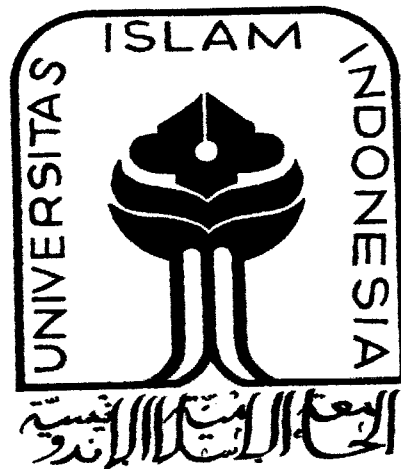


**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN PEMBUAT
POLA LILIN DENGAN PAHAT GURDI UNTUK PROSES
*LAYER DEPOSITION MANUFACTURING***

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada Jurusan Teknik Mesin



Oleh :

Nama : Fitri Atmono Agus W
Nim : 00525061

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

2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN PEMBUAT
POLA DENGAN PAHAT GURDI UNTUK PROSES
LAYER DEPOSITION MANUFACTURING

TUGAS AKHIR

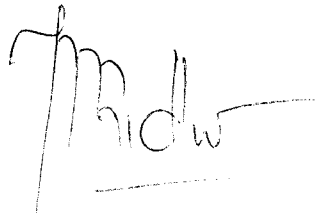
oleh :

Nama : Fitri Atmono Agus W.
No. Mahasiswa : 00 525 061

Yogyakarta, 16 Juni 2007

Menyetujui,

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Ridwan', with a horizontal line extending to the right.

(M. Ridwan, ST., MT)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN PEMBUAT POLA
DENGAN PAHAT GURDI UNTUK PROSES
LAYER DEPOSITION MANUFACTURING

Oleh :

Nama : Fitri Atmono Agus W.
No. Mahasiswa : 00 525 061

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


Yogyakarta, 28 Juni 2007

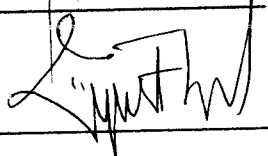
Tim Penguji


M. Ridlwan, ST., MT
Ketua

Yustiasih Purwaningrum, ST., MT
Anggota I

Agung Nugroho Adi, ST., MT
Anggota II








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




M. Ridlwan, ST., MT

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Allah SWT, Tuhan ku Yang Maha Esa Maha Pengasih Dan Penyayang,
Nabi Muhammad SAW Rahmatan Semesta Alam.*

*Bapak dan Ibu tercinta, atas segala pengorbanan, kasih sayang, kesabaran, ketulusan,
serta do'a yang slalu menyertai setiap langkahku dalam menggapai
cita-cita. Dengan apa aku akan membalas atas semua yang telah
engkau berikan pada ku
Kakaku dan Adikku yang telah memberikan semangat disaat aku mendapat kesulitan
dan hambatan dalam mengerjakan tugas akhir.*

MOTTO

“ Hai orang-orang yang beriman, bertakwalah kepada Allah & setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (Akhirat) Dan bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.

(Qs. AlHasyr 18)

“ Sesungguhnya manusia yang terbaik itu adalah manusia yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya ”

(AlHadist)

“ kebahagiaan datang jika... kita berhenti mengeluh tentang kesulitan yang kita miliki dan mengucapkan terima kasih atas kesulitan yang menimpa kita “

KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Wr.Wb.

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

Tugas Akhir berjudul ***“Perancangan dan Pembuatan Mesin Pembuat Pola Lilin Dengan Pahat Gurdi untuk Proses Layer Deposition Manufacturing “*** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknologi Industri , Universitas Islam Indonesia.

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 dan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Fathul Wahid, ST., Msc, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
2. Bapak Muhammad Ridlwan, ST.,MT selaku pembimbing Tugas Akhir dan ketua jurusan Teknik Mesin yang telah meluangkan waktunya sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademis maupun administratif.

4. Keluargaku tercinta, Bapak, Ibu, serta kakakku dan adikku yang telah memberi dorongan dan semangat.

Dan lain-lain pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah membantu. Semoga segala bantuan, bimbingan, dan pengarahan yang telah diberikan kepada kami mendapat imbalan dari Allah SWT

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 16 Juni 2007

Penulis

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN PEMBUAT POLA LILIN DENGAN PAHAT GURDI UNTUK PROSES LAYER DEPOSITION MANUFACTURING

Abstraksi :

Layer Deposition Manufacturing (LDM) merupakan metode baru dalam Rapid Prototyping. Layer Deposition Manufacturing digunakan untuk proses produksi dan objek yang rumit, berongga atau kompleks. Dalam proses LDM dapat dilakukan secara manual, yaitu dengan membuat rongga cetak pada lilin. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah membuat mesin pembuat pola dengan pahat gurdi untuk membuat rongga cetak pada lilin dalam proses Layer Deposition Manufacturing.

Penelitian ini berdasarkan literatur yang sudah ada sebagai landasan teori. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dengan merancang alat pembuat pola, pencarian komponen alat dan bahan, pembuatan alat, perakitan dan menguji alat tersebut untuk mengetahui prestasi mesin.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan diameter pahat gurdi 2 mm dan 3 mm dan tebal lilin 5 mm dan 10 mm. Dalam pengujian dituntut untuk membuat rongga cetak berbentuk persegi panjang dengan ukuran 38.5 x 22 mm dan lingkaran dengan diameter 36 mm, untuk pahat 2 mm dan 3 mm untuk rongga cetak persegi panjang dibuat 3 rongga cetak dan untuk rongga cetak berbentuk lingkaran juga dibuat 3 rongga cetak dan dari pengujian akan diambil data. Dari data yang didapat, dapat diketahui penyimpangan dimensi yang terjadi.

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan ketelitian produk tidak dipengaruhi oleh diameter pahat gurdi yang digunakan dan ketebalan lilin, namun keterampilan seorang operator yang berpengaruh dalam membuat rongga cetak pada pola lilin.

Dari penelitian ini telah berhasil dibuat suatu alat yang dapat digunakan untuk membuat rongga cetak pada material lilin dengan pahat gurdi dalam proses Layer Deposition Manufacturing.

Kata kunci : LDM, Mesin, Pola, Lilin

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 Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Manfaat.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Rapid Prototyping.....	4
2.2. Stereolithography.....	5
2.3. Laminated Object Manufacturing.....	5
2.4. Sintering Laser Selective.....	6
2.5. Fused Deposition Manufacturing.....	7
2.6. Solid Ground Curing.....	7
2.7. 3-D Ink Jet Printing.....	8
2.8. Shape Deposition Manufacturing.....	8
2.9. Layer Deposition manufacturing.....	10
2.10. Bagian-Bagian Penting dari Mesin.....	13
2.10.1 Poros.....	14
2.10.2 Bantalan.....	16
2.10.3 Sabuk dan Puli.....	17
2.10.4 Baut.....	18
2.11. Pengukuran Kebulatan.....	19
BAB III PERANCANGAN ALAT	22
3.1. Diagram Alir Perancangan.....	22
3.2. Kriteria Dan Spesifikasi Alat.....	23
3.3. Desain Alat.....	24
3.4. Bagian-Bagian Mesin.....	26
3.4.1 Kerangka Mesin.....	26
3.4.2 Meja.....	27
3.4.3 Alas Kerja.....	28
3.4.4 Penjepit Pahat.....	29
3.4.5 Pahat.....	29

3.4.6	Poros	30
3.4.7	Bearing Atau Bantalan.....	30
3.4.8	Puli Dan Sabuk-V	31
3.4.9	Motor Penggerak	31
3.4.10	Potensio Meter.....	32
3.5.	Mekanisme Kerja Alat.....	32
3.6.	Skema Pembuatan Pola.....	33
3.7.	Pengujian Alat.....	33
3.8.	Pengujian Produk.....	36
3.8.1	Pengujian Produk Persegi Panjang	36
3.8.2	Pengujian Produk Lingkaran	36
BAB IV PERHITUNGAN,HASIL PENGUJIAN, PENGUKURAN DAN ANALISA.....		38
4.1.	Perhitungan	38
4.1.1	Perencanaan Poros	38
4.1.2	Perencanaan sabuk-V.....	40
4.2.	Hasil Pengujian Pola	44
4.3.	Pengukuran Produk	48
4.4.	Analisa	56
BAB V PENUTUP		57
5.1.	Kesimpulan	57
5.2.	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil pengujian pola persegi panjang	45
Tabel 4.2	Selisih cetakan dan pola persegi panjang.....	45
Tabel 4.3	Error pola persegi panjang.....	46
Tabel 4.4	Hasil rata-rata pengujian dimensi pola persegi panjang	46
Tabel 4.5	Hasil pengujian pola lingkaran	47
Tabel 4.6	Selisih cetakan dan pola lingkaran.....	47
Tabel 4.7	Error pola lingkaran.....	48
Tabel 4.8	Hasil rata-rata pengujian pola lingkaran.....	48
Tabel 4.9	Pengukuran produk persegi panjang.....	49
Tabel 4.10	Selisih pola dan produk persegi panjang	49
Tabel 4.11	Error produk persegi panjang.....	49
Tabel 4.12	Pengukuran produk lingkaran dengan diameter Pahat Gurdi 2 mm dan 3mm.	50
Tabel 4.13	MRZ produk.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metoda <i>Stereolithography</i>	5
Gambar 2.2	Metoda LOM	5
Gambar 2.3.	Metoda SLS	6
Gambar 2.4	Metoda FDM.....	7
Gambar 2.5	Metoda SGC.....	7
Gambar 2.6	Metoda 3-D Ink Jet Printing	8
Gambar 27	Metoda SDM	9
Gambar 2.7.1	Metoda SDM Proses Subtractive	9
Gambar 2.7.2	Tahapan deposition dan shaping.....	9
Gambar 2.7.3	Struktur multi material dengan menyisipkan komponen.....	10
Gambar 2.8	LDM Secara Manual	10
Gambar 2.9	Model (a) dan (b) contoh model Auto CAD	11
Gambar 2.10	Metoda LDM	12
Gambar 2.11	Motor listrik.....	13
Gambar 2.12	Gandar.....	14
Gambar 2.13	Macam-macam bantalan gelinding.....	16
Gambar 2.14	Konstruksi sabuk-V	17
Gambar 2.15	Puli	17
Gambar 2.16	Baut penjepit.....	18
Gambar 2.17	Macam-macam mur	19
Gambar 2.18	Pengukuran kebulatan dengan kaliber ring dan jam ukur.....	19
Gambar 2.19	Macam-macam lingkaran referensi.	21
Gambar 3.1	Diagram alir perancangan.....	22
Gambar 3.2	Bagian Alat	24
Gambar 3.2.1	Mesin Pembuat Pola	25
Gambar 3.2.2	Tampak Depan	25
Gambar 3.2.3	Tampak Samping	25
Gambar 3.3	Kerangka.....	26
Gambar 3.4	Meja	27
Gambar 3.4.1	Meja Tampak Depan.....	27
Gambar 3.4.2	Meja Tampak Samping	28
Gambar 3.5	Alas kerja	28
Gambar 3.6	Penjepit Pahat dan Kunci pahat gurdi.....	29
Gambar 3.7	Pahat	29
Gambar 3.8	Poros	30
Gambar 3.9	Bantalan gelinding	30
Gambar 3.10	(a) Puli besar	31
	(b) Puli kecil.....	31
	(b) Sabuk-V.....	31
Gambar 3.11	Motor penggerak.....	31
Gambar 3.12	Potensio Meter.....	32
Gambar 3.13	Skema pembuatan pola	33
Gambar 3.14	Pola persegi dan lingkaran.....	33

Gambar 3.15	Pengukuran pola persegi.....	34
Gambar 3.16	(a) Pengukuran pola lingkaran di titik A.....	34
	(b) Pengukuran pola lingkaran di titik B.....	34
Gambar 3.17	Lembaran lilin.....	35
Gambar 3.18	(a) Pola dengan tebal lilin 5 mm.....	35
	(b) Pola dengan tebal lilin 10 mm.....	35
Gambar 3.19	Produk persegi panjang.....	36
Gambar 3.20	Benda ukur.....	37
Gambar 3.21	Pengukuran kebulatan dengan V-Block dan jam ukur.....	37
Gambar 4.1	Jarak poros puli.....	40
Gambar 4.2	Ukuran sabuk-V.....	41
Gambar 4.3	Diagram pemilihan sabuk.....	41
Gambar 4.4	Perhitungan panjang keliling sabuk.....	42
Gambar 4.5	Pengukuran pola persegi panjang.....	45
Gambar 4.6	(a) Pengukuran pola lingkaran di titik A.....	47
	(b) Pengukuran pola lingkaran di titik B.....	47
Gambar 4.7	Grafik kebulatan lingkaran 1 warna biru, Ø Pahat Gurdi 2 mm, tebal lilin 5 mm.....	51
Gambar 4.8	Grafik kebulatan lingkaran 2 warna biru , Ø Pahat 2 mm, tebal lilin 5 mm.....	52
Gambar 4.9	Grafik kebulatan lingkaran 3 warna biru, Ø Pahat 2 mm, tebal lilin 5 mm.....	52
Gambar 4.10	Grafik kebulatan lingkaran 1 warna kuning emas, Ø Pahat 3 mm, tebal lilin 5 mm.....	52
Gambar 4.11	Grafik kebulatan lingkaran 2 warna kuning emas, Ø Pahat 3 mm, tebal lilin 5 mm.....	53
Gambar 4.12	Grafik kebulatan lingkaran 3 warna kuning emas, Ø Pahat 3 mm, tebal lilin 5 mm.....	53
Gambar 4.13	Grafik kebulatan lingkaran 1 warna kuning, Ø Pahat 2 mm, tebal lilin 10mm.....	53
Gambar 4.14	Grafik kebulatan lingkaran 2 warna kuning, Ø Pahat 2 mm, tebal lilin 10 mm.....	54
Gambar 4.15	Grafik kebulatan lingkaran 3 warna kuning , Ø Pahat 2 mm, tebal lilin 10 mm.....	54
Gambar 4.16	Grafik kebulatan lingkaran 1 warna merah, Ø Pahat 3 mm, tebal lilin 10 mm.....	54
Gambar 4.17	Grafik kebulatan lingkaran 2 warna merah , Ø Pahat 3 mm, tebal lilin 10 mm.....	55
Gambar 4.18	Grafik kebulatan lingkaran 3 warna merah, Ø Pahat 3 mm, tebal lilin 10 mm.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu rancangan mesin dirancang untuk mengolah bahan baku menjadi produk dengan nilai tambah tinggi dan untuk suatu karakteristik fungsional tertentu. Dalam perancangan ini metoda yang digunakan adalah *LDM (Layer Deposition Manufacturing)* metoda ini dapat dilakukan secara presisi dengan memanfaatkan mesin *CNC milling* dan secara manual dengan membuat rongga cetak pada pola lilin. Metoda manual ini diperuntukkan bagi industri kecil yang belum memiliki peralatan mesin *CNC milling*, mereka kebanyakan membuat rongga cetak masih menggunakan pisau atau kater sehingga cukup rumit dan waktu yang dibutuhkan cukup lama . Maka diperlukan alat khusus pembuat pola lilin secara manual, agar menghasilkan produk yang berkualitas, cepat, mudah dibuat dan terjangkau. Penelitian ini bermaksud untuk merancang dan membuat mesin pembuat pola lilin untuk proses *LDM*.

Metoda ini dapat digunakan untuk membuat produk atau prototipe dari gambar hasil dari proses desain. Metoda ini relatif murah, mudah, ketelitian geometri cukup tinggi dan dapat digunakan untuk membuat produk dengan kompleksitas geometri yang cukup rumit. Teknologi ini dapat diterapkan di berbagai jenis industri kerajinan seperti industri gerabah, gips, fiber dan akrilik.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas dapat dirumuskan pokok permasalahan dari penelitian yang akan dilakukan, yaitu bagaimana caranya merancang dan membuat sebuah mesin yang dapat digunakan untuk pembuat pola lilin untuk proses *Layer Deposition Manufacturing*.

1.3. Batasan Masalah

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

- Perancangan dan pembuatan mesin pembuat pola untuk proses *Layer Deposition Manufacturing*.
- Bahan pola terbuat dari lilin dengan ukuran A4, tebal pola 5mm dan 10mm.
- Pengujian alat dengan melakukan pemotongan pola lilin berbentuk persegi dan lingkaran. Maksud dari pengujian ini untuk menentukan tingkat prestasi mesin pembuat pola lilin terhadap kelurusan dan kebulatan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah perancangan dan pembuatan mesin pembuat pola lilin dengan menggunakan pahat gurdi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah agar mesin yang dibuat dapat digunakan untuk membuat rongga cetak pada pola lilin dan produk yang dihasilkan berkualitas, cepat untuk proses *Layer Deposition Manufacturing*.

1.6.Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini dibagi menjadi lima bab yaitu bab pertama pendahuluan, bab kedua tentang landasan teori, bab ketiga mengenai laporan penelitian, bab empat tentang analisa data dan bab lima kesimpulan, saran-saran dan kata penutup.

Pada bab pertama pendahuluan yang berisi tentang penegasan istilah, latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan dan sistematika perancangan. Pada bab kedua memuat teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan dan juga berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dengan rancangan alat yang akan dirancang. Bab ketiga berisikan diagram alir dalam perancangan, desain alat, prinsip kerja alat, pembuatan produk dan pengujian produk. Bab empat berisikan perhitungan dan meterial yang digunakan pada masing-masing komponen, hasil pengujian serta analisa. Bab lima merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan penelitian dan saran-saran

BAB II

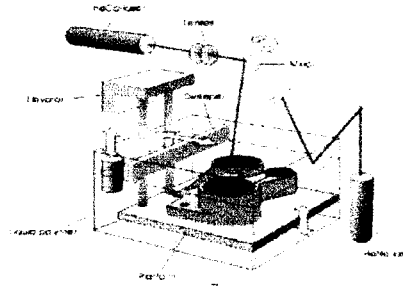
LANDASAN TEORI

2.1 *Rapid prototyping*

Teknologi *rapid prototyping* adalah teknologi yang masih relatif baru dalam pembuatan produk atau prototype. Karakteristik utama dari teknologi ini adalah pada teknologi pemesinan, proses pembentukan produk dilakukan dengan mengurangi material awal dengan cara pemotongan, atau sering disebut juga dengan proses subtraktif. Beberapa contoh proses yang termasuk dalam proses subtraktif seperti proses bubut, proses *Milling*, proses gurdi, proses gergaji, dan sebagainya.

