



# GURU PEMBELAJAR

## MODUL PELATIHAN GURU

Program Keahlian : Teknik Mesin  
Paket Keahlian : Teknik Gambar Mesin  
Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)

KELOMPOK  
KOMPETENSI

# G

Profesional :

**GAMBAR RAKITAN 3D DENGAN CAD DAN TEKNIK PEMBUATAN GIGI**

Pedagogik :

**TEKNIK KOMUNIKASI EFEKTIF DALAM PEMBELAJARAN**

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

2016

Penulis:

1. Odi Fauzi, S.T., 0811219056, email: odifauzi@yahoo.com
2. Jata Budiman SST., MT., 081313144164, email: jata@polman-bandung.ac.id
3. Dr. Edison Ginting, M.M., 0817212762, email: gintngedison@yahoo.com
4. Drs. D. R. Willy Umboh, M.M., 08122036019, email: umbohwilly@yahoo.com

Penelaah:

1. Drs. Daulat Panjaitan, 08172313101, email: pjtn\_den@yahoo.com
2. Drs. Agung Riyanto, M.Eng., 082217214927, email: agriy\_63@yahoo.com
3. Drs. Miral Akbar, 08132543504, email: akbarmiral@yahoo.com
4. Dra. Kusmarini, M.Pd., 08112290061, email: k\_rien61@yahoo.com

*Copyright @ 2016*

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan  
Bidang Mesin dan Teknik Industri Bandung,  
Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

## KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar (GP) merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program guru pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, daring (online), dan campuran (blended) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk program Guru Pembelajar (GP) tatap muka dan GP online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program GP memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program GP ini untuk mewujudkan Guru Mulia karena Karya.

Jakarta, Februari 2016  
Direktur Jenderal  
Guru dan Tenaga Kependidikan,

**Sumarna Surapranata, Ph.D**  
**NIP. 19590801 198503 2 001**



## KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PKB bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PKB sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai jabatan Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PKB yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari *Subject Knowledge* dan *Pedagogical Knowledge* yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk *hard-copy*, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PKB ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Februari 2016  
Direktur Jenderal  
Guru dan Tenaga Kependidikan,

**Sumarna Surapranata, Ph.D**  
**NIP. 19590801 198503 2 001**



## DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN .....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xvi
I. PENDAHULUAN .....	1
Latar Belakang .....	1
B. Tujuan .....	1
C. Peta Pencapaian Kompetensi.....	2
□ Ruang Lingkup .....	5
C. Saran Penggunaan Modul .....	5
II. KEGIATAN PEMBELAJARAN .....	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: TEKNIK KOMUNIKASI EFEKTIF DALAM PEMBELAJARAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
A. Tujuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C. Uraian Materi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Bahan Bacaan 1: Pengantar Komunikasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Bahan Bacaan 2: Proses Terjadinya Komunikasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Bahan Bacaan 3: Teknik Mengatasi Hambatan Komunikasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Bahan Bacaan 4: Komunikasi Efektif.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Bahan Bacaan 5: Komunikasi Interpersonal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

a.	Pengertian Komunikasi Interpersonal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
b.	Tipe Pesan Interpersonal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
c.	Jenis Hubungan Komunikasi Interpersonal...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
d.	Model Hubungsn Komunikasi Interpersonal .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	Bahan Bacaan 6: Macam-macam Metode mengajar untuk Membangun Komunikasi efektif dengan peserta didik..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
D.	Aktivitas Pembelajaran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	Aktivitas 1 Diskusi Kelompok: Pengantar Idenfitikasi Isi Materi Pembelajaran. <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	Aktivitas 2 Diskusi dan Penggalian Informasi: Pengantar Komunikasi ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	Aktivitas 3: Teknik Komunikasi Efektif di Kelas .... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	Aktivitas 4: Komunikasi Effektif..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	Aktivitas 5: Komunikasi Interpersonal .....	
a.	Proses Interpersonal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
b.	Sifat Pasif, Asersif dan Agresif .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
c.	Studi Kasus .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	LEMBAR KERJA KB 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
E.	Rangkuman .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
F.	Tes Formatif (Per kegiatan pembelajaran. Berupa Tes Lisan, atau Tulisan, dan Perbuatan) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G.	Kunci Jawaban .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	Uji Kompetensi: .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	KEGIATAN BELAJAR KB-2: GIGI RACK LURUS DAN MIRING .....	7
A.	Tujuan .....	7
B.	IPK .....	7

C.	Uraian Materi.....	7
	Bahan Bacaan 1: RODA GIGI .....	158
	1. Pembuatan Roda Gigi .....	158
	2. Bagian-bagian utama roda gigi.....	159
	3. Proses frais roda gigi.....	164
	4. Pisau roda gigi ( <i>gear cutters</i> ).....	167
	5. Pemasangan benda kerja.....	170
	6. Menyetel pisau/ <i>cutter</i> .....	171
	7. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengefrais roda gigi .....	172
	Bahan Bacaan 2: GIGI RACK ( <i>RACK GEAR</i> ) .....	7
	1. Fungsi gigi rack .....	7
	2. Ukuran gigi rack .....	8
	3. Langkah-langkah pembuatan gigi rack .....	9
D.	Aktivitas Pembelajaran .....	16
	Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP).....	16
	Aktivitas 1: Perhitungan Gigi Rack ( <i>Rack Gear</i> ) (2 JP).....	17
	Aktivitas 2: Frais Gigi Rack Lurus1 (16JP).....	17
	Aktivitas 3: Frais Gigi Rack Lurus2 (16JP).....	18
	Aktivitas 4: Frais Gigi Rack Miring (16JP).....	19
E.	Rangkuman .....	31
F.	Tes Formatif .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G.	Kunci Jawaban .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	LEMBAR KERJA KB-2 .....	20
	KEGIATAN BELAJAR KB-3: GAMBAR PEMESINAN KOMPLEKS .....	33

A. Tujuan .....	33
B. IPK .....	33
C. Uraian Materi .....	33
Bahan Bacaan 1: Penyajian Benda-Benda Tiga Dimensi Gambar Proyeksi ...	173
1. Proyeksi Isometrik .....	174
2. Proyeksi Dimetri .....	176
3. Proyeksi Miring.....	177
4. Gambar Perspektif .....	177
Bahan Bacaan2: Penyajian Benda-Benda Dua Dimensi Gambar Proyeksi ....	179
Bahan Bacaan 3: Penyajian BendaTiga Dimensi Gambar Rakitan .....	33
1. Bottom up Design.....	33
2. Top Down Design.....	35
3. Kombinasi bottom up & top down .....	37
Bahan Bacaan 4: Mengatur Potongan Pada Suatu Gambar Rakitan.....	38
D. Aktivitas Pembelajaran .....	39
Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pebelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP).....	39
Aktivitas 1: Menggambar Kembali Model 2D Menjadi 3D (8 JP) .....	40
Aktivitas 2: Menyajikan Gambar Rakitan Pemesinan (8 JP) .....	42
E. Rangkuman .....	45
F. Tes Formatif .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G. Kunci Jawaban .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR KERJA KB-3 .....	43
KEGIATAN BELAJAR KB-4: GAMBAR RAKITAN 3D DENGAN CAD .....	47
A. Tujuan .....	47



B. IPK .....	47
C. Uraian Materi .....	47
Bahan bacaan: Gambar <i>Assembly</i> 3D dengan CAD .....	47
1. Top Down <i>Assembly</i> Modelling: .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. Bottom Up <i>Assembly</i> Modelling:.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. Middle Out <i>Assembly</i> Modelling: .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<i>Assembly</i> Constraints-Basic .....	48
1. Mate/Flush Constraint: .....	48
2. Angle Constraint:.....	48
3. Tangent Constraint:.....	49
4. Insert Constraint: .....	49
D. Aktivitas Pembelajaran .....	51
Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP).....	51
Aktivitas 1: Mengamati gambar Rakitan 3D (2 JP).....	51
Aktivitas 2: Menampilkan Gambar 3D Part 1 (2 JP) .....	53
Aktivitas 3. Menampilkan Gambar 3D Part 2 (3 JP) .....	55
Aktivitas 4. Menampilkan Gambar 3D Part 3 (4 JP) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Aktivitas 5. Menampilkan Gambar 3D Part 4 (5 JP) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Aktivitas 6. Menampilkan Gambar 3D Part 5 (6 JP) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Aktivitas 7: Merakit ( <i>Assembly</i> ) Gambar 3D (7 JP) .....	56
Aktivitas 8. Membuat Animate Gambar 3D <i>Assembly</i> (8 JP) .....	61
E. Rangkuman .....	68

F. TES FORMATIF .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G. Kunci Jawaban .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR KERJA KB-4 .....	66
KEGIATAN BELAJAR KB-5: MENENTUKAN TITIK BERAT MODEL 3D.....	70
A. Tujuan .....	70
B. IPK .....	70
C. Uraian Materi.....	70
Center Of Gravity 3D .....	70
E. Aktivitas Pembelajaran .....	74
Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP).....	74
Aktivitas 1 .....	74
F. Rangkuman .....	79
F. Tes Formatif .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G. Kunci Jawaban .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR KERJA KB-5 .....	77
KEGIATAN BELAJAR KB-6: TOOLPATH PADA LAYER CAM.....	80
A. Tujuan .....	80
B. IPK .....	80
C. Uraian Materi.....	80
Bahan Bacaan 1: Tampilan Dalam Software "Mastercam X" .....	80
Bahan Bacaan 2: Icon-Icon Yang Biasa Digunakan Untuk Menggambar Pada SoftwareMastercam X4 .....	83
Bahan Bacaan 3: Membuat Lintasan Alat Potong.....	89
1. Mendefinisikan parameter CAM .....	89

