



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE JIG
UNTUK PROSES PEMBUATAN SEPEDA LIPAT *STUDENT
VERSION***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

FERRY HARTANTO

0606029321

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Ferry Hartanto

NPM : 0606029321

Tanda Tangan :

Tanggal : 21 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ferry Hartanto
NPM : 0606029321
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Prototipe Jig untuk
Proses Pembuatan Sepeda lipat Student Version

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Hendri D S Budiono, MEng (.....)

Penguji : Dr. Ario SB, S.T., M.T., MEng (.....)

Penguji : Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, MEng. (.....)

Penguji : Ir. Henky Suskito Nugroho M.T. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, karena atas rahmat dan bimbingan-Nya proses pengerjaan skripsi mengenai sepeda lipat ini telah terselesaikan dengan baik. Pengerjaan skripsi yang dilaksanakan pada periode semester akhir masa perkuliahan ini membahas mengenai “*Perancangan dan Pembuatan Prototipe Jig untuk Proses Pembuatan Sepeda lipat Student Version*”, yang secara umum berisi alur perancangan serta pembuatan dan pengujian jig untuk sepeda lipat *student version* sebagai alat bantu untuk keperluan produksi secara massal.

Laporan ini disusun sebagai bentuk dokumentasi dan hasil akhir dari proses pengerjaan skripsi yang telah dilaksanakan tersebut. Laporan ini juga diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan mata kuliah Skripsi dalam program studi Teknik Mesin Universitas Indonesia.

Dalam melaksanakan proses pengerjaan skripsi dan penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikan semuanya dengan baik dan mengatasi segala kesulitan dan hambatan tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada banyak pihak di antaranya:

1. Ir. Hendri D S Budiono. M.Eng, selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk mengarahkan dan memberi support sangat baik selama proses pelaksanaan skripsi ini.
2. Ayah dan Ibu serta keluarga di Tangerang yang selalu memberikan dukungan moril dan materiil selama pelaksanaan kerja praktek.
3. Bpk. Anis dan Bpk Adit selaku praktisi dalam bidang manufaktur yang telah banyak membantu proses pembuatan dan membagi ilmu yang dimilikinya kepada saya.

4. Dr.Ario SB, S.T.,M.T.,MEng, Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, Meng dan Ir. Henky Suskito Nugroho M.T. selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan dan evaluasi berharga terhadap skripsi ini.
5. Sahabat saya Danu kurnia Prasetio dan Syaiful Arief yang sering ikut repot bersama saya, juga seluruh teman, dosen dan karyawan DTM FTUI yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membantu perkembangan pembahasan terkait topik laporan ini maupun bagi penulis secara pribadi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak : penulis, teman-teman, dosen, dan lain-lain, juga bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin.

Terimakasih.

Tangerang, 21 Juni 2010

Ferry Hartanto
(0606029321)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ferry Hartanto
NPM : 0606029321
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE JIG UNTUK PROSES PEMBUATAN SEPEDA LIPAT STUDENT VERSION

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 21 Juni 2010

Yang menyatakan

(Ferry Hartanto)

ABSTRAK

Nama : Ferry Hartanto
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Perancangan dan Pembuatan Prototipe Jig untuk Proses
Pembuatan Sepeda lipat Student Version

Dalam suatu proses produksi massal dari suatu produk, keberadaan jig sangat penting peranannya terutama dalam menjaga konsistensi kualitas dari tiap-tiap produk yang dihasilkan. Jig merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk memegang serta mengorientasikan benda kerja ke arah yang sesuai untuk dilakukan proses pengerjaan berikutnya dan memastikan benda tersebut tidak mengalami pergerakan ketika dikerjakan. Berdasarkan fungsinya tersebut, kepresisian dimensi dari jig itu sendiri sangatlah penting dalam menghasilkan benda kerja yang diinginkan karena dengan adanya kesalahan dimensi pada jig, maka otomatis dimensi benda kerja juga akan ikut menyimpang dari yang direncanakan. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai proses perancangan serta pembuatan dan pengujian jig untuk menahan gaya pengelasan pada proses pengelasan sepeda lipat di bagian batang depan, batang tengah, dan engselnya. Adanya penyimpangan dimensi jig yang dibuat sebesar $0,759^0$ untuk pengelasan batang depan dan tengah serta $0,814^0$ untuk pengelasan batang tengah dan engselnya menunjukkan terjadinya kesalahan dalam proses produksi komponen-komponen dari jig tersebut sementara adanya penyimpangan dimensi benda kerja terhadap jig $0,526^0$ dan $0,479^0$ untuk masing-masing proses tersebut dapat menunjukkan kehandalan jig tersebut dalam menahan gaya yang terjadi ataupun mengindikasikan adanya faktor lain yang menyebabkan terjadinya penyimpangan tersebut seperti adanya pengaruh gaya pengerutan yang terus terjadi selama beberapa saat setelah benda dilepaskan dari jignya.

Kata kunci: Produksi massal, sepeda lipat, jig

ABSTRACT

Name : Ferry Hartanto
Field of study : Teknik Mesin
Title : Design & Manufacturing of Jig Prototipe for Folding Bike-
Student Version

In a mass production process of a product, a jig have a very important role in keeping the quality for each product in term of its shape and dimension. A jig is a device that has the ability to hold and orientating the object to the appropriate direction so that it will not be able to move/disoriented while the manufacturing process is being done to the object. Based on its function, the precision of the dimension of the jig itself is very impotant in producing the right dimension of the object because if there is an error in the jig dimension, automatically the outcome of the jig will also be influenced by that error. In this jurnal, it will be disscuss about the desaining, manufacturing and also testing of a jig that will be used in manufacturing process of a folding bike product to hold and orienting some object that will be welded to each other. This jig must have to hold any forces caused by the welding process between middle and front bar and also the welding process in middle bar and the hinge to make a single product of the front frame as a part of the bike. The error that occured in the jig in the value of $0,759^0$ for middle-front bar and $0,814^0$ for middle bar-hinge welding process show that there is some error in the manufacturing process of each component of the jig while the errors that occured between the dimension of the product and the dimension of the jig might be indicated that the welding forces still applied in the product even after the product is released from the jig.

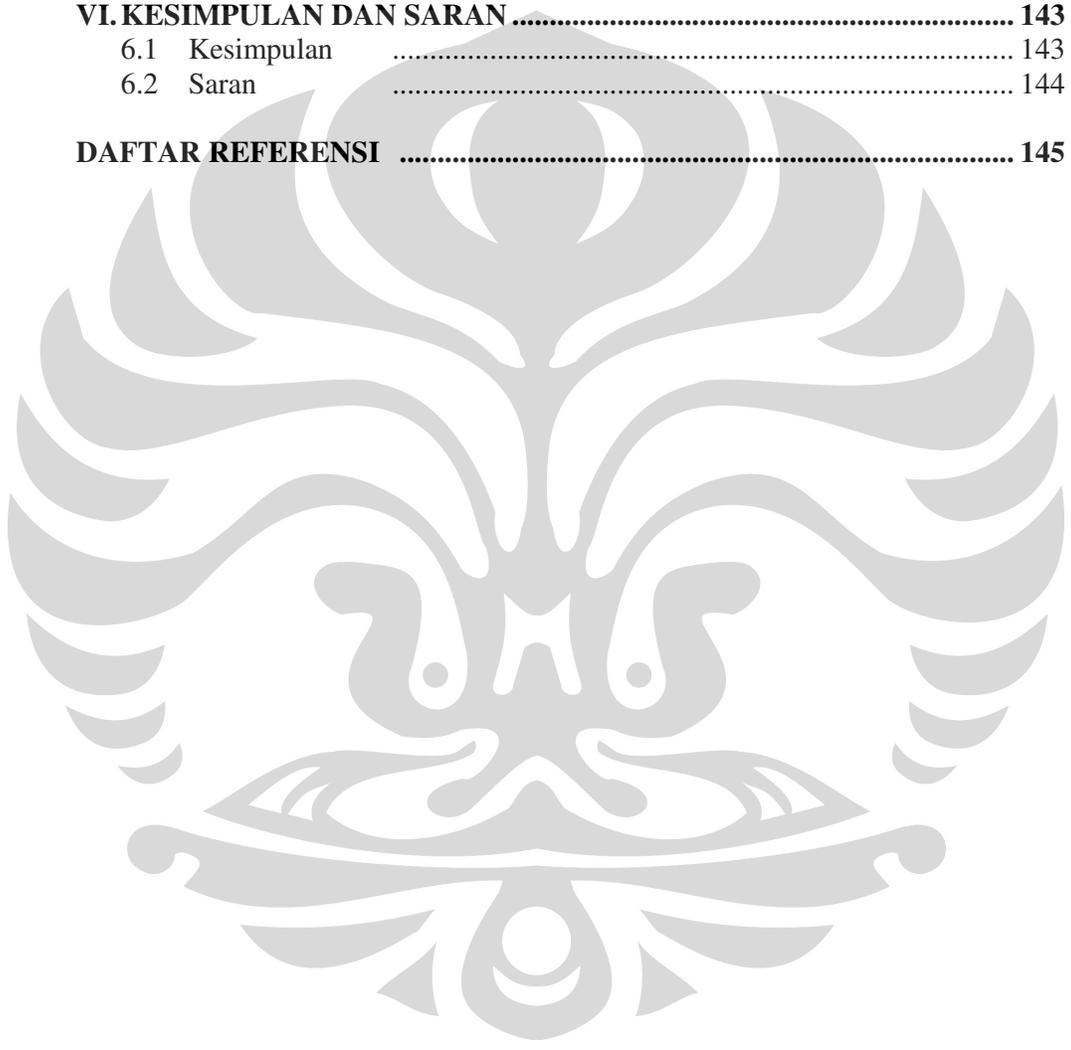
Key words: Mass production, folding bike, jig

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL DAN GRAFIK	xxi
DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL	xxi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Pembatasan Masalah	7
1.5 Metodologi Penelitian	8
1.6 Sistematika Penulisan	9
II. DASAR TEORI.....	10
2.1 Jig dan Fixture.....	10
2.2 Elemen Jig dan fixture	10
2.2.1 Locator dan Locating Principles	11
2.2.2 Clamping Element.....	17
2.2.3 Power Device	20
2.2.4 Indexing Device	22
2.2.5 Tool Guiding element	23
2.2.6 Base Body dan Frame	25
2.3 Las Busur	27
2.3.1 Las Busur dengan Pelindung Gas Mulia.....	29
2.3.2 Las Busur CO ₂	31
2.4 Tegangan Sisi dan Perubahan Bentuk Dalam Pengelasan	32
2.4.1 Tegangan Sisa	33
2.4.2 Perubaha Bentuk dalam Pengelasan (Distorsi)	35
2.4.3 Gaya Penyusutan yang Menyebabkan Distorsi pada Pengelasan	37
2.5 Proses Pemesinan	38
2.5.1 Proses Pemesinan Dengan Mesin Bubut.....	39
2.5.1.1 Metoda Pemegangan Benda Kerja Pada Mesin Bubut.....	40
2.5.1.2 Alat-alat Potong Pada Mesin Bubut.....	41
2.5.1.3 Arah Pemakanan Pahat	43
2.5.1.4 Kecepatan pemotongan dan jarak pemakanan	44
2.5.2 Proses Pemesinan Dengan Mesin Milling (Frais).....	46
2.5.2.1 Pemegangan Benda Kerja Pada Mesin Frais	49

2.5.2.2	Pisau Frais	53
2.6	Coordinate Measuring Machine (CMM)	56
2.7	Teori Uji Kekerasan, Uji Keausan dan Uji Fatik	58
2.7.1	Uji Kekerasan.....	59
2.7.2	Uji Keausan	60
2.7.3	Uji Fatik	62
III. PENGEMBANGAN DESAIN JIG		64
3.1	Desain-desain Awal	64
3.1.1	Jig 1	65
3.1.2	Jig 2.....	65
3.1.3	Jig 3.....	65
3.2	Pertimbangan Desain dan Pemilihan Desain Akhir Jig	66
3.3	Desain Akhir	69
3.4	Cara Kerja Jig	70
3.5	Perhitungan Gaya Penyusutan Akibat Pengelasan.....	75
3.6	Perhitungan Ketebalan Flange Penyangga.....	77
3.7	Proses Pembuatan Jig	79
3.7.1	Spesifikasi Mesin Milling	79
3.7.2	Pahat yang Dipergunakan	80
3.7.3	Peralatan Lainnya.....	80
3.7.4	Proses Pengerjaan Jig.....	82
3.7.4.1	Pembuatan Gambar Kerja	82
3.7.4.2	Persiapan Bahan Mentah.....	83
3.7.4.3	Penempatan Benda Kerja Pada Ragum.....	83
3.7.4.4	Pengefraisan sisi.....	84
3.7.4.5	Pembuatan Base Plate	87
3.7.4.6	Pembuatan Locator atas	89
3.7.4.7	Pembuatan Flange Penyangga	91
3.7.4.8	Pembuatan Locator Miring	92
3.7.4.9	Pembuatan Clamper	94
3.7.4.10	Pembuatan Locator Bawah	96
3.8	Hasil Akhir	98
3.9	Uji Kekerasan, Uji Keausan dan Uji Fatik.....	99
3.9.1	Uji Kekerasan.....	99
3.9.2	Uji Keausan.....	100
3.9.3	Uji Fatik	100
IV. PENGAMBILAN DATA DIMENSI JIG DAN SAMPLE		102
4.1	Prosedur penggunaan CMM	102
4.2	Data hasil pengukuran jig menggunakan CMM	112
4.3	Data hasil pengukuran sampel menggunakan CMM	125
V. ANALISA HASIL PENGUKURAN.....		127
5.1	Analisa sudut engsel-batang tengah.....	127
5.1.1	Analisa dimensi jig.....	127
5.1.2	Solusi untuk mengatasi error dimensi pada jig	130
5.1.3	Analisa kehandalan jig pada pengelasan	

engsel-batang tengah.....	131
5.2 Analisa sudut batang depan-batang tengah.....	135
5.2.1 Analisa dimensi jig.....	135
5.2.2 Solusi untuk mengatasi error dimensi pada jig.....	138
5.2.3 Analisa kehandalan jig pada pengelasan batang depan-batang tengah.....	138
5.3 Analisa pemakaian jig terhadap pembuatan frame secara keseluruhan.....	142
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	143
6.1 Kesimpulan.....	143
6.2 Saran.....	144
DAFTAR REFERENSI.....	145



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	: Jalur dan halte sepeda di kampus Universitas Indonesia	2
Gambar 1.2	: Jalur khusus sepeda di Yogyakarta	3
Gambar 1.3	: Rancangan SeliqUI Student Version	5
Gambar 1.4	: Contoh konsep jig untuk pembuatan frame sepeda konvensional (non-folded bike)	6
Gambar 1.5	: Bagan alur penelitian pembuatan jig.....	6
Gambar 1.6	: Batang depan dangsel dari rangka sepeda lipat	7
Gambar 1.7	: Bagan metodologi penelitian	8
Gambar 2.1	: Defining benda kerja	11
Gambar 2.2	: Over defining benda kerja.....	11
Gambar 2.3	: Nesting benda kerja.....	12
Gambar 2.4	: Prinsip 3-2-1.....	12
Gambar 2.5	: Prinsip 4-2-1.....	13
Gambar 2.6	: Flat head dan round head button.....	14
Gambar 2.7	: Geometri round pin	14
Gambar 2.8	: Pad.....	15
Gambar 2.9	: Geometri diamond pin	16
Gambar 2.10	: V-block locator	16
Gambar 2.11	: Screw clamp.....	18
Gambar 2.12	: Strap clamp	19
Gambar 2.13	: Angular clamp.....	19
Gambar 2.14	: Toggle clamp	20
Gambar 2.15	: Cam clamp	20
Gambar 2.16	: Plate jig	23

Gambar 2.17	: Channel jig	23
Gambar 2.18	: Diameter jig	23
Gambar 2.19	: Ring jig.....	24
Gambar 2.20	: Leaf jig	24
Gambar 2.21	: Box jig.....	24
Gambar 2.22	: Body jig & fixture.....	26
Gambar 2.23	: Skema nyala busur	28
Gambar 2.24	: Diagram proses las busur wolfram gas mulia.	30
Gambar 2.25	: Diagram las busur gas mulia elektroda terumpun.....	30
Gambar 2.26	: Distribusi temperatur dan tegangan selama proses pengelasan.....	34
Gambar 2.27	: Macam – macam distorsi yang terjadi pada pengelasan	36
Gambar 2.28	: Bagian-bagian mesin bubut.....	39
Gambar 2.29	: Self centering jaw-chuck.....	40
Gambar 2.30	: Four jaw independent chuck	41
Gambar 2.31	: Penyetelan benda kerja dengan menggunakan dial indikator dan palu lunak.....	41
Gambar 2.32	: Pahat bubut menggunakan pegangan (tool holder).....	42
Gambar 2.33	: Solid tools	42
Gambar 2.34	: Pemakanan mengarah ke sumbu benda kerja	43
Gambar 2.35	: Pemotongan kanan	44
Gambar 2.36	: Pemotongan radius.....	44
Gambar 2.37	: Umur pahat bubut	45
Gambar 2.38	: Rekomendasi kecepatan potong untuk bahan-bahan teknik secara umum.....	46

Gambar 2.39	: Mesin frais universal.....	47
Gambar 2.40	: Mesin frais vertikal	47
Gambar 2.41	: Mesin frais universal CNC.....	48
Gambar 2.42	: Mesin frais turret.....	49
Gambar 2.43	: T-slot table	50
Gambar 2.44	: Pemasangan benda kerja bulat	51
Gambar 2.45	: Pemasangan benda kerja langsung diatas meja.....	51
Gambar 2.46	: Swivel angle plat.....	52
Gambar 2.47	: Fixture benda kerja dalam proses milling	53
Gambar 2.48	: Plain milling cutter.....	54
Gambar 2.49	: Shell end-milling cutter.....	54
Gambar 2.50	: Carbide tapped face mill cutter	55
Gambar 2.51	: Side face end-mill cutter	55
Gambar 2.52	: Mekanikal probe	56
Gambar 2.53	: Sumbu gerak pada CMM.....	56
Gambar 2.54	: Spesifikasi Crysta Plus M443	57
Gambar 2.55	: Bagian utama Crysta Plus M443.....	58
Gambar 2.56	: Metode Brinell,Rockwell, dan Vickers.....	59
Gambar 2.57	: Ilustrasi sistemtis keausan adhesive.....	61
Gambar 2.58	: Keausan abrasive	61
Gambar 2.59	: Keausan fatik.....	61
Gambar 2.60	: Keausan korosif	62
Gambar 3.1	: (a) Daerah pengelasan batang depan dan engsel sepeda lipat, (b) Sudut beda kerja yang diinginkan, (c) Engsel sepeda lipat, (d) Batang tengah, (e) Batang depan	64

Gambar 3.2	: Cara kerja jig 1	65
Gambar 3.3	: Cara kerja jig 2	65
Gambar 3.4	: Cara kerja jig 3	66
Gambar 3.5	: Arah pergerakan yang mungkin terjadi pada benda kerja.....	67
Gambar 3.6	: Toggle-strap clamp (kiri) dan cam clamp (kanan).....	68
Gambar 3.7	: Sudut elektroda pada pengelasan	68
Gambar 3.8	: Desain akhir jig dan komponen-komponennya	69
Gambar 3.9	: Peletakkan batang depan pada jig	70
Gambar 3.10	: Penghilangan derajat kebebasan pada batang depan.....	70
Gambar 3.11	: Peletakkan batang tengah pada jig dan proses pengencangan.....	71
Gambar 3.12	: Penghilangan derajat kebebasan pada batang depan dan batang tengah.....	71
Gambar 3.13	: Gabungan batang depan-tengah	71
Gambar 3.14	: Peletakkan engsel pada jig	72
Gambar 3.15	: Penghilangan derajat kebebasan pada engsel.....	72
Gambar 3.16	: Peletakkan batang depan-tengah pada jig dan proses pengencangan	72
Gambar 3.17	: Penghilangan derajat kebebasan pada engsel dan batang depan-tengah	73
Gambar 3.18	: Benda kerja akhir	73
Gambar 3.19	: Posisi elektroda ideal untuk pengelasan	74
Gambar 3.20	: Mesin milling 3 axis “Holke F10-V”	79
Gambar 3.21	: Shell end mill cutter	80
Gambar 3.22	: Mata bor	80
Gambar 3.23	: Ragum pemegang benda kerja	81

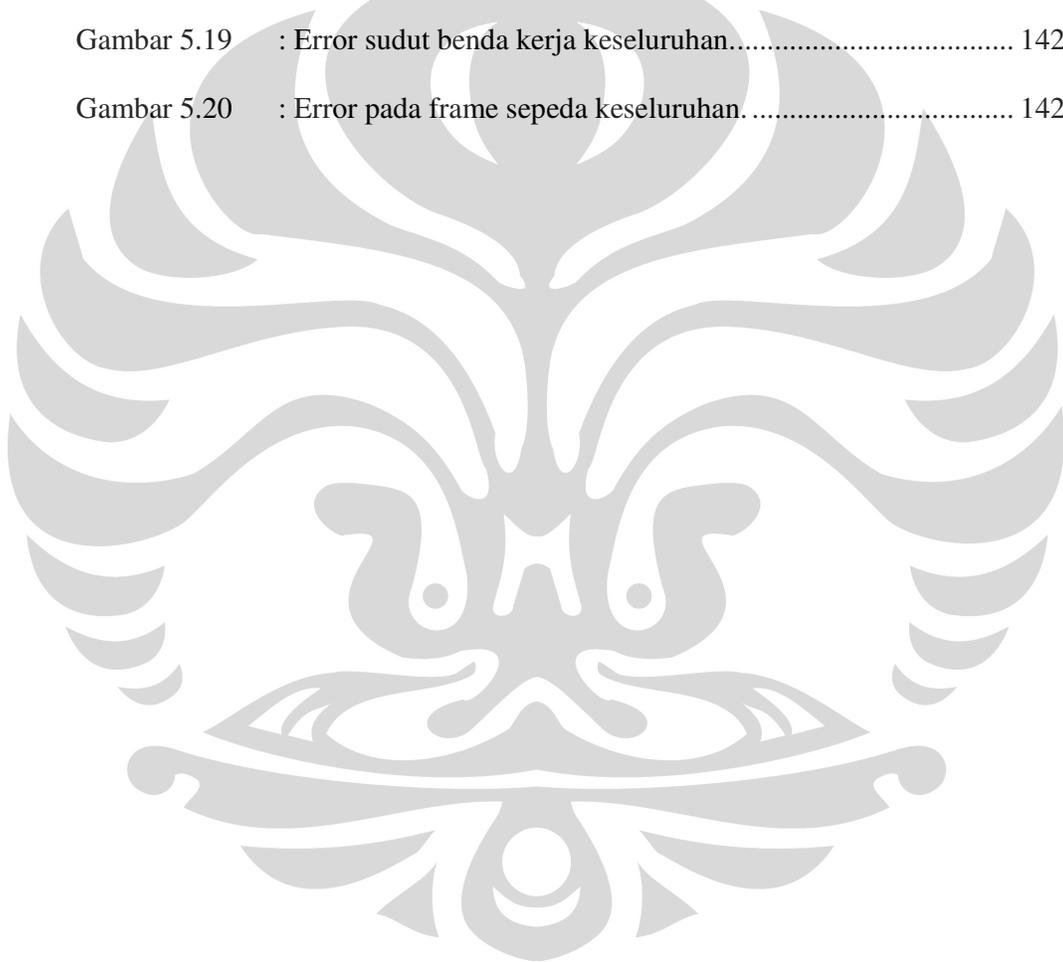
Gambar 3.24	: Bevel Protactor dan catalon/siku presisi	81
Gambar 3.25	: Vernier Caliper.....	81
Gambar 3.26	: Arah pergerakan pahat dan meja milling	82
Gambar 3.27	: Contoh persiapan bahan mantah untuk locator atas.....	83
Gambar 3.28	: Pemegangan locator atas pada ragum dengan posisi tegak lurus.....	83
Gambar 3.29	: Pemegangan locator atas pada ragum dengan posisi bersudut.....	84
Gambar 3.30	: Penempatan raw material pada ragum	84
Gambar 3.31	: Penentuan kedalaman pahat	85
Gambar 3.32	: Pemakanan pada arah sumbu y	85
Gambar 3.33	: Pergerakan arah sumbu X dan Pemakanan pada arah sumbu y	85
Gambar 3.34	: Pengulangan langkah 3 dan 4 kemudian kembali ke langkah 1	86
Gambar 3.35	: Pemutaran raw material dan hasil pengefraisan sisi	86
Gambar 3.36	: Pemegangan benda kerja pada ragum.....	87
Gambar 3.37	: Pemakanan ke arah sumbu Z	87
Gambar 3.38	: Pemakanan searah sumbu X dan Sumbu Y	87
Gambar 3.39	: Pengulangan langkah 1-3	88
Gambar 3.40	: Pemakanan bidang kedua.....	88
Gambar 3.41	: Pembuatan lubang	88
Gambar 3.42	: Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi.....	89
Gambar 3.43	: Pembentukan profil huruf “L”	89
Gambar 3.44	: Pemegangan benda kerja pada ragum.....	90
Gambar 3.45	: Pembentukan permukaan silinder miring	90

Gambar 3.46	: Pembuatan lubang	90
Gambar 3.47	: Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi	91
Gambar 3.48	: Pemakanan sisi-1.....	91
Gambar 3.49	: Pergeseran posisi pahat dan pemakanan sisi-2	92
Gambar 3.50	: Pembuatan lubang pada locator atas	92
Gambar 3.51	: Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi	93
Gambar 3.52	: Pembuatan sisi miring pertama	93
Gambar 3.53	: Pembuatan sisi miring kedua	93
Gambar 3.54	: Pembuatan permukaan silinder miring	94
Gambar 3.55	: Pembuatan permukaan datar	94
Gambar 3.56	: Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi	95
Gambar 3.57	: Pemakanan secara perlahan untuk membuat alur lubang	95
Gambar 3.58	: Pembuatan bidang silinder pada sisi 1	95
Gambar 3.59	: Pemutaran benda kerja dan pembuatan bidang silinder pada sisi 2	96
Gambar 3.60	: Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi	96
Gambar 3.61	: Pembuatan sisi miring pada locator bawah.....	97
Gambar 3.62	: Pemakanan ke arah dalam pada locator bawah.....	97
Gambar 3.63	: Pembuatan permukaan silinder miring pada locator bawah ..	97
Gambar 3.64	: Jig dalam kondisi clamper terbuka dan tertutup	98
Gambar 3.65	: Penempatan batang depan dan batang tengah pada jig	98
Gambar 3.66	: Penempatan engsel dan batang tengah pada jig	98
Gambar 3.67	: Hasil sampel.....	98
Gambar 3.68	: Deformasi akibat gaya penekanan	99

Gambar 3.69	: Pengikisan pada permukaan jig.....	100
Gambar 3.70	: Gaya penyebab fatik pada flange penyangga.....	101
Gambar 4.1	: Ruang dan panel untuk menyalakan kompresor	102
Gambar 4.2	: Air Dryer, CPU dan UPS	103
Gambar 4.3	: Tampilan awal.....	103
Gambar 4.4	: Tampilan lampu merah	103
Gambar 4.5	: Panel pengontrol pergerakan CMM.....	104
Gambar 4.6	: Tampilan lampu berubah hijau	104
Gambar 4.7	: Tampilan koordinat probe.....	104
Gambar 4.8	: Probe	105
Gambar 4.9	: Pemasangan probe.....	106
Gambar 4.10	: Pemilihan MCOSMOS v3.0 –Manual yang terdapat pada layar dekstop.....	106
Gambar 4.11	: Pemilihan menu CMM.....	106
Gambar 4.12	: Penentuan nama part yang akan diukur	107
Gambar 4.13	: Tampilan layar pengukuran	107
Gambar 4.14	: Pemasangan masterball pada meja pengukuran.....	108
Gambar 4.15	: Pengaturan posisi probe	108
Gambar 4.16	: (a) Posisi probe lurus ke bawah, (b) Posisi probe 45 ⁰ ke arah kiri, (c) Posisi probe 45 ⁰ ke arah kanan, (d) Posisi probe 45 ⁰ ke arah belakang, (e) Posisi probe 45 ⁰ ke arah depan	109
Gambar 4.17	: Probe data management	109
Gambar 4.18	: Pemilihan nomor probe yang akan dikalibrasi.....	110
Gambar 4.19	: Penentuan jumlah titik pengkalibrasian	110
Gambar 4.20	: Pemosisian benda kerja pada meja pengukuran.....	111

Gambar 4.21	: Desain akhir jig dan komponen-komponennya	112
Gambar 4.22	: Pengukuran base plate.....	113
Gambar 4.23	: Pengukuran locator bawah posisi 1, posisi 2 dan posisi 3	114
Gambar 4.24	: Pengukuran locator atas posisi 1 dan posisi 2.....	118
Gambar 4.25	: Pengukuran Clamper.....	119
Gambar 4.26	: Pengukuran locator miring posisi 1, posisi 2 dan posisi 3	120
Gambar 4.27	: Pengukuran flange penyangga	122
Gambar 4.28	: Pengukuran assembly locator atas dan bawah	123
Gambar 4.29	: Pengukuran assembly.....	124
Gambar 4.30	: Pengukuran sampel	125
Gambar 5.1	: Bagan analisa dimensi engsel-batang tengah.....	127
Gambar 5.2	: Analisa sudut pada base plate	127
Gambar 5.3	: Analisa sudut pada locator bawah.....	128
Gambar 5.4	: Analisa sudut pada locator miring	128
Gambar 5.5	: Analisa sudut pada flange penyangga.....	128
Gambar 5.6	: Kesalahan dimensi pada assembly jig.....	130
Gambar 5.7	: Penambahan shim plate pada peng'assembly'an jig.....	130
Gambar 5.8	: Analisa sudut pada assembly jig	131
Gambar 5.9	: Pemegangan benda kerja pada ragum dengan posisi bersudut.....	133
Gambar 5.10	: Pergeseran benda kerja.....	133
Gambar 5.11	: Pengerutan sudut pada pengelasan batang depan-batang tengah.....	134
Gambar 5.12	: Bagan analisa dimensi batang depan-batang tengah.....	135
Gambar 5.13	: Analisa sudut pada locator atas	135

Gambar 5.14	: Analisa sudut pada locator bawah.....	137
Gambar 5.15	: Analisa sudut pada assembly locator atas dan bawah.....	137
Gambar 5.16	: Kesalahan dimensi pada assembly jig.....	138
Gambar 5.17	: Analisa sudut pada assembly jig 2.....	139
Gambar 5.18	: Pengerutan sudut pada pengelasan batang depan- batang tengah.....	141
Gambar 5.19	: Error sudut benda kerja keseluruhan.....	142
Gambar 5.20	: Error pada frame sepeda keseluruhan.....	142



DAFTAR TABEL DAN GRAFIK

Tabel 2.1	: Spesifikasi kawat las busur CO ₂ (JIS Z 3312-1974).....	32
Tabel 2.2	: Polar moment inertia and section modulus of weld.....	38
Grafik 5.1	: Perbedaan sudut pengelasan engsel-batang tengah.....	131
Grafik 5.2	: Perbedaan sudut pengelasan batang depan-batang tengah.....	139

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
A	Luasan	[m ²]
t	Throat area	[mm]
τ	Direct shear stress	[N/mm ²]
M	Bending Momen	[N-mm]
Z	Section Modulus	[mm ³]
σ_b	Bending stress	[N/mm ²]
σ_{\max}	Bending stress maximum	[Pa]
τ	Direct shear stress	[N/mm ²]
I	Moment Inertia	[...]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isu pemanasan global saat ini menjadi isu yang paling hangat dibicarakan dan menjadi perhatian utama masyarakat dunia. Menurut laporan para ilmuwan dari UN's Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) di dalam konferensi di Bali pada Desember 2007 lalu, secara jelas menyebutkan bahwa perubahan iklim global adalah suatu kenyataan dan secara serius dapat mengganggu pembangunan ekonomi, masyarakat dan ekosistem secara luas [1].

Dalam rangka merelisasikan komitmennya untuk mengurangi dampak pemanasan global, pemerintah RI telah menyusun beberapa program yang diharapkan dapat berjalan dengan optimal di masyarakat. Salah programnya adalah kampanye Stop Global Warming dengan mengurangi pemakaian kendaraan pribadi. Sebagai gantinya, pemerintah terus berupaya membangun model transportasi massal yang diharapkan dapat menghubungkan seluruh wilayah, contohnya pembangunan jalur Trans Jakarta Busway, pembangunan monorail dan subway di propinsi DKI Jakarta. Hal ini diharapkan dapat mendorong para pengguna mobil pribadi untuk beralih menggunakan model transportasi massal untuk mengurangi gas buang kendaraan bermotor yang semakin meningkat. Selain itu, Presiden Susilo Bambang Yudhoyono sendiri juga sudah mengkampanyekan penggunaan alat transportasi tanpa polusi seperti sepeda untuk bepergian dan bekerja, aksi ini bekerja sama dengan komunitas pengguna sepeda terbesar di Indonesia Bike to Work.

Dalam kebijakan Kampus UI sendiri, UI telah mengambil langkah yang nyata untuk mendorong terlaksananya program ini. Diantaranya dengan turut mengkampanyekan penggunaan sepeda yang langsung dipimpin oleh Rektor sendiri. Bahkan lebih jauh lagi, dengan dibangunnya jalur sepeda di lingkungan

UI yang menghubungkan semua fakultas menunjukkan keseriusan pemerintah pada umumnya dan UI pada khususnya untuk mendorong penggunaan sepeda sebagai salah satu solusi kendaraan alternatif tanpa polusi. "Jalur sepeda ini merupakan jalur yang pertama dibuat di Indonesia, khususnya di dalam lingkungan kampus. Jalur sepeda ini dibuat dengan konsep "green campus and world class campus" (kampus hijau yang bertaraf internasional)" kata Rektor UI, Prof Gumilar Rusliwa Somantri, kepada ANTARA, di Depok, Selasa [2].



Gambar.1.1 Jalur dan halte sepeda di kampus Universitas Indonesia

Serupa dengan kebijakan kampus Universitas Indonesia, saat ini pemerintah juga sedang berusaha mengupayakan pengadaan jalur khusus sepeda di berbagai tempat. Kebijakan ini sesuai dengan UU No.22/2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang menyebutkan bahwa pejalan kaki dan pengguna sepeda juga dilindungi hak-haknya di jalan raya. Oleh karena itu, pembangunan jalur sepeda sudah merupakan kebutuhan untuk melindungi hak mereka, termasuk saat melintasi jalan atau traffic light. Saat ini ada beberapa daerah yang telah disiapkan untuk merealisasikan jalur-jalur sepeda ini diantaranya di wilayah Jakarta Selatan yang diharapkan akan bisa mulai digunakan pada tahun 2010 ini. Sementara di wilayah Yogyakarta, pemerintah setempat bahkan sudah merealisasi program yang disebut "Sego Segawe (Sepedha Kanggo Sekolah lan Nyambut Gawe - Sepeda Untuk Sekolah dan Bekerja) dengan membuat beberapa jalur-jalur dan fasilitas khusus untuk pengguna sepeda [3]. Jalur-jalur ini direncanakan akan semakin diperbanyak ke beberapa daerah-daerah lainnya terutama kota-kota besar untuk mengurangi masalah polusi seperti disebutkan diatas.



Gambar 1.2 Jalur khusus sepeda di Yogyakarta.

Akan tetapi pada kenyataannya untuk beralih dari kendaraan pribadi kepada transportasi massal atau kepada penggunaan sepeda tidaklah semudah yang dibayangkan. Diantara masalahnya adalah belum memadainya sarana transportasi massal baik dari segi jumlah maupun kualitas. Selain itu masalah yang dialami masyarakat adalah terkadang jarak antara stasiun, terminal atau halte bus dengan tempat tujuan mereka masih cukup jauh. Atau dengan kata lain tempat tujuan mereka tidak bisa langsung dicapai dengan kendaraan umum. Begitu pula dengan penggunaan sepeda, bila kuliah di kampus UI dan berdomisili di Jakarta Utara contohnya, maka bagaimana mungkin dapat pulang pergi menggunakan sepeda secara efektif.

Upaya memberikan solusi atas permasalahan di atas harus dilakukan dengan menggabungkan kedua aspek yang terkait, yaitu aspek jarak dan kemudahan mencapai tujuan. Kongkritnya dengan melakukan desain bentuk sepeda yang dapat dilipat, sehingga seseorang dapat berangkat dari rumahnya menggunakan sepeda sampai ke stasiun atau halte terdekat, kemudian melipat sepedanya dan membawanya naik kereta atau bus ke tempat tujuannya. Sesampainya di stasiun atau halte, konsumen dapat membuka kembali sepedanya dan bersepeda ke kantor atau kampus yang dituju. Selanjutnya sesampainya di kantor dia dapat melipatnya kembali, membawanya masuk lift dan meletakkannya di samping meja kerja. Sebuah solusi yang sederhana, namun akan menjadi efektif dan efisien terutama dengan dukungan pemerintah, komunitas masyarakat dan pihak UI sendiri yang telah melangkah cukup jauh dalam kampanye penggunaan sepeda sebagai kendaraan alternatif untuk berangkat kerja maupun sekolah.

Penelitian tentang sepeda lipat ini telah dilakukan sejak tahun 2006 oleh Departemen Teknik Mesin (DTM) FTUI dengan telah menghasilkan suatu produk sepeda lipat yang dinamakan SeliqUI. Sampai dengan saat ini, DTM FTUI telah berhasil mengembangkan seliqUI tipe *urban 1.2* sampai memasuki tahap produksi dan telah dijual untuk kalangan terbatas, akan tetapi salah satu kekurangannya adalah harga yang kurang sesuai untuk kalangan mahasiswa serta mekanisme pelipatan yang terbilang cukup rumit. Oleh karena itu, skripsi ini dilakukan untuk mendukung pengembangan sepeda lipat dari tipe *urban 1.2* menjadi *student version* dengan harga yang relatif terjangkau dan mekanisme pelipatan yang jauh lebih sederhana.

1.2 Perumusan Masalah

Proses perancangan sepeda lipat telah melalui proses yang panjang dan berkelanjutan. Dengan tujuan menghasilkan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan baik dari segi kemampuan struktur, ergonomis, tingkat kepraktisan dan juga aspek teknis dan non teknis lainnya.

Dalam proses pengembangan produk, ada 6 fase yang harus dilalui yaitu :

Phase 0 → *Planning*

Di fase ini yang dilakukan adalah perencanaan dan kajian yang melatar belakangi perencanaan untuk pengembangan produk.

Phase 1 → *Concept Development*

Menyusun konsep dari produk yang akan dikembangkan.

Phase 2 → *System-Level Design*

Definisi dari produk yang meliputi arsitektur, dan divisi produk termasuk subsistem dan komponen. Keluaran dari fase ini adalah layout produk, dan fungsi spesifik dari setiap subsistem produk, dan diagram alir proses pembuatan.

Phase 3 → *Detail Desain*

Spesifikasi lengkap yang meliputi geometri, material dan toleransi dari setiap bagian.

Phase 4 → *Testing and Refinemen*

Fase ini menyangkut konstruksi dan evaluasi dari banyak versi preproduction.

Phase 5 → *Production Ramp-Up*

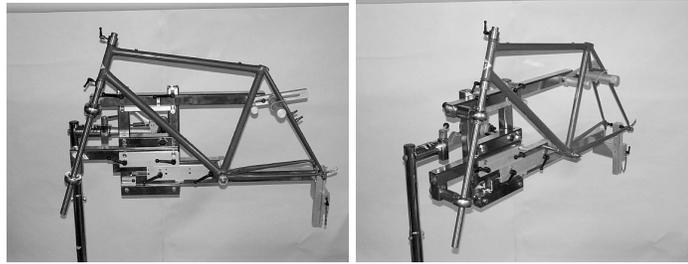
Dalam fase ini produk mulai dibuat dengan sistem produksi, dimana fungsinya untuk melatih tenaga kerja dan menyelesaikan masalah dalam sistem produksi.

Sampai saat ini SeliqUI *student version* ini sendiri telah melewati fase 0,1,2 dan 3 dalam proses pengembangan produk yang terus dilakukan oleh DTM FTUI dengan didasarkan kepada pengalaman pembuatan pada versi sebelumnya (*urban version*). Pada fase tersebut telah didapatkan detail desain dari produk ini berupa geometri, material dan toleransi dari setiap bagian yang akan diproduksi nantinya dengan gambar rancangan sebagai berikut:



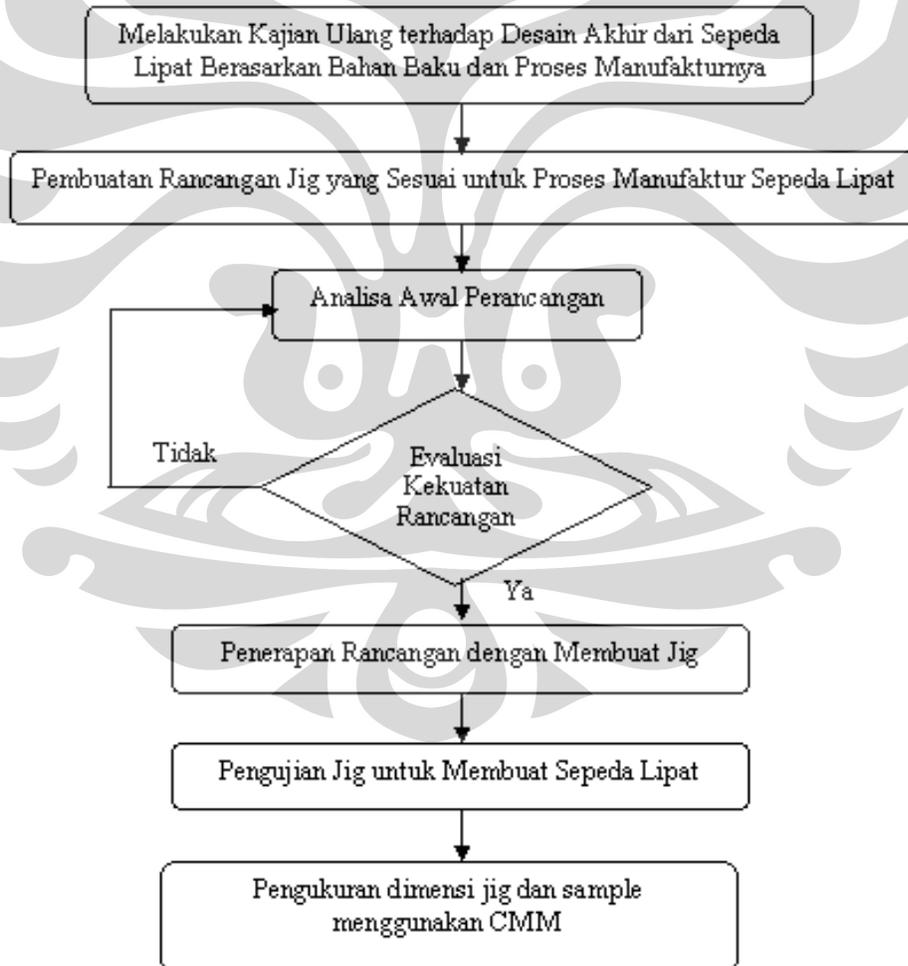
Gambar 1.3 Rancangan SeliqUI Student Version

Kemudian seperti halnya dengan SeliqUI Urban1.2 yang telah diproduksi massal dan dijual, SeliqUI Student Version ini pun direncanakan untuk dibuat secara massal dan oleh sebab itu dibutuhkan sebuah alat bantu produksi yang dinamakan jig yang berguna untuk menjaga konsistensi kualitas dari setiap sepeda yang buat untuk memastikan agar setiap sepeda yang diproduksi secara massal memiliki kualitas yang sama baik dari sisi ergonomis maupun keamanannya.



Gambar 1.4 Contoh konsep jig untuk pembuatan frame sepeda konvensional(nonfolded bike)
(<http://www.henryjames.com/>)

Pada penelitian ini, jig yang akan dibuat nantinya akan didesign khusus sesuai bentuk dari SeliqUI Student Version berdasarkan data-data yang di dapat dari fase-fase sebelumnya dengan alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 1.5 Bagan alur penelitian pembuatan jig

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu :

Perancangan, pembuatan serta pengujian prototipe jig untuk kepentingan manufaktur sepeda lipat secara massal nantinya.