Pada teknologi *rapid prototyping*, proses pembentukan produk atau model produk dilakukan dengan cara menambahkan material sedikit demi sedikit secara terkontrol untuk membentuk produk atau model produk. Teknologi ini sering juga disebut dengan istilah-istilah lain seperti *layer manufacturing*, *solid free-form fabrication* (SFF), *material addition manufacturing*, dan *3D-printing*. Ciri utama teknologi ini adalah *material consolidation* dengan bentuk material awal dapat berupa serbuk, cair, padat, dan lembaran. Beberapa metoda yang telah dikembangkan dalam teknologi ini adalah *Stereolithography (SLA)*, *Laminated Object Manufacturing (LOM)*, *Selective Laser Sintering (SLS)*, *Fused Deposition Modelling (FDM)*, *Solid Ground Curing (SGC)*, *3-D Ink Jet Printing*. (McMains, 1995)

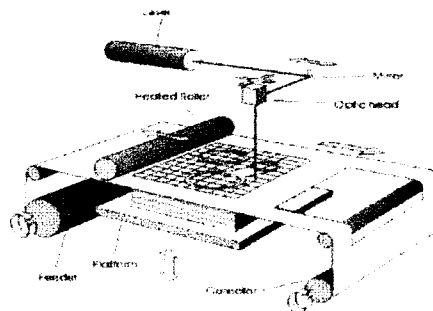
2.2 *Stereolithography (SLA)*



Gambar 2.1 Metoda *Stereolithography* (Griffith, 1998).

Teknik ini membangun model tiga dimensi dari cairan polimer fotosensitif yang memadat ketika diberi cahaya ultraviolet. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Model dibangun diatas sebuah *platform* yang ditempatkan tepat di bawah permukaan epoksi cair. Sinar laser UV bertenaga rendah difokuskan ke lapisan pertama, memadatkan polimer cair pada lapisan pertama sesuai disain produk yang akan dibentuk. Kemudian elevator menurunkan platform sejauh tebal satu lapisan. Pemangkas melapis ulang lapisan yang telah memadat dengan cairan, dan sinar laser menuju ke lapisan kedua. Proses ini diulangi hingga lapisan terakhir model produk selesai dikerjakan. Setelah itu, bagian padatan dipindahkan dan dibersihkan dari sisa cairan yang menempel (Griffith, 1998).

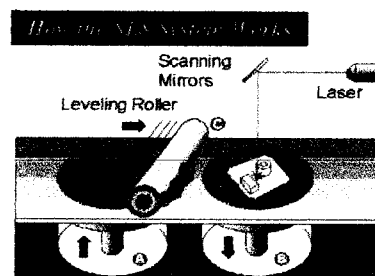
2.3 *Laminated Object Manufacturing (LOM)*



Gambar 2.2. Metoda LOM (Griffith, 1998).

Produk dari bahan lembaran plastik atau kertas yang ditempel-tempel untuk membentuk sebuah model produk. Lembaran plastik ditempelkan pada lapisan sebelumnya dengan rol pemanas, kemudian sinar laser memotong lembaran tersebut sesuai dengan batas luar dari bentuk penampang produk, seperti pada gambar 2.2. Sinar laser kemudian juga memotong lembaran di bagian luar produk dengan bentuk kotak-kotak kecil sebagai material pendukung. Tujuan dari pemotongan ini adalah untuk memudahkan pemisahan produk dengan material pendukung setelah produk terbentuk seluruhnya. Setelah lapisan pertama selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan dan lembaran baru dilapiskan pada lembaran sebelumnya. Proses ini diulangi hingga lapisan terakhir model produk selesai dikerjakan (Griffith, 1998).

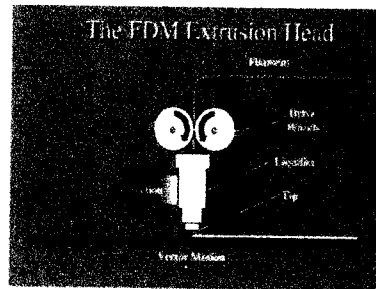
2.4 *Sintering Laser Selektif (SLS)*



Gambar 2.3 Metoda SLS (Griffith, 1998).

Pada metoda ini material serbuk ditaburkan dan diratakan di atas permukaan *platform*. Kemudian sinar laser memanaskan serbuk secara selektif sesuai dengan bentuk penampang produk, seperti pada gambar 2.3. Sinar laser menyebabkan serbuk-serbuk tersebut saling menyatu, selain itu sinar laser juga berguna untuk menyatukan lapisan dengan lapisan di bawahnya. Serbuk-serbuk yang tidak terkena sinar laser dibiarkan di tempat untuk digunakan sebagai material pendukung. Setelah setiap satu lapisan selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan, dan serbuk-serbuk untuk lapisan berikutnya ditaburkan dan diratakan. Setelah bentuk produk selesai dikerjakan seluruhnya, maka produk dipisahkan dari material pendukung (Griffith, 1998).

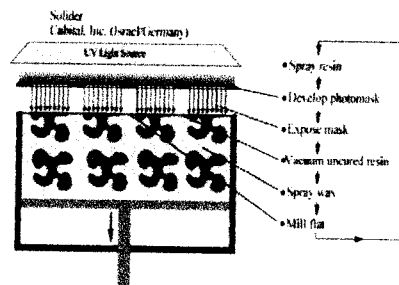
2.5 Fused Deposition Modeling (FDM)



Gambar 2.4 Metoda FDM (Griffith, 1998).

Pada gambar 2.4 metoda ini filamen termoplastik atau lilin dilewatkan nosel panas, meleleh keluar nosel dan menetes pada *platform*. Cairan lilin ini dengan cepat membeku setelah keluar nosel untuk membentuk deposit. Nosel panas ini bergerak dalam arah x-y sesuai dengan bentuk penampang produk. yang bergerak di sumbu x-y. Setelah satu lapisan selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan. Langkah-langkah tersebut diulang-ulang hingga produk terbentuk seluruhnya (Griffith, 1998).

2.6 Solid Ground Curing (SGC)

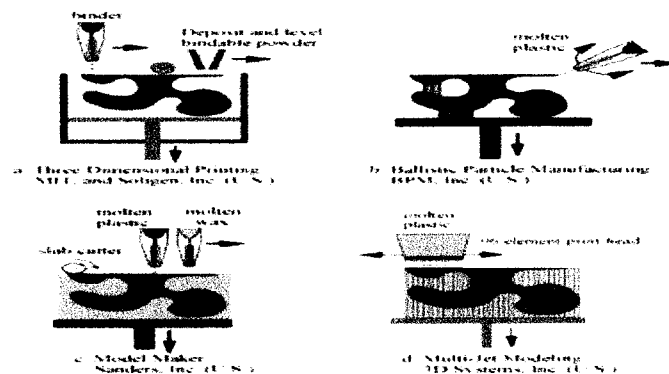


Gambar 2.5. Metoda SGC (Weiss, 1997).

Pada metoda ini, pertama resin fotosensitif disemprotkan pada *platform*. Kemudian mesin menyusun suatu pola pada pelat kaca dengan proses elektrostatis yang mirip dengan fotokopi. Sinar ultraviolet dilewatkan melalui pola mengenai resin fotosensitif menyebabkan resin tersebut menjadi padat pada bagian yang

terkena sinar. Kemudian resin yang masih berbentuk cair dihisap dan lilin dituangkan untuk digunakan sebagai material pendukung. Proses freis dilakukan untuk meratakan permukaan atas lapisan. Langkah tersebut diulang-ulang hingga lapisan terakhir selesai dikerjakan (Weiss, 1997).

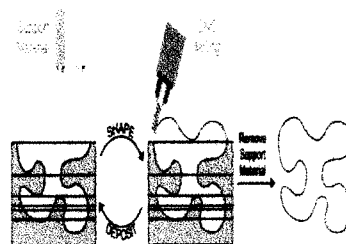
2.7 3-D Ink Jet Printing



Gambar 2.6. Metoda 3-D Ink Jet Printing (Weiss,1997)

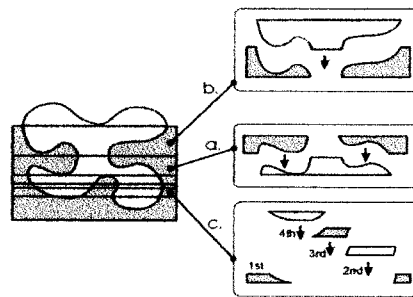
Pada metoda ini material serbuk ditaburkan di atas *platform* dan diratakan dengan roller, kemudian nosel meneteskan perekat secara selektif sesuai dengan bentuk penampang produk, seperti pada gambar 2.6. Serbuk yang terkena perekat akan saling berikatan, dan serbuk yang tidak terkena perekat berfungsi sebagai material pendukung. Setelah satu lapisan selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan. Langkah tersebut diulang-ulang hingga lapisan terakhir selesai dikerjakan (Weiss, 1997)

2.8 Shape Deposition Manufacturing (SDM)



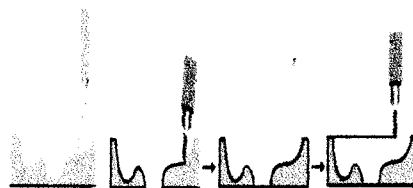
Gambar 2.7 SDM (Prinz,1994)

Metoda *shape deposition manufacturing* (SDM) pada dasarnya sama dengan metoda lainnya dalam *rapid prototyping*. Metoda SDM merupakan gabungan dari proses *additive* (menggabungkan material lapis demi lapis) dan proses *subtractive* (pengurangan material) seperti pada gambar 2.7.

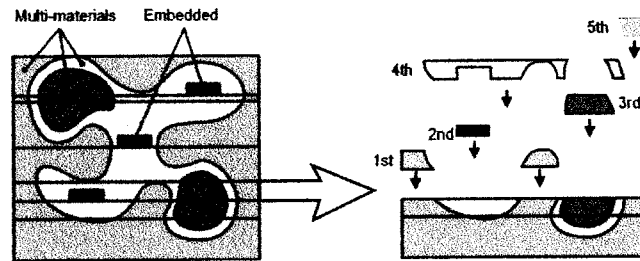


Gambar 2.7.1 SDM Proses Subtractive (Prinz, 1994)

Pada gambar 2.7.1c *support material* dibangun, setelah itu proses *cnc milling* untuk membentuk rongga cetak, setelah rongga cetak terbentuk, material produk dituang penuh, seperti pada gambar 2.7.1a pada proses ini terjadi proses *subtractive* material, yaitu menghilangkan material (warna kuning). Pada gambar 2.7.1b *support material* dituang lagi sampai penuh, kemudian di *Milling* (warna biru). Proses ini diulang sampai pada *shape* terakhir. Beberapa tahapan proses pemahatan dengan mesin *CNC Milling* 3 atau 5 sumbu pada metoda SDM ditunjukkan pada gambar 2.7.3. (Prinz, 1994)



Gambar 2.7.2 Tahapan deposition dan shaping (Prinz, 1994).



Gambar 2.7.3 Struktur multi material dengan menyisipkan komponen. (Prinz, 1994)

Membuat prototype dengan bentuk yang kompleks dan material *additive*, memungkinkan proses pembuatan multi material dan bentuk setengah jadi ditempelkan didalam material produk tersebut, seperti pada gambar 2.7.3. (Prinz, 1994)

2.9 Metoda *Layer Deposition Manufacturing* (LDM)

Metoda ini dapat dilakukan secara presisi dengan menggunakan mesin *milling* CNC atau dilakukan secara manual. Metoda manual ini diperuntukkan bagi industri kecil yang belum memiliki peralatan mesin *milling* CNC.

2.9.1 Langkah kerja metoda *Layer Deposition Manufacturing* (LDM)

1. Wax dituang setinggi 10 mm pada toples



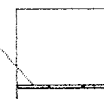
(a) lilin dituang

2. Mal diletakkan diatas wax kering



(b) peletakan pola

3. Wax dituang setinggi mal



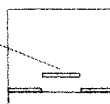
(c) lilin dituang

6. Finishing, wax dipanaskan untuk diambil material produk



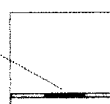
(f) finishing

4. Mal diangkat



(d) pelepasan pola

5. Plastic steel dituang



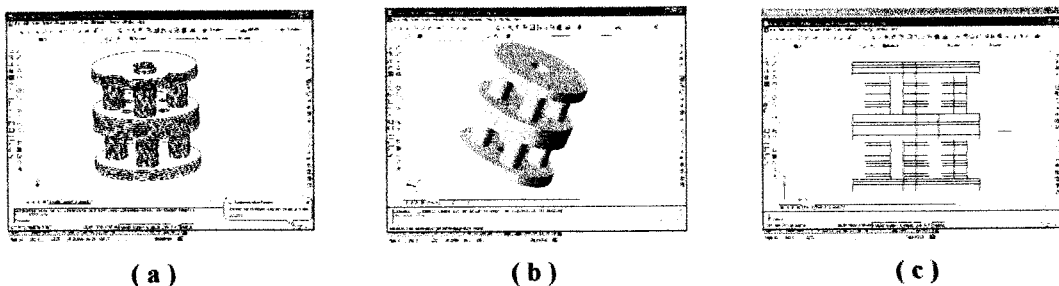
(e) plastic steel dituang

Gambar 2.8 LDM secara manual.

Gambar 2.8.a merupakan langkah kerja pertama yaitu lilin dituang pada toples setinggi 1 mm, dengan tujuan untuk melapisi dasar toples, sehingga saat material produk dituang tidak menempel pada toples tetapi menempel pada lilin atau *layer* (lapisan) pertama. Kemudian langkah kedua yang ditunjukkan pada gambar 2.8.b pola diletakkan diatas layer pertama. Pola terbuat dari kertas katon, kayu atau plat baja. Setelah pola diletakkan secara presisi kemudian lilin cair dituang di sekeliling pola hingga ketebalan satu lapisan, misalnya 1 mm. Setelah beberapa saat terbentuk lapisan tipis lilin beku, seperti pada gambar 2.8.c. Pola diangkat dan dilepaskan dari lapisan lilin tersebut sehingga terbentuk lubang cetak yang sesuai dengan bentuk dari pola, seperti gambar 2.8.d.

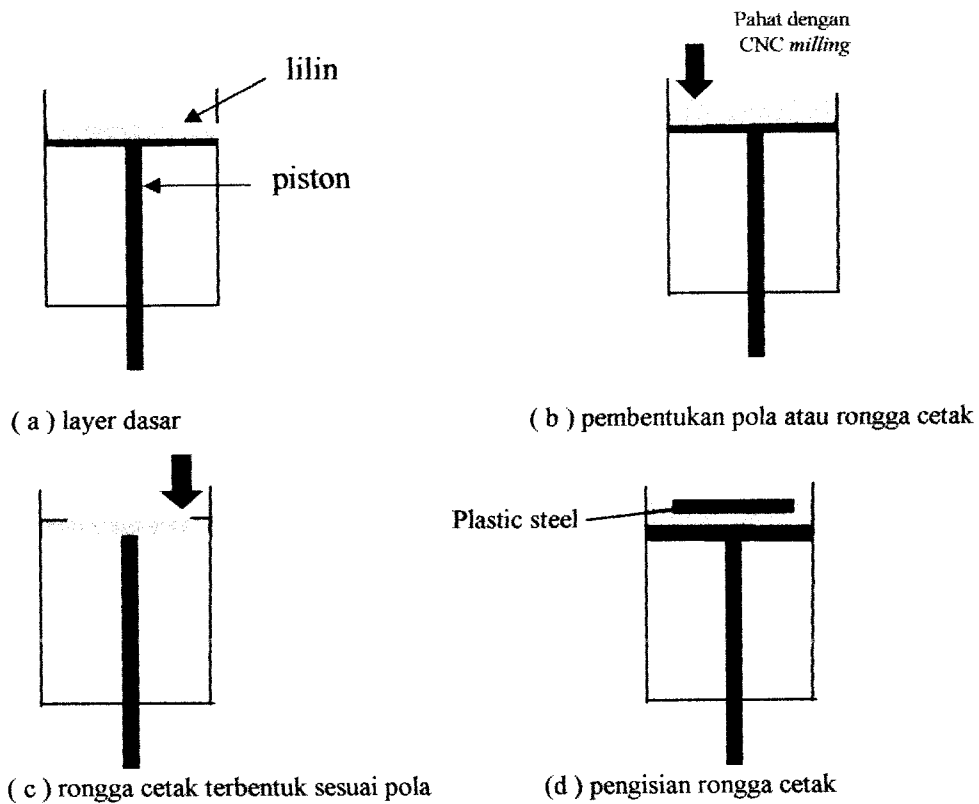
Pada gambar 2.8.e material produk yang berbentuk cair atau pasta dituang mengisi lubang cetak sesuai dengan pola yang dibentuk, dan material produk segera mengeras setelah beberapa saat. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang sampai pada layer terakhir seperti pada gambar 2.8.f dan kemudian tahapan terakhir yaitu melepas material produk dari *support material* (lilin) dengan cara dipanaskan atau dilelehkan lilinnya dari material produknya, biasanya proses pemanasan bisa dilakukan memakai kompor atau oven dengan syarat pemanasan sampai titik cair lilin.

2.9.2. LDM dengan memanfaatkan CNC



Gambar 2.9. Model. (a) dan (b) contoh model *AutoCAD*. (c) format *slice*

Dari gambar 2.9 produk dapat dibuat dengan metoda LDM dengan memanfaatkan mesin CNC, metoda ini pada prinsipnya sama dengan metoda LDM secara manual, yang membedakan hanya pada pembuatan pola atau rongga cetak untuk *support materialnya* (material pendukung).



Gambar 2.10. Metoda LDM

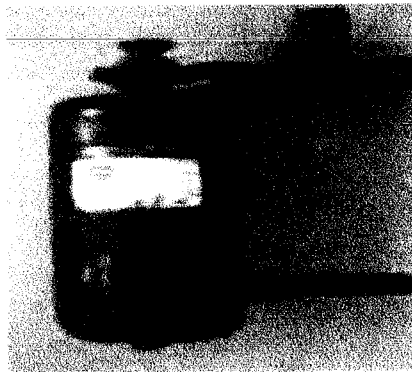
Langkah kerja dari proses pembuatan produk dengan metoda ini adalah seperti pada gambar 2.10.a lilin cair, sebagai material pendukung, dituang secara tipis ke suatu lubang silinder dan didiamkan hingga membeku membentuk satu lapisan lilin. Pada lapisan lilin tersebut kemudian dibuat lubang cetak dengan proses freis menggunakan mesin CNC *Milling* agar lebih presisi seperti pada gambar 2.10.b. Pada gambar 2.10.c lubang cetak terbentuk, kemudian material produk yang berbentuk cair atau pasta (dalam penelitian ini digunakan *plastic steel* / resin-epoxy) dimasukkan ke dalam lubang cetak tersebut seperti pada

gambar 2.10.d dan segera mengeras setelah beberapa saat dengan bentuk menyesuaikan lubang cetak. Proses yang dilakukan untuk lapisan berikutnya, yaitu dengan menurunkan piston pada dasar lubang silinder, kemudian lilin cair dituang ke lubang silinder dan dibentuk lubang cetak dengan proses pemesinan untuk lapisan berikutnya. Material produk dituang, begitu seterusnya proses tersebut diulang-ulang hingga pada lapisan yang terakhir. Produk dilepaskan dari lilin dengan cara memanaskannya hingga sedikit di atas titik cair lilin, lilin meleleh dan produk dapat diambil.