2.	Mengatur opsi file .....	91
3.	Mendefenisikan <i>stock model</i> .....	91
4.	Preview Toolpaths .....	101
D.	Aktivitas Pembelajaran .....	108
	Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pebelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP).....	108
	Aktivitas 1. Membuat Toolpath 2D (6 JP).....	109
	Aktivitas 2. Membuat Toolpath 3D (6 JP).....	110
E.	Rangkuman .....	111
F.	Tes Formatif .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G.	Kunci Jawaban .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	LEMBAR KERJA KB-6 .....	111
	KEGIATAN BELAJAR KB-7: KONVERSI DAN MODIFIKASI <i>TOOLPATH</i> KE KODE ASCII.....	118
A.	Tujuan .....	118
B.	IPK .....	118
C.	Uraian Materi.....	118
	Bahan Bacaan 1: Penggunaan Fungsi Simulasi Toolpath .....	118
	Bahan Bacaan 2: APT: Post-Processor .....	120
	Bahan Bacaan 3: Transfer Program ASCII Ke Mesin CNC.....	123
D.	Aktivitas Pembelajaran .....	129
	Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pebelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP).....	129
	Aktivitas 1. Menentukan Operasi Pemotongan 2D (6 JP) .....	130
	Aktivitas 2. Menentukan Operasi Pemotongan 3D (6 JP) .....	131

E. Rangkuman .....	137
F. Tes Formatif .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G. Kunci Jawaban .....	138
LEMBAR KERJA KB-7 .....	132
DAFTAR PUSTAKA .....	144



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Gigi rack lurus dan rack miring.....	7
Gambar 2.	Batang gigi rack bentuk silinder .....	8
Gambar 3.	Ukuran gigi rack.....	8
Gambar 4.	Dua macam <i>pitch</i> pada batang rack miring .....	9
Gambar 5.	Sudut kemiringan alur gigi.....	9
Gambar 6.	Pemasangan benda kerja untuk pengefraisan gigi rack .....	10
Gambar 7.	Ragum dan perlengkapan frais batang bergigi.....	11
Gambar 8.	Cara menggeser meja mesin .....	13
Gambar 9.	Rangkaian roda gigi.....	13
Gambar 10.	Contoh batang gigi rack lurus.....	14
Gambar 11.	Batang gigi yang berpasangan tepat.....	16
Gambar 12.	Gambar Tampilan Solidwork Awal .....	34
Gambar 13.	Gambar Tampilan Solidwork Awal .....	34
Gambar 14.	Gambar Tampilan Akhir .....	35
Gambar 15.	Gambar Tampilan file Machine Vice.....	36
Gambar 16.	Contoh Gambar Benda Rakitan .....	38
Gambar 17.	Alat Pencekam.....	40
Gambar 18.	Alat Pencekam.....	41
Gambar 19.	Mate/flush constraint.....	48
Gambar 20.	Angle constraint.....	49
Gambar 21.	Tangent constraint.....	49
Gambar 22.	Insert constraint .....	49

Gambar 23.	View Layer Assembly.....	50
Gambar 24.	<i>Center of gravity</i> pada seorang pengendara motor .....	70
Gambar 25.	Center of gravity pada gambar 2D .....	71
Gambar 26.	Gambar part 3D .....	71
Gambar 27.	Gambar part 3D dengan simbol center of gravity .....	72
Gambar 28.	Tabel phisycal.....	72
Gambar 29.	Detail tabel phisycal .....	72
Gambar 30.	Kolom solids pada menubar physical .....	73
Gambar 31.	kolom material pada menubar physical .....	73
Gambar 32.	kolom density pada menubar physical .....	73
Gambar 33.	kolom Requested Accuracy pada menubar physical .....	73
Gambar 34.	Kolom Center of Grafity pada menubar physical .....	73
Gambar 35.	Tampilan Mastercam X .....	80
Gambar 36.	Ribbon Bar.....	81
Gambar 37.	Status Bar .....	82
Gambar 38.	Toolpath dan Solid Manager .....	82
Gambar 39.	Dialog rectangular shapes option.....	85
Gambar 40.	Parameter Spiral.....	86
Gambar 41.	Parameter Helix .....	87
Gambar 42.	Jendela Relief Groove .....	87
Gambar 43.	Jendela bolt circle .....	88
Gambar 44.	Gambar Kerja Milling .....	89
Gambar 45.	Jendela pemilihan mesin.....	90
Gambar 46.	Jendela operation manager .....	90
Gambar 47.	Jendela pengubahan files .....	91

Gambar 48.	Tab Stock Model.....	92
Gambar 49.	Jendela pengaturan stock.....	92
Gambar 50.	Jendela pemilihan material dan alat potong .....	93
Gambar 51.	Tampilan Axis Koordinat .....	94
Gambar 52.	Jendela channing.....	95
Gambar 53.	Channing tool path.....	96
Gambar 54.	Arah <i>channing</i> .....	96
Gambar 55.	Toolpaths parameter.....	97
Gambar 56.	Jendela Parameter Pemotongan Kontur .....	98
Gambar 57.	Jendela lead in /out.....	99
Gambar 58.	Jendela counter parameters .....	100
Gambar 59.	Tampilan Toolpath .....	101
Gambar 60.	Toolpath Manager.....	101
Gambar 61.	Jendela <i>Backplot</i> .....	102
Gambar 62.	Backplot Options.....	102
Gambar 63.	Parameter Appearance.....	103
Gambar 64.	Model 3D .....	103
Gambar 65.	Machine Group Properties .....	104
Gambar 66.	Tab Stock Setup .....	104
Gambar 67.	Pemilihan surface rough-parallel.....	105
Gambar 68.	Pemilihan underfined ok-all entities ok.....	105
Gambar 69.	Menu surface parameter .....	106
Gambar 70.	Pengaturan menu <i>rough parallel</i> .....	106
Gambar 71.	Simulasi proses .....	107
Gambar 72.	Kondisi pemakanan <i>cutter ball nose</i> .....	107

Gambar 73.	Simulasi <i>Toolpath</i> .....	119
Gambar 74.	Machine Group Properties dialog box .....	121
Gambar 75.	Dialog box verifikasi .....	122
Gambar 76.	G Kode Yang Dihasilkan .....	123
Gambar 77.	Serial Transmisi RS232 .....	125
Gambar 78.	Diagram transfer data .....	126
Gambar 79.	Jendela <i>communication</i> .....	127
Gambar 80.	Contoh <i>generate toolpath</i> .....	128
Gambar 81.	Bagian-bagian Utama Roda Gigi.....	160
Gambar 82.	Proses frais roda gigi dengan mesin frais horizontal .....	164
Gambar 83.	Kepala pembagi.....	165
Gambar 84.	Kepala pembagi dan pengoperasiannya .....	166
Gambar 85.	Gear plain cutter (pisau gigi tipe plain) .....	167
Gambar 86.	Gear stocking cutter (pisau gigi tipe stocking) .....	168
Gambar 87.	Pemasangan benda kerja dengan mandrel.....	171
Gambar 88.	Mengukur dengan siku dan <i>micrometer</i> kedalaman .....	172
Gambar 89.	Jenis Proyeksi.....	173
Gambar 90.	Gambar Isometri .....	174
Gambar 91.	Proyeksi Isometri Dengan Posisi Normal .....	175
Gambar 92.	Proyeksi Isometri Dengan Posisi Terbalik .....	175
Gambar 93.	Proyeksi Isometri Dengan Posisi Horizontal.....	176
Gambar 94.	Proyeksi Dimetri.....	176
Gambar 95.	Proyeksi Miring .....	177
Gambar 96.	Perspektif Satu Titik (perspektif sejajar) .....	178
Gambar 97.	Perspektif Dua Titik (Perspektif Sudut).....	178



Gambar 98. Perspektif Tiga Titik (Perspektif Miring).....	178
Gambar 99. Urutan Penyajian Gambar Teknik .....	179
Gambar 100. Gambar Garis Bentuk Sebuah Pesawat Terbang.....	180
Gambar 101. Mate/flush constraint.....	182
Gambar 102. Angle constraint.....	182
Gambar 103. Tangent constraint.....	183
Gambar 104. Insert constraint .....	183
Gambar 105. View Layer Assembly.....	185
Gambar 106. Tabel dialog inplace component box.....	188
Gambar 107. Place component tool .....	191
Gambar 108. Place Constrain Dialog Box .....	197



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran utama roda gigi sistem modul .....	161
Tabel 2. Ukuran utama roda gigi sistem <i>diameteral pitch</i> .....	163
Tabel 3. Pemilihan nomor pisau sistem modul.....	169
Tabel 4. Satu set cutter modul dengan 15 nomor.....	169
Tabel 5. Satu set cutter modul sistem <i>diameter pitch</i> .....	170



## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kegiatan Guru Pembelajar (GP) adalah kegiatan keprofesian yang wajib dilakukan secara terus menerus oleh guru dan tenaga kependidikan agar kompetensinya terjaga dan terus ditingkatkan. Salah satu kegiatan GP adalah kegiatan Pengembangan Diri. Kegiatan Pengembangan diri meliputi kegiatan diklat dan kegiatan kolektif guru.

Agar kegiatan pengembangan diri optimal diperlukan modul-modul yang digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada kegiatan diklat fungsional dan kegiatan kolektif guru dan tenaga kependidikan lainnya. Modul diklat adalah substansi materi pelatihan yang dikemas dalam suatu unit program pembelajaran yang terencana guna membantu pencapaian peningkatan kompetensi yang didesain dalam bentuk *printed materials* (bahan tercetak). Penulisan modul didasarkan pada hasil peta modul dari masing-masing mapel. Terdiri dari grade A s.d. J.