1.4 Pembatasan Masalah

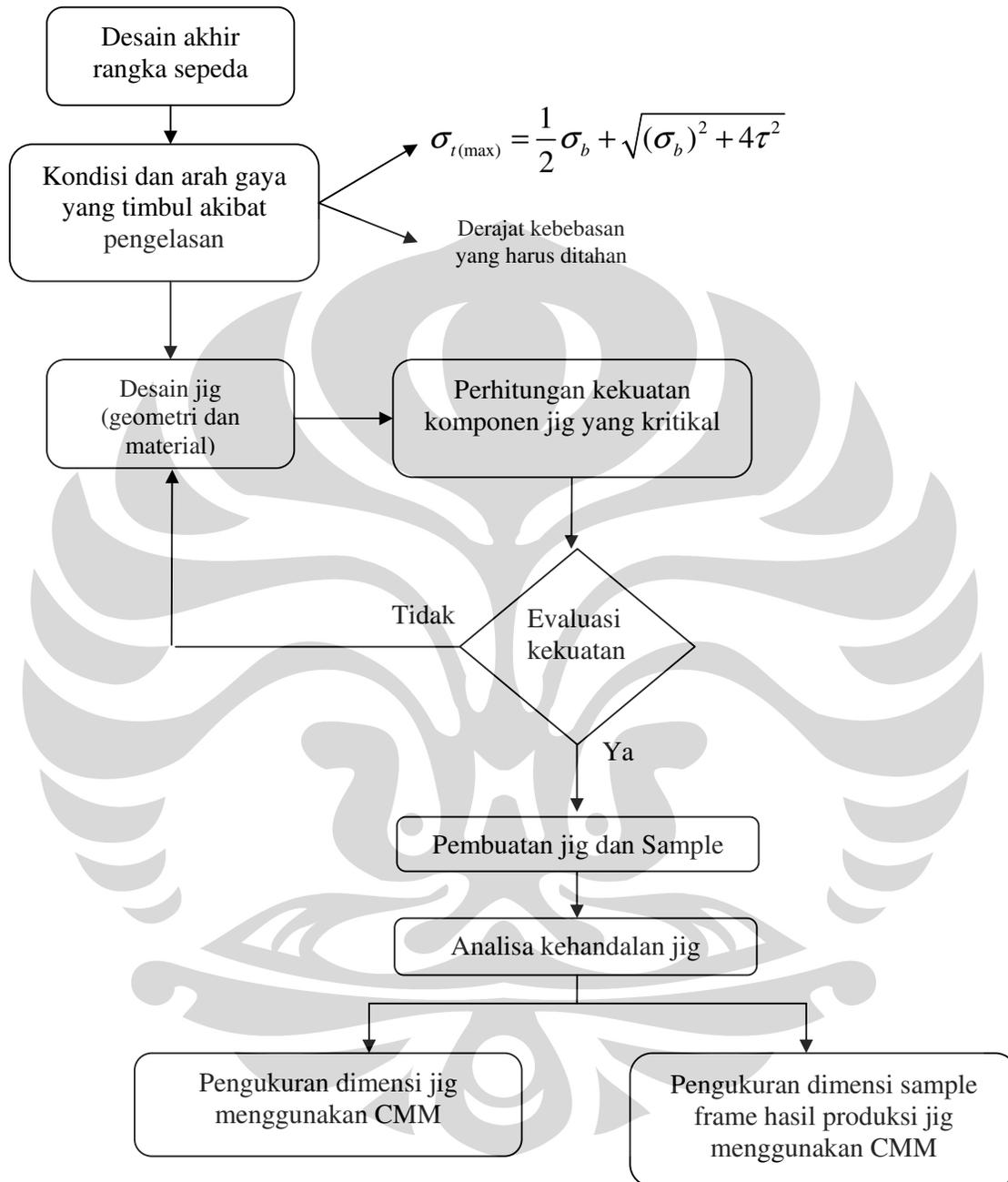
Sesungguhnya dalam setiap proses manufaktur yang dilakukan (cutting,bending,welding,etc) untuk membuat rangka sepeda dari mulai bahan bakunya diperlukan jig yang sesuai untuk tiap-tiap proses tersebut agar hasil yang didapatkan selalu sesuai dengan yang diharapkan, namun untuk penelitian ini dibatasi yaitu untuk pembuatan jig dalam proses **pengelasan batang depan sepeda lipat dengan engselnya** untuk memastikan bahwa baik pada saat melakukan pengelasan maupun setelahnya, dimensi dari rangka tersebut selalu tetap dan sesuai dengan rancangan.

Selain itu juga, Jig yang dibuat dan dianalisa dalam penelitian ini nantinya juga masih dalam bentuk prototipe dengan pengujian yang dilakukan yaitu hanya sejauh pembuatan sampel untuk mengetahui kehandalan jig dalam menghasilkan dimensi benda kerja yang diinginkan. Oleh karena itu untuk mengimplementasikan jig dalam pemakaian sebenarnya, masih perlu dilakukan pengujian terhadap reliabilitas jig untuk mengetahui kehandalan jig dalam proses pembuatan massal (prediksi kegagalan, umur pakai, uji keausan, uji kekerasan, dll) yang tidak dibahas secara mendalam pada makalah ini.



Gambar 1.6 Batang depan dan engsel dari rangka sepeda lipat

1.5 Metodologi Penelitian



Gambar 1.7 Bagan metodologi penelitian

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk membantu memudahkan pembaca dalam memahami isi laporan, maka sistematika penulisan yang dilakukan dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

➤ **BAB I. PENDAHULUAN**

Dalam bab ini diuraikan tentang latar belakang diadakannya penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penyusunan laporan dan sistematika penulisan.

➤ **BAB II. DASAR TEORI.**

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar teori mengenai jig dan pengelasan, serta teori dan perhitungan lain yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan jig.

➤ **BAB III. PENGEMBANGAN DESAIN**

Bab ini berisi pengembangan dari beberapa desain awal jig berikut beberapa pertimbangan desain yang digunakan untuk menentukan desain akhir jig yang sesuai, selain itu dijelaskan juga cara kerja jig tersebut beserta proses produksinya.

➤ **BAB IV. PENGAMBILAN DATA DIMENSI JIG DAN SAMPEL MENGGUNAKAN CMM**

Bab ini berisi tentang prosedur pengambilan data pengukuran dimensi menggunakan CMM serta penyajian data hasil pengukuran yang telah dilakukan.

➤ **BAB V. ANALISA HASIL PENGUKURAN**

Bab ini berisi tentang analisa dari hasil pengukuran jig serta sampelnya sebagai parameter dalam menentukan kehandalan jig dalam menjaga kualitas hasil barang yang dibuat.

➤ **BAB VI. PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian serta saran dan juga masukan yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Jig dan Fixture

Jig & fixture merupakan suatu alat bantu yang digunakan pada proses permesinan dalam pembuatan suatu produk. Alat bantu ini dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menempatkan dan memegang benda kerja secara tepat dan kokoh. Dengan demikian jika ada beberapa benda kerja untuk satu jenis produk yang diproses pada satu *jig & fixture* yang sama, maka akan didapatkan beberapa produk yang mempunyai bentuk serupa dalam batas toleransi yang dispesifikasikan. *Fixture* yang dirancang harus memudahkan operator untuk memasang atau mengganti benda kerja (waktu *set up* singkat) dan memiliki ketelitian dalam penempatan benda kerja.

2.2. Elemen jig & fixture

Agar dapat memenuhi fungsi pemakaiannya, maka kelengkapan elemen/komponen dari *jig & fixture* Sangat penting. Kebutuhan dan kelengkapan ini tergantung pada jenis proses permesinan yang dilakukan dan bentuk benda kerja yang akan diproses. Adapun komponen komponen dari *jig & fixture* yang lengkap terdiri dari :

1. *Locating element*
2. *Clamping element*
3. *Power device*
4. *Indexing device*
5. *Tool guiding element/cutter setting*
6. *Auxiliary element*
7. *Base, Body dan Frame*
8. Bagian pengikat (*bolt-nut*)

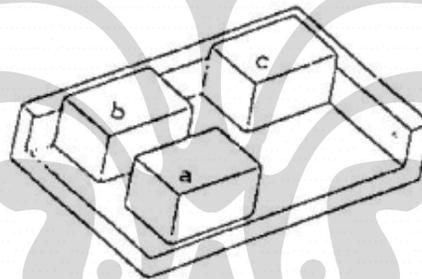
2.2.1. Locator dan locating principles

Locator adalah elemen yang digunakan untuk mengatur dan menempatkan benda kerja secara tepat. Penempatan ini berhubungan dengan konsep geometri dari gaya-gaya yang bekerja yaitu gaya berat benda kerja, gaya potong dan gaya penjepitan. *Locator/workpiece element* dirancang agar dapat menempatkan benda kerja pada posisi yang mempunyai stabilitas statis.

Suatu benda kerja dalam keadaan bebas umumnya memiliki tiga arah gerakan linier (translasi) dan tiga arah gerakan berputar (rotasi). *Locator* digunakan untuk membatasi gerakan translasi dan rotasi dari benda kerja.

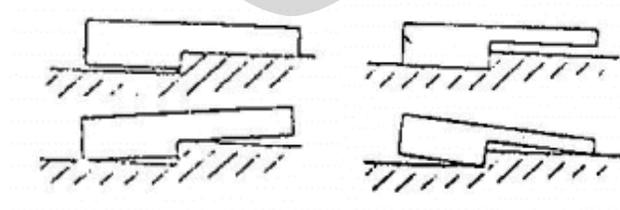
Ada tiga cara untuk membatasi gerakan translasi dan rotasi benda kerja yaitu :

- a. *Single defined* : Pembatasan terhadap satu arah/bidang gerak.
- b. *Double defined* : Pembatasan terhadap dua arah/bidang gerak.
- c. *Fully defined* : Pembatasan terhadap tiga arah/bidang gerak.



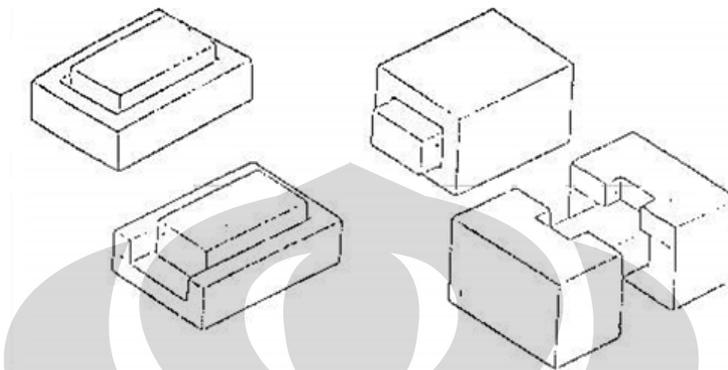
Gambar 2.1. *Defining* benda kerja
(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

Benda kerja yang paralel dan tinggi permukaan tidak sama dapat menyebabkan *over defining* dalam penempatannya pada *fixture*. Benda kerja akan berada pada posisi menggantung atau miring.



Gambar 2.2 *Over defining* benda kerja
(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

Nesting adalah kerja ganda dari *defining*, terdiri dari *single nesting* (dua arah/bidang gerak bebas), *double nesting* (satu arah/bidang gerak bebas) dan *fully nesting* (semua arah/bidang linier dan rotasi dibatasi)

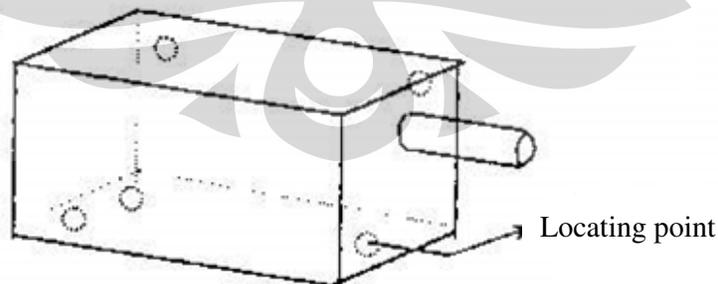


Gambar 2.3. *Nesting* benda kerja
(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

Pada prinsip *locator* terdapat dua jenis prinsip yang berbeda yaitu :

- Prinsip 3-2-1

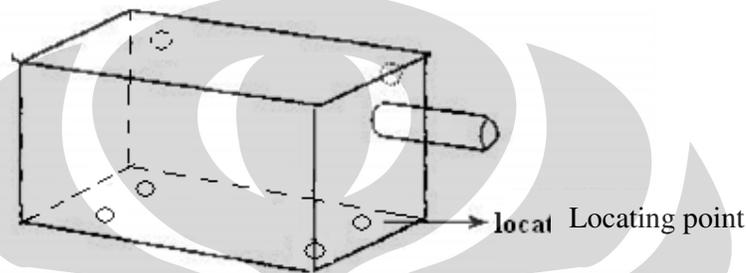
Prinsip ini merupakan persyaratan minimal sebagai dasar penempatan benda kerja. Pada bidang dasar/alas ditempatkan tiga titik pertama, untuk sisi vertikal dua titik kedua dan di sisi yang lain satu titik. Dengan demikian pada sisi alas ada tiga *locating point*, sisi vertikal ada dua *locating point* dan sisi lainnya ada satu *locating point*. Stabilitas benda kerja akan lebih baik jika jarak antara tiga *locating point* di bagian alas diatur berjauhan, sehingga resultan gaya yang terjadi tidak akan menimbulkan momen gaya yang dapat membuat benda kerja berputar.



Gambar 2.4. Prinsip 3-2-1
(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

- Prinsip 4-2-1

Pada prinsip *locating point* ini terdapat empat *locating point* di bagian alas, dua *locating point* di sisi vertikal dan satu *locating point* di sisi lainnya. Dengan empat *locating point* pada bagian alas, maka daerah pendukung akan bertambah luas. Agar stabilitas lebih baik, untuk benda kerja dengan permukaan kasar salah satu dari *locator* dirancang sebagai *adjustable locator*. Jika benda kerja mempunyai permukaan yang halus maka digunakan *fixed Locator*.



Gambar 2.5. Prinsip 4-2-1

(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

Pada elemen *locator* ini terdapat juga *cylindrical locator* yaitu benda kerja berbentuk silinder ditempatkan dengan sistem *nesting*. Penempatan dengan cara ini dirasa kurang sempurna karena gerakan rotasi pada sumbu vertikal benda masih mungkin terjadi. Hal ini diatasi dengan menggunakan *cylinder holder* dan *friction clamp* yang bekerja atas dasar gaya gesek. *Locator* berbentuk silinder berfungsi sebagai pasak jika digunakan bersama dengan *cylindrical holder*.

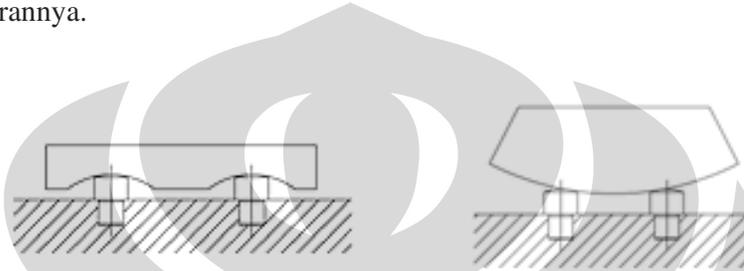
Faktor penting dalam penggunaan *locator* ini adalah *clamp* bekerja pada suatu titik dari radius permukaan benda kerja dan harus mampu menahan benda kerja dari gerakan tangensial. *Cylindrical locator* disebut juga sebagai *radial locator*. Adapun bagian elemen dari *locator* antara lain :

1. *Button*

Button merupakan *locator* yang berbentuk silinder, dengan kepala datar (*flat head button*) atau kepala bulat/setengah bola (*round head button*). Yang harus diperhatikan dalam penggunaan jenis *locator* ini adalah:

- Titik kontak antara benda kerja dan *head button* dapat menyebabkan permukaan head aus, sehingga ketinggiannya dapat berubah.
- Kemungkinan timbulnya cacat pada permukaan benda kerja akibat tekanan yang kuat oleh penjepitnya dan luasan daerah kontak yang kecil.

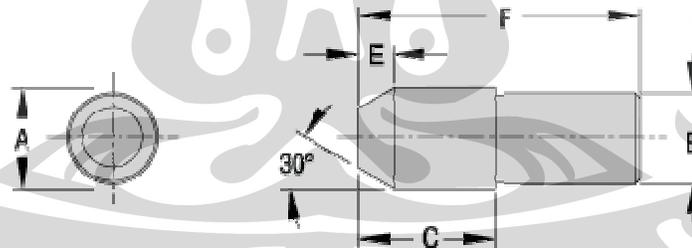
Pemasangan *button* dilakukan dengan cara penekanan/*press-fit*. Lubang tempat *button* sebaiknya dibuat tembus, agar mudah dalam pemasangan dan pengeluarannya.



Gambar 2.6. Flat head dan round head button
(sumber www.carrlane.com)

2. Pin

Pin berbentuk silindris dengan diameter penampang yang sama. Pemasangannya dengan cara ditekan/*press-fit*. *Pin* tidak dapat menggantikan fungsi *button*, tapi fungsinya dapat digantikan oleh *button*.

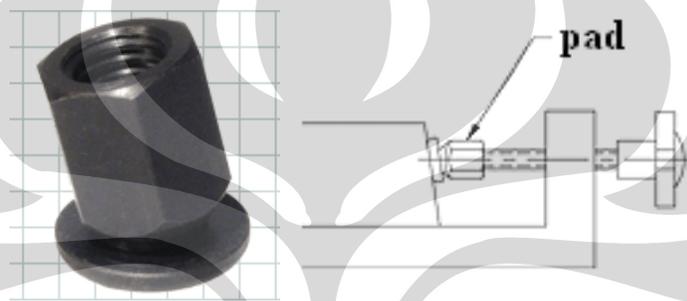


A HEAD DIA		B SHANK DIA		C	E	F
NOMINAL	ACTUAL	NOMINAL	ACTUAL			
6mm	.2357/.2354	5mm	.1972/.1970	11/32	3/32	3/4
8mm	.3145/.3142	6mm	.2365/.2363	13/32	7/8	
10mm	.3932/.3929	8mm	.3153/.3151	1/2	1/8	1
12mm	.4719/.4716	10mm	.3940/.3938	21/32	5/32	1-3/8

Gambar 2.7. Geometri *round pin*
(sumber www.carrlane.com)

3. Pad

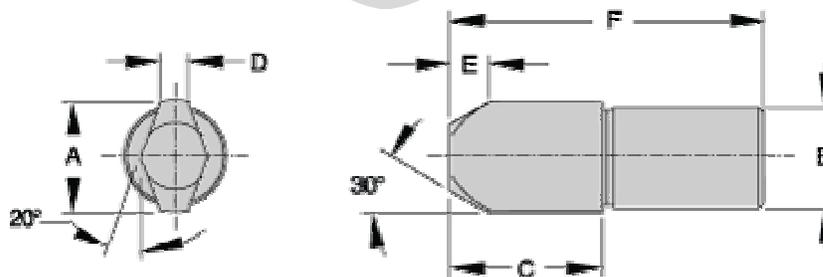
Pad merupakan suatu komponen *fixture* yang berbentuk datar, dapat digunakan sebagai *base locator*, *side locator*, *end locator* dan *nest locator*. Komponen ini akan menggantikan *button* jika diperlukan luasan kontak yang lebih besar. *Pad* ada dua jenis yaitu *interchange pad* (*pad* terpisah) dan *integral pad*. *Interchange pad* dipasang pada bodi *fixture* dengan memakai baut/*screw counter sink*, dimana kestabilan dan ketepatan posisi ditahan oleh *pin*. *Integral pad* menyatu dengan bodi *fixture* dan biasanya beralur. Penggunaan alur dimaksudkan untuk mengurangi luasan kontak dan sebagai tempat aliran *cutting fluid* beserta geram.



Gambar 2.8 Pad
(sumber www.carrlane.com)

4. Diamond pin

Benda kerja berat biasanya ditempatkan pada *locating pin* yang dapat dilepas/diganti, salah satu dari *pin* tersebut berbentuk *diamond*. Karena *pin* ini berada pada lubang seperti lubang *pin* silinder, maka dalam pemasangannya akan ada *clearance*/jarak sekat. Posisi benda kerja yang searah dengan garis pusat lubang ditentukan oleh satu *locating pin*. Posisi anguler benda kerja terhadap *pin* tersebut ditentukan oleh *diamond pin*, sehingga *clearance* dapat diperkecil (ketelitian koordinat anguler) dan agar tidak cepat aus, maka ujung-ujung dari *diamond pin* tidak dibuat runcing.

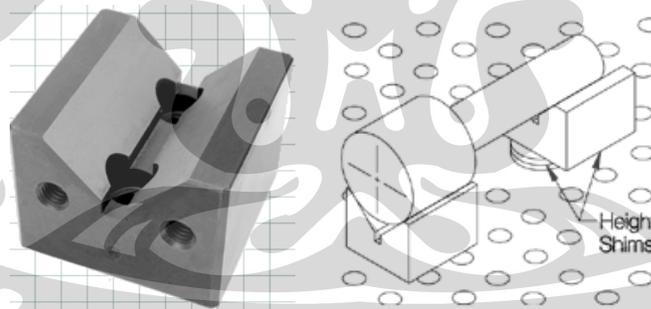


A HEAD DIA		B SHANK DIA		C	D	E	F
NOMINAL	ACTUAL	NOMINAL	ACTUAL				
6mm	.2355/.2352	5mm	.1972/.1970	11/32	.062	3/32	3/4
	.2347/.2344						
	.2332/.2329						
8mm	.3143/.3140	6mm	.2365/.2363	13/32	.078	7/8	7/8
	.3135/.3132						
	.3120/.3117						

Gambar 2.9 Geometri *diamond pin*
(sumber www.carrlane.com)

5. V-block

V-block digunakan untuk benda kerja dengan permukaan silindris, dimana penempatan pada posisi simetris dan longitudinal lebih mudah dilakukan. *Locator* ini biasanya mempunyai sudut 90°, tapi terkadang ada yang menggunakan sudut lain.



Gambar 2.10 *V-block locator*
(sumber sumber www.carrlane.com)

6. Adjustable locator

Locator ini dapat diubah posisinya (*di-setting*) dan digunakan untuk menambah kestabilan dalam pengaturan penempatan benda kerja. Ada tiga jenis *adjustable locator* yaitu *Jack screw type*, *Wedge type jack pin* dan *Spring jack pin type*.

- *Jack screw type* (gambar 2.9)

Adjustable locator yang memakai sistem screw, dilengkapi dengan mur pengunci.

- *Wedge type jack pin* (gambar 2.10)
Wedge ditahan oleh baut, dapat dilengkapi dengan pegas agar mudah digunakan. Kekurangan dari *wedge* adalah tidak tahan terhadap getaran yang timbul pada saat proses permesinan berlangsung, ada kemungkinan baut pengikatnya terlepas.
- *Spring jack pin type* (gambar 2.11)
Locator ini bekerja atas dasar keseimbangan tekanan kerja dan gaya berat dari benda kerja. Gaya berat benda kerja akan mendorong pegas dan *pin* ke bawah. Setelah benda kerja berada pada posisi yang tepat, maka *pin* dikunci dengan kuat.

2.2.2 Clamping element

Clamping berfungsi untuk memegang benda kerja dalam posisi yang tetap/stabil selama proses permesinan berlangsung. Perubahan posisi benda kerja selama pemotongan oleh pahat berlangsung disebabkan karena gaya potong dan getaran yang terjadi. Pemilihan *clamping* tergantung dari benda kerja dan proses permesinan yang digunakan. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan *clamping* yaitu :

- Benda kerja harus dapat dicekam pada posisi yang stabil dan kaku.
- *Clamping* tidak boleh merusak benda kerja (permukaan).
- Waktu yang diperlukan untuk pemasangan dan pelepasan (*set up*) benda kerja diusahakan sesingkat mungkin, dengan *clamping* yang mudah dioperasikan.

Clamping element dapat digerakkan secara manual dengan tangan atau kaki, tenaga *pneumatic*, *hydraulic* atau dengan mekanisme penggerak lainnya. Jenis *clamping* sederhana yang sering digunakan adalah :

1. *wedge clamp*

Prinsip kerja dari *wedge clamp* hampir sama dengan pasak tirus. Satu sisi *wedge* bekerja pada permukaan benda kerja dan sisi yang lain bekerja pada permukaan *fixture*. *Wedge clamp* didorong masuk melalui lubangnya kemudian dengan sedikit pemukulan pada ujung luarnya maka *wedge* akan menekan benda kerja dan

mengunci posisi benda kerja. Sudut kemiringan yang kecil akan mengakibatkan *wedge* memiliki gaya pengekaman yang lebih kuat tetapi jarak pengunciannya bertambah dan gaya yang diperlukan untuk menarik lepas *wedge* lebih besar.

2. *Screw clamp*

Clamping ini menggunakan prinsip kerja dari ulir, dapat dikencangkan dengan bantuan engkol/*wrench*, tuas/*lever* dan *hard wheel*. Beberapa kekurangan dari *screw clamp* adalah :

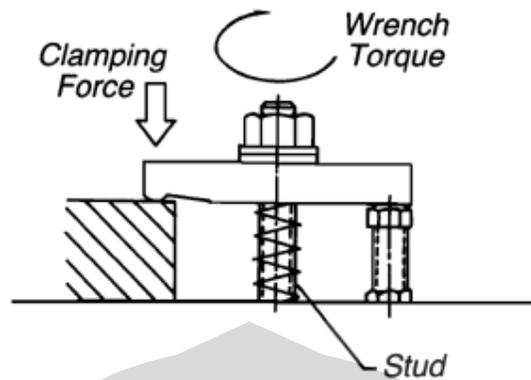
- Ujung *screw* akan menekan permukaan benda kerja saat *screw clamp* dikencangkan.
- Waktu pengoperasian yang lama.
- Gaya penjepitan tidak seragam antara penjepitan-penjepitan yang lain.



Gambar 2.11 *Screw clamp*
(sumber sumber www.carrlane.com)

3. *Strap clamp*

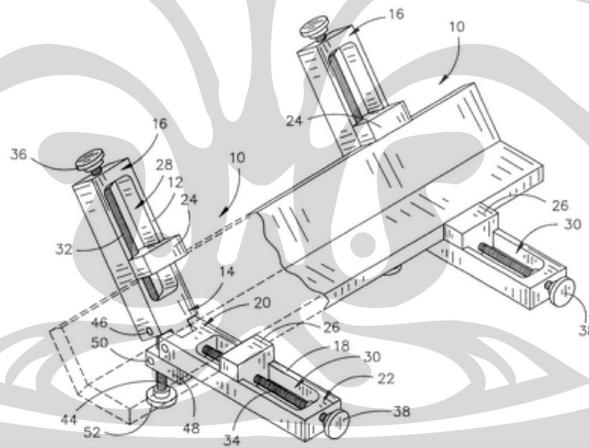
Strap clamp merupakan jenis penjepit yang paling sederhana, murah dan mudah dalam pembuatannya, serta dapat memberikan hasil yang cukup baik. Untuk memudahkan dan mempercepat proses penjepitan, *clamp* ini sering dimodifikasi bentuknya sehingga memudahkan pemasangan dan pengeluaran *screw* pada bagiannya. Cara lain yang digunakan adalah dengan membuat alur pada sisi *jig*. *Strap clamp* juga dapat digabungkan penggunaannya dengan *screw clamp* yang biasanya ditahan oleh pegas pada lengan penjepit/*stud*.



Gambar 2.12 Strap clamp
(sumber www.carrlane.com)

4. Angular clamp

Clamping ini bentuk dasarnya adalah angle *strap* yang berengsel, dapat memberikan gaya penjepitan vertikal dan horisontal sekaligus.



Gambar 2.13 Angular clamp
(sumber www.carrlane.com)

5. Toggle clamp

Toggle clamp mempunyai prinsip kinematika yang hampir sama dengan *eccentric clamp* dan mempunyai fleksibilitas elastis yang cukup tinggi pada saat posisinya lurus. Gaya penjepitan akan efektif jika penjepitan dilakukan pada daerah yang mendekati titik matinya (*dead centre*), dimana gaya ini adalah gaya yang diperlukan untuk mengatasi gaya gesek pada *pivot* dan *bearing*.



Gambar 2.14 Toggle clamp
(sumber www.carrlane.com)

6. *Cam clamp*

Clamp ini mempunyai kecepatan penjepitan yang lebih tinggi sehingga menguntungkan dalam penggunaannya, tetapi pembuatannya sulit. Kekurangannya adalah kecenderungan untuk menggeser kedudukan benda kerja terhadap *jig* pada saat dilakukan proses penjepitan.



Gambar 2.15 Cam clamp
(sumber www.carrlane.com)

2.2.3 Power device

Power device adalah peralatan yang digunakan untuk menggerakkan *clamping element* dari *jig*. Beberapa *power device* yang sering dipakai adalah :

a. *Hand-clamping*

- b. *Pneumatic power*
- c. *Hydraulic power*
- d. *Hydro-pneumatic power*
- e. *Electric power*
- f. *Magnetic power*

a. *Hand-clamping*

Peralatan penggerak yang paling sederhana adalah hand-clamping, yang menggunakan tenaga gerakan tangan operator secara manual. Penggunaannya untuk penjepitan benda kerja mempunyai kekurangan antara lain :

- Setiap benda kerja akan dijepit dengan gaya yang berbeda, gaya penjepitan yang terjadi tidak merata.
- Keterbatasan daya untuk mengoperasikannya dan dapat menimbulkan kelelahan bagi operator.
- *Hand-clamping* memerlukan *set-up* yang lebih banyak untuk penjepitan.

b. *Pneumatic power*

Pneumatic power drive disebut juga sebagai *air operated device* karena menggunakan sistem tenaga udara terkompresi. Sistem ini dibedakan menjadi 2 jenis yaitu :

- *Piston type* : menggunakan *piston* (*single acting* atau *double acting*) untuk kompresi udara. Pada *single acting piston*, tekanan udara hanya diberikan di salah satu sisi *piston* saja sedangkan pada *double acting piston*, tekanan udara dapat diberikan di kedua sisi *piston* secara bergantian untuk mendorong atau menarik batang *piston*.
- *Diaphragm type* : keuntungan jika dibandingkan dengan *piston type* adalah pemakaiannya tahan lama, ukuran lebih kecil dengan daya yang sama dan mempunyai desain sederhana sehingga harganya lebih murah.

c. *Hydraulic power*

Hydraulic power drive menggunakan prinsip fluida cair bertekanan, fluida yang digunakan biasanya adalah oli. Gaya yang dihasilkan cukup besar, sehingga sering

digunakan untuk penjepitan dengan daya besar. Jika dibandingkan dengan *pneumatic power drive*, ukuran dari alat ini lebih kecil. Kekurangan utamanya adalah kemungkinan terjadi kebocoran pada sambungan pipa tempat fluida bertekanan tinggi.

d. *Hydro-pneumatic power*

Alat ini merupakan gabungan dari sistem *hidraulic* dan *pneumatic*. Udara bertekanan tinggi akan mendorong *piston pneumatic*, *piston* akan bergerak menekan fluida cair dan menggerakkan *piston hidraulic* (ukurannya lebih besar dari *piston pneumatic*).

e. *Electric power*

Pada *electric power drive* digunakan tenaga listrik sebagai pembangkit medan magnet listrik. Medan magnet listrik yang terjadi akan digunakan sebagai gaya penjepitan.

f. *Magnetic power*

Prinsip kerja dari *magnetic power drive* hampir sama dengan *electric power drive* tetapi pada alat ini menggunakan magnet permanen sebagai penghasil medan magnet.

2.2.4 Indexing device

Komponen ini biasanya digunakan jika *jig & fixture* digunakan untuk keperluan khusus, misalnya pembuatan *gear* pada mesin *milling*. *Indexing device* biasanya terdiri dari sebuah *indexing/dividing plate* dan *locking pin/slot*.

1. Simple locking device

Sistem penguncian *indexing/dividing plate* dengan menggunakan sebuah *stopper pin*.

2. Rapid action locking device

Sistem penguncian *indexing/dividing plate* dengan menggunakan *slot* dan pegas. Untuk melepaskannya dapat ditarik dengan tangan, tuas atau secara otomatis.

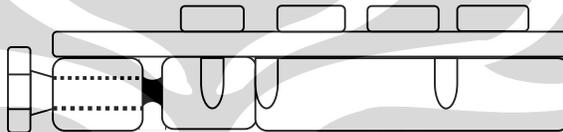
3. Ball click indexing

Alat ini digunakan pada operasi *indexing* yang tidak memerlukan ketelitian yang tinggi. *Indexing/dividing plate* dikunci posisinya dengan menggunakan bola baja yang ditekan ke *plate* oleh sebuah pegas.

2.2.5 Tool guiding element

Tool guiding element digunakan untuk mengarahkan pahat potong dan biasanya berupa *drill bushing* untuk pembuatan lubang.

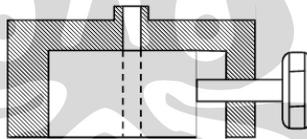
1. *Plate jig* : alat ini terbuat dari sebuah *plate* yang memuat *bushing* dan *clamping element*.



Gambar 2.16. *Plate jig*

(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

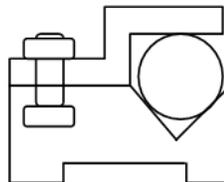
2. *Channel jig* : bentuknya sederhana, digunakan untuk bentuk-bentuk benda kerja sederhana.



gambar 2.17. *Channel jig*

(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

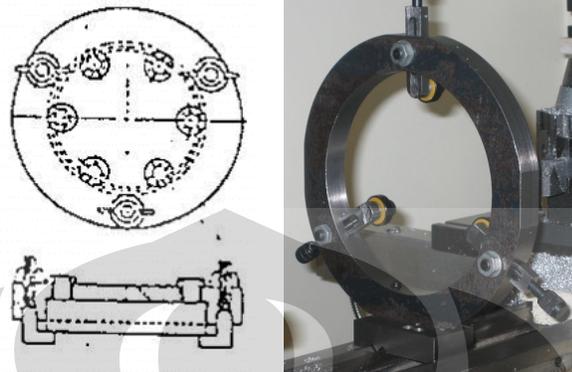
3. *Diameter jig* : digunakan untuk pembuatan lubang pada permukaan benda kerja silindris.



Gambar 2.18. *Diameter jig*

(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

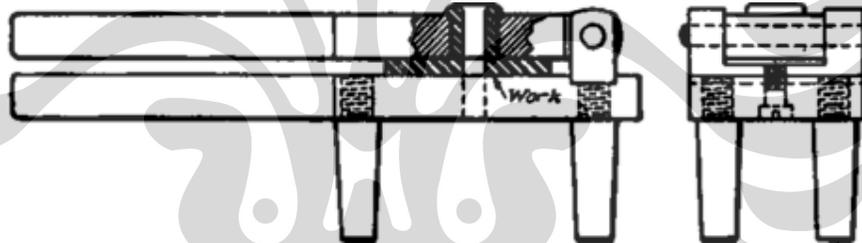
4. *Ring jig* : digunakan untuk benda kerja berbentuk lingkaran dengan penjepitan yang kuat agar benda kerja tidak berputar di dalam *jig*.



Gambar 2.19. *Ring jig*

(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

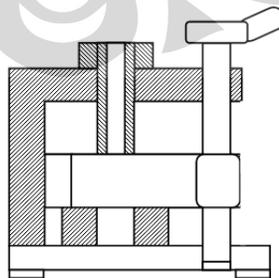
5. *Leaf jig* : dilengkapi dengan tutup/*leaf* yang dapat dibuka dan juga berfungsi sebagai *clamping* dan *bushing* ditempatkan di tutup ini.



Gambar 2.20 *Leaf jig*

(sumber sumber www.carrlane.com)

6. *Box jig* : *drill bushing* ditempatkan secara *fixed* pada *box* untuk menghindari pengerjaan yang tidak teliti.



Gambar 2.21. *Box jig*

(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

Klasifikasi *drill bushing* menurut cara pemasangannya :

- *Press fit bushing*
- *Renewable/loose bushing*

Klasifikasi *drill bushing* menurut bentuknya :

- *Headless type bushing*
- *Head type bushing*

Klasifikasi *drill bushing* menurut bentuk dasarnya :

1. *Conventional bushing* terbagi atas :

- *Standard bushing*
- *Non standard bushing*

2. *Special bushing*

2.2.6 Base, body dan frame

Base, Body dan *Frame* merupakan bagian utama dari *jig & fixture*. *Base* dipasang pada meja mesin dengan *T-slot* dan baut pengikat, pada *body* dipasang komponen-komponen *jig & fixture* lainnya sedangkan pada *frame* biasanya ditempatkan *bushing* (DeGarmo, 1992). Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam suatu desain dari *body jig & fixture* antara lain :

- *Body* harus cukup kuat.
- Kestabilan harus cukup baik.
- Mampu menempatkan komponen-komponen lain dan benda kerja secara tepat.
- Tidak menyulitkan pembuangan geram/*chip*.

Selain itu juga diperhatikan pentingnya *clearance*. *Clearance* penting ditempatkan pada :

- Sekeliling benda kerja guna memberikan toleransi dimensional.
- Tempat *loading – unloading* (pemasangan dan pelepasan) benda kerja.
- Sekitar *jig & fixture* sendiri untuk menghindari adanya tumbukan atau benturan dengan bagian lain dari mesin.
- *Finger clearance*, jika benda kerja kecil dan memerlukan bantuan operator untuk penempatannya.

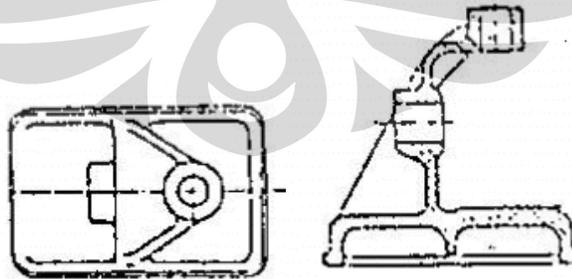
- Kemudahan pengamatan benda kerja selama proses permesinan berlangsung.
- Memudahkan pembuangan geram.

Ada tiga cara konstruksi *body jig & fixture* yaitu :

1. *Built up type* : konstruksi menggunakan baut pengikat.
2. *Casting* : *body* merupakan suatu bagian integral dan dibentuk dengan cara pengecoran/*casting*.
3. *Weldment type* : bagian-bagian dari *jig & fixture* dibentuk dalam sambungan tetap dengan cara pengelasan.

Konstruksi dengan cara *built up type* dan *weldment type* menggunakan plat- plat baja dan baja profil standar (profil I, C, siku-siku dan lain-lain) sebagai bahan dasarnya. Konstruksi dengan cara *casting* lebih sering dipakai. Keuntungan penggunaan cara ini adalah harga lebih murah, kekuatan dan kekokohan terjamin serta dapat diterapkan untuk bentuk konstruksi yang kompleks. Kekurangannya adalah adanya distribusi *internal stress* tidak merata yang disebabkan pendinginan tidak uniform sehingga dapat menyebabkan defleksi pada *body*. Beberapa hal yang dilakukan untuk menghindari terjadinya defleksi (DeGarmo, 1992) :

1. Pemberian sirip/penyangga tambahan pada *body*.
2. Menghindari perbedaan ukuran ketebalan dinding yang drastis.
3. Proses *heat treatment* yang baik (*annealing, normalizing*).



Gambar 2.22. *Body jig & fixture*
(sumber http://digilib.petra.ac.id/cylinder_liner-chapter2.pdf)

2.3 Las Busur

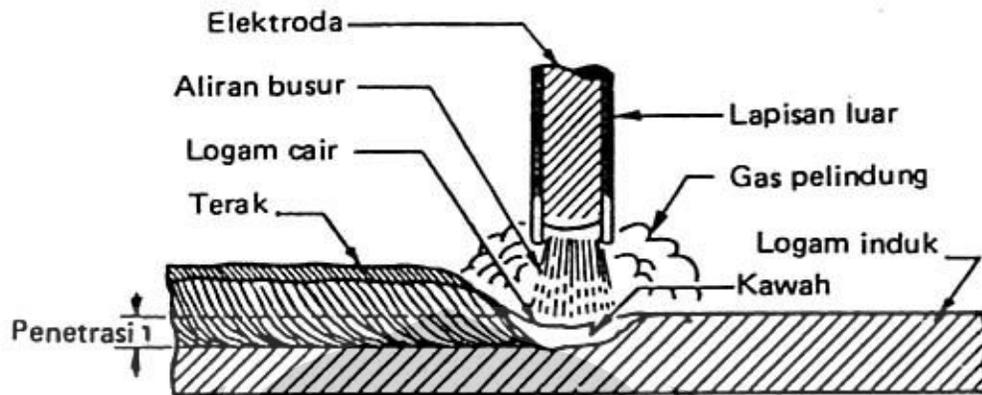
Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom.

Salah satu jenis pengelasan yang sering digunakan adalah pengelasan busur yaitu pengelasan dengan memanfaatkan busur listrik yang terjadi antara elektroda dengan benda kerja. Elektroda dipanaskan sampai cair dan diendapkan pada logam yang akan disambung sehingga terbentuk sambungan las. Mula-mula elektroda kontak/bersinggungan dengan logam yang dilas sehingga terjadi aliran arus listrik, kemudian elektroda diangkat sedikit sehingga timbullah busur. Panas pada busur bisa mencapai 5.500 °C.

Las busur bisa menggunakan arus searah maupun arus bolak-balik. Mesin arus searah dapat mencapai kemampuan arus 1000 ampere pada tegangan terbuka antara 40 sampai 95 Volt. Pada waktu pengelasan tegangan menjadi 18 sampai 40 Volt. Ada 2 jenis polaritas yang digunakan yaitu polaritas langsung dan polaritas terbalik. Pada polaritas langsung elektroda berhubungan dengan terminal negatif sedangkan pada polaritas terbalik elektroda berhubungan dengan terminal positif.

Jenis bahan elektroda yang banyak digunakan adalah elektroda jenis logam walaupun ada juga jenis elektroda dari bahan karbon namun sudah jarang digunakan. Elektroda berfungsi sebagai logam pengisi pada logam yang dilas sehingga jenis bahan elektroda harus disesuaikan dengan jenis logam yang dilas. Untuk las biasa mutu lasan antara arus searah dengan arus bolak-balik tidak jauh berbeda, namun polaritas sangat berpengaruh terhadap mutu lasan.

Kecepatan pengelasan dan keserbagunaan mesin las arus bolak-balik dan arus searah hampir sama, namun untuk pengelasan logam/pelat tebal, las arus bolak-balok lebih cepat. Skema las busur bisa dilihat pada gambar 2.23. dibawah ini.



Gambar 2.23. Skema nyala busur.

(Sumber : www.scribd.com/doc/25367283/Bab-III-Pengelasan)

Elektroda yang digunakan pada pengelasan jenis ini ada 3 macam yaitu : *elektroda polos*, *elektroda fluks* dan *elektroda berlapis tebal*. Elektroda polos adalah elektroda tanpa diberi lapisan dan penggunaan elektroda jenis ini terbatas antara lain untuk besi tempa dan baja lunak. Elektroda fluks adalah elektroda yang mempunyai lapisan tipis fluks, dimana fluks ini berguna melarutkan dan mencegah terbentuknya oksida-oksida pada saat pengelasan. Kawat las berlapis tebal paling banyak digunakan terutama pada proses pengelasan komersil.

Lapisan pada elektroda berlapis tebal mempunyai fungsi :

1. Membentuk lingkungan pelindung.
2. Membentuk terak dengan sifat-sifat tertentu untuk melindungi logam cair.
3. Memungkinkan pengelasan pada posisi diatas kepala dan tegak lurus.
4. Menstabilisasi busur.
5. Menambah unsur logam paduan pada logam induk.
6. Memurnikan logam secara metalurgi.
7. Mengurangi cipratan logam pengisi.
8. Meningkatkan efisiensi pengendapan.
9. Menghilangkan oksida dan ketidakmurnia.
10. Mempengaruhi kedalaman penetrasi busur.
11. Mempengaruhi bentuk manik.
12. Memperlambat kecepatan pendinginan sambungan las.

13. Menambah logam las yang berasal dari serbuk logam dalam lapisan pelindung.

Fungsi-fungsi yang disebutkan diatas berlaku umum yang artinya belum tentu sebuah elektroda akan mempunyai kesemua sifat tersebut.

Komposisi lapisan elektroda yang digunakan bisa berasal dari bahan organik ataupun bahan anorganik ataupun campurannya. Unsur-unsur utama yang umum digunakan adalah :

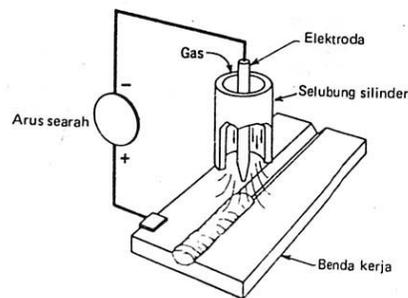
1. Unsur pembentuk terak : SiO_2 , MnO_2 , FeO dan Al_2O_3 .
2. Unsur yang meningkatkan sifat busur : Na_2O , CaO , MgO dan TiO_2 .
3. Unsur deoksidasi : grafit, aluminium dan serbuk kayu.
4. Bahan pengikat : natrium silikat, kalium silikat dan asbes.
5. Unsur paduan yang meningkatkan kekuatan sambungan las : vanadium, zirkonium, sesium, kobalt, molibden, aluminium, nikel, mangan dan tungsten.

2.3.1 Las Busur Gas dengan Pelindung Gas Mulia.

Pada proses pengelasan ini sambungan dibentuk oleh panas yang ditimbulkan oleh busur yang dibangkitkan diantara elektroda dan benda kerja dimana busur dilindungi oleh gas mulia seperti argon, helium atau bahkan gas CO_2 atau campuran gas lainnya.

Ada dua jenis pengelasan dengan cara ini yaitu : las TIG (tungsten inert gas) atau disebut juga pengelasan menggunakan elektroda wolfram dengan logam pengisi, dan las MIG (metal inert gas) atau disebut juga pengelasan menggunakan elektroda terumpan. Kedua jenis pengelasan ini bisa dilakukan secara manual ataupun otomatis serta tidak memerlukan fluks ataupun lapisan kawat las untuk melindungi sambungan.

Las busur yang menggunakan elektroda wolfram (elektroda tak terumpan) dikenal pula dengan sebutan las busur wolfram gas. Skema dari pengelasan jenis ini bisa dilihat pada gambar 2.24. Pada proses ini las dilindungi oleh selubung gas mulia yang dialirkan melalui pemegang elektroda yang didinginkan dengan air.

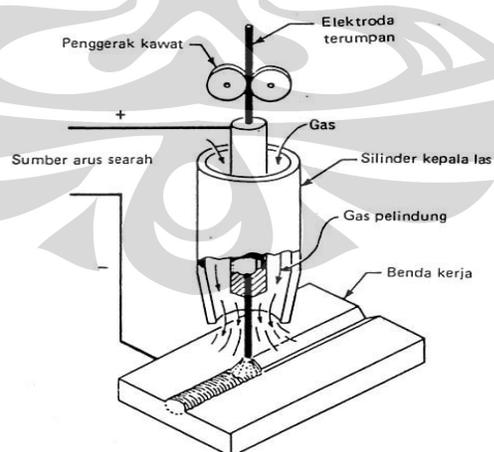


Gambar 2.24 Diagram proses las busur wolfram gas mulia.

