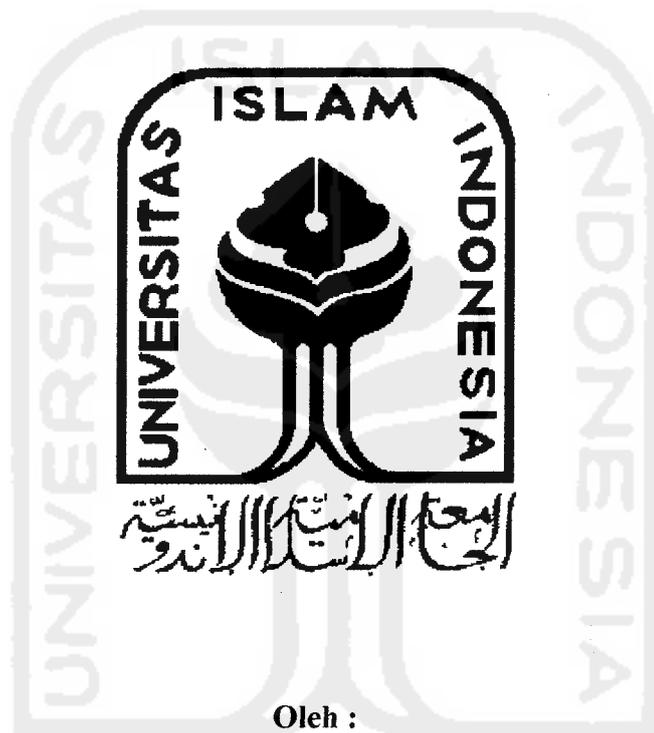


SIMULASI ROBOT UNTUK *SPOT WELDING*

TUGAS AKHIR

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



Oleh :

Nama : UMAR FARUKH

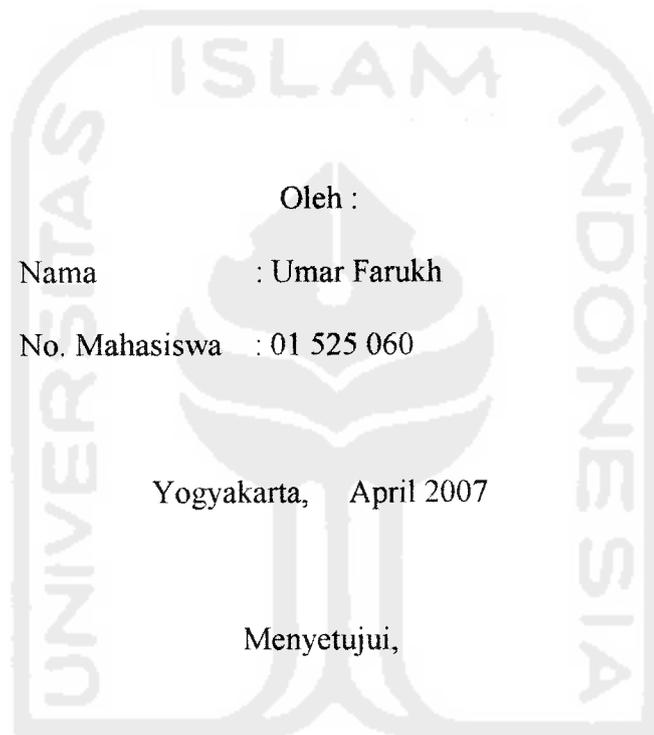
No.MHS : 01 525 060

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

SIMULASI ROBOT UNTUK *SPOT WELDING*

TUGAS AKHIR



Oleh :

Nama : Umar Farukh

No. Mahasiswa : 01 525 060

Yogyakarta, April 2007

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

(Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng)

(Agung Nugroho Adi, ST, MT)

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
SIMULASI ROBOT UNTUK *SPOT WELDING***

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Umar Farukh
No. Mahasiswa : 01 525 060

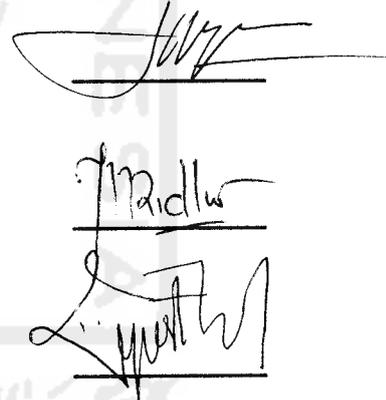
Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu
Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 1 Mei 2007

Tim Penguji

**Ir. Paryana Puspaputr, M.Eng
Ketua**

**Muhammad Ridlwan, ST., MT
Anggota I**

**Yustiasih Purwaningrum, ST.,MT
Anggota II**



**Mengetahui,
Kajur Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Muhammad Ridlwan, ST. MT

HALAMAN PERSEMBAHAN

Setiap kaki ini melangkah menapaki hari yang tak terasa berlalu dengan cepat, dalam pundak memikul tanggung jawab dan amanat. Tanpa adanya perjuangan dan ridho dari *Illahi*, tanggung jawab dan amanat tidak dapat terbuktikan. Sebuah tulisan sebagai Tugas Akhir inilah tanggung jawab dan amanat ku persembahkan kepada:

Ibu Nihayah tercinta,

Tiada kata yang dapat terucap kecuali sujud sukur, kau tunjukkan nilai sebuah kehidupan.

Bapak Muhammad Fatah,

Ku dapatkan arti dari tanggung jawab dan amanat.

Bapak H. Nuwairi (alm),

Terimakasih Allah, Engkau berikan yang terbaik untukku, tak akan terhapuskan kebersamaanku.

Mas Zuchri Fatchurozi,

Kemarahan dengan niat baik kau tunjukkan.

Gufon Zulqisthi,

Senyuman yang tak terlupakan.

Pradipta Puspita Sari,

Perjuangan, pengharapan, kerja keras teriring untuk sebuah cita-cita kebahagiaan bersama

MOTTO

“Sarungkan pedangmu rapat-rapat tanpa seorangpun tahu kau membawanya dan tajamnya pedangmu tidak menyilaukan hatimu”

“Kalau engkau berada dalam suatu nikmat maka peliharalah.
Hanya maksiatlah yang dapat menghapuskannya”
(Ali Bin Abi Tholib)

“...Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri...”
(Ar Ra'd : 011)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb.

Alhamdulillahirobbil'aalamiin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan ini tepat pada waktunya.

Pada kesempatan kali ini, penyusun melaporkan hasil penelitian maupun perancangan yang dilakukan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST) pada Program Ilmu Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam penelitian dan penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan dan peran serta dari berbagai pihak, oleh karena itu penyusun mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng, selaku dosen pembimbing satu, yang telah memberikan banyak pengetahuan mengenai mekanisme otomasi dalam dunia industri.
2. Agung Nugroho Adi, ST. MT, selaku pembimbing dua, yang memberikan judul tugas akhir dan membimbing saya dengan sabar.
3. Muhammad Ridlwan, ST. MT, selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Pudjono, ST, yang telah meluangkan waktu untuk selalu berdiskusi dengan saya.
5. Bapak/Ibu Fatah yang dengan sabar menanti putranya menjadi sarjana.
6. Pradipta Puspita Sari, S.Far, Apt, pemberi semangat, kepercayaan, ketulusan dalam memahami setiap langkah pemikiranku.
7. Zuchri Fatchurozi, ST , selaku pemberi fasilitas komputer.
8. Gufron Zulqisthi, senyum kebahagiaan yang memberi memotifasi diri.
9. Ariyanto Wibowo untuk kamar kost selama kuliah di teknik mesin UII
10. Eko Setiawan, teman seperjuangan.
11. Sunaryanto, terimakasih

12. Wilis Wijaya Putra, S.psi, sahabat tanpa batas yang memberikan ketegasan dalam bersikap.
13. Aris Sudrajat,
14. Fajar Amin & Woro (Jarwo), sahabat dalam mencari teka-teki keanehan hidup di dunia.
15. Semua dosen Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
16. Seluruh teman teknik mesin UII yang tak dapat disebut satu persatu, tak terlupakan persahabatan kita
17. Teman-teman KKN, Irma, Dweu, Ardi.

Penyusun menyadari bahwa dalam laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, ini tidak lepas dari kurangnya pengetahuan penyusun, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi kemajuan penyusun di masa mendatang.

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

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.

Jogjakarta, 1 Mei 2007
Penyusun,

Umar Farukh

DAFTAR ISI

Judul.....	i
Halaman Pengesahan Pembimbing.....	ii
Halaman Pengesahan Penguji.....	iii
Halaman Persembahan.....	iv
Motto.....	v
Kata Pengantar.....	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Lampiran.....	xii
Abstraksi.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Las.....	4
2.1.1 Klasifikasi Pengelasan.....	4
2.1.2 Las Resistansi Listrik.....	5
2.2. Robot.....	6
2.2.1 Konfigurasi Robot.....	10
2.3 IGRIP.....	11
2.4 Jig dan Fixture.....	12
2.4.1 Tipe <i>Jig</i> dan <i>Fixture</i>	12
2.4.2 Rancangan dan Pemilihan <i>Jig</i>	15
2.4.3 Faktor-Faktor Dalam erancangan <i>Jig</i> dan <i>Fixture</i>	16
2.4.4 <i>Clam</i> dan <i>Locator</i>	17

BAB III PERANCANGAN *DEVICE* PADA IGRIP

3.1 Perancangan <i>Device</i>	18
3.2 Manipulator <i>Cylindrical</i>	20
3.3 <i>Gripper</i>	27
3.4 Benda Kerja	28
3.5 <i>Jig</i> dan <i>Fixture</i>	28
3.6 Program Program.....	30
3.6.1 Path dan Tag.....	30
3.6.2 Program GSL.....	31

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Letak <i>Device</i>	33
4.2 Penentuan Gerak Suatu <i>Device</i>	34
4.3 Hubungan Pergerakan <i>Device</i>	34
4.4 Melaksanakan Simulasi Dan Analisa <i>Workcell</i>	36
4.5 <i>Cycle Time Workcell</i>	37

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39

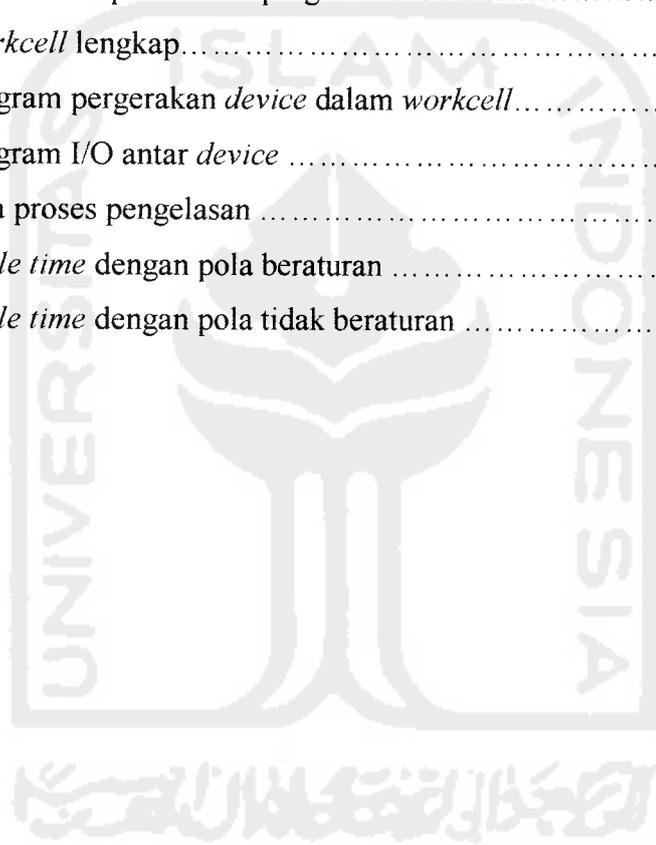
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi pengelasan.....	5
Gambar 2.2 Las resistansi titik dan resistansi tumpang.....	6
Gambar 2.3 Lengan robot enam sumbu.....	7
Gambar 2.4 Pengelompokan robot berdasarkan tipe sistim	7
Gambar 2.5 Macam- macam <i>joint</i>	8
Gambar 2.6 Manipulator kartesian.....	9
Gambar 2.7 Manipulator <i>cylindrical</i>	9
Gambar 2.8 Manipulator <i>spherical</i>	9
Gambar 2.9 Manipulator <i>articulated</i>	10
Gambar 2.10 <i>Templates jig</i>	12
Gambar 2.11 <i>Plate jig</i>	12
Gambar 2.12 <i>Sandwich jig</i>	13
Gambar 2.13 <i>Plate fixture</i>	13
Gambar 2.14 <i>Indexing fixture</i>	13
Gambar 2.15 <i>Vise jaw fixture</i>	14
Gambar 3.1 Diagram proses pembuatan simulasi.....	18
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> pembuatan simulasi IGRIP.....	19
Gambar 3.3 Manipulator <i>cylindrical</i>	21
Gambar 3.4 Diagram perancangan manipulator.....	21
Gambar 3.5 <i>Base</i> manipulator.....	21
Gambar 3.6 <i>Link 1</i> manipulator.....	22
Gambar 3.7 <i>Link 2</i> manipulator.....	22
Gambar 3.8 <i>Link 3</i> manipulator.....	23
Gambar 3.9 <i>Link 4</i> manipulator.....	23
Gambar 3.10 <i>Link 5</i> manipulator.....	23
Gambar 3.11 <i>Link 6</i> manipulator.....	24
Gambar 2.12 <i>Flowchart</i> penyusunan <i>device</i>	25
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> kinematik manipulator.....	26
Gambar 3.14 Manipulator <i>cylindrical</i>	27

Gambar 3.15 <i>Gripper</i>	27
Gambar 3.16 Benda kerja	28
Gambar 3.17 <i>Jig</i> Pembawa benda kerja	29
Gambar 3.18 <i>Locator</i> dan <i>clam</i> pada <i>jig</i>	29
Gambar 3.19 <i>Flowchart</i> Pembuatan <i>path</i> dan <i>tag</i>	30
Gambar 3.20 Manipulator dengan <i>path</i> dan <i>tagnya</i>	31
Gambar 3.21 Tampilan program <i>GSL</i>	31
Gambar 3.22 <i>Flowchart</i> pembuatan program	32
Gambar 4.1 <i>Workcell</i> lengkap.....	33
Gambar 4.2 Diagram pergerakan <i>device</i> dalam <i>workcell</i>	35
Gambar 4.3 Diagram I/O antar <i>device</i>	36
Gambar 4.4 Pola proses pengelasan	37
Gambar 4.5 <i>Cycle time</i> dengan pola beraturan	38
Gambar 4.6 <i>Cycle time</i> dengan pola tidak beraturan	38



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Program GSL manipulator
- Lampiran 2 : Program GSL *jig* dan *fixture*
- Lampiran 3 : Program GSL *bes jig*
- Lampiran 4 : Program GSL *end effector*
- Lampiran 5 : Program GSL manusia
- Lampiran 6 : Gambar susunan manipulator
- Lampiran 7 : Gambar *base* manipulator
- Lampiran 8 : Gambar *link 1*
- Lampiran 9 : Gambar *link 2*
- Lampiran 10 : Gambar *link 3*
- Lampiran 11 : Gambar *link 4*
- Lampiran 12 : Gambar *link 5*
- Lampiran 13 : Gambar *link 6*
- Lampiran 14 : Gambar susunan *trolley*
- Lampiran 15 : Gambar *trolley base*
- Lampiran 16 : Gambar *trolley 1*
- Lampiran 17 : Gambar *trolley 2*
- Lampiran 18 : Gambar *trolley 2b*
- Lampiran 19 : Gambar *trolley 3*
- Lampiran 20 : Gambar *trolley 4*
- Lampiran 21 : Gambar susunan *jig*
- Lampiran 22 : Gambar susunan *jig 2*
- Lampiran 23 : Gambar *locator 1*
- Lampiran 24 : Gambar *locator 2*
- Lampiran 25 : Gambar *clam 2*
- Lampiran 26 : Gambar *locator 3*
- Lampiran 27 : Gambar *clam 3*
- Lampiran 28 : Gambar *locator 4*
- Lampiran 29 : Gambar *clam 4*

Lampiran 30 : Gambar *locator* 5

Lampiran 31 : Gambar *clam* 5

Lampiran 32 : Gambar *locator* 6

Lampiran 33 : Gambar *locator* 7



Abstraks

Di antara banyak hal yang dipertimbangkan untuk meningkatkan produksi adalah efisiensi, kecepatan produksi dan mutu yang bagus. Untuk mendapatkan itu semua, perlu adanya pengaturan mengenai workcell dalam industri. Pengaturan workcell suatu produksi tidak mungkin dapat dilakukan tanpa adanya kajian mengenai workcell tersebut. Pengkajian mengenai workcell dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya menggunakan simulasi. Dalam perancangan ini digunakan soft ware VMAP untuk mengetahui seberapa efisien suatu workcell dengan pembahasan spot welding produksi trolley. Dari simulasi ini dapat dicari metode yang tepat, sehingga workcell efisien dan meningkatkan produktivitas. Pembuatan simulasi ini, dimulai dari pembuatan device yang berupa manipulator, jig, benda kerja, dilanjutkan pengaturan letak atau posisi yang mendekati kenyataan di industri. Dari hasil simulasi dapat ditarik kesimpulan bahwa pergerakan suatu device mempengaruhi efektivitas produksi. Semakin teratur pola pergerakan device dalam melakukan pekerjaannya, dapat untuk menurunkan cycle time satu kali produksi.

Kata kunci : *Workcell, Simulasi, Spot Welding*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan industri tidak terlepas dari sumber daya manusia yang merupakan faktor terpenting dalam suatu industri, maka diperlukan pemahaman keilmuan yang tidak hanya pada dataran teoritis atau hanya pada dasar-dasar teori saja, tetapi dibutuhkan pula kesempatan untuk menerapkan keilmuan tersebut.

Prosedur pengelasan kelihatannya sangatlah sederhana dilihat segi teoritisnya, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi di mana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta dalam mendampingi praktek. Secara terperinci dapat dikatakan bahwa dalam perancangan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan dipergunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian mesin yang dirancang.

Las busur logam tidak dapat diabaikan dalam perencanaan bangunan dan telah memberikan sumbangan dalam memodernisasi bangunan baja di mana lingkup pemakaiannya, meliputi bidang-bidang industri *manufactur*, perkapalan, kendaraan rel, jembatan dan rangka baja.

Pada tahap-tahap permulaan dari pengembangan teknologi las, biasanya pengelasan hanya dipergunakan pada sambungan-sambungan dan reparasi-reparasi yang kurang penting. Tetapi kini setelah perkembangan teknologi, penggunaan proses-proses pengelasan dan penggunaan konstruksi-konstruksi las merupakan hal yang umum di semua bidang industri.

Proses produksi dengan menggunakan mesin robot industri dapat meningkatkan produktivitas yang jauh lebih tinggi. Selain menggunakan robot dalam industri masih banyak juga yang membutuhkan manusia sebagai operator. Seperti halnya proses *assembling*, proses pengelasan, proses *material handling*.

Robot berfungsi menggantikan tugas manusia pada tiap proses dalam jalur produksi. Manfaat yang dirasakan dari penggunaan robot adalah meningkatnya produktivitas yang diharapkan dapat mengimbangi kecepatan produksi dari mesin CNC dan dapat dioperasikan terus menerus.

Dari perkembangan teknologi yang sangat cepat, dibutuhkan suatu mekanisme yang memungkinkan proses produksi, dalam hal ini pengelasan menggunakan robot berjalan dengan cepat dan ekonomis. Oleh karena itu dibutuhkan suatu rancangan yang matang untuk mendesain suatu *workcell* dengan proses produksi tertentu. Dalam perancangan *workcell* tersebut perlu adanya uji kelayakan produksi yang bisa disimulasikan lewat *software*, di mana simulasi ini mengantisipasi terjadinya pembengkakan biaya dalam perancangan maupun biaya produksi lainnya dan dapat dilihat peningkatan produktivitasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Simulasi robotik sudah mulai dilirik dunia industri, untuk menghindari pembengkakan biaya dalam perancangan *workcell* dan dapat untuk mengetahui peningkatan produktivitas suatu produk.

Untuk itu dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana merancang suatu *workcell spot welding* yang efisien menggunakan simulasi IGRIP (*Interactive Graphics Robot Instruction Program*)? .

1.3 Batasan Masalah

Pada tahap penelitian ini, penyelesaian masalah secara mendasar dilakukan dengan pembatasan-pembatasan sebagai berikut :

- Pembuatan simulasi *spot welding* robotik untuk *assembling*.
- Simulasi menggunakan IGRIP dengan bahasa pemrograman GSL (*Graphic Simulation Language*).
- Produk yang dihasilkan adalah trolley pengangkut barang, dengan penyambungan material menggunakan strategi las titik (*spot welding*).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mencari strategi pengelasan suatu produk dengan robotik, yang efisien, cepat, produktivitas dapat meningkat, yang ditunjukkan menggunakan simulasi robotik.

1.5 Manfaat Penelitian

- Mengetahui dasar-dasar pemrograman robot dan kinematikanya.
- Bertambahnya wawasan keilmuan mengenai perkembangan industri *manufactur*.
- Bagi perancang, perancangan ini dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk menerapkan ilmu yang diperoleh di perguruan tinggi.
- Dapat diketahui seberapa besar peningkatan produktivitas produk dan biaya perancangan oleh industri *manufactur*

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan dibagi menjadi lima bab, diantaranya pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah dan tujuan dari perancangan ini.

Pada bab dua, berisi dasar teori yang diambilkan dari referensi-referensi buku yang menunjang dan menguatkan dasar-dasar dalam penelitian simulasi *spot welding* robotik ini.

Bab tiga, dijelaskan bagaimana cara membuat suatu rancangan *workcell* dari pembuatan produk, *link-link* manipulator hingga program yang digunakan untuk menjalankan simulasi.

Setelah mengetahui cara membuat *workcell*, dalam bab empat dibahas tentang bagaimana *workcell* itu bekerja, berapa waktu yang digunakan untuk proses pengelasan dan perbedaan waktu siklus menggunakan alur teratur dalam pengelasan dengan alur yang tidak teratur.

Penutup ada pada bab lima, yang menerangkan kesimpulan dari penelitian ini dan saran untuk perbaikan rancangan yang selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Las

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas [HAR,1996].

2.1.1 Klasifikasi Pengelasan

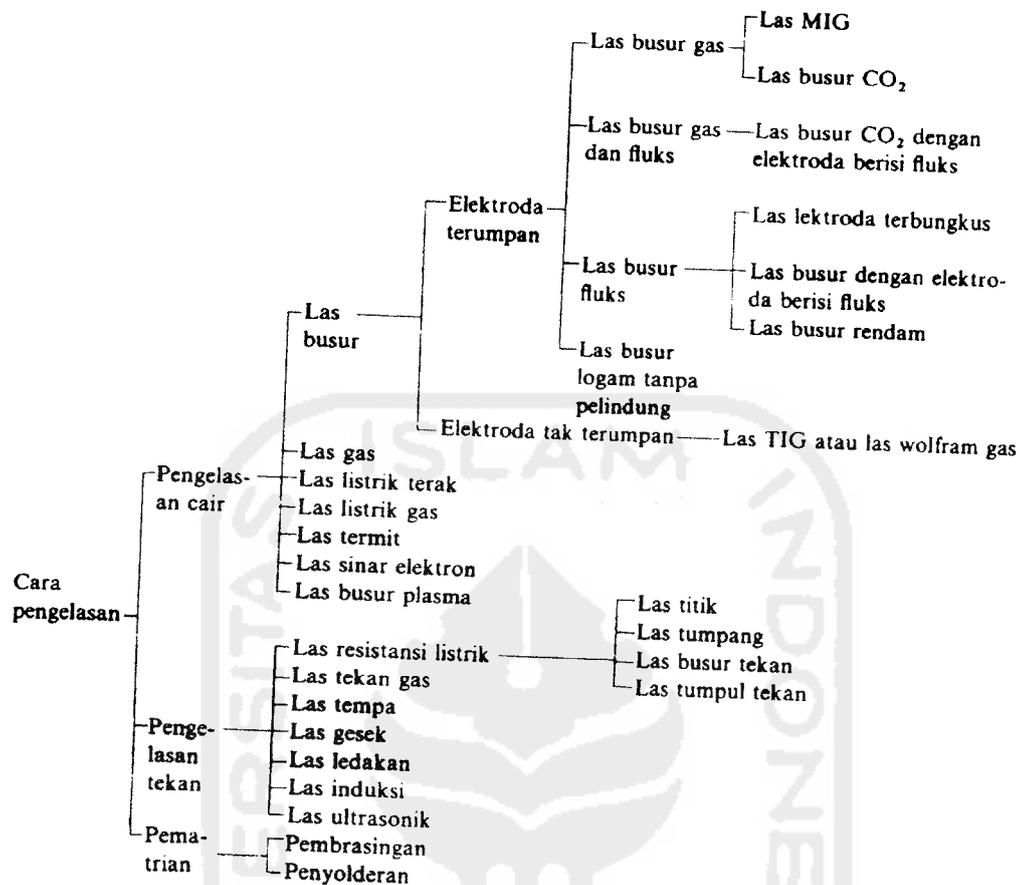
Secara konvensional cara pengklasifikasian dapat dibagi dalam dua golongan [HAR,1996], yaitu :

- Klasifikasi berdasarkan cara kerja
- Klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan.