Modul diklat disusun untuk membantu guru dan tenaga kependidikan meningkatkan kompetensinya, terutama kompetensi profesional. Modul tersebut digunakan sebagai sumber belajar (*learning resources*) dalam kegiatan pembelajaran tatap muka.

### B. Tujuan

Penggunaan modul dalam diklat GP dimaksudkan untuk mengatasi keterbatasan waktu, dan ruang peserta diklat, memudahkan peserta diklat belajar mandiri sesuai kemampuan, dan memungkinkan peserta diklat untuk mengukur atau mengevaluasi sendiri hasil belajarnya.

Target kompetensi dan hasil pembelajaran yang diharapkan dapat dicapai melalui modul ini yaitu kompetensi profesional pada grade G. Setelah mempelajari materi pembelajaran profesional tentang teknik mesin, guru kejuruan paket keahlian teknik gambar mesin diharapkan mampu:

1. Menggunakan teknik pengefraisan untuk membuat gigi rack.

2. Menyajikan gambar untuk pekerjaan pemesinan kompleks.
3. Menggunakan parametrik membuat gambar *assembly* 3D.
4. Menggunakan fungsi perintah dalam perangkat lunak CAD untuk memodifikasi *assembly constraints*.
5. Menggunakan fungsi perintah untuk menentukan titik berat model 3D (*center of gravity*).
6. Menerapkan *toolpath* pada *layer* CAM.
7. Mengkonversi dan memodifikasi *toolpath* ke kode ASCII.

### C. Peta Pencapaian Kompetensi

Melalui materi pembelajaran ini, *Saudara* akan melakukan tahapan kegiatan pembelajaran profesional pada grade G secara *one shoot training* dengan moda langsung (tatap muka). Bagan berikut memperlihatkan Diagram Alur Pencapaian Kompetensi Grade G.

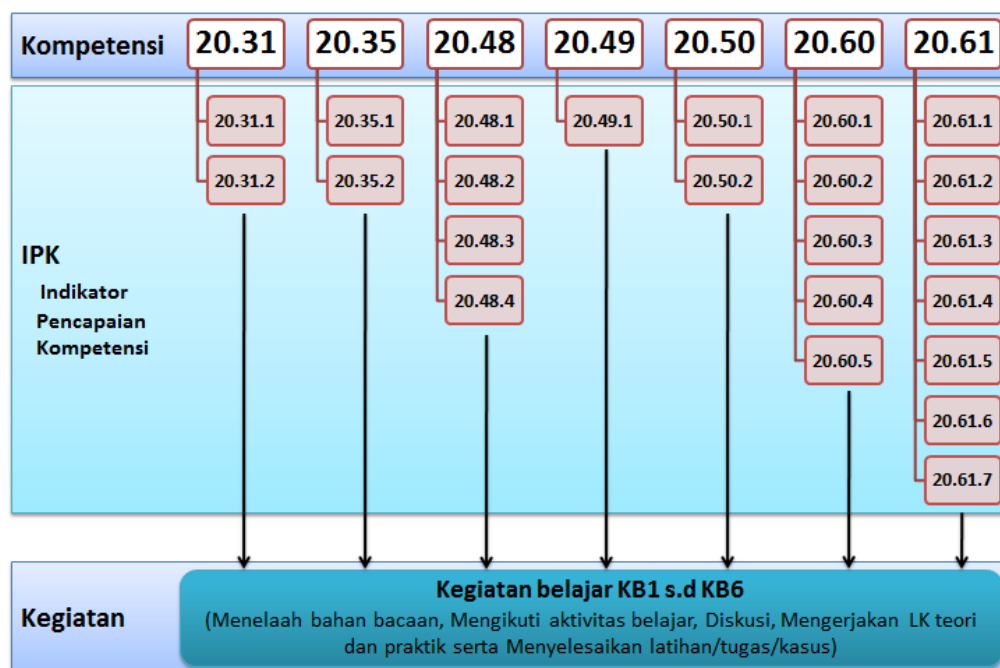


Diagram Alur Pencapaian Kompetensi Grade G

Keterangan:

- 20.31 : Menggunakan teknik pengefraisan untuk membuat gigi rack.
- 20.31.1 : Melakukan frais untuk membuat gigi rack lurus sesuai dengan standar kerja.
- 20.31.2 : Melakukan frais untuk membuat gigi rack miring sesuai dengan standar kerja.
- 20.35 : Menyajikan gambar untuk pekerjaan pemesinan kompleks.
- 20.35.1 : Membuat gambar rakitan kompleks sesuai dengan standar kerja
- 20.35.2 : Menyajikan gambar rakitan kompleks sesuai dengan standar kerja.
- 20.48 : Menggunakan parametrik membuat gambar *assembly* 3D
- 20.48.1 : Menjelaskan konsep gambar *assembly* menggunakan CAD 3D sesuai dengan SOP
- 20.48.2 : Memilih parametrik untuk mempersiapkan pembuatan gambar *assembly* sesuai dengan SOP
- 20.48.3 : Membuat gambar *assembly* dengan menggunakan parametrik CAD 3D sesuai dengan standar kerja
- 20.48.4 : Menganalisis parametrik untuk membuat gambar *assembly* melalui *assembly constraints* dianalisis sesuai dengan SOP. Membuat gambar *assembly* sesuai dengan standar kerja
- 20.49 : Menggunakan fungsi perintah dalam perangkat lunak CAD untuk me-modifikasi *assembly constraints*
- 20.49.1 : Menganalisis fungsi perintah modifikasi gambar *assembly* melalui *assembly constraints* sesuai dengan SOP. Memodifikasi gambar *assembly* sesuai dengan standar kerja.
- 20.50 : Menggunakan fungsi perintah dalam perangkat lunak CAD untuk memodifikasi *assembly constraints*
- 20.50.1 : Menganalisis fungsi perintah penentuan titik berat model 3D sesuai dengan SOP .

- 20.50.2 : Menggunakan fungsi perintah untuk menentukan titik beratmodel 3D (*center of gravity*).
- 20.60 : Menerapkan *toolpath* pada *layer* CAD.
- 20.60.1 : Menganalisis ikon/menu *toolpath* pada CAM.
- 20.60.2 : Menggunakan ikon atau menu *toolpath* untukmembentuklintasan alat potong sesuai kontur benda kerja.
- 20.60.3 : Menganalisis parameter alat potong.
- 20.60.4 : Menganalisis parameter kekasaran permukaan.
- 20.60.5 : Memverifikasi konfigurasi pemesinan dengan CNC.
- 20.61 : Mengkonversi dan memodifikasi *toolpath* ke kode ASCII.
- 20.61.1 : Menganalisis manejer operasi.
- 20.61.2 : Menganalisis *post processor*, sesuai keperluan.
- 20.61.3 : Mengganti *post* sesuai kebutuhan.
- 20.61.4 : Melakukan *post processing* sesuai SOP.
- 20.61.5 : Mengedit program CNC sesuai standar.
- 20.61.6 : Mengirimkan program CNC ke kontrol mesin sesuai SOP.
- 20.61.7 : Mencetak program CNC sesuai keperluan

Pada pembelajaran kompetensi profesional, *Saudara* akan mempelajari tentang proses pengefraisan gigi rack, gambar CAD (*Computer Aided Design*) 2D (dua dimensi) dan 3D (tiga dimensi) serta penggunaan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) yang terkait dengan mata pelajaran teknik mesin melalui beberapa kegiatan antara lain diskusi, menyelesaikan Lembar Kerja (Uji Pemahaman materi), dan melakukan Tugas Praktik. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 70 JP.

## D. Ruang Lingkup

Agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif, maka ruang lingkup penyajian materi pembelajaran dalam modul ini diorganisasikan menjadi 6 (enam) Kegiatan Belajar (KB), sebagai berikut.

Kegiatan Belajar 1 (satu) memuat sajian materi tentang pembuatan gigi rack lurus dan miring. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 1 ini berisi Bahan Bacaan tentang Gigi Rack (*Rack Gear*).

Kegiatan Belajar 2 (dua) memuat sajian materi tentang penyajian gambar pemesinan kompleks. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 2 ini, dibagi menjadi 2 (dua) Bahan Bacaan, yaitu (1) Penyajian benda 3D gambar rakitan, (2) Mengatur potongan pada suatu gambar rakitan.

Kegiatan Belajar 3 (tiga) memuat sajian materi tentang gambar model rakitan 3D. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 3 ini adalah Bahan Bacaan tentang Gambar *Assembly* 3D dengan CAD.

Kegiatan Belajar 4 (empat) memuat sajian materi tentang menentukan titik berat model 3D. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 4 ini adalah Bahan Bacaan tentang *Centre of Gravity* 3D.

Kegiatan Belajar 5 (lima) memuat sajian materi tentang *toolpath* pada layer CAM.

Kegiatan Belajar 6 (enam) memuat sajian materi tentang konversi dan modifikasi *toolpath* ke mode ASCII.

## E. Saran Penggunaan Modul

1. Materi pembelajaran utama Teknik Gambar Mesin ini berada pada tingkatan *grade* G. Materi profesional berisi bahan pembelajaran tentang proses pengefraisan gigi rack, gambar CAD (*Computer Aided Design*) 2D (dua dimensi) dan 3D (tiga dimensi) serta penggunaan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Materi pembelajaran dalam setiap Kegiatan Belajar, terbagi atas beberapa bagian, yaitu: Tujuan, IPK (Indikator Pencapaian Kompetensi), Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Tugas/Kasus, Rangkuman serta Umpan Balik

dan Tindak Lanjut. Uraian materi terbagi dalam beberapa Bahan Bacaan dan diikuti oleh Rincian aktivitas pembelajaran yang dilengkapi Lembar Kerja/Tugas Praktek.