(Sumber : www.scribd.com/doc/25367283/Bab-III-Pengelasan)

Pengelasan ini bisa menggunakan arus bolak-baliok ataupun arus searah, dimana pemilihan tergantung pada jenis logam yang dilas. Arus searah polaritas langsung digunakan untuk pengelasan baja, besi cor, paduan tembaga dan baja tahan karat, sedangkan polaritas terbalik jarang digunakan. Untuk arus bolak-balik banyak digunakan untuk pengelasan aluminium, magnesium, besi cor dan beberapa jenis logam lainnya. Proses ini banyak dilakukan untuk pengelasan pelat tipis karena biayanya akan mahal jika digunakan untuk pengelasan pelat tebal.

Pengelasan las gas mulia elektroda terumpan bisa dilihat pada gambar 2.25 dimana antara benda kerja dan elektroda terumpan dilindungi dengangas pelindung. Efisiensi pengelasan jenis ini lebih tinggi dan kecepatan pengelasan jauh lebih baik. Pengelasan ini umumnya dilakukan secara otomatis.



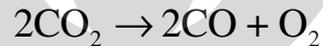
Gambar 2.25. Diagram las busur gas mulia elektroda terumpan.

(Sumber : www.scribd.com/doc/25367283/Bab-III-Pengelasan)

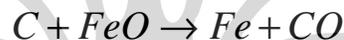
2.3.2 Las Busur CO₂

Pengelasan ini sebenarnya termasuk dalam las MIG hanya saja bukan gas mulia (Ar) yang dipergunakan melainkan gas CO₂ atau campuran dari gas-gas dimana CO₂ Sebagai komponen utamanya. Karena CO₂ adalah oksidator, maka cara ini kebanyakan digunakan untuk mengelas konstruksi baja. Biaya operasi dengan gas CO₂ lebih murah daripada menggunakan gas Ar, oleh karena itu las busur CO₂ lebih banyak dipakai dibandingkan las-las busur lindung yang lain.

Dalam proses pengelasan ini karena temperatur yang tinggi gas CO₂ terurai menjadi CO dan O₂ seperti reaksi berikut:



Karena penguraian ini maka terjadi suatu atmosfer yang bersifat oksidator yang kemudian bereaksi dengan baja yang mencair membentuk FeO yang terus bereaksi dengan C sesuai reaksi berikut:



Karena kecepatan pembekuan yang tinggi maka gas CO yang timbul terperangkap dalam logam las dan membentuk rongga-rongga gas. Untuk mencegah terjadinya rongga gas CO ini, maka ditambahkan Si dan Mn sehingga terjadi reaksi berikut:



Dengan reaksi ini maka tidak ada gas yang terkurung dalam logam las. Karena itu kawat elektroda untuk las busur CO₂ mengandung banyak Si dan Mn.

Karena berkembangnya penggunaan las busur CO₂ ini, maka telah diproduksi dan distandarkan kawat-kawat elektroda las yang digunakan untuk pengelasan tersebut. Standarisasi kawat menurut JIS ditunjukkan pada tabel berikut:

Klasifikasi	Komposisi kimia kawat las (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti+Zr
YCW-1	≤0.15	0.50-1.20	0.90-1.90	≤0.03	≤0.03	≤0.01	≤0.03
YCW-2						-	-
YCW-3						0.10	≤0.03
YCW-4A						-	-
YCW-4B						-	-

Klasifikasi	Sifat Mekanik logam las					
	Kekuatan tarik (kg/mm)	Kekuatan luluh (kg/mm)	Perpanjangan (%)	Kekuatan tumbuk (kg.m)		
YCW-1	≥50	≥40	≥22	≥4.8 (0°C)		
YCW-2			≥20	≥2.8 (0°C)		
YCW-3						
YCW-4A			≥35		≥30	≥22
YCW-4B			≥50		≥40	≥20

Tabel 2.1 Spesifikasi kawat las busur CO₂ (JIS Z 3312-1974)

(sumber: *Teknologi logam pengelasan*, Harsono wiryosumarto & Toshie Okumura)

2.4 Tegangan Sisa dan Perubahan Bentuk Dalam Pengelasan

Dalam proses pengelasan, bagian yang dilas menerima panas pengelasan setempat dan selama proses berjalan suhunya berubah terus sehingga distribusi suhu tidak merata. Karena panas tersebut, maka pada bagian yang dilas terjadi pengembangan termal, sedangkan pada bagian yang dingin tidak berubah sehingga terbentuk penghalangan pengembangan yang mengakibatkan terjadinya peregangan yang rumit. Kalau tidak dihindari, peregangan ini akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk tetap karena adanya perubahan besaran mekanik (pemuaian).

Selain itu, disamping terjadi perubahan bentuk, yang dengan sendirinya terjadi regangan, maka terjadi juga tegangan yang sifatnya tetap yang disebut tegangan sisa.

Tegangan sisa dan perubahan bentuk yang terjadi sangat mempengaruhi sifat dan kekuatan serta geometri akhir dari sambungan las. Oleh karena itu, usaha untuk mengatur dan mengurangi tegangan sisa dan perubahan bentuk harus mendapat perhatian utama.

2.4.1 Tegangan Sisa

Selama proses pemanasan dalam pengelasan akan mengakibatkan suatu tegangan. Tegangan akibat pemanasan ini dapat didiskripsikan dengan membagi daerah lasan menjadi beberapa buah potongan melintang sebagai berikut :

A-A : Daerah yang belum tersentuh panas,

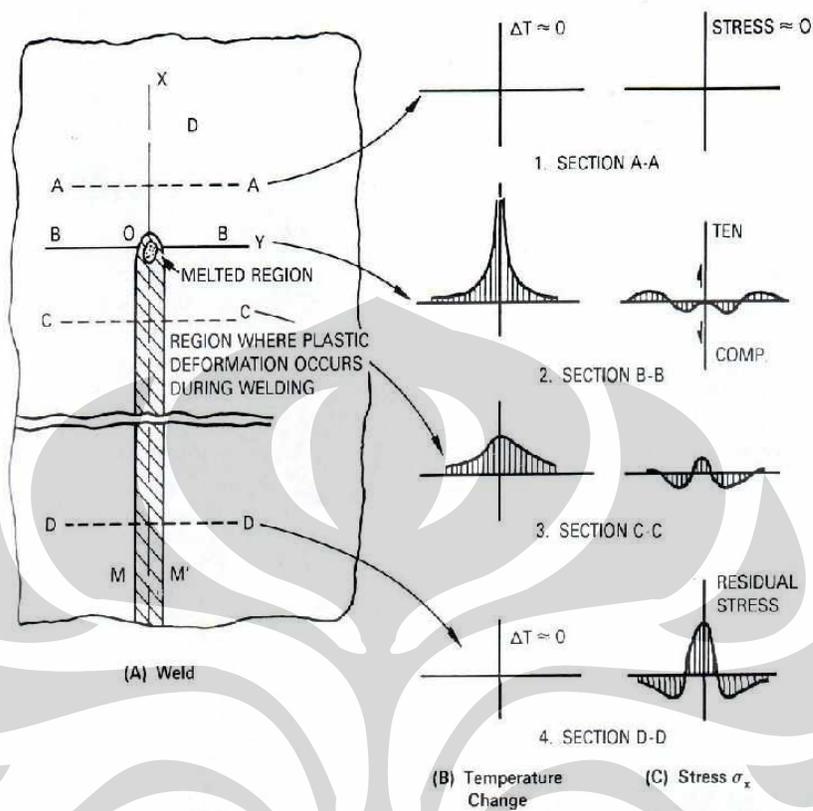
B-B : Daerah yang mencair tepat pada busurlas,

C-C : Daerah terjadinya deformasi plastis selama proses pengelasan,

D-D : Daerah yang sudah mengalami pendinginan

Bila pengelasan berjalan dari potongan DD ke potongan B-B maka akan terjadi distribusi panas sepanjang pengelasan. Sesaat pengelasan sampai titik O maka setiap potongan pada alur pengelasan dapat dianalisa distribusi tegangannya.

Besarnya tegangan yang terjadi karena adanya perubahan temperatur selama proses pengelasan ditunjukkan oleh gambar 2.26.



Gambar 2.26 Distribusi temperatur dan tegangan selama proses pengelasan

(Sumber <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-7858-2703100008-jurnal.pdf>)

Pada daerah A-A, dimana $\Delta T \approx 0$ maka disini tidak terjadi tegangan, sedangkan pada daerah B-B yaitu daerah yang mencair (terjadi suhu maksimum) tepat pada garis lasan akan terjadi tegangan tekan (compression) sedangkan disisi kanan dan sisi kiri dari garis lasan akan terjadi tegangan tarik (tension). Pada daerah C-C, dimana suhu sudah mulai turun, pada daerah garis lasan akan terjadi tegangan tarik dan pada daerah sisi kanan dan kirinya akan terjadi tegangan tekan. Demikian pula pada daerah D-D yaitu pada daerah yang sudah terjadi pendinginan ($\Delta T \approx 0$) maka pada garis lasan akan terjadi tegangan tarik dan pada sisi kanan dan kiri dari garis lasan akan mengalami tegangan tekan. Tegangan tarik yang terjadi pada daerah D-D akan sifatnya tetap tinggal pada material tersebut dan lebih sering disebut tegangan sisa.

2.4.2 Perubahan Bentuk Dalam Pengelasan (Distorsi)

Pada proses pengelasan, tegangan sisa dan distorsi merupakan kejadian yang saling berhubungan. Ketika siklus pemanasan dan pendinginan yang berlangsung dalam proses pengelasan, regangan panas muncul di antara *weld metal* dan *base metal* pada daerah yang dekat dengan *weld bead*. Peregangan ini menimbulkan suatu tegangan dalam yang terdapat di dalam material dan bias menyebabkan terjadinya *bending*, *buckling*, dan rotasi. Deformasi inilah yang disebut distorsi. Terjadinya distorsi ini akan menyebabkan :

- a. Bentuk akhir tidak memenuhi syarat baik keindahan maupun letak
- b. Terjadi *misalignment*
- c. Dapat menjadi bagian terlemah
- d. Mengganggu distribusi gaya

Distorsi terjadi jika logam las dibiarkan bergerak leluasa selama proses pendinginan, atau dengan kata lain distorsi terjadi karena adanya pemuaian dan penyusutan yang bebas akibat siklus termal las. Berdasarkan hal tersebut, ada dua alternatif kejadian yang mungkin terjadi yaitu :

- a. Kalau benda kerja tidak boleh mengalami distorsi setelah proses pengelasan, maka diadakan *fixturing* yang konsekuensinya timbul *internal stress*,
- b. Kalau benda kerja boleh mengalami distorsi setelah proses pengelasan, maka *internal stress* minim tetapi akan terjadi perubahan bentuk.

Berikut ini adalah macam-macam distorsi yang mungkin terjadi pada pengelasan (lihat gambar 2.43) :

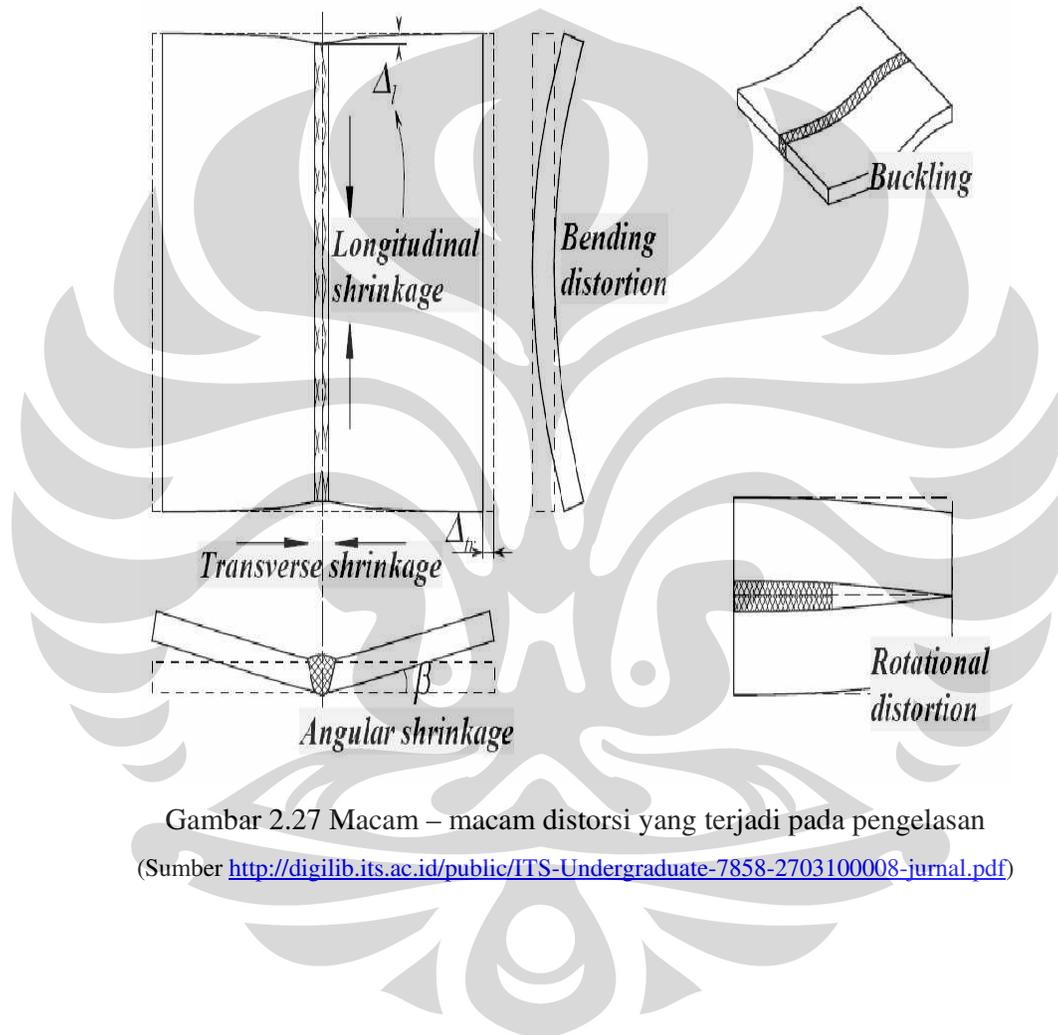
- a. *Transverse shrinkage*.
Penyusutan yang terjadi tegak lurus terhadap arah garis las.
- b. *Angular change*.
Distribusi panas yang tidak merata pada kedalaman menyebabkan distorsi (perubahan sudut).
- c. *Rotational distortion*.
Distorsi sudut dalam bidang plat yang berkaitan dengan perluasan *thermal*.
- d. *Longitudinal shrinkage*.
Penyusutan yang terjadi searah garis las.

e. *Longitudinal bending distortion.*

Distorsi dalam bidang yang melalui garis las dan tegak lurus terhadap plat.

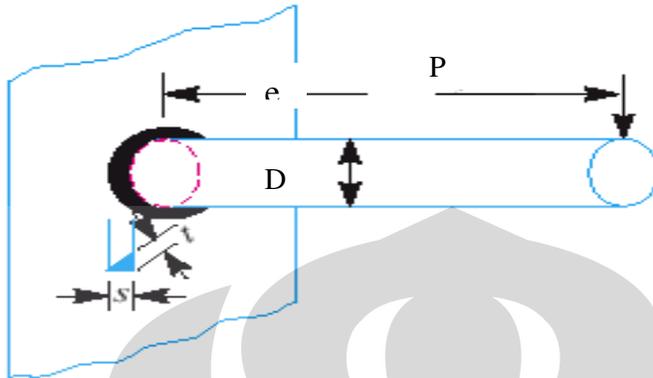
f. *Buckling distortion.*

Kompresi yang berkenaan dengan panas menyebabkan ketidak stabilan ketika platnya tipis.



Gambar 2.27 Macam – macam distorsi yang terjadi pada pengelasan
(Sumber <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-7858-2703100008-jurnal.pdf>)

2.4.3 Gaya Penyusutan yang menyebabkan Distorsi Pada pengelasan



Dengan menggunakan pemodelan seperti diatas, dapat diketahui gaya-gaya yang bekerja pada sebuah batang berbentuk lingkaran dengan perhitungan sebagai berikut:

$$t = \text{Throat thickness} = 0.707 s \text{ (mm)}$$

$$A = \text{throat area for a circular fillet weld, } t \times \pi D = 0.707 s \times \pi D \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$P = \text{load (N)}$$

$$D = \text{diameter of bar (mm)}$$

$$\text{Direct shear stress} = \tau = \frac{P}{A} \text{ (Mpa)}$$

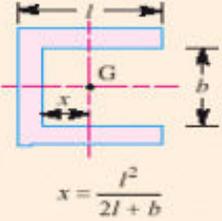
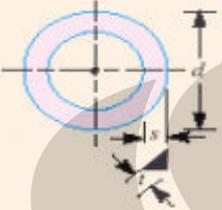
$$\text{Bending moment} = M = P \times e \text{ (N-mm)}$$

$$\text{Section modulus (berdasarkan tabel 2.2)} = Z = \frac{\pi t D^2}{4} \text{ (mm}^3\text{)}$$

$$\text{Bending stress} = \sigma_b = \frac{M}{Z} \text{ (Mpa)}$$

$$\text{maximum normal stress} = \sigma_{t(\max)} = \frac{1}{2} \sigma_b + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2} \text{ (Mpa)}$$

Pada perhitungan nantinya, besarnya gaya penyusutan yang terjadi diasumsikan akan sama besarnya dengan maximum normal stress dengan nilai yang sama dengan UTS (Ultimate Tensile Stress) dari kampuh lasnya.

Type of weld	Polar moment of inertia (J)	Section modulus (Z)
 $x = \frac{l^2}{2l + b}$	$t \left[\frac{(b + 2l)^3}{12} - \frac{l^2 (b + l)^2}{b + 2l} \right]$	$t \left(lb + \frac{b^2}{6} \right)$
	$\frac{\pi t d^3}{4}$	$\frac{\pi t d^2}{4}$

Tabel 2.2 polar moment inertia and section modulus of weld
(sumber MD-Khurmi.pdf)

2.5 Proses Pemesinan

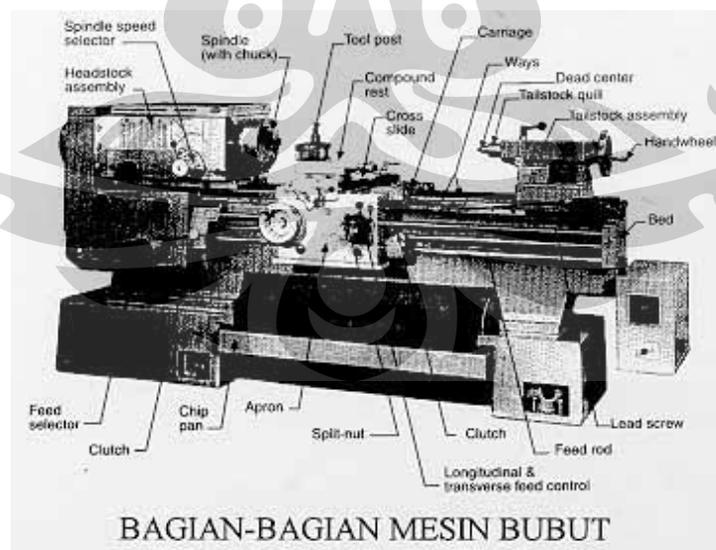
Proses pemesinan merupakan proses lanjutan dalam pembentukan benda kerja atau mungkin juga merupakan proses akhir setelah pembentukan logam menjadi bahan baku berupa besi tempa atau baja paduan atau dibentuk melalui proses pengecoran yang dipersiapkan dengan bentuk yang mendekati kepada bentuk benda yang sebenarnya.

Baja atau besi tempa sebagai bahan produk yang akan dibentuk melalui proses pemesinan biasanya memiliki bentuk profil berupa bentuk dan ukuran yang telah distandarkan misalnya, bentuk bulat “O”, segi empat, segi enam “L”, “I” “H” dan lain-lain. Bahan benda kerja yang dibentuk melalui proses pengecoran memiliki bentuk yang bervariasi sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Pembentukan benda kerja melalui proses pengecoran ini telah direncanakan dan dianalisis sedemikian rupa sehingga jika benda kerja menghendaki bentuk akhir melalui proses pemesinan tertentu sebagaimana diinformasikan pada gambar kerja, maka bagian ini telah dipersiapkan. Oleh karena itu, gambar kerja merupakan dokumen penting yang menjadi acuan dalam pelaksanaan proses produksi mulai penerimaan bahan baku hingga penyerahan produk

kepada pemakai dan sebagai dasar pertanggung jawaban terhadap kualitas dari produk tersebut.

2.5.1 Proses Pemesinan Dengan Mesin Bubut

Mesin bubut adalah salah satu mesin perkakas yang paling banyak digunakan dibengkel-bengkel karena memiliki fungsi yang bervariasi dalam pengerjaan berbagai bentuk benda kerja, seperti membentuk benda bulat, membentuk bidang datar, mengebor, mengulir, membentuk tirus, memotong mengartel, serta membentuk benda-benda bersegi. Hampir semua aspek bentuk benda kerja dapat dikerjakan dengan mesin bubut, bahkan dari benda-benda yang tidak beraturan bentuk bentuk tersebut dapat tercapai melalui berbagai metoda pemasangan benda kerja pada mesin bubut. Setiap mesin memiliki prosedur pengoperasian yang berbeda-beda walaupun bagian-bagian utama dari mesin di hampir semua merek mesin bubut memiliki bagian yang sama, setiap pabrik pembuat mesin berusaha memberikan kemudahan dalam pengoperasian dari mesin yang dibuatnya, sistem palayanan dan pengendalian proses kerja mesin ditempatkan sedapat mungkin ditempat yang mudah dijangkau. Perhatikan salah satu konstruksi dan bagian-bagian utama dari mesin bubut pada gambar 2.28 berikut.



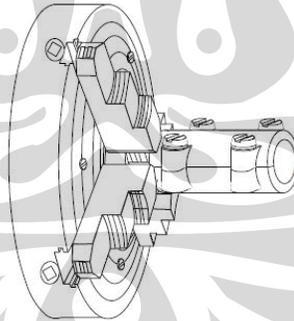
Gambar 2.28 Bagian-bagian mesin bubut
(sumber www.crayonpedia.org)

2.5.1.1 Metoda pemegangan benda kerja pada mesin bubut

Pemasangan benda kerja pada mesin bubut dapat dilakukan dengan berbagai cara sesuai dengan bentuk benda serta tujuan pembentukan yang dihasilkan melalui proses pembubutan tersebut. Fasilitas pengekaman benda kerja pada mesin bubut disediakan baik untuk kegunaan mencekam benda kerja dengan bentuk-bentuk yang umum maupun yang khusus, namun jika benda kerja dengan bentuk yang berbeda dari peralatan yang tersedia, maka dimungkinkan untuk membuat bentuk pemegang benda kerja tersebut sesuai dengan kebutuhan. Berikut ini adalah beberapa jenis pemegang benda kerja yang biasa digunakan pada mesin bubut.

1. Chuck rahang 3 (Three jaw/self centering jaw chuck)

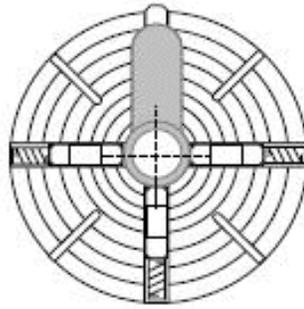
Self Centering chuck ialah chuck yang biasanya memiliki rahang (jaw) tiga buah yang masing-masing memiliki tiga pemutar untuk arah mengunci dan membuka jepitan terhadap benda kerja, namun dalam pemakaiannya jika salah satu dari lubang kunci ini diputar maka semua jaw akan bergerak serempak mengunci atau membuka. Kendati pemakaiannya hanya untuk memegang benda kerja yang berbentuk bulat atau bersegi tiga atau enam, Chuck ini paling banyak digunakan karena sepat memposisikan benda kerja pada posisi senter



Gambar 2.29 Self centering jaw-chuck
(sumber www.crayonpedia.org)

2. Four Jaw Independent Chuck (Chuck rahang 4 independent)

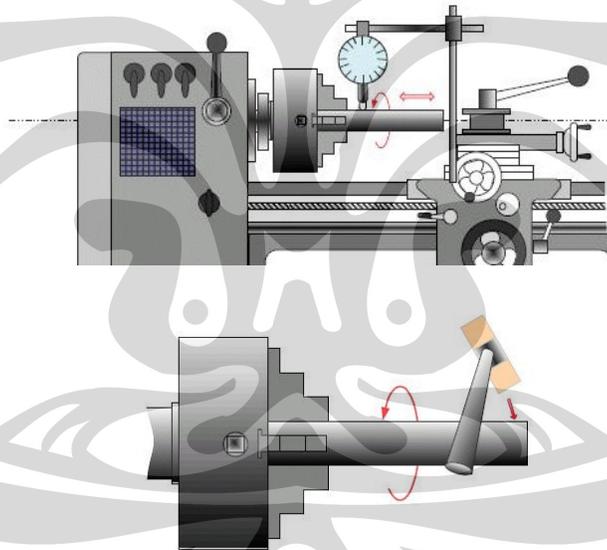
Chuck rahang 4 yang bersifat independent ini dirancang untuk memegang benda kerja segi empat, membubut bentuk eksentrik, bahkan benda bersegi dengan posisi pembubutan jauh dari posisi senter benda kerja.



Gambar 2.30 four jaw independent chuck

(sumber www.crayonpedia.org)

Penyetelan posisi kesesumbuan dari benda kerja dalam pencekaman pada semua jenis chuck ini benar-benar harus dilakukan walaupun sangat sulit, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, biasanya penyetelan ini dilakukan dengan menggunakan bantuan dial Indikator dan palu lunak.



Gambar 2.31 Penyetelan benda kerja dengan menggunakan dial indikator dan palu lunak

(sumber www.crayonpedia.org)

2.5.1.2 Alat-alat potong pada mesin bubut

Sebagaimana fungsi mesin bubut dalam pembentukan benda kerja yang sangat kompleks dan bervariasi, tentu saja untuk melakukan fungsi-fungsi tersebut diperlukan alat potong yang bervariasi pula, oleh karena itu pahat bubut ini

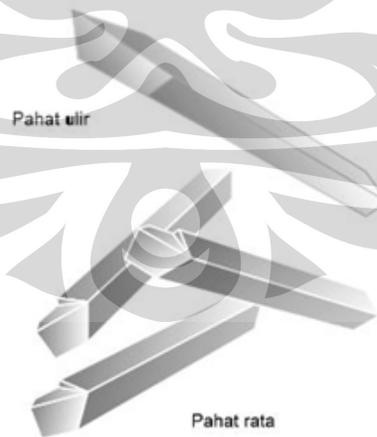
merupakan alat potong utama dalam pekerjaan bubut. Secara umum tipe pahat bubut dapat dibedakan menjadi dua tipe yakni Tool bits dan Solid tool.

Tool bit ialah pahat yang hanya terdiri atas mata potongnya dan harus menggunakan tool holder, dengan spesifikasi khusus sesuai dengan bentuk tool bit itu sendiri, atau di brazing pada tangkainya (lihat gambar 2.32).



Gambar 2.32 Pahat bubut menggunakan pegangan (tool holder)
(sumber www.crayonpedia.org)

Solid tool ialah pahat bubut yang berukuran besar dibuat dari baja perkakas paduan (alloy tool steel) atau High Speed Steel (HSS). Pahat dari jenis ini digunakan dalam pekerjaan penyayat bahan-bahan lunak (seperti baja lunak /Mild Steel). Pemasangannya langsung dijepit pada tool post, namun terdapat pula ukuran yang kecil ($1/4$ ") untuk dipasang pada tool holder.



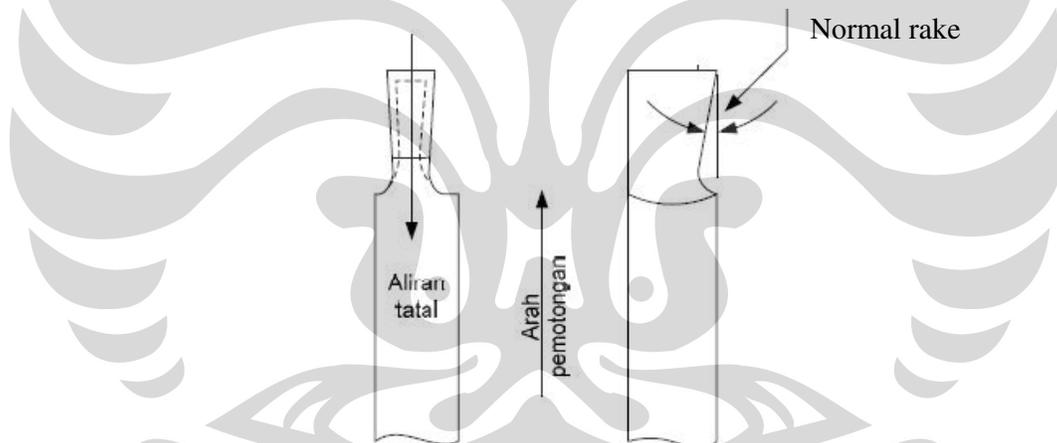
Gambar 2.33 solid tools
(sumber www.crayonpedia.org)

2.5.1.3 Arah Pemakanan Pahat (Direction of Cutting)

Dalam penerapan penyetelan dan pemasangan pahat pada mesin bubut terlebih dahulu harus mempertimbangkan posisi sisi pemotong dalam hubungannya dengan arah pemakanan yang akan dilakukan. Terdapat tiga arah pemakanan yang biasa dilakukan, yaitu : Plunge cutting, pemotongan kanan/kiri, dan pemotongan bentuk radius.

1. Plunge Cutting

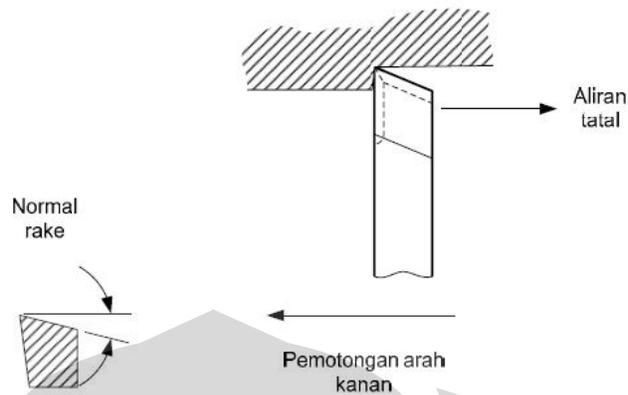
Plunge cutting yaitu pemakanan yang mengarah kesumbu benda kerja. Dalam proses pemakanan ini sisi pemotong berada pada bagian depan dari alat potong tersebut dengan demikian pemotongan ini cenderung pada pemotongan segi empat (orthogonal cutting). Dalam kasus ini chip (tatal) bergerak pada 90^0 dari sisi pemotong dan membentuk chip spiral.



Gambar 2.34 Pemakanan mengarah ke sumbu benda kerja
(sumber www.crayonpedia.org)

2. Pemotongan kanan dan pemotongan kiri

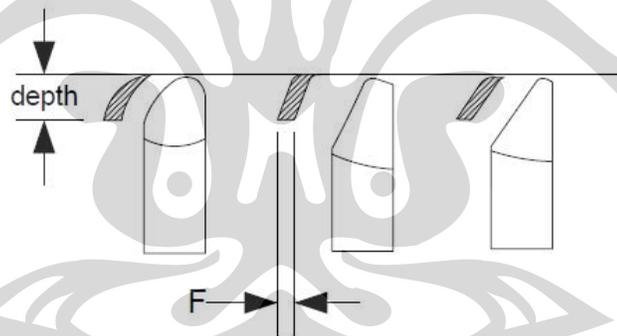
Pemotongan kanan (right-hand cutting) ialah pemotongan dimana pahat (tool) memiliki sisi potong sebelah kiri sehingga dengan gerakan pahat kekiri dan akan terjadi perlawanan kearah kanan dan sebaliknya. Pemakanan jenis ini biasa digunakan untuk membuat nberbagai jenis ulir.



Gambar 2.35 Pemotongan kanan
(sumber www.crayonpedia.org)

3. Pembentukan Radius

Pembentukan radius dibagian ujung pahat akan menghindari penyebaran panas dan melindungi kerusakan pahat serta akan menghasilkan permukaan hasil pembubutan yang halus. Radius yang dibentuk tidak harus terlalu besar, karena radius yang besar akan mengakibatkan pembentukan chip yang tidak terkendali.



Gambar 2.36 Pemotongan radius
(sumber www.crayonpedia.org)

2.5.1.4 Kecepatan pemotongan dan jarak pemakanan (Cutting speed and feed rate)

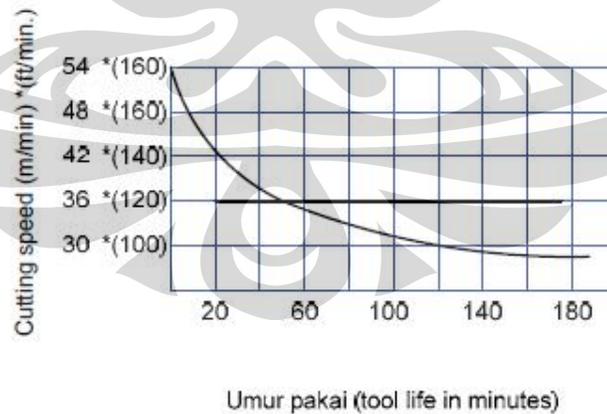
Salah satu aspek penting dalam proses pemotongan untuk pembentukan benda kerja pada mesin perkakas ialah penentuan kesesuaian kecepatan pemotongan (cutting speed) dan jarak pemotongan (feed). Hal ini dikarenakan bahwa aspek tersebut sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan kualitas proses produksi yang dilakukan.

1. Cutting Speed (kecepatan pemotongan)

Cutting Speed (kecepatan pemotongan) dapat didefinisikan sebagai kecepatan keliling atau permukaan dari benda kerja atau alat potong yang diukur pada meter per menit. Faktor ini akan diterapkan dalam menentukan putaran spindle mesin atau alat potong dalam putaran per menit (revolution per minute /rpm).

2. Pengaruh Cutting Speed (kecepatan pemotongan) terhadap umur pakai alat potong

Kesesuaian dalam memilih kecepatan potong sangat sangat menentukan efisiensi kerja dan pemakaian alat potong, pada kecepatan potong yang lebih tinggi akan mereduksi ketahanan dan umur pakai dari alat potong yang digunakan dan jika kecepatan pemotongan diturunkan ada kecenderungan memperpanjang umur pakai dari alat potong tersebut. Sebuah estimasi umur pakai pahat bubut HSS diperlihatkan pada gambar 9.50, dimana pahat bubut tersebut digunakan selama 60 menit dalam pekerjaan biasa dan selama 240 menit digunakan untuk set-up tool dan persiapan lainnya. Pada grafik memperlihatkan curve umur pakai pahat bubut HSS dalam pemakaian biasa dengan dasar umur pakai pahat tersebut selama 60 menit.



Gambar 2.37 Umur pahat bubut

Pemilihan dan penentuan kecepatan potong dan berbagai faktor yang mempengaruhi kecepatan potong (Cutting Speed) telah direkomendasikan

sesuai dengan jenis bahan sebagai faktor utama dan penentu besaran dari benda yang akan dikerjakan.

Tabel berikut menunjukkan faktor dasar dalam menentukan kecepatan potong tersebut, dimana ditentukan berdasarkan umur pemakaian dari pahat bubut HSS dalam waktu kurang lebih selama 60 menit tanpa pendingin pada jarak pemotongan sedang (medium feed rate).

Jenis bahan	CS (m/min.)	CS (ft/min.)
Steel (Tought)	15 – 18 m/min.	(50 – 60 ft/min.)
Mild steel (MS)	30 – 38 m/min.	(90 – 125 ft/min.)
Cast Iron (medium)	18 – 24 m/min.	(60 – 80 ft/min.)
Bronzes	24 – 45 m/min.	(80 – 150 ft/min.)
Brass	45 – 60 m/min.	(150 – 200 ft/min.)
Alumunium	75 - 95 m/min.	(250 – 350 ft/min.)

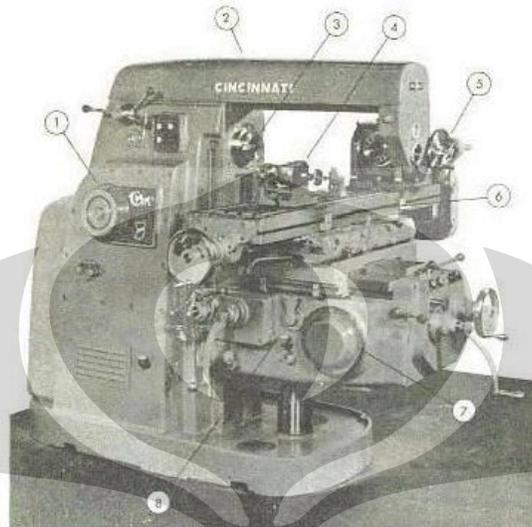
Gambar 2.38 Rekomendasi kecepatan potong untuk bahan-bahan teknik secara umum

2.5.2 Proses Pemesinan Dengan Mesin Milling (Frais)

Mesin frais adalah salah satu mesin perkakas yang secara khusus digunakan untuk membentuk bidang datar pada benda kerja, dengan berbagai kelengkapannya mesin frais memiliki fungsi yang sangat kompleks dan beragam antara lain membentuk bidang datar, lurus (linear), radius, alur, roda gigi dan lain-lain hingga benda-benda yang memiliki bentuk tidak beraturan. Sebagaimana pada mesin perkakas pada umumnya, mesin frais membentuk benda kerja melalui proses penyayatan dengan menggunakan alat potong (tool) yang beraneka ragam baik jenis maupun bentuknya sesuai dengan fungsi pengerjaan yang akan dilakukan. Yang berbeda dari mesin ini dibandingkan dengan mesin bubut yang telah diuraikan diatas ialah dimana penyayatan dilakukan oleh gerakan alat potong.

Mesin frais yang umum digunakan, jika dilihat dari jenisnya dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

- a. Mesin Frais horizontal
- b. Mesin Frais Vertical dan
- c. Mesin Frais Universal



Keterangan :

- | | |
|----------------------------|------------------|
| 1 r.p.m. indikator | 5 Dividing head |
| 2 Over arm support | 6 Work tabel |
| 3 Spindle | 7 Feed Indikator |
| 4 Center for dividing head | 8 Knee |

Gambar 2.39 Mesin Frais universal



Gambar2.40 Mesin Frais Vertikal

(sumber www.crayonpedia.org)

Gambar 2.39 memperlihatkan salah satu bentuk mesin frais pada posisi kerja horizontal dimana mesin frais ini memiliki kedudukan pisau (cutter) pada posisi horizontal. Mesin frais seperti yang terlihat pada gambar 2.39 sebenarnya adalah mesin frais universal (universal milling machines), karena tidak terdapat mesin yang khusus horizontal, namun mesin universal ini dilengkapi dengan peralatan yang dapat mengubah posisi kerja dari mesin itu sendiri. Sedangkan pada gambar 2.40 ialah mesin frais vertical dimana spindlenya berada pada posisi vertical. kedudukan cutternya didudukan pada spindlenya dengan bentuk yang berbeda dengan yang digunakan dalam pengefraian horizontal (tentang pisau frais akan dibahas pada uraian lebih lanjut). Benda kerja didukan diatas meja mesin dengan berbagai alat pemegang (holder).

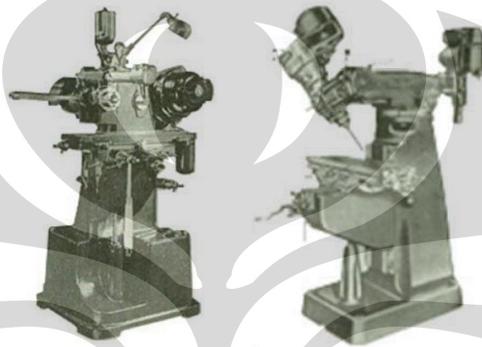
Ketiga jenis mesin frais diatas dapat digolongkan sebagai mesin frais konvensional, sementara itu dewasa ini berkembang mesin perkakas yang dikontrol secara numeric dengan menggunakan computer (Computer Numerically Controlled/ CNC), seperti yang terlihat pada gambar 2.41. Sistem kerja dan fungsi kerja dari mesin frais CNC sebenarnya sama, hanya saja untuk fungsi kerja menyudut dan fungsi kerja radius mesin konvensional memerlukan kelengkapan tersendiri seperti rotary tabel, dividing head dan lain-lain, atau merubah posisi meja mesin pada kemiringan yang dikehendaki, seperti terdapatnya fixed angular tabel, inclinable universal tabel dan lain-lain, sedangkan pada mesin frais yang dikontrol secara numeric oleh sistem komputer dapat dilakukan dengan kombinasi gerakan pada tiga sumbu, yakni sumbu X (memanjang), Y (melintang) dan sumbu Z (Vertical).



Gambar 2.41 Mesin Frais Universal CNC

(sumber www.crayonpedia.org)

Disamping mesin-mesin frais tersebut di atas, terdapat pula mesin frais “turret” dan frais tangan atau hand milling machines), mesin frais ini bersifat konvensional memiliki fungsi lain yakni sebagai mesin slot sebagaimana terlihat pada bagian belakang terdapat bagian yang dapat diubah posisinya dan memberikan gerakan sloting, yang digunakan untuk membentuk alur pasak, gigi rambut (serrations) dan lain-lain. Mesin-mesin konvensional ini masih efisien digunakan dalam proses produksi.



Gambar 2.42 Mesin Frais Turret
(sumber www.crayonpedia.org)

2.5.2.1 pemegangan benda kerja pada mesin frais

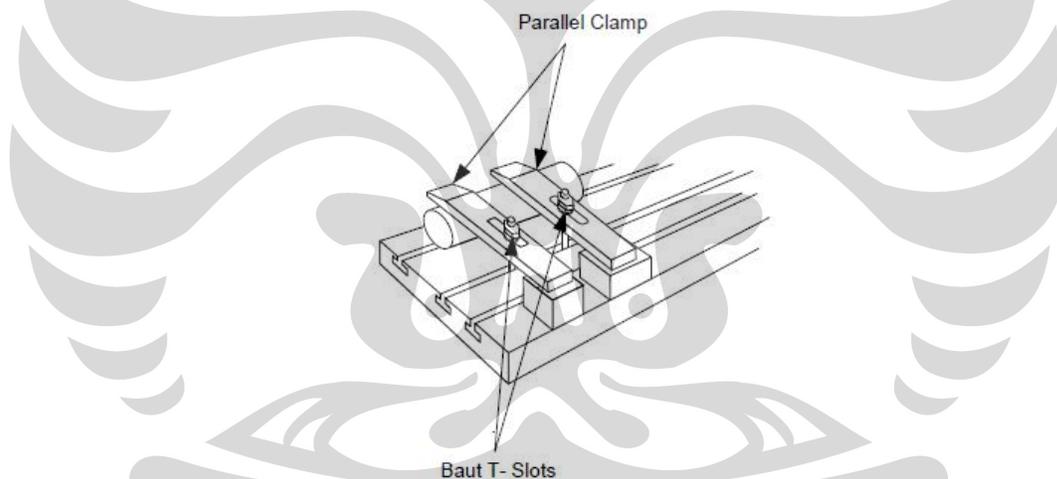
Pemasangan benda kerja (work holder) pada mesin frais lebih leluasa dibandingkan dengan pemasangan benda kerja pada mesin bubut sebagaimana yang telah dibahas sebelum ini, dimana benda kerja pada mesin bubut ini berputar bersama spindle mesin, sehingga banyak faktor yang harus dipertimbangkan, seperti kebebasan gerakan, keseimbangan (out of balance) dan lain-lain. Hal ini sedikit berbeda pada mesin frais dimana benda kerja hanya bergerak pada gerakan terbatas sesuai dengan perubahan posisi meja mesin itu sendiri, jika bentuk benda kerja menghendaki perubahan pada arah tertentu dalam pemakanan (feeding).

Berdasarkan cara-cara pemasangannya itu maka memegang benda kerja pada mesin frais ini dapat dibedakan atau dapat dikelompokkan dalam cara sebagai berikut;

1. Pemasangan diatas meja mesin (on the machine tabel)
2. Pemasangan dengan ragum (in Vice)

3. Pemasangan dengan “V”- Block (ini a V- Block)
4. Pemasangan dengan Kepala pembagi (dividing head atau Indexing head)
5. Dipasang diantara dua senter (between Centre)
6. Pemasangan dengan Chuck
7. Pemasangandengan Spindle taper
8. Pemasangan denga Circular tabel atau Rotary tabel

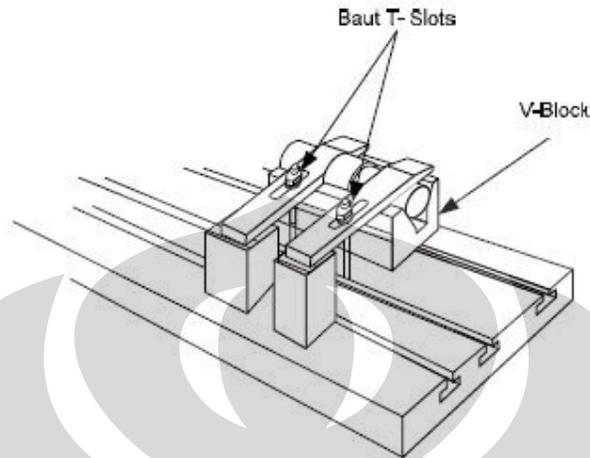
Meja mesin Frais (Milling Machine tabel) Untuk pemasangan benda kerja meja mesin frais dirancang dengan pembentukan alur-alur atau “T”- Slots yang berfungsi sebagai bagian pemegang benda kerja serta membantu pelurusan posisi benda kerja tersebut. T-Slot ini memiliki kesesuaian pula dengan ragam mesin sehingga jika ragam mesin dipasang diatas meja mesin ini akan cocok dan dapat memegang benda kerja dengan kuat.