Klasifikasi berdasarkan cara kerja dibagi lagi dalam kelompok

1. Las cair : Pengelasan di mana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Las tekan : Pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Las patri : Pengelasan di mana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam hal ini logam induk tidak turut mencair.

Sedangkan klasifikasi berdasarkan energi membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik. Pengklasifikasian las secara lengkap dapat dilihat dalam Gambar 2.1



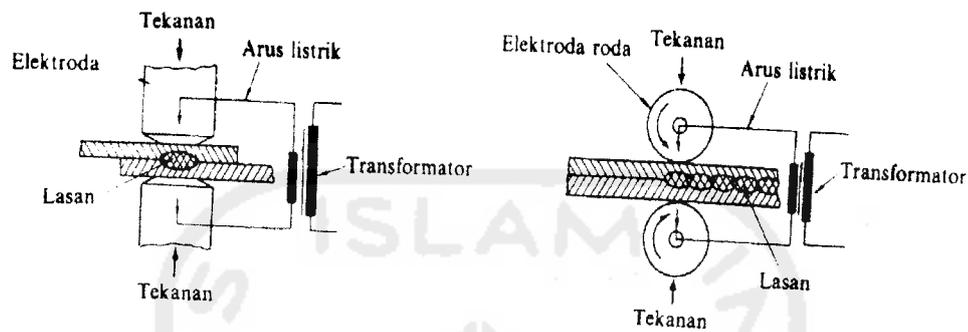
Gambar 2.1 Klasifikasi Pengelasan

2.1.2 Las Resistansi Listrik

Las resistansi listrik adalah suatu cara pengelasan dimana permukaan pelat yang disambung ditekan satu sama lain pada saat yang sama arus listrik dialirkan sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik. Dalam las ini terdapat dua kelompok sambungan yaitu sambungan tumpang dan sambungan tumpul. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan untuk plat-plat tipis dan masih dibagi lagi yaitu *spot welding*. Perbedaan yang jelas dapat dilihat dalam gambar 2.2.

Dalam *spot welding*, plat yang dilas dijepit pada tempat sambungan dengan sepasang elektroda dari paduan tembaga dan kemudian dialiri arus listrik yang besar dalam waktu yang singkat. Karena aliran listrik antara kedua elektroda tersebut harus melalui logam yang dijepit, maka pada tempat jepitan timbul

panas yang menyebabkan logam di tempat tersebut mencair dan tersambung. Pada tempat kontak antara elektroda dan plat juga terjadi panas karena tahanan listrik, tetapi tidak sampai mencairkan logam, karena ujung-ujung elektroda didinginkan dengan air. [MFGP, 1987]



Gambar 2.2 Las Resistansi Titik dan Resistansi Tumpang

Dalam pengelasan atau proses penyambungan antara dua logam atau lebih menggunakan energi panas. Karena hal tersebut maka logam disekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi, dan deformasi. Hal-hal ini sangat erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las, dan retak yang pada umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dan konstruksi yang di las.

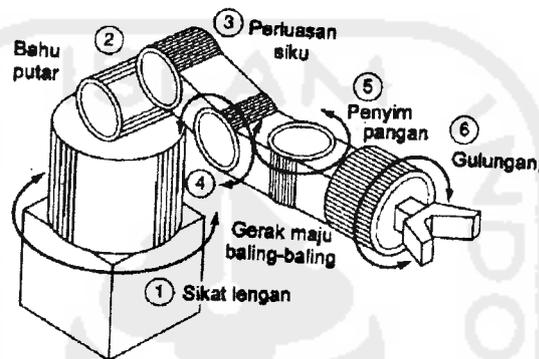
2.2 Robot

Robot berasal dari kata “robot” yang dalam bahasa Ceko, berarti budak, pekerja, kuli. Pertama kali kata “robot” diperkenalkan oleh Karel Capek dalam sebuah pentas sandiwara pada tahun 1921. Kemudian istilah robot digunakan untuk menyebut suatu peralatan yang dapat diprogram untuk menjalankan suatu tugas tertentu secara otomatis.

Robot [PET, 1996] adalah alat yang dikontrol komputer yang melakukan tugas yang biasanya dilakukan oleh manusia. Robot merupakan manipulator mekanik yang gerakannya dikontrol dengan menggunakan teknik pemrograman.

Robot merupakan sederetan sambungan mekanik sederhana yang digerakkan oleh motor *servo*. Daerah pada tiap sambungan antar hubungan disebut

sambungan (*joint*). Adapun sumbu kemungkinan garis lurus (*linier*), berputar atau berbentuk elip (*sirkuler*). Pergelangan tangan (*wrist*) adalah nama yang biasanya diberikan pada tiga sambungan terakhir pada lengan robot. Sedangkan yang keluar dari lengan, sambungan *wrist* disebut sambungan *joint pitch*, sambungan *yaw* dan sambungan *roll*. Skema lengan robot ini ditunjukkan dalam gambar 2.3



Gambar 2.3 Lengan Robot Enam Sumbu

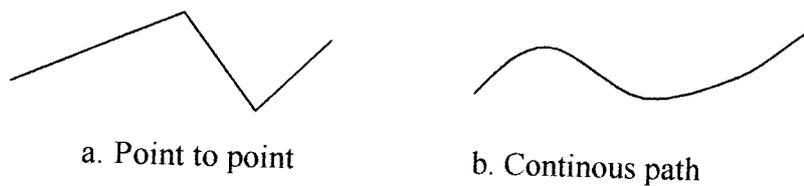
Terdapat berbagai macam cara untuk mengelompokkan robot, diantaranya sebagai berikut:

1. Berdasarkan tipe sistem

a. *Point to point* : *End effector* hanya dapat melakukan fungsinya pada satu titik selama lengan robot tidak bergerak.

b. *Continous path* : *End effector* dapat melakukan fungsinya pada titik-titik sepanjang jalur gerakannya selama lengan robot bergerak.

Pengelompokan robot berdasarkan tipe sistem dapat dilihat perbedaannya pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pengelompokan Robot Berdasarkan Tipe Sistem

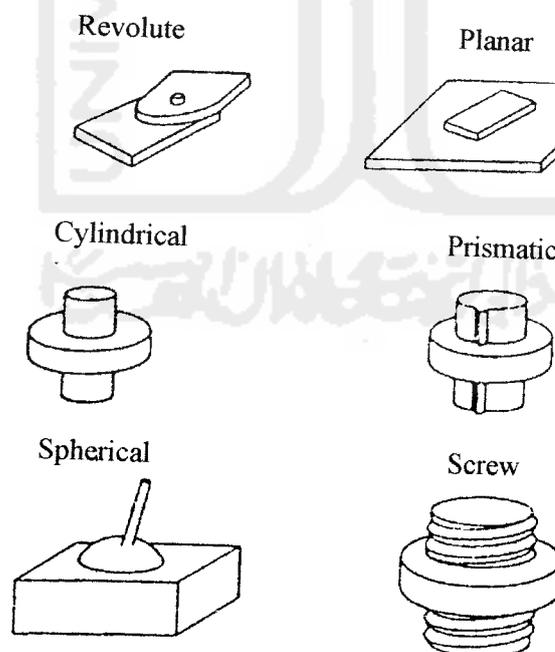
2. Berdasarkan sumber tenaganya

- a. Robot pneumatik : Menggunakan tenaga pneumatik pada aktuatornya.
- b. Robot hidrolis : Menggunakan tenaga hidrolis pada aktuatornya.
- c. Robot elektrik : Menggunakan tenaga elektrik pada aktuatornya.

Manipulator [CRG,1986] dapat disebut sebagai sebuah gabungan dari beberapa bagian yang disebut *link*, yang dihubungkan oleh *joint* (sambungan). *Link* pertama yang tidak bergerak biasa disebut *base* sedangkan pada ujung *link* terakhir terhubung dengan *end effector*.

Link merupakan lengan pada robot yang menghubungkan *base* dengan *end effector*. *Link* yang terdapat pada sebuah manipulator biasanya berupa *loader*.

Joint biasanya berupa sendi yang memungkinkan *link-link* yang saling berhubungan langsung dapat bergerak relatif satu dengan yang lainnya. *Joint* yang memungkinkan *link* bergerak secara traslasi terhadap *link* sebelumnya disebut *sliding joint* atau *prismatic joint*, sedangkan *joint* yang memungkinkan bergerak rotasi disebut *revolute joint*. Adapun macam-macam *joint* dapat dilihat pada gambar 2.5.

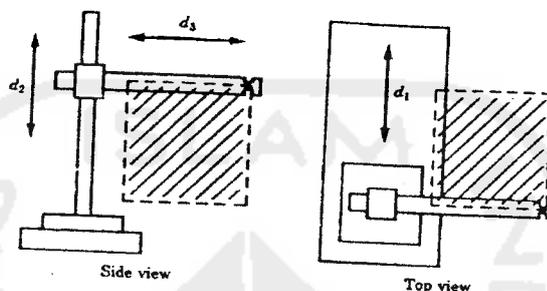


Gambar 2.5 Macam-Macam *Joint*

Base merupakan bagian yang tidak bergerak dari sebuah robot karena berhubungan langsung dengan landasan. *Base* ini berfungsi sebagai pondasi dari seluruh bagian pada manipulator robot.

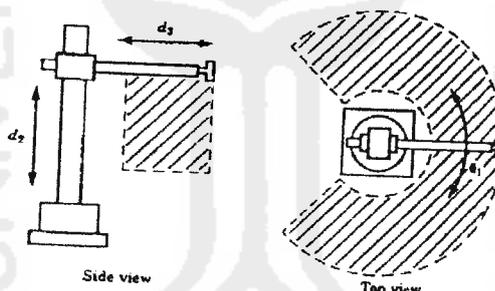
Berdasarkan strukturnya, manipulator dibagi menjadi empat. [RTF,1999]

- a. *Cartesian* : Mempunyai tiga sumbu linier
: Ruang kerja berbentuk balok



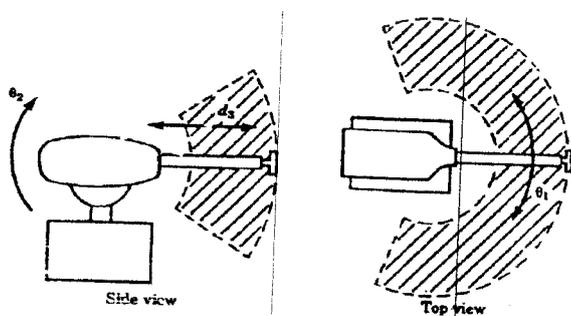
Gambar 2.6 Manipulator Kartesian

- b. *Cylindrical* : Mempunyai dua sumbu linier dan satu sumbu rotary
: Ruang kerja berbentuk silinder



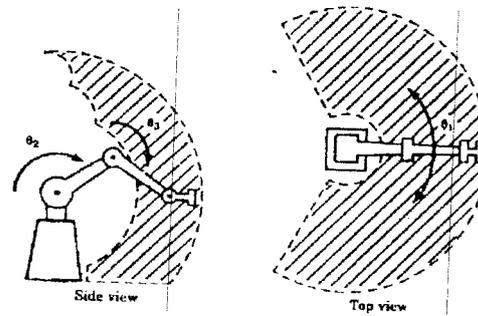
Gambar 2.7 Manipulator *Cylindrical*

- c. *Spherical* : Mempunyai satu sumbu linier dan dua sumbu rotari.
: Ruang kerja berbentuk bola



Gambar 2.8 Manipulator *Spherical*

- d. *Articulated* : Mempunyai tiga sumbu rotari.



Gambar 2.9 Manipulator *Articulated*

Aktuator [ALC,2003] adalah peralatan yang digunakan untuk menghasilkan gerakan atau aksi. Bagian ini berfungsi sebagai *driver* (penggerak) masing-masing *loader*, sehingga memungkinkan *loader* bergerak secara linier maupun secara rotasi.

2.2.1 Konfigurasi Robot

Dalam konfigurasi robot terdapat kinematika yang sangat berperan untuk menentukan posisi dan orientasi *link-link* yang terdapat pada manipulator. Kinematika dalam konfigurasi robot dibagi menjadi dua :

Forward kinematics : menentukan posisi dan orientasi dari sebuah *end effector* manipulator dilihat dari *variabel joint* yang terdapat pada base manipulator.

Inverse kinematics : menentukan nilai *variabel joint* untuk mendapatkan posisi dan orientasi sebuah *end effector* manipulator.

Sedangkan gerakan pada manipulator robot secara garis besar dibagi menjadi dua yaitu :

1. Gerakan pada *joint*

Gerakan ini terjadi pada *joint* antara dua *link*. Gerakan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis gerakan pada *joint*.

2. Gerakan pada *wrist*

Gerakan ini ada tiga macam yaitu mengangguk (*pitch*), menggeleng (*yaw*), memutar (*roll*)

Ruang kerja (*work space*) adalah kumpulan titik-titik dalam ruang dimana *end effector* sebuah robot masih dapat mencapainya. Ruang kerja ini dipengaruhi oleh

1. Konfigurasi fisik robot
2. Ukuran *link* dan *wrist*
3. Batasan gerakan *joint*

Pada dasarnya ruang kerja sebuah robot dapat dibedakan menjadi tiga yaitu

1. Polar, menyerupai bola
2. Silindris, berbentuk silinder
3. Kartesian, berbentuk balok

Banyaknya gerakan yang dapat dilakukan oleh robot dalam arah yang berbeda dinyatakan dalam derajat kebebasan (*degree of freedom = DOF*) yang nilainya sangat dipengaruhi oleh banyaknya *joint*.

Konfigurasi robot adalah pola susunan *link* dan *joint* yang menghasilkan suatu karakteristik gerakan tertentu.

2.3 IGRIP

Simulasi *Interactive Graphics Robot Instruction Program* (IGRIP) merupakan suatu simulasi *workcell* robot berbasis komputer untuk merancang tampilan *workcell* sebuah robot dengan simulasi pemrograman *offline*. IGRIP dibagi menjadi tiga sistem utama, yaitu : Sistem menu IGRIP, *Graphic Simulation Language* (GSL) dan *Command Line Interpreter* (CLI).

Graphical User Interface (GUI) IGRIP memberikan media pendekatan dalam simulasi robotik. Pilihan menu dalam GUI sering digunakan untuk mengembangkan model simulasi. Pilihan menu tersebut antara lain, CAD, *device*, *layout*, *motion* dan program. Memilih suatu menu akan mengakibatkan munculnya sub-sub menu. Masing-masing menu yang dipilih menampilkan beberapa pilihan yang ditunjukkan sebagai halaman *context*. Suatu halaman *context* memberikan akses kepada serangkaian operasi IGRIP yang saling berkaitan.

GSL merupakan bahasa prosedural yang digunakan untuk mengendalikan keseluruhan gerak model simulasi. Sedangkan CLI merupakan suatu komunikasi, perintah serta sistem kontrol yang kuat untuk mengakses serta mengoperasikan sistem IGRIP. CLI dapat diakses baik dari dalam maupun luar sistem menu IGRIP.

2.4 Jig dan Fixture

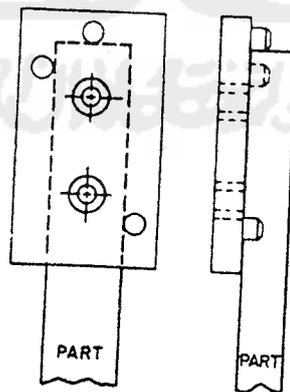
Jig dan *fixture* [JAFD,2002] merupakan alat bantu dalam proses *manufacturing*, untuk menghasilkan produk atau komponen yang seragam dan presisi.

Jig dan *fixture* mempunyai arti definisi yang sangat dekat, perbedaannya jika *jig* merupakan alat untuk memegang, mendukung dan menempatkan benda kerja yang akan diproses dan sekaligus mengarahkan *tools*. Sedangkan *fixture* tidak mengarahkan *tools*.

2.4.1 Tipe Jig dan Fixture

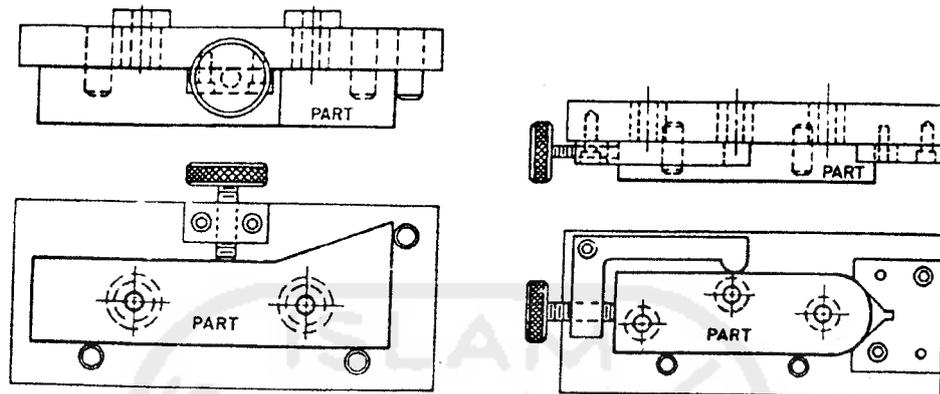
Jig mempunyai banyak tipe, diantaranya :

- *Open Jig* : Hanya satu sisi saja dari komponen yang dikerjakan.
- *Close Jig* : Dua sisi dari komponen yang akan dikerjakan.
- *Templates Jig* : Tidak menggunakan *clamping*

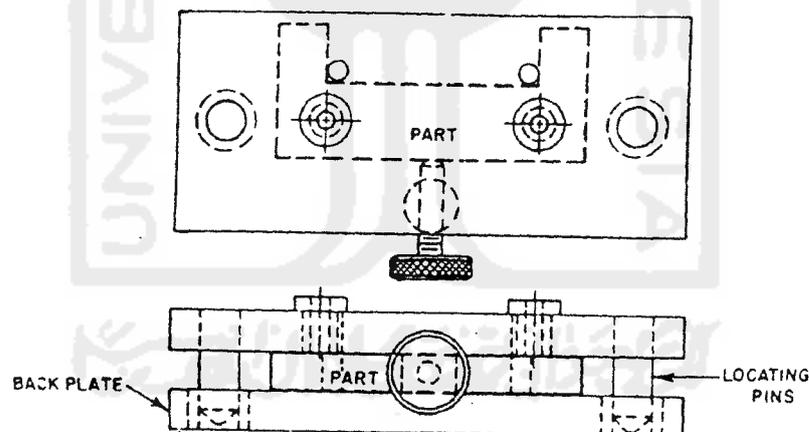


Gambar 2.10 *Templates Jig*

- *Plate Jig* : Hampir sama dengan *templates jig* hanya saja *plate jig* menggunakan *clamping*

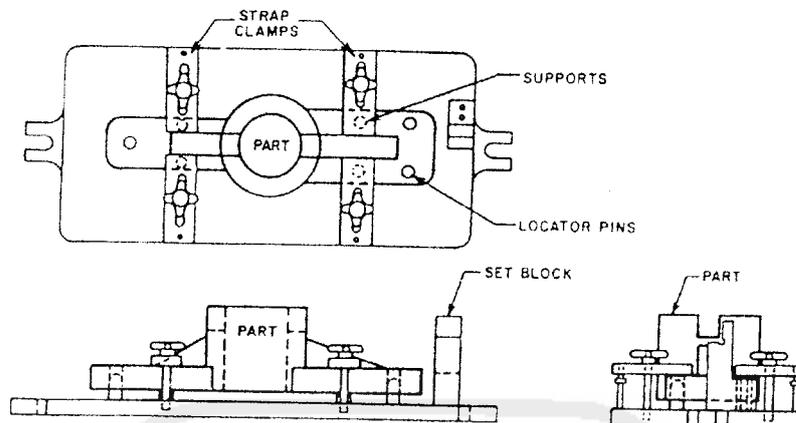
Gambar 2.11. *Plate Jig*

- *Sandwich Jig* : Jenis *plate jig*, tapi menggunakan *back plate*. Jig ini biasa untuk mengerjakan komponen yang tipis agar tidak mengalami *bending*.

Gambar 2.12 *Sandwich Jig*

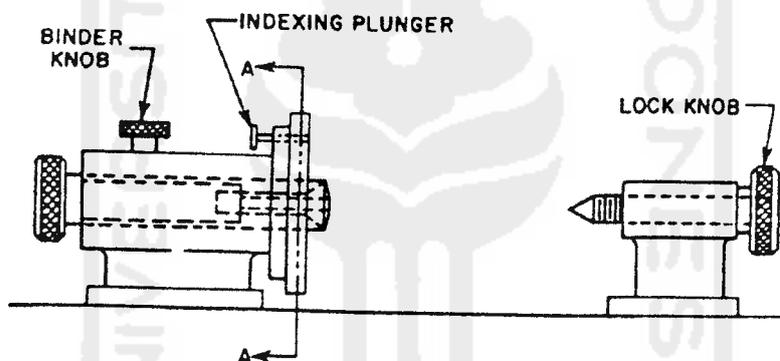
Selain *jig* yang mempunyai berbagai macam tipe, *fixture* juga memiliki macam-macam tipe, antara lain :

- *Plate fixture* : Merupakan bentuk yang sederhana dari *fixture* yang didesain dari *plate* dengan variasi *clamping* dan *locator* untuk memegang dan menempatkan komponen.



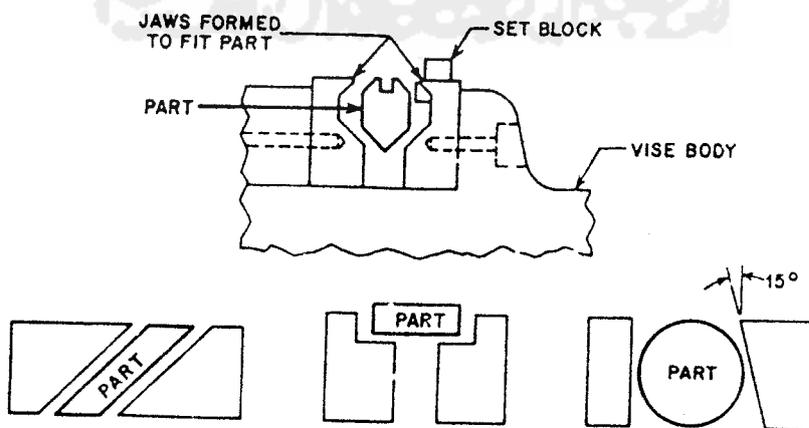
Gambar 2.13 Plate Fixture

- *Indexing fixture* : Fixture untuk proses permesinan dengan *space* yang tetap.



Gambar 2.14 Indexing Fixture

- *Vise jaw fixture* : Digunakan untuk proses permesinan komponen yang kecil



Gambar 2.15 Vise Jaw Fixture

2.4.2 Rancangan dan Pemilihan JIG

Rancangan atau pemilihan *jig* dan *fixture* ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

- Sifat fisik dari benda kerja

Jig dan *fixture* harus cukup kuat untuk menahan benda kerja dan untuk beberapa hal akan mencerminkan ukuran, berat dan bentuknya. Material *jig* dan *fixture* harus dipilih hati-hati dengan pedoman kepada benda kerja sehingga tidak akan rusak oleh kontak langsung benda kerja.

- Gaya-gaya yang dibebankan oleh operasi pengerjaan dengan mesin

Jig dan *fixture* harus menopang benda kerja dalam arah yang berlawanan terhadap gaya-gaya akibat permesinan dan biasanya dirancang untuk suatu operasi mesin tertentu.

- *Jig* dan *fixture* menentukan lokasi benda kerja

Jika operasi akan dilakukan pada tempat atau lokasi yang tepat pada benda kerja, penempatan antara benda kerja dan *jig* dan *fixture* harus benar-benar tepat.

- Kekuatan dan kekerasan benda kerja akan ditentukan oleh taksiran, apakah harus didukung untuk operasi mesin

Jika rancangan benda kerja dapat diputar atau dilengkungkan oleh gaya mesin, *jig* dan *fixture* harus mendukung pada sisi benda kerja. Kekuatan *jig* dan *fixture* ditentukan oleh besarnya gaya mesin dan berat benda kerja.