2. Materi pembelajaran ini terkait dengan materi pembelajaran pada grade sebelumnya.
3. Waktu yang digunakan untuk mempelajari materi pembelajaran ini diperkirakan 70 JP.
4. Untuk memulai kegiatan pembelajaran, *Saudara* harus mulai dengan membaca Tujuan dan IPK, menyiapkan dokumen-dokumen yang diperlukan/ diminta, mengikuti tahap demi tahap kegiatan pembelajaran secara sistematis dan mengerjakan perintah-perintah kegiatan pembelajaran pada Lembar Kerja (LK) baik pada ranah pengetahuan dan keterampilan. Untuk melengkapi pengetahuan, *Saudara* dapat membaca bahan bacaan yang telah disediakan dan sumber-sumber lain yang relevan.





## KEGIATAN PEMBELAJARAN

### KEGIATAN BELAJAR KB-1: GIGI RACK LURUS DAN MIRING

#### A. Tujuan

Kegiatan belajar ini bertujuan agar peserta diklat memiliki pengetahuan tentang roda gigi secara umum dan keterampilan khusus dalam pembuatan roda gigi jenis gigi rack (*rack gear*).

#### B. IPK (Indikator Pencapaian Kompetensi)

- Melakukan frais untuk membuat *gigi rack* lurus sesuai dengan standar kerja.
- Melakukan frais untuk membuat *gigi rack* miring sesuai dengan standar kerja.

#### C. Uraian Materi

#### Bahan Bacaan 1: GIGI RACK (*RACK GEAR*)

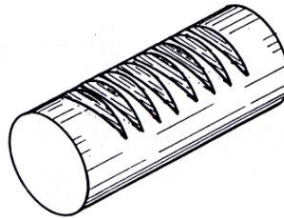
##### 1. Fungsi gigi rack



Gambar 1. Gigi rack lurus dan rack miring

Gigi rack (*rack gear*) adalah batang bergigi yang berfungsi sebagai transmisi untuk mengubah gerak lurus menjadi gerak putar atau sebaliknya. Contoh pemakaian gigi rack terdapat pada mesin bor tegak, mesin bubut dan lain-lain. Pada pemakaiannya gigi rack selalu berpasangan dengan roda gigi lurus atau miring (*pinion gear*). Alur

pada gigi rack ada yang lurus dan juga ada yang miring (gambar 1.1) terhadap sumbu melintang batang.

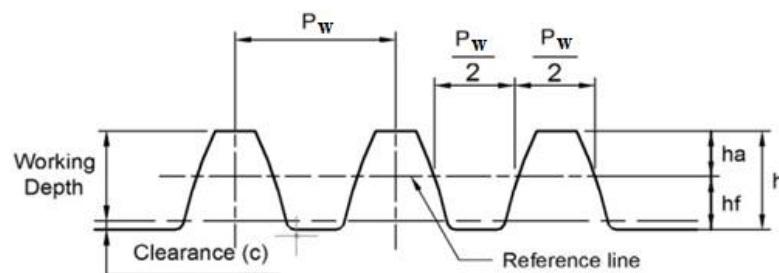


**Gambar 2. Batang gigi rack bentuk silinder**

Bentuk batang dari gigi rack ada yang berbentuk balok dan ada pula yang berbentuk silinder (gambar 1.2). Gigi rack biasanya digunakan pada kecepatan yang lambat atau kecepatan putaran tangan.

## 2. Ukuran gigi rack

Standar ukuran gigi rack sama dengan standar ukuran roda gigi, karena gigi rack selalu berpasangan dengan roda gigi, atau dapat dikatakan rack adalah roda gigi dengan radius tak terhingga. Di sini jarak antara pusat dua gigi (*pitch*) yang berdekatan pada garis tusuk aksial (*axial pitch*) =  $P_w$ . Bila tusuk pada roda gigi pinion (*transverse pitch*) =  $p_t$ , maka:  $P_w = p_t = m \cdot \pi$ . Gambar 1.3 menunjukkan ukuran-ukuran gigi rack.



**Gambar 3. Ukuran gigi rack**

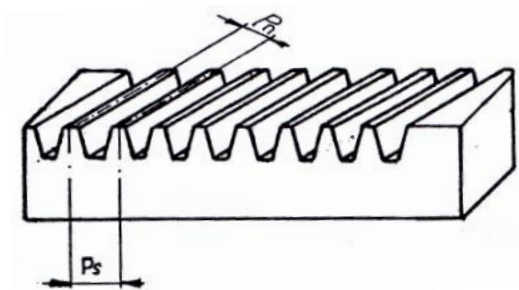
Pada sistem *diametral pitch*, *pitch* dapat dihitung dengan rumus:

$$P_w = \pi / DP$$

Dalam pembuatan gigi rack miring, terdapat dua macam *pitch* (gambar 1.4) yaitu:

- Pitch normal ( $P_n$ )

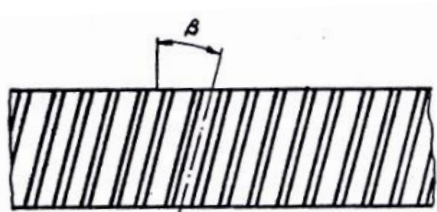
- Pitch yang diukur sejajar sumbu batang ( $P_s$ )



Gambar 4. Dua macam *pitch* pada batang rack miring

Besarnya *pitch* yang diukur sejajar sumbu batang adalah:

$P_s = \frac{P_n}{\cos \beta}$ , di mana  $\beta$  adalah sudut kemiringan dari alur gigi pada batang rack (lihat gambar 1.5).



Gambar 5. Sudut kemiringan alur gigi

### 3. Langkah-langkah pembuatan gigi rack

Untuk pengefraisan gigi rack diperlukan langkah-langkah tertentu agar pembuatan gigi yang dikerjakan pada mesin frais sesuai dengan rencana yang ditentukan. Langkah-langkah pembuatan gigi rack meliputi:

- a. Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
- b. Pemasangan benda kerja
- c. Pemilihan, pemasangan dan *setting* pisau frais
- d. Penentuan *pitch* dan kedalaman pemotongan
- e. Pemotongan

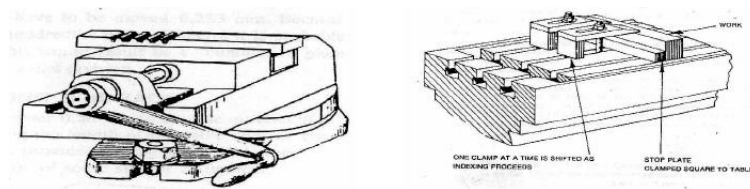
### a. Penyiapan Benda kerja

Proses pembuatan gigi rack merupakan kelanjutan dari pekerjaan frais terutama dalam membuat bahan dasarnya (*blank*). Oleh karena itu diperlukan langkah cermat dalam menyiapkan bahan dasar melalui proses frais. Dalam proses pembuatan bahan awal rack, faktor penting yang harus diperhatikan adalah kerataan, kelurusan dan ketegaklurusan masing-masing bidang. Ukuran bahan awal dari gigi rack sangat tergantung dari fungsi dan kegunaannya, sehingga dimungkinkan variasi yang amat banyak. Untuk pembuatan roda gigi rack dapat digunakan mesin frais horizontal maupun universal. Mesin tersebut harus dilengkapi dengan beberapa kelengkapan antara lain:

- Pisau frais dengan modul yang sama dengan modul giginya,
- Alat-alat penjepit, klem dan alat-alat pembawa,
- Kepala pembagi dan kelengkapan *gear box*,
- Alat-alat ukur, jangka sorong, penyiku dan lainnya, dan
- Blok gores dan semacamnya.

### b. Pemasangan Benda Kerja

Dalam pengefraisan gigi rack, pencekaman benda kerja dapat dilakukan dengan menjepit benda kerja pada ragum, menggunakan *fixture* dan dapat pula diklem langsung di meja mesin. Pada pencekaman dengan ragum, benda kerja dicekam melintang sebesar 90° terhadap meja. Sedangkan untuk pengefraisan dalam jumlah banyak dapat dilakukan dengan menggunakan *fixture* guna mengurangi waktu *setting*. Pencekaman dengan klem dapat dilakukan dengan dua klem yang diikatkan pada alur T meja mesin frais.



Dicekam di Ragum

Diklem Langsung

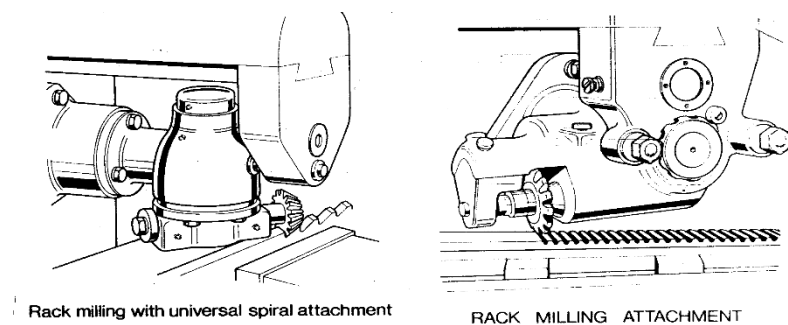
**Gambar 6. Pemasangan benda kerja untuk pengefraisan gigi rack**

- 1) Mengefrais batang bergigi yang berukuran pendek.

Bila batang bergigi lebih pendek daripada pergeseran meja melintang (*cross slide*), maka benda kerja dapat dipasang (dijepit) dengan ragum mesin. Untuk pembagiannya digunakan skala pada *cross slide* dan apabila menghendaki lebih teliti lagi dapat digunakan jam ukur (*dial indicator*).

