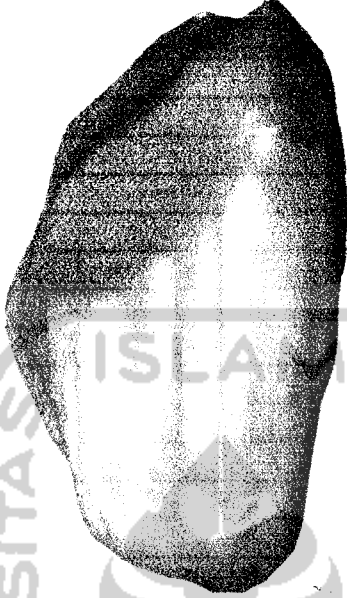
2

	SKALA :	DIGAMBAR :	ALMUKMIN SURYADI DIPERIKSA : Ir.Paryana P.M.Eng DISETUJUI : dr.Zaenuri Sabta N
	SATUAN : mm		
	TANGGAL : 20 Juli 2006		
TEKNIK MESIN U11		OS CAPITATUM	
		01525077	A ₄

NO	NAMA BAGIAN	PERINGATAN
1	PERMUKAAN PROXIMAL	
2	PERMUKAAN DISTAL	



1

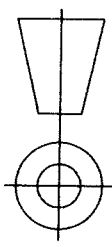


2



	SKALA :	DIGAMBAR :	ALMUKMIN SURYADI
	SATUAN : mm	DIPERIKSA :	Ir.Paryana P.M.Eng
	TANGGAL : 20 Juli 2006	DISETUJUI :	dr.Zaenuri Sabta N

TEKNIK MESIN III	OS CAPITATUM	01525077	A ₄
------------------	--------------	----------	----------------

		NO		NAMA BAGIAN		PERINGATAN	
		1		PANDANGAN ISOMETRI			
							
		SKALA		DIGAMBAR		ALMUKMIN SURYADI	
		SATUAN		DIPERIKSA		Ir.Paryana P.M.Eng	
		TANGGAL		DISETUUJUI		dr.Zaenuri Sabta N	
		20 Juli 2006					
TEKNIK MESIN UJI				OS CAPITATUM			
				01525077		A ₄	