Gambar 2.43 T-slot table
(sumber www.crayonpedia.org)

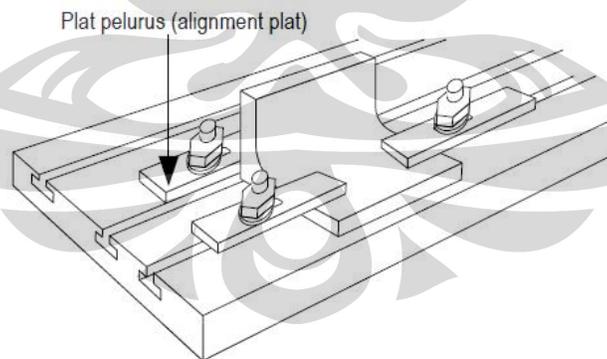
Benda-benda kerja yang memiliki bentuk bulat dapat pula dipasang diatas meja mesin juga dengan menggunakan klem parallel, tetapi dalam penyetulan kelurusannya benda kerja tersebut dipasang diatas V-block, pemasangan benda kerja bulat seperti yang terlihat pada gambar 2.44 merupakan benda kerja bulat bertingkat, sehingga bagian yang berdiameter besar tidak memberikan jaminan kesejajaran benda kerja tersebut dengan arah pemakanan pisau frais yang akan

digunakan. Metode pemasangan ini juga dapat diterapkan pada benda bulat dengan diameter yang lebih kecil.



Gambar 2.44 Pemasangan benda kerja bulat
(sumber www.crayonpedia.org)

Gambar 2.45 memperlihatkan benda kerja tuangan (casting) dipasang dengan menggunakan klem di atas meja mesin, dimana permukaan benda kerja yang telah terlebih dahulu dikerjakan menempel langsung pada permukaan meja mesin. Untuk menghindari kerusakan permukaan benda kerja ini dapat diberikan lapisan kertas atau shims. Bagian- bagian yang tidak rata harus dibuang terlebih dahulu agar tidak mengganggu penyetelan kelurusannya.



Gambar 2.45 Pemasangan benda kerja langsung diatas meja
(sumber www.crayonpedia.org)

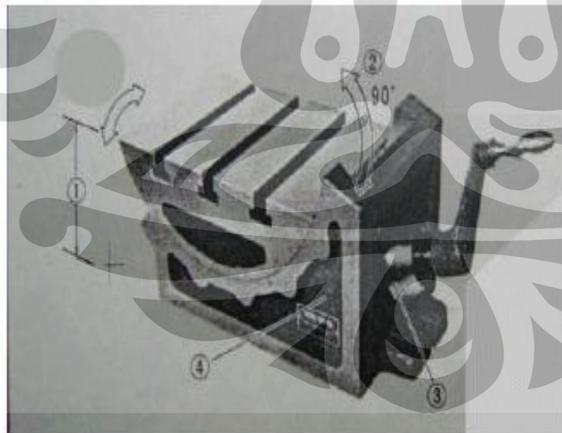
Selain menggunakan v-block dan clamber, pemegangan benda kerja dalam proses milling bisa juga dilakukan menggunakan ragum. Walaupun memiliki kapasitas dan pemakaian yang terbatas ragum mesin frais merupakan salah

satu kelengkapan utama pada mesin frais yang berfungsi untuk memegang benda kerja. Secara umum ragam mesin frais ini digunakan untuk memegang benda kerja dengan bentuk datar dan sejajar dalam pekerjaan halus dan tidak cocok untuk penggunaan pengefraisan kasar (roughness).

Ragam mesin frais memiliki bentuk dan karakteristik yang berbeda misalnya ragam mesin frais datar (plain machine vice, swivel base machine vice, dan swivel base an tilting machine vice, namun secara umum rahang jepitnya sama dan perbedaannya hanya pada fleksibilitas posisi rahang tersebut.

Ragam ini sangat presisi dengan rahang yang halus dan sejajar, oleh karena itu pemakaiannya hanya untuk benda kerja yang memiliki bentuk beraturan seperti benda kerja dengan permukaan yang rata dan sejajar pula.

Perubahan posisi pada pemegangan benda kerja oleh ragam ini diperoleh dari perubahan “swivel” pada landasan ragam tersebut. Posisi swivel dapat diubah sesuai dengan ukuran posisi menyudut pada derajat yang dikehendaki .

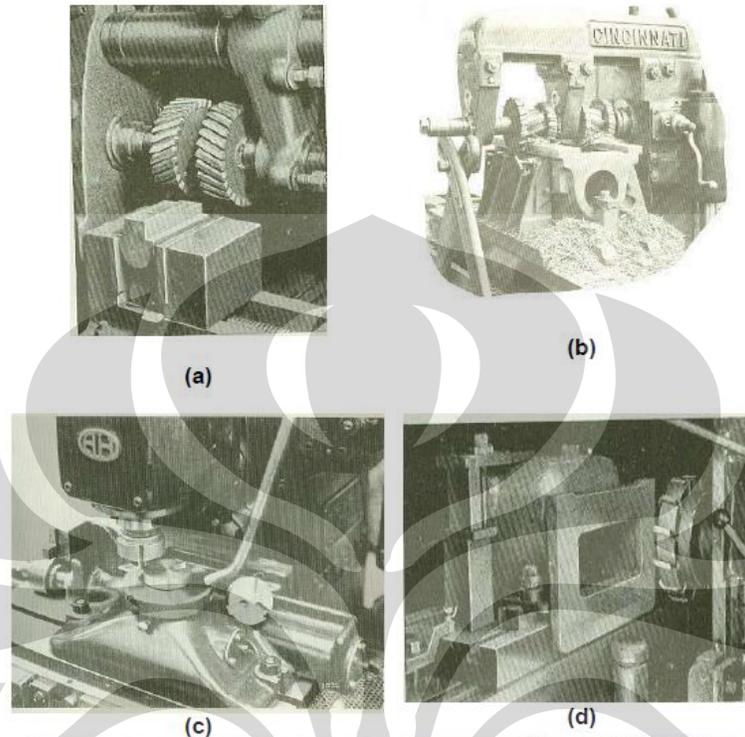


Keterangan :

1. Pengatur ketinggian terhadap pisau dengan jarak yang pendek
2. Pengatur sudut kemiringan dari 120° - 90° dan 30°
3. Penyetelan sudut yang akurat hingga 5 menit.
4. Pengatur sudut dengan ulir cacing yang smooth.

Gambar 2.46 Swivel angle plat
(sumber www.crayonpedia.org)

Pada gambar 2.47 berikut ini diperlihatkan juga berbagai pengikat (fixture benda kerja dalam proses pembentukan dengan mesin frais.



Gambar 2.47 Fixture benda kerja dalam proses milling
(sumber www.crayonpedia.org)

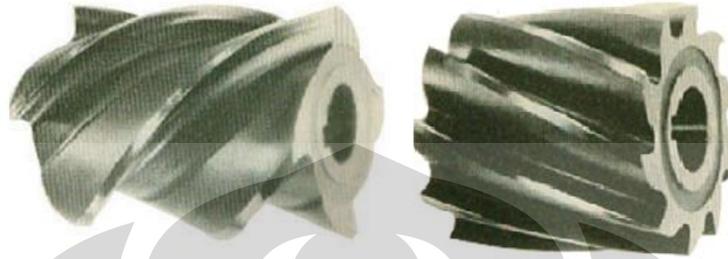
2.5.2.2 Pisau frais (milling cutter)

Pisau Frais (Milling Cutter) terdapat dalam bentuk dan mekanisme yang bervariasi dengan sifat dan karakteristik yang berbeda-beda, yakni perbedaan pemakaian sesuai dengan jenis mesin frais yang digunakannya serta fungsi pembentukan dari pisau frais itu sendiri, misalnya dalam pemakaian pembentukan bidang datar, pembuatan alur pasak, alur sejajar, alur ekor burung, pembentukan radius, membelah (sliting), membentuk profil gigi, melubang tembus, melubang dengan ujung radius dan lain-lain dalam fungsi pengefraisan.

1. Pisau frais datar (Plain milling cutter)

Pisau Frais datar (Plain Milling Cutter) atau disebut juga pisau frais silindris atau disebut pisau mantel ini digunakan dalam pembentukan permukaan datar pada

mesin frais horizontal. Pisau frais ini disebut sebagai pisau frais silindris karena memiliki bentuk silindris dengan gigi-gigi penyayatan yang melingkar sekeliling silinder ini.



Gambar 2.48 Plain Milling Cutter
(sumber www.crayonpedia.org)

2. Shell End – Mill Cutter.

Shell End – Mill Cutter atau disebut pisau frais dengan High Helix Tipe termasuk dalam kelompok pisau frais datar (plain cutter) namun pisau frais ini memiliki dua posisi pemotongan yaitu dibagian yang melingkar sebagaimana pada pisau frais mantel dan bagian muka. Lihat gambar 2.49

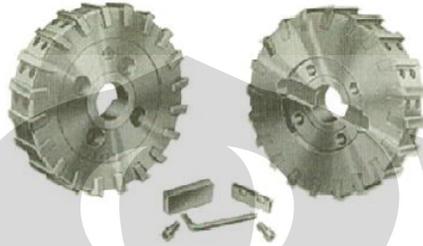


Gambar 2.49 Shell End-Milling Cutter
(sumber www.crayonpedia.org)

Pisau Frais ini sangat efisien karena dapat membentuk dua bidang permukaan menyiku secara bersamaan, tentu saja sesuai dengan bentuk benda kerja yang dikehendaki. Shell end mill cutter dipakai pada mesin frais vertical (vertical milling machine) dengan menggunakan adaptor dimensional bidang-bidang penyayatan sama dengan pisau frais silindris.

3. Carbide tapped Face Mill Cutter

Pisau frais ini memiliki sisi pemotong yang dibuat dari bahan carbide yang hanya terdapat pada bagian penyayatnya dalam bentuk tapped yang diisi dengan insert dari bahan carbide (lihat Gambar 2.50). Pisau ini digunakan pada mesin frais vertical dengan bantuan adaptor.



Gambar 2.50 Carbide tapped face mill cutter
(sumber www.crayonpedia.org)

4. Side Face End – Mill Cutter.

Side Face End Mill Cutter atau disebut juga hog mill tipe ialah jenis pisau frais dari shell end mill yang digunakan dalam pengasaran (rough) pisau ini menghasilkan permukaan yang kasar sehingga dapat pula digunakan untuk mengasarkan permukaan jika dikehendaki, bagian pemotongnya dilengkapi dengan pemotong alur yang melingkar. Kisar dari alur-alur yang membentuk ulir pemakaiannya disesuaikan dengan bahan yang akan dikerjakan, Side face end mill cutter dengan bentuk gigi pemotongnya mengijinkan pemotongan dengan chip (tatal) yang besar dengan tegangan mesin yang normal (lihat gambar 2.51).



Gambar 2.51 Side face end-mill cutter
(sumber www.crayonpedia.org)

2.6 Coordinate Measuring Machine (CMM)

Mesin pengukur koordinat (CMM) adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur karakteristik geometris dari sebuah objek. Mesin ini dapat dikontrol secara manual oleh operator maupun secara otomatis menggunakan program komputer. Pada mesin ini, pengukuran ditentukan oleh sebuah sensor yang terdapat pada ketiga sumbu gerak yang terdapat pada mesin ini. Sensor tersebut dapat berupa sensor mekanik, optik, laser ataupun yang lainnya.



Gambar 2.52 Mekanikal probe
(Sumber : www.mitutoyo.com/pdf/1957_CrystaPlusM.pdf)

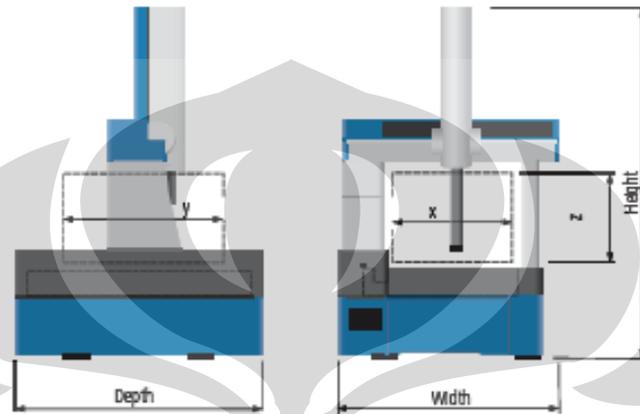
Mesin CMM pada umumnya memiliki 3 sumbu pergerakan X,Y,Z. Ketiga sumbu ini saling tegak lurus dan masing-masing memiliki sistem sendiri untuk menunjukkan koordinat dari sumbu tersebut. Mesin ini akan membaca data yang diperoleh oleh sensor yang digerakkan oleh operator. Mesin ini kemudian akan menggunakan korrdinat X,Y,Z dari tiap-tiap pembacaan sensor untuk menentukan lokasinya secara akurat. Data-data yang didapatkan nantinya kemudian akan diolah dan dibandingkan kesesuaiannya dengan rancangan yang telah dibuat. Oleh karena itu mesin ini seringkali digunakan dalam proses pengontrolan kualitas barang jadi.



Gambar 2.53 Sumbu gerak pada CMM
(Sumber : www.mitutoyo.com/pdf/1957_CrystaPlusM.pdf)

Pada penelitian ini, untuk mengukur keakuratan dari hasil produksi baik jig maupun sample benda kerja, akan digunakan sebuah mesin pengukur koordinat yang diproduksi oleh Mitutoyo dengan spesifikasi sebagai berikut:

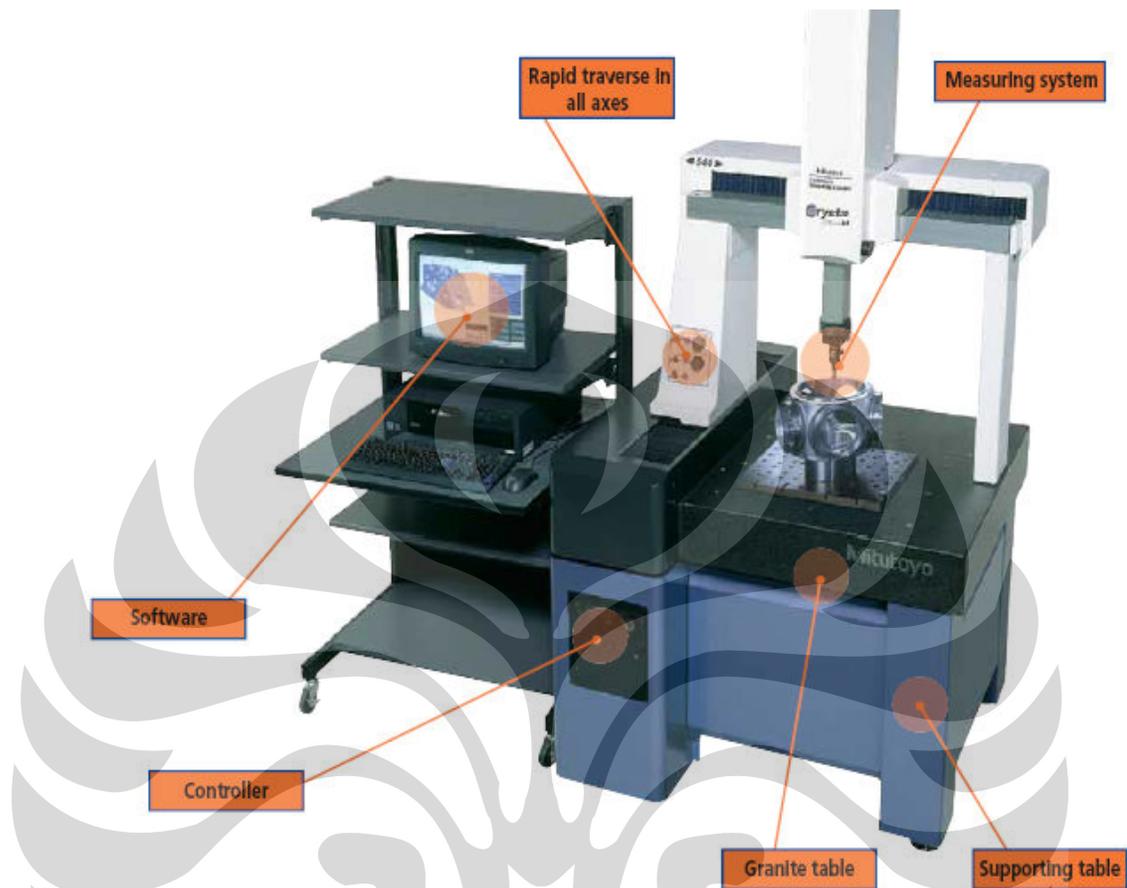
1. Spesifikasi Mesin



Model		Crysta-Plus M443
Measuring Range	X axis	15.75" (400 mm)
	Y axis	15.75" (400 mm)
	Z axis	11.81" (300 mm)
Workpiece	Max. workpiece height	18.9" (480 mm)
	Max. table loading	396 lbs (180 kg)
Workpiece Clamping	No. of M8 x 1.25" Threaded Holes	13
Machine Accuracy	ISO 10360-2 (20 °C ±1 °C)	E=(3.0+4.0L/100)µm
Probe Repeatability	ISO 10360-2	R=4.0µm (TP20)
Environmental temperature		20 °C ±1 °C
Resolution	Length measuring system	.00002" (0.5µm)
Guidance		Air bearings on all axes
Measuring Table	Material	Granite
	Dimensions	33.07" x 51.97" (624 x 805mm)
Air supply	Consumption/air pressure	ca. 50 l/min at 0.35 MPa
Dimensions	Width	38.62" (981 mm)
	Depth	41.22" (1047 mm)
	Height	77.44" (1967 mm)
Mass	(with supporting table)	904 lbs (410kg)

Gambar 2.54 Spesifikasi Crysta Plus M443
(Sumber : www.mitutoyo.com/pdf/1957_CrystaPlusM.pdf)

2. Bagian-bagian utama mesin



Gambar 2.55 Bagian utama Crysta Plus M443
(Sumber : www.mitutoyo.com/pdf/1957_CrystaPlusM.pdf)

2.7 Teori Uji Kekerasan, Uji Keausan dan Uji Fatik

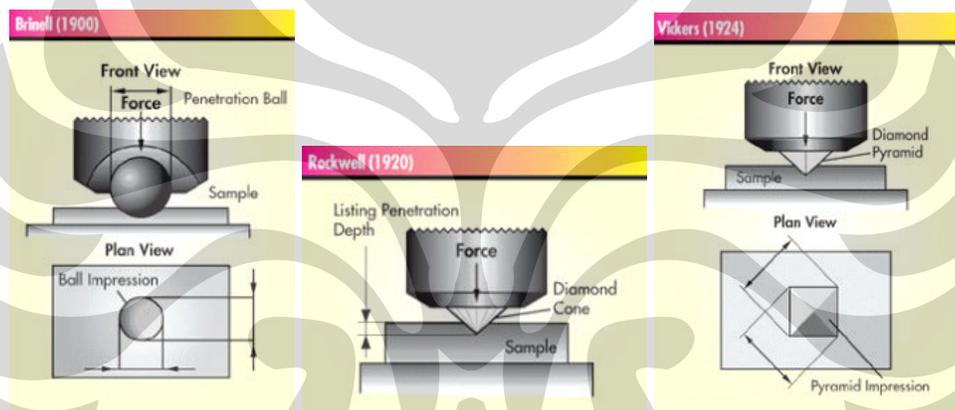
Berikut ini adalah jenis pengujian yang semestinya dilakukan terhadap material dari jig sebelum dapat diimplementasikan dalam penggunaan sebenarnya:

2.7.1 Uji Kekerasan

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (Mechanical properties) dari suatu material yang didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Nilai kekerasan dari suatu material dapat diketahui dari ukuran sifat mekanis material (kedalaman penetrasi,dll) akibat gaya penekanan yang diberikan pada material tersebut selama selang waktu tertentu sehingga menyebabkan terjadinya deformasi plastis. Di dunia teknik, umumnya metode pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode yang berbeda tergantung dari jenis penekan (indenter) yang digunakan yaitu:

- 1) Brinell
- 2) Rocker
- 3) Vickers
- 4) Micro Hardness



Gambar 2.56 Metode Brinell,Rockwell, dan Vickers

Berdasarkan hasil pengujian tersebut akan didapatkan apakah kekerasan yang didapat sudah sesuai yang diharapkan atau tidak. Jika tidak, maka ada 2 hal yang dapat dilakukan untuk menanggulangi masalah tersebut diantaranya yaitu:

1. Melakukan penggantian material menggunakan material lain dengan kekerasan yang lebih baik
2. Melakukan proses perlakuan panas yang sesuai untuk meningkatkan kekerasan material

Cara kedua umumnya lebih sering dilakukan karena lebih menguntungkan dari sisi biaya dibandingkan cara yang pertama. Proses perlakuan panas yang dilakukan yaitu proses *quenching* dimana baja dipanaskan hingga fasanya berubah

menjadi austenit dan didinginkan secara cepat (lihat diagram CCT baja karbon rendah). Media pendinginan yang digunakan biasanya air, oli, garam atau media pendingin lainnya.

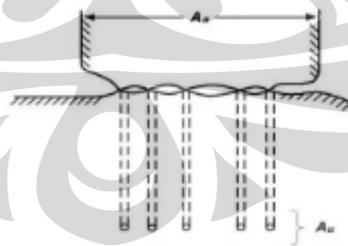
2.7.2 Uji Keausan

Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan oleh mekanisme yang beragam.

Ketahanan-aus (wear resistance) merupakan fungsi dari beberapa sifat material (kekerasan, kekuatan, dll), friksi serta pelumasan. Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan oleh mekanisme yang beragam diantaranya yaitu keausan adhesive, abrasive, fatik dan keausan corrosive.

1. Keausan adhesive

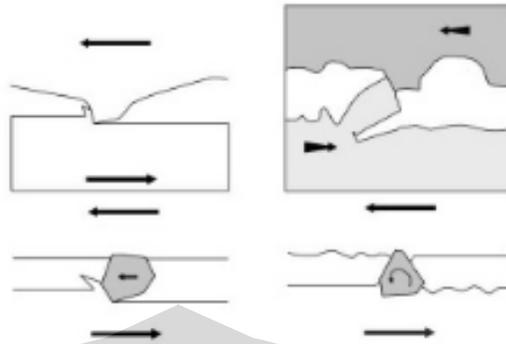
Terjadi bila kontak permukaan dari 2 material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu dengan yang lainnya (adhesive) dan pada akhirnya terjadi pelepasan / pengoyakan salah satu materialnya.



Gambar 2.57 Ilustrasi sistemtis keausan adhesive

2. Keausan abrasive

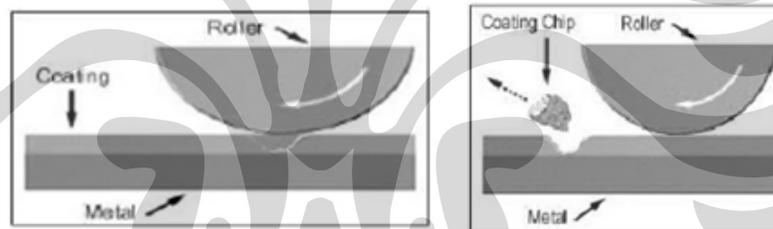
Terjadi bila suatu partikel keras dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan pada material yang lebih lunak tersebut.



Gambar 2.58 Keausan abrasif

3. Keausan fatik

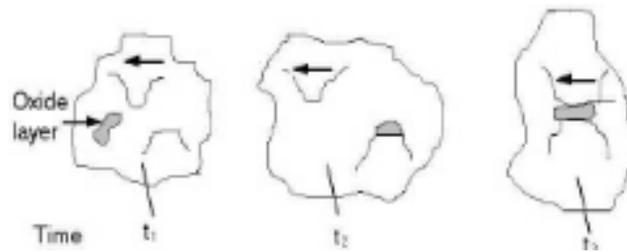
Terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak ini pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material.



Gambar 2.59 Keausan fatik

4. Keausan oksidasi/corrosive

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai akibatnya, material akan mengarah pada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan material itu akan tercabut.



Gambar 2.60 Keausan korosif

2.7.3 Uji fatik

Setelah memastikan kekuatan dari material jig berdasarkan kekerasan dan tingkat keausannya, langkah selanjutnya yaitu kita melakukan pengujian fatik/kelelahan dari material untuk mengetahui umur pakai dari material tersebut. Pengujian fatik dapat dilakukan dengan berbagai macam cara diantaranya menguji jig keseluruhan secara langsung pada alat uji kemudian dilakukan pengecekan secara berkala untuk melihat perubahan yang terjadi pada jig tersebut ataupun dalam kasus tertentu hanya perlu dilakukan perhitungan saja berdasarkan rumus yang terdapat pada buku “fundamentals of machine elements-chapter 7”, sebagai berikut:

$$N'_t = \left(S'_f 10^{-\bar{C}} \right)^{1/b_s}$$

$$\text{Untuk: } b_s = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{S'_t}{S'_e} \right) \quad \text{dan} \quad \bar{C} = 2 \log \left(\frac{S'_t}{S'_e} \right) + \log S'_e = \log \left(\frac{(S'_t)^2}{S'_e} \right)$$

Dimana :

S'_f = Load given to the material (MPa)

N'_t = Cyclic loading (pembebanan yang berulang-ulang)

b_s = Slope

\bar{C} = Intercept

S'_e = Endurance limit of a material yang besarnya :

$$S'_e = 0.5 \times \text{UTS material (bending load)}$$

$$S'_e = 0.45 \times \text{UTS material (axial load)}$$

$$S'_e = 0.29 \times \text{UTS material (torsion load)}$$

S'_i = Fatigue strength of a material yang besarnya :

$$S'_i = 0.9 \times \text{UTS material (bending load)}$$

$$S'_i = 0.75 \times \text{UTS material (axial load)}$$

$$S'_i = 0.72 \times \text{UTS material (torsion load)}$$

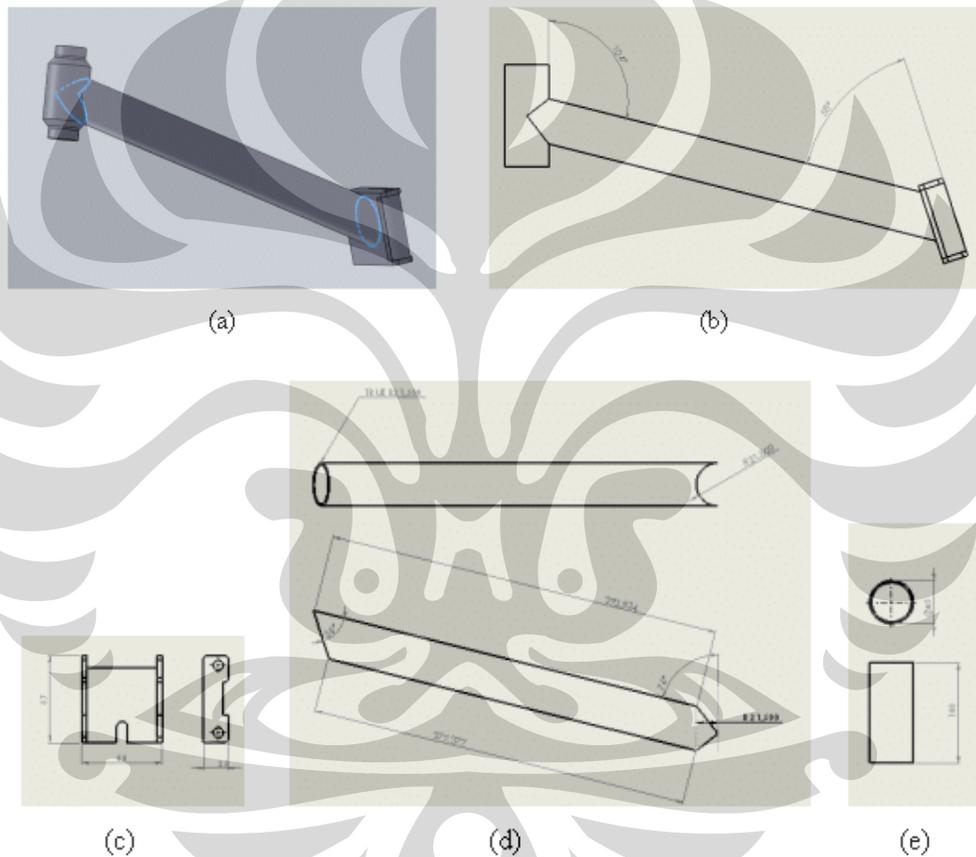


BAB III

PENGEMBANGAN DESAIN JIG

3.1 Desain-desain awal

Pada penelitian ini, jig yang dirancang akan digunakan dalam proses pengelasan batang depan sepeda lipat dengan engselnya seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 di bawah ini.

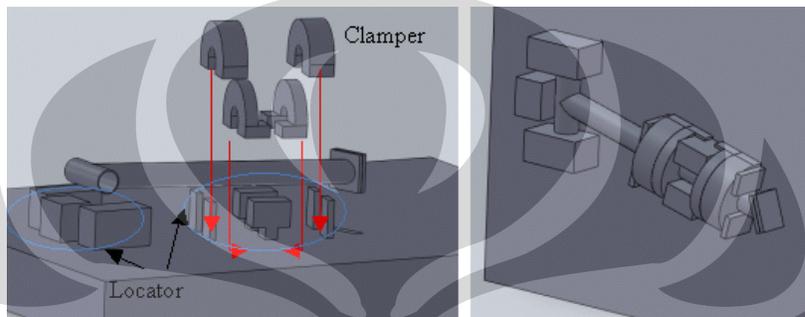


Gambar 3.1 (a) Daerah pengelasan batang depan dan engsel sepeda lipat, (b) Sudut beda kerja yang diinginkan, (c) Engsel sepeda lipat, (d) Batang tengah, (e) Batang depan

Sebelum memutuskan untuk memakai design yang ada sekarang ini, pada awalnya ada 3 macam desain yang diajukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

3.1.1 Jig 1

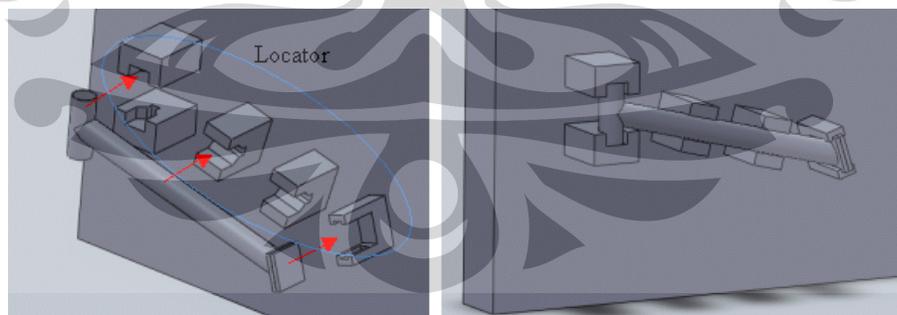
Jig ini terdiri dari satu buah *base plate* dengan beberapa buah *locator* dan 4 buah *clamper* yang dibuat sedemikian rupa sehingga benda kerja yang akan dilas dapat dipegang secara kokoh dengan menggunakan prinsip *slotting*. Kelemahan dari jig ini adalah proses pengelasan tidak bisa langsung dikerjakan pada bagian benda kerja yang bersentuhan langsung dengan *base plate*'nya jadi harus dilakukan pengelasan titik terlebih dulu.



Gambar 3.2 Cara kerja jig 1

3.1.2 Jig 2

Pada jig ini, locator dibuat agar benda kerja tidak bersentuhan dengan *base plate*'nya untuk memudahkan proses pengelasan pada bagian belakang benda kerja yang berhadapan dengan *base plate*'nya tersebut. Kelemahan jig ini serupa dengan jig 1 yaitu bahwa proses pengelasan masih sulit dilakukan untuk bagian benda kerja yang berhadapan dengan *base plate*'nya.

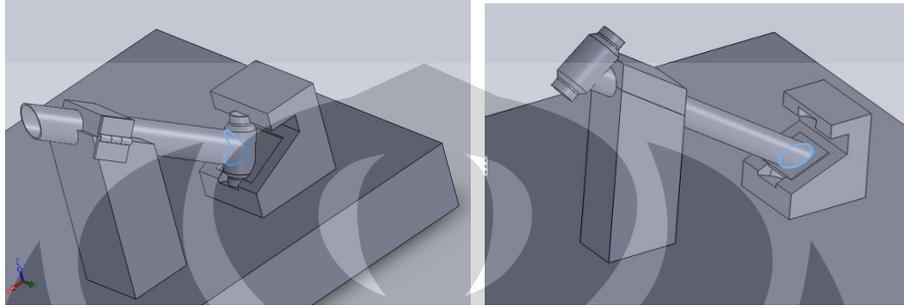


Gambar 3.3 Cara kerja jig 2

3.1.2 Jig 3

Jig ini dirancang untuk dapat melakukan proses pengelasan secara mudah dengan mempertimbangkan sudut pengelasan yang mungkin dipakai. Jig ini memerlukan 2 langkah pengerjaan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan yaitu mengelas

antara batang tengah dengan batang depannya terlebih dahulu, kemudian benda kerja dibalik dan dilakukan proses pengelasan dengan engselnya. Jig ini cukup memudahkan dalam melakukan proses pengelasan tanpa perlu melakukan pengelasan titik terlebih dulu, hanya saja terdapat beberapa bagian dari jig ini yang mungkin sulit dan harus presisi dalam proses pembuatannya.



Gambar 3.4 Cara kerja jig 3

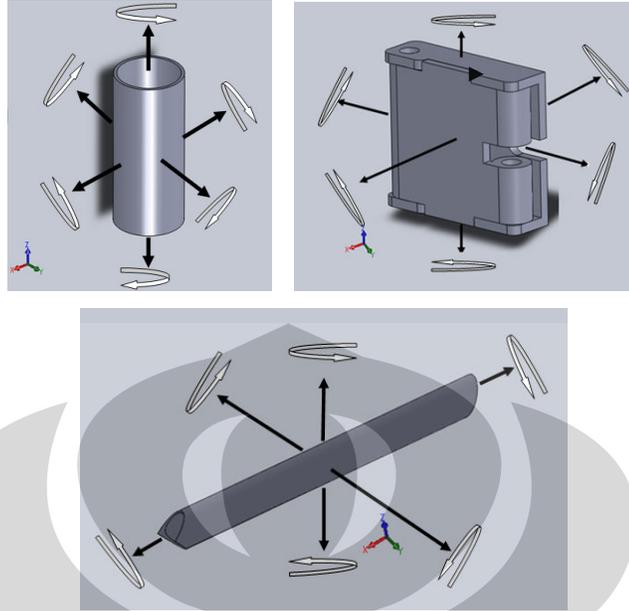
3.2 Pertimbangan desain dan pemilihan desain akhir jig

Untuk dapat memilih salah satu dari ketiga desain jig yang ada, langkah berikutnya adalah melakukan analisa pertimbangan desain (desain consideration) terhadap berbagai macam kriteria yang diinginkan dari jig tersebut nantinya yaitu:

a) Penghilangan derajat kebebasan (degree of freedom) dari pergerakan benda kerja

Sebuah jig yang baik harus dapat memegang kokoh benda kerja pada saat dilakukan pengerjaan [4], dengan kata lain seluruh derajat kebebasan benda kerja harus dapat dihilangkan dengan menempatkan *locator* dan *clamper* pada daerah yang sesuai. Pada prinsipnya ada 12 derajat kebebasan yang harus dihilangkan untuk mendapatkan penempatan benda kerja yang sempurna yaitu:

1. Pergerakan translasi arah sumbu x positif dan negatif
2. Pergerakan translasi arah sumbu y positif dan negatif
3. Pergerakan translasi arah sumbu z positif dan negatif
4. Rotasi searah dan berlawanan arah jarum jam pada sumbu x
5. Rotasi searah dan berlawanan arah jarum jam pada sumbu y
6. Rotasi searah dan berlawanan arah jarum jam pada sumbu z



Gambar 3.5 Arah pergerakan yang mungkin terjadi pada benda kerja

b) Kemampuan menahan gaya yang terjadi akibat pengerjaan

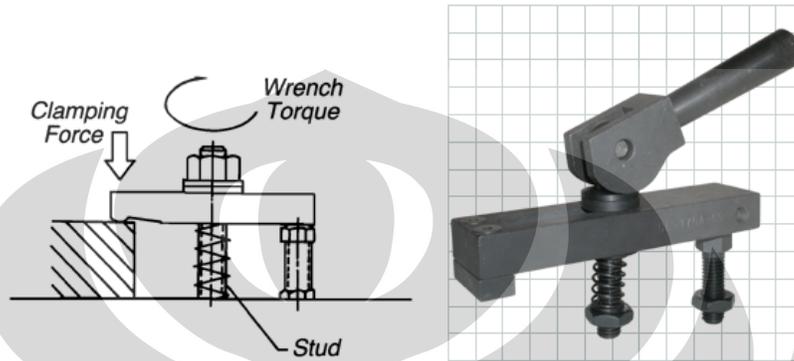
Selain memastikan bahwa benda kerja telah terpegang secara kokoh, sebuah jig juga harus mampu menahan gaya-gaya yang terjadi akibat pengerjaan yang dilakukan secara berulang-ulang pada benda kerja tersebut agar jangan sampai terjadi kegagalan (deformasi jig) sehingga hasil akhir dari benda kerja tidak seperti yang diinginkan lagi.

c) Kemudahan dalam proses pemasangan dan pengambilan benda kerja

Faktor kemudahan dalam pemasangan dan pengambilan benda kerja sangat berpengaruh pada lamanya waktu produksi yang dibutuhkan dalam proses pengerjaan. Semakin sulit proses pemasangan dan pengambilannya maka akan berakibat pada menurunnya produktifitas produk tersebut.

Hal ini sangat berkaitan dengan bentuk dan model clasper yang digunakan. Pada penelitian ini, jenis clamp yang digunakan adalah *tipe strap-toogle clamp* dengan sedikit modifikasi yang seperti dijelaskan pada bab 2 bahwa tipe ini paling sederhana, mudah dan murah dalam pembuatannya namun dapat memberikan hasil yang cukup baik walaupun

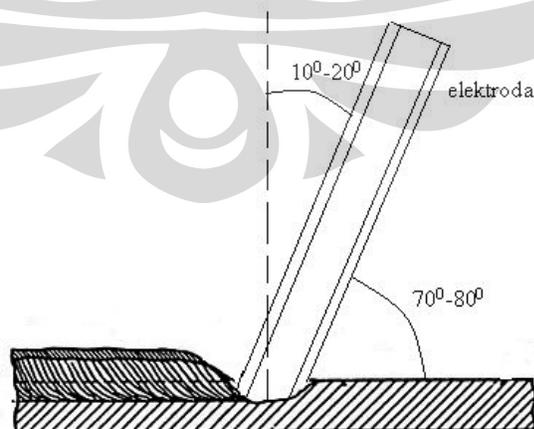
dalam hal kecepatan waktu penjepitannya masih kalah dengan tipe *cam clamp* yang tidak digunakan dengan pertimbangan tingkat kesulitan dalam pembuatannya serta kecenderungan tipe ini untuk menggeser kedudukan benda kerja terhadap *jig* pada saat dilakukan proses penjepitan jika tidak ditempatkan secara benar.



Gambar 3.6 Toggle-strap clamp (kiri) dan cam clamp (kanan)

d) Kemudahan dalam melakukan proses pengerjaan

Pada penelitian ini, pengelasan yang akan dilakukan nantinya yaitu pengelasan di bawah tangan dimana posisi benda kerja yang akan dilas berada di bawah dari posisi tangan pengelas. Kemiringan elektroda las ideal pada proses pengelasan ini yaitu sekitar 10° - 20° terhadap garis vertikal dan 70° - 80° terhadap benda kerja. Berdasarkan hal tersebut, pada jig nantinya harus tersedia ruang/jarak tertentu dimana pengelas dapat melakukan pengelasan pada posisi idealnya tersebut.



Gambar 3.7 Sudut elektroda pada pengelasan

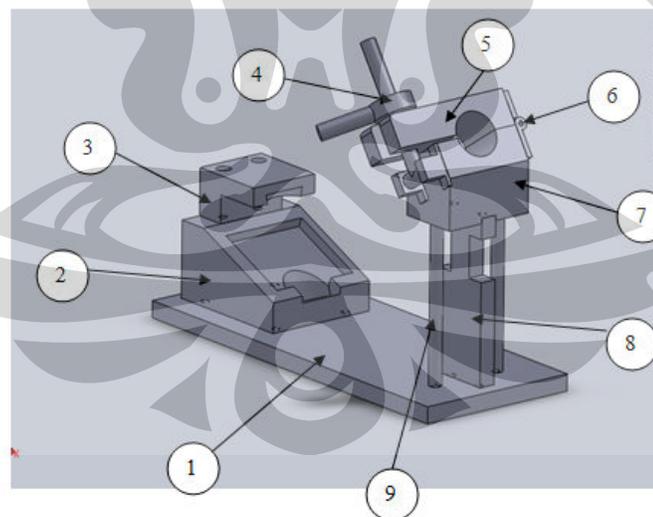
e) **Kemampuan dalam menghasilkan benda kerja yang sesuai dengan yang diinginkan**

Benda kerja yang dihasilkan merupakan penilaian utama dari kehandalan sebuah jig. Jig yang baik akan dapat menghasilkan benda kerja sesuai geometri yang diinginkan untuk pengerjaan berulang-ulang kali sesuai perencanaan desainnya.

Bedasarkan pertimbangan-pertimbangan diatas akhirnya jig 3 terpilih dikarenakan jig tersebut memiliki rancangan yang paling baik dalam memegang benda kerja secara kokoh (pengeliminasian derajat kebebasan benda kerja) serta memudahkan pekerja dalam melakukan pemasangan, pengambilan maupun pengerjaannya. Sementara untuk perhitungankekuatan dari jig serta analisa hasil benda kerja yang dihasilkan oleh jig tersebut akan dibahas pada bab berikutnya.

3.3 Desain akhir

Berikut ini adalah bentuk desain akhir dari jig yang merupakan pengembangan dari konsep jig 3 yang telah dibahas sebelumnya (gambar kerja terlampir):



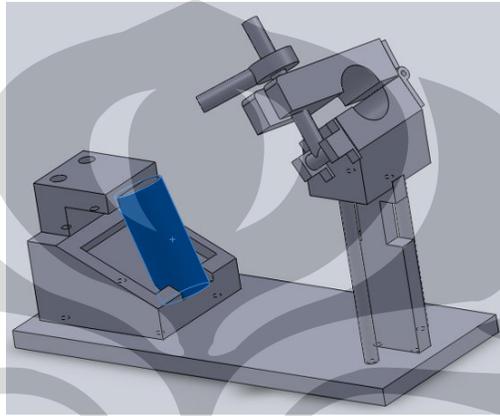
- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. Base plate | 6. Engsel |
| 2. Locator bawah | 7. Locator miring |
| 3. Locator atas | 8. Flange penyangga |
| 4. Toggle clamp | 9. Supporting as |
| 5. Clamper | |

Gambar 3.8 Desain akhir jig dan komponen-komponennya

3.4 Cara kerja jig

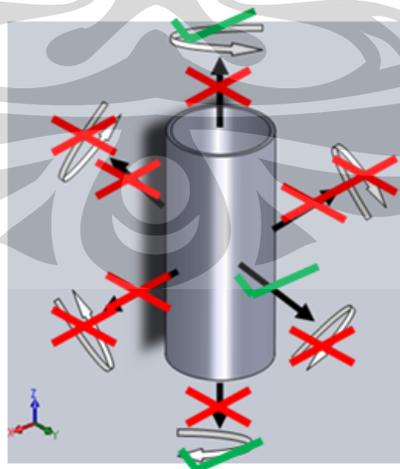
Berikut ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah pengerjaan benda kerja pada jig sekaligus derajat kebebasan dari pergerakan benda yang akan diatasi oleh jig tersebut:

1. Letakkan batang depan pada cekungan diantara locator atas dan bawah.



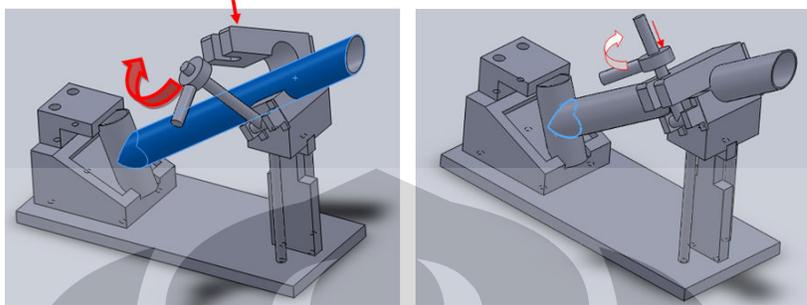
Gambar 3.9 Peletakkan batang depan pada jig

Langkah ini akan menghilangkan derajat kebebasan dari pergerakan batang depan sehingga batang depan hanya dapat bergerak translasi terhadap arah sumbu-X positif dan bergerak rotasi serarah maupun berlawanan arah jarum jam terhadap sumbu-Z.