- Persyaratan produksi sangat mempengaruhi rancangan *jig* dan *fixture*

Jika jumlah benda kerja yang akan diproses besar, ongkos sebuah *jig* dan *fixture* yang dikerjakan dengan teliti akan ditutup oleh penghematan waktu produksi yang dihasilkan dengan adanya *jig* dan *fixture* tersebut.

- Persyaratan keamanan harus melekat pada *jig* dan *fixture*

Jig dan *fixture* tidak hanya tahan terhadap gaya normal dan berat benda kerja, tetapi juga harus tahan terhadap beban momen yang besar. Jika *jig* dan *fixture* patah, maka benda kerja akan tidak terkontrol, selain harus kuat *jig* dan *fixture* dirancang untuk melindungi pekerja terhadap kelalaian.

- *Jig* dan *fixture* harus dirancang untuk memegang benda kerja hanya pada satu posisi

Jika benda kerja simetris dapat diklem lebih dari satu posisi, dapat mencegah terjadi kesalahan klem dan pengerjaannya.

- Disarankan menggunakan *jig* dan *fixture* dengan komponen standar dan komersil

Dengan menggunakan yang standar dan komersial tidak hanya dapat mengurangi ongkos pembuatan, tetapi biasanya juga lebih kuat dan ukurannya tepat.

2.4.3 Faktor-Faktor Dalam Perencanaan *Jig* dan *Fixture*

1. Lokasi :

- Menjamin bahwa benda kerja mempunyai gerakan yang terbatas.
- Posisi *locator* sedemikian rupa sehingga tidak terjadi penyimpangan arah.
- Membuat *locating points* dapat diatur-atur untuk benda yang sudah dicor, ditempa ataupun setelah benda kerja mengalami *machining*.
- *Jig* dan *fixture* harus "*fool proof*" sehingga produk hanya akan masuk pada posisi sebenarnya.
- Lokasi benda kerja harus selalu mungkin dalam jangkauan operator dari posisinya.
- Membuat *location progressive*.

2. *Clamping* :

- Posisi *clam* harus memberikan tahanan terbaik.
- Posisi *clam* tidak menyebabkan deformasi pada benda kerja.
- Desain *clam* sehingga tidak menyebabkan deformasi yang disebabkan oleh gaya *clam*.
- Membuat semua gerak *clam* dan *locator* mudah dijalankan.

3. Stabilisasi dan Kekakuan

- Peralatan haruslah *rigid* untuk operasi yang dijalankan.
- Menjaga kestabilan, dengan arti membaut peralatan pada mesin atau *spindle* kalau mungkin

4. *Handling*

- Membuat peralatan seringan mungkin, sehingga peralatan dapat mudah dipindah-pindahkan.
- Bentuk peralatan hendaknya mudah dipegang dengan tangan, tidak ada bentuk-bentuk yang bersudut tajam atau runcing.

2.4.4 *Clamp dan Locators*

Elemen-elemen utama pada perencanaan bentuk dasar dari *jig* dan *fixture* adalah *clamp* dan *locators*. Elemen yang lain adalah *work supporting elements* dan badan, dasar atau kerangka untuk mengikat elemen-elemen lain secara bersama-sama pada satu unit.

Clamp merupakan elemen penahan kekuatan dan juga merupakan elemen penjepit, sedangkan *locators* merupakan elemen penahan kekuatan [SDRK].

Kekuatan dari elemen penahan tersebut ditentukan oleh besarnya gaya-gaya yang timbul pada proses *machining* dan besarnya berat benda kerja. Kekuatan dan kekakuan dari benda kerja itu akan menentukan seberapa jauh benda kerja harus dipotong untuk proses *machining*. Jadi cara pemegang benda kerja tergantung pada kekuatan dan kekakuannya.

Ada benda kerja yang dapat menahan semua gaya-gaya yang timbul akibat proses *machining*, maka pemegang cukup dilakukan pada daerah tepinya saja. Berbeda dengan benda kerja yang bersifat liat dan lentur, maka untuk melakukan operasi *machining* menggunakan pemegang pada daerah yang akan dikerjakan.

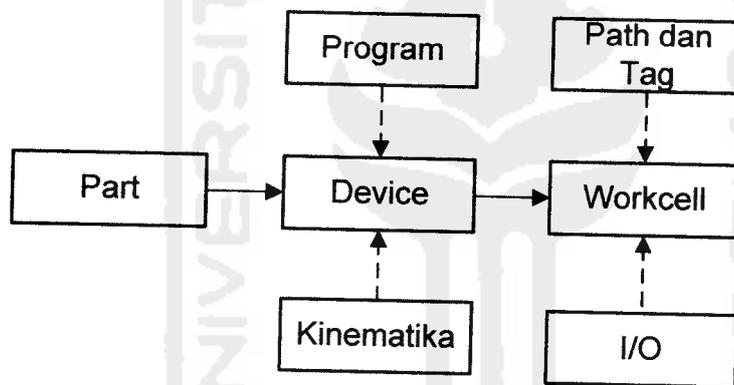
Bentuk dasar *locators* akan sangat menentukan rencana atau desain dari *jig* dan *fixture* terhadap kedudukan mesin. *Locators* digunakan sebagai alat penumpu yaitu tumpuan dari *jig* dan *fixture*. Pemilihan *locators* yang tepat akan menentukan toleransi *jig* dan *fixture* dengan tingkat toleransi yang akan dicapai.

BAB III

PERANCANGAN *DEVICE* PADA IGRIP

3.1 Perancangan Device

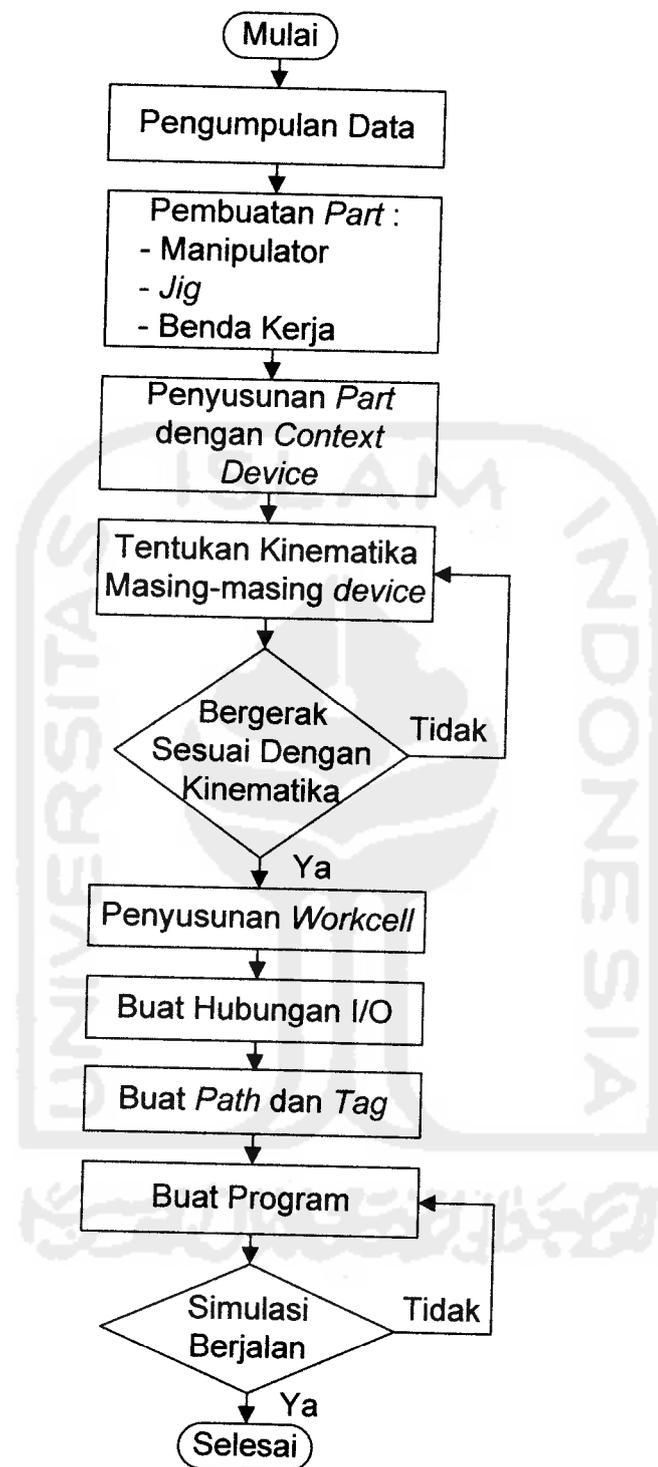
Perancangan ini memiliki tahap-tahap yang harus dikerjakan, pertama membuat *device* sampai dengan pemrograman. Pembuatan *device* sebelumnya merupakan kumpulan dari beberapa *part*. Perancangan *device* diantaranya manipulator *cylindrical*, *jig* dan *fixture* dan benda kerja berupa *trolley*. Adapun pembuatan masing-masing *device* memiliki spesifikasi masing-masing. Setelah pembuatan *device* selesai dilanjutkan dengan pembuatan *workcell*. Secara umum perancangan simulasi ini dapat ditunjukkan pada diagram gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Proses Pembuatan Simulasi

Flowchart gambar 3.2 menjelaskan secara lengkap bagaimana perancangan ini dimulai dari pembuatan manipulator dengan kinematikanya dan *work space* yang ditentukan dengan membuat *path* dan *tag*, diatur sesuai dengan kinematikanya, dilanjutkan pembuatan benda kerja berupa *trolley* kemudian *jig* dan *fixture* sebagai pengekam benda kerja saat proses pengelasan berlangsung.

Pada IGRIP *device* pada awalnya berupa *part*, dibuat pada *context* CAD dengan *device solid*. *Part* tersebut dirakit menjadi *device* pada *context device* dan nantinya disusun dalam suatu *workcell* dalam *context layout*. Secara lengkap dapat dilihat dalam *flowchart*, gambar 3.2.



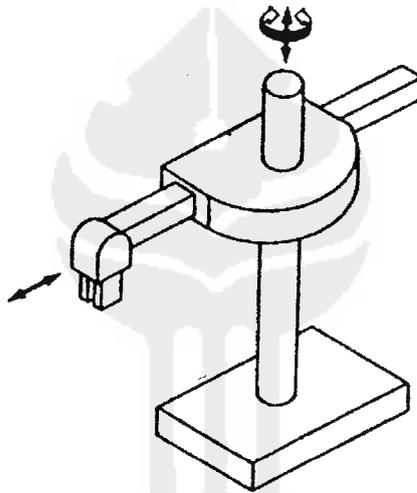
Gambar 3.2 *Flowchart* Pembuatan Simulasi IGRIP

3.2 Manipulator *Cylindrical*

Bentuk dan desain robot ditentukan oleh konstruksi dan karakteristik, meliputi *body*, *arm* dan *wrist* yang semua itu merupakan komponen yang harus ada pada sebuah manipulator. Manipulator ditumpu dengan sebuah *base*. *Body* robot terangkai dengan *base*, *arm* terangkai dengan *body*, *wrist* terangkai dengan *arm*.

Konfigurasi robot *Cylindrical* tersusun antara *link* dan *joint* yang menghasilkan suatu karakteristik gerakan tertentu. Untuk konfigurasi robot *cylindrical* adalah :

- Ruang kerjanya berbentuk silinder
- Tersusun atas tiga *revolute joint*



Gambar 3.3 Manipulator *Cylindrical*

Setiap konfigurasi robot mempunyai kelebihan dan kekurangan. Diantara kelebihan dan kekurangan robot *cylindrical* antara lain:

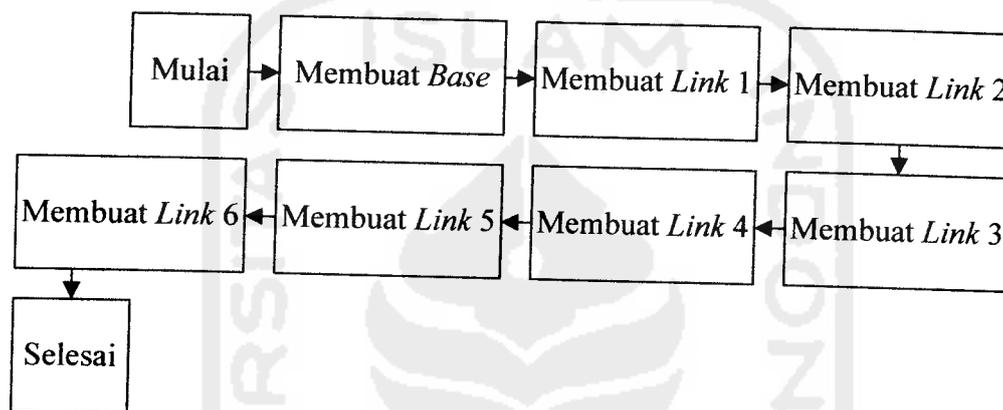
Kelebihan :

- Model kinematika yang relatif mudah
- Mudah divisualisasikan
- Mempunyai kemampuan gerak yang baik di dalam ruang
- Mempunyai tenaga yang besar dengan tenaga penggerak hidrolik

Kekurangan :

- Daerah kerja terbatas
- Sangat rentan terhadap pengotoran oleh debu dan cairan
- Tidak bisa mencapai daerah di bawah maupun di atas struktur.

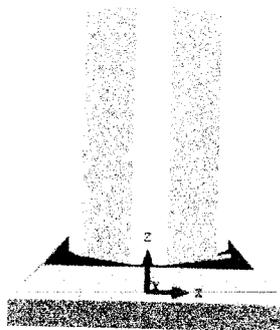
Dalam perancangan manipulator yang dalam penelitian ini adalah manipulator *cylindrical* terdapat tahapan-tahapan, dimulai dengan pembuatan *base*, dilanjutkan pembuatan *link* hingga *link* enam. Diagram perancangan manipulator dapat dilihat dalam gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram Perancangan Manipulator

▪ *Base*

Merupakan bagian paling dasar, tidak bergerak, berhubungan langsung dengan landasan dan tidak ada gerakan relatif antara *base* dan landasan. *Base* ini berfungsi sebagai pondasi dari seluruh bagian yang ada pada manipulator, sehingga bagian ini harus kuat untuk beban berat dari seluruh *link*, *joint*, maupun *end effector*. *Base* dalam perancangan ini ditunjukkan dalam gambar 3.5.



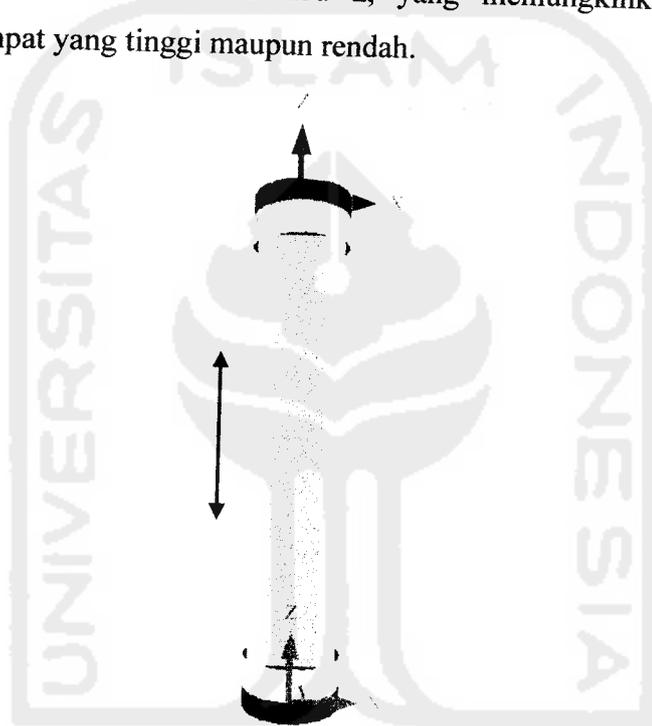
Gambar 3.5 *Base*

- *Link*

Bagian ini berfungsi sebagai lengan pada manipulator yang menghubungkan *base* dengan *end effector*. *Link* yang terdapat pada sebuah manipulator biasanya berupa *loader*. Komponen ini berfungsi sebagai tumpuan dari *joint*. Perancangan ini menggunakan *link* sebanyak enam *link*, yang ditunjukkan dalam gambar 3.6 hingga gambar 3.11.

Link 1

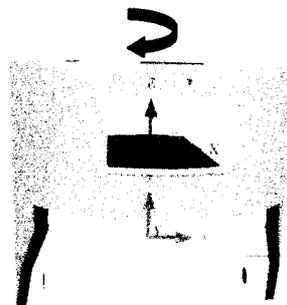
Bisa bergerak translasi searah sumbu z, yang memungkinkan manipulator menjangkau tempat yang tinggi maupun rendah.



Gambar 3.6 *Link 1*

Link 2

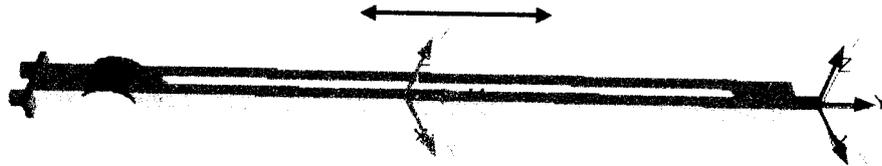
Berotasi searah sumbu z yang memungkinkan perputaran hingga tiga ratus enam puluh derajat.



Gambar 3.7 *Link 2*

Link 3

Dapat bergerak translasi searah sumbu y, yang memungkinkan pergerakan sepanjang link tersebut.

Gambar 3.8 *Link 3**Link 4*

Dapat bergerak seratus delapan puluh derajat.

Gambar 3.9 *Link 4**Link 5*

Dapat bergerak tiga ratus enam puluh derajat.

Gambar 3.10 *Link 5*

Link 6

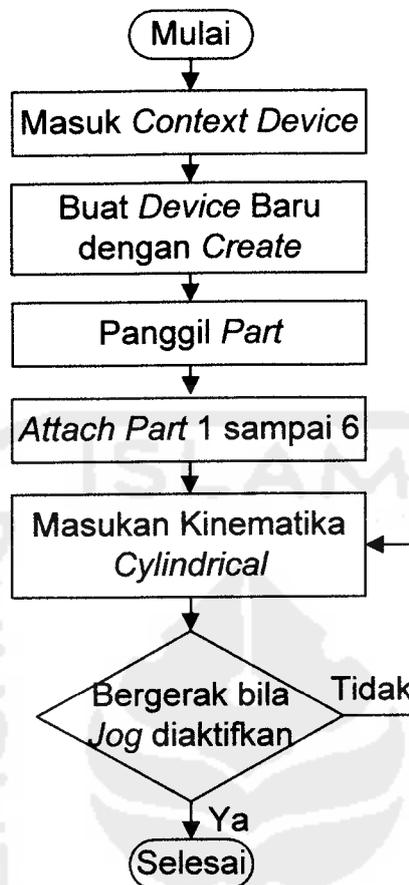
Selain untuk menempatkan *end effector*, juga dapat bergerak tiga ratus enam puluh derajat.



Gambar 3.11 *Link 6*

Setelah pembuatan *base* dan *link* selesai, penggabungan *part-part* tersebut dalam *context device*. Dimulai dari *base*, disambung dengan *link 1* dan seterusnya hingga *link 6*. Hasil dari penggabungan *base* dengan *link* dapat dilihat pada gambar 3.14

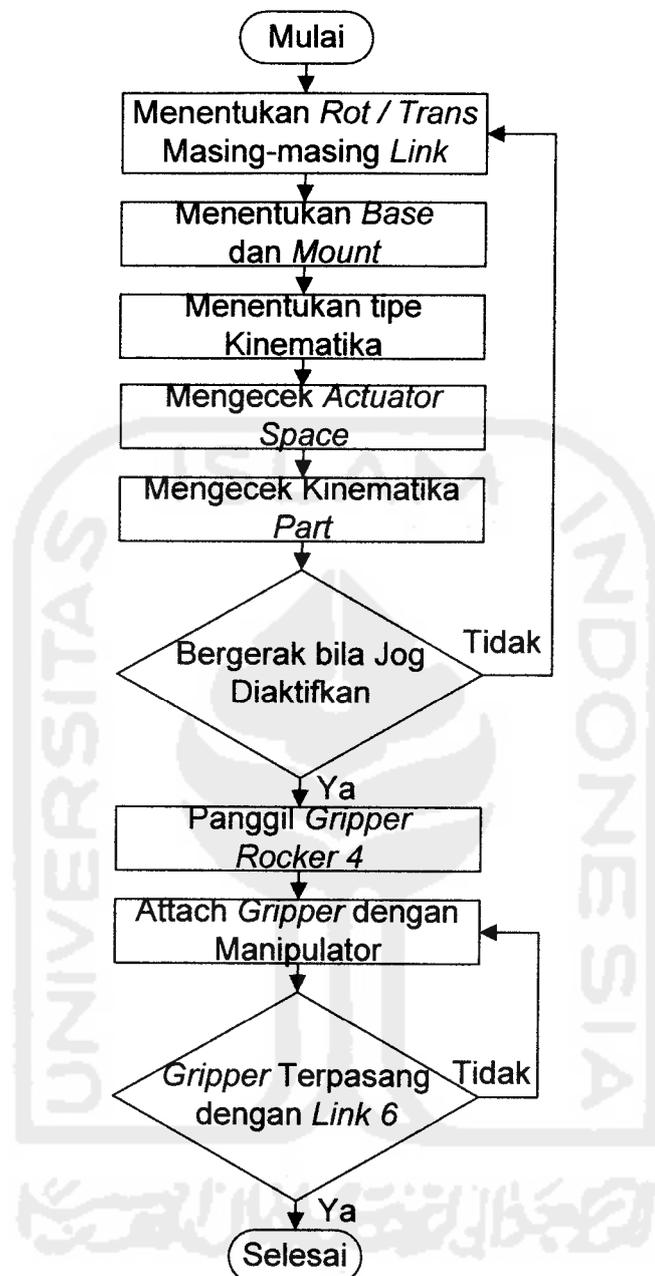
Penggabungan *part-part* selesai, susunan *part-part* tersebut disebut manipulator. Manipulator belum dapat bergerak hingga ditentukan kinematiknya. Kinematik ditentukan dengan membatasi gerakan *link* sehingga *part* hanya memiliki pergerakan maksimal satu DOF. Penentuan kinematiknya dapat ditunjukkan dalam *flowchart* gambar 3.12.



Gambar 3.12 *Flowchart* Penyusunan *Device*

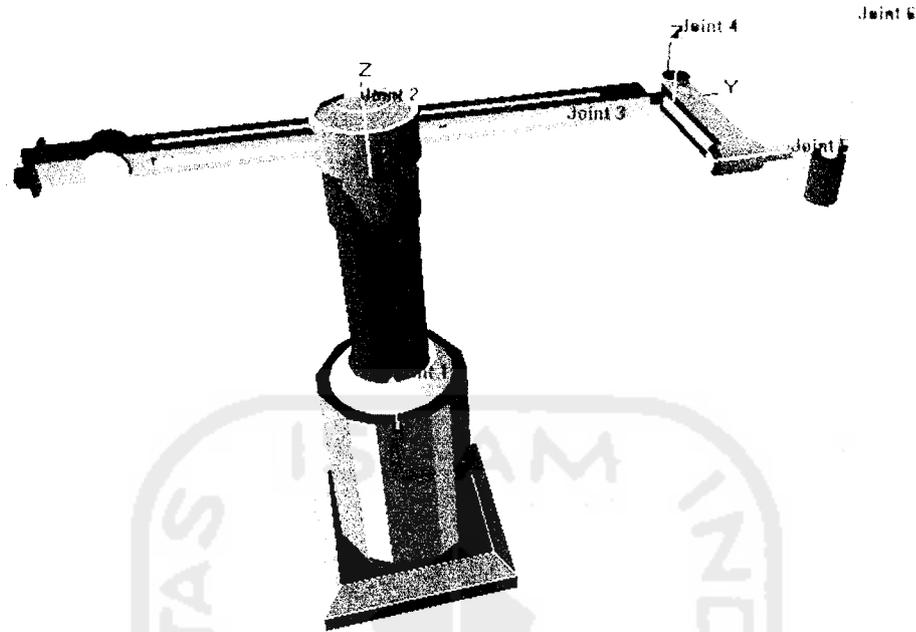
Setelah kinematik tersusun, dalam perancangan ini merupakan kinematik *cylindrical* yang terdiri dari Translasi sumbu z (T_z), Rotasi sumbu z (R_z), Translasi sumbu y (T_y), Rotasi sumbu y (R_y). Secara lengkap dituliskan dalam skema : T_z R_z T_y R_z R_y R_z , dilanjutkan mencoba pergerakan masing-masing *link* dan menentukan *work space* masing-masing *link* dengan mengaktifkan *Jog*. Adapun jika tidak dapat bergerak, ada kemungkinan salah memasukkan skema kinematiknya.