2.10 Bagian-Bagian Penting Dari Mesin.

2.10.1 Motor listrik.

Dalam perancangan ini motor listrik memegang peranan penting. Motor listrik berfungsi sebagai penggerak mesin pembuat pola lilin, motor yang digunakan adalah motor dengan daya 1/16 Hp dan dengan putaran 6000 rpm.



Gambar 2.11 Motor Listrik

2.10.2 Poros.

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros. Poros untuk meneruskan daya diklasifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut:

(1). Poros Transmisi

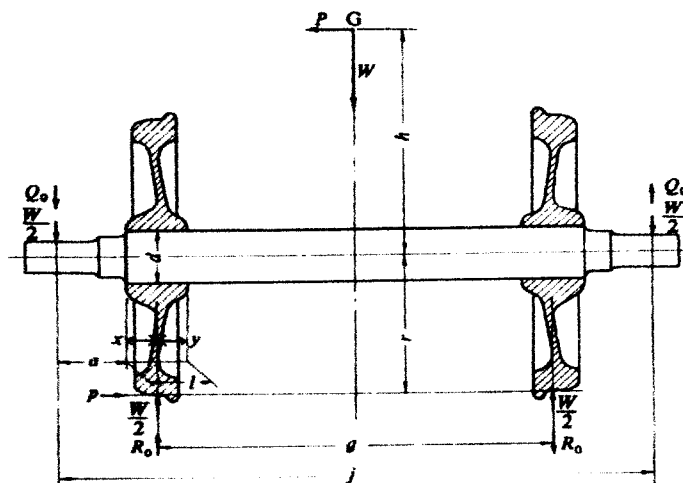
Poros macam ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sprocket rantai.

(2). Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

(3). Gandar

Poros seperti yang dipasang di antara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12. Gandar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga.



Gambar 2.12 Gandar. (Sularso, 1997)

Untuk merencanakan sebuah poros, hal-hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

(1). Kekuatan poros.

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau lentur atau gabungan antara puntir dan lentur seperti telah diutarakan di atas. Juga ada poros yang mendapat beban tarik atau tekan seperti poros baling-baling kapal selam atau turbin. Kelelahan, tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil (poros bertangga) atau bila poros mempunyai alur pasak, harus diperhatikan. Sebuah poros harus direncanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban-beban di atas.

(2). Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup tetapi jika lenturannya atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan (pada mesin perkakas) atau getaran dan suara.

(3). Putaran kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Jika mungkin, poros harus direncanakan sedemikian rupa sehingga putaran kerjanya lebih rendah dari putaran kritisnya.

(4). Korosi

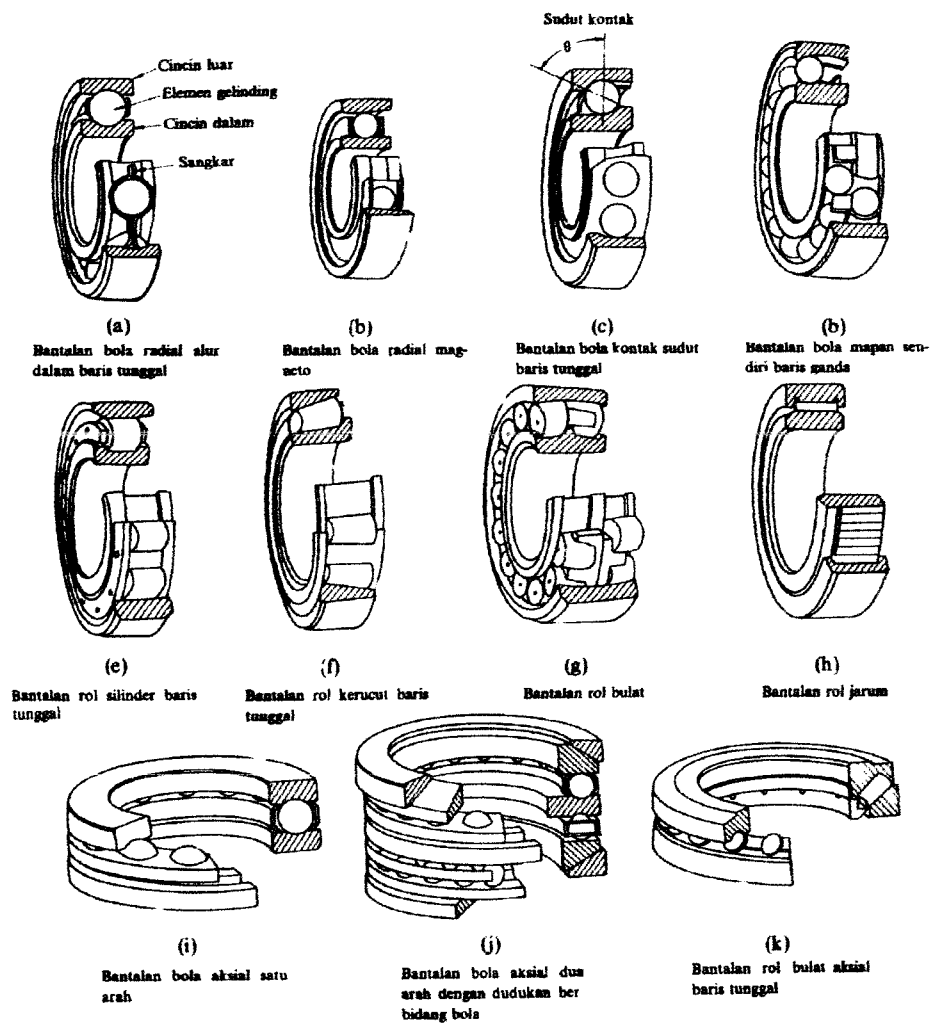
Bahan-bahan tahan korosi harus dipilih untuk poros yang terjadi kontak dengan fluida yang korosif. Demikian pula untuk poros-poros yang terancam kavitasi, dan poros-poros mesin yang sering berhenti lama. Sampai batas-batas tertentu dapat pula dilakukan perlindungan terhadap korosi.

(5). Bahan poros

Poros yang dipakai untuk meneruskan putaran tinggi dan beban berat umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan kulit yang sangat tahan terhadap keausan. Sekalipun demikian pemakaian baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan beban berat.

2.10.3 Bantalan

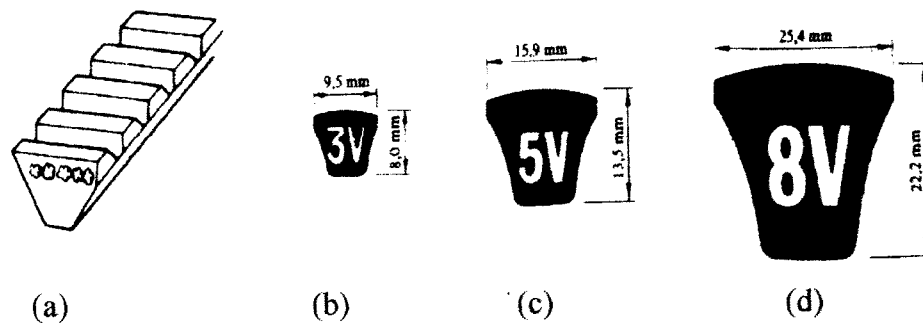
Bantalan merupakan elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Bantalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Bantalan gelinding*. Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berpusat dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum, dan rol bulat.



Gambar 2.13 Macam-macam bantalan gelinding. (Sularso, 1997)

2.10.4 Sabuk dan Puli

Jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Dalam hal demikian, cara transmisi putaran atau daya yang lain dapat diterapkan, di mana sebuah sabuk atau rantai dibelitkan sekeliling puli atau sproket pada poros. Transmisi sabuk yang bekerja atas dasar gesekan belitan mempunyai beberapa keuntungan karena murah harganya, sederhana konstruksinya dan mudah untuk mendapatkan perbandingan putaran yang di inginkan. Dalam perancangan ini sabuk yang digunakan adalah sabuk- V sempit.



Gambar 2.14 Konstruksi sabuk-v sempit. (Sularso, 1997)

- a.) Sabuk-V sudut lebar.
- b.) Tipe 3V
- c.) Tipe 5V
- d.) Tipe 8V

Puli sabuk dibuat dari besi cor atau baja. Puli kayu tidak banyak lagi dijumpai. Untuk konstruksi ringan diterapkan puli dari paduan aluminium. Puli sabuk baja terutama cocok untuk kecepatan sabuk yang tinggi (di atas 35 m/det). Pada puli yang normal, lebar B diambil $\approx 1.1 \times$ lebar sabuk + 10 mm, pada tranmisi bersilang atau yang setengah bersilang, $B = 1.4 \times$ lebar sabuk + 10 mm



Gambar 2.15 Puli.

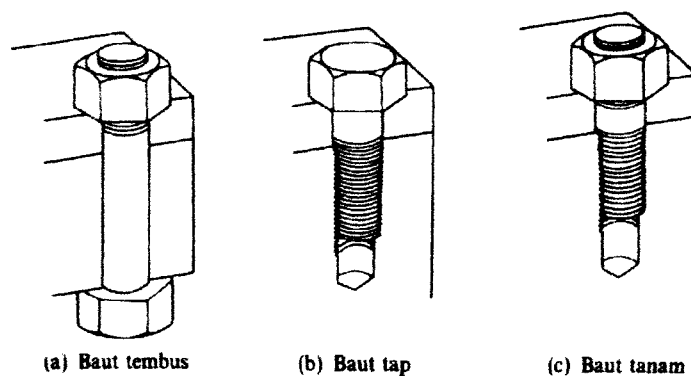
2.10.5 Baut.

Untuk memasang mesin, berbagai bagian harus disambung atau diikat untuk menghindari gerakan terhadap sesamanya. Baut, pasak, dan paku keling banyak dipakai.

Baut digolongkan menurut bentuk kepalanya, yaitu segi enam, soket segi enam, dan kepala persegi. Baut dan mur dapat dibagi sebagai berikut : baut penjepit, baut untuk pemakaian khusus, sekrup mesin, dan mur, dalam perancangan ini yang digunakan adalah baut penjepit dan mur.

(1) Baut penjepit (Gambar 2.16), dapat berbentuk :

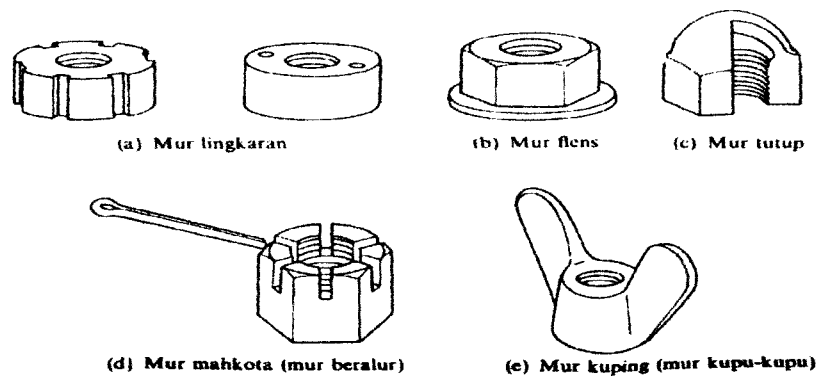
- a. *Baut tembus*, untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus, di mana jepitan diketatkan dengan sebuah mur..
- b. *Baut tap*, untuk menjepit dua bagian, di mana jepitan diketatkan dengan ulir yang ditapkan pada salah satu bagian.
- c. *Baut tanam*, merupakan baut tanpa kepala dan diberi ulir pada kedua ujungnya. Untuk dapat menjepit dua bagian, baut ditanam pada salah satu bagian yang mempunyai lubang berulir dan jepitan diketatkan dengan sebuah mur.



Gambar 2.16 Baut penjepit. (Sularso, 1997)

(2) Mur (Gambar 2.17)

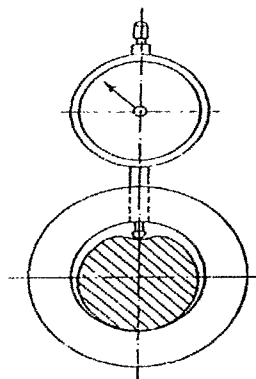
Pada umumnya mur mempunyai bentuk segi enam. Tetapi untuk pemakaian khusus dapat dipakai mur dengan bentuk yang bermacam-macam, seperti mur bulat, mur flens, mur tutup, mur mahkota, dan mur kuping.



Gambar 2.17 Macam-macam mur. (Sularso, 1997)

2.11 Pengukuran Kebulatan.

Kebulatan dan diameter adalah merupakan dua karakter geometris yang berbeda, meskipun demikian mereka saling berkaitan. Ketidakbulatan akan mempengaruhi hasil pengukuran diameter, sebaliknya pengukuran diameter tidak selalu akan menunjukkan ketidakbulatan.

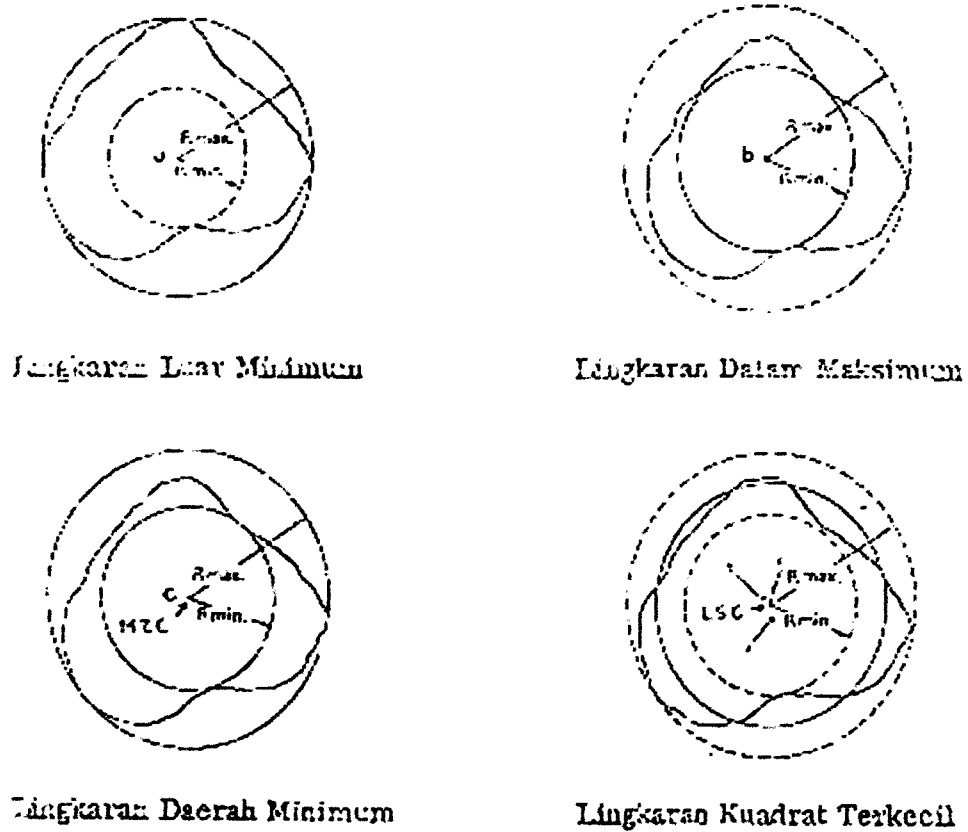


Gambar 2.18 Pengukuran kebulatan dengan kaliber ring dan jam ukur. (Rochim.T, Wijarmanto. S. H.,1985)

Pengukuran kebulatan dengan kaliber ring dan jam ukur dapat digunakan untuk memeriksa kebulatan (Gambar 2.18). dengan memutar poros (benda ukur), maka goyangan pada jarum jam ukur menunjukkan harga ketidakbulatan. Akan tetapi pengukuran ini mempunyai segi yang tidak menguntungkan. Pertama, perlu pembuatan kaliber teliti yang khusus untuk diameter tertentu. Kedua, hasil pengukuran masih dipengaruhi oleh bentuk ketidakbulatan dan kelonggaran antara benda ukur dengan kaliber ring tersebut.

Untuk menyatakan harga ketidakbulatan perlu didefinisikan parameter kebulatan, yaitu suatu harga yang dapat dihitung berdasarkan profil kebulatan relatif terhadap lingkaran referensinya. Menurut standard Inggris, Amerika dan Jepang ada empat macam lingkaran referensi, yaitu ;

1. Lingkaran Luar Minimum (*Minimum Circumscribed Circle*)
Ketidakbulatan sama dengan jarak radial dari lingkaran tersebut ke lekukan yang paling dalam.
2. Lingkaran Daerah Minimum (*Minimum Zone Circle*)
Titik tengah dari lingkaran daerah minimum disebut dengan MZC atau *Minimum Zone Centre*. Lingkaran Dalam Maksimum (*Maximum Inscribed Circle*). Ketidakbulatan merupakan selisih dari jari-jari kedua lingkaran tersebut dan dinamakan MRZ atau *Minimum Radial Zone*.
3. Lingkaran Dalam Maksimum (*Maximum Inscribed Circle*)
Ketidakbulatan sama dengan jarak radial dari lingkaran tersebut ke tonjolan paling tinggi.
4. Lingkaran Kuadrat Terkecil (*Least Squares Circle*)
Titik tengah lingkaran kuadrat terkecil dinamakan LSC atau *Least Squares Circle*. Jarak radial harga mutlak rata-rata antara profil kebulatan dengan lingkaran kuadrat terkecil disebut MLA atau *Mean Line Average*.