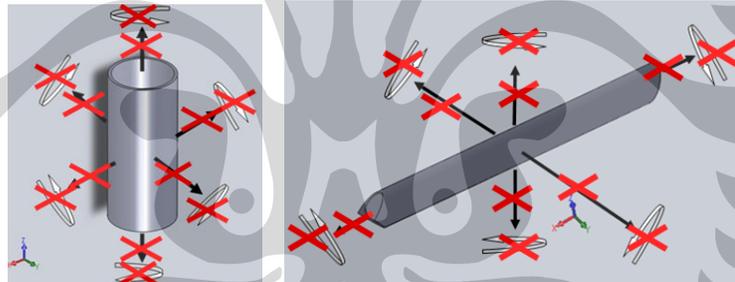
Gambar 3.10 Penghilangan derajat kebebasan pada batang depan

- Letakkan batang tengah pada cekungan jig miring dan kemudian jepit menggunakan clamber lalu putar toggle clamp searah jarum jam untuk pengencangan.



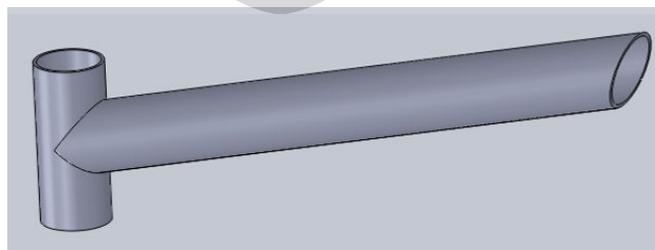
Gambar 3.11 Peletakkan batang tengah pada jig dan proses pengencangan

Langkah ini akan menghilangkan sisa derajat kebebasan dari pergerakan batang depan (Translasi sumbu-X positif dan rotasi terhadap sumbu Z). Selain itu seluruh pergerakan batang tengah juga akan dihilangkan seluruhnya dikarenakan bentuk dari locator dan gaya penjepitan dari toggle clamp .



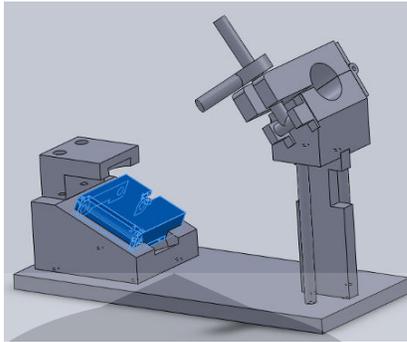
Gambar 3.12 Penghilangan derajat kebebasan pada batang depan dan batang tengah

- Hasil yang didapatkan berupa penggabungan antara batang depan dan batang tengah yang nantinya akan dilakukan pengelasan terhadap engselnya.



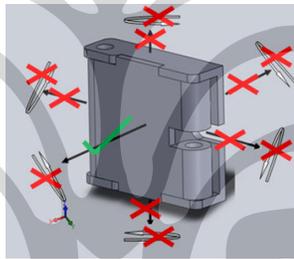
Gambar 3.13 Gabungan batang depan-tengah

- Letakkan engsel pada cekungan yang terdapat di locator bawah.



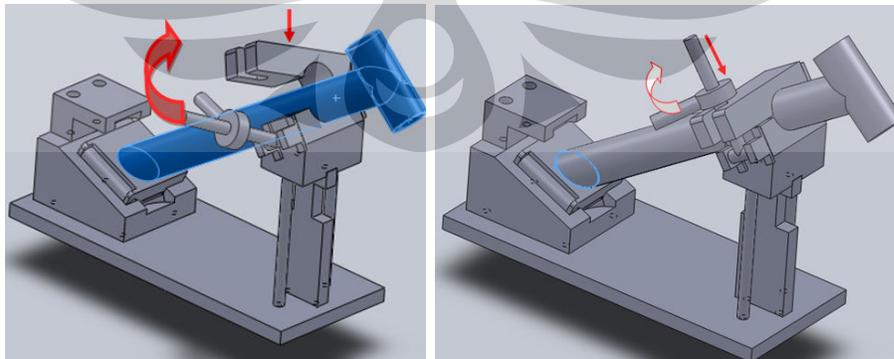
Gambar 3.14 Peletakkan engsel pada jig

Langkah ini akan menghilangkan derajat kebebasan dari pergerakan engsel sehingga engsel hanya dapat bergerak translasi terhadap arah sumbu-X positif.



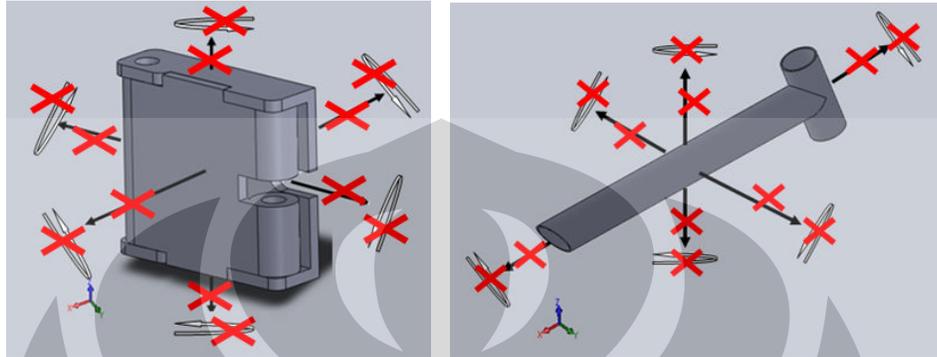
Gambar 3.15 Penghilangan derajat kebebasan pada engsel

- Letakkan batang depan-tengah pada cekungan jig miring dan kemudian jepit menggunakan clamber lalu putar toggle clamp searah jarum jam untuk pengencangan.



Gambar 3.16 Peletakkan batang depan-tengah pada jig dan proses pengencangan

Langkah ini akan menghilangkan sisa derajat kebebasan dari pergerakan engsel (Translasi sumbu-X positif). Selain itu seluruh pergerakan batang tengah juga akan dihilangkan seluruhnya dikarenakan bentuk dari locator dan gaya penjepitan dari toggle clamp .



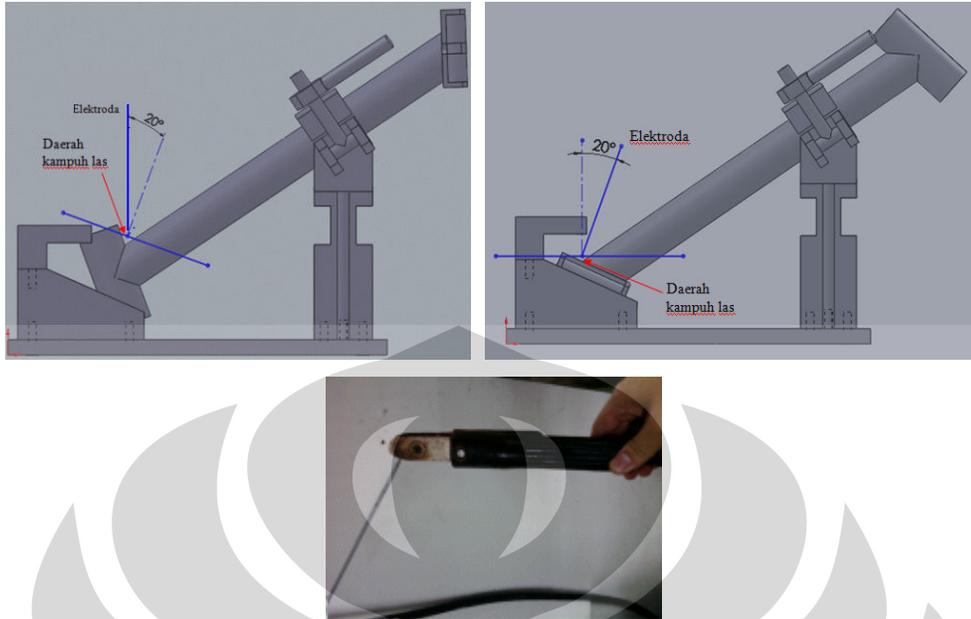
Gambar 3.17 Penghilangan derajat kebebasan pada engsel dan batang depan-tengah

6. Hasil yang didapatkan berupa penggabungan antara batang depan-tengah dengan engselnya sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 3.18 Benda kerja akhir

Seperti dijelaskan juga sebelumnya bahwa jig ini harus mempermudah pengelas dalam melakukan pengelasan pada posisi idealnya seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3.19 Posisi elektroda ideal untuk pengelasan

Pada gambar tersebut terlihat bahwa jig ini memiliki ruang yang cukup bagi pengelas dalam melakukan proses pengelasan dalam posisi ideal untuk pengelasan pada batang depan-batang tengahnya, sedangkan pada pengelasan antara engsel-batang tengahnya walaupun masih terdapat ruang untuk mengelas pada posisi idealnya, namun pengelas akan mengalami kesulitan jika mengelas dengan elektrode yang sudah pendek (± 7 cm dari ujung penjepit) karena penjepit elektrodenya akan berbenturan dengan jig (locator atas) dan menghalangi pergerakan pengelas.

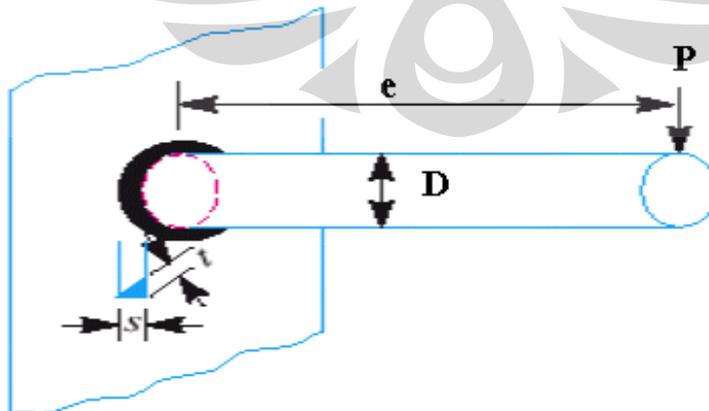
3.5 Perhitungan gaya penyusutan akibat pengelasan

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa pada sebuah benda yang mengalami siklus pemanasan dan pendinginan yang berlangsung dalam proses pengelasan, regangan panas akan muncul di antara *weld metal* dan *base metal* pada daerah yang dekat dengan *weld bead*. Apabila dibiarkan saja, peregangan ini akan menimbulkan suatu tegangan dalam yang terdapat di dalam material dan dapat menyebabkan terjadinya *bending*, *buckling*, dan rotasi yang menyebabkan geometri dari hasil pengelasan tidak lagi sesuai dengan yang diharapkan [5], untuk itulah jig ini diperlukan untuk menahan gaya/ tegangan tersebut.

Pada penelitian ini, ada beberapa asumsi yang diambil untuk dapat menghitung besarnya gaya tegangan tersebut diantaranya:

- Jenis pengelasan yang dilakukan adalah las busur CO₂ dengan kawat elektroda las yang dipakai adalah jenis YCW-4A (berdasarkan standard JIS Z 3312) yang memiliki UTS sebesar 350 Mpa. Nilai ini nantinya akan digunakan sebagai maximum normal stress pada daerah pengelasan.
- Tegangan terjadi ke segala arah dengan besar yang sama (kondisi ekstrim).
- Tebal dari kampuh las yang terjadi disetarakan 4mm sepanjang daerah pengelasan.

Berdasarkan asumsi-asumsi tersebut dapat dicari besarnya gaya tegangan (P) yang terjadi dengan pemodelan sebagai berikut:



Diketahui:

$$e = 350\text{mm}$$

$$s = 4\text{mm}$$

$$t = 0.707 s = 2.8\text{mm}$$

$$D = 42\text{mm}$$

$$\text{Throat area for circular weld} = A = t \times \pi D = 369.45\text{mm}^2$$

$$\text{Direct shear stress} = \tau = \frac{P}{369.45 \text{ mm}^2} \text{ (Mpa)}$$

$$\text{Bending moment} = M = P \times 350\text{mm} \text{ (N-mm)}$$

$$\text{Section modulus (berdasarkan tabel 2.2)} = Z = \frac{\pi \times 2.8 \times 42^2}{4} \text{ (mm}^3\text{)} = 3879.23 \text{ mm}^3$$

$$\text{Bending stress} = \sigma_b = \frac{350P}{3879.23} \text{ (Mpa)} = 0.1 \text{ Mpa}$$

$$\text{maximum normal stress} = 350\text{Mpa} = \frac{1}{2} 0.1P + \frac{1}{2} \sqrt{(0.1P)^2 + 4 \left(\frac{P}{369.45} \right)^2} \text{ (Mpa)}$$

$$350\text{Mpa} = 0.05P + \frac{1}{2} 0.102P$$

$$350 = 0.101P$$

$$P = 3465.34\text{N}$$

Maka besarnya gaya tegangan yang harus diterima oleh jig pada jarak 300mm dari daerah pengelasan nantinya adalah sebesar **3465.34 N** ke segala arah.

3.6 Perhitungan ketebalan flange penyangga

Berdasarkan perhitungan gaya diatas, selanjutnya perlu ditentukan dimensi ketebalan dari flange penyangga untuk mencegah terjadinya bending dari flange tersebut pada saat terjadinya pengelasan.

Pada perhitungan ini, parameter-parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Tinggi flange dari permukaan tanah adalah 240mm.
- Flange berbentuk kotak dengan panjang 60mm.
- Material dari flange adalah alumunium alloy dengan yield strength sebesar 97Mpa.
- Safety factor yang digunakan adalah **1,2** yang berasal dari tabel pada buku "*Fundamentals of Machine Element*, Hamrock" dengan detail sebagai berikut:

*Faktor A,B dan C diabaikan

$$\eta_{sx} = 1$$

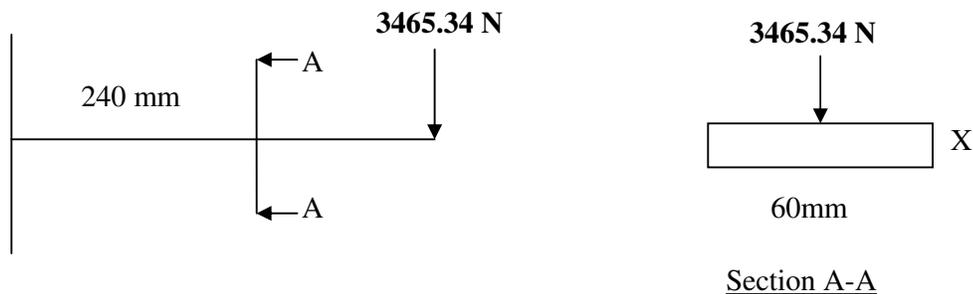
*Faktor D = "Serius" karena kegagalan jig akan cukup berbahaya bagi pengelas itu sendiri.

*Faktor E = "Not serius" karena kegagalan jig dalam penelitian ini tidak dapat menyebabkan penuntutan dari segi materiil terhadap pembuat jig.

$$\eta_{sy} = 1.2$$

$$\eta_{sy} = \eta_{sx} \times \eta_{sy} = 1 \times 1.2 = 1.2$$

Dengan menggunakan parameter-parameter diatas, ketebalan dari flange dapat ditentukan dengan pemodelan sebagai berikut:



Agar tidak terjadi deformasi, maka bending stress maximum yang terjadi tidak boleh lebih besar dari yield dari materialnya dibagi dengan safety factor yaitu $97.000.000\text{Pa} / 1.2 = 80.833.333,33 \text{ Pa} (\sigma_{\max})$.

$$\sigma_{\max} = \frac{Mc}{I}$$

Dimana :

$$M = 3465.34\text{N} \times 0,24\text{m}$$

$$M = 831,6816\text{NM}$$

$$c = \frac{1}{2} \cdot 0,06\text{m} = 0,03\text{m}$$

$$I = \frac{0,06x}{12} (x^2 + 0,06^2)$$

$$= 5 \cdot 10^{-3} x^3 + 18 \cdot 10^{-6} x$$

$$80.833.333,33\text{Pa} = \frac{831,6816\text{Nm} \cdot 0,03\text{m}}{(5 \cdot 10^{-3} x^3 + 18 \cdot 10^{-6} x)\text{m}^4}$$

$$404166,67X^3 + 1445X - 24.95 = 0$$

Dengan menggunakan operasi matlab didapatkan

$$x = 0,0161\text{m} = 16,1\text{mm} \approx 16\text{mm}$$

Jadi dimensi flange minimal agar tidak terjadi deformasi adalah 60mm x 16mm

3.7 Proses pembuatan jig

Kepresisian dari benda kerja yang diinginkan sangat bergantung kepada kepresisian dari jig itu sendiri, karena jika terdapat ketidakpresisian dimensi dalam jig maka otomatis benda kerjanya juga akan menyimpang. Oleh karena itu proses pembuatan jig perlu diperhatikan sedemikian rupa sehingga kesalahan tersebut tidak terjadi.

Pada penelitian ini, Hampir seluruh bagian dari jig dibuat dengan proses milling/frais manual menggunakan mesin milling 3 axis “Holke F10-V” kecuali untuk bagian pembuatan ulir untuk bautnya (menggunakan mesin tap) dengan tahapan sebagai berikut:

3.7.1 Spesifikasi mesin milling

Merk/tipe : Holke F10-V Bed type milling machine

Table length (mm) : 1120

Table width (mm) : 255

Longitudinal X (mm) : 710

Cross Y (mm) : 410

Vertical Z (mm) : 500



Gambar 3.20 Mesin milling 3 axis “Holke F10-V”

3.7.2 Pahat yang dipergunakan

Dalam proses pembuatan jig ini ada beberapa jenis mata pahat yang digunakan yaitu matapahat jenis shell-end mill cutter dengan 2 diameter yang berbeda dan juga mata bor yang berfungsi untuk pembuatan lubang.



Gambar 3.21 Shell end mill cutter



Gambar 3.22 Mata bor

3.7.3 Peralatan lainnya

Selain mesin utama dan pahat yang dipergunakan untuk membentuk benda kerja, terdapat peralatan lainnya yang dipergunakan dalam proses pembuatan jig ini yaitu ragum dan alat pengukur sudut (bevel protactor).

1. Ragum

Sebuah ragum diperlukan untuk memegang benda kerja dengan kuat sebelum dilakukan proses pemesinan. Pada pembuatan jig ini, ragum telah terpasang pada meja mesin milling yang digunakan.



Gambar 3.23 Ragum pemegang benda kerja

2. Bevel Protactor dan katalon/siku presisi

Alat pengukur sudut ini diperlukan untuk mengatur posisi kemiringan/ketegaklurusan benda yang akan diproses terhadap mata pahatnya, kemudian baru dijepit menggunakan ragum.



Gambar 3.24 Bevel Protactor dan catalon/siku presisi

3. Caliper

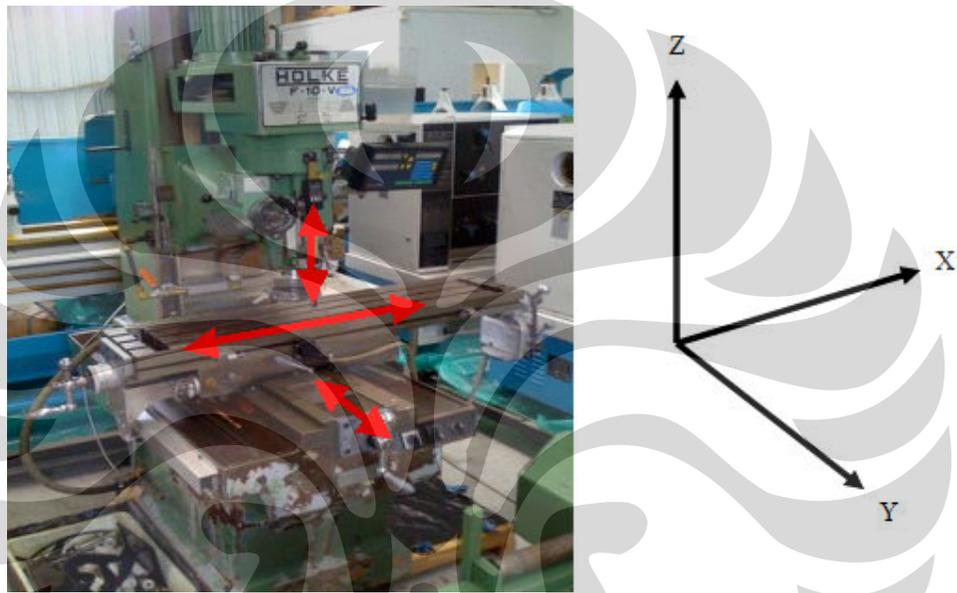
Alat pengukur jarak ini diperlukan untuk mengecek jarak dan kedalaman pemakanan dari pahat.



Gambar 3.25 Vernier Caliper

3.7.4 Proses pengerjaan jig

Masing- masing komponen dari jig dikerjakan dengan cara yang berbeda-beda tergantung bentuk desain yang diinginkan. Pada pengerjaan menggunakan mesin milling (frais) ini perlu diperhatikan bahwa bagian yang dapat bergerak pada sumbu X dan Y adalah ragam dan benda kerjanya yang telah terpasang pada meja millingnya sementara pahat hanya dapat bergerak terhadap sumbu Z.



Gambar 3.26 Arah pergerakan pahat dan meja milling

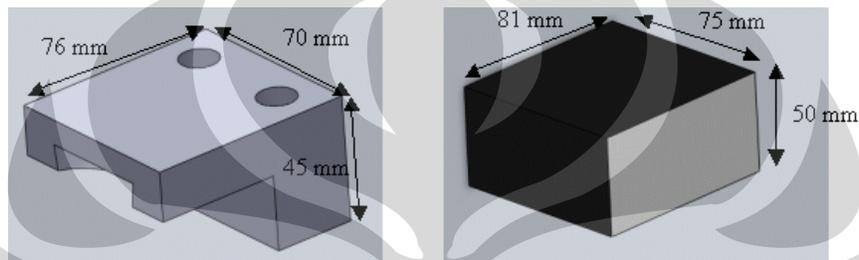
Selanjutnya pengerjaan jig dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

3.7.4.1 Pembuatan Gambar Kerja (terlampir)

Tiap-tiap komponen dari jig akan dibuat berdasarkan acuan gambar kerja yang telah dibuat sebelumnya. Oleh karena itu, untuk memastikan bahwa benda kerja yang dibuat sesuai dengan harapan, pada gambar kerja telah diberikan keterangan berupa toleransi geometri yang diperbolehkan terutama pada permukaan-permukaan dari komponen yang berinteraksi dengan komponen lainnya maupun dengan benda kerjanya secara langsung karena kesalahan dalam pembuatan 1 komponen saja akan mempengaruhi hasil akhir jig secara keseluruhan.

3.7.4.2 Persiapan Bahan Mentah (Raw Material)

Sebelum memulai pengerjaan jig, terlebih dulu telah dipersiapkan bahan mentah (raw material) berupa aluminium dan besi jenis SS41 berbentuk kotak dengan ukuran lebih besar 5mm dibandingkan dengan ukuran desain maksimalnya (bahan mentah dipotong oleh supplier sesuai ukuran pemesanan). Hal ini dilakukan karena permukaan barang mentah masih sangat kasar dan harus dilakukan pengefraisan sisi untuk memperhalus permukaannya.

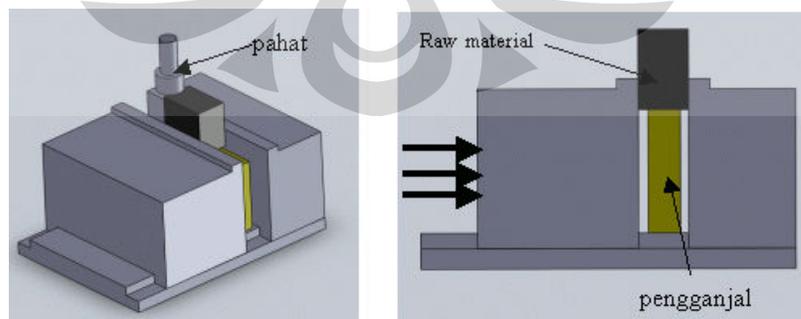


Gambar

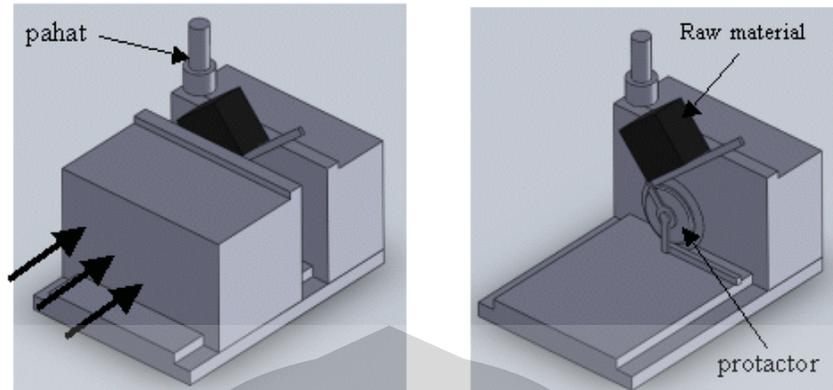
3.27 Contoh persiapan bahan mantah untuk locator atas

3.7.4.3 Penempatan benda kerja pada ragum

Sebelum melakukan proses pengefraisan, benda kerja harus dipegang secara kuat oleh ragum agar tidak mengalami pergerakan pada saat pengerjaannya. Pada saat melakukan pengefraisan benda dengan sisi yang akan dipotong tegak lurus arah mata pahatnya, dapat digunakan sebuah pengganjal pada bagian bawah benda tersebut (gambar 3.25). Sementara jika sisi yang ingin dipotong membentuk sudut tertentu terhadap mata pahatnya, maka digunakan *bevel protactor* untuk menyesuaikan sudutnya (gambar 3.26).



Gambar.3.28 Pemegangan locator atas pada ragum dengan posisi tegak lurus

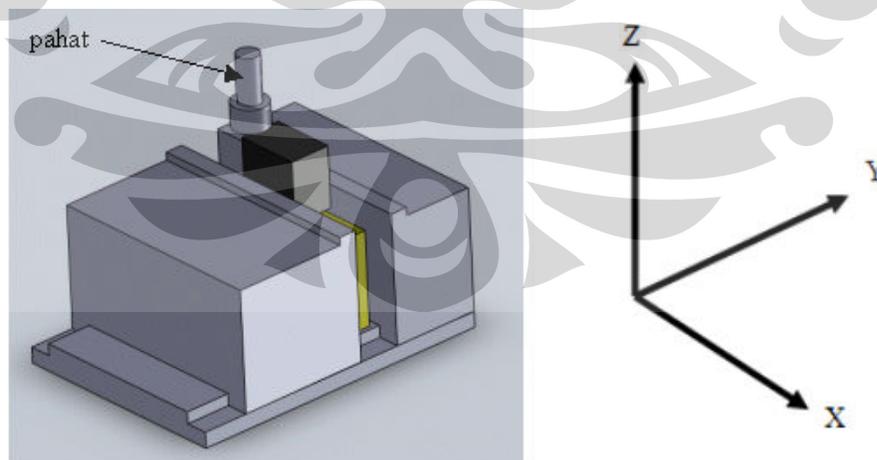


Gambar.3.29 Pemegangan locator atas pada ragum dengan posisi bersudut

3.7.4.4 Pengefraisan sisi

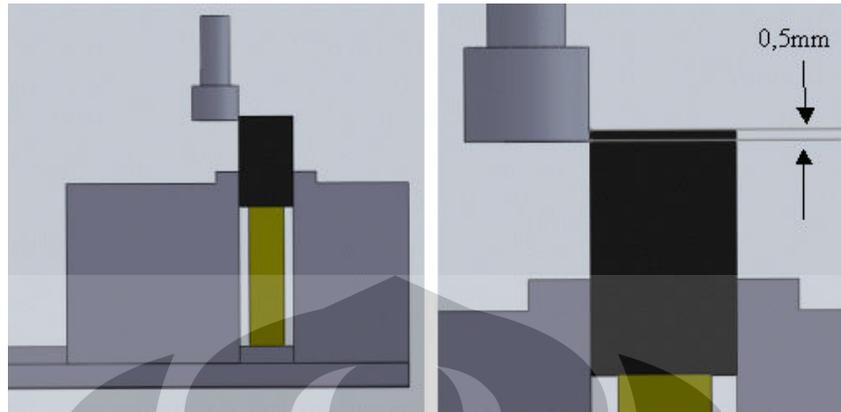
Pengefraisan sisi dilakukan dengan menggunakan pahat tipe *shell end-mill cutter* dengan kedalaman pemakanan sebesar 0,5-1mm. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa dalam pengerjaan jig menggunakan mesin frais ini, benda kerja beserta ragum dapat bergerak searah sumbu-Z dan sumbu-Y sementara pahat hanya dapat bergerak searah sumbu Z. Dengan menggunakan prinsip tersebut, berikut ini akan dijelaskan langkah-langkah pengefraisan sisi menggunakan mesin milling 3 axis “Holke F10-V”.

1. Penempatan benda kerja



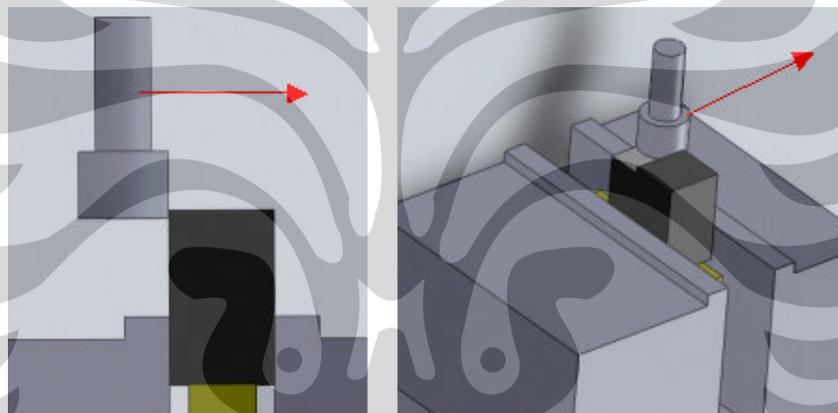
Gambar.3.30 Penempatan raw material pada ragum

2. Penentuan kedalaman pemakanan pahat pada sumbu-Z



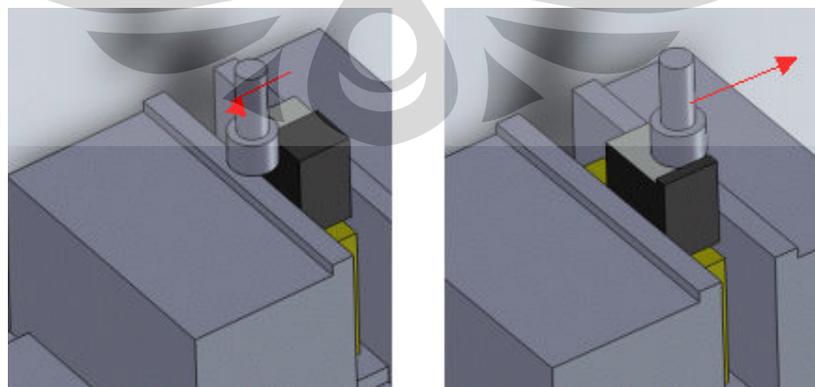
Gambar.3.31 Penentuan kedalaman pahat

3. Pemakanan pada arah sumbu y



Gambar.3.32 Pemakanan pada arah sumbu y

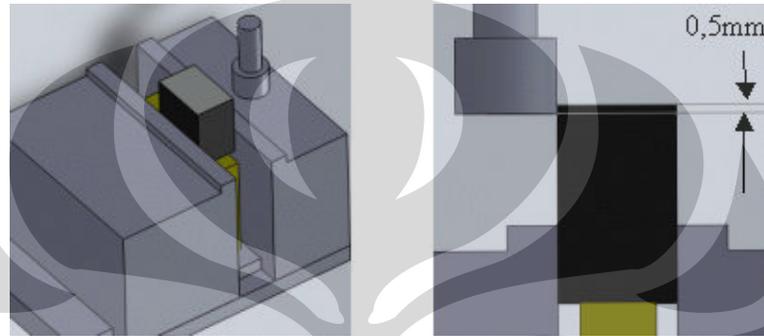
4. Pergerakan arah sumbu X dan pengulangan langkah 3



Gambar 3.33 Pergerakan arah sumbu X dan Pemakanan pada arah sumbu y

5. Pengulangan langkah 3 dan 4 kemudian kembali ke langkah 1

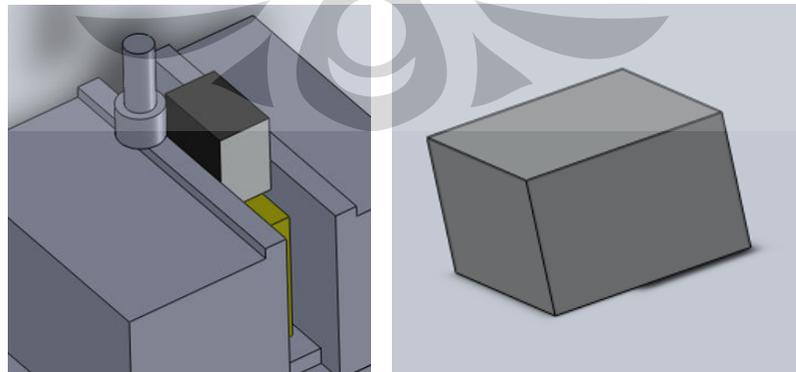
Langkah 3 dan 4 dilakukan terus menerus sampai seluruh sisinya telah difrais, setelah itu kedalaman pahat disesuaikan lagi untuk melakukan proses pemakanannya. Karena kelebihan material yang ingin difrais sebesar 2,5 mm sedangkan kedalaman pemakanan untuk setiap kali proses adalah 0,5mm maka langkah 1-5 diulang sebanyak 5 kali untuk mendapatkan dimensi yang sesuai.



Gambar.3.34 Pengulangan langkah 3 dan 4 kemudian kembali ke langkah 1

6. Pemutaran benda kerja dan pengulangan langkah 1-5

Saat salah satu bagian sisi telah selesai difrais, maka selanjutnya benda kerja diputar untuk mengefrais sisi yang lain dengan pengerjaan sama seperti langkah 1-5 dan seterusnya dilakukan kembali sampai semua sisi yang diinginkan selesai difrais. Pada hal ini perlu diperhatikan bahwa pada bagian/sisi yang nantinya memang akan dilakukan proses pengefraisan lebih lanjut, bagian sisinya tidak perlu di frais terlebih dulu.

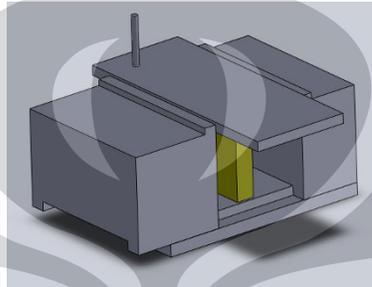


Gambar.3.35 Pemutaran raw material dan hasil pengefraisan sisi

3.7.4.5 Pembuatan base plate

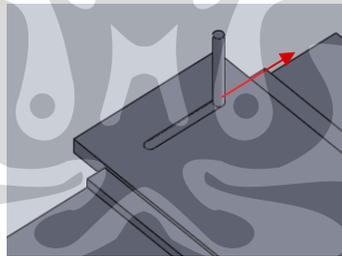
Pembuatan base plate dilakukan dengan terlebih dulu dilakukan pengefraisan sisi pada semua permukaannya, kemudian dilanjutkan dengan mengefrais permukaan bagian atas menggunakan pahat tipe *shell end-mill cutter* yang berukuran lebih kecil dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pemegangan benda kerja pada ragum dan penentuan posisi pahat awal.



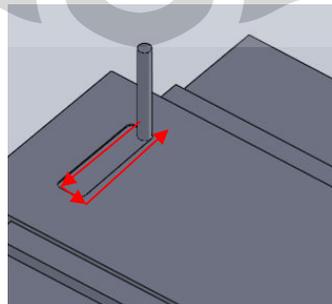
Gambar.3.36 Pemegangan benda kerja pada ragum

2. Pemakanan dengan kedalaman 1mm searah sumbu-Z kemudian digerakkan searah sumbu-Y



Gambar.3.37 Pemakanan ke arah sumbu Z

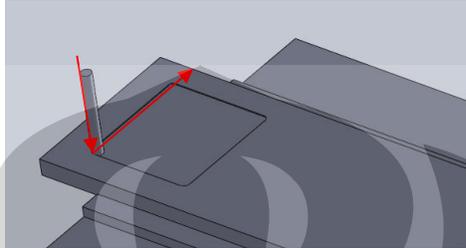
3. Pergerakan arah sumbu-X dan pemakanan arah sumbu-Y



Gambar.3.38 Pemakanan searah sumbu X dan Sumbu Y

4. Pengulangan langkah 3 dan pengulangan langkah 1-4

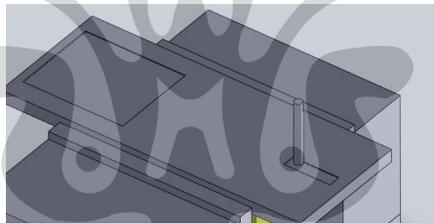
Langkah 3 dilakukan terus menerus sampai didapatkan dimensi yang diinginkan kemudian pahat dikembalikan ke posisi awal untuk melakukan pemakanan ke arah sumbu-Z lagi sampai mendapatkan kedalaman yang diinginkan.



Gambar.3.39 Pengulangan langkah 1-3

5. Pembuatan bidang kedua

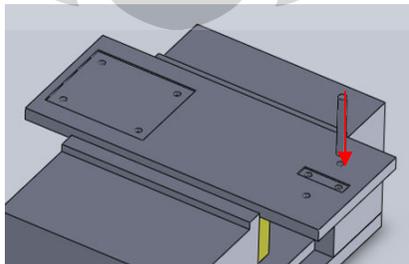
Pembuatan bidang kedua pada base plate dilakukan dengan cara yang sama dengan pembuatan bidang sebelumnya, yang berbeda hanya jarak pergerakan dari pahatnya saja.



Gambar.3.40 Pemakanan bidang kedua

6. Pembuatan lubang

Pembuatan lubang dilakukan dengan mengganti pahat ke ukuran yang sesuai dan melakukan pemakanan ke arah sumbu $_Z$

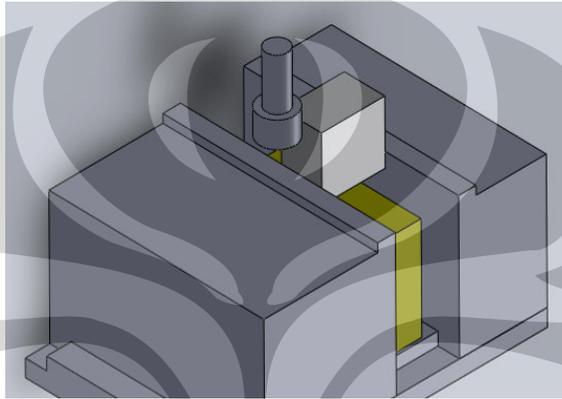


Gambar.3.41 Pembuatan lubang

3.7.4.6 Pembuatan locator atas

Pembuatan locator atas dilakukan dengan terlebih dulu dilakukan pengefraisan sisi pada semua permukaannya, kemudian dilanjutkan dengan pembentukan profil menyerupai huruf “L” dan kemudian mengefrais bagian silinder yang miring dan membuat lubang.

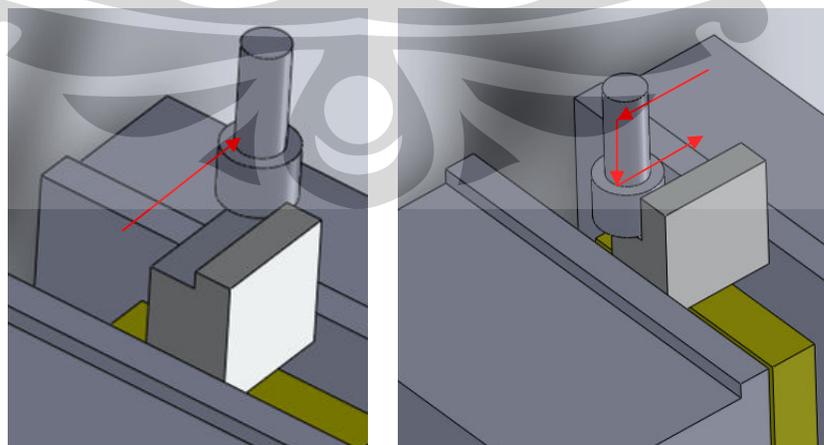
1. Pemegangan benda kerja pada ragum dan penentuan posisi pahat awal.



Gambar.3.42 Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi

2. Pembentukan profil huruf “L”

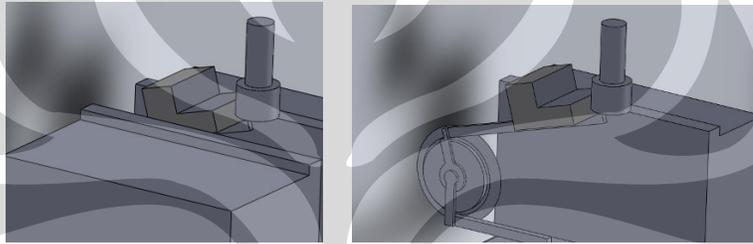
Pada pengerjaan ini, pahat yang telah ditentukan kedalamannya melakukan pemakanan ke arah sumbu-Y dan kemudian kembali ke posisi awal untuk melakukan pemakanan ke arah sumbu -Z . Hal ini secara terus menerus sampai diperoleh kedalaman yang sesuai



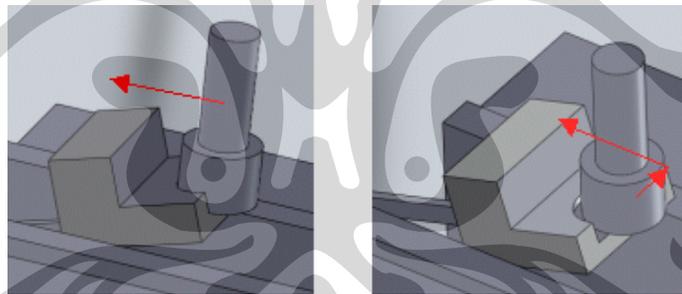
Gambar.3.43 Pembentukan profil huruf “L”

3. Pembentukan silinder miring

Pada pengerjaan ini, benda kerja yang telah menyerupai huruf “L” dipegang pada ragum dengan menggunakan bantuan bevel protactor untuk mendapatkan sudut yang sesuai baru kemudian pahat bergerak melakukan pemakanan searah sumbu-X sampai didapatkan kedalaman yang diinginkan. Pada pengerjaan ini, diameter pahat yang digunakan lebih kecil daripada diameter silinder, oleh karena itu pembentukan lubang silinder dilakukan dengan menggeser pahat ke arah sumbu-Y (positif dan negatif) sampai memperoleh diameter yang sesuai kemudian dilakukan pemakanan ke arah sumbu-X lagi.

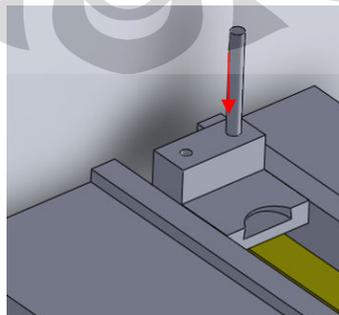


Gambar.3.44 pemegangan benda kerja pada ragum



Gambar.3.45 Pembentukan permukaan silinder miring

4. Pembentukan lubang

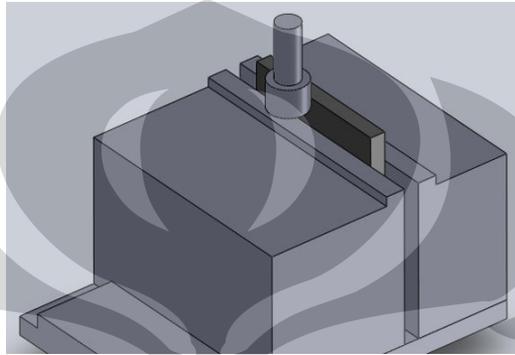


Gambar.3.46 Pembuatan lubang

3.7.4.7 Pembuatan flange penyangga

Pembuatan flange penyangga dilakukan dengan terlebih dulu dilakukan pengefraisan sisi pada semua permukaannya, kemudian dilanjutkan dengan pengefraisan ke arah dalam pada kedua sisinya dan membuat lubang.

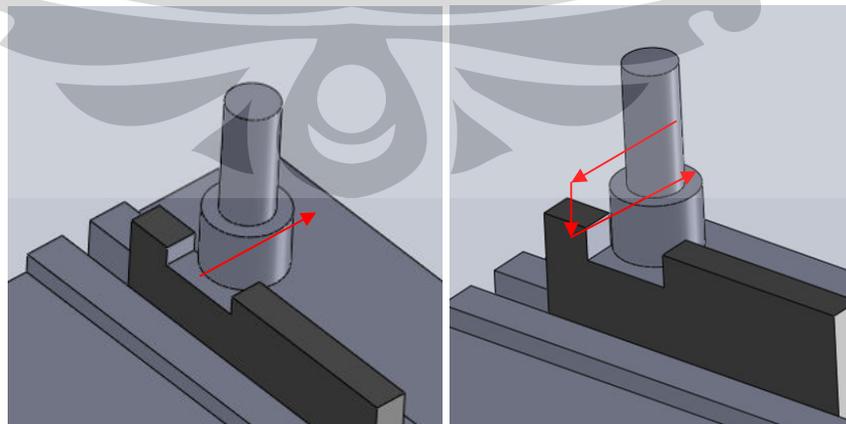
1. Pemegangan benda kerja pada ragum dan penentuan posisi pahat awal.