Setiap manipulator yang dirancang harus ditentukan terlebih dahulu kinematiknya, sehingga nantinya tidak ada kesalahan dalam pergerakan *link* yang mengakibatkan *link* bergerak tidak sesuai dengan kebutuhan. Cara menentukan ditunjukkan dengan *flowchart* gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Flowchart* Kinematik Manipulator

Langkah berikutnya menentukan *travel* (jarak pergerakan maksimum dan minimum), *speed* (kecepatan pergerakan *link*). Dalam hal ini IGRIP menyediakan fasilitas *travel*, *speed* dan lainnya sehingga dapat mudah mengganti sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 3.14 Manipulator *Cylindrica*

3.3 Gripper

Pada ujung *link* terakhir terdapat sebuah *end effector* yang dapat berupa *tool*, *gripper*, *sprayer* dan lain sebagainya, tergantung pada fungsi robot. Pada perancangan ini menggunakan *gripper* bentuk *weldgun* dengan nama *Rocker 4*. Fungsi dari *Rocker 4* adalah alat untuk mengelas secara *resistance welding*. Secara visual ditunjukkan pada gambar 3.15



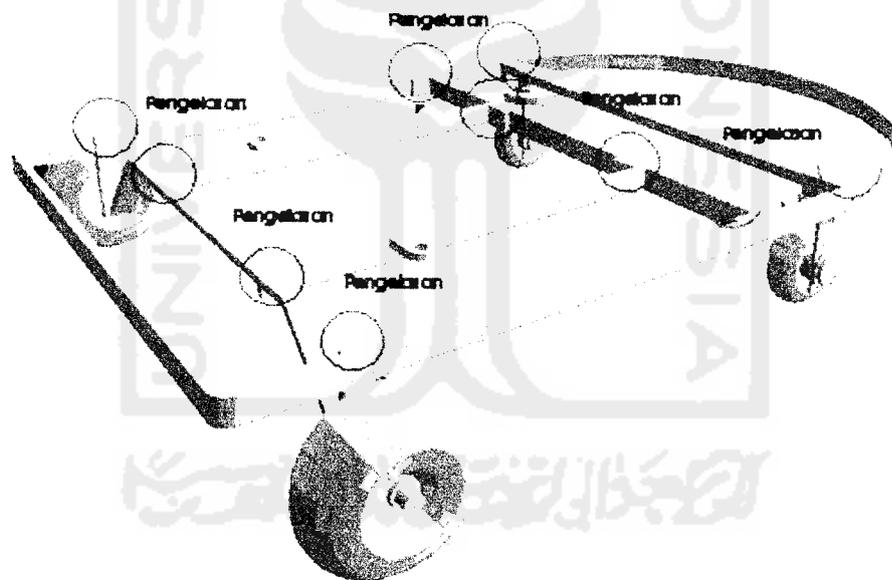
Gambar 3.15 Gripper *Rocker 4*

3.4 Benda Kerja.

Benda kerja pada perancangan ini adalah *trolley*. Diambil *trolley* sebagai contoh dikarenakan bentuknya sederhana, pembuatannya mudah, dan banyak menggunakan metode pengelasan *resistance welding* untuk perakitannya.

Dalam perakitan *trolley*, hasilnya diharapkan benar-benar sempurna. Kesempurnaan itu antara lain, bentuk siku *part* satu dengan yang lain, *dimension* yang benar-benar tepat dan lain sebagainya.

Simulasi ini hanya menunjukkan pengelasan pada posisi tertentu. Tidak semua bagian las dikerjakan di simulasi ini, misal dalam pemasangan roda di perancangan simulasi ini tidak ditunjukkan. Lebih jelas bentuk benda kerja dan titik mana saja yang dilakukan proses pengelasan, dapat dilihat pada gambar 3.16



Gambar 3.16 Benda Kerja

3.5 Jig dan Fixture

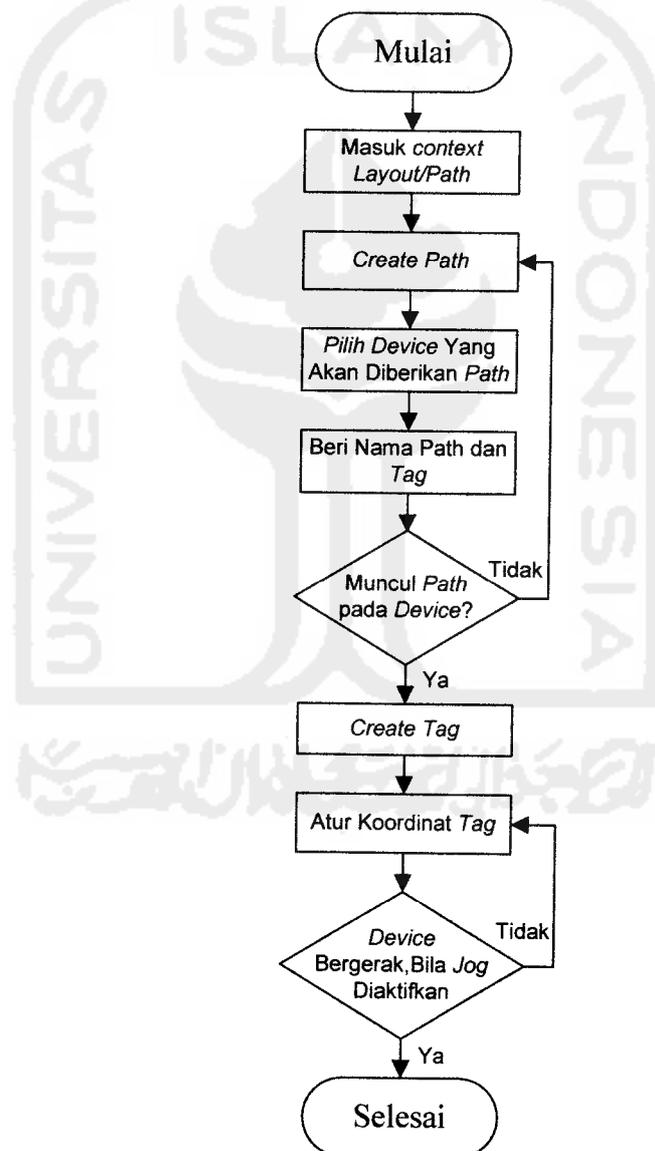
Dengan faktor-faktor yang ada pada dasar teori, penerapan dalam rancangan dapat dilihat dalam gambar 3.17. Perancangan *jig* ini merupakan *jig* dan *fixture* yang dipergunakan hanya saat pengelasan berlangsung, dilengkapi dengan sistem hidrolik yang memungkinkan *jig* bergerak ke atas untuk proses pengelasan dan bergerak ke bawah untuk proses penempatan dan pengambilan benda kerja. Selain

3.6 Pembuatan Program

3.6.1 Path dan Tag

Sebelum membuat program terlebih dahulu harus dibuat *path* dan *tag*. *Path* merupakan sebuah alur yang terdiri dari beberapa titik koordinat, sedangkan *tag* adalah *point-point* atau titik koordinat. Dalam membuat *tag* harus disesuaikan dengan *work space* dari *device*, sehingga fungsi dari *tag* sebagai tujuan pergerakan *link* tercapai.

Flowchart gambar 3.19 menjelaskan bagaimana membuat *path* dan *tag*.



Gambar 3.19 *Flowchart* Pembuatan *Path* dan *Tag*

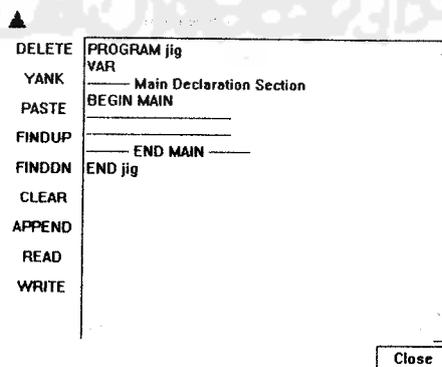


Gambar 3.20 Manipulator dengan *Path* dan *Tag*nya

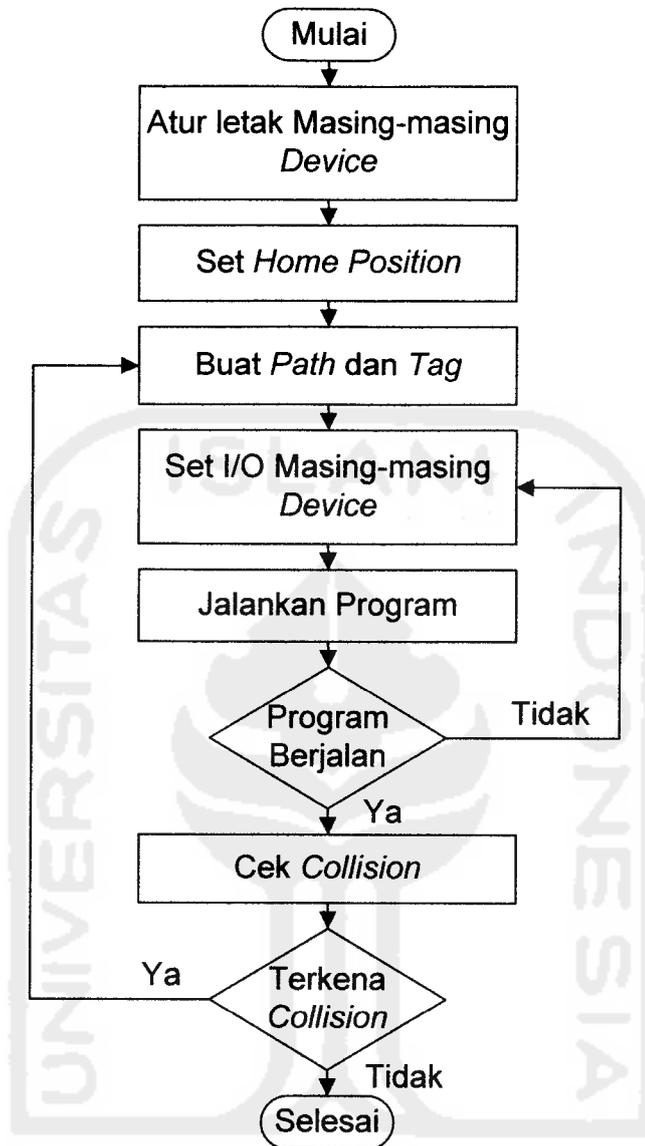
3.6.2 Program GSL

Pada perancangan ini bahasa yang digunakan adalah GSL. Dipakainya GSL dikarenakan bahasa GSL sederhana dan mudah untuk dipahami.

Path dan *tag* sudah ditentukan sebagai langkah awal, kemudian membuat suatu hubungan keterkaitan ON/OFF antara satu *device* dengan *device* yang lain dengan prosedural *input/output* (I/O). Setelah semua ditentukan mulailah memasukkan perintah-perintah yang dikehendaki. Sebagai contoh antara lain *MOVE TO*, yaitu perintah supaya *device* bergerak menuju titik yang ditentukan. Tampilan awal program GSL dapat ditunjukkan pada gambar 3.21 dan cara pembuatan program ditunjukkan pada *flowchart* gambar 3.22



Gambar 3.21 Tampilan Program GSL



Gambar 3.22 *Flowchart* Pembuatan Program

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Letak Device

Geometri dari tampilan suatu *workcell* dapat dikembangkan menggunakan fungsi yang ada dalam *context layout* IGRIP. Ketika suatu *device* diambil dari *library* IGRIP dan ditempatkan dalam suatu *workcell*, sistem koordinat dasar dari suatu *device* adalah *cartesian*.



Gambar 4.1 *Workcell* Lengkap

Dalam *workcell* IGRIP, posisi, arah gerak *device* diwakili oleh sebuah koordinat *cartesian* dengan simbol x , y , z . Untuk menentukan posisi atau gerakan, suatu *device* harus ditentukan terlebih dahulu titik koordinatnya. Gambar 4.1 diatas, telah tersusun beberapa *device* yang memiliki letak atau koordinat yang berbeda-beda.

Penempatan *device-device* diatas, dimaksudkan untuk mengetahui seberapa efisien suatu mekanisme atau *workcell* dalam melakukan proses *resistance welding* dalam hal jarak melakukan suatu proses.

Setelah penempatan sesuai dengan yang diharapkan, penentuan *speed, travel* sangatlah penting. Perancangan ini, pada tiap-tiap *device* mempunyai *speed, travel* yang berbeda-beda.

4.2 Penentuan Gerak Suatu *Device*

Penentuan gerak suatu *device* tidak pernah lepas dari *path* dan *tag*. *Path* dan *tag* inilah yang memberikan posisi dimana suatu *device* akan bergerak. Adapun prosedur untuk membuat *path* dan *tag* dalam suatu *workcell* IGRIP antara lain :

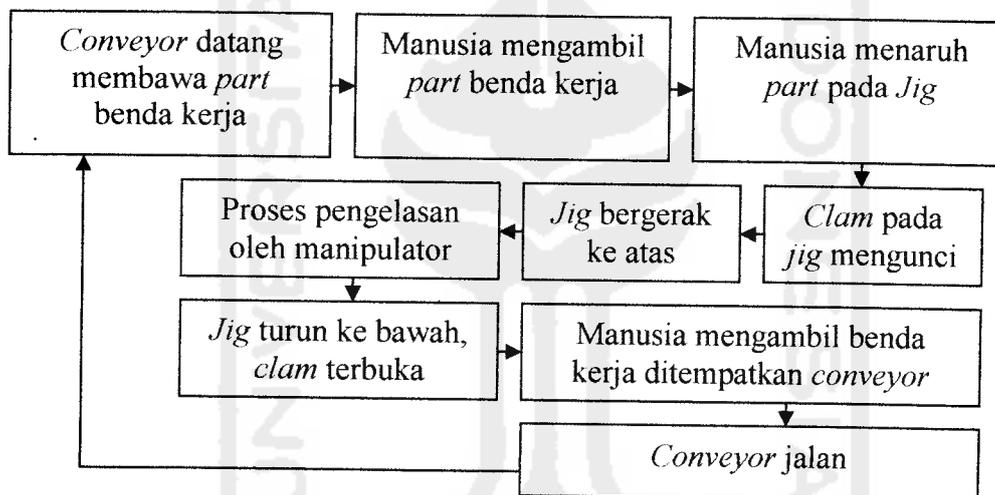
1. Sebuah *path*, yang nantinya terdiri dari beberapa *tag* dengan cara memilih suatu *device*, kemudian diberikan sebuah nama yang unik pada *path* tersebut.
2. Membuat *tag* pada *path* yang sudah ada. Dalam hal ini ada tiga cara, yaitu metode tunggal dengan membuat *tag* satu persatu. Metode otomatis hampir sama dengan metode tunggal hanya saja metode otomatis memberikan *tag* secara otomatis tersusun pada *path*. Metode ganda memungkinkan dalam perancangan menciptakan sejumlah *tag* yang sama letak koordinatnya untuk sebuah *path*.
3. Pengaturan letak masing-masing *tag* sesuai dengan pergerakan *device* yang diinginkan.

4.3 Hubungan Pergerakan *Device*

Menu I/O pada *context layout* berisi fungsi yang memungkinkan untuk membangun hubungan I/O diantara *device*. Hubungan I/O tersebut digunakan untuk mengarahkan sinyal selama berlangsungnya simulasi pada *workcell*. Jumlah dan jenis sinyal I/O yang terkait dengan *device* ditentukan sebagai atribut suatu *device*. Atribut ini disusun ketika suatu *device* diciptakan dan dapat dirubah selama perkembangan *device*. Untuk menyusun hubungan I/O diantara dua *device* pada *workcell*, fungsi *Dual Connection* dapat digunakan. *Dual connection* dipilih

akan meminta untuk memilih *device* terlebih dahulu untuk dipakai dalam hubungan I/O ganda. Sekali dipilih, daftar nama-nama I/O untuk *device* akan muncul. Setelah muncul daftar nama, harus memilih satu dari nama-nama yang diberi tanda bebas. Sekali I/O yang bebas dari *connection* dipilih untuk suatu *device* pertama, setelah itu harus mengulangi langkah yang sama untuk menentukan sinyal I/O yang ditujukan untuk *device* kedua.

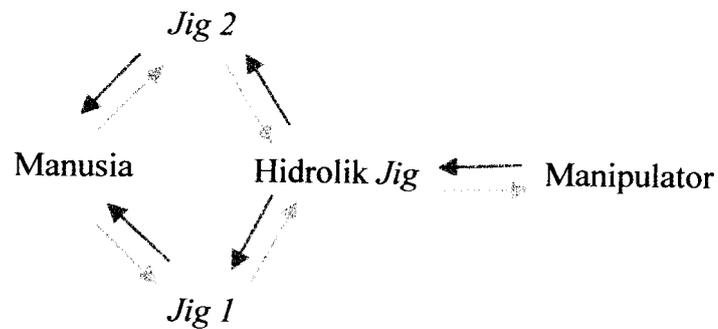
Device satu dengan *device* yang lain dalam perancangan ini memiliki hubungan I/O, dimana *device* akan bergerak menunggu sinyal dari *device* yang lain. Urutan pergerakan *device* dapat ditunjukkan pada gambar 4.6 dan secara jelas hubungan I/O antar *device* ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.6 Diagram Pergerakan *Device* Dalam *Workcell*

Penggunaan manusia dalam perancangan ini berfungsi sebagai penyusun benda kerja dalam *jig* dan mengambil benda kerja setelah proses pengelasan. Selain berfungsi penyusun dan pengambil benda kerja, dimaksudkan untuk mengurangi ongkos produksi daripada penyusun dan pengambilan benda kerja dilakukan oleh sebuah manipulator yang berbeda.

Sisi kelemahan dari penggunaan manusia adalah faktor lelah. Faktor lelah dapat diatasi dengan cara pergantian waktu tugas.



Keterangan :



Gambar 4.7 Diagram I/O Antar Device

4.4 Melaksanakan Simulasi Dan Analisa Workcell

Device-device dalam *workcell* dapat disimulasi dari waktu-ke waktu. Hal ini dilakukan melalui fungsi simulasi yang disediakan oleh *context motion* IGRIP. Dalam menjalankan simulasi terdapat langkah-langkah pengoperasian *device* dalam *workcell*, antara lain :

1. Program GSL dijalankan untuk masing-masing *device*. Pada langkah ini, program yang dikembangkan dapat dipilih dari program IGRIP, maupun program rancangan sendiri dan mengambil dari dalam *device* pada *workcell*.
2. Masing-masing *device* diaktifkan yang mempunyai program GSL.
3. *Step size* diatur. Suatu *step size* dapat diatur pada saat simulasi berjalan, satuan *step size* adalah detik.
4. Simulasi dijalankan. Pada langkah ini, konfigurasi awal *device* sudah harus diatur sebelum simulasi dijalankan.

Selama simulasi berlangsung, program GSL yang menjalankan *device-device*, data kinerja masing-masing *device* dapat dicatat dan ditampilkan. Data secara umum meliputi waktu siklus, *speed joint*, dan status *connection* I/O.

Untuk analisa mengenai pergerakan *device-device*, yang merupakan salah satu perhatian yang paling penting dalam mendesain sebuah *workcell* adalah *collision*.

Selama simulasi berlangsung, *collision* akan aktif dan memberikan peringatan secara otomatis. *Collision* ini dapat diaktifkan dengan cara :

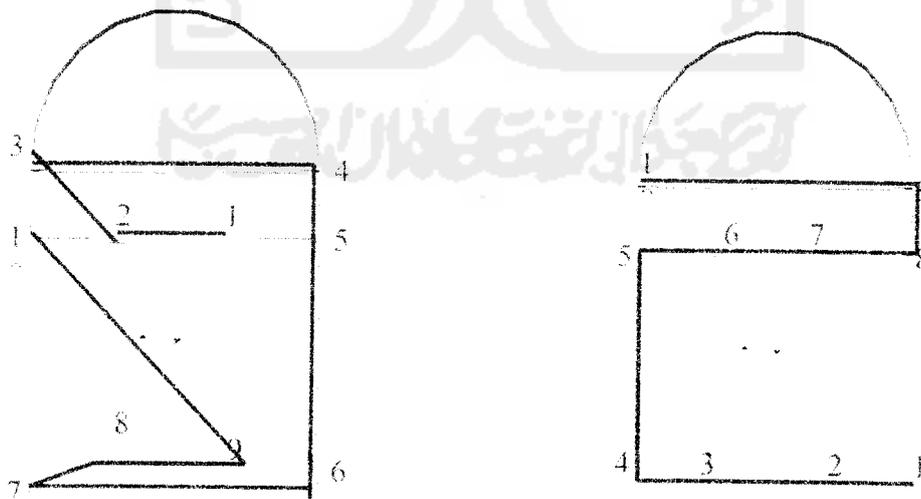
1. *Device* harus ditentukan I/O nya dengan *device* yang lain.
2. *Collision* diaktifkan. Saat simulasi berlangsung dan terjadi singgungan antar *device* maka program akan terhenti, dan akan diberi peringatan bahwa terjadi *collision*.

Collision ini menentukan sekali, berhasil tidaknya suatu perancangan *workcell*. Jika *collision* memberikan peringatan maka gagallah perancangan tersebut dan harus menyusun kembali *workcell* yang baru. Pada perancangan ini *collision* sudah diaktifkan dan tidak terjadi *collision*.

4.5 Cycle Time Workcell

Dalam pengerjaan suatu proses, misalnya proses pengambilan benda kerja dan proses pengelasan, strategi atau alur pengerjaan sangat menentukan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu produk benda kerja.

Di perancangan ini, ada dua macam strategi yang digunakan, yang pertama adalah acak tidak beraturan dan beraturan. Bila digambarkan dengan garis, alur pengerjaan dapat dilihat pada gambar 4.8 yang dicontohkan saat proses pengelasan.

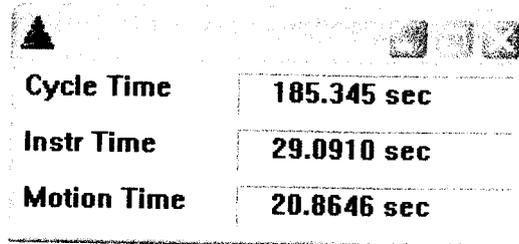


a. Pola pengelasan tidak beraturan

b. Pola pengelasan beraturan

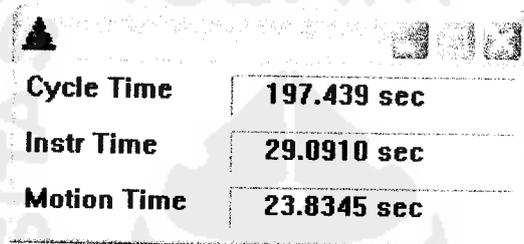
Gambar 4.8 Pola Proses Pengelasan

Dari hasil menjalankan simulasi diantara ke dua strategi diatas didapat hasil *cycle time*, yang ditunjukkan pada gambar 4.9 dan 4.10



Cycle Time	185.345 sec
Instr Time	29.0910 sec
Motion Time	20.8646 sec

Gambar 4.9 *Cycle Time* Dengan strategi Beraturan



Cycle Time	197.439 sec
Instr Time	29.0910 sec
Motion Time	23.8345 sec

Gambar 4.10 *Cycle Time* dengan strategi Tidak Beraturan

Dari kedua gambar 4.9 dan 4.10 dapat dilihat perbedaan waktu yang dibutuhkan sebuah *device* melakukan tugasnya. Manipulator dengan strategi beraturan membutuhkan waktu 20. 8646 *sec*, sedangkan yang tidak beraturan membutuhkan waktu 23.8345 *sec*, dari gambar tersebut dapat dilihat perbedaan waktu yang dibutuhkan sekitar 2.9699 *sec*.

Dilihat dari waktu keseluruhan simulasi antara strategi beraturan dan tidak beraturan, memiliki perbedaan waktu 12.094 *sec*. Perbedaan waktu tersebut ternyata sangatlah banyak, berarti strategi pengerjaan benda kerja sangat mempengaruhi kecepatan produksi untuk meghasilkan produk yang efisien dan mutu yang bagus.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Perancangan ini, menghasilkan suatu simulasi robot untuk *spot welding* yang efisien, cepat dan meningkatkan produktivitas suatu produk melalui teknologi simulasi robot IGRIP milik Deneb.

Perancangan ini dimulai dari pembuatan *device*, pengaturan letak *device*, pergerakan *device* dan hubungan antar *device*. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan program dengan bahasa GSL. .

Ditinjau dari pergerakan *device*, dibuat dua macam tipe pergerakan yaitu gerakan beraturan dan tidak beraturan. Dari hasil simulasi, terdapat perbedaan dalam *cycle time*, pergerakan *device* yang beraturan menghasilkan *cycle time* satu kali produksi *trolly* lebih sedikit dibandingkan dengan pergerakan yang tidak beraturan.