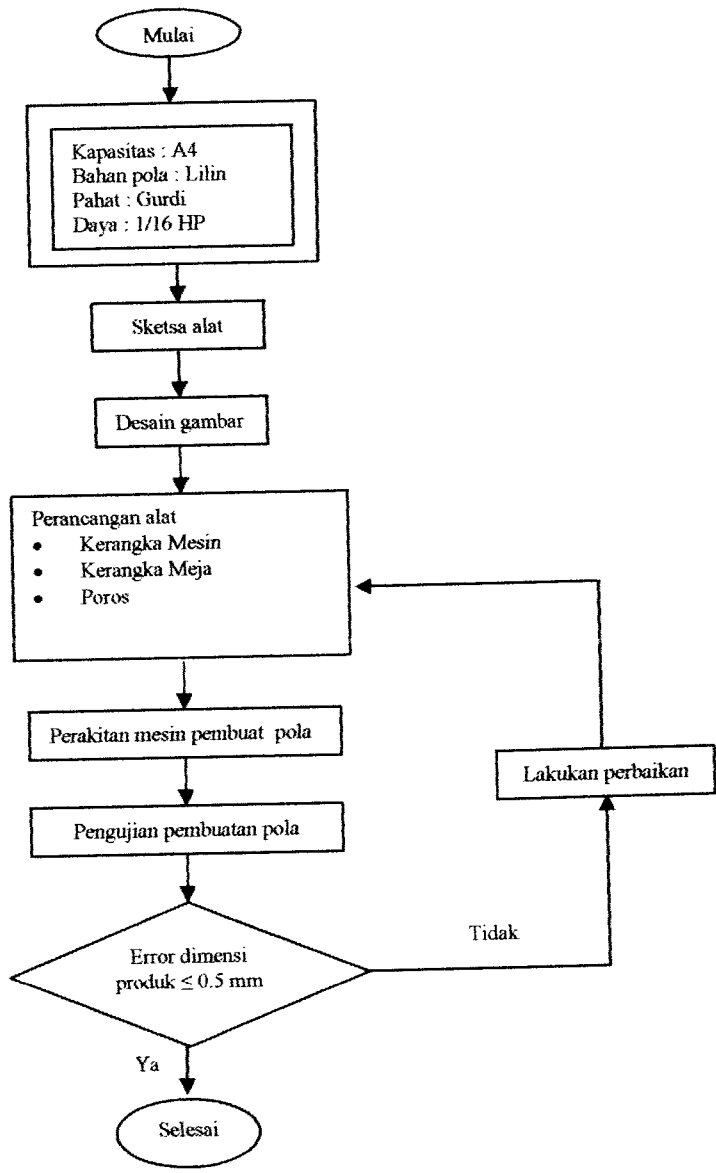


Gambar 2.19 Macam-macam lingkaran referensi. (Rochim.T, Wijarmanto., 1985)

ISO menganjurkan lingkaran daerah minimum (MZC) sebagai referensi untuk menghitung harga ketidakbulatan, karena MRZ yang diperoleh adalah setaraf dengan definisi toleransi kebulatan.

BAB III PERANCANGAN ALAT

3.1 Diagram Alir Perancangan



Gambar 3.1 Diagram alir perancangan

3.2 Kriteria dan Spesifikasi Alat

Rekayasa (engineering) adalah rancang bangun mesin untuk mengolah bahan baku menjadi produk dengan nilai tambah tinggi dan suatu mesin dirancang untuk suatu karakteristik fungsional tertentu. Menurut buku Teknologi Mekanik yang diterjemahkan oleh Sriati Djafrie, bahwa ada tiga kriteria dasar yang melandasi produksi ekonomis, yaitu :

1. Suatu desain fungsional yang sederhana dan memiliki mutu estetika yang memadai.
2. Pemilihan bahan yang tepat berdasarkan pertimbangan sifat fisis, penampilan, harga, dan pembuatan atau permesinannya.
3. Pemilihan proses memproduksi yang mampu menghasilkan produk dengan ketelitian dan penyelesaian permukaan yang memenuhi persyaratan dan dengan harga yang serendah mungkin.

Ketiga kriteria yang disebutkan diatas merupakan faktor yang harus diperhatikan dalam sebuah proses produksi yang notabene terdiri dari tahapan-tahapan yang cukup panjang. Sehingga produksi yang dilakukan menjadi lebih efisien.

Perancangan ini menitik beratkan pada aspek-aspek sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang mudah dalam pengoperasian.
2. Menggunakan bahan-bahan yang sudah ada dipasaran dan mudah didapatkan.

Kriteria-kriteria di atas merupakan faktor yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan mesin pembuat pola yang dalam proses pembuatannya menyesuaikan dengan karakteristik dari material yang digunakan, sehingga nantinya akan didapat hasil yang maksimal.

Berdasarkan batasan masalah dengan memperhatikan aspek-aspek di atas maka spesifikasi dari alat yang dibuat adalah sebagai berikut :

- Metode yang digunakan dalam proses pembuatan pola adalah membuat rongga cetak pada lembaran lilin dengan pahat gurdi.
- Kapasitas lembar lilin dengan ukuran A4.

3.3 Desain Alat

Dalam perancangan ini mesin yang dibuat yaitu mesin pembuat pola lilin dengan pahat gurdi untuk proses *LDM* (*Layer Deposition Manufacturing*) Perancangan menggunakan bahan-bahan yang sudah ada dipasaran dan mudah didapat, bahan-bahan tersebut antara lain :

- Baja pipa kotak digunakan sebagai rangka mesin.
- Plat baja digunakan untuk alas rangka mesin.
- Kayu digunakan sebagai meja mesin pembuat pola lilin.

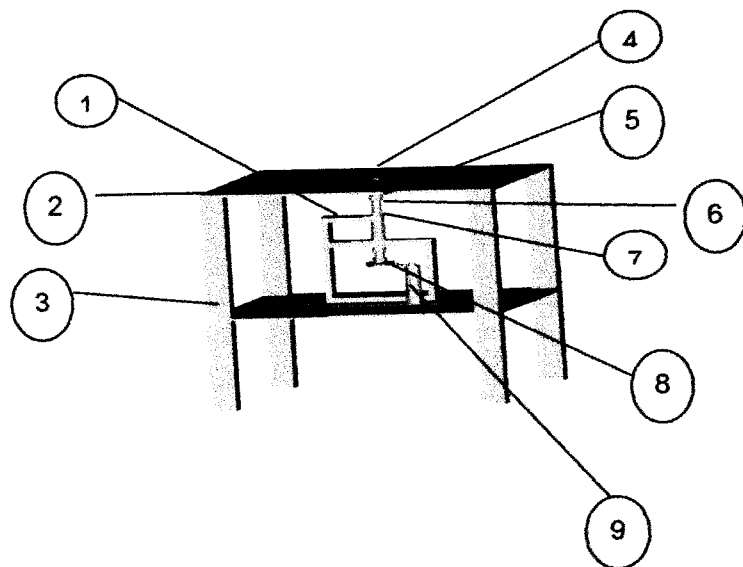
Bagian-bagian mesin pembuat pola antara lain :

- Puli digunakan Sebagai reduksi putaran mesin.
- Sabuk digunakan sebagai tranmisi putaran masin.
- Motor listrik sebagi sumber penggerak mesin pembuat pola.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan selain bahan bahan yang digunakan dalam pembuatan pola tetapi juga proses pembuatanya menyesuaikan dengan karateristik dari material yang digunakan atau bahan pola itu sendiri sehingga didapat hasil yang maksimal. Gambar mesin dapat dilihat di gambar 3.2.

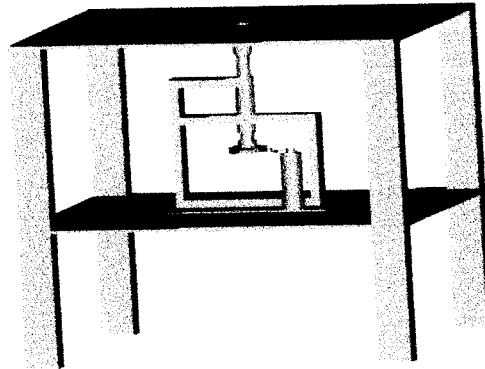
Bagian Alat

1. Kerangka Mesin
2. Alas Kerja
3. Kerangka Meja
4. Pahat Gurdi
5. Pengunci Pahat
6. Poros
7. Bantalan
8. Puli dan Sabuk-V
9. Motor Penggerak

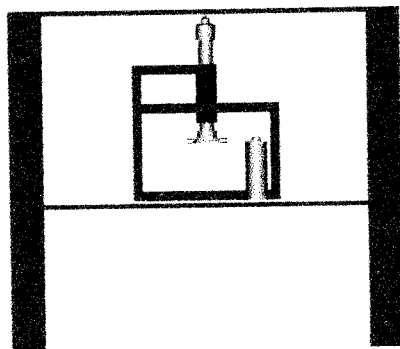


Gambar 3.2. Bagian Alat

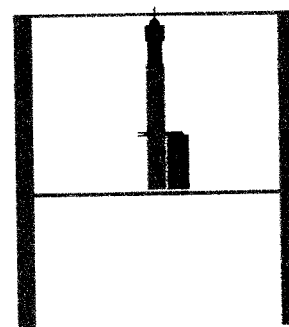
Gambar Alat



Gambar 3.2.1. Mesin pembuat pola



Gambar 3.2.2. Mesin pembuat pola tampak depan

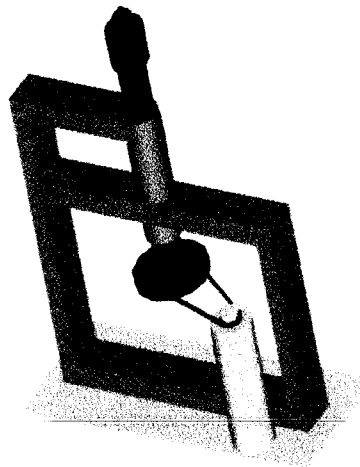


Gambar 32.3. Mesin pembuat pola tampak samping

3.4 Bagian-Bagian Mesin.

3.4.1 Kerangka Mesin

Kerangka mesin berfungsi sebagaiudukan bearing dan dudukan motor penggerak mesin pembuat pola lilin. Kerangka mesin dibuat dan harus mampu menopang beban atau gaya yang ditimbulkan saat mesin bekerja. Lihat gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kerangka

Rangka mesin menggunakan

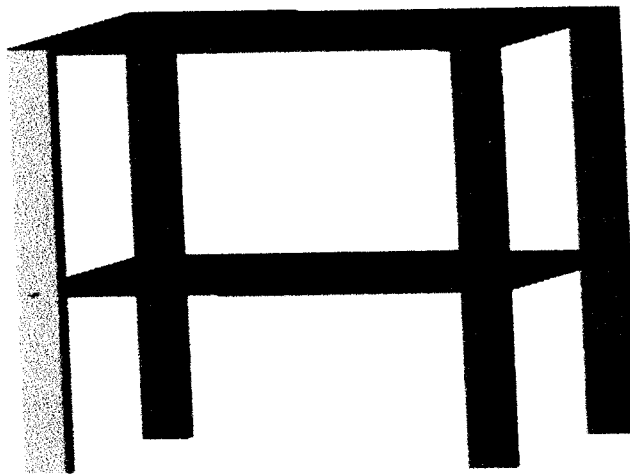
- Baja pipa kotak ukuran 20 mm x 40 mm
- Baja pipa \varnothing 30 mm sebagai dudukan bantalan

Dudukan rangka menggunakan

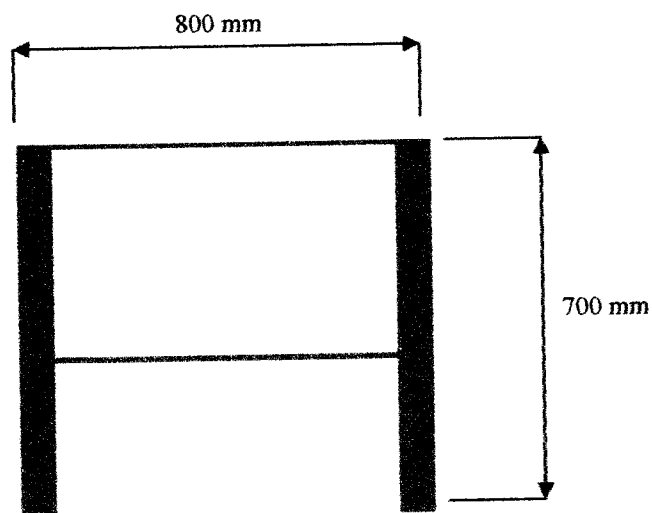
- Plat baja ukuran Panjang 350 mm lebar 140 mm tebal 5 mm.

3.4.2 Meja

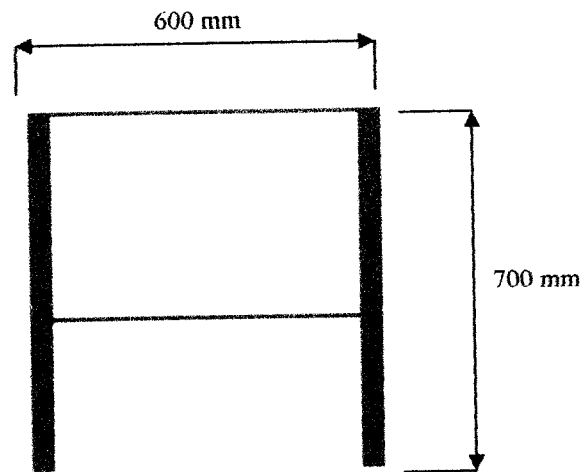
Pada bagian ini mempunyai fungsi sebagai dudukan rangka mesin dan sekaligus sebagai dudukan alas kerja. Dalam perancangan meja ini bahan yang digunakan adalah kayu mengambil bahan dari kayu di maksudkan untuk meredam getaran dari mesin pembuat pola, tinggi meja 700 mm, lebar meja 600 mm dan panjang meja 800 mm . Lihat gambar 3.4.



Gambar 3.4 Meja.



Gambar 3.4.1 Tampak depan



Gambar 3.4.2 Tampak samping

Rangka meja menggunakan

- Balok kayu ukuran 40 mm X 60 mm
- Lembaran kayu ukuran tebal 20 mm
Lebar 300mm.

3.4.3 Alas Kerja

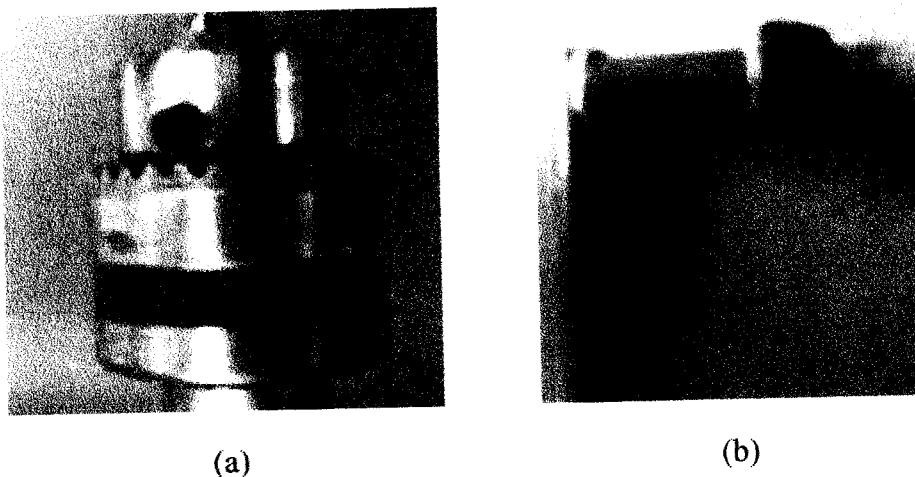
Dalam perancangan alas kerja terdiri dari tiga lapis. Lapis paling atas terbuat dari kaca dengan maksud untuk mempermudah dalam proses pembuatan pola. Tebal kaca ukuran 5 mm, tebal matras ukuran 5 mm dan tebal kayu dengan ukuran 20mm. Lihat gambar 3.5.



Gambar 3.5 Alas kerja.

3.4.4 Penjepit pahat

Penjepit pahat ini berfungsi sebagai penjepit pahat gurdi. Cara pemasangan pahat gurdi menggunakan kunci yaitu dengan cara mengencangkan kepala penjepit pahat gurdi. Lihat gambar 3.6.



Gambar 3.6 a.) Pengunci pahat
b.) Kunci pahat gurdi.

3.4.5 Pahat

Pahat yang digunakan berupa pahat gurdi. Pahat berfungsi sebagai pemotong benda kerja atau sebagai pembuat rongga cetak pada pola lilin. Pahat yang digunakan dalam perancangan berdiameter 2 mm dan 3 mm. Lihat gambar 3.7.



Pahat gurdi ukuran 2 mm

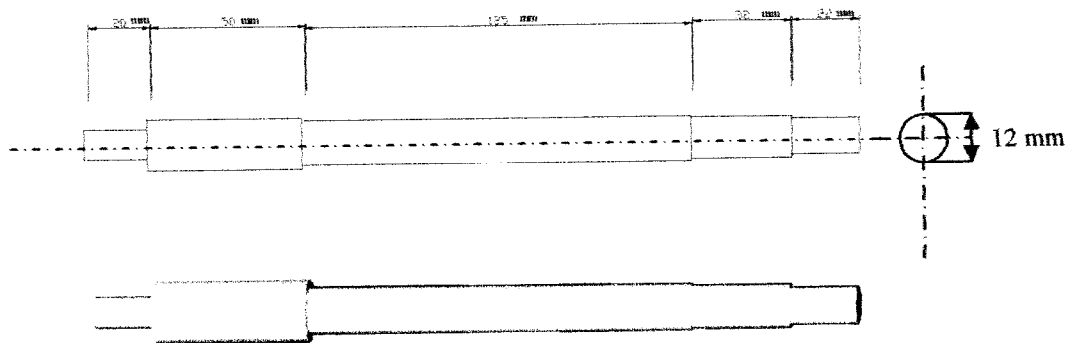


Pahat gurdi ukuran 3 mm

Gambar 3.7 Pahat Gurdi.

3.4.6 Poros

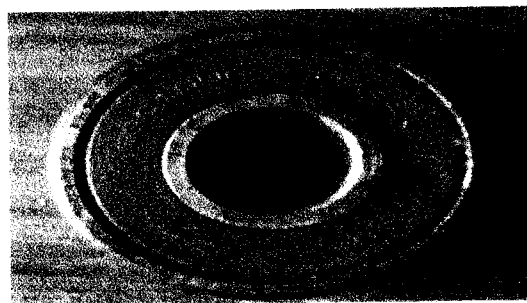
Pada perancangan ini poros berfungsi untuk meneruskan putaran yang dihasilkan motor. Poros pada mesin pembuat pola adalah poros yang menerima beban oleh bagian-bagian yang berputar. Panjang poros 250 mm. Poros yang digunakan adalah baja S30C. Lihat gambar 3.8.



Gambar 3.8 Poros.

3.4.7 Bearing atau Bantalan

Pada bagian ini berfungsi tempat berputarnya poros dan sekaligus sebagai tumpuan poros. Untuk memasangnya diperlukan rumah bantalan sebagai tumpuannya. Untuk mesin pembuat pola, bearing atau bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding. Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang terpusat dengan yang diam melalui elemen gelinding. Lihat gambar 3.9.

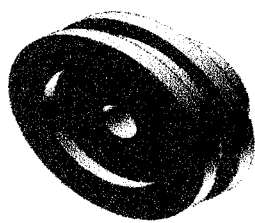


Gambar 3.9 Bantalan Gelinding.