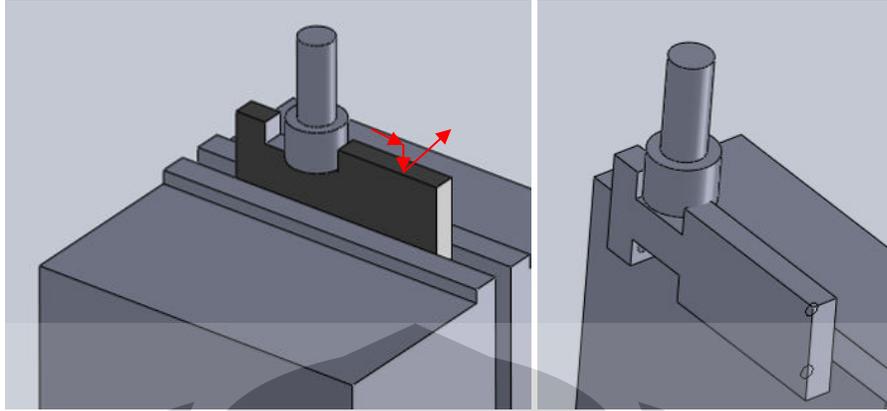
Gambar.3.47 Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi

2. Pemakanan pada kedua sisi benda kerja

Pada pengerjaan ini, pahat yang telah ditentukan kedalamannya melakukan pemakanan ke arah sumbu-Y dan kemudian kembali ke posisi awal untuk melakukan pemakanan ke arah sumbu-Z . Hal ini secara terus menerus sampai diperoleh kedalaman yang sesuai. Setelah itu benda kerja digerakkan sampai pahat berada pada posisi yang sesuai dan pengerjaan dilakukan kembali.

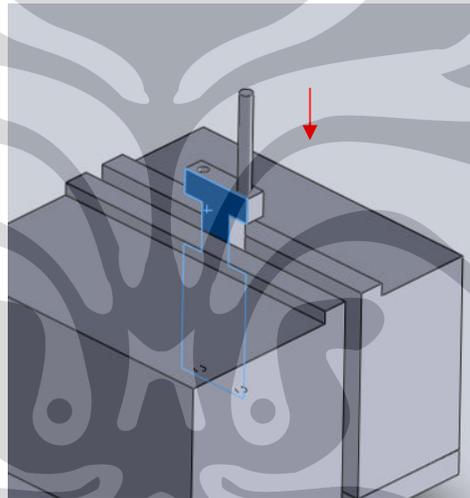


Gambar.3.48 Pemakanan sisi-1



Gambar.3.49 Pergeseran posisi pahat dan pemakanan sisi-2

3. Pembuatan lubang

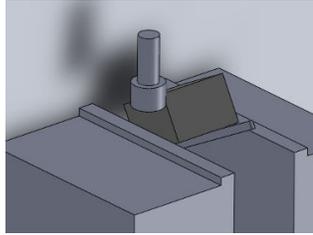


Gambar.3.50 Pembuatan lubang pada locator atas

3.7.4.8 Pembuatan locator miring

Pembuatan flange penyangga dilakukan dengan terlebih dulu dilakukan pengefraisan sisi pada semua permukaannya, kemudian dilanjutkan dengan pengefraisan membentuk sudut yang diinginkan, kemudian baru dilakukan pengefraisan untuk pembuatan permukaan silinder dan permukaan datar pada bagian bawahnya.

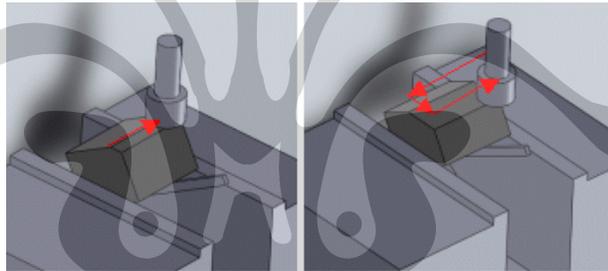
1. Pemegangan benda kerja pada ragum dan penentuan posisi pahat awal.



Gambar.3.51 Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi

2. Pemakanan arah sumbu-Y dan penambahan kedalaman pahat sedikit-demi sedikit terhadap sumbu Z.

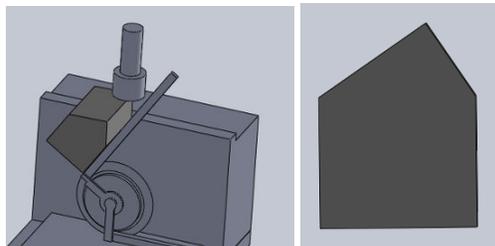
Pada langkah ini, pahat bergerak memakan ke arah sumbu Y dan kemudian kembali lagi ke posisi awal untuk menambah kedalaman pemakanan dan seterusnya hingga mencapai kedalaman yang diinginkan. Untuk membuat bidang datar, pergerakan arah sumbu-x juga diatur seperti pada saat melakukan pembubutan sisi.



Gambar.3.52 Pembuatan sisi miring pertama

3. Pembuatan sisi miring kedua

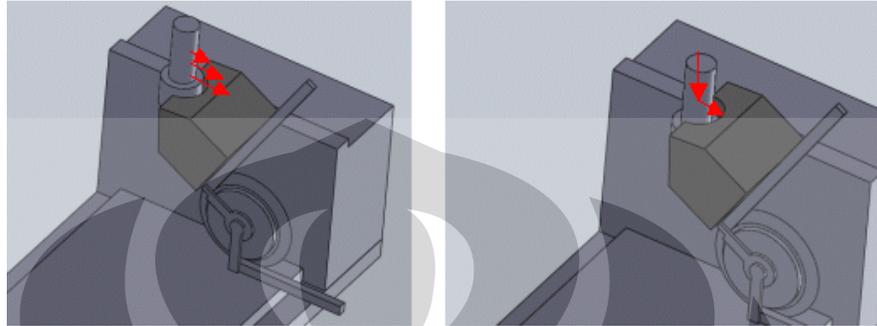
Pembuatan sisi miring kedua sama persis dengan langkah pembuatan sisi miring pertama, hanya perlu disesuaikan sudut pada saat pemegangannya saja dengan menggunakan bantuan bevel protactor.



Gambar.3.53 Pembuatan sisi miring kedua

4. Pembuatan permukaan silinder miring

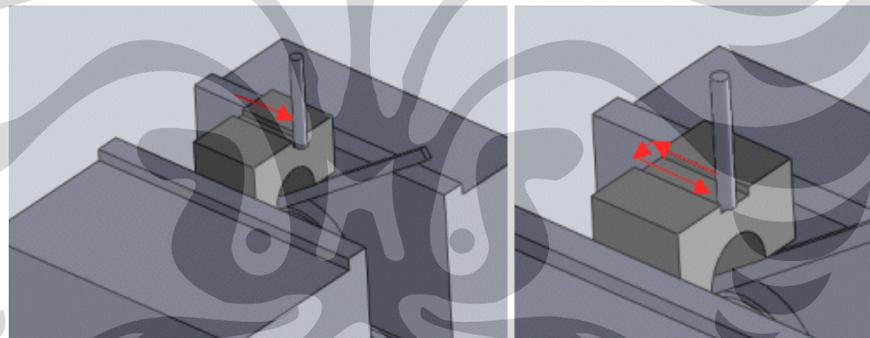
Pembuatan permukaan silinder miring pada bagian ini mirip pengerjaannya dengan pembuatan permukaan miring apada locator atas, hanya kedalaman permukaannya saja yang berbeda.



Gambar.3.54 Pembuatan permukaan silinder miring

5. Pembuatan permukaan datar pada bagian bawah

Langkah ini sama seperti pada saat melakukan pengefraisan sisi.

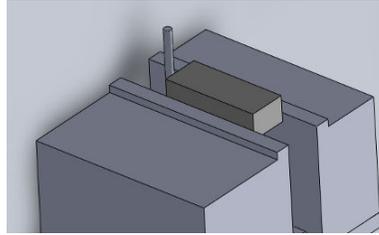


Gambar.3.55 Pembuatan permukaan datar

3.7.4.9 Pembuatan clamper

Pembuatan clamper dilakukan dengan terlebih dulu dilakukan pengefraisan sisi pada semua permukaannya, kemudian dilakukan pengefraisan untuk membuat alur lubang pada bagian ujungnya kemudian mengefrais bagian sisinya untuk membuat permukaan silinder sebagai pasangan dari permukaan silinder yang ada pada locator miring.

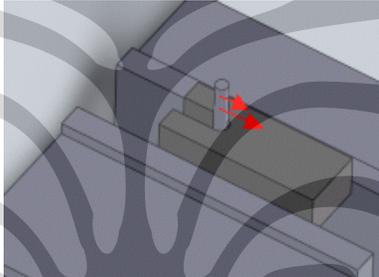
1. Pemegangan benda kerja pada ragum dan penentuan posisi pahat awal.



Gambar.3.56 Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi

2. Pemakanan arah sumbu-X untuk pembuatan alur lubang

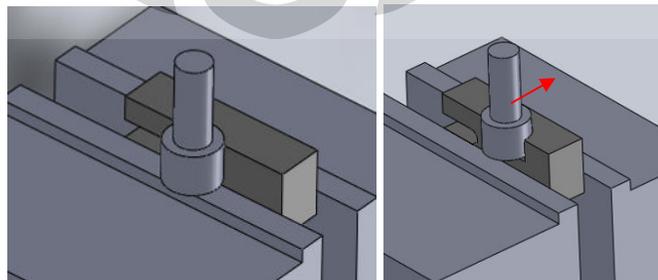
Pada proses ini, pahat yang dipergunakan diameternya disesuaikan sehingga gerakan pemakanan hanya pada sumbu-X saja dan tidak perlu diperlebar dengan menggerakannya ke arah sumbu-Y



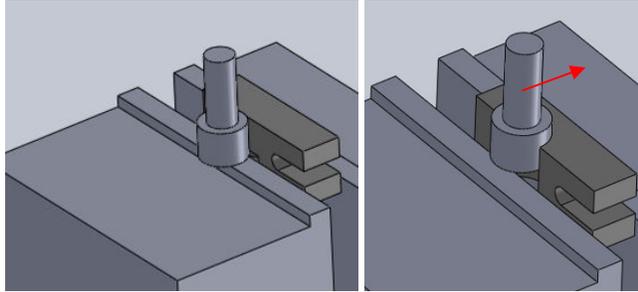
Gambar.3.57 Pemakanan secara perlahan untuk membuat alur lubang

3. Pembuatan permukaan silinder

Cara pembuatannya sama saja dengan pembuatan permukaan silinder yang lain, hanya saja prosesnya lebih mudah karena permukaan silinder tegak lurus terhadap pahatnya, namun karena kesulitan dalam pemegangannya, maka benda kerja harus dibalik agar seluruh permukaan dapat di frais.



Gambar.3.58 Pembuatan bidang silinder pada sisi 1

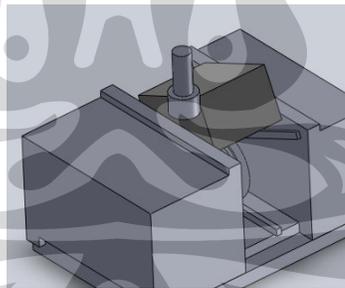


Gambar.3.59 Pemutaran benda kerja dan pembuatan bidang silinder pada sisi 2

3.7.4.10 Pembuatan locator bawah

Pembuatan locator bawah dilakukan dengan terlebih dulu dilakukan pengefraisan sisi pada semua permukaannya, kemudian dilanjutkan dengan pengefraisan membentuk sudut yang diinginkan. Pada permukaan yang miring tersebut dilakukan pengefraisan ke arah dalam kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengefraisan untuk pembuatan permukaan silinder seperti pada pembuatan locator atas.

1. Pemegangan benda kerja pada ragum dan penentuan posisi pahat awal.

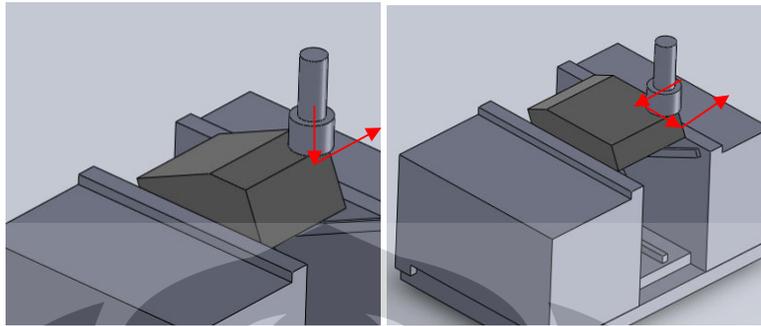


Gambar.3.60 Pemegangan benda kerja hasil pembubutan sisi

2. Pemakanan arah sumbu-Y dan penambahan kedalaman pahat sedikit-demi sedikit terhadap sumbu Z.

Pada langkah ini, pahat bergerak memakan ke arah sumbu Y dan kemudian kembali lagi ke posisi awal untuk menambah kedalaman pemakanan dan seterusnya hingga mencapai kedalaman yang diinginkan.

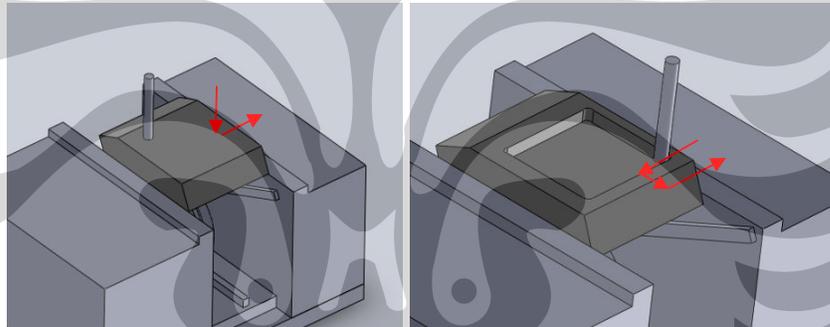
Untuk membuat bidang datar, pergerakan arah sumbu-x juga diatur seperti pada saat melakukan pembubutan sisi.



Gambar.3.61 Pembuatan sisi miring pada locator bawah

3. Pemakanan ke arah dalam pada bagian sisi miring

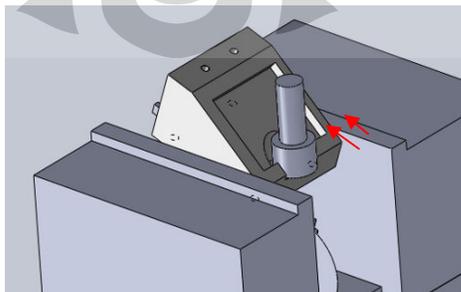
Pergerakan pahat pada proses ini seperti pergerakan pahat pada waktu mengerjakan pengefraisan sisi.



Gambar.3.62 Pemakanan ke arah dalam pada locator bawah

4. Pembuatan permukaan silinder miring

Pembuatan permukaan silinder miring pada locator bawah ini sama persis dengan pembuatan permukaan silinder miring pada locator atas



Gambar 3.63 Pembuatan permukaan silinder miring pada locator bawah

3.8 Hasil Akhir

Gambar-gambar berikut ini menunjukkan hasil akhir dari jig yang telah dibuat serta penempatan sample yang akan dilas dengan menggunakan bantuan jig tersebut.



Gambar 3.64 Jig dalam kondisi clamper terbuka dan tertutup



Gambar 3.65 Penempatan batang depan dan batang tengah pada jig



Gambar 3.66 Penempatan engsel dan batang tengah pada jig



Gambar 3.67 Hasil sampel

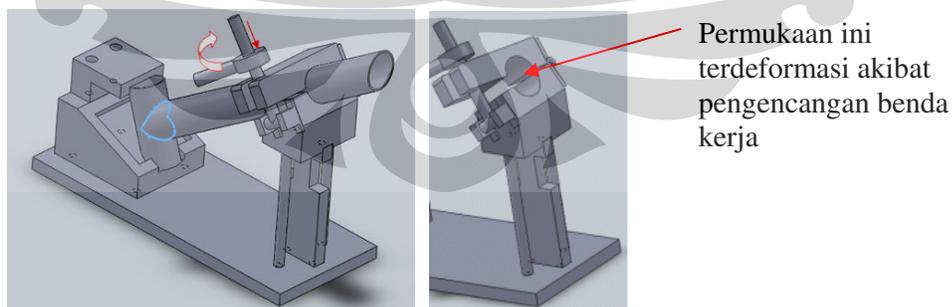
3.9 Uji Kekerasan, Uji Keausan dan Uji Fatik

Seperti dijelaskan pada batasan masalah pada bab 1 bahwa jig ini masih dalam bentuk prototipe dan untuk mengimplementasikannya dalam penggunaan sebenarnya perlu dilakukan beberapa macam pengujian terutama terhadap ketahanan dari material jig terhadap gaya-gaya yang bekerja untuk memastikan jig tidak akan terdeformasi ketika proses berlangsung sehingga mengakibatkan terjadinya error yang lebih besar terhadap benda kerjanya.

3.9.1 Uji Kekerasan

Pengujian ini perlu dilakukan terhadap material dari jig untuk memastikan bahwa material yang dipakai tidak akan mengalami deformasi plastis akibat gaya penekanan yang bekerja sehingga dimensi dari jig akan selalu tetap dan tidak menyebabkan error pada benda kerjanya.

Pada proses pengencangan dalam penggunaan jig, benda kerja harus dijepit secara sempurna untuk menghilangkan derajat kebebasan pergerakannya. Pada proses pengencangan ini, ada bagian dari permukaan jig yang mengalami gaya penekanan oleh benda kerja akibat proses pengencangan tersebut. Jika tingkat kekerasan jig lebih kecil dari tingkat kekerasan benda kerjanya tersebut, ada kemungkinan permukaan dari jig tersebut akan mengalami deformasi plastis yang secara langsung akan mempengaruhi hasil akhir dari benda kerja yang dibuat.

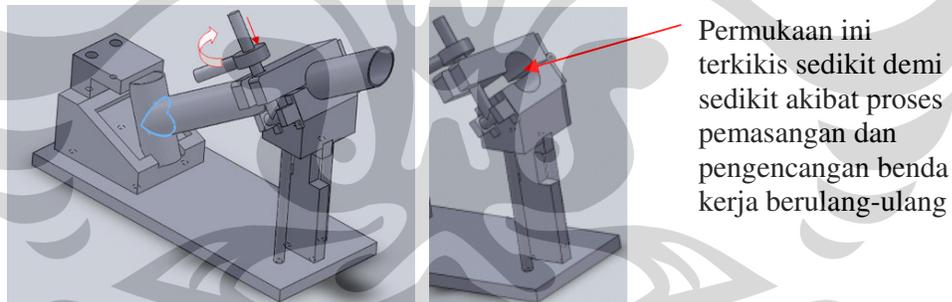


Gambar 3.68 Deformasi akibat gaya penekanan

3.9.3 Uji Keausan

Uji ketahanan aus perlu dilakukan pada komponen dari jig terutama pada bagian yang bergesekan langsung pada benda kerjanya untuk mengetahui laju keausan pada komponen tersebut. Jika kita tidak mengetahui laju keausannya, lama-kelamaan permukaan dari jig akan semakin tidak sesuai dari yang seharusnya dan akan menyebabkan terjadinya error pada benda kerja.

Keausan yang terjadi pada jig ini yaitu keausan abrasif yaitu dimana permukaan benda kerja yang secara berulang-ulang bersentuhan dan bergesekan dengan permukaan jignya lama-kelamaan akan membuat material pada permukaan jig menjadi terkikis. Uji keausan dilakukan untuk mengetahui kecepatan/laju keausan dari pengikisan tersebut sehingga kita bisa mengetahui ketepatan waktu penggantian/penyesuaian ulang dari komponen jig yang bersangkutan yaitu jika kadar pengikisannya telah melewati batas toleransi yang diberikan sehingga jig tidak mampu lagi menahan derajat kebebasan pergerakan yang ada.

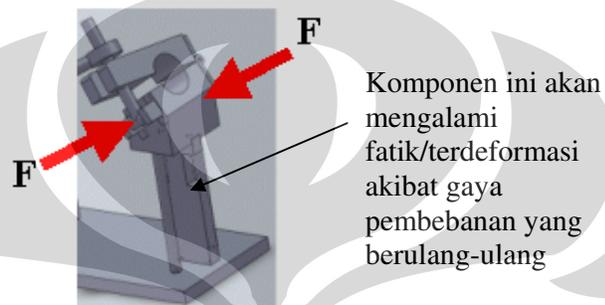


Gambar 3.69 Pengikisan pada permukaan jig

3.9.3 Uji Fatik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui umur pakai dari material akibat pembebanan yang berulang-ulang sebelum terjadinya kegagalan (dapat berupa crack atau deformasi), setelah diketahui umur fatik dari komponen yang diuji, kita dapat melakukan penggantian/penyesuaian ulang terhadap komponen jig tersebut agar jig yang dipakai selalu memiliki dimensi sesuai yang diharapkan.

Pada sub-bab 3.5 sebelumnya telah dijelaskan bahwa bagian yang paling kritikal dari jig ini adalah pada bagian flange penyangga yang akan menerima gaya penyusutan akibat proses pengelasan secara berulang-ulang. Jika kita tidak mengetahui umur fatik dari komponen ini baik melalui pengujian langsung ataupun menggunakan perhitungan, lama-kelamaan dimensi jig akan mengalami penyimpangan/deformasi plastis yang juga akan berakibat terjadinya error pada seluruh benda kerja yang diproduksi di jig tersebut.



Gambar 3.70 Gaya penyebab fatik pada flange penyangga

BAB IV

PENGAMBILAN DATA DIMENSI JIG DAN SAMPEL MENGUNAKAN CMM

4.1 Prosedur Penggunaan CMM

Mesin pengukur koordinat (Coordinate Measuring Machine-CMM) merupakan alat untuk mengukur dimensi baik jarak maupun sudut suatu benda berdasarkan koordinat bidang yang terdapat pada benda tersebut [6]. Pada penelitian ini mesin yang digunakan adalah “Mitutoyo-Crysta Plus M443” yang terdapat pada Laboratorium Metrologi Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia dengan langkah penggunaan sebagai berikut:

1. Menyalakan kompresor

Mesin CMM *Crysta Plus M443* bekerja dengan menggunakan prinsip pneumatik agar tidak ada gesekan yang terjadi ketika mesin tersebut digerakkan, oleh karena itu langkah awal untuk melakukan pengukuran menggunakan CMM ini adalah dengan menyalakan kompresor menggunakan panel yang terdapat pada ruang “CNC PRODUCTION WORKSHOP- Lantai.1 DTM FTUI).



Gambar 4.1. Ruang dan Panel untuk menyalakan kompresor

- Menyiapkan mesin dan perlengkapannya.

Setelah kompresor dinyalakan, selanjutnya nyalakan mesin CMM beserta kelengkapannya dengan urutan menyalakan Air Dryer terlebih dulu, kemudian menyalakan UPS dan komputer.



Gambar 4.2 Air Dryer, CPU dan UPS

- Melakukan setting'an awal pada mesin.

Setelah komputer dinyalakan, maka akan muncul tampilan berikut pada layar komputer.



Gambar 4.3 Tampilan awal

Selanjutnya klik “OK” dan akan muncul tampilan seperti berikut:



Gambar 4.4 Tampilan lampu merah

Berdasarkan tampilan tersebut, harus dilakukan pengecekan pada setiap sumbu pergerakan CMM satu persatu dengan cara menggerakannya secara manual (misal: geser panel sumbu Z ke sebelah kanan dan gerakkan CMM ke arah sumbu Z sampai lampu berubah hijau)



Gambar 4.5 Panel pengontrol pergerakan CMM

Setelah melakukan langkah tersebut, satu-persatu tampilan lampu pada layar komputer akan berubah menjadi hijau. Hal ini harus dilakukan sampai ketiga lampu telah menjadi hijau yang berarti ketiga sumbu pergerakan telah berfungsi dengan baik.



Gambar 4.6 Tampilan lampu berubah hijau

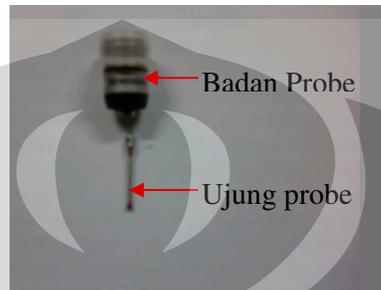
Setelah ketiga lampu menyala hijau otomatis pada layar akan muncul tampilan seperti berikut yang menunjukkan koordinat mesin pada saat itu yang berarti juga mesin telah siap digunakan.



Gambar 4.7 Tampilan koordinat probe

4. Penentuan dan pemasangan probe.

Pengukuran pada mesin ini menggunakan sensor mekanik yang dinamakan probe. Probe ini terdiri dari 2 bagian yaitu ujung probe yang berfungsi sebagai sensor dan dapat diganti-ganti sesuai dengan kebutuhan serta badan probe yang akan dipasang pada mesin menggunakan daya magnetis.



Gambar 4.8 Probe

Setelah menentukan ujung probe yang akan digunakan, selanjutnya kita pasang ujung probe tersebut pada badan probe dan selanjutnya memasangkannya pada bagian ujung mesin CMM. Pemasangan ini menggunakan daya tarik magnet namun badan probe harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga penempatannya pas dan tidak bergoyang (pada ujung mesin dan badan probe terdapat simbol yang bisa dicocokkan untuk memastikan tidak ada kesalahan dalam pemasangannya).

Perlu diperhatikan bahwa pada bagian belakang ujung mesin CMM ini juga terdapat knop pengaturan pembacaan sensor, jika knop dinaikkan keatas, maka sensor akan membaca/mencatat koordinat yang disentuh oleh ujung probe, sedangkan jika knop diturunkan kebawah, maka sensor tidak akan mencatat koordinat apapun walupun ujung probe bersentuhan dengan benda kerja. Knop ini biasanya digunakan (posisi turun ke bawah) jika ingin mengganti probe ataupun merubah sudut pemakaian dari probe tersebut.



Gambar 4.9 Pemasangan probe

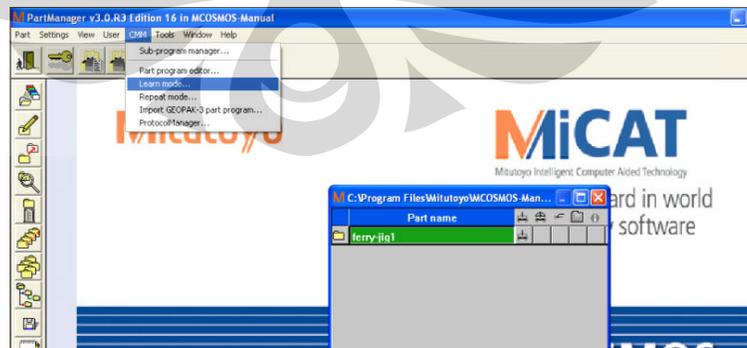
5. Memasuki menu pengukuran (MCOSMOS v3.0 –Manual)

Setelah melakukan pemasangan probe selanjutnya beralih pada layar komputer untuk memasuki menu pengukuran. Langkah awal yang dilakukan yaitu memilih icon MCOSMOS v3.0 –Manual yang terdapat pada layar dekstop.



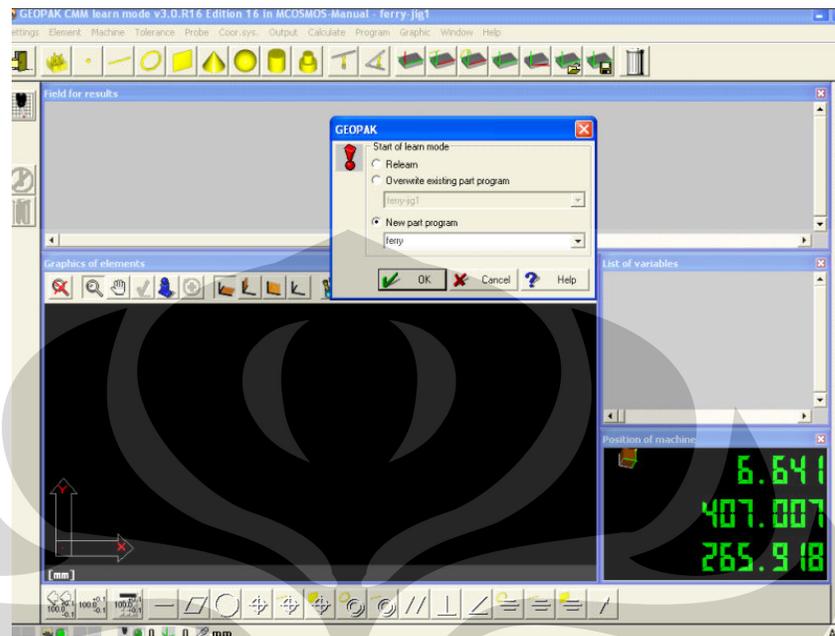
Gambar 4.10 Pemilihan MCOSMOS v3.0 –Manual yang terdapat pada layar dekstop

Selanjutnya pilih menu CMM dan klik “learn Mode”



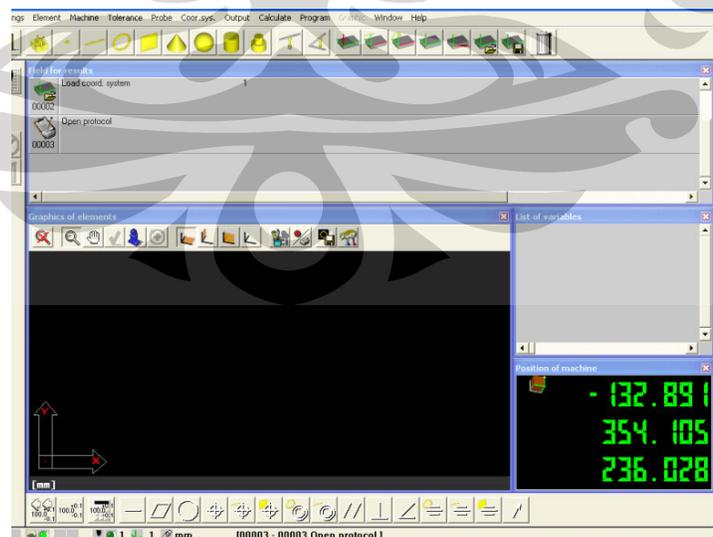
Gambar 4.11 Pemilihan menu CMM

Setelah tampilan berikut muncul, tentukan nama part yang akan diukur dan klik “OK”.



Gambar 4.12 Penentuan nama part yang akan diukur

Selanjutnya akan muncul tampilan berikut yang menandakan pengukuran sudah siap dilakukan (jika probe telah dikalibrasi terlebih dulu pada pemakaian sebelumnya jadi tidak perlu melakukan pengkalibrasian ulang, cukup memanggil datanya dari arsip yang tersedia)



Gambar 4.13 Tampilan layar pengukuran

6. Pengkalibrasian posisi probe yang akan dipakai.

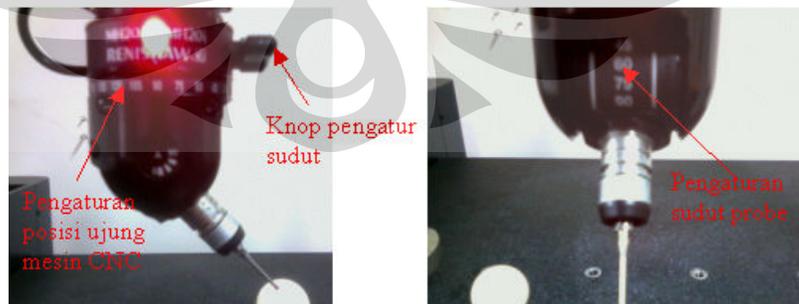
Sebelum melakukan pengukuran, terlebih dulu harus dikalibrasi seluruh pemosisian probe yang akan dipakai. Hal ini dilakukan karena tidak semua permukaan benda bisa dijangkau menggunakan probe dengan posisi lurus ke bawah. Jika probe tidak dikalibrasi, maka akan terdapat error pada pembacaan koordinat benda karena posisi ujung probe yang berubah-ubah.

Untuk melakukan kalibrasi, terlebih dulu tempatkan masterball pada salah satu lubang yang terdapat pada meja pengukuran. Masterball ini berfungsi sebagai patokan dalam menentukan koordinat pengkalibrasian probe.



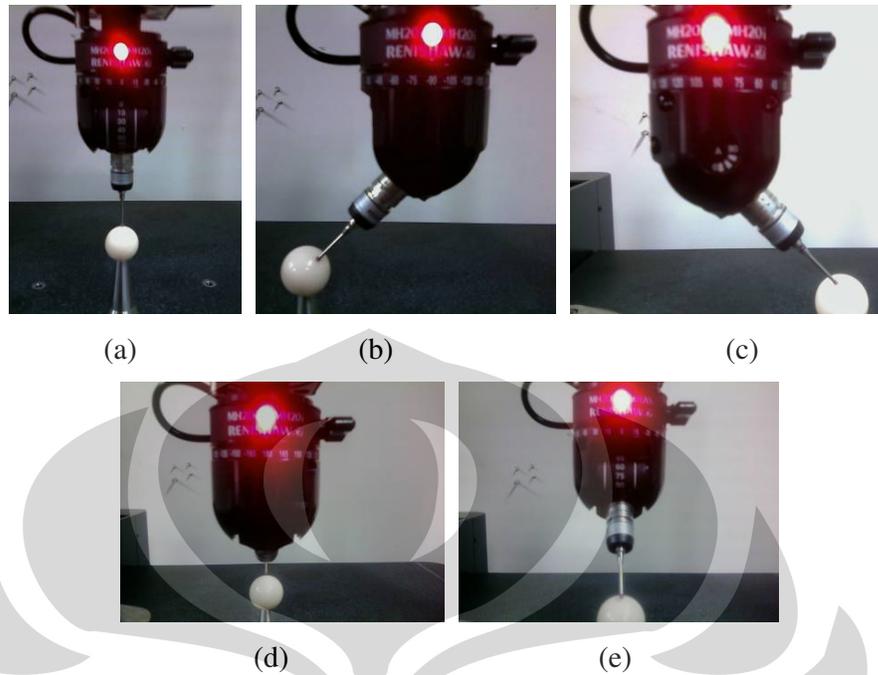
Gambar 4.14 Pemasangan masterball pada meja pengukuran

Selanjutnya tentukan posisi probe yang akan dikalibrasi, pengaturan posisi probe dapat dilakukan dengan menurunkan knop yang terdapat disamping ujung mesin CMM sementara pengaturan sudutnya dilakukan secara manual dengan memutar kepala ujung mesin CMM atau menggerakkan ujung probenya dan kemudian knop dinaikan kembali untuk pengencangan.



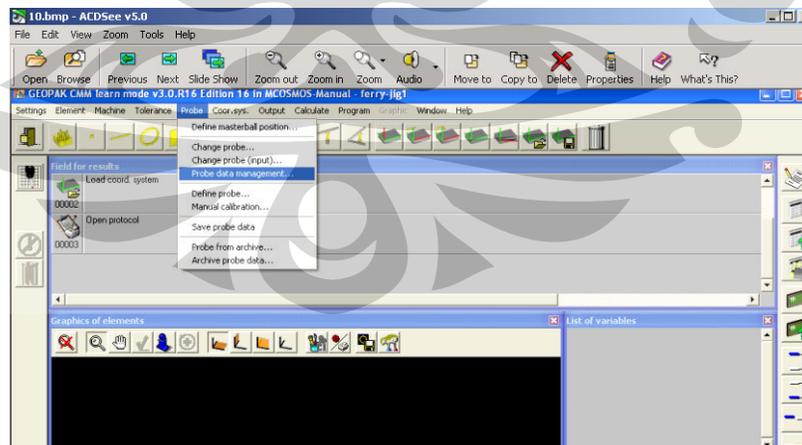
Gambar 4.15 Pengaturan posisi probe

Pada penelitian ini, ada 5 buah posisi probe yang digunakan sebagai berikut:



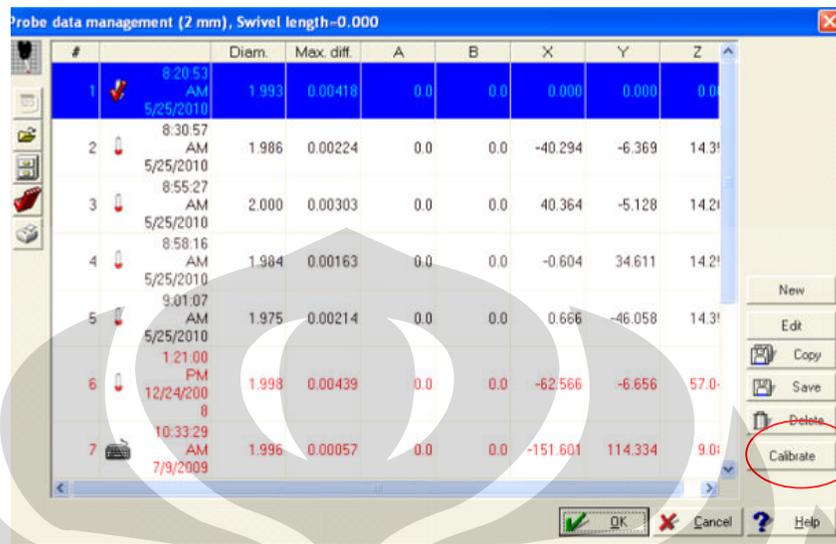
Gambar 4.16 (a) Posisi probe lurus ke bawah, (b) Posisi probe 45° ke arah kiri, (c) Posisi probe 45° ke arah kanan, (d) Posisi probe 45° ke arah belakang, (e) Posisi probe 45° ke arah depan

Untuk memulai pengkalibrasian pertama-tama posisikan dulu probe yang akan dikalibrasi (misal posisi a) selanjutnya pilih menu probe dan klik “probe data management”.



Gambar 4.17 Probe data management

Setelah tampilan berikut muncul, pilih no probe yang dikalibrasi (misal: probe dengan posisi a merupakan probe no.1) dan klik “calibrate”.



Gambar 4.18 Pemilihan nomor probe yang akan dikalibrasi

Selanjutnya tentukan titik pengkalibrasian probe terhadap masterball kemudian klik “OK” dan kemudian sentuhkan ujung probe terhadap masterball sebanyak jumlah yang telah ditentukan maka proses pengkalibrasian telah selesai.



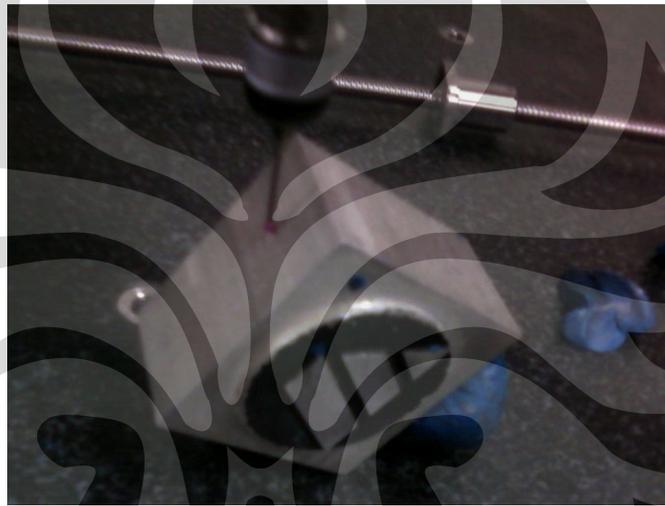
Gambar 4.19 Penentuan jumlah titik pengkalibrasian

Lakukan langkah pengkalibrasian tersebut untuk posisi lainnya dengan merubah nomor dari probenya jadi ketika melakukan pengukuran dan ingin merubah posisi probe maka dapat dipanggil data pengkalibrasian

yang telah dibuat tersebut sehingga tidak terdapat kesalahan pembacaan data pada mesin.

7. Pemosisian benda kerja yang akan diukur

Langkah terakhir persiapan sebelum melakukan pengukuran adalah menentukan posisi benda kerja yang akan diukur. Yang paling penting dari langkah ini yaitu agar benda kerja tidak bergerak selama dilakukan pengukuran dan bidang yang ingin diukur pada benda kerja dapat dijangkau dengan mudah oleh ujung probe.



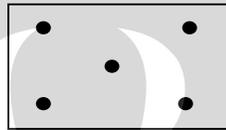
Gambar 4.20 Pemosisian benda kerja pada meja pengukuran

8. Lakukan pengukuran

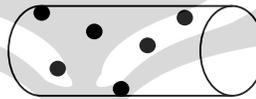
4.2 Data hasil pengukuran jig menggunakan CMM

Untuk mengetahui tingkat kepresisiannya, pada penelitian ini jig yang telah selesai dibuat diukur menggunakan bentuan dari CMM (Coordinate measuring machine). Pada pengukuran ini ada beberapa parameter pengukuran yang ditentukan dulu sebelumnya diantaranya:

- Pengukuran bidang ditentukan dengan 4-5 titik

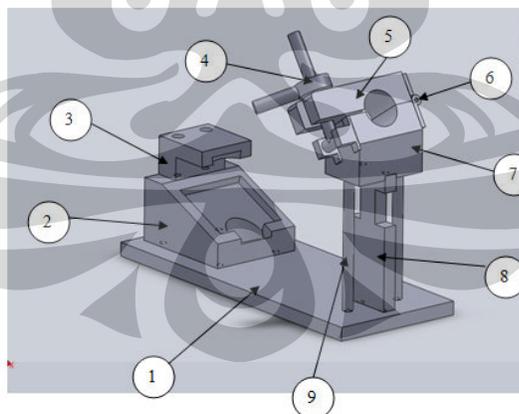


- Pengukuran Silinder ditentukan dengan minimal 6 titik



- Pengukuran titik ditentukan dengan 1 titik pada suatu bidang tertentu.
- Pengukuran jarak dilakukan dengan mengukur jarak antar titik atau mengukur jarak antara titik dengan bidang.

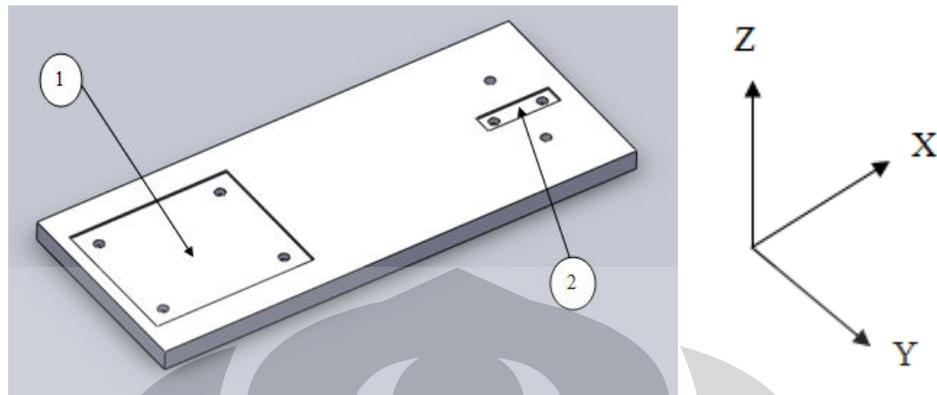
Berdasarkan parameter-parameter diatas dapat ditentukan kepresisian dari masing-masing bagian jig yang diperlukan sebagai berikut:



- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. Base plate | 6. Engsel |
| 2. Locator bawah | 7. Locator miring |
| 3. Locator atas | 8. Flange penyangga |
| 4. Toggle clamp | 9. Supporting as |
| 5. Clamper | |

Gambar 4.21 Desain akhir jig dan komponen-komponennya

1. BASE PLATE



Gambar 4.22 Pengukuran base plate

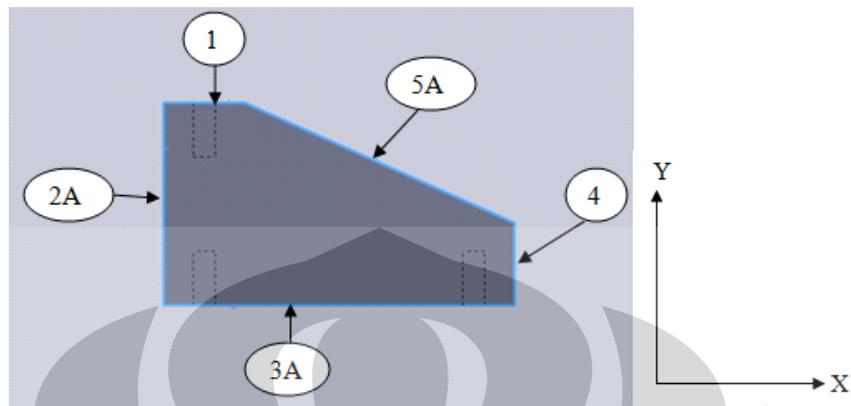
bidang	titik	X	Y	Z
1	1	6	99	-30
	2	4	32	-30
	3	-112	27	-34
	4	-107	120	-27
	5	5	98	-30
2	1	204	68	-32
	2	229	65	-31
	3	203	63	-32
	4	218	68	-32
	5	230	69	-32

Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2	0 ⁰ :17:53	0 ⁰ :00:00

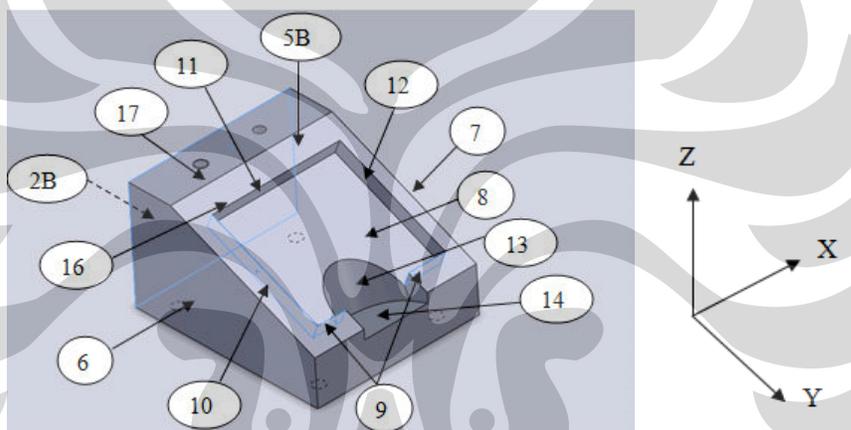
2. LOCATOR BAWAH

Untuk melakukan pengukuran seluruh bidang pada locator bawah, perlu dilakukan perubahan posisi benda pada saat pengukuran. Dalam pengukuran ini dilakukan 3 kali pemosisian benda untuk mengukur bidang-bidang yang diperlukan, sementara itu untuk beberapa bidang yang perlu dilakukan pengukuran ulang pada pemosisian berikutnya diberikan notasi A,B, dan seterusnya (misal 1A, 1B, dst).