Dari hasil perancangan ini dapat disimpulkan pergerakan *device* yang teratur dapat menurunkan *cycle time* dan tentunya semakin kecil *cycle time* akan membuat suatu mekanisme pengelasan yang efektif dan dapat meningkatkan produktivitas

Dengan metodologi yang dikembangkan, diharapkan laporan tugas akhir ini dalam dunia desain industri dan otomasi dapat dipahami dengan mudah dan dapat dikembangkan melalui pengetahuan mengenai CAD, robot, serta desain *workcell*.

5.2 Saran

Saran-saran berikut dapat diberikan untuk pengembangan perancangan selanjutnya :

1. Perlu diadakannya *training* pemrograman IGRIP, sehingga mahasiswa mengerti sistem otomasi dalam industri.
2. Adanya penerapan simulasi, walaupun hanya dengan *prototype*.

DAFTAR PUSTAKA

- [ALC,2003] Alciatora G. David & Histan B. Michael, 2003, *Introduction to Mechatronics & Measurements System*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- [CRG,1986] Craig J. John, 1986, *Introduction to Robotics*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, Stanford University.
- [HAR,1996] Harsono Wiryosumarto, 1996, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta
- [JAFD, 2002] Edward G. Hoffman, 2002, *Jig And Fixture Design*, Fourth Edition, Delmar Publishers.
- [MFGP, 1987] B.H. Amstead, 1987, *Manufacturing Process*, Department John Wiley & Sons, Singapore
- [PET,1996] Petruzella D Frank, 1996, *Elektronik Industri*, ANDI Yogyakarta.
- [RTF,1999] James G. Keramas, 1999, *Robot Technology Fundamentals*, Delmar Publishers
- [SDRK, 1981] Sudarso Kaderiwiryono, 1981, *Perkakas Pembantu*, Departemen Teknik Industri ITB. Bandung.
- Endra Pitowarno, 2006, *Robotika*, ANDI, Yogyakarta.
- Manual Book IGRIP, Deneb (On-line) Available at [http:// www. Deneb.com](http://www.Deneb.com)

PROGRAM MANIPULATOR

```
-----  
VAR  
ttk, ttk1, ttk2, ttk3, ttk4, ttk5, ttk6, ttk7, ttk8, ttk9 : POSITION  
ttk10, ttk11, ttk12, ttk13, ttk14, ttk15, ttk16, ttk17 : POSITION  
ttk18, ttk19, ttk20, ttk21, ttk22, ttk23, ttk24, ttk25 : POSITION  
ttk26, ttk27, ttk28, ttk29, ttk30 : POSITION  
-----
```

```
las, las1, las2, las3, las4, las5, las6, las9 : POSITION  
las10, las11, las13, las14, las16, las17 : POSITION  
las18, laslas19, las20, las21, las22, las23 : POSITION  
las24, las25, las26, las27, las28, las30 : POSITION  
las31, las32, las33, las35, las36 : POSITION
```

```
BEGIN MAIN  
UNITS = MM  
$SPEED = 25  
$stepsize = 0.003125  
$speed_mode = PERCENT  
  
WAIT UNTIL DIN[9] == ON  
DOUT[9] = ON
```

```
MOVE TO ttk  
DOUT[10] = ON  
DELAY 3000  
DOUT[10] = OFF  
WAIT UNTIL DIN[11] == ON  
DOUT[11] = ON  
MOVE TO ttk1  
MOVE TO ttk2  
MOVE TO ttk3  
DOUT[10] = ON  
DELAY 3000  
DOUT[10] = OFF  
WAIT UNTIL DIN[11] == ON  
DOUT[11] = ON  
MOVE TO ttk4
```

```
-----  
DOUT[10] = ON  
DELAY 3000  
DOUT[10] = OFF  
WAIT UNTIL DIN[11] == ON  
DOUT[11] = ON  
MOVE TO ttk5
```

MOVE TO ttk6

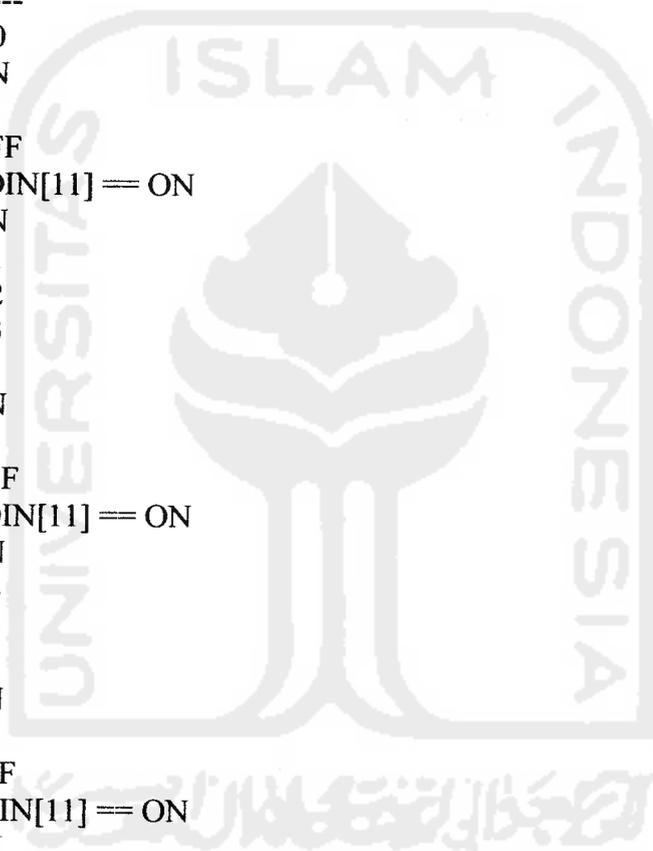
MOVE TO ttk7
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO ttk8
MOVE TO ttk9

MOVE TO ttk10
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO ttk11
MOVE TO ttk12
MOVE TO ttk13

DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO ttk14
MOVE TO ttk15

DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO ttk16
MOVE TO ttk17

MOVE TO ttk18
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO ttk19
MOVE TO ttk20



MOVE TO ttk21
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO ttk22
MOVE TO ttk23

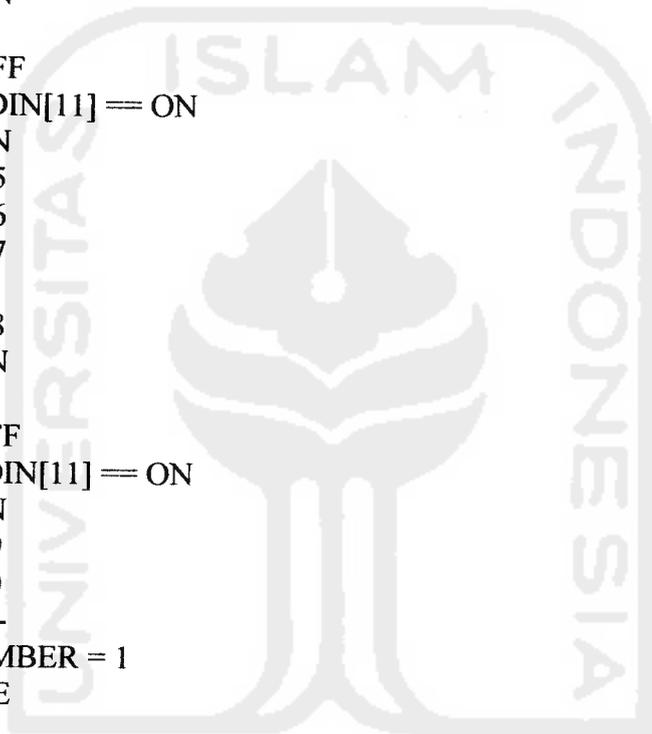
MOVE TO ttk24
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO ttk25
MOVE TO ttk26
MOVE TO ttk27

MOVE TO ttk28
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO ttk29
MOVE TO ttk30

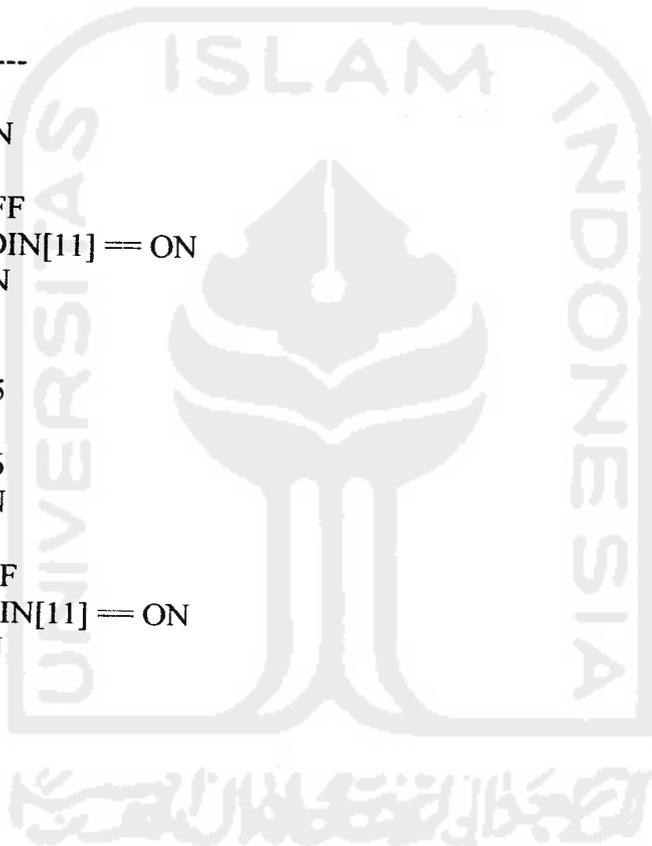
\$HOME_NUMBER = 1
MOVE HOME
DOUT[0] = ON

MOVE TO las37
MOVE TO las1
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las2
MOVE TO las13

MOVE TO las14
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF



```
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las9
MOVE TO las10
-----
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las11
MOVE TO las6
-----
MOVE TO las5
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las4
MOVE TO las3
MOVE TO las25
-----
MOVE TO las26
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las27
MOVE TO las22
-----
MOVE TO las23
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las24
MOVE TO las21
-----
MOVE TO las20
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
```



```
DOUT[11] = ON
MOVE TO las19
MOVE TO las18
```

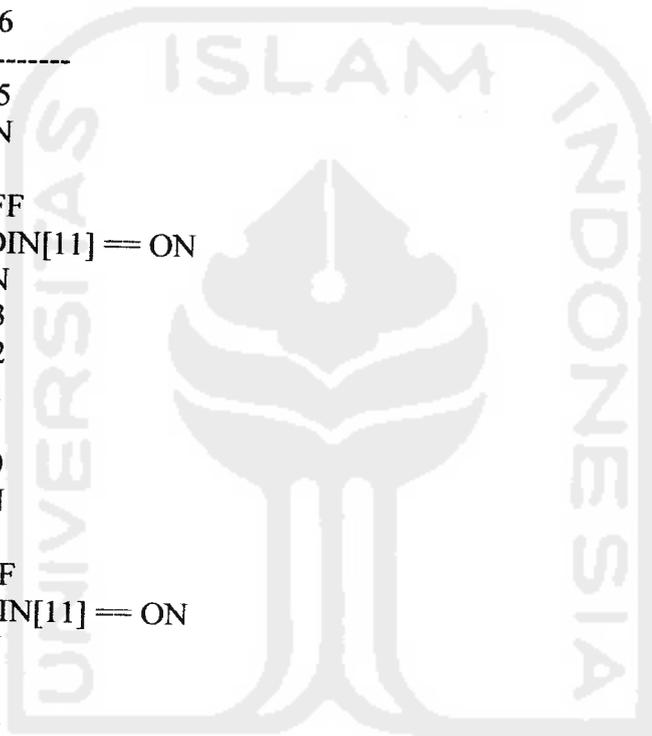
```
-----
MOVE TO las17
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las16
MOVE TO las36
```

```
-----
MOVE TO las35
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las33
MOVE TO las32
MOVE TO las31
```

```
-----
MOVE TO las30
DOUT[10] = ON
DELAY 3000
DOUT[10] = OFF
WAIT UNTIL DIN[11] == ON
DOUT[11] = ON
MOVE TO las28
```

```
-----
$HOME_NUMBER = 1
MOVE HOME
DOUT[5] = ON
```

```
-----
END manipulator
```

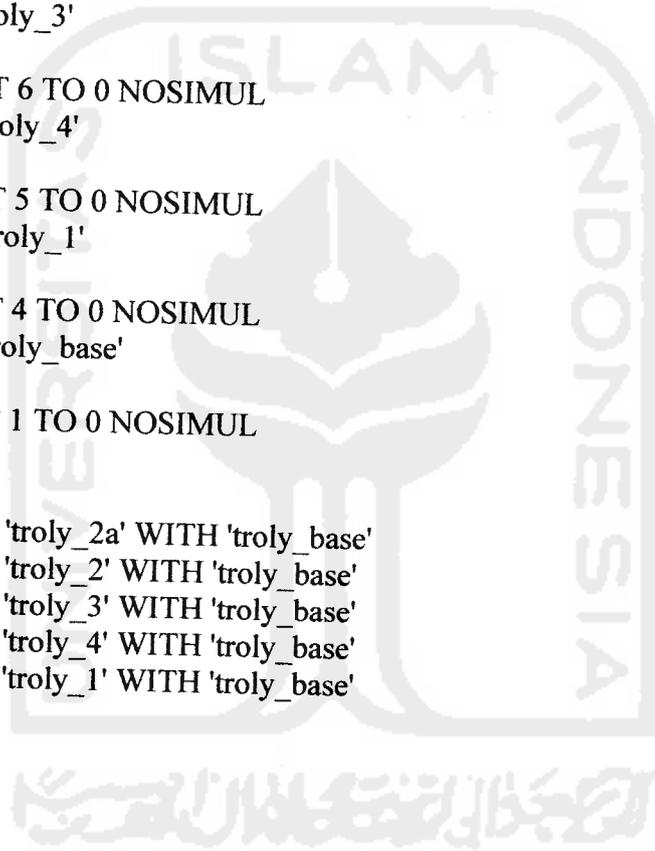


PROGRAM JIG

```
--  
BEGIN MAIN  
  
    UNITS = MM  
    $TIME = 0.2  
  
    WAIT UNTIL DIN[2] == ON  
    DOUT[2] = ON  
-----  
-- Close locator and grab part  
    MOVE JOINT 1 BY 100 NOSIMUL  
    GRAB 'trolley_base' AT LINK 1  
--  
    WAIT UNTIL DIN[2] == ON  
    DOUT[2] = ON  
--  
    MOVE JOINT 4 BY 100 NOSIMUL  
    GRAB 'trolley_1' AT LINK 4  
  
    WAIT UNTIL DIN[2] == ON  
    DOUT[2] = ON  
----  
--  
    MOVE JOINT 2 BY 100 NOSIMUL  
    GRAB 'trolley_2a' AT LINK 2  
  
    WAIT UNTIL DIN[2] == ON  
    DOUT[2] = ON  
----  
--  
    MOVE JOINT 3 BY 100 NOSIMUL  
    GRAB 'trolley_2' AT LINK 3  
  
    WAIT UNTIL DIN[2] == ON  
    DOUT[2] = ON  
-----  
--  
    MOVE JOINT 6 BY 100 NOSIMUL  
    GRAB 'trolley_3' AT LINK 6  
  
    WAIT UNTIL DIN[2] == ON  
    DOUT[2] = ON  
----  
--  
    MOVE JOINT 5 BY 100 NOSIMUL  
    GRAB 'trolley_4' AT LINK 5
```

```
DOUT [3] = ON
DOUT [3] = OFF
----
WAIT UNTIL DIN[6] == ON
  DOUT[6] = ON
  RELEASE 'trolley_2a'
---
MOVE JOINT 2 TO 0 NOSIMUL
RELEASE 'trolley_2'
---
MOVE JOINT 3 TO 0 NOSIMUL
RELEASE 'trolley_3'
---
MOVE JOINT 6 TO 0 NOSIMUL
RELEASE 'trolley_4'
---
MOVE JOINT 5 TO 0 NOSIMUL
RELEASE 'trolley_1'
---
MOVE JOINT 4 TO 0 NOSIMUL
RELEASE 'trolley_base'
---
MOVE JOINT 1 TO 0 NOSIMUL
----
----
GRAB DEVICE 'trolley_2a' WITH 'trolley_base'
GRAB DEVICE 'trolley_2' WITH 'trolley_base'
GRAB DEVICE 'trolley_3' WITH 'trolley_base'
GRAB DEVICE 'trolley_4' WITH 'trolley_base'
GRAB DEVICE 'trolley_1' WITH 'trolley_base'
-----

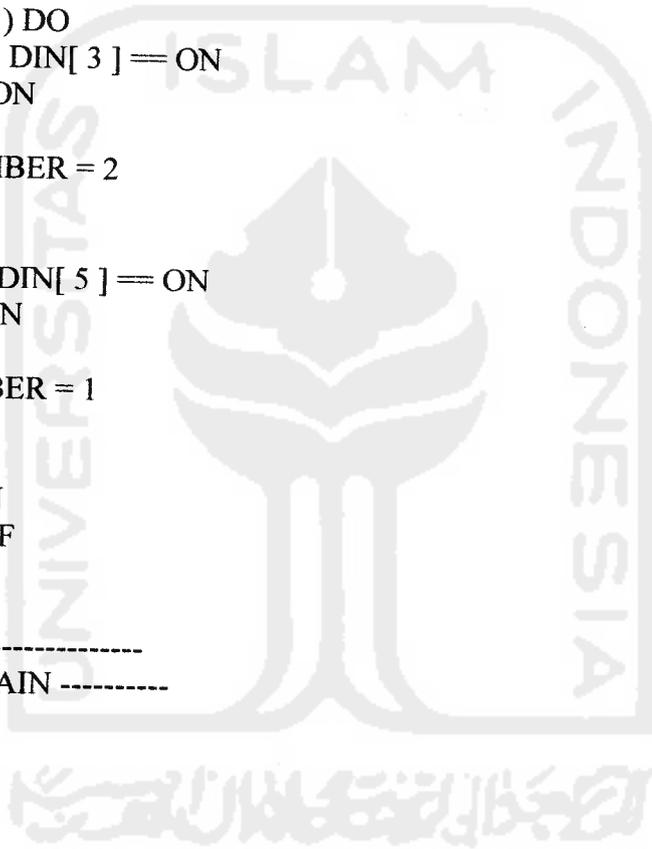
END MAIN
----
---END JIG----
```



PROGRAM BES JIG

```
VAR
----- Main Declaration Section
BEGIN MAIN
-----
  $SPEED_MODE = PERCENT
  $SPEED = 1
  ----
  ----
  WHILE( TRUE ) DO
    WAIT UNTIL DIN[ 3 ] == ON
    DOUT[ 3 ] = ON
  ---
    $HOME_NUMBER = 2
    MOVE HOME
  ----
    WAIT UNTIL DIN[ 5 ] == ON
    DOUT[ 5 ] = ON
  ----
    $HOME_NUMBER = 1
    MOVE HOME
  ----
    DOUT[6] = ON
    DOUT[6] = OFF

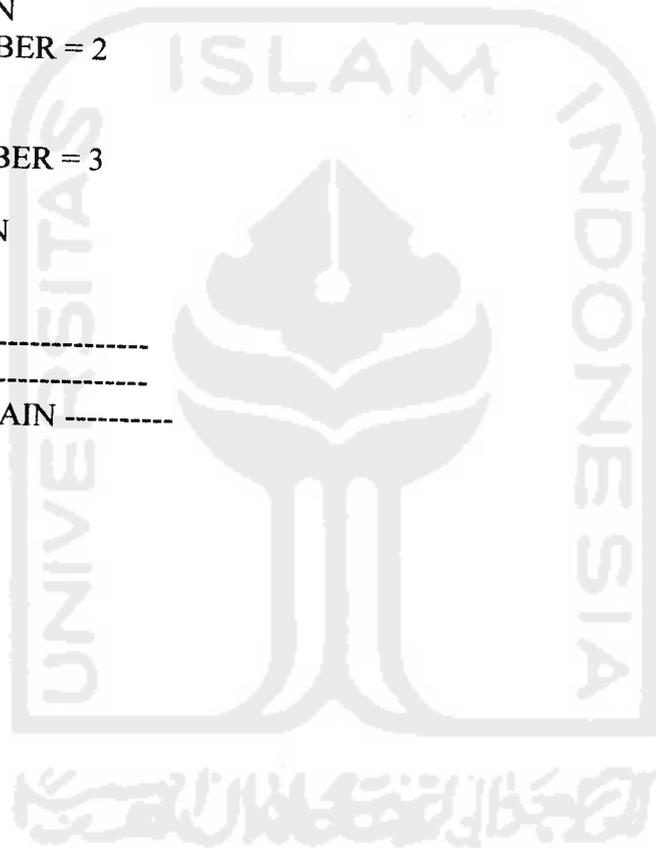
  ENDWHILE
  -----
  ----- END MAIN -----
END BES_ lkp
```



PROGRAM ROCKER

```
BEGIN MAIN
UNITS = MM
$TIME = 0.025
$SPEED = 3
WHILE(TRUE) DO
$HOME_NUMBER = 3
MOVE HOME
WAIT UNTIL DIN[10] == ON
DOUT[10] = ON
$HOME_NUMBER = 2
MOVE HOME
DELAY 3000
$HOME_NUMBER = 3
MOVE HOME
DOUT[11] = ON
ENDWHILE

-----
-----
----- END MAIN -----
END Rocker
```