- 2) Mengefrais batang bergigi yang panjang

Bila batang bergigi lebih panjang daripada pergeseran melintang, maka benda kerja dipasang memanjang sepanjang meja frais dan diklem. Pisau frais dipasang pada *rack milling attachment* (perlengkapan frais rack). Di sini pembagiannya dengan menggunakan pergeseran memanjang (*longitudinal slide*).



**Gambar 7. Ragum dan perlengkapan frais batang bergigi (Rack milling attachment and vice)**

- 3) Mengefrais batang bergigi dengan kepala pembagi

Bila nilai *axial pitch* ( $P_w$ ) menghasilkan angka desimal yang banyak dan tidak memungkinkan untuk dibulatkan, maka pergeseran meja mesin dilakukan dengan bantuan kepala pembagi. Rangkaian roda gigi digunakan untuk menghubungkan kepala pembagi dengan poros transportir mesin frais.

### c. Pemilihan, pemasangan dan penyetingan pisau frais

Dalam pemilihan, pemasangan dan penyetingan pisau frais pada proses pengefraisan gigi rack pada dasarnya sama dengan pemilihan, pemasangan maupun penyetingan pisau pada pengefraisan roda gigi lurus.

#### d. Penentuan kedalaman pemotongan

Kedalaman pemotongan harus ditentukan dan merupakan bahan pertimbangan dalam menyetel pisau frais. Pada umumnya kedalaman pemotongan untuk sistem modul dan *diametral pitch* dapat dihitung sebagai berikut:

- Kedalaman pemotongan untuk sistem modul =  $2,25 \times \text{modul}$
- Kedalaman Pemotongan sistem *diametral pitch* =  $2,157/DP$

Cara menyetel kedalaman pemotongan:

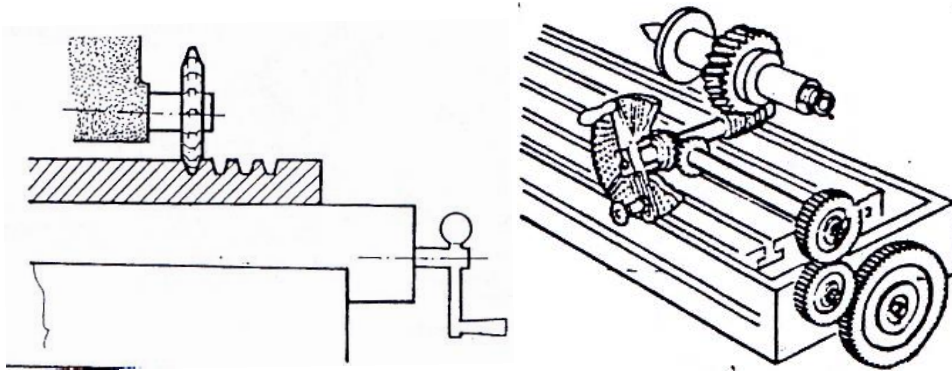
- 1) Gerakkan meja hingga benda kerja yang telah dicekam pada tempat yang akan disayat berada pada posisi tengah di bawah pisau,
- 2) Tempelkan kertas tipis yang telah dibasahi pada permukaan benda kerja,
- 3) Hidupkan mesin hingga pisau frais berputar dan siap menyayat,
- 4) Dekatkan benda kerja menuju pisau frais hingga menyentuh kertas tipis,
- 5) Bila pisau telah menyentuh kertas tipis, hentikan mesin dan setinglah ukuran pada angka nol,
- 6) Bebaskan benda kerja dengan menggerakkan lurus dan naikan sesuai kedalaman yang disyaratkan, dan
- 7) Lakukan pemakanan hingga tercapai kedalaman yang ditentukan dan jumlah gigi yang ditentukan.

#### e. Pemotongan Gigi

Setelah pemasangan benda kerja, pengecekan kelurusan pahat, penentuan *speed dan feed, setting* dalam pemotongan, siap maka langkah selanjutnya adalah operasional pemotongan. Langkah operasinya adalah sebagai berikut:

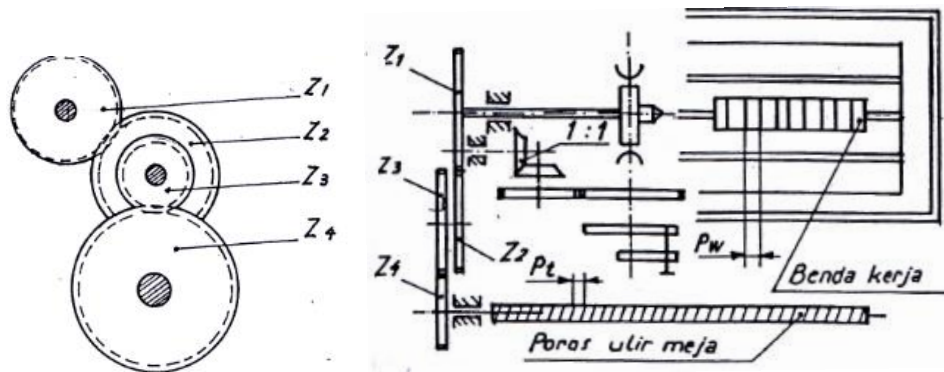
- 1) Sayatlah gigi pertama dengan pemakanan otomatis dan aturlah langkah meja sehingga akan berhenti apabila pahat telah sampai di ujung benda kerja,
- 2) Setelah satu kali penyayatan telitilah ketepatan profil maupun ketepatan ukuran agar dapat dilakukan perbaikan bila masih kurang, dan
- 3) Lakukan pemakanan pada gigi ke kedua dan selanjutnya hingga selesai.

Proses pengefraisan batang gigi rack, pembagian pemotongannya dapat dilakukan dengan menggeser meja sejauh  $\pi.m$ . Pergeseran dilakukan dengan cara memutar langsung *spindle* meja mesin.



**Gambar 8. Cara menggeser meja mesin**

Selain itu menggerakkan meja untuk pergeseran dapat juga dilakukan dengan menggunakan kepala pembagi yang dihubungkan ke *spindle* meja mesin dengan perantara rangkaian roda gigi (lihat gambar 1.9).



**Gambar 9. Rangkaian roda gigi**

Pada metode pergerakan meja menggunakan kepala pembagi, roda gigi transmisiya harus disesuaikan dengan hasil perhitungan. Adapun perhitungan rangkaian roda giginya (gambar 1.9) sebagai berikut:

$$R = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{\text{Penggerak}}{\text{Digerakkan}}, R = \frac{i \cdot P_w}{nk \cdot Pt} = \frac{\text{Penggerak}}{\text{Digerakkan}}$$

Sebagai pemeriksaan,  $P_w = \frac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot nk \cdot Pt}{Z_2 \cdot Z_4 \cdot i}$

Di mana:

Pw= pitch benda kerja

i = rasio kepala pembagi

R = rasio roda gigi

nk = jumlah putaran engkol

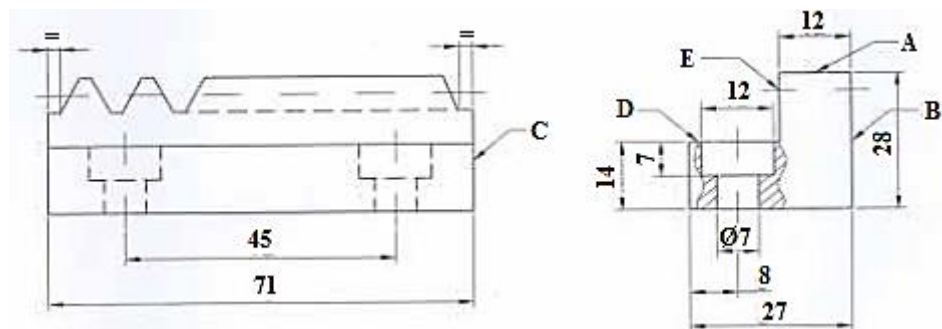
Pt = pitch poros transportir

Jumlah putaran engkol untuk setiap pergeseran (nk), dipilih berdasarkan roda gigi yang tersedia.

### Contoh operasi pemotongan

Untuk memotong gigi rack lurus pada mesin frais seperti yang dicontohkan berikut ini:

Pelajari gambar kerja (gambar 1.10), misalnya diketahui sebuah gigi rack lurus dengan panjang (L)= 71mm, dan modulnya (m) 1,5.



**Gambar 10. Contoh batang gigi rack lurus**

Maka ukuran-ukuran yang lain dapat direncanakan sebagai berikut, termasuk agar sisa gigi sisi kanan dan kiri sama.

- Besarnya aksial pitch  $P_w = \pi \cdot m$   
 $= 3,14 \cdot 1,5$   
 $= 4,71 \text{ mm}$
- Kedalaman gigi (h)=  $h_a + h_f$   
 $= (1 \cdot 1,5) + (1,2 \cdot 1,5)$



= 3,3 mm

- Jumlah gigi sepanjang 71 mm adalah:

$$z = \frac{L}{\pi \cdot m} = \frac{71}{3,14 \cdot 1,5} = 15,0743 \text{ gigi}$$

- Jadi sisa gigi adalah =  $0,0743 \cdot (\pi \cdot m)$   
= 0,35 mm

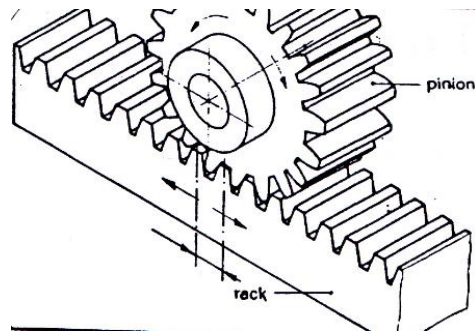
- Untuk mendapatkan sisa gigi yang sama, bila tebal pisaunya adalah 4 mm maka:

$$X = \frac{0,35 + 4}{2} = 2,175 \text{ mm}$$

- Pisau yang digunakan adalah nomor 8.