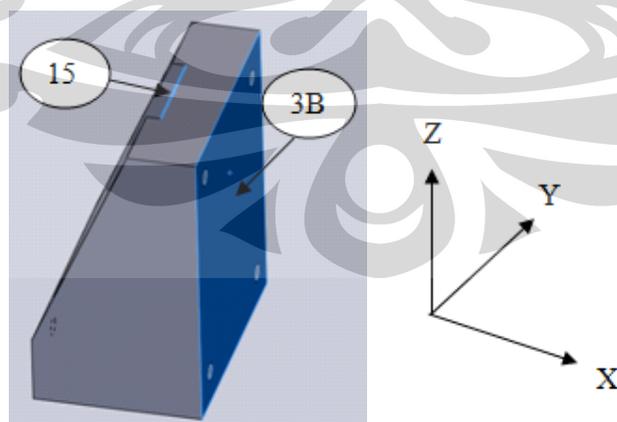
1. Posisi 1



2. Posisi 2



3. Posisi 3



Gambar 4.23 Pengukuran locator bawah posisi 1, posisi 2 dan posisi 3

bidang	titik	X		Y		Z	
		A	B	A	B	A	B
1	1	27	13	87	120	-16	32
	2	45	-3	87	113	-13	32
	3	97	17	85	40	22	28
	4	27	1	83	40	51	28
	5	40	8	83	82	51	30
2	1	19	-8	71	128	49	24
	2	19	-5	75	125	-13	--21
	3	18	-7	18	39	-17	-24
	4	19	-7	15	36	35	12
	5	19	-8	52	85	6	-6
3	1	91	71	7	62	39	81
	2	139	66	7	-6	35	76
	3	39	68	10	75	-19	17
	4	790	71	9	65	-14	35
	5	92	65	8	4	6	-29
4	1	150		36		-27	
	2	150		19		-26	
	3	150		32		53	
	4	150		10		54	
	5	150		24		9	
5	1	59	27	83	139	-25	51
	2	56	117	81	47	39	-14
	3	108	33	57	62	55	24
	4	193	31	44	129	-16	38
	5	91	115	64	120	51	-9
6	1	110		27		-19	
	2	29		24		11	
	3	1		24		5	
	4	12		26		-32	
	5	102		27		-39	
7	1	14		138		-17	
	2	4		136		18	
	3	28		136		28	
	4	47		138		-11	
	5	93		139		-21	
8	1	47		122		10	
	2	87		125		-7	
	3	89		56		-11	
	4	48		66		6	
	5	64		96		1	

bidang	titik	X	Y	Z
9	1	108	119	-8
	2	105	119	-13
	3	08	54	-11
	4	106	57	-16
10	1	81	33	26
	2	85	32	19
	3	125	34	11
	4	128	34	25
11	1	34	121	19
	2	35	112	19
	3	37	70	19
	4	37	50	18
12	1	58	126	13
	2	55	126	8
	3	65	127	7
	4	79	127	3
13	1	83	96	-9
	2	93	100	-20
	3	92	63	-13
	4	79	88	-8
	5	84	89	-23
	6	79	59	-9
14	1	147	87	-11
	2	151	68	-10
	3	137	89	-14
	4	157	66	-8
15	1	32	75	50
16	1	37	75	23
17	1	23	75	29

Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya	Posisi
1	2A	89 ⁰ :52:35	90 ⁰ :00:00	1
2A	3A	89 ⁰ :55:46	90 ⁰ :00:00	
3A	4	90 ⁰ :13:05	90 ⁰ :00:00	
2A	4	*130.426 mm	*130 mm	
1	5A	155 ⁰ :54:51	156 ⁰ :00:00	
2B	6	90 ⁰ :04:01	90 ⁰ :00:00	2
6	7	0 ⁰ :04:07	0 ⁰ :00:00	
5B	8	179 ⁰ :58:41	180 ⁰ :00:00	
10	6	0 ⁰ :26:28	0 ⁰ :00:00	
11	12	89 ⁰ :56:55	90 ⁰ :00:00	
9	11	1 ⁰ :59:41	0 ⁰ :00:00	
16	17	*15.891 mm	*15.464 mm	
13	14	89 ⁰ :37:35	90 ⁰ :00:00	
14	3B	19 ⁰ :59:30	20 ⁰ :00:00	
15	3C	*24.506 mm	*25.447 mm	3

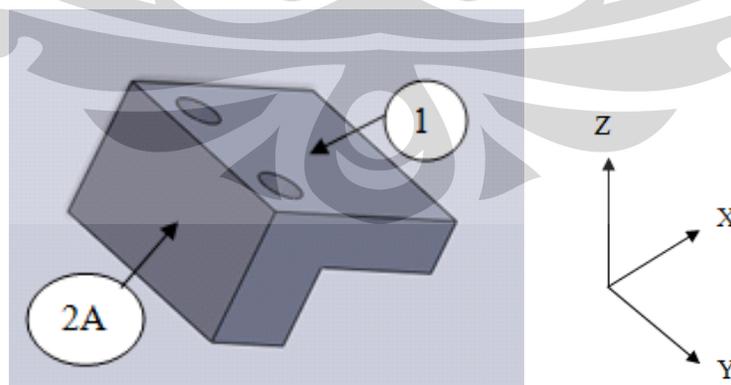
Keterangan:

* = pengukuran jarak

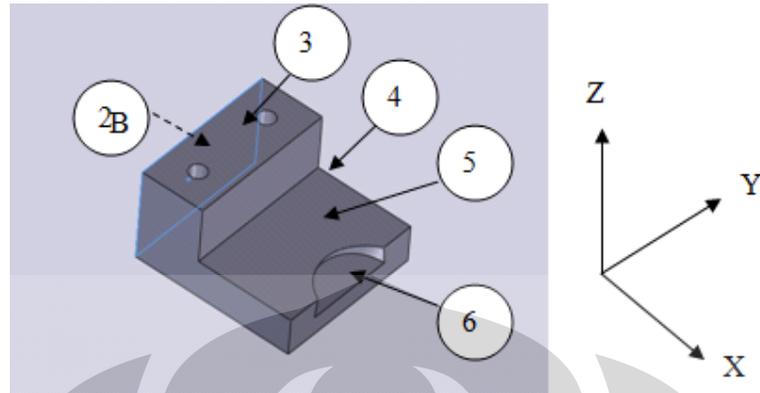
3. LOCATOR ATAS

Dalam pengukuran locator atas ini dilakukan 2 kali pemosisian benda untuk mengukur bidang-bidang yang diperlukan, sementara itu untuk beberapa bidang yang perlu dilakukan pengukuran ulang pada pemosisian berikutnya diberikan notasi A,B, dan seterusnya.

1. Posisi 1



2. Posisi 2



Gambar 4.24 Pengukuran locator atas posisi 1 dan posisi 2

bidang	titik	X		Y		Z	
		A	B	A	B	A	B
1	1	7		47		-23	
	2	41		15		-3	
	3	42		0		-4	
	4	6		-3		-26	
	5	29		9		-11	
2	1	66	6	47	64	1	-8
	2	80	8	48	12	-22	-13
	3	79	12	-4	17	-27	-37
	4	63	10	-7	56	-1	-30
	5	71	9	18	37	-10	-23
3	1	14		66		0	
	2	31		58		2	
	3	35		14		0	
	4	12		24		-2	
	5	22		37		0	
4	1	13		-1		-8	
	2	19		0		-25	
	3	40		1		-36	
	4	33		0		-10	
	5	83		2		-25	
5	1	79		67		-12	
	2	60		64		-19	
	3	62		6		-23	
	4	83		6		-19	
	5	69		35		-20	
6	1	89		54		-24	
	2	87		24		-26	
	3	76		37		-24	
	4	86		37		-25	
	5	82		44		-25	

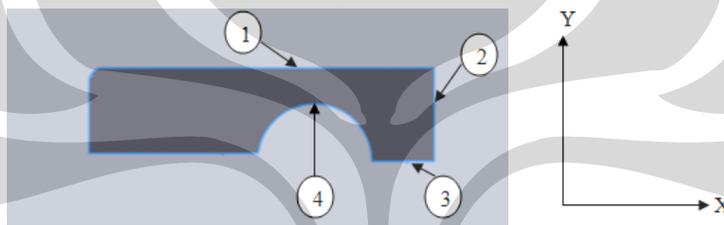
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya	Posisi
1	2A	90 ⁰ :03:25	90 ⁰ :00:00	1
2B	3	89 ⁰ :46:20	90 ⁰ :00:00	2
3	5	0 ⁰ :03:32	0 ⁰ :00:00	
5	6	19 ⁰ :40:45	20 ⁰ :00:00	
6	4	*34.924 mm	*35mm	

Keterangan:

* = pengukuran jarak

4. CLAMPER

Pada pengukuran clamper hanya perlu dilakukan 1 kali pemosisian benda untuk mengukur seluruh bidang yang diperlukan.



Gambar 4.25 Pengukuran Clamper

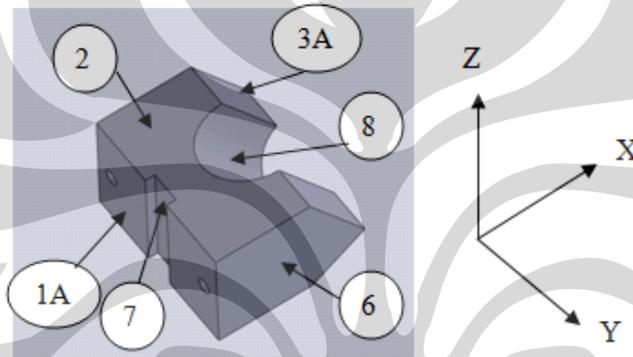
bidang	titik	X		Y		Z	
		A	B	A	B	A	B
1	1	38		86		-26	
	2	44		86		-15	
	3	72		84		2	
	4	119		83		0	
	5	123		83		29	
2	1	12		82		2	
	2	11		66		2	
	3	11		84		-13	
	4	12		83		-25	
	5	11		72		2	
3	1	84		49		1	
	2	133		47		-5	
	3	131		49		-33	
	4	81		51		-29	
	5	100		50		-24	
4	1	55		70		-4	
	2	67		67		-4	
	3	44		66		-6	
	4	55		70		-18	
	5	75		60		-20	
	6	39		60		-20	

Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2	$90^{\circ}:10:03$	$90^{\circ}:00:00$
2	3	$89^{\circ}:46:43$	$90^{\circ}:00:00$
2	4	$179^{\circ}:39:40$	$180^{\circ}:00:00$

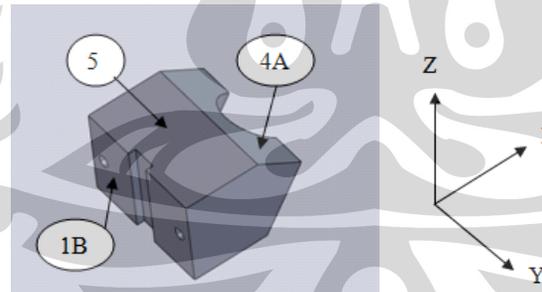
5. LOCATOR MIRING

Dalam pengukuran locator miring ini dilakukan 3 kali pemosisian benda untuk mengukur bidang-bidang yang diperlukan, sementara itu untuk beberapa bidang yang perlu dilakukan pengukuran ulang pada pemosisian berikutnya diberikan notasi A,B, dan seterusnya

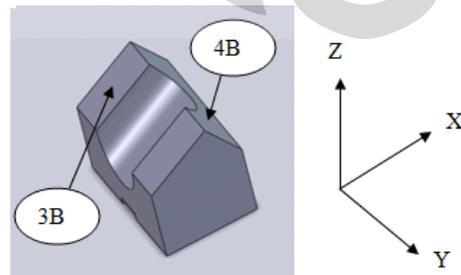
1. Posisi 1



2. Posisi 2



3. Posisi 3



Gambar 4.26 Pengukuran locator miring posisi 1, posisi 2 dan posisi 3

bidang	titik	X		Y		Z	
		A	B	A	B	A	B
1	1	-36	31	26	45	5	2
	2	-36	-24	25	46	4	24
	3	44	-27	17	3	5	20
	4	33	-33	20	-19	-8	3
	5	-24	-26	25	-17	22	--30
2	1	-35		29		12	
	2	42		23		12	
	3	45		62		14	
	4	-19		67		14	
	5	5		42		14	
3	1	-28	79	99	78	-17	22
	2	-15	67	99	79	-17	14
	3	-18	57	78	73	9	9
	4	-20	54	78	15	10	10
	5	-25	74	86	13	0	24
4	1	20	98	47	74	22	28
	2	43	110	46	70	13	8
	3	21	101	14	43	22	11
	4	19	102	-20	33	17	8
	5	40	86	-19	12	10	24
5	1	4		-18		-18	
	2	10		41		22	
	3	-22		42		14	
	4	-24		-20		10	
	5	-13		9		14	
6	1	53		63		5	
	2	54		79		-8	
	3	50		28		-8	
	4	50		32		19	
	5	49		22		8	
7	1	0		25		7	
	2	8		24		5	
	3	-1		27		-13	
	4	8		25		-7	
	5	3		25		8	
8	1	-10		69		3	
	2	2		64		4	
	3	21		57		9	
	4	19		67		-6	
	5	-5		70		-7	
	6	-5		60		-4	

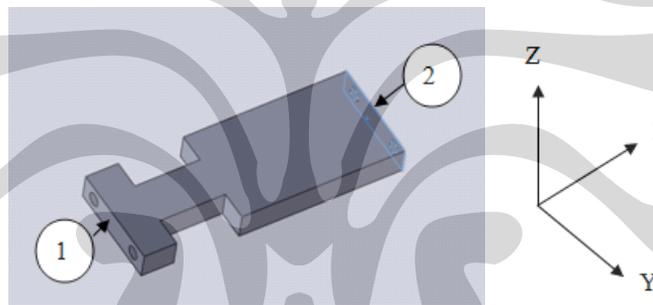
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya	Posisi
1A	2	90 ⁰ :11:40	90 ⁰ :00:00	1
2	3A	123 ⁰ :39:29	124 ⁰ :00:00	
1A	7	0 ⁰ :10:24 ** 5.359mm	0 ⁰ :00:00**5 mm	
1A	8	32 ⁰ :27:28	34 ⁰ :00:00	
6	8	0 ⁰ :21:20	0 ⁰ :00:00	
1B	5	89 ⁰ :52:08	90 ⁰ :00:00	2
5	4A	146 ⁰ :10:05	146 ⁰ :00:00	3
3B	4B	89 ⁰ :57:54	90 ⁰ :00:00	

Keterangan:

** = pengukuran sudut dan jarak

6. FLANGE PENYANGGA

Pada pengukuran flange penyangga hanya perlu dilakukan 1 kali pemosisian benda untuk mengukur seluruh bidang yang diperlukan.



Gambar 4.27 Pengukuran flange penyangga

bidang	titik	X	Y	Z
1	1	-30	17	-23
	2	-29	14	-14
	3	-23	-35	-14
	4	-25	-24	-17
	5	-26	-7	-18
2	1	131	35	-19
	2	131	34	-12
	3	137	-16	-19
	4	137	-8	-16
	5	134	9	-18

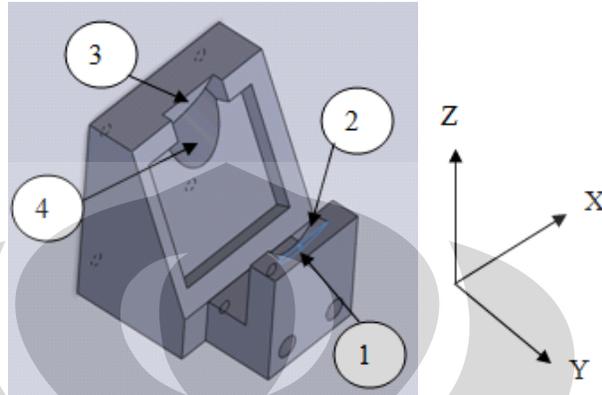
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2	1 ⁰ :40:13 **160.006 mm	0 ⁰ :00:00 **160 mm

Keterangan:

** = pengukuran sudut dan jarak

7. ASSEMBLY LOCATOR ATAS DAN BAWAH

Pada pengukuran assembly locator atas dan bawah hanya perlu dilakukan 1 kali pemosisian benda untuk mengukur seluruh bidang yang diperlukan.



Gambar 4.28 Pengukuran assembly locator atas dan bawah

bidang	titik	X	Y	Z
1	1	101	103	30
	2	99	98	29
	3	98	84	21
	4	101	80	29
2	1	98	108	31
	2	95	106	27
	3	97	101	20
	4	95	67	29
	5	94	82	16
	6	100	107	30
3	1	15	101	80
	2	13	90	73
	3	10	78	66
	4	10	96	64
4	1	31	87	38
	2	17	100	49
	3	23	70	50
	4	10	78	47
	5	9	100	53
	6	17	100	61

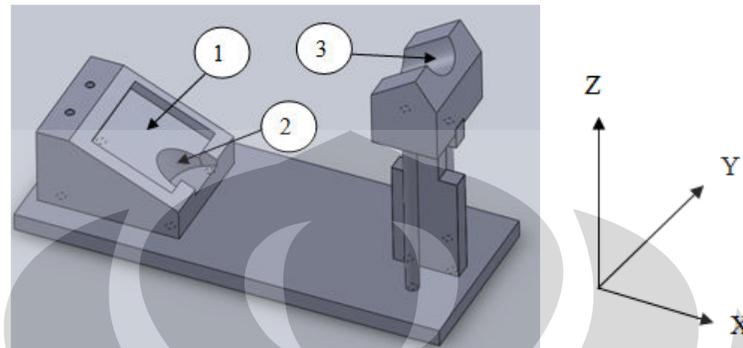
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	3	1 ⁰ :06:51 ** 100.040 mm	0 ⁰ :00:00**100 mm
2	4	0 ⁰ :39:47	0 ⁰ :00:00

Keterangan:

** = pengukuran sudut dan jarak

8. ASSEMBLY

Pada pengukuran assembly hanya perlu dilakukan 1 kali pemosisian benda untuk mengukur seluruh bidang yang diperlukan.



Gambar 4.29 Pengukuran assembly

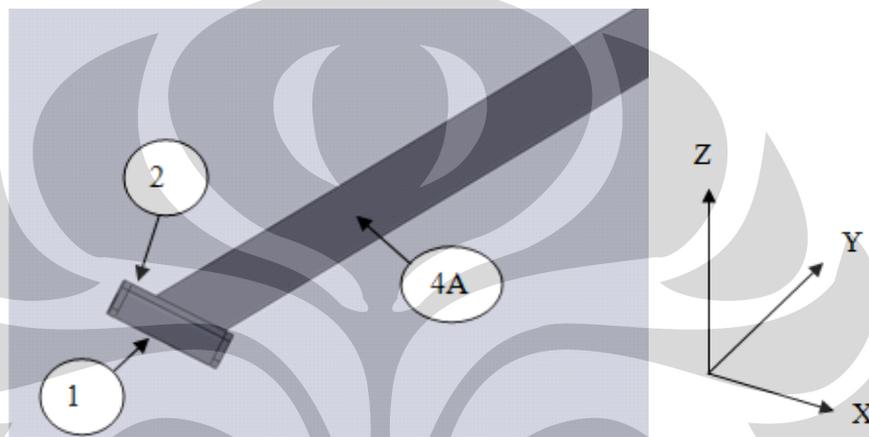
bidang	titik	X	Y	Z
1	1	158	61	3
	2	185	54	15
	3	169	53	6
	4	151	-5	-1
	5	184	-6	12
2	1	164	26	0
	2	154	42	-10
	3	154	11	-2
	4	153	42	-13
	5	162	25	6
	6	156	43	-1
3	1	-57	35	151
	2	-62	49	149
	3	-79	16	173
	4	-92	20	178
	5	-100	31	180
	6	-96	47	186

Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	3	58 ⁰ :48:51	58 ⁰ :00:00
2	3	104 ⁰ :45:35	104 ⁰ :00:00

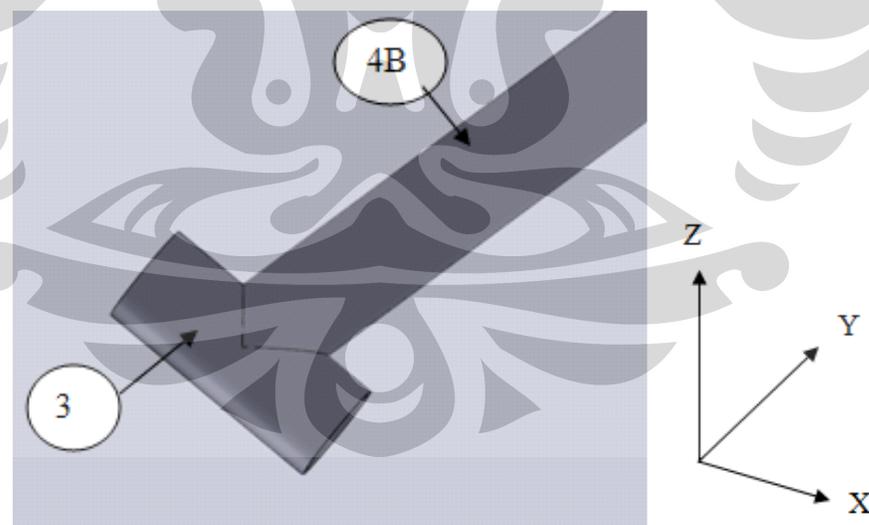
4.3 Data hasil pengukuran sampel menggunakan CMM

Dalam pengukuran locator atas ini dilakukan 2 kali pemosisian benda untuk mengukur bidang-bidang yang diperlukan, sementara itu untuk beberapa bidang yang perlu dilakukan pengukuran ulang pada pemosisian berikutnya diberikan notasi A,B, dan seterusnya.

1. Posisi 1



2. Posisi 2



Gambar 4.30 Pengukuran sampel

bidang	titik	X		Y		Z	
		A	B	A	B	A	B
1	1	15		35		28	
	2	17		35		3	
	3	47		38		26	
	4	51		38		-18	
	5	-11		33		13	
2	1	-13		61		28	
	2	46		65		32	
	3	22		64		28	
	4	14		60		-5	
	5	4		61		12	
3	1	-107		70		-1	
	2	-113		50		-3	
	3	-106		39		-5	
	4	-96		65		-3	
	5	-111		30		-13	
	6	-109		71		-1	
4	1	20	-45	4	48	16	-2
	2	39	-98	5	19	5	-11
	3	-1	-25	9	22	3	-13
	4	13	-26	-5	59	16	-5
	5	31	17	-6	33	0	-6
	6	39	30	1	58	1	-4

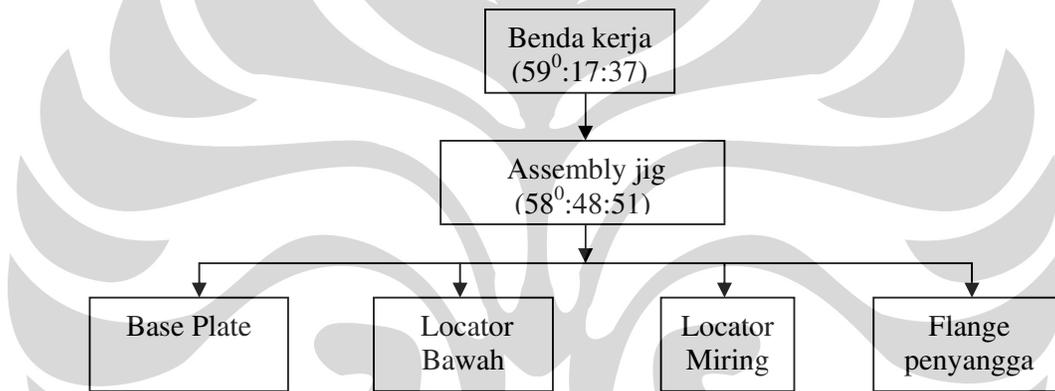
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya	Posisi
1	2	0 ⁰ :12:24	0 ⁰ :00:00	1
1	4A	59 ⁰ :17:37	58 ⁰ :00:00	
3	4B	104 ⁰ :07:59	104 ⁰ :00:00	2

BAB V

ANALISA HASIL PENGUKURAN

5.1 Analisa sudut engsel-batang tengah

Analisa ini dibuat berdasarkan data-data hasil pengukuran yang didapat sebelumnya untuk mengetahui sejauh mana kehandalan jig dalam menghasilkan benda kerja yang diinginkan. Untuk menganalisa sebab-sebab terjadinya error yang terjadi pada proses pengelasan antara engsel dan batang tengah, dapat ditelusuri dengan melihat bagan berikut:



Gambar 5.1 Bagan analisa dimensi engsel-batang tengah

5.1.1 Analisa dimensi jig

Seperti terlihat pada bagan diatas bahwa penyebab terjadinya error sudut pada benda kerja dapat ditelusuri dengan menganalisa tiap-tiap komponen jig yang saling berkaitan sebagai berikut:

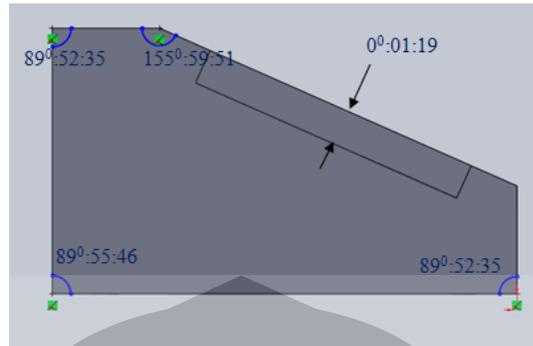
1. Pada Base Plate

Sudut antara bidang 1 dan 2 = $0^{\circ}:17:53 = 0.29^{\circ}$



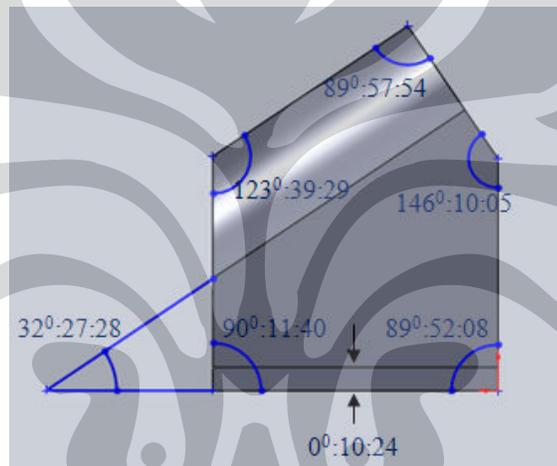
Gambar 5.2 Analisa sudut pada base plate

2. Pada Locator Bawah



Gambar 5.3 Analisa sudut pada locator bawah

3. Pada Locator Miring :



Gambar 5.4 Analisa sudut pada locator miring

4. Pada Flange Penyangga:



Gambar 5.5 Analisa sudut pada flange penyangga

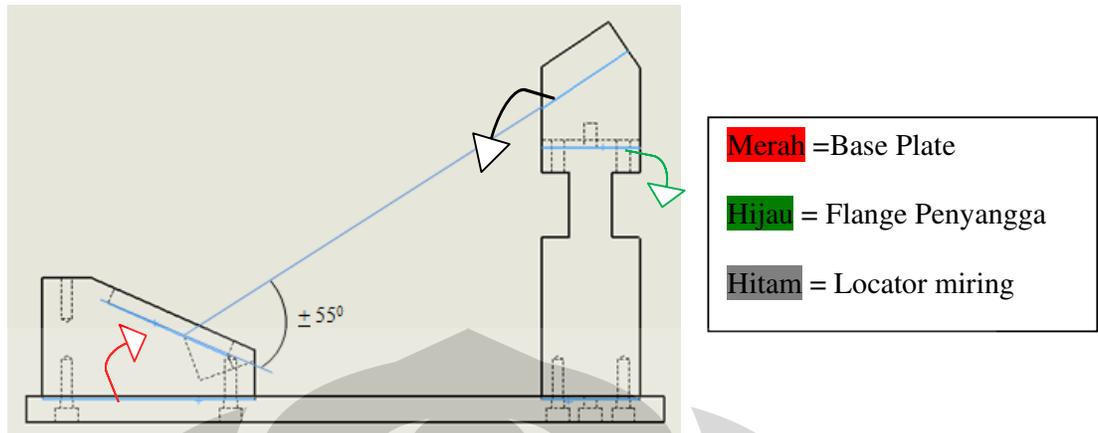
Berdasarkan sudut-sudut antara bidang yang terdapat pada 4 komponen diatas terlihat bahwa sudut-sudut yang terdapat pada locator bawah sudah cukup baik dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Seluruh sudut pada locator bawah terutama sudut kemiringan pada bidang 8 sebagai tempat peletakkan engsel sesuai yang diharapkan (error maksimal yang terjadi 0.12^0).

Sedangkan pada kedua komponen-komponen yang tersisa yaitu Base Plate, Locator Miring dan Flange Penyangga terdapat kesalahan-kesalahan pada dimensi dari masing-masing jig dengan rincian sebagai berikut:

- Pada bidang 1 dan 2 di komponen base plate sebagai tempat meletakkan komponen di atasnya terjadi error sebesar $0^0:17:53$ yang walaupun tidak terlalu signifikan namun sedikitnya tetap akan mempengaruhi hasil akhir dari dimensi jig secara keseluruhan.
- Pada locator miring walaupun sudut keseluruhan benda kerja cukup baik, namun pada pengukuran sudut antara bidang 8 dan bidang 1 (silinder miring dan permukaan bawah jig) memperoleh hasil $32^0:27:28$ sementara sudut seharusnya $34^0:00:00$. Hal ini berarti ada error sebesar $1^0:32:52$ yang akan berpengaruh pada dimensi assembly jig secara keseluruhan.
- Pada flange penyangga terdapat error antara sudut 1 dan 2 sebesar $01^0:40:15$ sementara sudut seharusnya $00^0:00:00$. Hal ini berarti ada error sebesar $1^0:40:15$ yang akan berpengaruh pada dimensi assembly jig secara keseluruhan.

Keseluruhan dari error yang ada pada tiap-tiap komponen tersebut akan membuat dimensi akhir jig secara keseluruhan mengalami penyimpangan seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 5.6 Kesalahan dimensi pada assembly jig

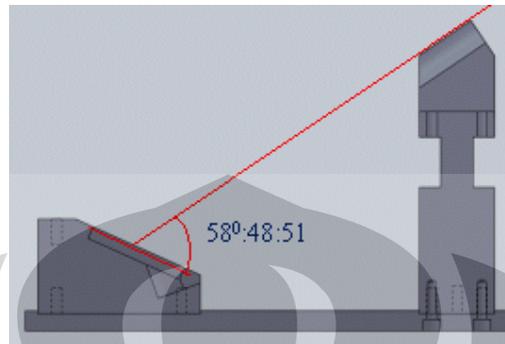
5.1.2 Solusi untuk mengatasi error dimensi pada jig

Berdasarkan analisa diatas, dengan terdapatnya error pada beberapa bagian dari jig tersebut maka jika dilakukan assembly terhadap jig akan terjadi penyimpangan ukuran yang akan menyebabkan sudut yang seharusnya terdapat pada jig berkurang sebesar $\pm 3^\circ$ dari yang seharusnya ($58^\circ:00:00$). Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut, pada waktu jig di'assembly, ditambahkan shim plate pada bagian belakang antara flange penyangga dan locator miring sehingga sudut yang dikehendaki dapat tercapai.



Gambar 5.7 Penambahan shim plate pada peng'assembly'an jig

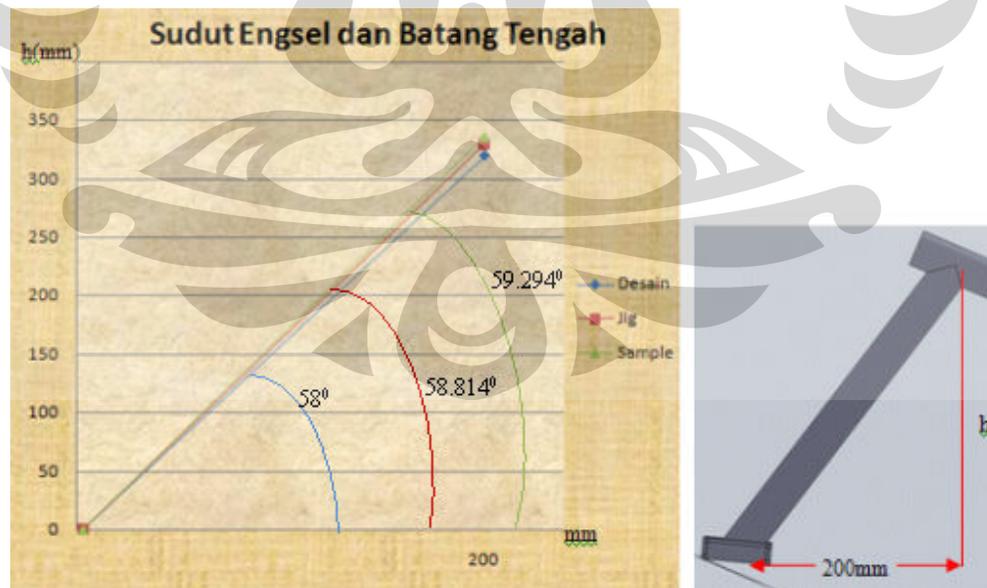
Setelah penambahan shim plate tersebut, didapatkan ukuran pada assembly jig pada keseluruhan sebagai berikut:



Gambar 5.8 Analisa sudut pada assembly jig

5.1.3 Analisa kehandalan jig pada pengelasan engsel-batang tengah

Berdasarkan analisa diatas dapat dilihat bahwa terdapat error yang terjadi antara ukuran desain dengan ukuran assembly sebenarnya (error karena pembuatan dan pemasangan jig). Selain itu, berdasarkan hasil pengukuran terhadap sample benda kerja, terdapat juga error yang terjadi terhadap dimensi dari jig yang dibuat tersebut (error karena proses pengelasan) sebagai berikut:



Grafik 5.1 Perbedaan sudut pengelasan engsel-batang tengah

1. Error karena pembuatan dan pemasangan jig

	Sudut (derajat)	Error (derajat)
Desain	58	-
Assembly Jig	58,814	0,814

2. Error dalam proses pengelasan

	Sudut (derajat)	Error (derajat)
Assembly jig	58,814	-
Sample	59,294	0,479

3. Error proses keseluruhan

	Sudut (derajat)	Error (derajat)
Desain	58	-
Sample	59,294	1,294

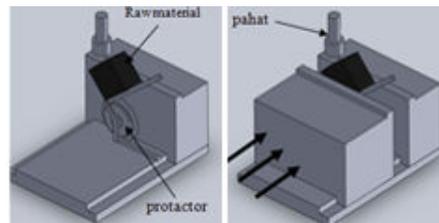
$$\text{Keakurasian pembuatan dan pemasangan jig} = \frac{58 - 0,814}{58} \times 100\% = 98,596\%$$

$$\text{Kehandalan dalam menahan gaya pengelasan} = \frac{58,814 - 0,479}{58,814} \times 100\% = 99,185\%$$

$$\text{Kehandalan jig dalam keseluruhan proses} = \frac{58 - 1,294}{58} \times 100\% = 97,768\%$$

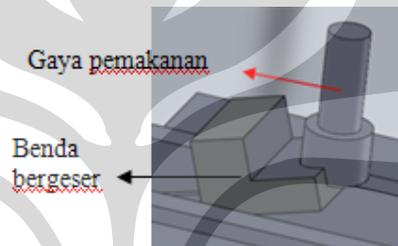
Berdasarkan perhitungan diatas dapat dilihat bahwa persentase keakurasian dimensi dalam pembuatan jig adalah sebesar 98,596% dengan cara membandingkan antara dimensi jig pada rancangan dengan dimensi jig hasil pengukuran sebenarnya menggunakan CMM. Hal ini terjadi akibat adanya kesalahan dimensi yang cukup besar pada locator miring dan flange penyangga seperti dijelaskan pada sub-bab sebelumnya. Kesalahan-kesalahan ini dapat diakibatkan karena hal-hal berikut:

1. Kesalahan penentuan sudut pada saat pemegangan benda kerja pada ragum.



Gambar 5.9 Pemegangan benda kerja pada ragum dengan posisi bersudut

2. Benda kerja yang dijepit oleh ragum bergeser ketika dilakukan proses pengerjaan karena gaya penjepitan ragum kurang sempurna..



Gambar 5.10 Pergeseran benda kerja

3. Kesalahan pada saat peng'assembly'an komponen-komponen jig.
4. Kesalahan pada saat melakukan pengukuran menggunakan CMM.

Dalam hal kehandalan jig dalam membantu proses pengelasan, dapat dibandingkan dimensi jig hasil pengukuran sebenarnya dengan dimensi benda kerja yang dihasilkan. Pada proses pengelasan engsel-batang tengah ini didapatkan persentase kehandalan jig sebesar 99,185% (ada error sebesar 0,479⁰). Error yang terjadi ini dapat diakibatkan karena hal-hal berikut:

1. Jig kurang mampu menahan gaya pengerutan yang terjadi pada saat pengelasan berlangsung.
2. Pengerutan terus terjadi beberapa saat ketika benda kerja telah dilepas dari jig.

Distorsi dapat terjadi jika logam las dibiarkan bergerak leluasa selama proses pendinginan [7], dalam hal ini ada kemungkinan bahwa benda kerja yang sudah dilepaskan dari jignya masih terus mengalami distorsi akibat

proses pendinginan tersebut. Berdasarkan gambar 5.11 di bawah ini dapat terlihat bahwa sudut benda kerja cenderung mengerut ke arah sudut yang lebih besar, hal ini dapat terjadi dikarenakan throat area (lihat perhitungan pada bab 3.5) pada sudut yang lebih besar ini lebih luas dibandingkan dengan throat area pada sudut yang lebih kecil sehingga gaya penyusutan pada daerah sudut yang lebih besar akan menjadi lebih besar juga bila dibandingkan dengan gaya penyusutan pada daerah sudut yang lebih kecil sehingga perbedaan gaya tersebut akan selalu menyebabkan penyusutan dimensi ke daerah sudut yang lebih besar.



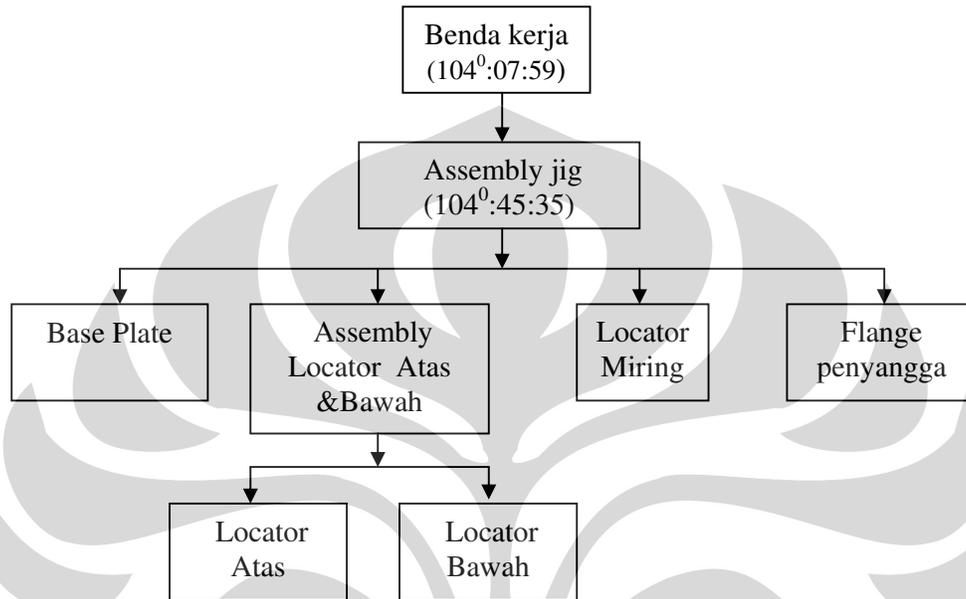
Gambar 5.11 Pengerutan sudut pada pengelasan batang depan-batang tengah

3. Kesalahan pada saat melakukan pengukuran menggunakan CMM.

Pada perhitungan ketiga dapat dilihat bahwa persentase kahandalan jig dalam keseluruhan proses adalah 97,768% yang didapatkan dengan membandingkan antara dimensi perancangan dengan dimensi benda kerja yang dihasilkan. Berdasarkan analisa sebelumnya dapat diketahui bahwa hasil error yang terdapat pada perhitungan ini berasal dari kesalahan pada pembuatan jig ditambah adanya error dalam pengelasan sehingga error yang terjadi semakin besar.

5.2 Analisa sudut batang depan-batang tengah

Untuk menganalisa sebab-sebab terjadinya error yang terjadi pada proses pengelasan antara engsel dan batang tengah, dapat ditelusuri dengan melihat bagan berikut:

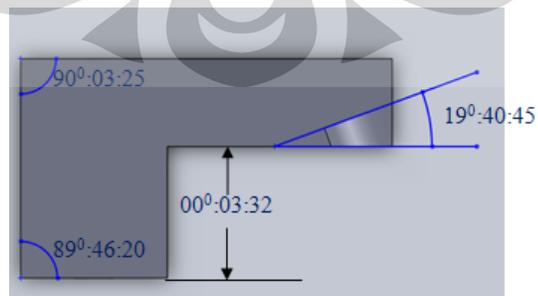


Gambar 5.12 Bagan analisa dimensi batang depan-batang tengah

5.2.1 Analisa dimensi jig

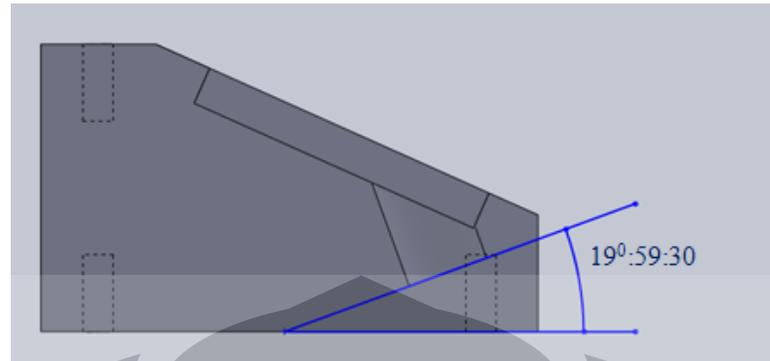
Karena merupakan komponen yang sama, maka analisa sudut untuk base plate, locator miring, dan flange penyangga sama dengan analisa pada sub-bab sebelumnya. Sementara itu analisa untuk komponen lainnya dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada Locator Atas



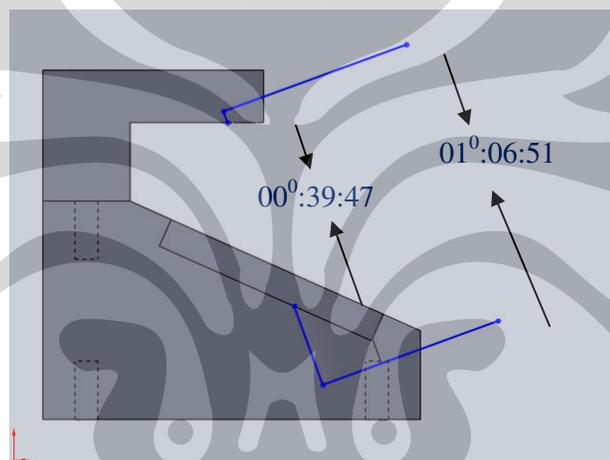
Gambar 5.13 Analisa sudut pada locator atas

2. Pada locator bawah



Gambar 5.14 Analisa sudut pada locator bawah

3. Pada Assembly locator atas dan bawah



Gambar 5.15 Analisa sudut pada assembly locator atas dan bawah

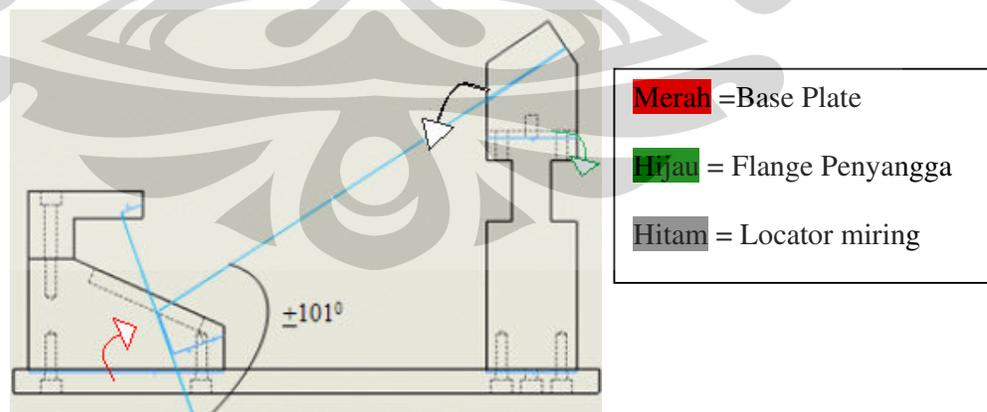
Berdasarkan sudut-sudut antara bidang yang terdapat pada komponen-komponen yang berpengaruh terlihat bahwa sudut-sudut yang terdapat pada locator atas, locator bawah dan assembly antara locator atas dan bawah sudah cukup baik dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Seluruh sudut pada locator atas cukup sesuai yang diharapkan kecuali sudut kemiringan antara bidang 5 dan 6 yang mengalami penyimpangan sekitar $00^{\circ}:19:15$.
- Seluruh sudut yang cukup krusial pada locator bawah sesuai dengan yang diharapkan.