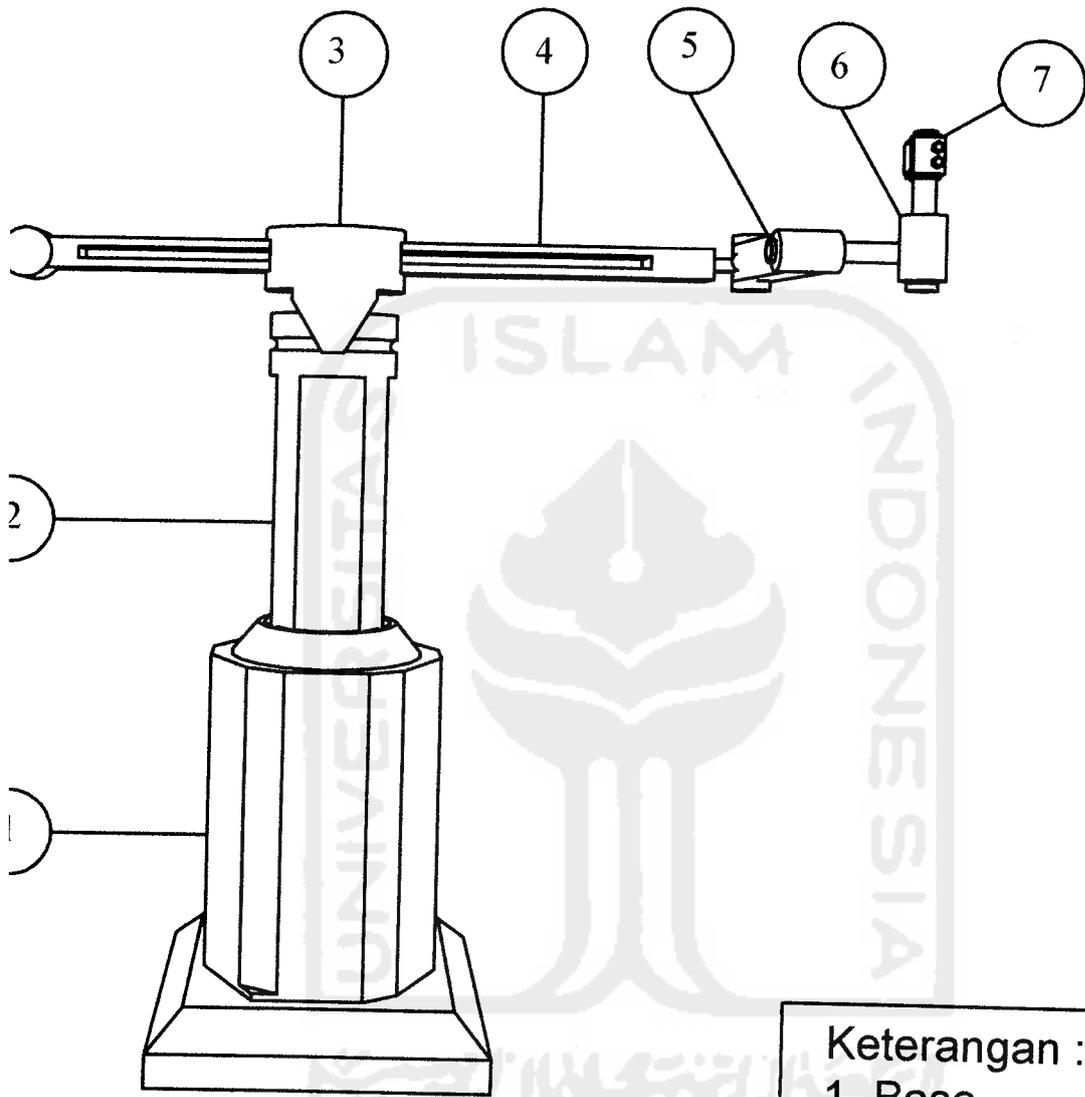


PROGRAM MANUSIA

```
VAR
----- Main Declaration Section
BEGIN MAIN

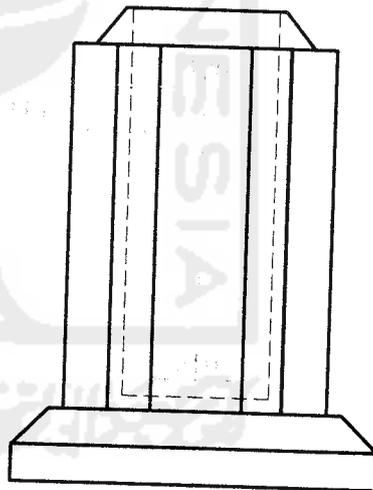
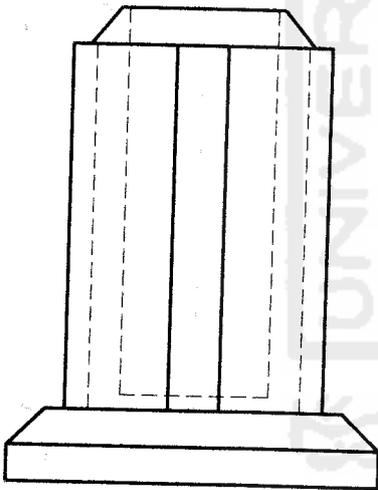
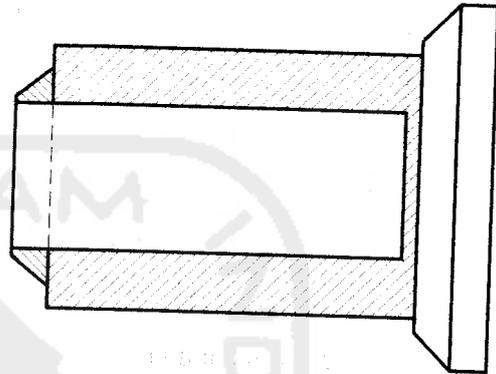
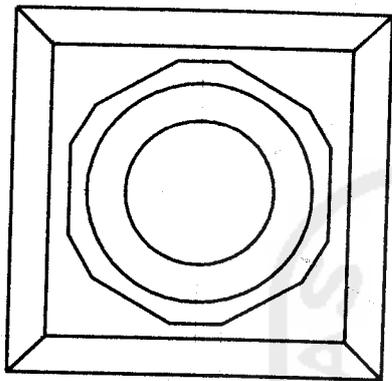
$$SPEED_MODE = PERCENT
$$SPEED = 2
-----
-----
MOVE ALONG path1
DOUT [0] = ON
DOUT [0] = OFF
MOVE ALONG path2
DOUT [0] = ON
DOUT [0] = OFF
MOVE ALONG path3
DOUT [0] = ON
DOUT [0] = OFF
MOVE ALONG path4
DOUT [0] = ON
DOUT [0] = OFF
MOVE ALONG path5
DOUT [0] = ON
DOUT [0] = OFF
MOVE ALONG path7

WAIT UNTIL DIN[0] == ON
DOUT [0] = ON
MOVE ALONG path6
-----
-----
----- END MAIN -----
END Manusia
```

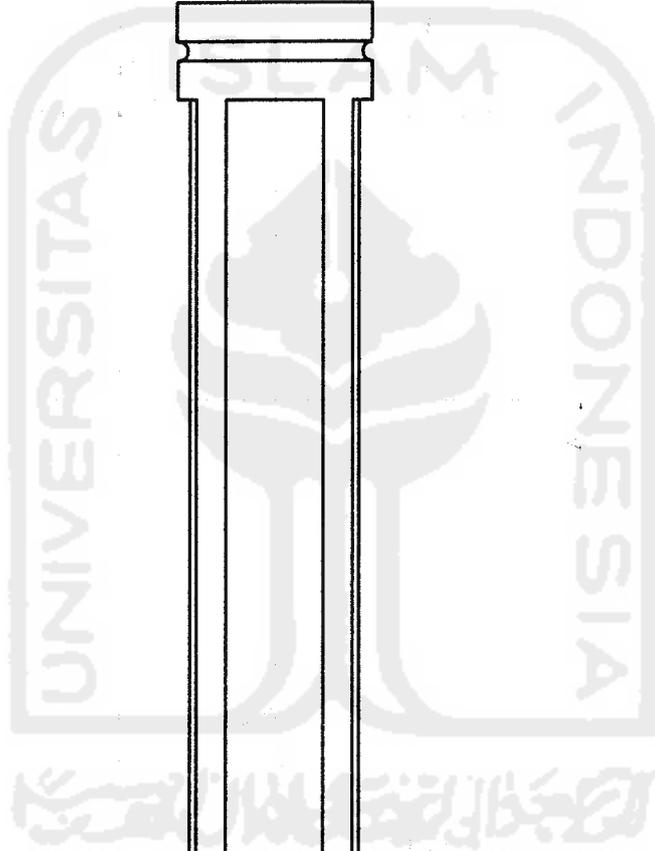
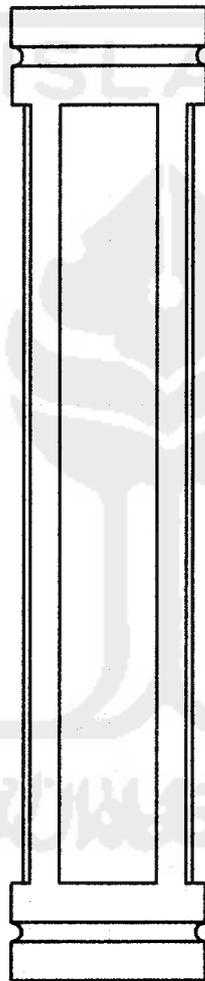
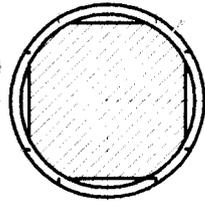


- Keterangan :
1. Base
 2. Link 1
 3. Link 2
 4. Link 3
 5. Link 4
 6. Link 5
 7. Link 6

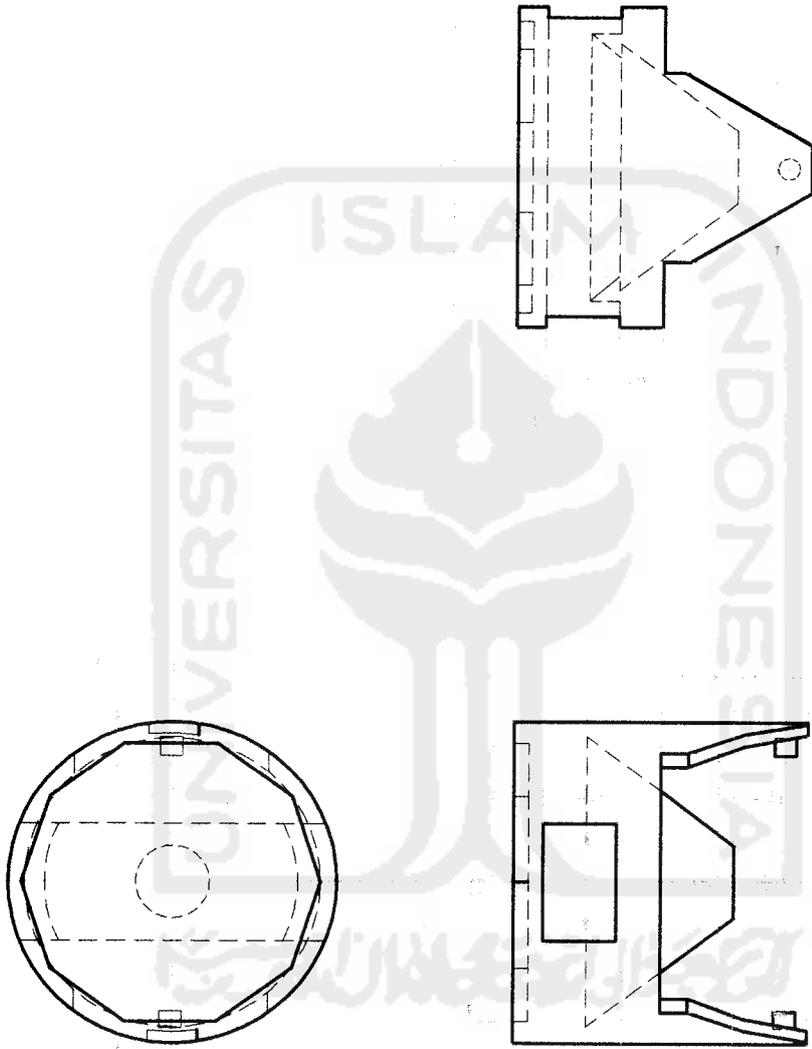
	SKALA : 1:7	DIGAMBAR : Umar farukh	
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
K MESIN UII	Susunan Manipulator		A₄

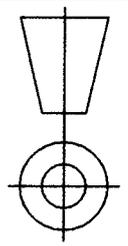


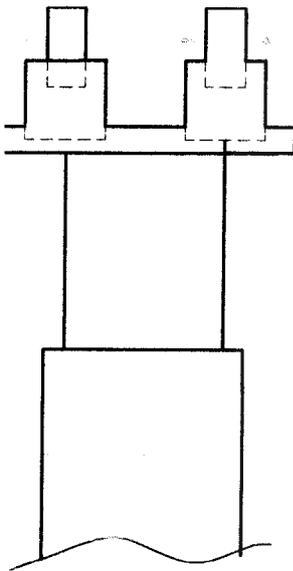
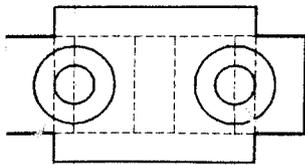
	SKALA : 1 : 20	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Base Manipulator		A4



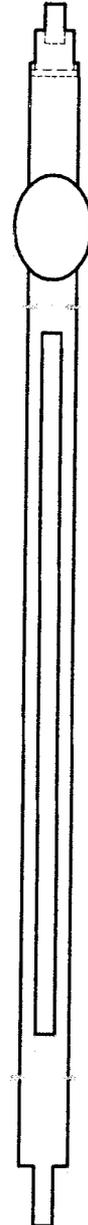
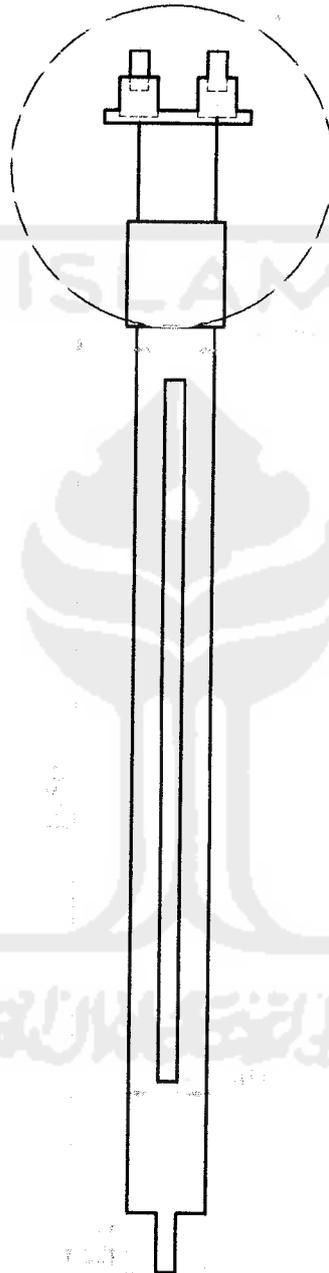
	SKALA : 1 : 15	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Link 1		A ₄



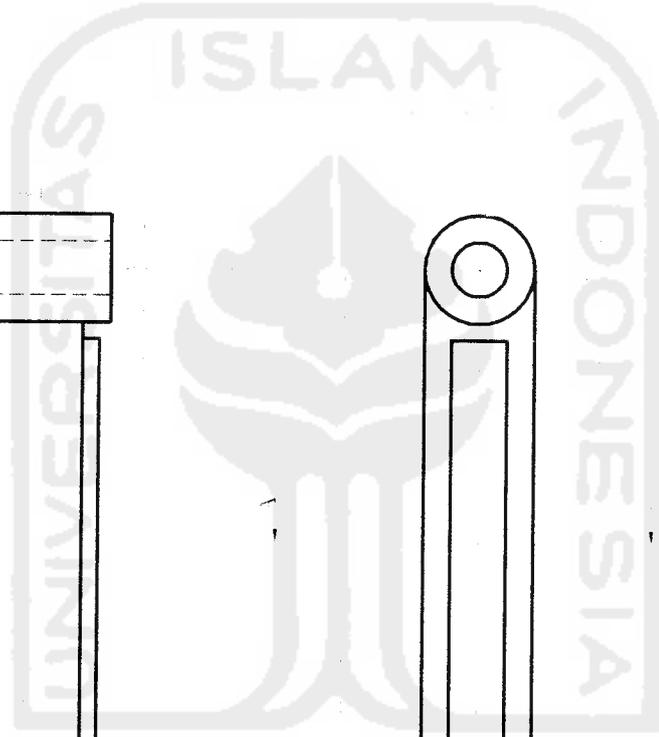
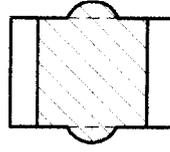
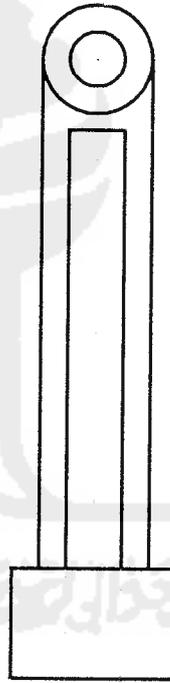
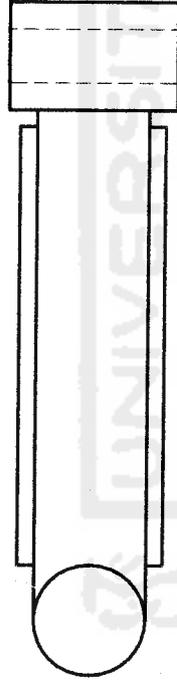
	SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR : UMAR FARUKH	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
Universitas Islam Indonesia		Link 2	
			A₄

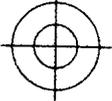


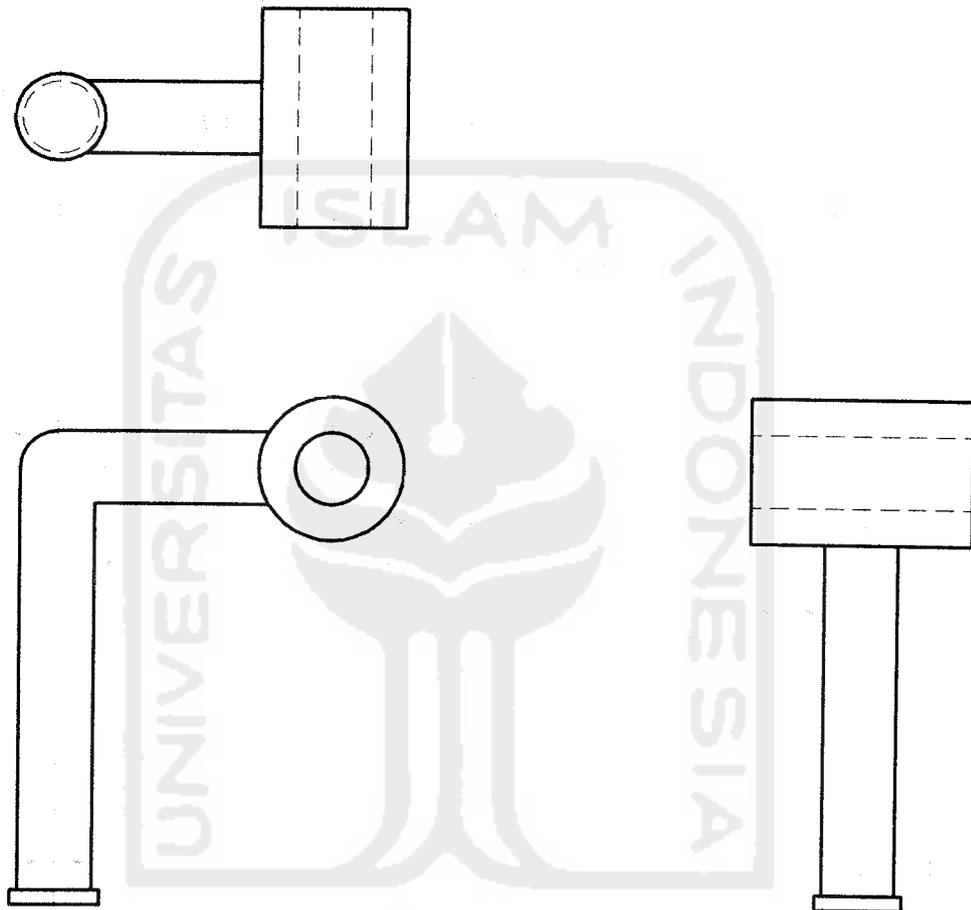
DARILAH

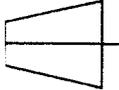


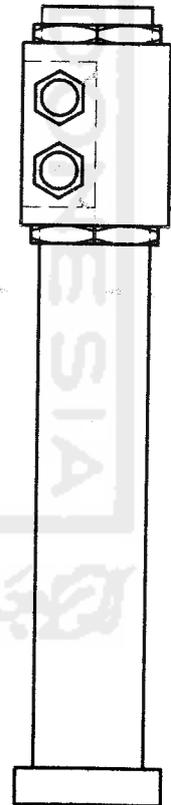
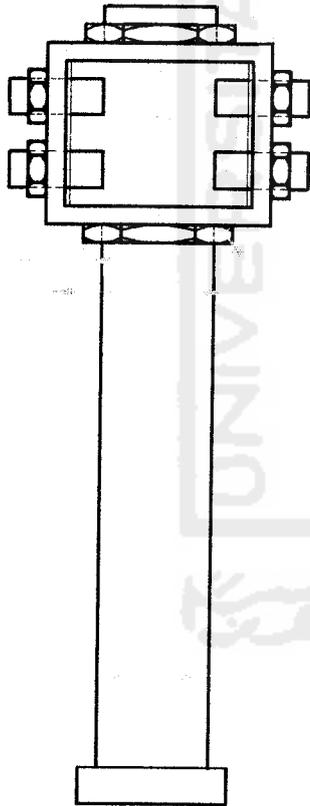
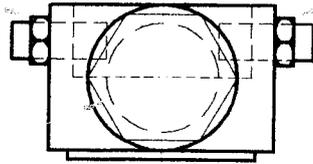
	SKALA : 1 : 15	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Link 3		A4



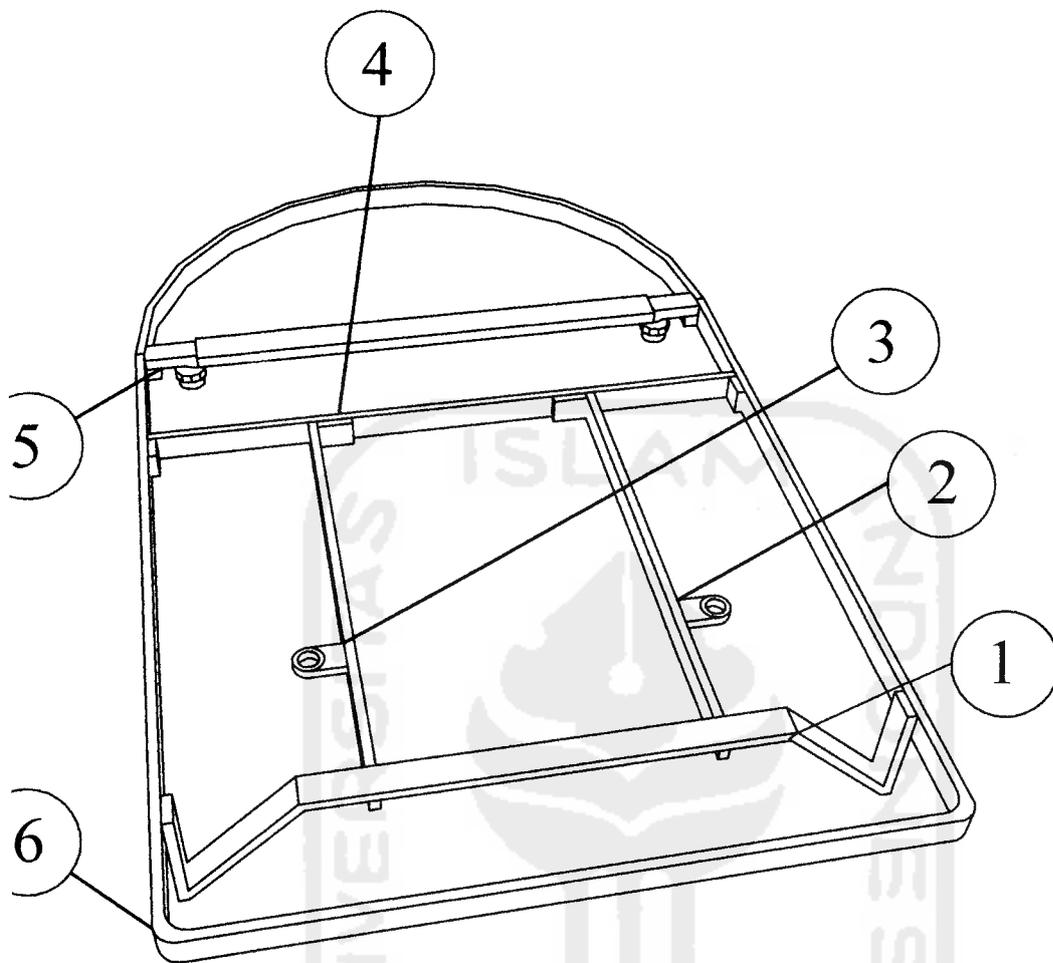
	SKALA : 1 : 8	DIGAMBAR : UMAR FARUKH	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
<i>Universitas Islam Indonesia</i>		Link 4	A ₄



	SKALA : 1 : 6	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Link 5		A4



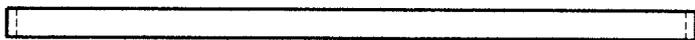
	SKALA : 1 : 4	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Link 6		A4



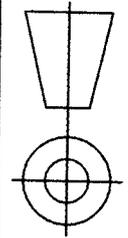
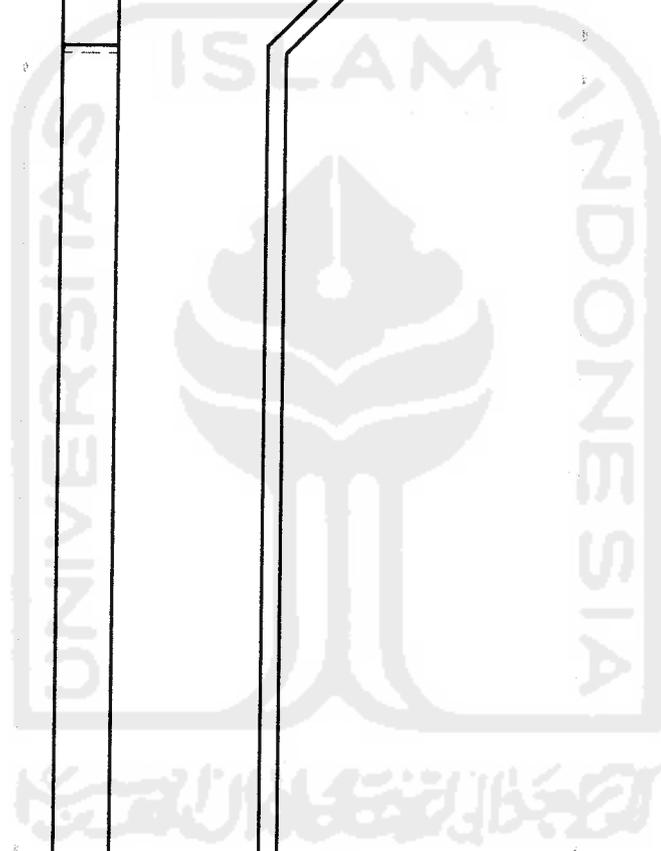
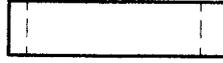
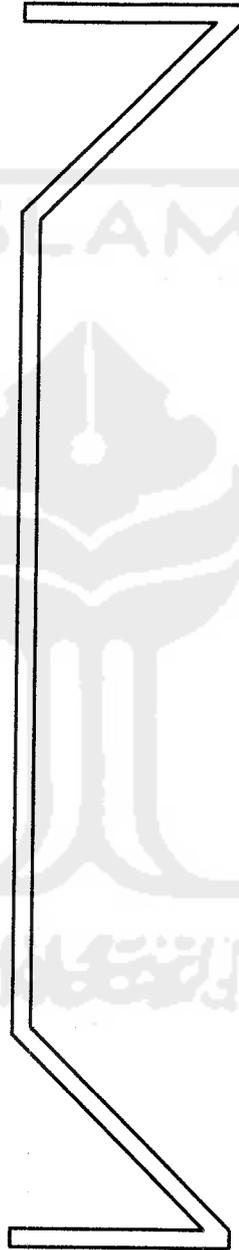
Keterangan :