3.4.8 Puli dan Sabuk-V Sempit

Pada bagian ini puli mempunyai fungsi untuk merubah kecepatan putaran. Dalam perancangan menggunakan dua buah puli (besar dan kecil) dengan diameter 76,2 mm dan 8 mm Lihat gambar 3.10.(a,b)

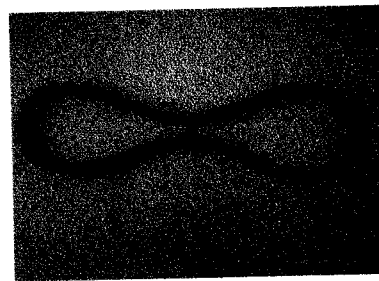
Sabuk-V sempit mempunyai fungsi sebagai perantara antara putaran puli penggerak dengan puli poros. Lihat gambar 3.10. (c).



(a)



(b)

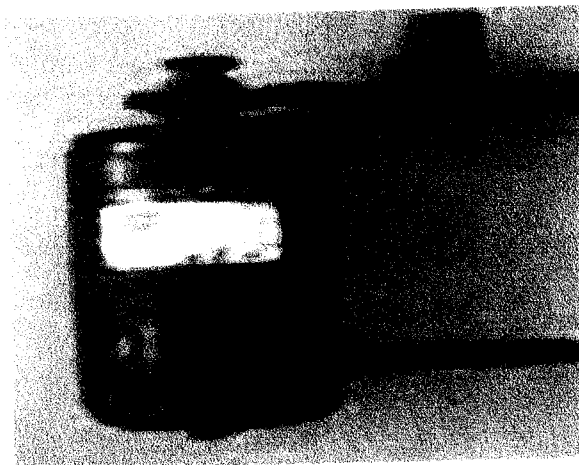


(c)

Gambar 3.10 (a) Puli besar
(b) Puli kecil
(c) Sabuk-V sempit

3.4.9 Motor Penggerak

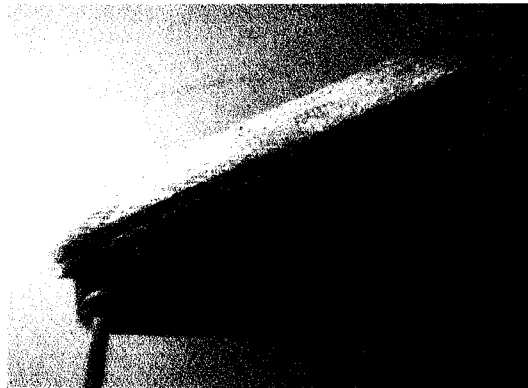
Motor penggerak yang digunakan dengan daya 1/16 HP dengan putaran 6000 rpm, 220 V, dengan arus AC berfungsi sebagai sumber penggerak mesin pembuat pola lilin.



Gambar 3.11 Motor penggerak

3.4.10 Potensio Meter

Potensio meter tidak hanya berfungsi sebagai saklar saja tetapi juga sebagai pengatur kecepatan putara motor listrik. Lihat gambar 3.12.



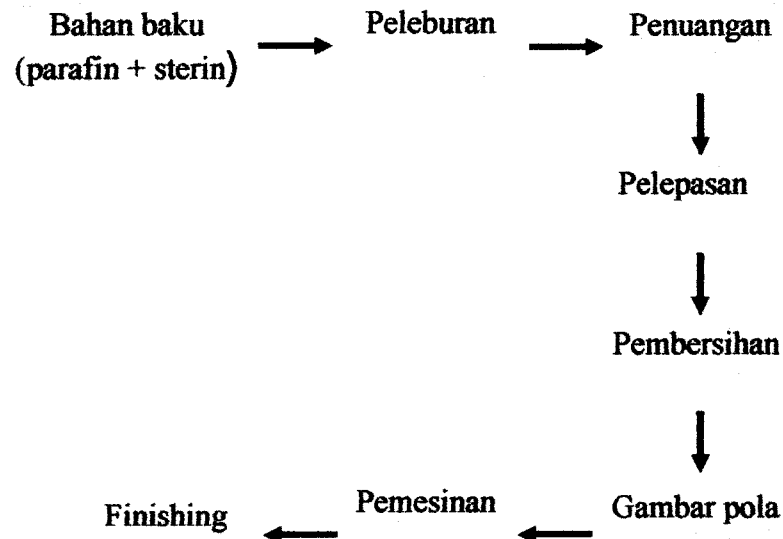
Gambar 3.12 Potensio Meter

3.5 Mekanisme Kerja Alat

Proses pembuatan pola dengan cara membuat rongga cetak pada benda kerja (lilin) dengan menggunakan pahat gurdi. Proses yang pertama kali yaitu pembuatan lembaran lilin dengan panjang 29,7 cm dan lebar 21 cm (A4). Setelah lembaran lilin terbentuk langkah selanjutnya pembuatan sketsa pola yang akan dibuat di atas lembaran lilin. Dari sketsa yang dibuat, pemotongan bisa dimulai dari dalam atau luar dari sketsa pola.

Langkah berikutnya memasang pahat gurdi sesuai ukuran pahat yang diinginkan dan di kencangkan sampai pahat tidak goyang. Setelah pahat terpasang Potensio meter diinjak dengan kaki dan pemotonganpun siap dimulai sesuai dengan gambar pola.

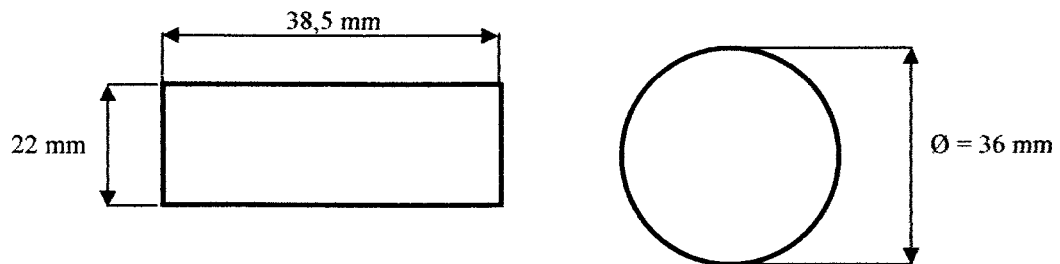
3.6 Skema Pembuatan Pola



Gambar 3.13 Skema pembuatan pola

3.7 Pengujian Alat

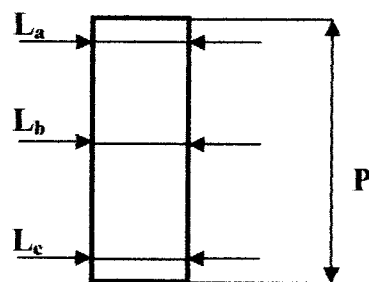
Pengujian dari alat dengan melakukan pemotongan pola berbentuk persegi dan lingkaran. Maksud dari pengujian ini adalah untuk menentukan tingkat prestasi mesin pembuat pola terhadap kelurusan dan kebulatan.



Gambar 3.14 Pola persegi dan lingkaran

Hasil pengukuran yang paling baik dapat dicapai dengan memilih alat ukur dan cara pengukuran yang tepat. Dalam pengujian alat dengan menggunakan metode pengukuran langsung. Alat ukur yang digunakan berupa jangka sorong dengan kecermatan 0.02 mm dan triobor dengan kecermatan 0.005 mm.

Cara pengukuran pola persegi

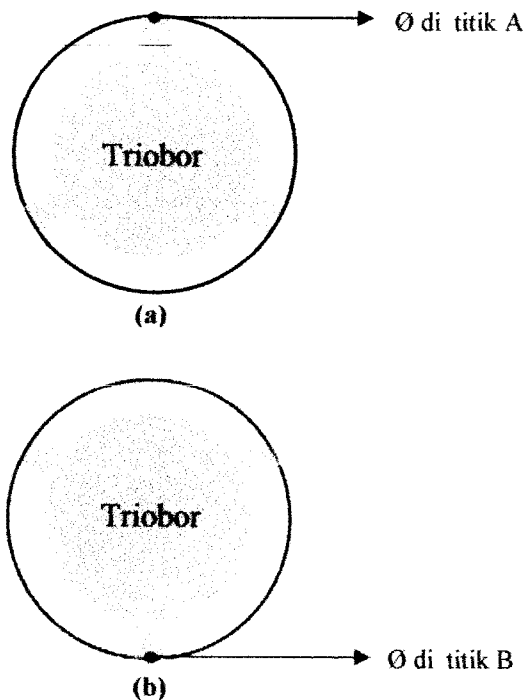


Alat ukur yang digunakan

- jangka sorong
- kecermatan 0.02 mm

Gambar 3.15. Pengukuran pola persegi

Cara pengukuran pola lingkaran



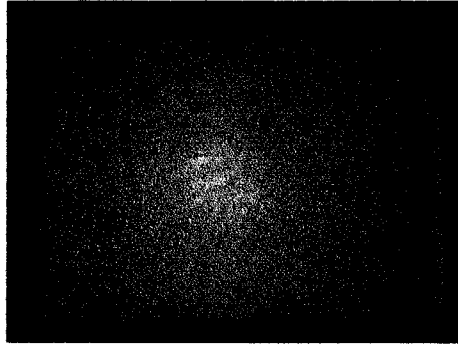
Alat ukur yang digunakan

- micrometer tiga kaki (triobor)
- kecermatan 0.005 mm

Gambar 3.16. (a) Pengukuran pola lingkaran di titik A

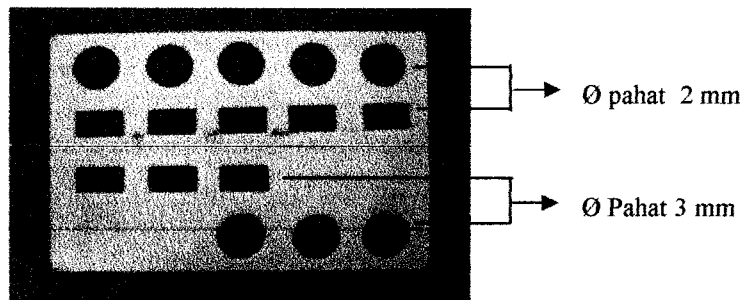
(b) Pengukuran pola lingkaran di titik B

Dalam pengujian alat ini menggunakan pemotongan dengan dimensi pahat (Gurdi) dan ketebalan lilin yang berbeda. Pahat satu (kecil) dengan diameter 2mm dan pahat dua (besar) dengan diameter 3 mm. Tebal lilin dalam pengujian alat ini berukuran 5 mm dan 10 mm. Lihat gambar 3.18.

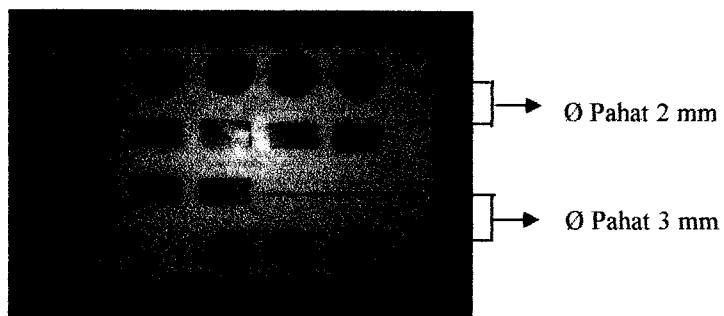


Gambar 3.17. Lembaran lilin

(a) Pola dengan tebal lilin 5 mm



(b) Pola dengan tebal lilin 10 mm



Gambar 3.18. (a) Pola dengan tebal lilin 5 mm

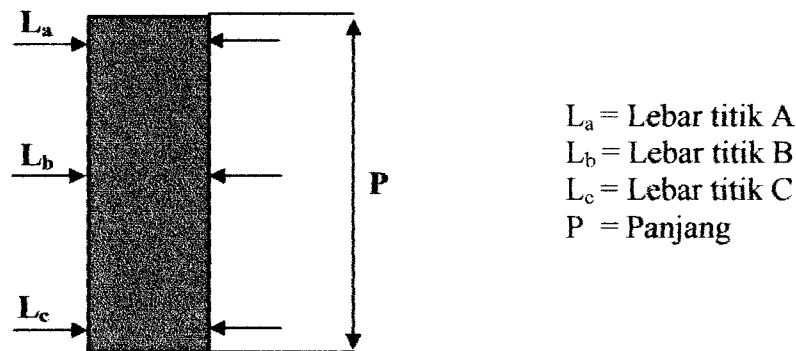
(b) Pola dengan tebal lilin 10mm

3.8 Pengujian Produk

Dalam perancangan ini juga dilakukan pengukuran terhadap dimensi hasil produk. Metode pengukuran sama seperti pengukuran pola yaitu dengan metode pengukuran langsung. Alat ukur yang digunakan berupa mikrometer dan *V-block*.

3.8.1 Pengujian Produk Persegi Panjang

Pengujian produk persegi panjang dengan melakukan pengukuran dari dimensi produk, yaitu panjang dan lebar. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran berupa mikrometer dengan kecermatan 0.01 mm.



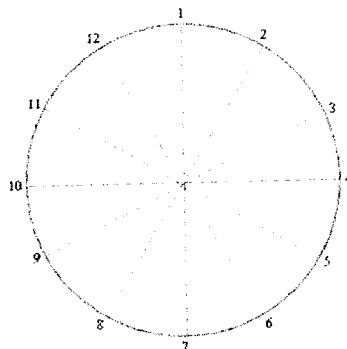
Gambar 3.19 Produk persegi panjang

3.8.2 Pengujian Produk Lingkaran

Pengujian kebulatan produk diharapkan mampu untuk menganalisis kebulatan dari sebuah produk. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian kebulatan ini adalah jam ukur atau *dial indicator* dan alat ukur bantu berupa *V-block* dan *dial stand*.

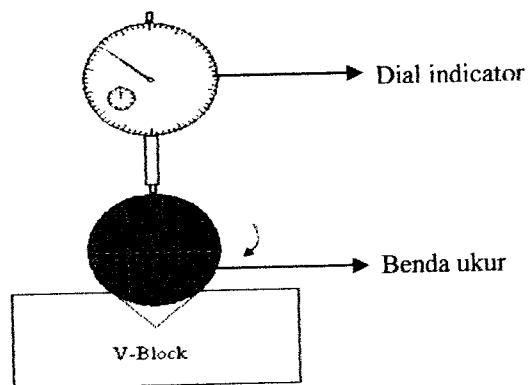
Cara pengukuran kebulatan dengan Jam Ukur / *Dial Indicator*.

1. Mempersiapkan jam ukur, *dial stand*, dan *V-block*
2. Memasang jam ukur pada *dial stand*.
3. Memberi tanda garis pada benda ukur (produk pola) dari nomor 1 sampai dengan 12 searah jarum jam, seperti ditunjukkan dalam gambar 3.20.



Gambar 3.20 Benda ukur

4. Meletakkan benda ukur pada *V-block*



Gambar 3.21 Pengukuran kebulatan dengan V-Block dan jam ukur

5. Atur posisi sensor jam ukur hingga menyentuh permukaan benda ukur pada posisi garis sebelah kanan nomor 1.
6. Memasang *stopper* di belakang benda ukur yang ditempatkan pada kolom *dial stand* agar pengukuran bisa segaris.
7. Mengatur ketinggian jam ukur \pm setengah dari daerah maksimum jam ukur, sehingga mencukupi untuk penyimpangan ke kiri dan ke kanan dengan menaikkan dan menurunkan lengan pemegang jam ukur, kemudian set nol.
8. Putar benda ukur searah jarum jam ke posisi garis sebelah kanan nomor 2.
9. Melakukan proses pengukuran untuk posisi berikutnya hingga posisi nomor 12.
10. Mencatat hasil pengukuran.

BAB IV
PERHITUNGAN, HASIL PENGUJIAN,
PENGUKURAN DAN ANALISA

4.1 Perhitungan

4.1.1 Perencanaan Poros

a. Spesifikasi

Motor penggerak yang digunakan dalam perancangan ini adalah motor listrik dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Daya motor} &= 1/16 \text{ HP} \\ &= 1/16 \times 0.735 \text{ kW} \\ &= 0.0459375 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\text{Putaran motor (N)} = 6000 \text{ rpm}$$

$$\text{Diameter puli motor (dp)} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter puli poros (Dp)} = 76.2 \text{ mm}$$

b. Daya Rencana (pd)

Daya rencana adalah daya yang digunakan dalam perancangan poros di mana :

$$P_d = f_c \times P \text{ (kW).}$$

di mana :

f_c = factor koreksi (1.2-2.0)

P_d = daya rencana (kW)

P = Daya nominal output motor

$$\begin{aligned}P_d &= 2 \times 0,0459375 \\ &= 0.091875 \text{ kW}\end{aligned}$$

c. Momen Puntir Atau Torsi

Momen puntir rencana adalah T (kg.mm).

$$T = 9.74 \times 10^5 \frac{P_d}{N}$$

Jadi momen rencana (T)

$$\begin{aligned} T &= 9.74 \times 10^5 \frac{0.091875}{6000} \\ &= 14.914375 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

d. Memilih Bahan Poros Dengan Kekuatan Tarik (σ_B) Serta Menentukan Faktor Koreksi Bahan (Sf_1) Dan Faktor Koreksi Bentuk Poros (Sf_2).

Poros dari bahan S30C dengan tegangan tarik (σ_B) = 48 kg/mm²

$Sf_1 = 6.0$ (Standar ASME) $Sf_2 = 1.3-3.0$ (yang diambil 3.0).

e. Menentukan Tegangan Geser Yang Diijinkan (τ_a)

$$\begin{aligned} \tau_a &= \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \\ &= \frac{48}{6 \times 3} \\ &= 2.66 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi tegangan yang diijinkan sebesar 2.66 kg/mm²

f. Menghitung Diameter Poros (d_s)

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16.T.K_t.C_b}{\pi}}$$

di mana : d_s = diameter poros (mm)

K_t = faktor koreksi (1.5-3.0)

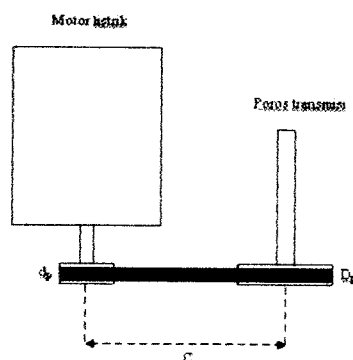
C_b = faktor beban lentur (1.2-2.3)

T = momen rencana ($\text{kg} \cdot \text{mm}^2$)

$$\begin{aligned} d_s &= \sqrt[3]{\frac{16 \times 14.914375 \times 3 \times 2.3}{2.66 \times 3.14}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{1646.547}{8.3524}} \\ &= 5.82 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan diameter poros minimum sebesar 5.82 mm. dalam perencanaan mesin pembuat pola, diameter poros sebesar 12 mm.