- Pada assembly antara locator atas dan bawah terdapat penyimpangan sudut antara bidang 1 dan 3 sebesar $01^{\circ}:06:51$. Hal ini akan menyebabkan sedikit kesulitan pada waktu memasukkan batang depan ke dalam jig namun tidak terlalu mempengaruhi proses penahanan gaya secara keseluruhan.

Karena merupakan komponen yang sama, analisa untuk base plate locator miring dan flange penyangga sama seperti dijelaskan pada sub-bab sebelumnya yaitu:

- Pada bidang 1 dan 2 di komponen base plate sebagai tempat meletakkan komponen di atasnya terjadi error sebesar $0^{\circ}:17:53$ yang walaupun tidak terlalu signifikan namun sedikitnya tetap akan mempengaruhi hasil akhir dari dimensi jig secara keseluruhan.
- Pada locator miring walaupun sudut keseluruhan benda kerja cukup baik, namun pada pengukuran sudut antara bidang 8 dan bidang 1 (silinder miring dan permukaan bawah jig) memperoleh hasil $32^{\circ}:27:28$ sementara sudut seharusnya $34^{\circ}:00:00$. Hal ini berarti ada error sebesar $1^{\circ}:32:52$ yang akan berpengaruh pada dimensi assembly jig secara keseluruhan.
- Pada flange penyangga terdapat error antara sudut 1 dan 2 sebesar $01^{\circ}:40:15$ sementara sudut seharusnya $00^{\circ}:00:00$. Hal ini berarti ada error sebesar $1^{\circ}:40:15$ yang akan berpengaruh pada dimensi assembly jig secara keseluruhan.

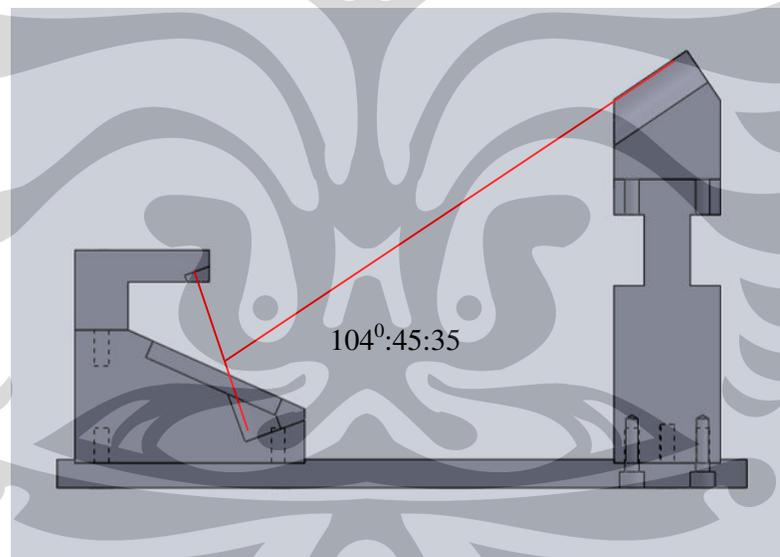


Gambar 5.16 Kesalahan dimensi pada assembly jig

5.2.2 Solusi untuk mengatasi error dimensi pada jig

Berdasarkan analisa diatas, dengan terdapatnya error pada beberapa bagian dari jig tersebut maka jika dilakukan assembly terhadap jig akan terjadi penyimpangan ukuran yang akan menyebabkan sudut yang seharusnya terdapat pada jig berkurang sebesar $\pm 3^{\circ}$ dari yang seharusnya ($76^{\circ}:00:00$). Oleh karena itu, solusi yang sama seperti pada permasalahan sebelumnya juga dapat diterapkan untuk persoalan ini yaitu dengan menambahkan shim plate pada bagian belakang antara flange penyangga dan locator miring sehingga sudut yang dikehendaki dapat tercapai (lihat gambar 5.7).

Setelah penambahan shim plate tersebut, didapatkan ukuran pada assembly jig pada keseluruhan sebagai berikut:

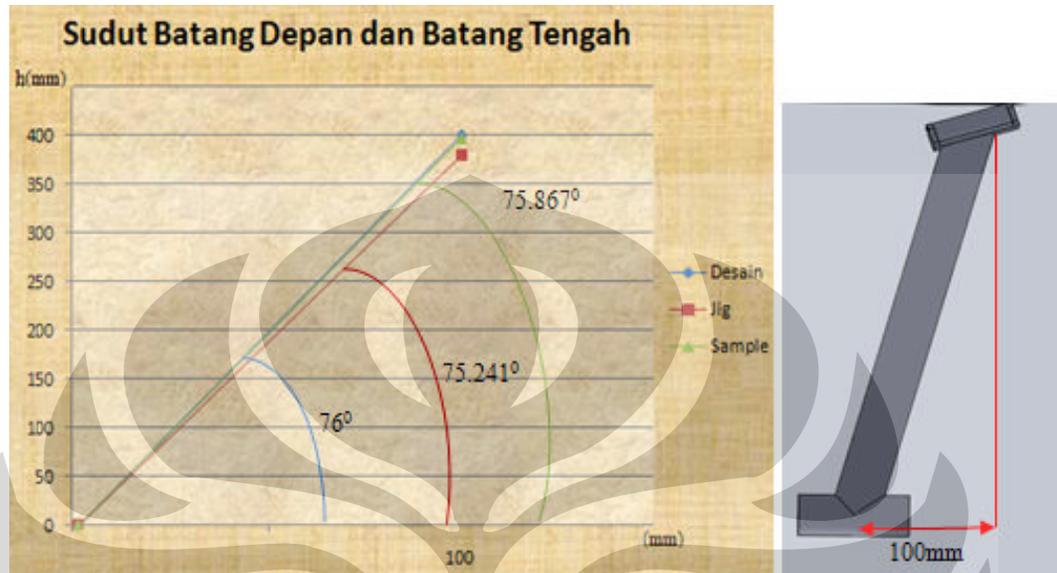


Gambar 5.17 Analisa sudut pada assembly jig 2

5.2.3 Analisa kehandalan jig pada pengelasan batang depan-batang tengah

Berdasarkan analisa diatas dapat dilihat bahwa terdapat error yang terjadi antara ukuran desain dengan ukuran assembly sebenarnya (error karena pembuatan dan pemasangan jig). Selain itu, berdasarkan hasil pengukuran terhadap sample benda

kerja, terdapat juga error yang terjadi terhadap dimensi dari jig yang dibuat tersebut (error karena pengelasan).



Grafik 5.2 Perbedaan sudut pengelasan batang depan-batang tengah

1. Error karena pembuatan dan pemasangan jig

	Sudut (derajat)	Error (derajat)
Desain	104	-
Assembly Jig	104,759	0,759

2. Error dalam proses pengelasan

	Sudut (derajat)	Error (derajat)
Assembly jig	104,759	-
Sample	104,133	0,526

3. Error proses keseluruhan

	Sudut (derajat)	Error (derajat)
Desain	104	-
Sample	104,133	0,133

$$\text{Keakurasian pembuatan dan pemasangan jig} = \frac{104 - 0,759}{104} \times 100\% = 99,27\%$$

$$\text{Kehandalan dalam menahan gaya pengelasan} = \frac{104,759 - 0,526}{104,759} \times 100\% = 99,49\%$$

$$\text{Kehandalan jig dalam keseluruhan proses} = \frac{104 - 0,133}{104} \times 100\% = 99,87\%$$

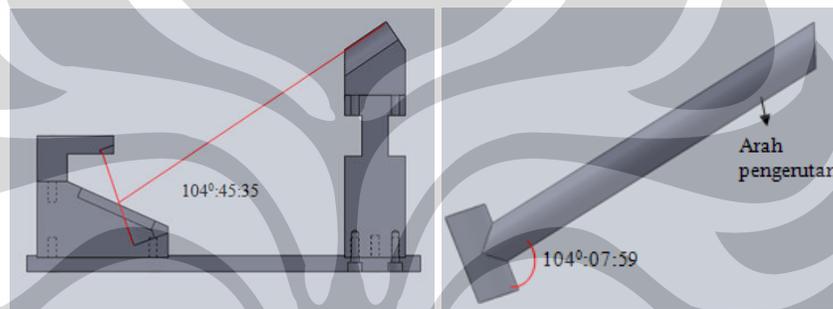
Berdasarkan perhitungan diatas dapat dilihat bahwa persentase keakurasian dimensi dalam pembuatan jig adalah sebesar 99,27% dengan cara membandingkan antara dimensi jig pada rancangan dengan dimensi jig hasil pengukuran sebenarnya menggunakan CMM. Hal ini terjadi akibat adanya kesalahan dimensi yang cukup besar pada locator miring dan flange penyangga seperti dijelaskan pada sub-bab sebelumnya. Kesalahan-kesalahan ini dapat diakibatkan karena hal-hal berikut:

1. Kesalahan penentuan sudut pada saat pemegangan benda kerja pada ragum.
2. Benda kerja yang dijepit oleh ragum bergeser ketika dilakukan proses pengerjaan.
3. Kesalahan pada saat peng'assembly'an komponen-komponen jig.
4. Kesalahan pada saat melakukan pengukuran menggunakan CMM.

Dalam hal kehandalan jig dalam membantu proses pengelasan, dapat dibandingkan dimensi jig hasil pengukuran sebenarnya dengan dimensi benda kerja yang dihasilkan. Pada proses pengelasan engsel-batang tengah ini didapatkan persentase kehandalan jig sebesar 99,49% (ada error sebesar 0,526⁰). Error yang terjadi ini dapat diakibatkan karena hal-hal berikut:

1. Jig kurang mampu menahan gaya pengerutan yang terjadi pada saat pengelasan berlangsung.
2. Pengerutan terus terjadi beberapa saat ketika benda kerja telah dilepas dari jig.

Sama seperti analisa sebelumnya bahwa kejadian ini pun dapat disebabkan karena distorsi yang terjadi akibat logam las yang dibiarkan bergerak leluasa selama proses pendinginan [7] karena benda kerja telah dilepaskan dari jignya sebelum proses pendinginan tersebut benar-benar telah selesai. Dengan melihat arah pengerutannya pun akan didapatkan kecenderungan yang serupa yaitu bahwa pengerutan terjadi ke arah sudut yang lebih besar karena memiliki throat area (area kampuh las) yang lebih besar dibandingkan sudut yang lebih kecil sehingga gaya penyusutan yang dihasilkannya pun lebih besar dan menyebabkan benda kerja cenderung mengerut ke arah sudut yang lebih besar tersebut.



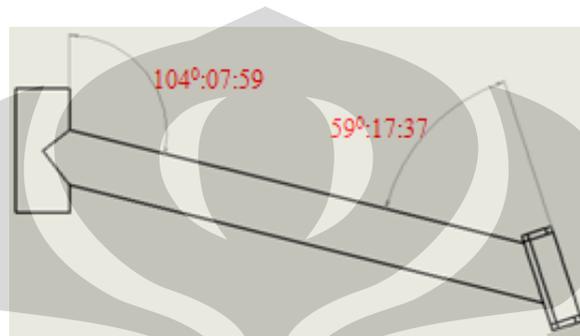
Gambar 5.18 Pengerutan sudut pada pengelasan batang depan-batang tengah

3. Kesalahan pada saat melakukan pengukuran menggunakan CMM.

Pada perhitungan ketiga dapat dilihat bahwa persentase keandalan jig dalam keseluruhan proses adalah 99,87% yang didapatkan dengan membandingkan antara dimensi perancangan dengan dimensi benda kerja yang dihasilkan. Berbeda dengan pengelasan antara engsel-batang tengah, pada pengelasan engsel batang depan-batang tengah ini, error total yang terjadi adalah error yang terjadi pada pembuatan dan pemasangan jig dikurangi error yang terjadi akibat pengelasan.

5.3 Analisa pemakaian jig terhadap pembuatan frame secara keseluruhan

Berdasarkan analisa yang telah dijelaskan diatas dapat terlihat bahwa terdapat error pada sudut pengelasan baik antara pengelasan batang tengah dengan batang depan maupun batang tengah dengan engsel seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 5.19 Error sudut benda kerja keseluruhan.

Berdasarkan hal tersebut, jika benda kerja hasil pembuatan dari jig ini diaplikasikan dalam proses pembuatan sebenarnya maka akan terjadi perbedaan sudut dari desain yang diinginkan dimana sudut antara kemudi (stang) sepeda terhadap tempat duduk (saddle) akan menjadi lebih besar dari yang semestinya dan akan mempengaruhi kenyamanan ketika berkendara. Untuk itu perlu dilakukan beberapa perbaikan dalam dimensi jig ini sebelum digunakan dalam proses produksi sebenarnya.



Gambar 5.20 Error pada frame sepeda keseluruhan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dalam proses rancang bangun serta pengujian jig ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proses pengelasan batang tengah dan batang depan
 - Terdapat kesalahan/error dari dimensi sudut yang diukur pada jig yang telah dibuat dibandingkan dengan sudut pada desain rancangan sebesar $0,759^{\circ}$ akibat kesalahan dalam pembuatan komponen dan pemasangan (assembly) dari tiap komponen jig.
 - Terdapat kesalahan/error dari dimensi sudut yang diukur pada jig yang telah dibuat dibandingkan dengan sudut pada sampel hasil pembuatan sebesar $0,526^{\circ}$ akibat pengaruh gaya yang terjadi pada saat dilakukan proses pengelasan.
2. Pada proses pengelasan batang tengah dan engsel
 - Terdapat kesalahan/error dari dimensi sudut yang diukur pada jig yang telah dibuat dibandingkan dengan sudut pada desain rancangan sebesar $0,814^{\circ}$ akibat kesalahan dalam pembuatan komponen dan pemasangan (assembly) dari tiap komponen jig.
 - Terdapat kesalahan/error dari dimensi sudut yang diukur pada jig yang telah dibuat dibandingkan dengan sudut pada sampel hasil pembuatan sebesar $0,479^{\circ}$ akibat pengaruh gaya yang terjadi pada saat dilakukan proses pengelasan.

3. Kesimpulan proses keseluruhan

Pada proses pengelasan antara batang tengah dengan batang depan maupun batang tengah dengan engsel terdapat error $\pm 0,5^{\circ}$ pada dimensi benda kerja dibandingkan dengan dimensi jignya, hal ini kemungkinan besar terjadi akibat gaya pengerutan akibat panas

pengelasan masih terus terjadi setelah benda kerja dilepaskan dari jig, hal ini dapat dibuktikan dari arah pengerutan benda kerja tersebut dimana baik pada pengelasan batang tengah-depan maupun batang tengah-engsel keduanya mengalami pengerutan pada sudut yang lebih besar dikarenakan pada daerah sudut yang lebih besar ini memiliki throat area yang lebih besar dibandingkan pada sudut yang lebih kecil sehingga gaya penyusutan yang terjadi pun otomatis menjadi lebih besar juga.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Pada pengelasan anatar engsel dan batang tengahnya, perlu dilakukan penyesuaian design jig terhadap ruang pengelasan yang tersedia agar dapat lebih mempermudah lagi dalam proses pengelasannya.
2. Jika ingin melanjutkan untuk pembuatan jig bagian lainnya, ada baiknya pengerjaan tiap komponen dilakukan menggunakan mesin CNC untuk mendapatkan kepresisian yang lebih baik karena hasil akhir dari benda kerja yang dibuat sangat bergantung kepada kepresisian dimensi dari jignya tersebut.
3. Jangan terpaku pada bentuk jig yang sudah ada, pada jig untuk pengelasan ada baiknya jig tersebut dibuat dinamis (bisa bergerak, berputar, dll) untuk memudahkan posisi pengelas dalam melakukan proses pengelasan.
4. Pada pengukuran menggunakan CMM, ada baiknya sebaran data yang digunakan diperbanyak untuk meminimalisir terjadinya error akibat kesalahan dalam pengukuran.

DAFTAR ACUAN

- [1] UN's Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Bali. Desember 2007 diunduh dari <http://www.indonesia.go.id/>
- [2] Wawancara Rektor UI, Prof Gumilar Rusliwa Somantri, kepada ANTARA.Depok. Diakses dari <http://www.antara.co.id/arc/2008/2/5/kampus-ui-miliki-jalur-khusus-sepeda-pertama-di-indonesia/>
- [3] Forum kaskus.us, "Jogja, Surganya Pesepeda", Online Posting. Diakses pada maret 2010 dari <http://www.kaskus.us/showthread.php?t=3140107>
- [4] Universitas Kristen Petra, *Teori Penunjang Jig*, Diakses april 2010 dari http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?page=1&submit.x=0&submit.y=0&qual=high&fname=/jiunkpe/s1/mesn/2007/jiunkpe-ns-s1-2007-24401078-6454-cylinder_liner-chapter2.pdf
- [5] Wiryosumarto, Harsono dan Toshie Okumura. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT Pradya Paramita. 1985.
- [6] Wikipedia.org, "Coordinate measuring machine". Diakses pada Mei 2010 dari http://en.wikipedia.org/wiki/Coordinate-measuring_machine
- [7] Putra, Yudhistira Perdana dan Sungging Pintowantoro. *Analisa Tegangan Sisa dan Distorsi Pada Pengelasan Fillet T-Joint Dengan Metode Elemen Hingga*. Diakses pada Maret 2010 dari <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-7858-2703100008-jurnal.pdf>

DAFTAR PUSTAKA

- Carrlane man.facturing Co., *Jig and Fixturing supplier*. Diakses Mei 2010 dari www.carrlane.com
- Forum kaskus.us, “Jogja, Surganya Pesepeda”, Online Posting. Diakses pada maret 2010 dari <http://www.kaskus.us/showthread.php?t=3140107>
- Hamrock, Bernard J; Bo Jacobson; Steven R. Schmid. *Fundamental of Machine Elements*. Singapore : McGraw-Hill.1999
- Henry James Bicycles, Inc., *Universal Bicycle Frame and Fork Building Jig by Henry James* (2009) diakses Februari 2010 dari <http://www.henryjames.com/>
- Khurmi, R.S and Gupta, J.K, *Machine Design Third Edition* (New Delhi: Tata McGraw-Hill, 1991)
- Mempelajari cara kerja mesin bubut dan mesin milling*, diakses Maret 2010 dari http://www.crayonpedia.org/mw/BAB_IX_PROSES_PEMESINAN_%28MAC_HINING_PROSESSES%29_HARDI
- Mitutoyo America Corporation, *Bulletin No. 1957-CrystaPlusM*. Diakses Maret 2010 dari http://www.mitutoyo.com/pdf/1957_CrystaPlusM.pdf
- Muda, Iskandar. *Pengujian Dinamis Pada Rangka Sepeda Lipat Menggunakan Strain Gage*. Fakultas Teknik UI : 2008, Pembimbing : Hendri DS Budiono
- Novyanto, Okasatria. *Pengujian kekerasan*. Diakses pada Juli 2010 dari <http://okasatria.blogspot.com/2007/11/pengujian-kekerasan-oleh-okasatria.html>
- Putra, Yudhistira Perdana dan Sungging Pintowantoro. *Analisa Tegangan Sisa dan Distorsi Pada Pengelasan Fillet T-Joint Dengan Metode Elemen Hingga*. Diakses pada Maret 2010 dari <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-7858-2703100008-jurnal.pdf>
- Rachmat, Dedy. *Pengujian Dinamis Rangka Sepeda Lipat Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga Autodesk Inventor 2008*. Fakultas Teknik UI : 2008, Pembimbing : Hendri DS Budiono
- Uji Keausan*, diakses Juli 2010 dari <http://www.scribd.com/doc/21704473/uji-keausan>
- UN’s Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Bali. Desember 2007 diunduh dari <http://www.indonesia.go.id/>

Universitas Kristen Petra, *Teori Penunjang Jig*, Diakses april 2010 dari http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?page=1&submit.x=0&submit.y=0&qual=high&fname=/jiunkpe/s1/mesn/2007/jiunkpe-ns-s1-2007-24401078-6454-cylinder_liner-chapter2.pdf

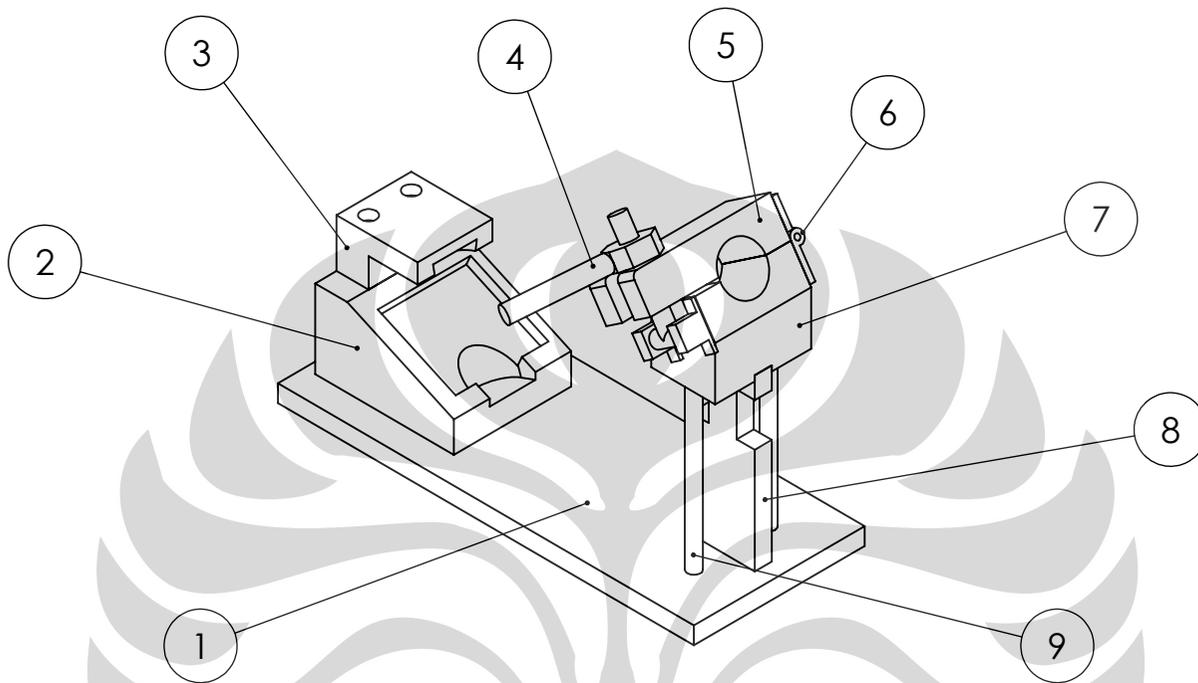
Wawancara Rektor UI, Prof Gumilar Rusliwa Somantri, kepada ANTARA.Depok. Diakses dari <http://www.antara.co.id/arc/2008/2/5/kampus-ui-miliki-jalur-khusus-sepeda-pertama-di-indonesia/>

Wikipedia.org, “Coordinate measuring machine”. Diakses pada Mei 2010 dari http://en.wikipedia.org/wiki/Coordinate-measuring_machine.

Wirjosumarto, Harsono dan Toshie Okumura. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT Pradya Paramita. 1985.

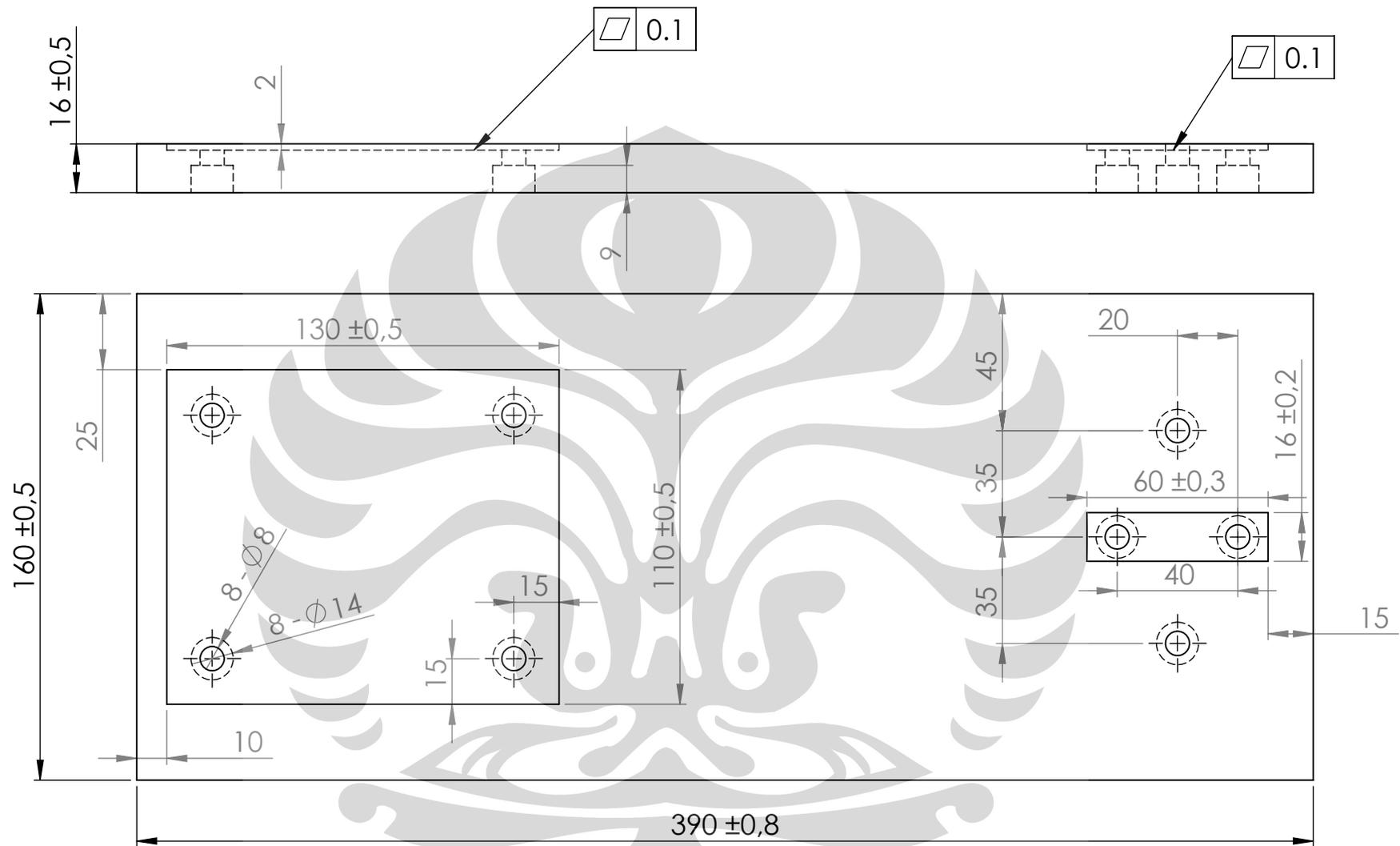




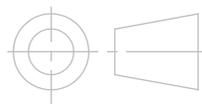
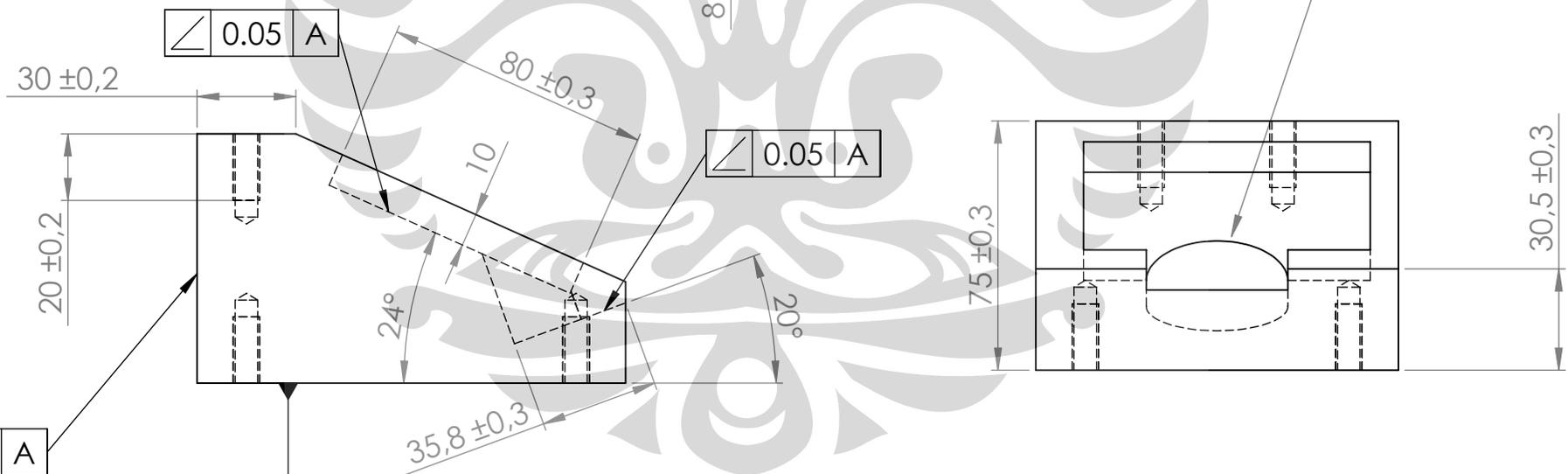
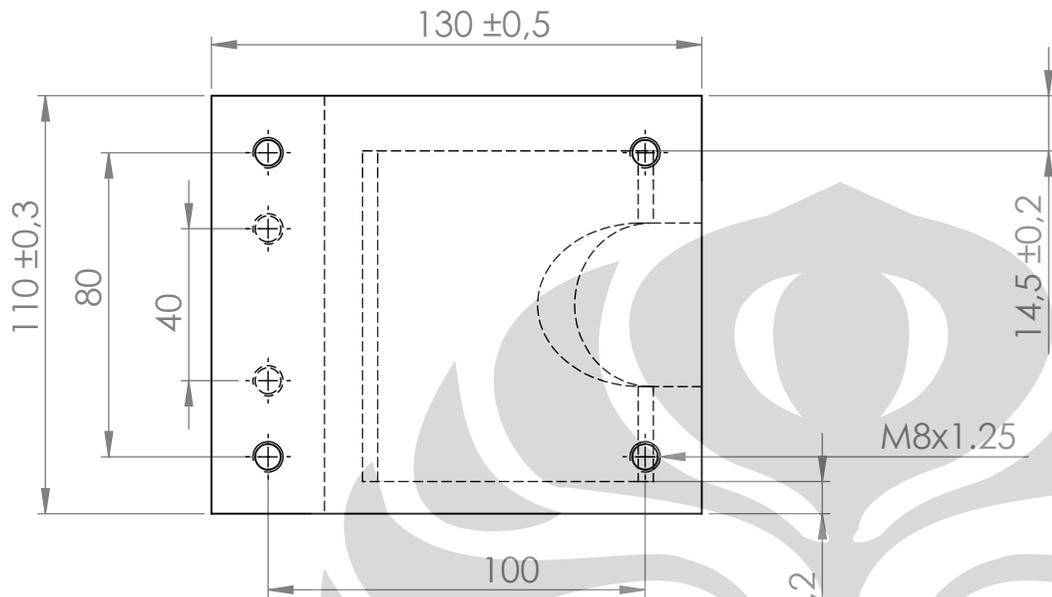


10	Baut	SS41	M8 x 20	8 buah
9	Supporting As	SS41		
8	Flange Penyangga	Alumunium		
7	Locator Miring	SS41		
6	Engsel	SS41		
5	Clamper	SS41		
4	Toggle Clamp	SS41		
3	Locator Atas	SS41		
2	Locator Bawah	SS41		
1	Base Plate	Alumunium		

NO	NAMA	BAHAN	KET	JUMLAH
	SKALA : 1:5	NAMA : Ferry Hartanto		PERINGATAN
	SATUAN : mm	NPM : 0606029321		
	TANGGAL : 18-06-10	DISETUJUI : Ir. Hendri DSB, MEng		
DTM FTUI		JIG ASSEMBLY		A4



	SKALA : 1:2	NAMA : Ferry Hartanto	PERINGATAN	
	SATUAN : mm	NPM : 0606029321		
	TANGGAL : 18-06-10	DISETUJUI : Ir. Hendri DSB, MEng		
DTM FTUI		BASE PLATE		A4



SKALA : 1:2
 SATUAN : mm
 TANGGAL : 18-06-10

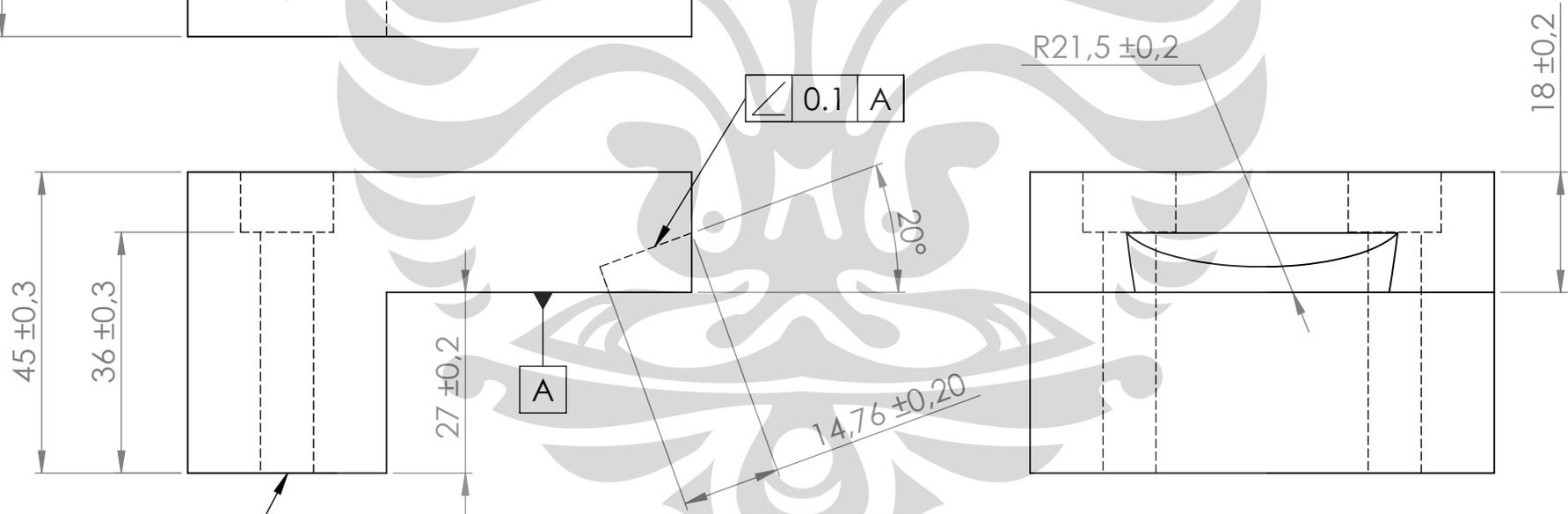
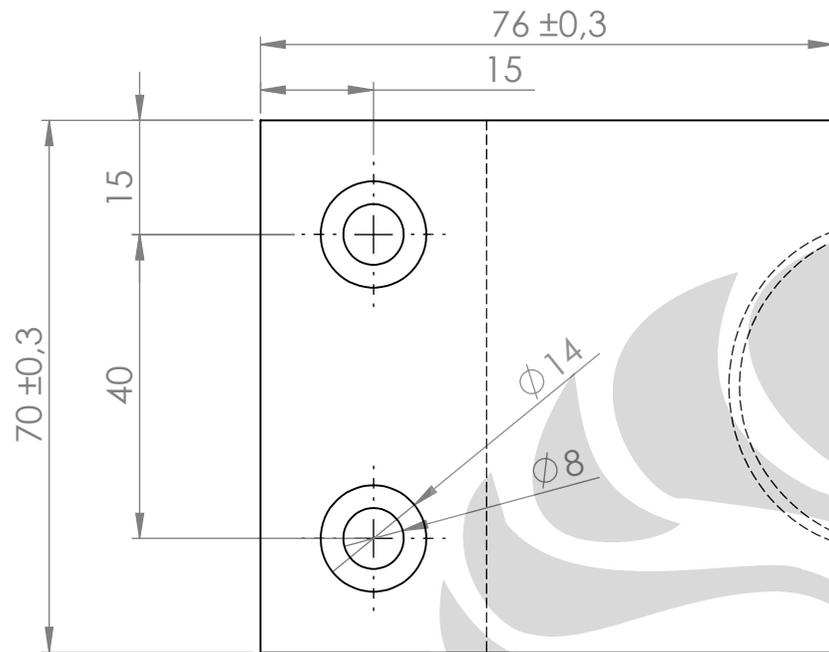
NAMA : Ferry Hartanto
 NPM : 0606029321
 DISETUJUI : Ir. Hendri DSB, MEng

PERINGATAN

DTM FTUI

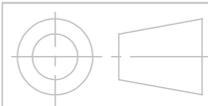
LOCATOR BAWAH

A4



▧ 0.1

▧ 0.1 A



SKALA : 1:1

SATUAN : mm

TANGGAL : 18-06-10

NAMA : Ferry Hartanto

NPM : 0606029321

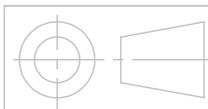
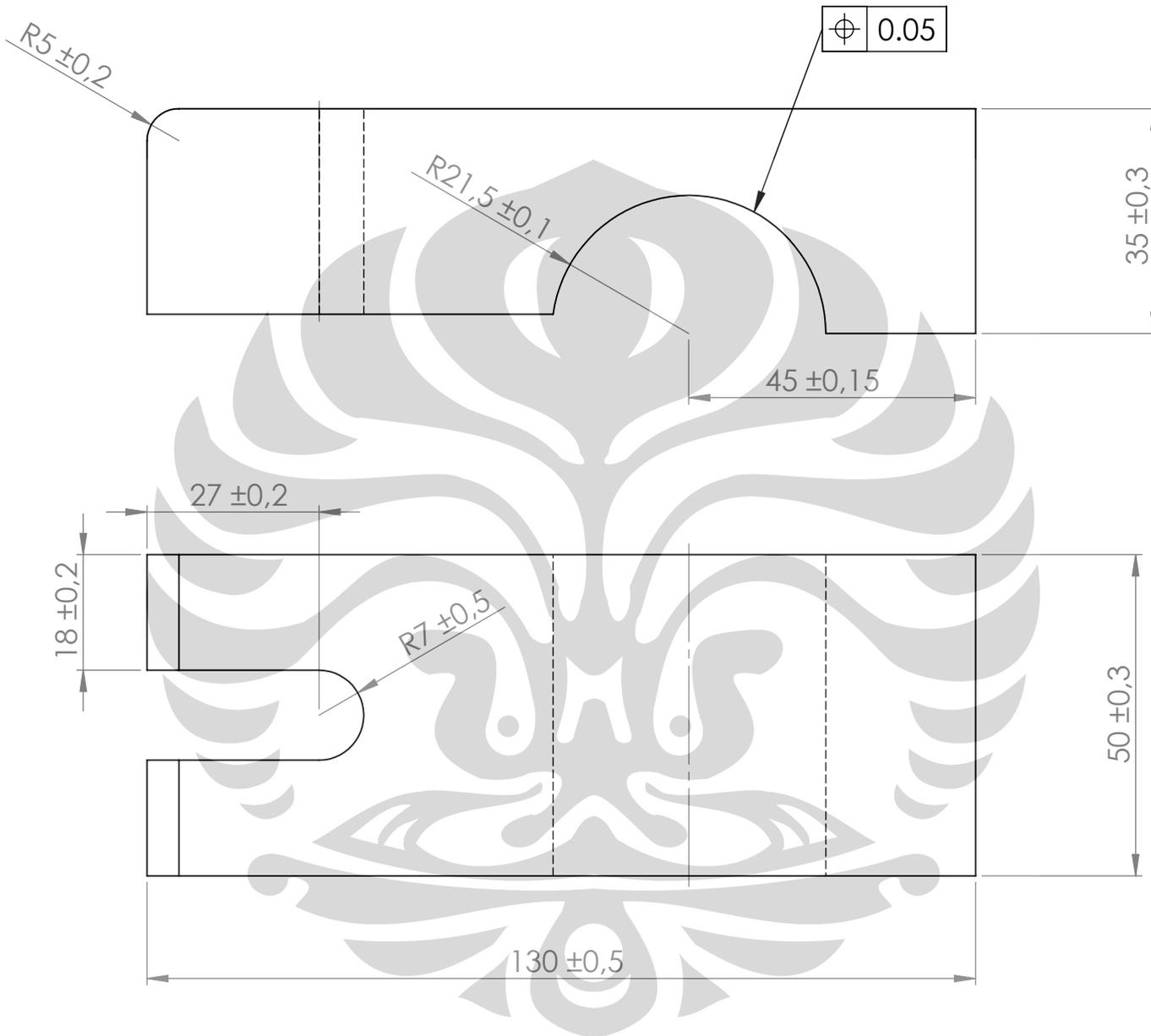
DISETUJUI : Ir. Hendri DSB, MEng

PERINGATAN

DTM FTUI

LOCATOR ATAS

A4



SKALA : 1:1
 SATUAN : mm
 TANGGAL : 18-06-10

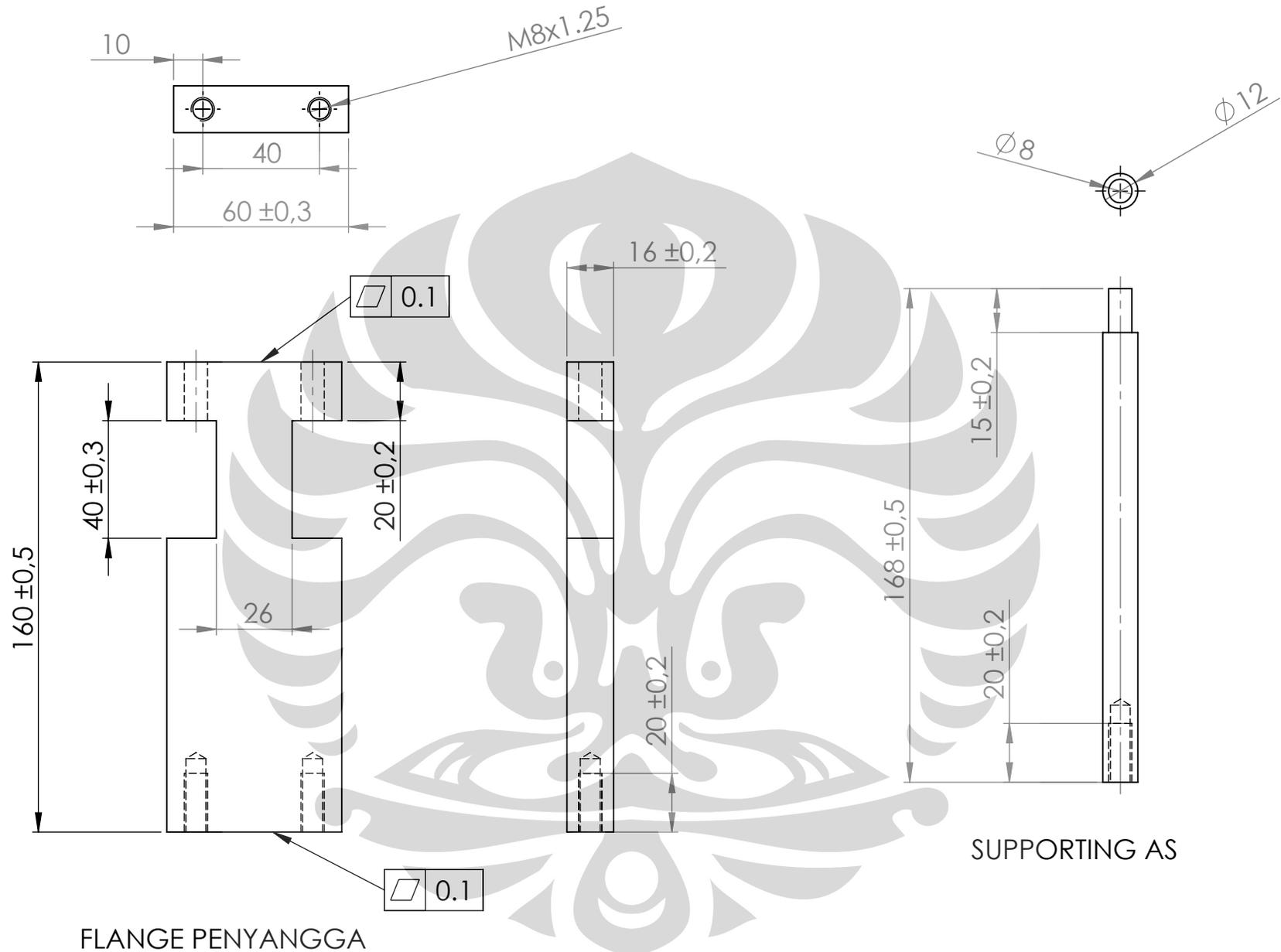
NAMA : Ferry Hartanto
 NPM : 0606029321
 DISETUJUI : Ir. Hendri DSB, MEng

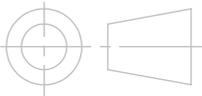
PERINGATAN

DTM FTUI

CLAMPER

A4



	SKALA : 1:2	NAMA : Ferry Hartanto	PERINGATAN
	SATUAN : mm	NPM : 0606029321	
	TANGGAL : 18-06-10	DISETUJUI : Ir. Hendri DSB, MEng	
DTM FTUI	FLANGE PENYANGGA DAN SUPPORTING AS		A4