- 1. Trolley 1
- 2. Trolley 2
- 3. Trolley 2b
- 4. Trolley 3
- 5. Trolley 4
- 6. Base Trolley

	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : Umar farukh	
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
K MESIN III	Susunanan Trolley		A₄



	SKALA : 1 : 15	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Trolley Base		A4



SKALA : 1:8
SATUAN : Milimeter
TANGGAL : 10-04-2007

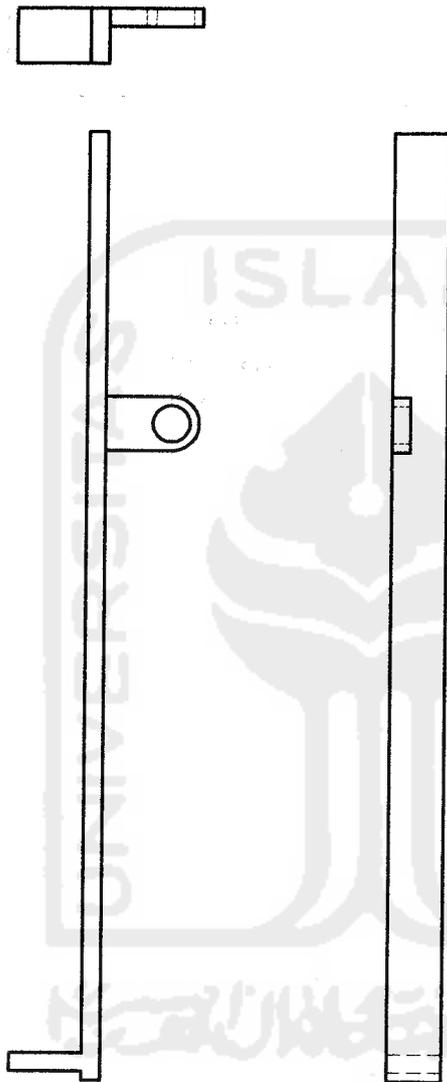
DIGAMBAR : UMAR FARUKH
JURUSAN : TEKNIK MESIN
DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST,MT

Peringatan :

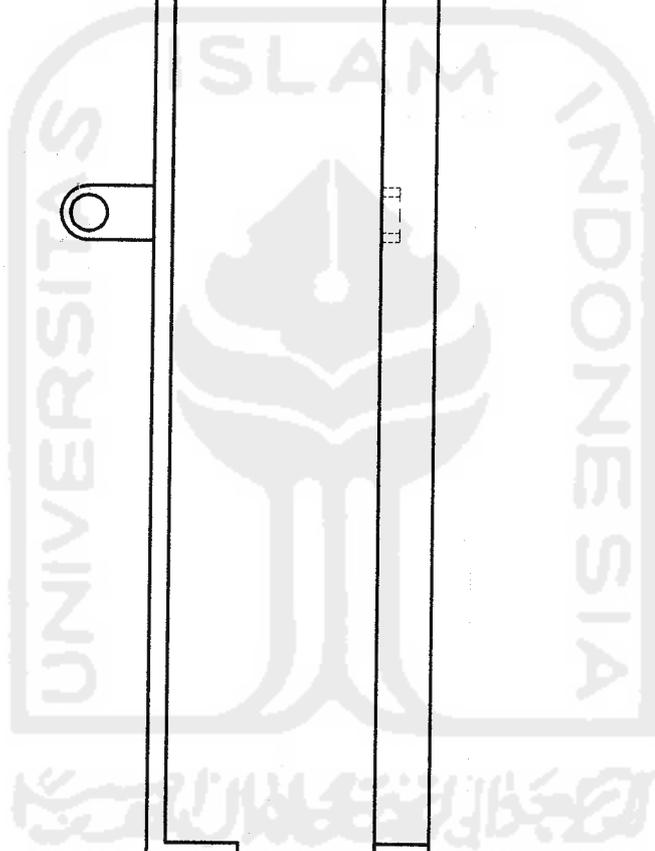
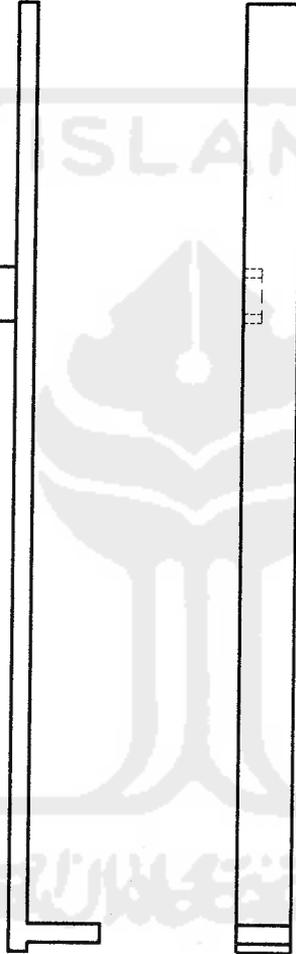
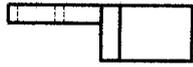
Universitas Islam
Indonesia

Troly 1

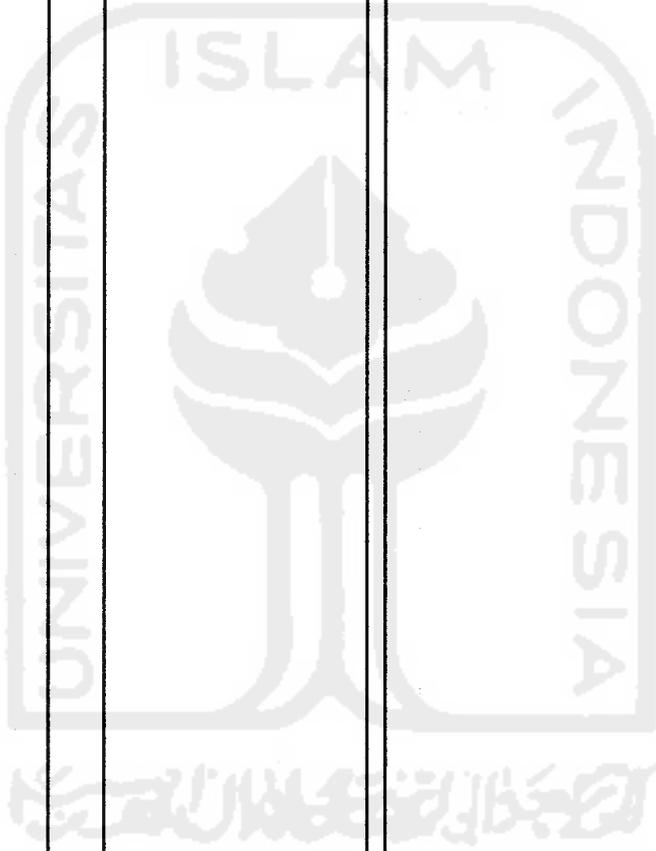
A₄



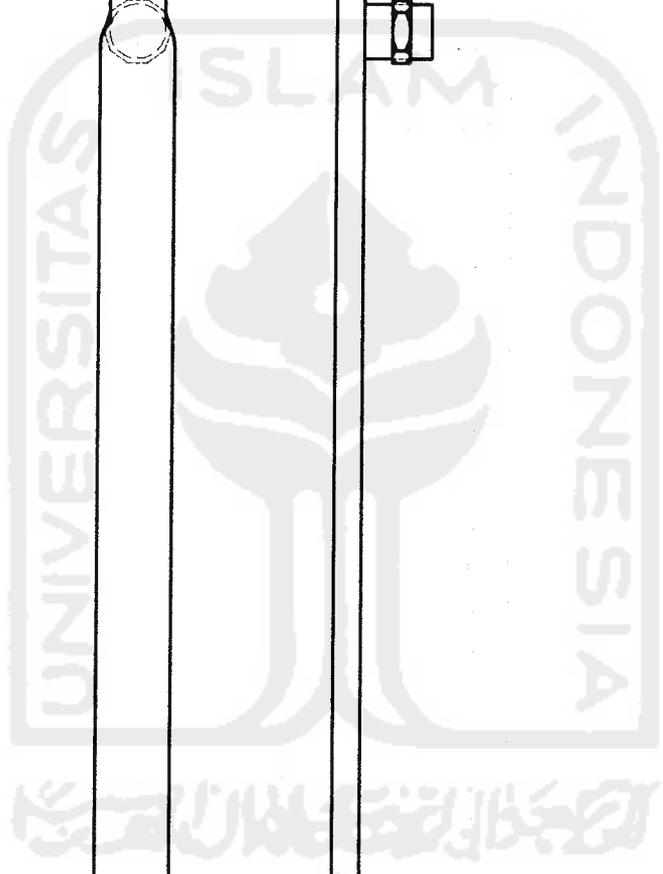
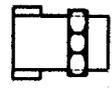
	SKALA : 1 : 8	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Trolley 2		A4

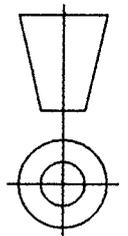


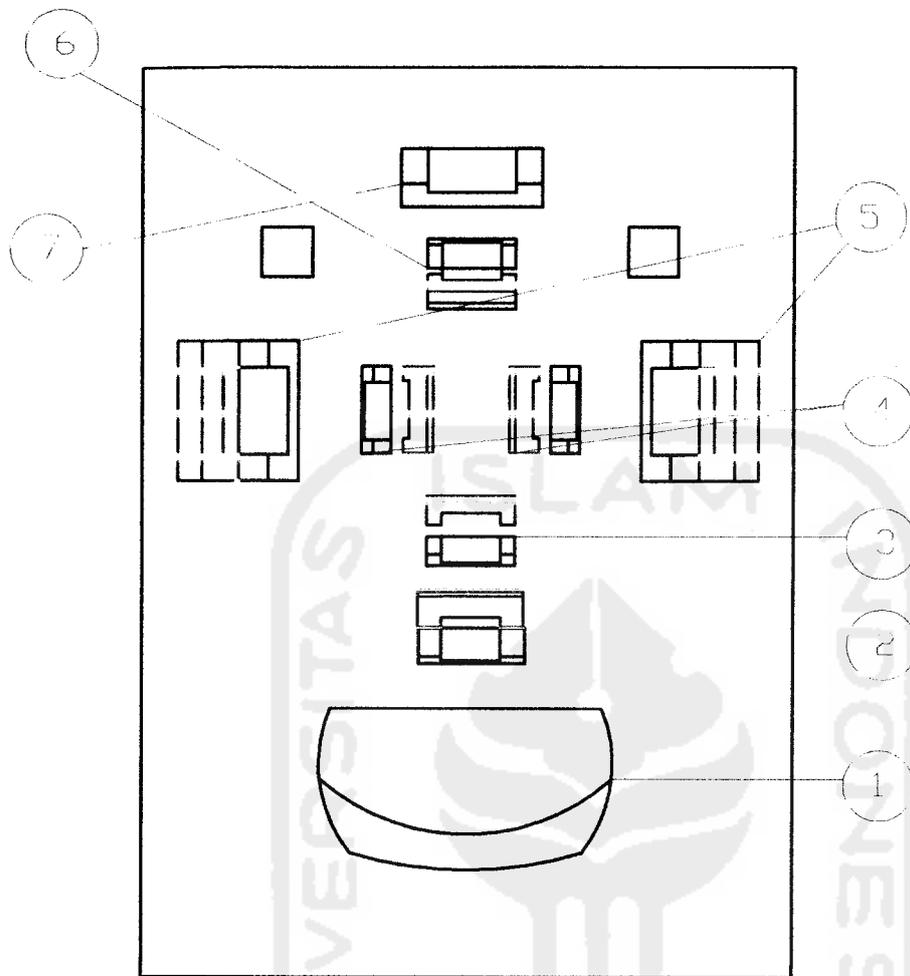
	SKALA : 1 : 8	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Trolley 2b		A4



	SKALA : 1:8	DIGAMBAR : UMAR FARUKH	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
Universitas Islam Indonesia	Troly 3		A₄

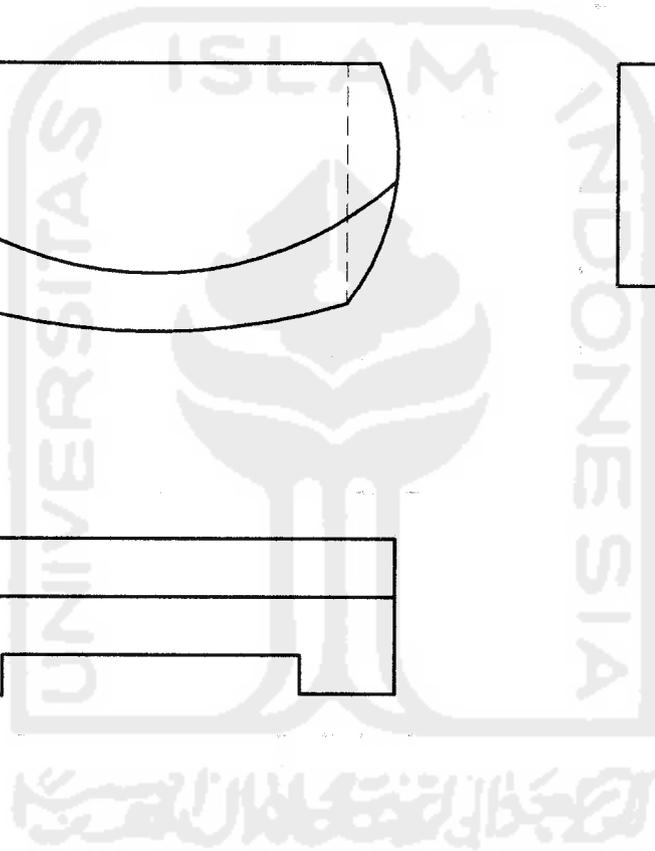
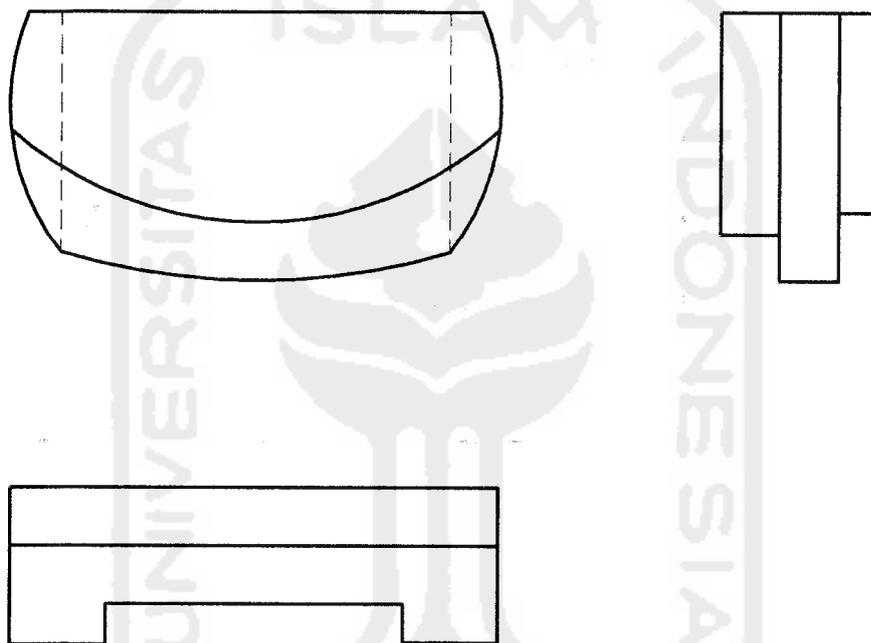


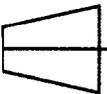
	SKALA : 1 : 8	DIGAMBAR : UMAR FARUKH	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adji, ST.MT	
Universitas Islam Indonesia		Trolley 4	
			A₄

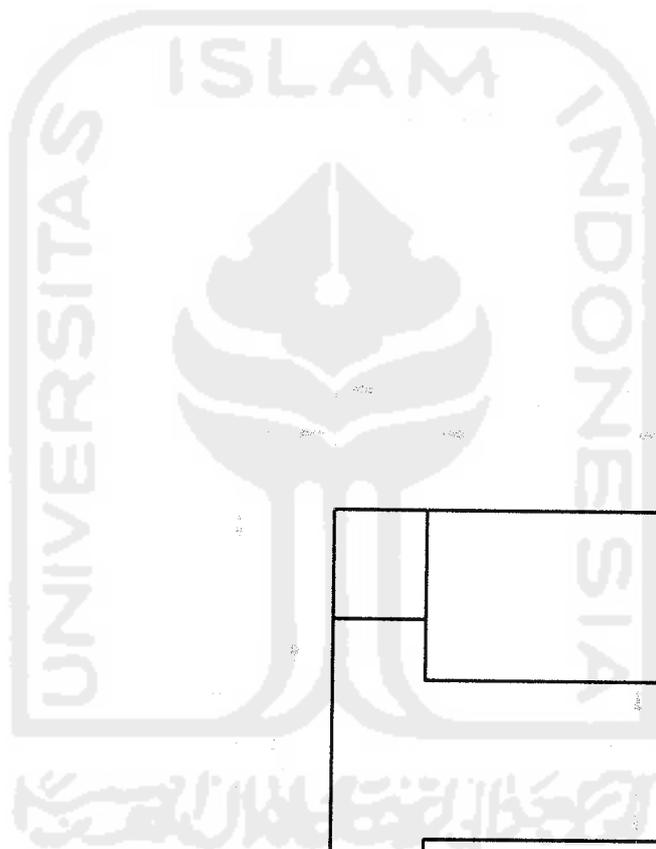
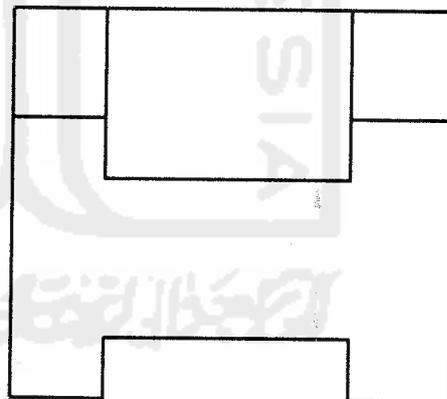
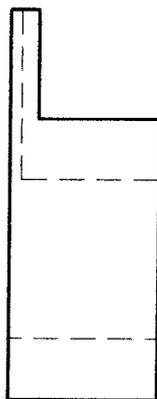
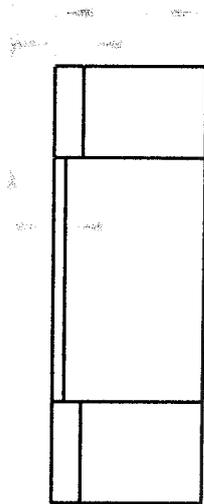


1. Locator 1
2. Locator dan Clam 2
3. Locator dan Clam 3
4. Locator dan Clam 4
5. Locator dan Clam 5
6. Locator 6
9. Locator 7

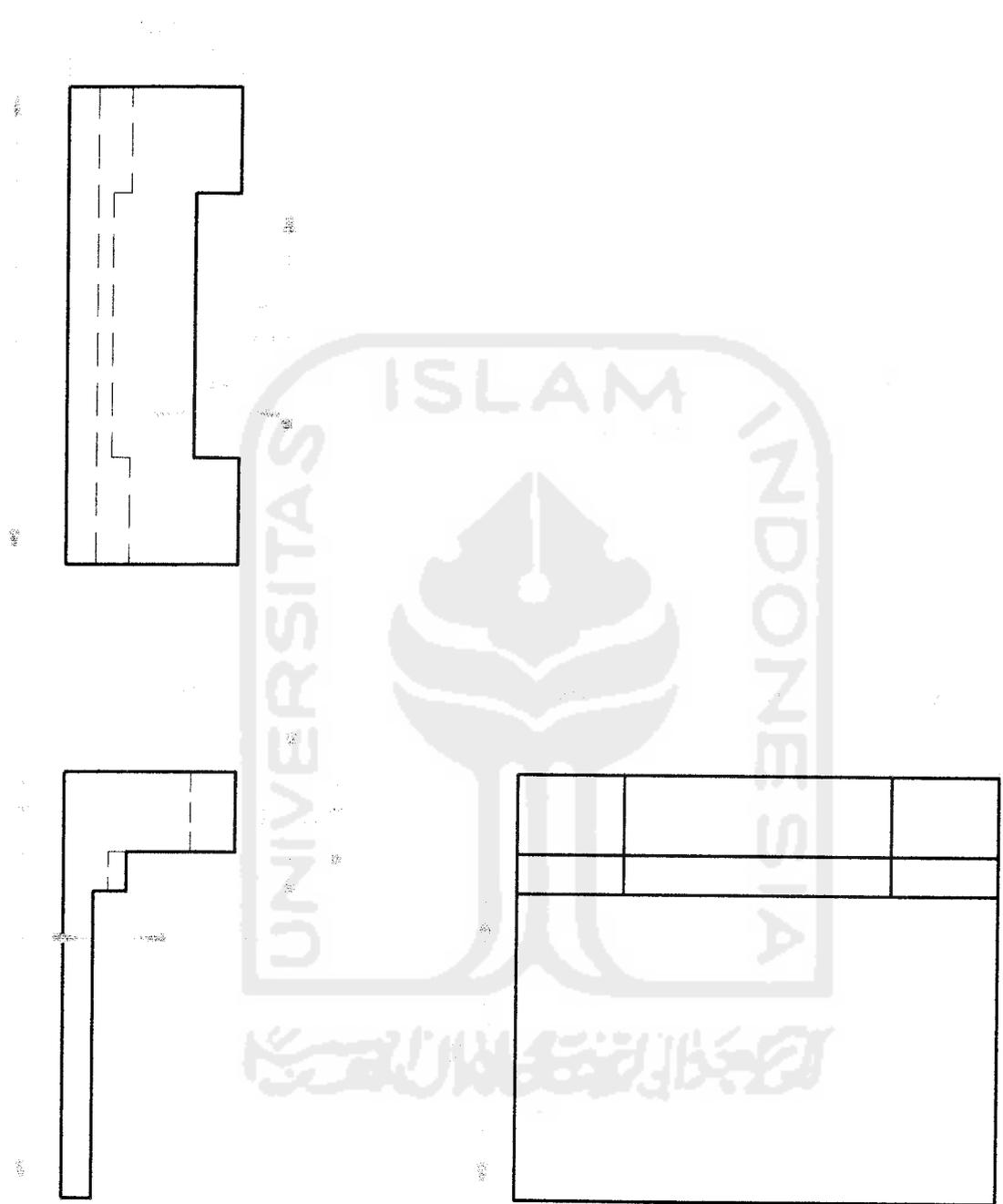
	SKALA : 1 : 25	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
K MESIN UII	Susunan JIG		A₄