- 1) Persiapkan peralatan dan perlengkapan yang diperlukan untuk pembuatan roda gigi lurus.
- 2) Pasang blank gigi rack pada ragum yang telah terpasang sebelumnya.
- 3) *Setting* pisau pada sisi benda kerja, dan selanjutnya geser pisau sebesar  $X = 2,175$  mm.
- 4) Atur kedalaman pemakanan sebesar 3,3 mm.
- 5) Setelah posisi *cutter* pada posisi yang benar, lakukan pemotongan pada gigi pertama.
- 6) Berikutnya lakukan pemotongan gigi kedua dengan menggeser meja sebesar 4,71 mm.
- 7) Ukurlah tebal gigi dengan *gear tooth vernier*, bila ternyata ada kekurangan atur kembali *depth of cut* (h).
- 8) Kemudian lakukan kembali pemotongan hingga selesai dengan menggunakan gerakan meja secara otomatis/manual.

Hasil batang gigi yang baik adalah yang tepat terhadap pasangannya atau *gauge*-nya (gambar 1.11)



Gambar 11. Batang gigi yang berpasangan tepat

#### D. Aktivitas Pembelajaran

##### Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok *Saudara* untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran “gigi rack lurus dan miring”? Sebutkan!
2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00** pada Kegiatan Belajar KB-1. Jika *Saudara* bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka *Saudara* bisa melanjutkan pembelajaran dengan melakukan aktivitas 1.

## Aktivitas 1: Perhitungan Gigi Rack (*Rack Gear*) (2 JP)

*Saudara* diminta untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut yang berkaitan dengan perhitungan-perhitungan batang gigi rack.

1. Tentukan pergeseran meja mesin dengan memutar spindle meja jika akan dibuat gigi rack lurus dengan modul ( $m$ ) = 2!
2. Hitunglah kedalaman gigi untuk soal no. 1 di atas!
3. Tentukan pergeseran meja mesin dengan memutar spindle meja jika akan dibuat gigi rack miring dengan modul ( $m$ ) = 3!
4. Tentukan rangkaian roda gigi untuk pengefraisan gigi rack lurus jika diketahui:  
 $m = 1$   
 $P_w = 3,14$   
 $P_t = 6 \text{ mm}$   
 $i = 40$
5. Jika akan dibuat sebuah gigi rack lurus dengan panjang ( $L$ )= 100 mm, dan modulnya ( $m$ ) 2, tentukan:
  - a. Axial pitch ( $P_w$ )
  - b. Kedalaman gigi ( $h$ )
  - c. Jumlah gigi sepanjang 100 mm
  - d. Jika ada gigi sisa, berapa panjang gigi tersebut!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-01** pada Kegiatan Belajar KB-1. Jika *Saudara* bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka *Saudara* bisa melanjutkan pembelajaran dengan melakukan aktivitas 2.

## Aktivitas 2: Frais Gigi Rack Lurus 1 (16JP)

Setelah *Saudara* berlatih menghitung dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini *Saudara* akan mendiskusikan bagaimana melakukan proses frais untuk gigi rack lurus. Untuk kegiatan ini *Saudara* harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang harus *Saudara* persiapkan untuk memulai proses frais gigi rack lurus?
2. Peralatan mesin frais apa saja yang harus *Saudara* persiapkan?

3. Mengapa *Saudara* menyiapkan peralatan-peralatan seperti jawaban soal no. 2 di atas?
4. Bagaimana cara memasang benda kerja (bakal gigi rack) pada mesin frais?
5. Bagaimana cara melakukan penyetelan pisau frais pada mesin untuk memotong gigi rack lurus?
6. Hitunglah pergeseran meja ( $P_w$ ) jika akan dibuat gigi rack lurus dengan modul 1,75, pitch poros transportir ( $P_t$ ) = 6 mm, rasio kepala pembagi ( $i$ ) =40!

*Saudara* dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

Untuk memperkuat pemahaman *Saudara* tentang tata cara melakukan proses frais gigi rack lurus, bacalah Bahan Bacaan 1 pada KB-1 tentang Gigi Rack (*Rack Gear*) kemudian melaksanakan Aktivitas Praktek dengan menggunakan **LK-02.P** pada Kegiatan Belajar KB-1.

### **Aktivitas 3: Frais Gigi Rack Lurus2 (16JP)**

Setelah *Saudara* berlatih bagaimana melakukan proses frais gigi rack lurus 1, selanjutnya pada aktivitas 3 ini *Saudara* diminta untuk berdiskusi bagaimana melakukan proses frais gigi rack lurus dengan menggunakan kepala pembagi. Untuk kegiatan ini *Saudara* harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Apa yang harus *Saudara* persiapkan untuk memulai proses frais gigi rack lurus dengan menggunakan kepala pembagi?
2. Perhitungan apa saja yang harus anda lakukan sebelum melakukan proses frais gigi rack lurus dengan menggunakan kepala pembagi?
3. Bagaimana cara memasang dan menyetel kepala pembagi di meja mesin frais?
4. Hitunglah pergeseran meja ( $P_w$ ) jika akan dibuat gigi rack lurus dengan modul 1.5, pitch poros transportir ( $P_t$ ) = 6 mm, rasio kepala pembagi ( $i$ ) =40!
5. Tentukan susunan roda gigi yang harus disiapkan untuk soal no. 4 dan tentukan putaran engkol kepala pembagi ( $n_k$ )?

*Saudara* dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**.

Untuk memperkuat pemahaman *Saudara* tentang tata cara melakukan proses frais gigi rack lurus dengan menggunakan kepala pembagi, bacalah Bahan Bacaan 1

pada KB-1 tentang Gigi Rack (*Rack Gear*) kemudian melaksanakan Aktivitas Praktek dengan menggunakan **LK-03.P** pada Kegiatan Belajar KB-1.

#### **Aktivitas 4: Frais Gigi Rack Miring (16JP)**

Setelah *Saudara* berlatih bagaimana melakukan proses frais gigi rack lurus 1 dan 2 selanjutnya pada aktivitas 4 ini *Saudara* diminta untuk berdiskusi bagaimana melakukan proses frais gigi rack miring dengan menggunakan kepala pembagi. Untuk kegiatan ini *Saudara* harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang harus *Saudara* persiapkan untuk memulai proses frais gigi rack miring dengan menggunakan kepala pembagi?
2. Perhitungan apa saja yang harus anda lakukan sebelum melakukan proses frais gigi rack miring dengan menggunakan kepala pembagi?
3. Hitunglah pergeseran meja ( $P_w$ ) jika akan dibuat gigi rack miring dengan modul 1.25, pitch poros transportir ( $P_t$ ) = 6 mm, sudut kemiringan alur gigi ( $\beta$ ) =  $45^\circ$  dan rasio kepala pembagi ( $i$ ) = 40!
4. Tentukan susunan roda gigi yang harus disiapkan untuk soal no. 3 dan tentukan putaran engkol kepala pembagi ( $n_k$ )?

*Saudara* dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**.

Untuk memperkuat pemahaman *Saudara* tentang tata cara melakukan proses frais gigi rack miring dengan pembagian langsung, bacalah Bahan Bacaan 1 pada KB-1 tentang Gigi Rack (*Rack Gear*) kemudian melaksanakan Aktivitas Praktek dengan menggunakan **LK-04.P** pada Kegiatan Belajar KB-1.

## LEMBAR KERJA KB-1

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh Saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran “gigi rack lurus dan miring”? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

2. Bagaimana Saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....  
.....  
.....

3. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh Saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

4. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh Saudara sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

LK - 01

1. Tentukan pergeseran meja mesin dengan memutar spindle meja jika akan dibuat gigi rack lurus dengan modul (m) = 2!

.....  
.....  
.....

2. Hitunglah kedalaman gigi untuk soal no. 1 di atas!

.....  
.....  
.....

3. Tentukan pergeseran meja mesin dengan memutar spindle meja jika akan dibuat gigi rack miring dengan modul (m) = 3!

.....  
.....  
.....

4. Tentukan rangkaian roda gigi untuk pengefraisan gigi rack lurus jika diketahui:  
m = 1, Pw = 3,14, Pt = 6 mm, l = 40

.....  
.....  
.....

5. Jika akan dibuat sebuah gigi rack lurus dengan panjang (L)= 100 mm, dan modulnya (m) 2, tentukan:

- a. Axial pitch (Pw)
- b. Kedalaman gigi (h)
- c. Jumlah gigi sepanjang 100 mm
- d. Jika ada gigi sisa, berapa panjang gigi tersebut!

.....  
.....  
.....

LK - 02

1. Apa yang harus *Saudara* persiapkan untuk memulai proses frais gigi rack lurus?

.....  
.....  
.....

2. Peralatan mesin frais apa saja yang harus *Saudara* persiapkan?

.....  
.....

3. Mengapa *Saudara* menyiapkan peralatan-peralatan seperti jawaban soal no. 2 di atas?

.....  
.....  
.....

4. Bagaimana cara memasang benda kerja (bakal gigi rack) pada mesin frais?

.....  
.....  
.....