4.1.2 Perancangan Sabuk- V



$$d_p = 8 \text{ mm}$$

$$D_p = 76.2 \text{ mm}$$

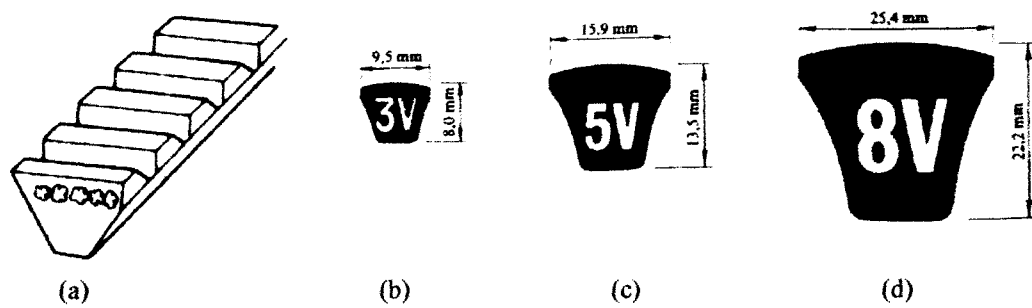
$$C = 110 \text{ mm}$$

$$\text{Daya motor (p)} = 1/16 \text{ HP}$$

$$\text{Putaran (n}_1) = 6000 \text{ rpm}$$

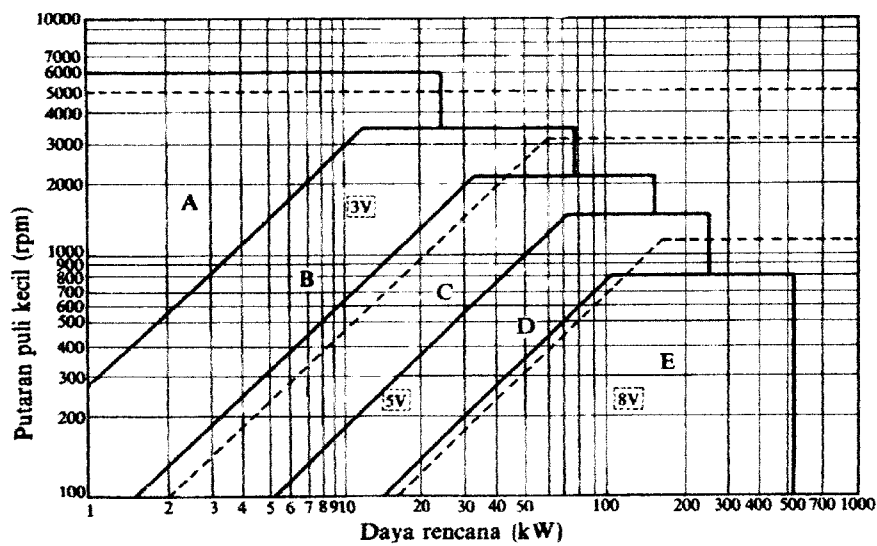
$$f_c = 1,4 \text{ (sularso tab 5.1 hal 165)}$$

Gambar 4.1. Jarak poros puli



Gambar 4.2 Sabuk-V Sempit. (Sularso, 1997)

- a.) Tipe Sudut Sempit
- b.) Tipe 3V.
- c.) Tipe 5V
- d.) Tipe 8V



Gambar 4.3 Diagram pemilihan sabuk-V (Sularso, 1997)

Atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak, penampang sabuk -V yang sesuai adalah penampang sabuk-V Sempit.

a. Daya Yang Direncanakan (pd)

$$\begin{aligned} Pd &= fc \times p \\ &= 1.4 \times 0.459375 \text{ kw} \\ &= 0.64 \text{ kw} \end{aligned}$$

b. Kecepatan linier Sabuk- V Sempit (m/s)

$$v = \frac{\pi \times d_p \times n_1}{60 \times 1000}$$

di mana :

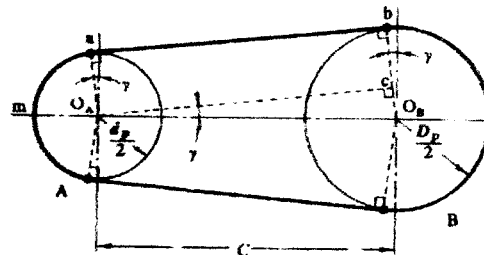
v = kecepatan sabuk linier (m/s)

d_p = diameter puli penggerak (mm)

n_1 = putaran motor (rpm)

$$v = \frac{3.14 \times 8 \times 6000}{60 \times 1000}$$

$$= 2.5 \text{ m/s} \Rightarrow 2.5 < 30 \text{ (baik)}$$



Gambar 4.4 Perhitungan panjang keliling sabuk (Sularso, 1997)

c. Panjang sabuk-V sempit

Untuk mengetahui panjang sabuk (mm) yang digunakan, menggunakan rumus di bawah ini : (Sularso, 1997)

$$\begin{aligned} L &= 2C + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{2}(D_p - d_p)^2 - \frac{C}{4C}(D_p - d_p)^2 \\ &= 2C + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{4C}(D_p - d_p)^2 \end{aligned}$$

Maka

$$L = 2 \times 110 + \frac{3.14}{2} (8 + 76.2) + \frac{1}{4 \times 110} (76.2 - 8)^2$$

$$= 353.155 \text{ mm} \approx 356 \text{ mm}$$

Jadi keliling sabuk dalam perencanaan mesin pembuat pola lilin disesuaikan dengan (Sularso, 1997) adalah 14" atau 356 mm.

d. Sudut kontak (θ)

$$(\theta) = 180^\circ - \frac{57(D_p - d_p)}{C}$$

di mana : $C = 110 \text{ mm}$

$d_p = 8 \text{ mm}$

$D_p = 76.2 \text{ mm}$

$$(\theta) = 180^\circ - \frac{57 \times (76.2 - 8)}{110}$$

$$= 144.66^\circ \Rightarrow \text{Faktor koreksi (} K_\theta \text{)} = 0,91$$

e. Menghitung Kapasitas Daya Yang Ditransmisikan Oleh Sabuk (P_o).

$$P = F \times v$$

di mana : $P =$ Daya yang di transmisikan
oleh motor

$$= 0.0459375 \times 75 \text{ kg.m/det}$$

$$= 3.45 \text{ kg.m/det}$$

$$F = \frac{P}{v}$$

$$= \frac{3.45}{2.5}$$

$$= 1.38 \text{ kg}$$

Kapasitas daya yang ditransmisikan sabuk

$$P_o = \frac{F \cdot d \cdot \lambda \cdot N}{60 \cdot 1000}$$

Dimana :

F = Gaya

d = Dimeter puli

N = Putaran mesin

$$P_o = \frac{1.38 \times 8 \times 3.14 \times 6000}{60000}$$

$$= 3.47 \text{ KW}$$

f. Jumlah Sabuk Yang Diperlukan

$$N = \frac{pd}{P_o \cdot K\theta}$$

$$= \frac{0,64}{3.47 \times 0.91}$$

$$= 0,20 \approx 1 \text{ buah sabuk}$$

g. Daerah Penyetelan ΔC_i Dan ΔC_t

(Dari table 5.8 Hal 174)

$$\Delta C_i = 20 \text{ mm} \quad \Delta C_t = 25 \text{ mm}$$

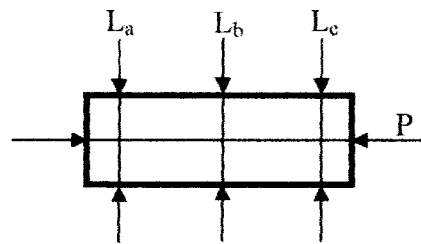
4.2 Hasil Pengujian Pola

Setelah mendapatkan mesin pembuat pola lalu mesin yang dihasilkan diuji dengan beberapa pengujian untuk mengetahui prestasi mesin. Dalam pengujian terdapat error dimensi, error dimensi didapatkan dari persamaan :

$$\text{Error dimensi (\%)} = \left| \frac{\text{ukuran pola} - \text{ukuran produk}}{\text{ukuran pola}} \times 100 \% \right|$$

a. Pengujian dimensi panjang dan lebar dari pola persegi panjang.

Pengujian dilakukan pada 3 pola persegi panjang hasil pemotongan dengan mesin pembuat pola. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0.02 mm. Dari pengujian yang dilakukan didapat data hasil pengujian dari masing-masing pola persegi panjang seperti terlihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.5 Pengukuran pola persegi panjang

Tabel 4.1. Hasil pengujian pola persegi panjang

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Persegi Panjang 1 (mm)				Persegi Panjang 2 (mm)				Persegi Panjang 3 (mm)			
			P	La	Lb	Lc	P	La	Lb	Lc	P	La	Lb	Lc
2 mm	5 mm	Biru	38,59	22,03	22,01	21,90	38,50	22,00	22,05	22,04	38,49	22,04	22,02	22,04
	10 mm	kuning	38,57	22,05	22,04	21,9	38,59	22,02	22,01	22,03	38,57	22,05	22,03	22,02
3 mm	5 mm	Kuning emas	38,52	21,90	21,90	22,00	38,54	22,03	22,03	22,02	38,56	21,90	21,90	21,90
	10 mm	Merah	38,50	22,00	22,01	21,90	38,58	22,01	21,90	22,02	38,52	21,90	22,00	22,01

Dari data di atas dapat diketahui selisih antara cetakan (mal) dan pola persegi panjang seperti pada Tabel 4.2.

Selisih cetakan dan pola = dimensi cetakan – dimensi pola

Tabel 4.2 Selisih cetakan pola persegi panjang (mm)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Selisih Persegi Panjang 1 (mm)				Selisih Persegi Panjang 2 (mm)				Selisih Persegi Panjang 3 (mm)			
			P	La	Lb	Lc	P	La	Lb	Lc	P	La	Lb	Lc
2 mm	5 mm	Biru	-0,09	-0,03	-0,01	0,10	0,00	0,00	-0,05	-0,05	0,01	-0,04	-0,02	-0,04
	10 mm	kuning	-0,07	-0,05	-0,04	-0,01	-0,09	-0,05	-0,01	-0,03	-0,07	-0,05	-0,03	-0,02
3 mm	5 mm	Kuning emas	-0,02	0,10	0,10	0,00	-0,04	-0,03	-0,03	-0,02	-0,06	0,10	0,10	0,10
	10 mm	Merah	0,00	0,00	-0,01	0,10	-0,08	-0,01	0,10	-0,02	-0,02	0,10	0,00	-0,01

Tabel 4.3. Error pola persegi panjang (%)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Error Persegi Panjang 1 (%)				Error Persegi Panjang 2 (%)				Error Persegi Panjang 3 (%)			
			P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c
2 mm	5 mm	Biru	0,23	0,07	0,02	0,26	0,00	0,00	0,12	0,12	0,02	0,10	0,05	0,10
	10 mm	kuning	0,18	0,12	0,10	0,26	0,23	0,12	0,02	0,07	0,18	0,12	0,07	0,05
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,05	0,26	0,26	0,00	0,10	0,07	0,07	0,05	0,15	0,26	0,26	0,26
	10 mm	Merah	0,00	0,00	0,02	0,26	0,20	0,02	0,26	0,05	0,02	0,26	0,00	0,02

Dari data di atas dapat diketahui nilai hasil rata-rata pengujian dimensi dari hasil pemotongan dengan diameter pahat gundi 2 mm dan 3 mm seperti terlihat pada Tabel 4.4 di bawah ini:

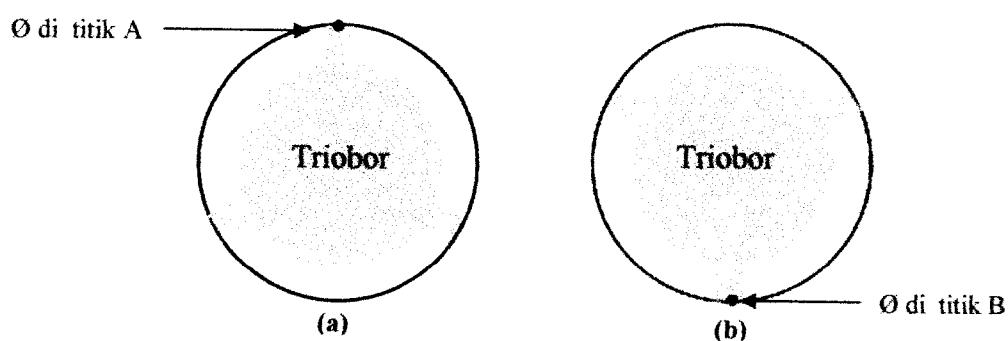
Tabel 4.4 Hasil rata-rata pengujian dimensi pola persegi panjang

Ø pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna pola/produk	Hasil rata-rata pengujian dimensi pola (mm)	
			P	L
2 mm	5 mm	Biru	38,53	22,01
	10 mm	Kuning	38,58	22,02
3 mm	5 mm	Kuning emas	38,54	21,95
	10 mm	Merah	38,53	21,97

Dari data Tabel 4.4 diketahui pada pemotongan pola dengan diameter pahat yang berbeda terjadi penyimpangan ukuran dimensi panjang dan lebar dengan pola asli. Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.03 mm pada ketebalan lilin 5 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.04 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.04 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 pada ketebalan lilin 10 mm.

b. Pengujian kebulatan pola lingkaran

Pengujian dilakukan pada 3 pola lingkaran hasil pemotongan dengan mesin pembuat pola. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian kebulatan pola lingkaran menggunakan mikrometer tiga kaki (triobor) dengan kecermatan 0.005 mm. Dari pengujian yang dilakukan didapat data hasil pengujian dari masing-masing pola lingkaran seperti terlihat pada Tabel 4.5.



Gambar 4.6 (a) Pengukuran pola lingkaran di titik A
(b) Pengukuran pola lingkaran di titik B

Tabel 4.5 Hasil pengujian pola lingkaran

Ø Pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna Pola / produk	Diameter Lingk 1 (mm)		Diameter Lingk 2 (mm)		Diameter Lingk 3 (mm)	
			a	b	a	b	a	b
2 mm	5 mm	Biru	35,97	35,94	35,96	35,99	35,98	35,91
	10 mm	Kuning	35,97	35,96	35,98	35,97	36,00	36,03
3 mm	5 mm	Kuning emas	35,98	36,01	36,05	35,96	35,95	35,98
	10 mm	Merah	36,01	36,00	36,00	36,02	35,97	35,97

Tabel 4.6 Selisih cetakan dan pola lingkaran

Ø Pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna Pola / produk	Selisih Diameter Lingk 1 (mm)		Selisih Diameter Lingk 2 (mm)		Selisih Diameter Lingk 3 (mm)	
			a	b	a	b	a	b
2 mm	5 mm	Biru	0,03	0,04	0,04	0,09	0,02	0,01
	10 mm	Kuning	0,03	0,04	0,02	0,03	0,00	- 0,03
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,08	-0,01	-0,05	-0,04	0,05	0,02
	10 mm	Merah	-0,01	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,03

Tabel 4.7 Error pola lingkaran (%)

Ø Pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna Pola / produk	Error Diameter Lingk 1 (%)		Error Diameter Lingk 2 (%)		Error Diameter Lingk 3 (%)	
			a	b	a	b	a	b
2 mm	5 mm	Biru	0,08	0,11	0,11	0,25	0,05	0,03
	10 mm	Kuning	0,08	0,11	0,05	0,08	0,00	0,08
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,22	0,03	0,14	0,11	0,14	0,05
	10 mm	Merah	0,03	0,00	0,00	0,05	0,08	0,08

Dari data di atas dapat diketahui nilai hasil rata-rata pengujian dimensi dari hasil pemotongan dengan diameter pahat 2 mm dan 3 mm seperti terlihat pada Tabel 4.8 di bawah ini:

Tabel 4.8 Hasil rata-rata pengujian dimensi pola lingkaran

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Pola/produk	Diameter rata-rata pegujian kebulatan (mm)
2 mm	5 mm	Biru	35,95
	10 mm	Kuning	35,98
3 mm	5 mm	Kuning emas	35,99
	10 mm	Merah	35,99

Dari data Tabel 4.8 diketahui pada pemotongan pola dengan diameter pahat yang berbeda terjadi penyimpangan ukuran diameter pola lilin dengan pola asli. Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.02 pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0,01 mm pada ketebalan lilin 10 mm.

4.3 Pengukuran Produk

Setelah rongga cetak atau pola dihasilkan dari pemotongan dengan mesin kemudian pola dituang dengan resin untuk menghasilkan produk persegi panjang dan lingkaran. Setelah pola jadi, kemudian langkah pengukuran dapat dilakukan. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran produk berbeda dengan pengukuran pada pola. Dimensi pola berbeda dengan dimensi produk dikarenakan sewaktu pembuatan produk terjadi penyusutan.

a. Produk Persegi Panjang

Pengukuran produk dilakukan pada 3 produk persegi panjang. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran menggunakan mikrometer dengan kecermatan 0.01 mm. Dari pengukuran yang dilakukan didapat data hasil pengukuran dari masing-masing produk persegi panjang seperti terlihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Pengukuran produk persegi panjang (mm)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Persegi Panjang 1 (mm)				Persegi Panjang 2 (mm)				Persegi Panjang 3 (mm)			
			P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c
2 mm	5 mm	Biru	38,54	21,90	22,00	21,90	38,49	22,00	21,90	22,01	38,47	22,00	21,90	22,01
	10 mm	kuning	38,53	22,01	22,01	21,90	38,55	22,02	22,00	22,01	38,51	22,03	22,01	22,00
3 mm	5 mm	Kuning emas	38,50	21,80	21,90	22,00	38,52	22,00	22,01	22,00	38,53	21,90	21,90	21,80
	10 mm	Merah	38,49	22,00	21,90	21,80	38,54	22,00	21,90	20,01	38,50	21,90	22,00	22,00

Tabel 4.10 Selisih pola dan produk persegi panjang (mm)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Selisih Persegi Panjang 1 (mm)				Selisih Persegi Panjang 2 (mm)				Selisih Persegi Panjang 3 (mm)			
			P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c
2 mm	5 mm	Biru	-0,04	0,10	0,00	0,10	0,01	0,00	0,10	-0,01	0,03	0,00	0,10	-0,01
	10 mm	kuning	-0,03	-0,01	-0,01	0,10	-0,05	-0,02	0,00	-0,01	-0,01	-0,03	-0,01	0,00
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,00	0,20	0,10	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,03	0,10	0,10	0,20
	10 mm	Merah	0,01	0,00	0,10	0,20	-0,04	0,00	0,10	-0,01	0,00	0,10	0,00	0,00

Tabel 4.11 Error produk persegi panjang (%)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Error Persegi Panjang 1 (%)				Error Persegi Panjang 2 (%)				Error Persegi Panjang 3 (%)			
			P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c
2 mm	5 mm	Biru	0,10	0,26	0,00	0,26	0,02	0,00	0,26	0,02	0,07	0,00	0,26	0,02
	10 mm	kuning	0,07	0,12	0,02	0,26	0,12	0,05	0,00	0,02	0,02	0,07	0,02	0,00
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,00	0,51	0,26	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,07	0,26	0,26	0,51
	10 mm	Merah	0,02	0,00	0,26	0,51	0,10	0,00	0,26	0,02	0,00	0,28	0,00	0,00

Dari data Tabel 4.9 diketahui hasil pengukuran dimensi produk berbeda dengan hasil pengujian pola (Tabel 4.1). Hal ini dikarenakan adanya penyusutan pada produk. Dari data hasil pengujian pola dengan hasil pengukuran produk dapat diketahui selisih pola dan produk seperti pada Tabel 4.10.