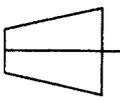


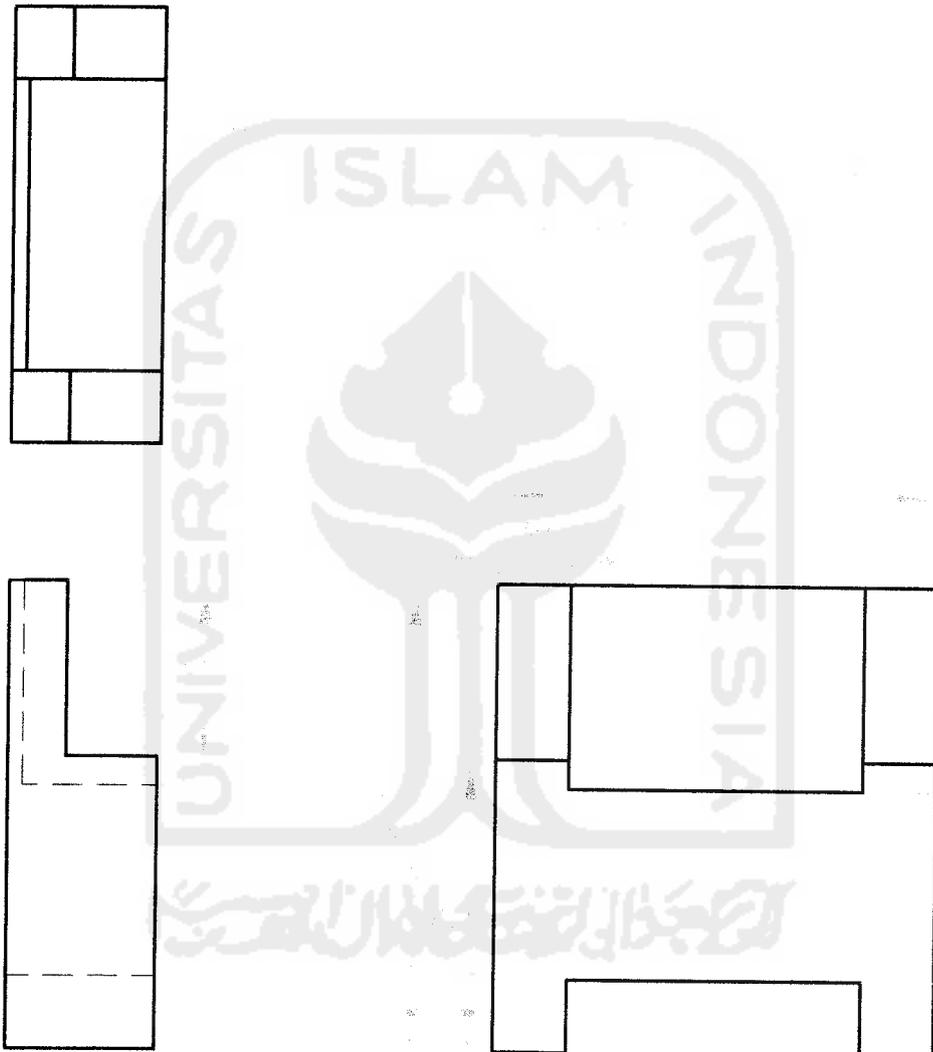
	SKALA : 1: 10	DIGAMBAR : Umar farukh	
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
K MESIN UII	Locator 1		A₄

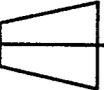


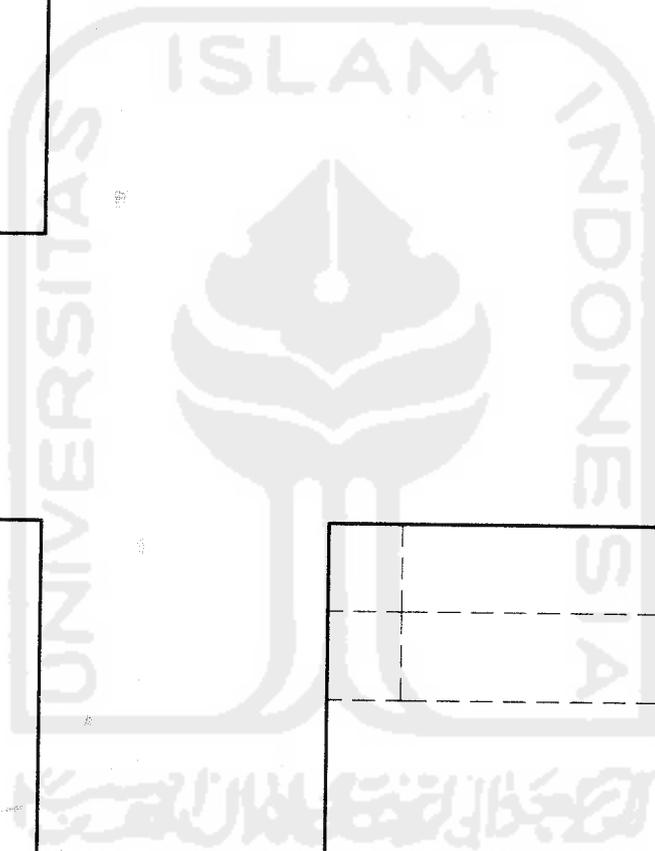
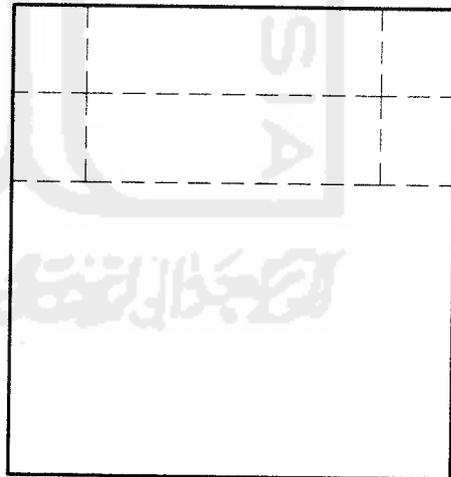
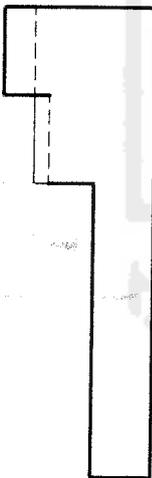
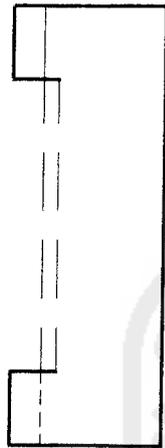
	SKALA : 1:6	DIGAMBAR : Umar farukh	
	SATUAN : m m	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
K MESIN III	Locator 2		A₄



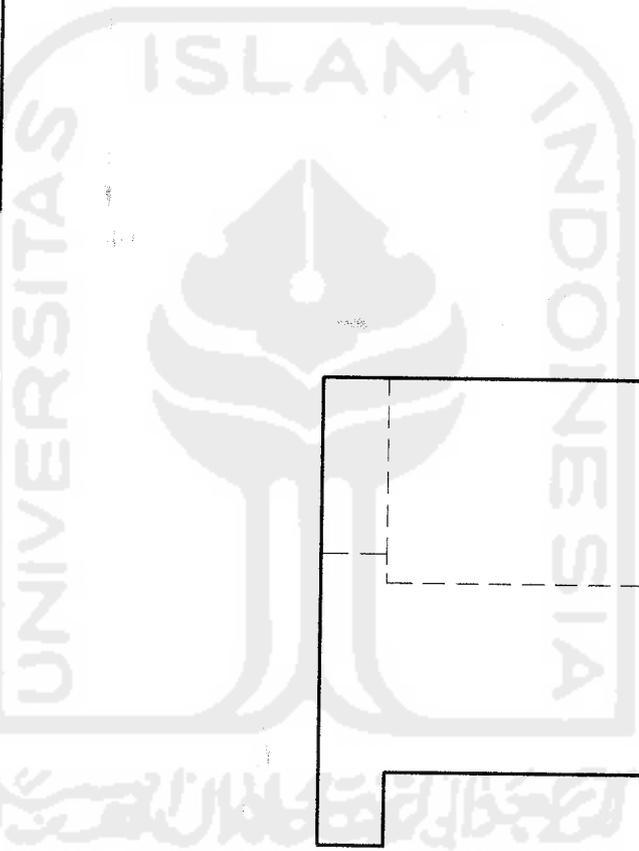
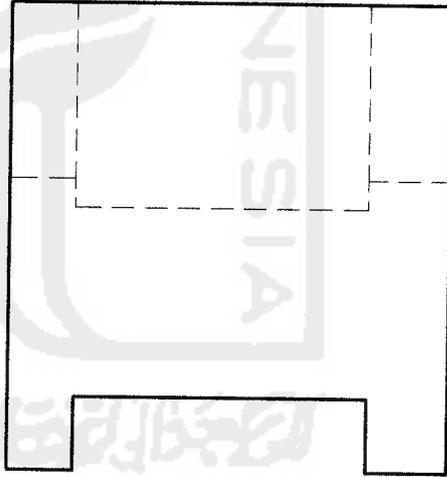
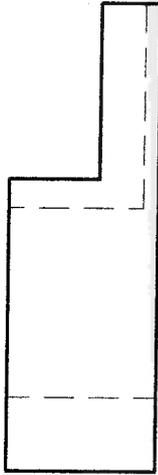
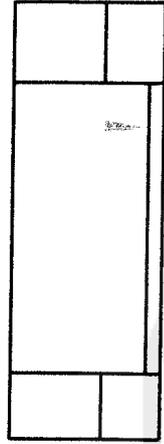
	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Clam 2		A ₄



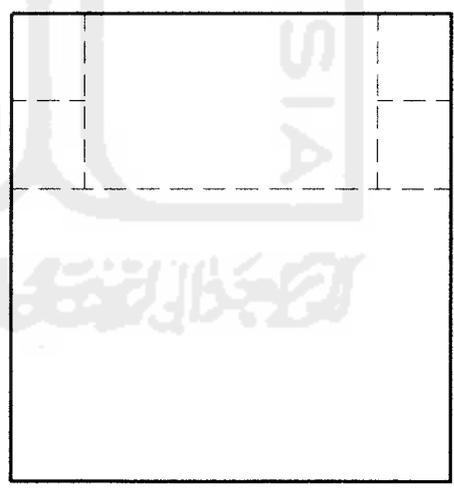
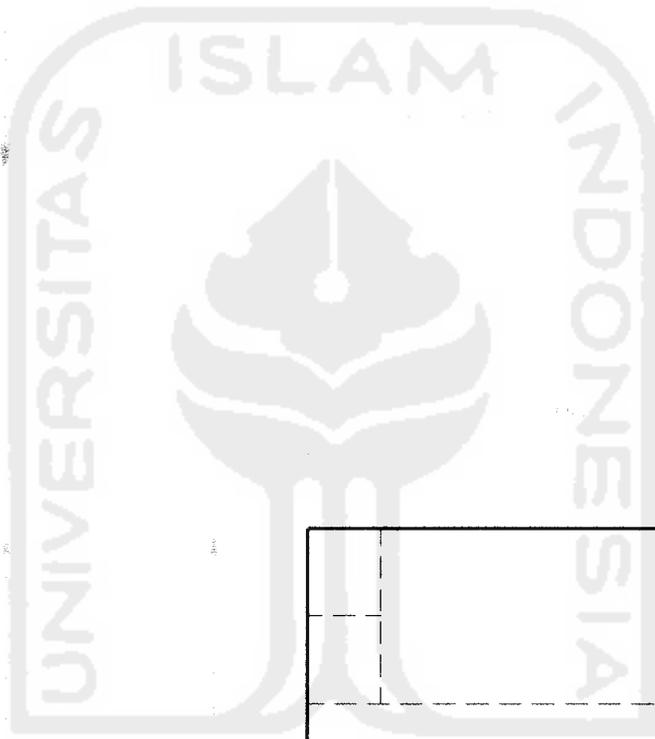
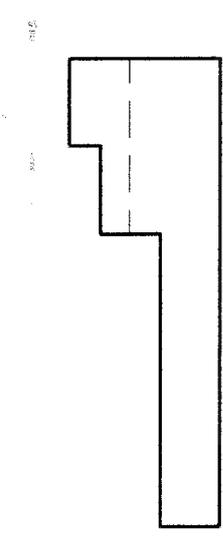
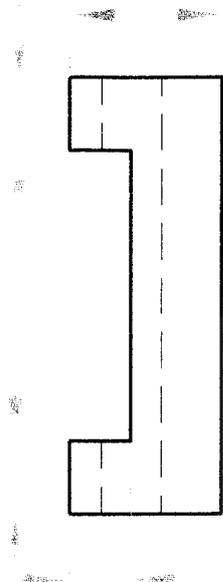
	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : Umar farukh		
	SATUAN : m m	JURUSAN : Teknik Mesin		
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT		
K MESIN III		Locator 3		A₄



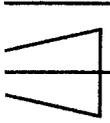
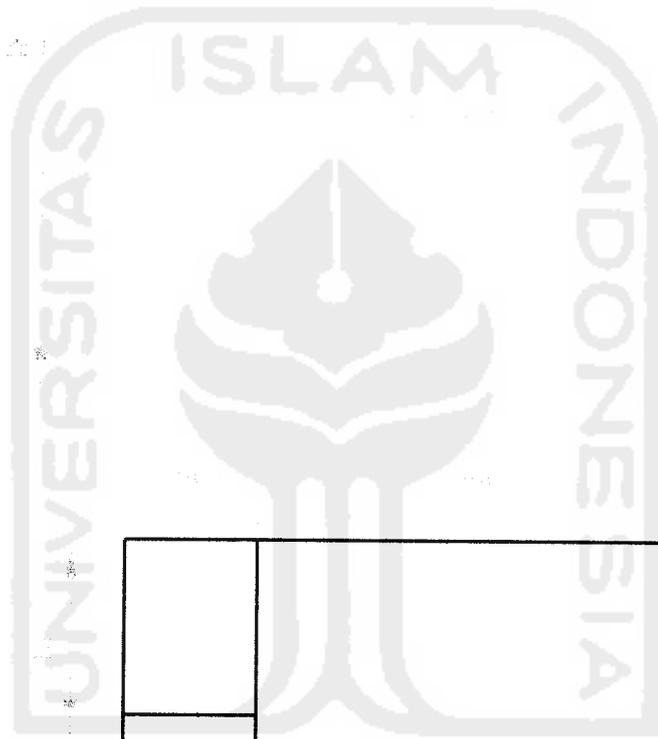
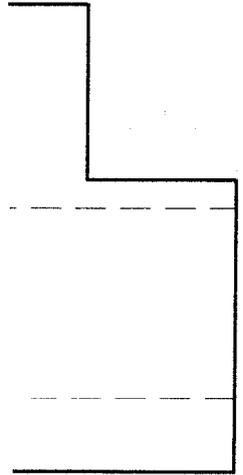
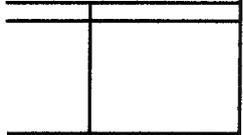
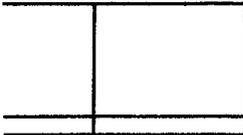
	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Clam 3		A4



	SKALA : 1: 5	DIGAMBAR : Umar farukh		
	SATUAN : m m	JURUSAN : Teknik Mesin		
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT		
K MESIN UII		Locator 4		A ₄



	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Clam 4		A ₄



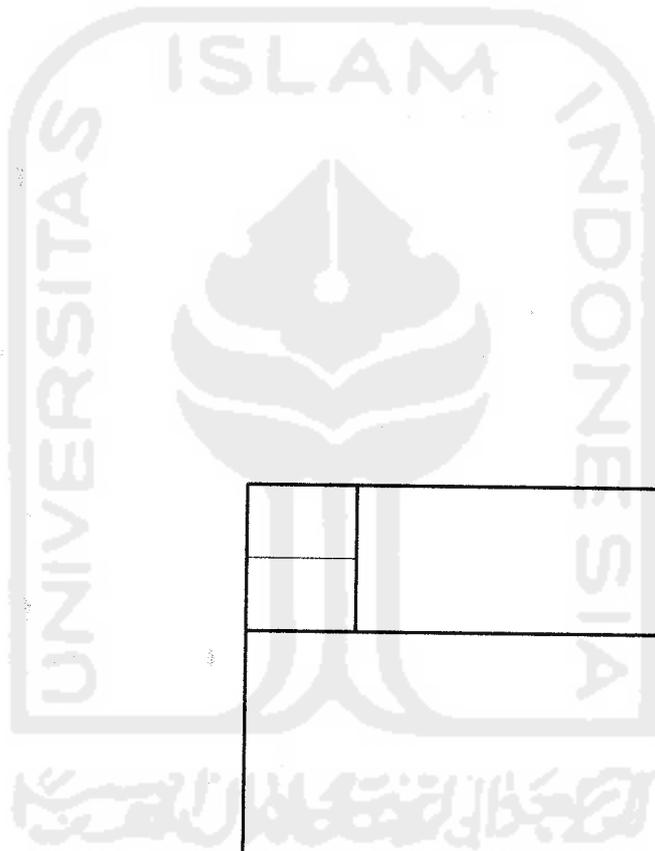
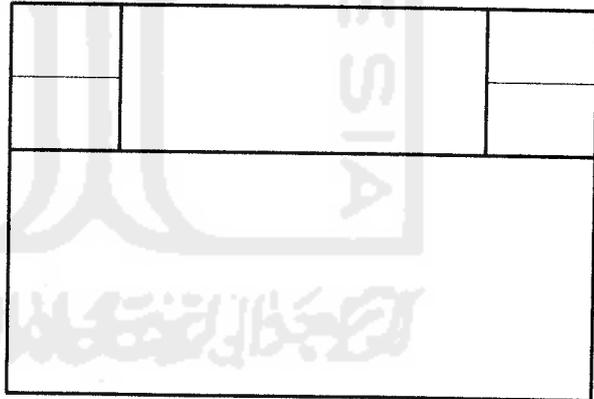
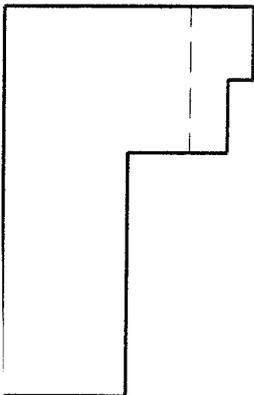
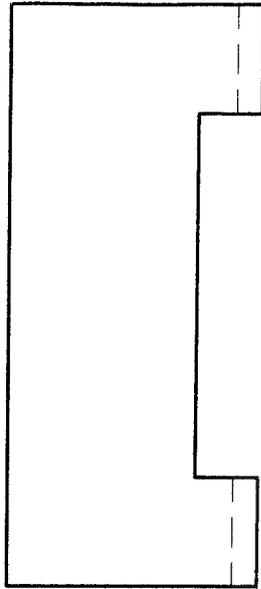
SKALA : 1:5	DIGAMBAR : Umar farukh	
SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	

K MESIN III

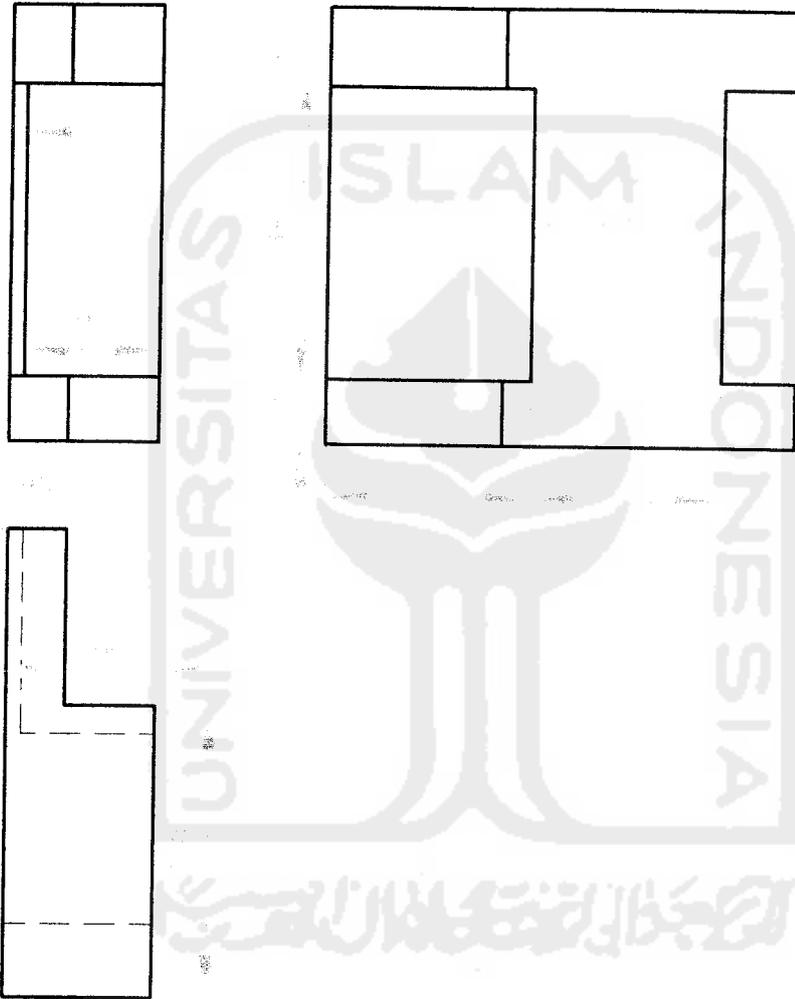
Locator 5

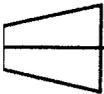


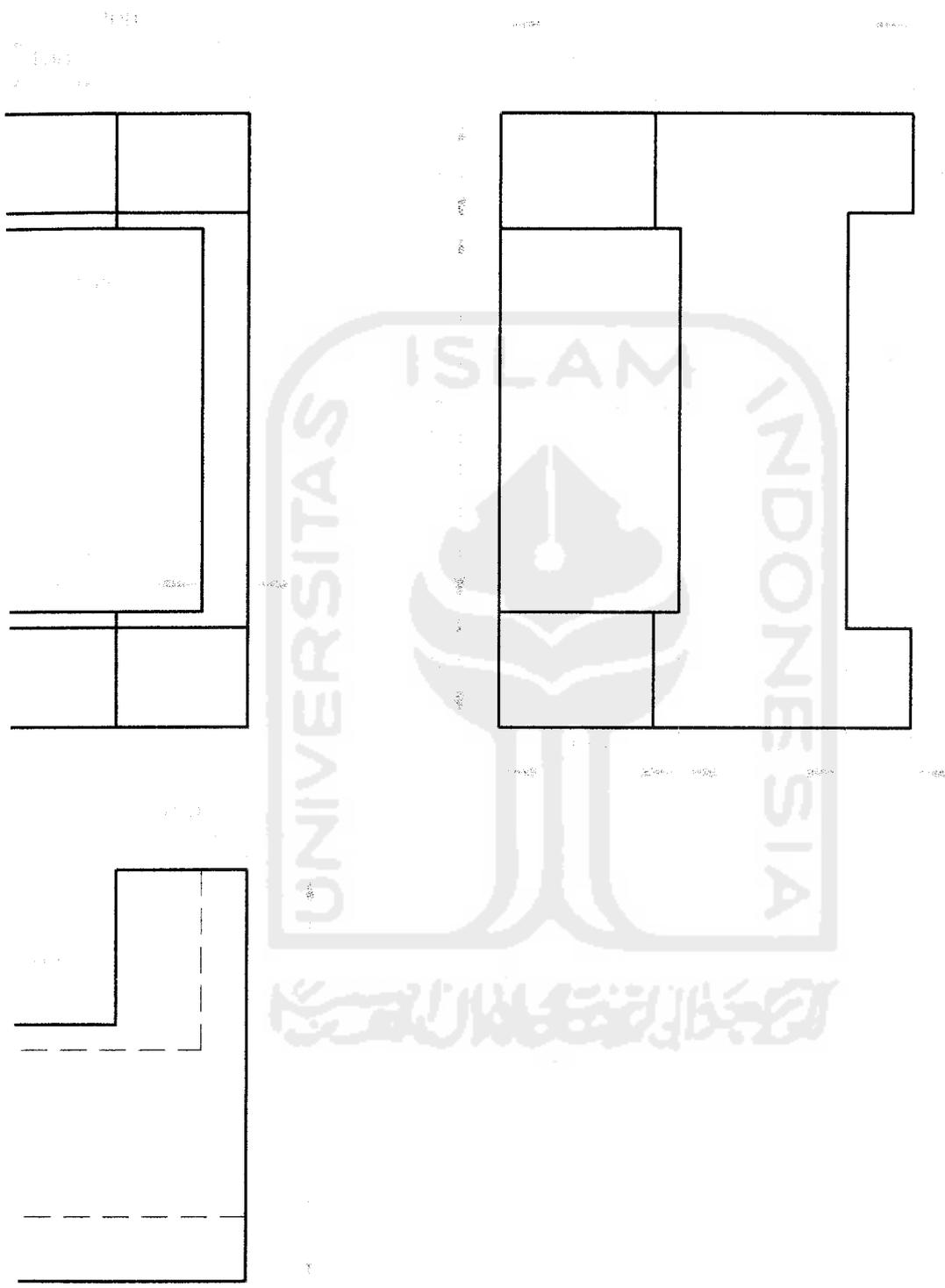
A₄

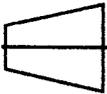


	SKALA : 1 : 6	DIGAMBAR : Umar Farukh	Peringatan :
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
MESIN UII	Clam 5		A4



	SKALA : 1: 5	DIGAMBAR : Umar farukh	
	SATUAN : m m	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
K MESIN III	Locator 6		A₄



	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : Umar farukh	
	SATUAN : m m	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 10-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
K MESIN III	Locator 7		A₄