5. Bagaimana cara melakukan penyetelan pisau frais pada mesin untuk memotong gigi rack lurus?

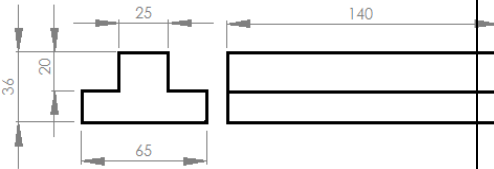
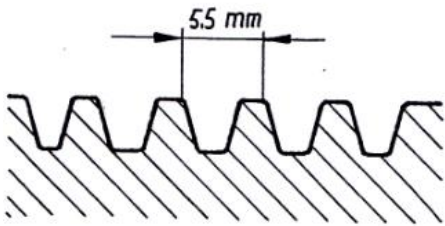
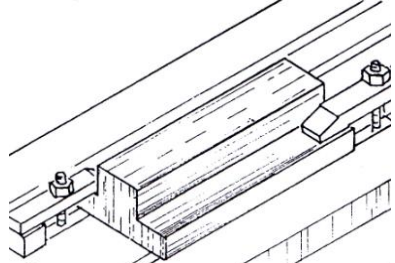
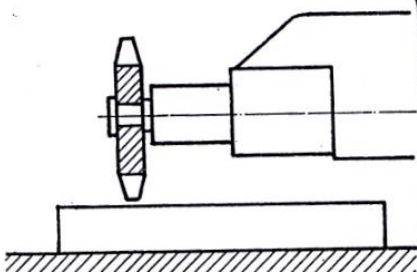
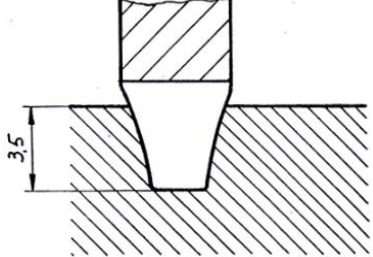
.....  
.....  
.....

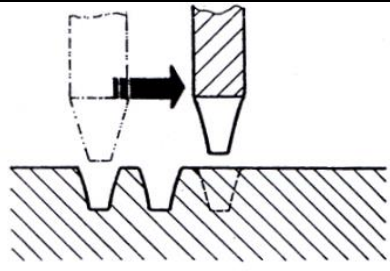
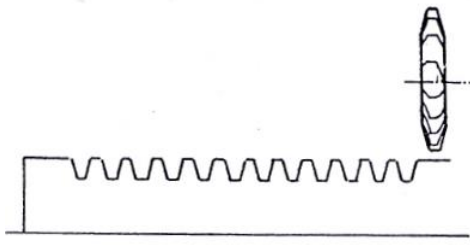
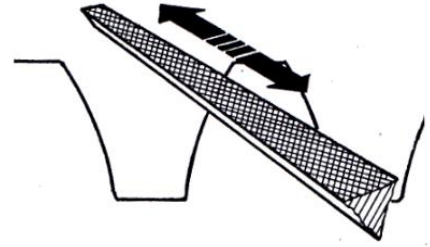
6. Hitunglah pergeseran meja ( $P_w$ ) jika akan dibuat gigi rack dengan modul 1,75, pitch poros transportir ( $P_t$ ) = 6 mm, rasio kepala pembagi ( $i$ ) =40!

.....  
.....  
.....



### Frais Gigi Rack Lurus modul 1,75 (pembagian langsung)

<p>1. Siapkan bakal gigi rack ukuran seperti pada gambar disamping. Ukuran luar 36 x 65 x 140 mm</p>	
<p>2. Hitung nilai <math>P_w = \pi \cdot M</math>  <math>= 3,14 \times 1,75</math>  <math>= 5,495</math>  <math>= 5,5 \text{ mm}</math></p>	
<p>3. Siapkan mesin frais universal, pasang benda kerja pada meja mesin dan pasang pisau frais modul 1,75.</p>	
<p>4. Atur posisi pisau frais terhadap benda kerja tepat pada alur gigi yang akan dipotong pertama kali.</p>	
<p>5. Lakukan pemotongan hingga kedalaman  <math>= 2,2 \times \text{modul}</math>  <math>= 2,2 \times 1,75</math>  <math>= 3,5 \text{ mm}</math></p>	

<p>6. Angkat pisau frais, geser benda kerja sepanjang 5,5 mm.</p>	
<p>7. Lakukan pemotongan kedua dan selanjutnya dengan cara yang sama dengan pemotongan pertama.</p>	
<p>8. Setelah selesai pemotongan sejumlah alur gigi yang diinginkan, hilangkan bagian tajam semua sudut gigi dengan kikir segitiga.</p>	

LK - 03

1. Apa yang harus *Saudara* persiapkan untuk memulai proses frais gigi rack lurus dengan menggunakan kepala pembagi?

.....  
.....  
.....

2. Perhitungan apa saja yang harus anda lakukan sebelum melakukan proses frais gigi rack lurus dengan menggunakan kepala pembagi?

.....  
.....  
.....

3. Bagaimana cara memasang dan menyetel kepala pembagi di meja mesin frais?

.....  
.....  
.....

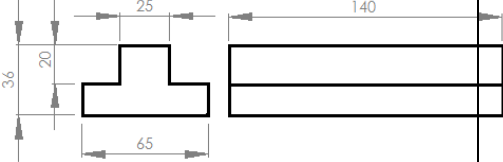
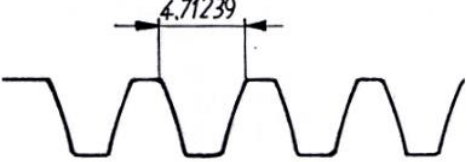
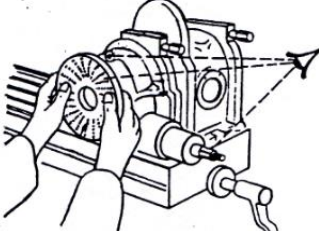
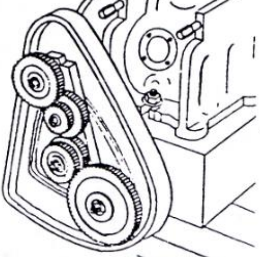
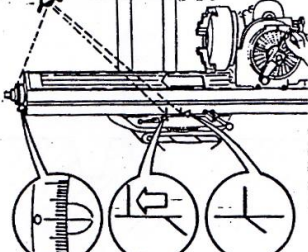
4. Hitunglah pergeseran meja ( $P_w$ ) jika akan dibuat gigi rack lurus dengan modul 1.5, pitch poros transportir ( $P_t$ ) = 6 mm, rasio kepala pembagi ( $i$ ) =40!

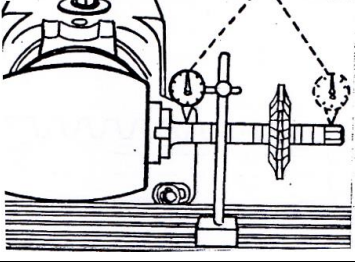
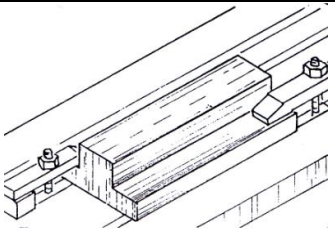
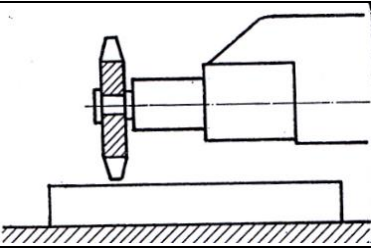
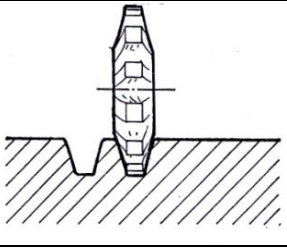
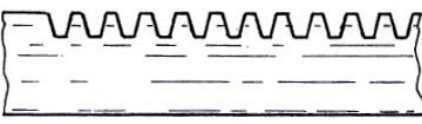
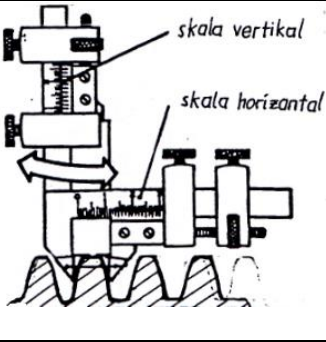
.....  
.....  
.....

5. Tentukan susunan roda gigi yang harus disiapkan untuk soal no. 4 dan tentukan putaran engkol kepala pembagi ( $n_k$ )?

.....  
.....  
.....

### Frais Gigi Rack Lurus modul 1,5 (pembagian dengan kepala pembagi)

<p>1. Siapkan bakal gigi rack ukuran seperti pada gambar disamping. Ukuran luar 36 x 65 x 140 mm</p>	
<p>2. Hitung nilai <math>P_w = \pi \cdot M</math>  <math>= 3,14 \times 1,5</math>  <math>= 4,71239 \text{ mm}</math>      Karena hasilnya tidak bisa dibulatkan, maka pembagian harus menggunakan kepala pembagi.</p>	
<p>3. Pasang kepala pembagi universal pada mesin frais universal dan siapkan perkakas lainnya..</p>	
<p>4. Pasang kotak roda gigi dan susun roda gigi sesuai hasil perhitungan.</p>	
<p>5. Periksa perbandingan putaran nk terhadap <math>P_w</math>.  <math>n_k = P_w</math> (sesuai perhitungan)</p>	

<p>6. Pasang pisau frais modul 1,5. Periksa keseajarannya terhadap meja. Atur putaran mesin.</p>	
<p>7. Cekam benda kerja yang sudah dipersiapkan dengan klem atau ragum.</p>	
<p>8. Atur posisi pisau frais terhadap benda kerja tepat pada bagian yang akan disayat. Lakukan penyayatan hingga kedalaman 2,2 x m.</p>	
<p>9. Setelah penyayatan alur pertama selesai, geser benda kerja sejauh Pw dengan memutar engkol = nk. Lakukan penyayatan kedua.</p>	
<p>10. Lakukan penyayatan ketiga dan seterusnya hingga jumlah gigi yang diinginkan.</p>	
<p>11. Periksa hasil pengefraisan gigi rack.</p>	

LK-04

1. Apa yang harus *Saudara* persiapkan untuk memulai proses frais gigi rack miring dengan menggunakan kepala pembagi?

.....  
.....  
.....