Selisih pola dan produk = dimensi pola – dimensi produk

Dari data Tabel 4.10 diketahui penyusutan produk terjadi dikarenakan sifat bahan dasar produk. Bahan dasar pembuat produk terbuat dari campuran resin dan katalis. Resin memiliki sifat kental, sehingga sewaktu penuangan resin ke dalam pola, tidak semua resin menempel pada dinding pola. Jadi bisa dipastikan ukuran dimensi pola berbeda dengan dimensi produk.

b. Produk lingkaran

Pengukuran produk dilakukan pada 3 produk lingkaran. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran menggunakan jam ukur atau *dial indicator* dan alat ukur bantu berupa *V-block* dan *dial stand* dengan kecermatan 0.01 mm. Dari pengukuran yang dilakukan didapat data hasil pengukuran dari masing-masing produk lingkaran seperti terlihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Pengukuran produk lingkaran.

Tabel 4.12 A
Produk warna biru
Ukuran pahat : 2 mm
Tebal lilin : 5 mm

No	Kebulatan produk		
	Ling I	Ling II	Ling III
1	+ 0,28	- 0,19	+ 0,25
2	+ 0,21	- 0,28	+ 0,38
3	+ 0,05	+ 0,19	+ 0,10
4	- 0,53	- 0,29	+ 0,27
5	- 0,12	+ 0,27	+ 0,08
6	- 0,11	- 0,06	+ 0,35
7	- 0,34	- 0,21	+ 0,20
8	- 0,32	- 0,05	- 0,01
9	- 0,27	+ 0,40	+ 0,65
10	+ 0,61	- 0,24	+ 0,21
11	+ 0,52	- 0,38	+ 0,55
12	+ 0,09	+ 0,25	+ 0,55

Tabel 4.12 C
Produk warna kuning emas
Ukuran pahat : 3 mm
Tebal lilin : 5 mm

No	Kebulatan produk		
	Ling I	Ling II	Ling III
1	- 0,07	- 0,07	- 0,19
2	- 0,17	+ 0,09	+ 0,07
3	- 0,01	+ 0,43	- 0,37
4	- 0,03	+ 0,46	+ 0,36
5	+ 0,15	+ 0,50	+ 0,17
6	- 0,01	- 0,19	- 0,30
7	+ 0,15	+ 0,50	- 0,29
8	+ 0,29	+ 0,49	+ 0,19
9	+ 0,23	+ 0,10	+ 0,46
10	- 0,13	+ 0,54	- 0,29
11	+ 0,21	+ 0,22	+ 0,19
12	- 0,13	- 0,18	- 0,21

Tabel 4.12 B
 Produk warna kuning
 Ukuran pahat : 2 mm
 Tebal lilin : 10 mm

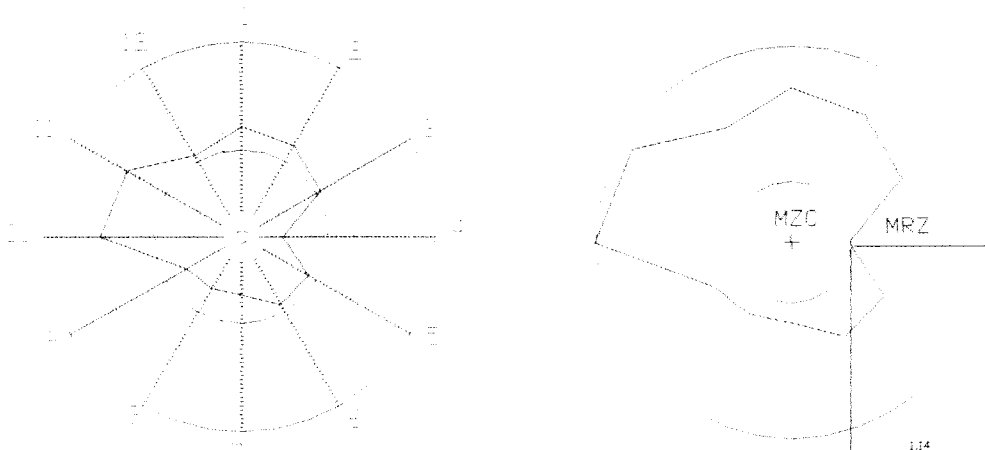
No	Kebulatan produk		
	Ling I	Ling II	Ling III
1	- 0,01	+ 0,07	- 0,35
2	+ 0,44	+ 0,04	- 0,06
3	+ 0,38	- 0,04	- 0,22
4	+ 0,42	+ 0,08	- 0,18
5	+ 0,39	+ 0,10	+ 0,17
6	+ 0,30	+ 0,15	+ 0,32
7	- 0,05	- 0,25	- 0,22
8	- 0,08	+ 0,41	- 0,31
9	+ 0,19	+ 0,09	- 0,34
10	+ 0,50	- 0,04	+ 0,01
11	+0,55	+ 0,06	+ 0,45
12	- 0, 10	+ 0,27	+ 0,13

Tabel 4.12 D
 Produk Warna merah
 Ukuran pahat : 3 mm
 Tebal lilin : 10 mm

No	Kebulatan produk		
	Ling I	Ling II	Ling III
1	+ 0,09	- 0,09	+ 0,02
2	- 0,07	+ 0,05	+ 0,64
3	+ 0,05	- 0,17	- 0,17
4	+ 0,02	- 0,12	+ 0,09
5	+ 0,18	+ 0,41	+ 0,12
6	+ 0,20	+ 0,33	+ 0,02
7	- 0,05	+ 0,31	+ 0,13
8	+ 0,12	- 0,12	- 0,13
9	+ 0,27	- 0,07	+ 0,48
10	+ 0,43	- 0,22	+ 0,20
11	+ 0,09	+ 0,25	+ 0,61
12	+ 0,08	+ 0,49	+ 0,60

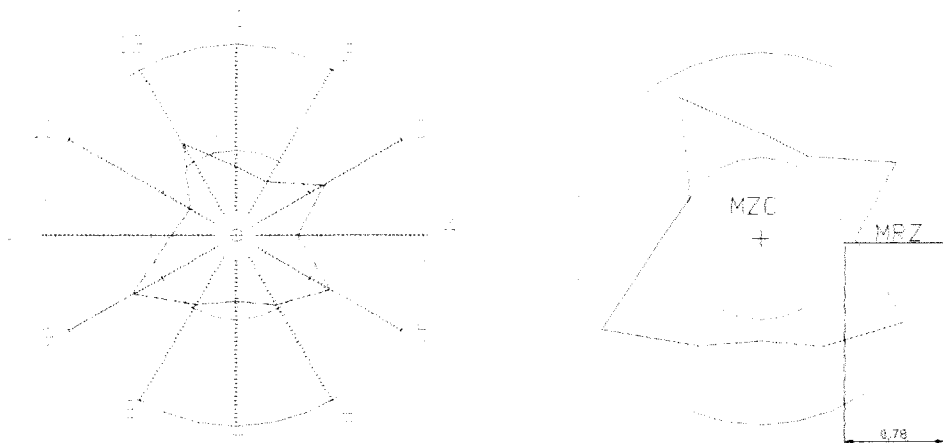
Setelah melakukan proses pengukuran dengan hasil pengukuran pada Tabel 4.12 didapat grafik koordinat polar dari masing-masing lingkaran. Grafik kebulatan dari benda ukur (lingkaran) pada grafik koordinat polar untuk mencari letak titik *minimum zone centre* (MZC) dan *minimum radila zone* (MRZ)

c. Grafik Kebulatan Produk Lingkaran

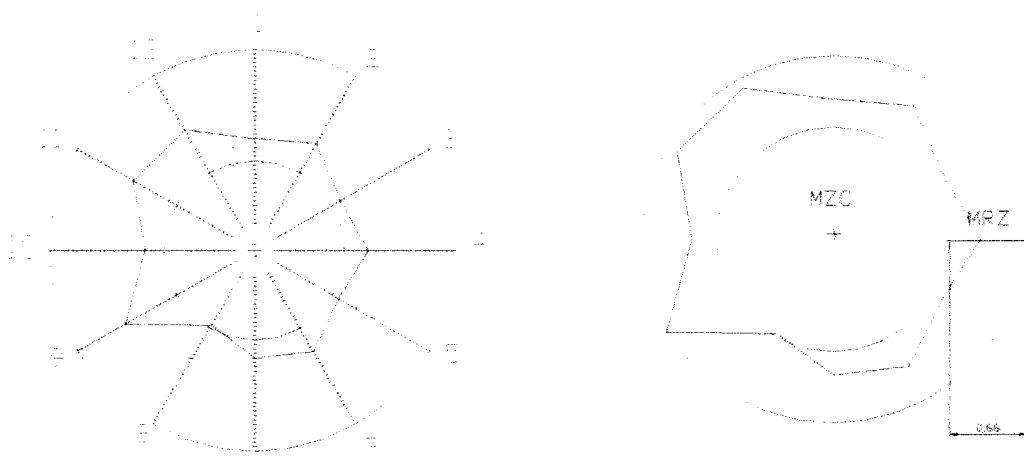


Gambar 4.7 Grafik kebulatan lingkaran 1 warna biru

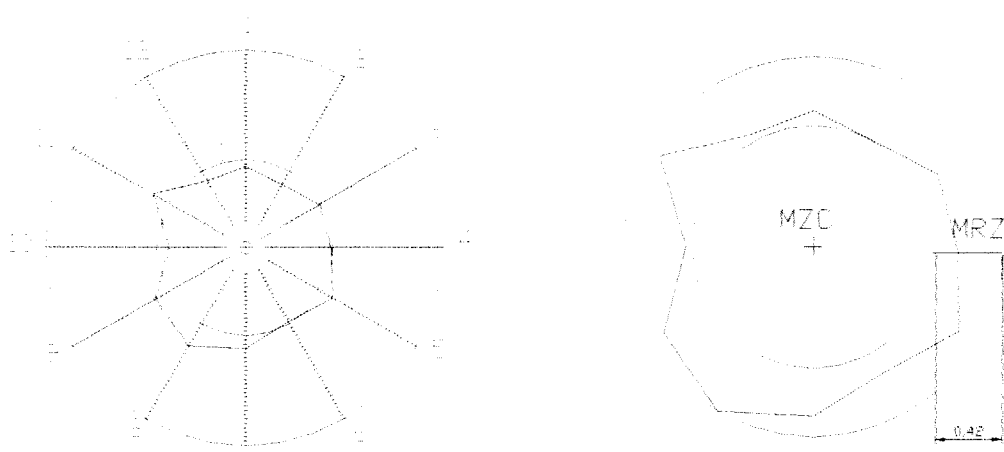
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 5 mm



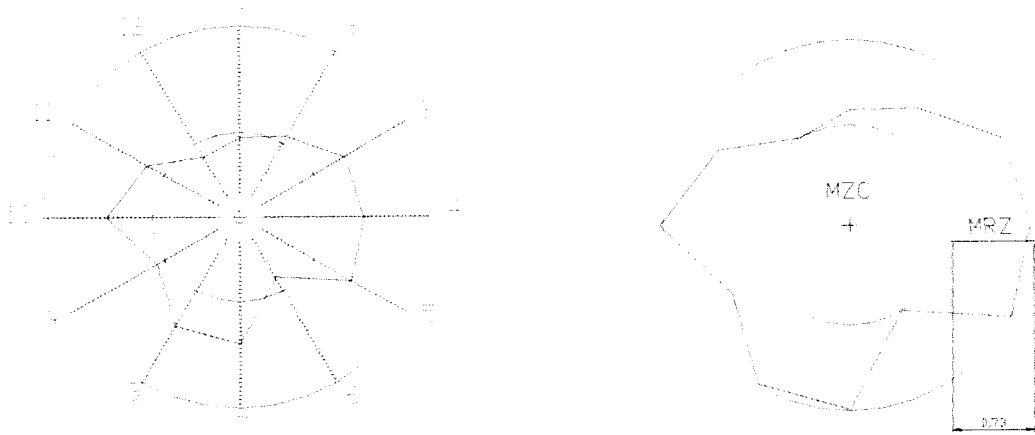
Gambar 4.8 Grafik kebulatan lingkaran 2 warna biru.
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 5 mm



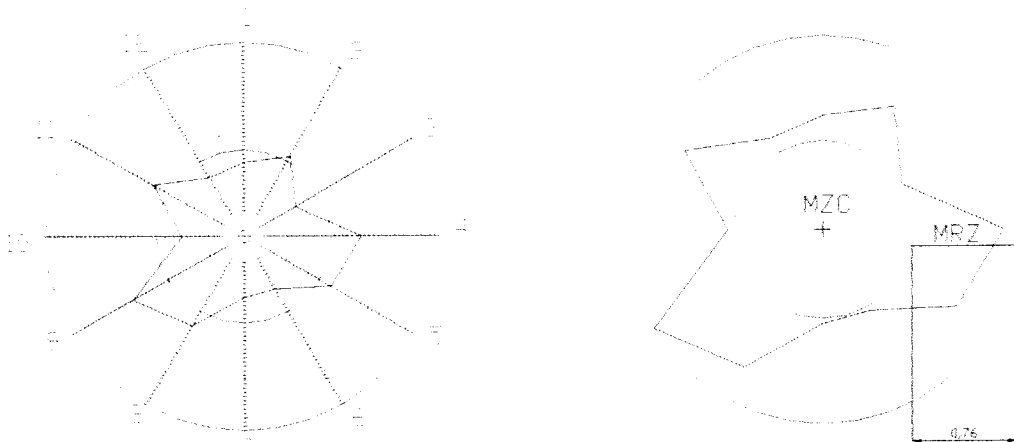
Gambar 4.9 Grafik kebulatan lingkaran 3 warna biru.
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 5 mm



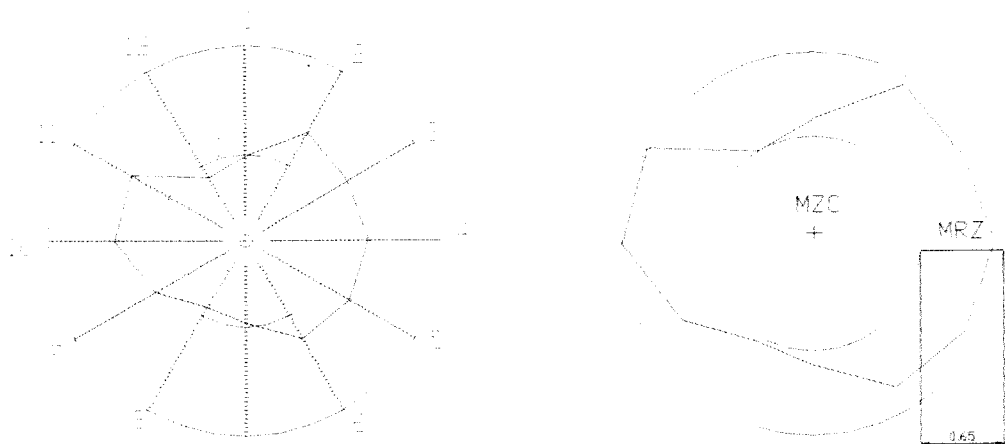
Gambar 4.10 Grafik kebulatan lingkaran 1 warna kuning emas.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 5 mm



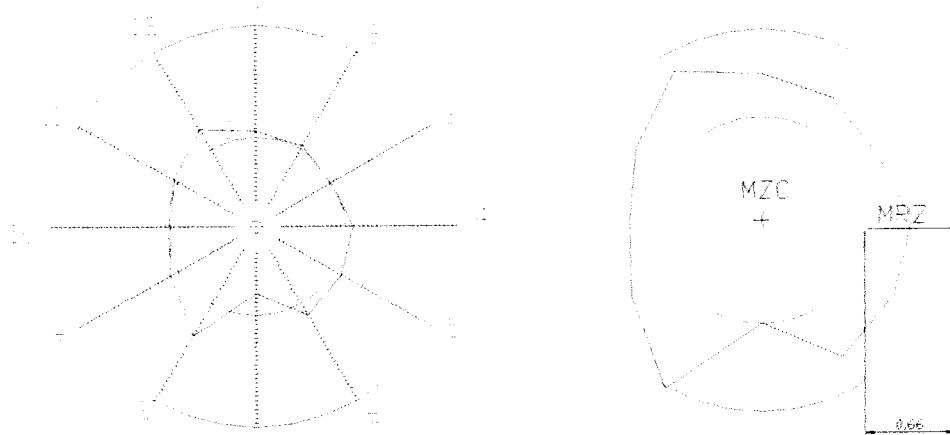
Gambar 4.11 Grafik kebulatan lingkaran 2 warna kuning emas.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 5 mm



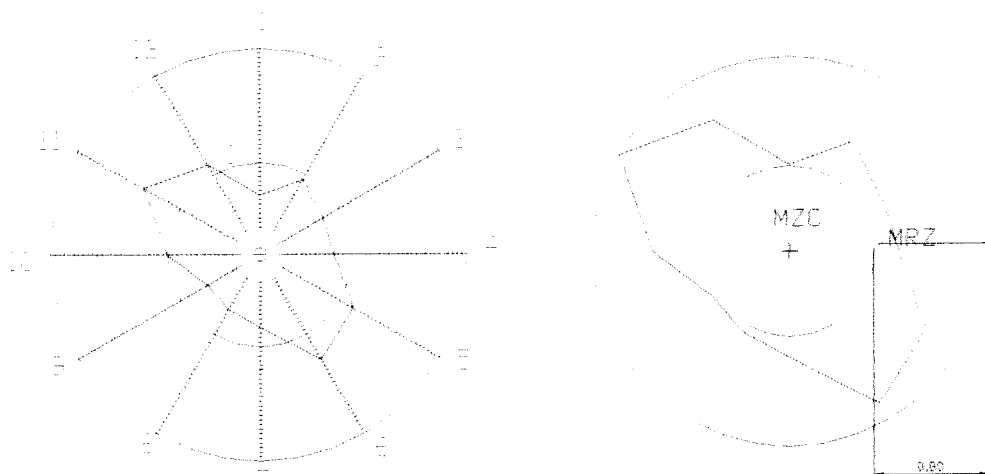
Gambar 4.12 Grafik kebulatan lingkaran 3 warna kuning emas.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 5 mm



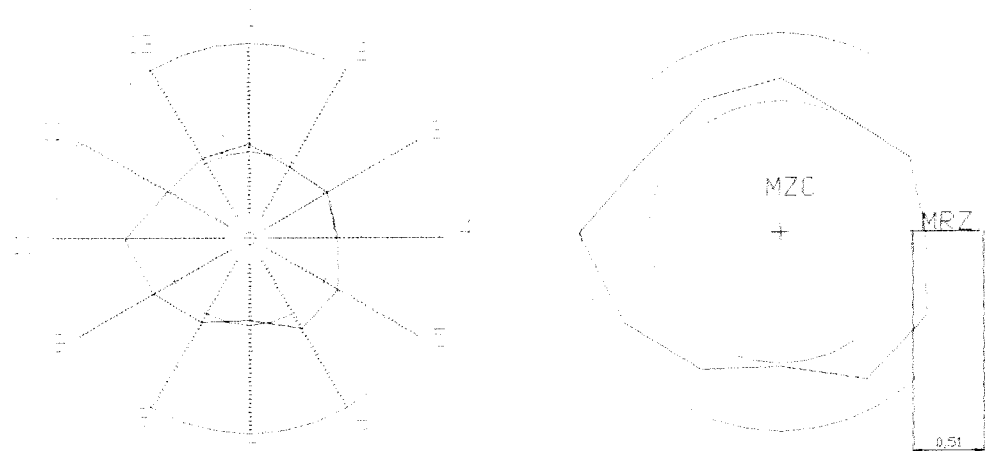
Gambar 4.13 Grafik kebulatan lingkaran 1 warna kuning.
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 10 mm



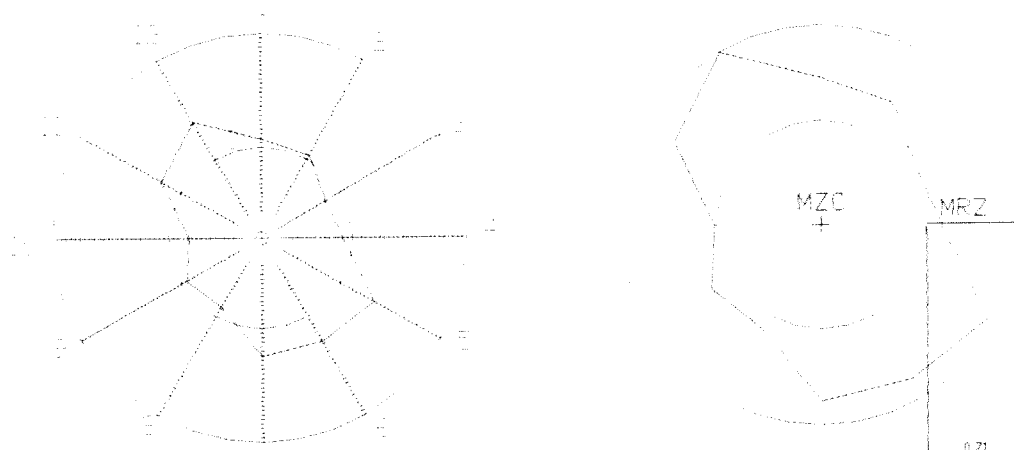
Gambar 4.14 Grafik kebulatan lingkaran 2 warna kuning
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 10 mm



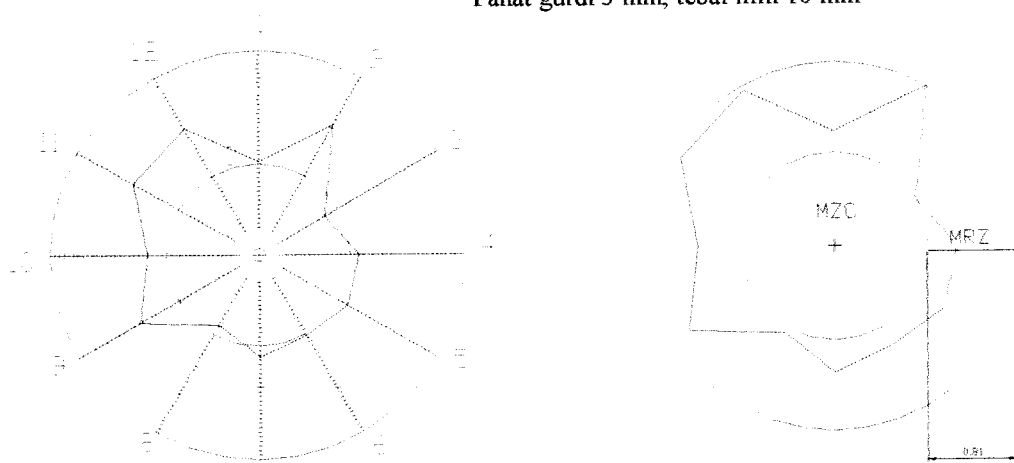
Gambar 4.15 Grafik kebulatan lingkaran 3 warna kuning
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 10 mm



Gambar 4.16 Grafik kebulatan lingkaran 1 warna merah.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 10 mm



Gambar 4.17 Grafik kebulatan lingkaran 2 warna merah.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 10 mm



Gambar 4.18 Grafik kebulatan lingkaran 3 warna merah
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 10 mm.

Dari grafik kebulatan didapat Tabel 4.14 yang menunjukkan hasil *minimum radial zone* (MRZ) dari produk masing-masing lingkaran dari pengukuran dengan menggunakan V-block dan *dial indicator* dengan ketelitian 0.01 mm.

Tabel 4.13 MRZ produk

Ø pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna pola/ produk	MRZ		
			Lingk 1 (mm)	Lingk 2 (mm)	Lingk 3 (mm)
2 mm	5 mm	Biru	1,14	0,78	0,66
	10 mm	Kuning	0,65	0,66	0,80
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,42	0,73	0,76
	10 mm	Merah	0,51	0,71	0,81

4.4 Analisa

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pola yaitu dengan membuat rongga cetak berupa persegi panjang dan lingkaran. Dengan pahat gurdi diameter 2 mm dan 3 mm dengan tebal lilin 5 mm dan 10 mm dengan ukuran lilin A4 (21x29,7). Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana prestasi mesin pembuat pola lilin terhadap kelurusan dan kebulatan. Dengan pengujian dapat diketahui data penyimpangan dimensi. Dengan data yang didapat penyimpangan dimensi panjang dan lebar untuk pola persegi panjang. Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.03 mm pada ketebalan lilin 5 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.04 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.04 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Penyimpangan pada pola lingkaran Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.02 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0,01 mm pada ketebalan lilin 10 mm.

Dalam pemotongan harus diperhatikan juga bagian mana yang mau digunakan kalau bagian luar yang dipakai pemotongan yang dilakukan adalah *down milling* dan yang dipakai bagian dalam pemotongan yang dilakukan adalah *up milling*, dimaksudkan agar serpihan bekas potongan melekat pada bagian yang tidak digunakan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan.

Dari penelitian yang dilakukan telah berhasil dibuat alat pembuat rongga cetak dengan pahat gurdi pada pola lilin untuk proses *Layer Deposition Manufacturing*. Metoda *Layer Deposition Manufacturing* adalah metoda yang cocok untuk membuat produk dengan kompleksitas geometri yang cukup rumit dengan hasil yang lebih teliti, mudah dan cepat.

Pengujian alat yang dilakukan menggunakan pahat gurdi dengan ukuran pahat 2 mm dan 3 mm, dengan pahat tersebut telah berhasil dibuat rongga cetak berbentuk persegi panjang dengan panjang 38,5 mm, dan lebar 22 mm menggunakan lilin ukuran A4 (210 mm X 297 mm) dengan tebal lilin 5 mm dan 10 mm.

Setelah pengujian alat dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari data yang didapat, terdapat penyimpangan dimensi panjang dan lebar untuk pola persegi panjang. Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.03 mm pada ketebalan lilin 5 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.04 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.04 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 pada ketebalan lilin 10 mm. Penyimpangan pada pola lingkaran Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.02 pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0,01 mm pada ketebalan lilin 10 mm dan prestasi mesin tidak hanya ditentukan oleh besar kecilnya pahat yang digunakan atau tebal lilin yang digunakan akan tetapi yang menentukan prestasi mesin pembuat pola lilin ini adalah ketrampilan operator.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka ada beberapa saran, yaitu :

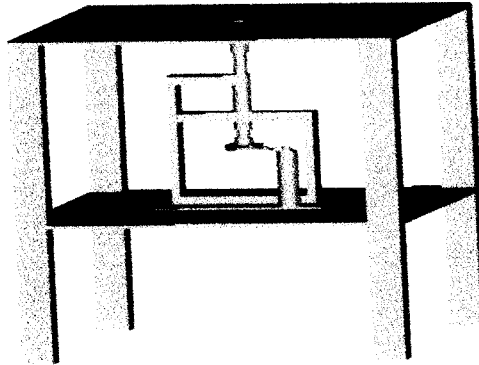
1. Pemotongan harus diperhatikan bagian mana yang mau digunakan kalau bagian luar yang dipakai, pemotongan yang dilakukan adalah *down milling* dan jika bagian dalam yang dipakai, pemotongan yang dilakukan adalah *up milling*.
2. Diperlukan kesabaran dan ketelitian dalam membuat sebuah rongga cetak.
3. Perlu diperhatikan faktor penyusutan dalam pembuatan produk.

DAFTAR PUSTAKA

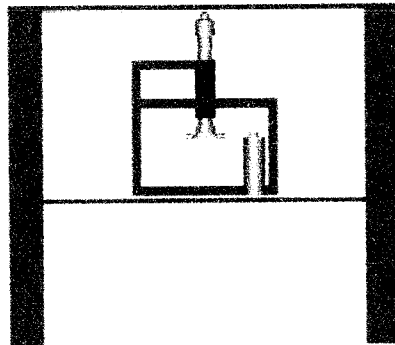
- Griffith. M.** 1998. *Rapid Prototyping Technologies*. Rapid Prototyping
<http://www.me.psu.edu/lamancusa/me415/rpintro2.pdf>
(tgl akses 6 -11-2006)
- Martin. G. H.**, 1985. “*Kinematika Dan Dinamika Teknik Edisi Kedua*”,
Erlangga, Jakarta.
- Rochim. T, Wirjomarto. S. H.**, 1985. “*Spesifikasi Geometris Metrologi
Industri Dan Kontrol Kualitas*”, Laboratoria Teknik Produksi Dan
Metrologi Industri ITB.
- Stolk. J, Kros. C.**,1986. “ *Elemen Mesin Elemen Konstruksi Dari Bangunan
Mesin*”, Erlangga, Jakarta
- Sularso, Suga. K.**,1997. “*Dasar Perancangan Dan Pemilihan Elemen
Mesin*”, P.T. Pradnya Pramita, Jakarta.
- Weiss. L. E.**1997. *Panel Report on Rapid Prototyping in Europe and Japan.*
JTEC/WTEC SFF Processes.
http://itri.loyola.edu/rp/02_02.htm
(tgl akses 6-11-2006)

LAMPIRAN

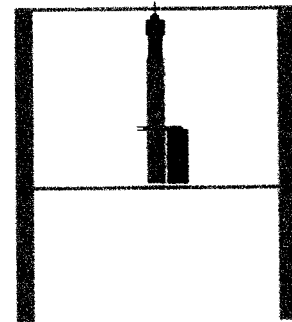
Gambar Alat



Gambar 3.2.1. Mesin pembuat pola

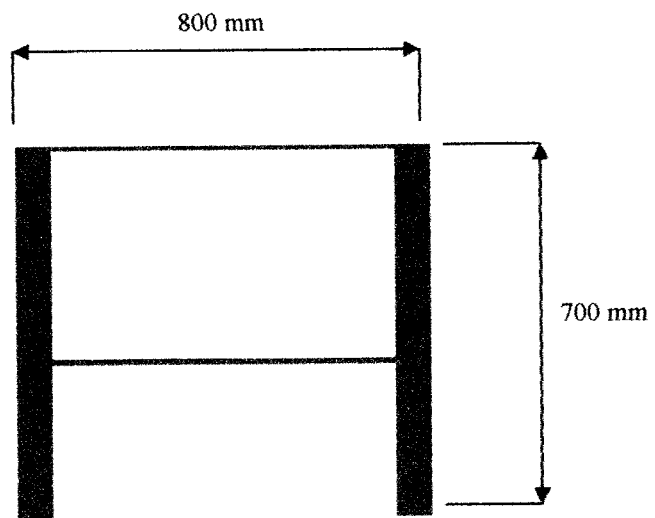
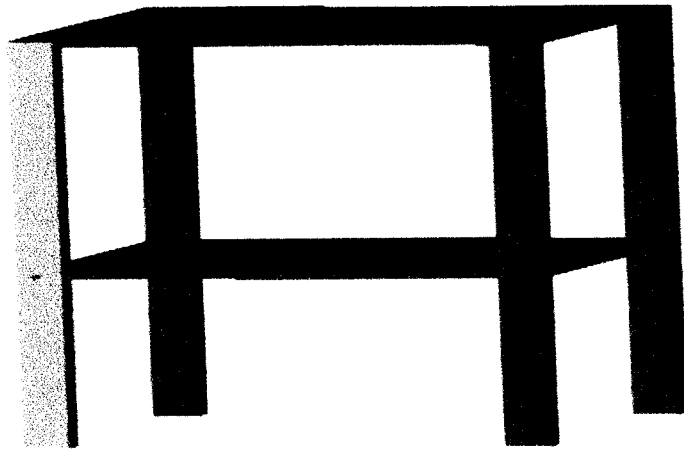


Gambar Mesin pembuat pola
tampak depan

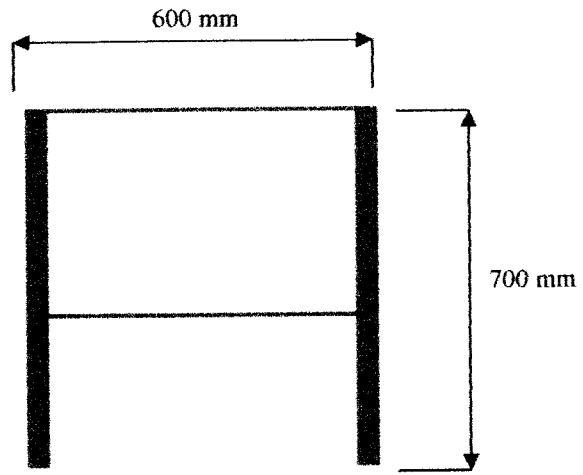


Gambar . Mesin pembuat pola
tampak samping

Gambar Meja

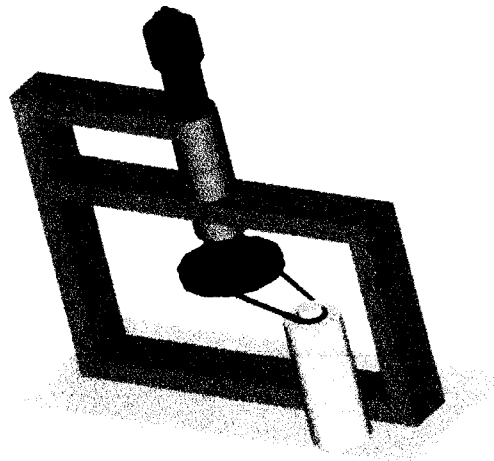


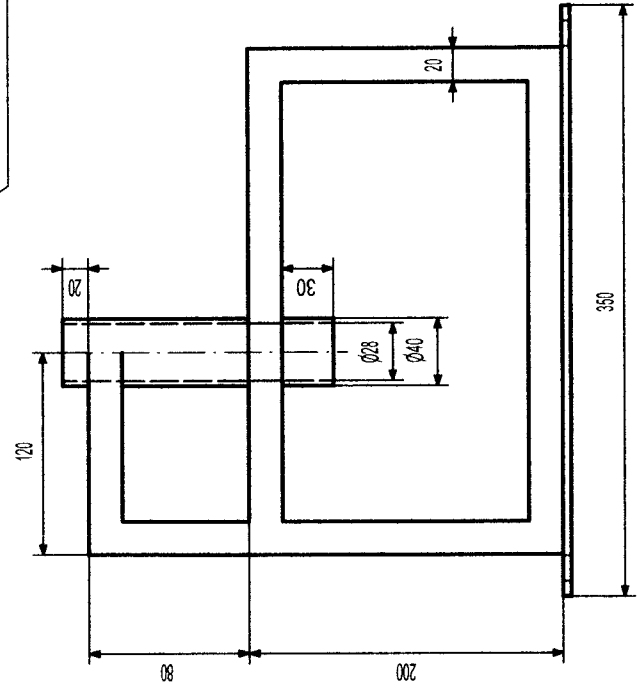
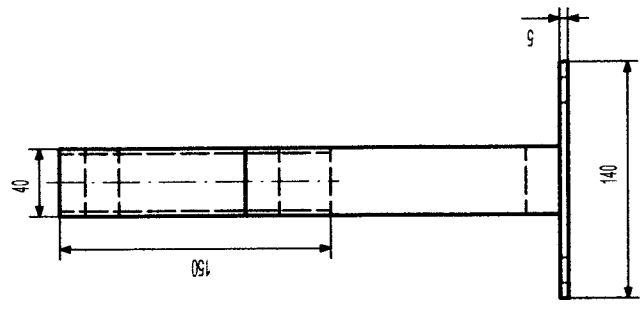
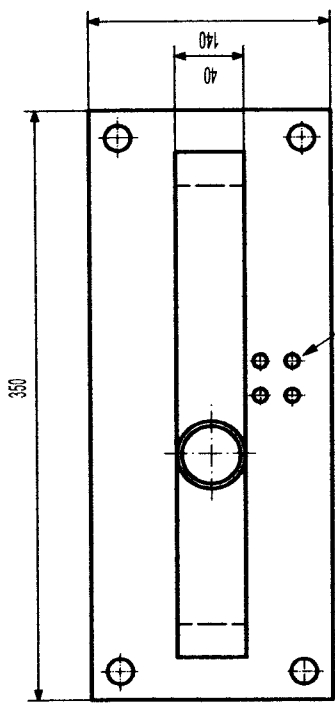
Gambar Tampak depan

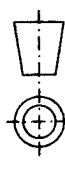


Gambar Tampak samping

Gambar Kerangka Mesin





	SKALA : 1 : 3	DIGAMBAR : FITRI ATMONO AGUS	CATATAN :	
	UKURAN : mm	DEPT : TEKNIK MESIN	2007	FORM : A4
	TANGGAL : 04-07-2007	DILIHAT : M.RIDLWAN, ST., MT	KERANGKA MESIN	
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA				

Gambar Motor Pengerak Mesin Pembuat Pola



Pahat Gurdi Yang Digunakan



(Ukuran Pahat 2 mm)



(Ukuran Pahat 3 mm)