2. Perhitungan apa saja yang harus anda lakukan sebelum melakukan proses frais gigi rack miring dengan menggunakan kepala pembagi?

.....  
.....  
.....

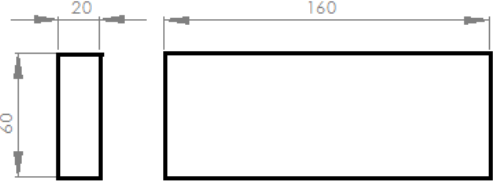
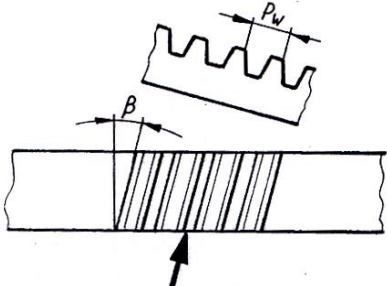
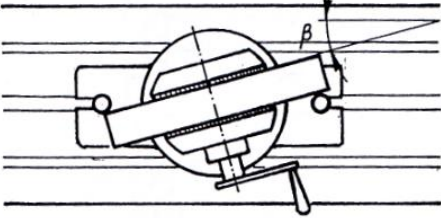
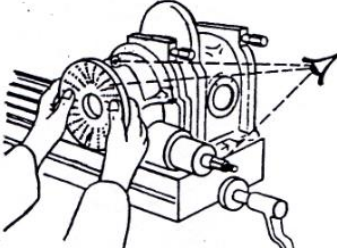
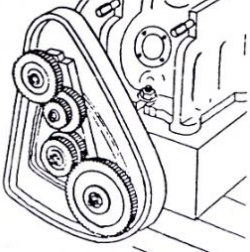
3. Hitunglah pergeseran meja ( $P_w$ ) jika akan dibuat gigi rack miring dengan modul 1.25, pitch poros transportir ( $P_t$ ) = 6 mm, sudut kemiringan alur gigi ( $\beta$ ) =  $45^\circ$  dan rasio kepala pembagi ( $i$ ) =40!

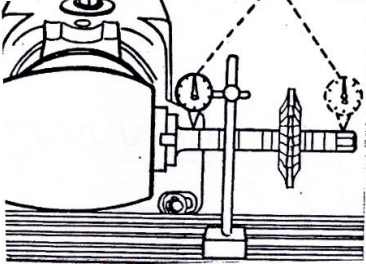
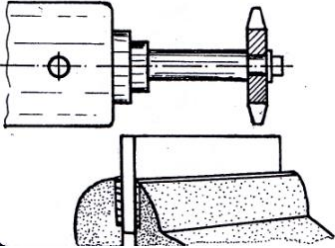
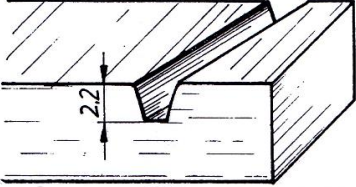
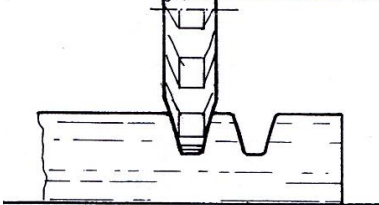
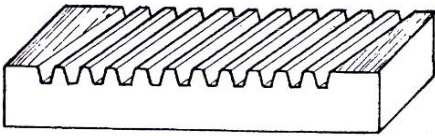
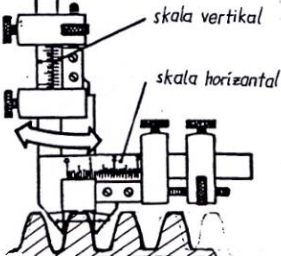
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Tentukan susunan roda gigi yang harus disiapkan untuk soal no. 3 dan tentukan putaran engkol kepala pembagi ( $n_k$ )?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### Frais Gigi Rack miring modul 1,25 (pembagian dengan kepala pembagi)

<p>1. Siapkan bakal gigi rack ukuran seperti pada gambar disamping. Ukuran luar 20 x 60 x 160 mm</p>	
<p>2. Hitung nilai <math>P_w = \pi \cdot M = 3,14 \times 1,25 = 3,92699</math> mm          Karena hasilnya tidak bisa dibulatkan, maka pembagian harus menggunakan kepala pembagi</p>	
<p>3. Siapkan mesin frais universal, pasang benda kerja pada meja mesin menggunakan ragum dan pasang pisau frais modul 1,25. Benda dipasang miring pada meja mesin sebesar sudut <math>\beta</math>.</p>	
<p>4. Pasang kepala pembagi universal pada mesin frais</p>	
<p>5. Pasang juga kotak dan roda gigi transmisi sesuai hasil perhitungan.</p>	

<p>6. Pasang pisau frais gigi modul 1,25 dan periksa keseajarannya terhadap meja. Atur putaran mesin.</p>	
<p>7. Atur posisi pisau frais terhadap benda kerja tepat pada bagian yang akan disayat.</p>	
<p>8. Lakukan penyayatan pertama hingga kedalaman 2,2 x m.</p>	
<p>9. Geser benda kerja sejauh Pw, dengan memutar engkol sebanyak nk. Lakukan penyayatan kedua.</p>	
<p>10. Lakukan penyayatan berikutnya dengan cara yang sama hingga jumlah gigi yang diinginkan</p>	
<p>11. Periksa bentuk gigi hasil pengefraisan</p>	



## E. Latihan/Kasus/Tugas

Jawablah pertanyaan di bawah ini!

1. Melalui proses apa saja sebuah roda gigi dapat dibuat?
2. Apakah fungsi utama sebuah gigi rack?
3. Sebutkan tipe pisau frais yang dapat digunakan untuk membuat gigi rack?
4. Jelaskan fungsi kepala pembagi!
5. Hitung kedalaman yang harus difrais jika akan dibuat gigi rack lurus modul 1,25!
6. Hitung besarnya *axial pitch* ( $P_w$ ) jika akan dibuat gigi rack lurus modul 2,25!
7. Tentukan rangkaian roda gigi pada *gear box* jika akan dibuat gigi rack lurus dengan modul 2,75;  $i = 40$ ;  $P_t = 5$  dan  $n_k = 10$ !
8. Hitung besarnya pitch yang diukur sejajar sumbu batang pada gigi rack miring modul 1,75 dengan sudut kemiringan ( $\beta$ )  $30^\circ$ !

## F. Rangkuman

- Gigi rack (*rack gear*) adalah batang bergigi yang berfungsi sebagai transmisi untuk mengubah gerak lurus menjadi gerak putar atau sebaliknya.
- Alur pada gigi rack ada yang lurus dan juga ada yang miring terhadap sumbu melintang batang.
- *Axial pitch* ( $P_w$ ) adalah jarak antara pusat dua gigi (*pitch*) yang berdekatan pada garis tusuk aksial.
- Pada sistem modul, nilai  $P_w = m \cdot \pi$ .
- Pada sistem diametral pitch, pitch dapat dihitung dengan rumus:  $P_w = \pi / DP$
- Dalam pembuatan batang gigi rack miring, terdapat dua macam *pitch* yaitu: *Pitch* normal ( $P_n$ ) dan *Pitch* yang diukur sejajar sumbu batang ( $P_s$ )
- Besarnya *pitch* yang diukur sejajar sumbu batang adalah:  $P_s = \frac{P_n}{\cos \beta}$ , di mana  $\beta$  adalah sudut kemiringan dari alur gigi pada batang rack.
- Langkah-langkah pembuatan gigi rack akan meliputi:

- Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
- Pemasangan benda kerja
- Pemilihan, pemasangan dan *setting* pisau frais
- Penentuan *pitch* dan kedalaman pemotongan
- Pemotongan

## **G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

Pada KB-1 telah dipelajari cara membuat gigi rack lurus dan miring dengan menggunakan mesin frais. Aktivitas pembelajaran dibagi kedalam pemahaman teori dan aktivitas praktik. Bahan bacaan yang diberikan hanya untuk gigi rack, sedangkan bahan bacaan lain sebagai referensi terutama tentang pembuatan roda gigi sangat dianjurkan untuk dibaca. Pada lampiran modul ini juga disertakan bahan bacaan tentang pembuatan roda gigi. Guna meningkatkan keterampilan dalam pembuatan gigi rack, sangat disarankan untuk melakukan praktik pembuatan gigi rack secara berulang. Namun perlu diperhatikan bahwa untuk bisa melakukan praktik pembuatan gigi rack, maka diperlukan keterampilan dasar lainnya, terutama tentang proses pemesinan frais.

## KEGIATAN BELAJAR KB-2: GAMBAR PEMESINAN KOMPLEKS

### A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diklat diharapkan akan mampu menyajikan gambar untuk pekerjaan pemesinan kompleks yang terdiri dari gambar rakitan dan cara penyajiannya sesuai dengan standar kerja.

### B. IPK (Indikator Pencapaian Kompetensi)

- Membuat gambar rakitan kompleks sesuai dengan standar kerja
- Menyajikan gambar rakitan kompleks sesuai dengan standar kerja

### C. Uraian Materi

#### Bahan Bacaan 1: Penyajian Benda Tiga Dimensi Gambar Rakitan

Ada tiga metode membuat gambar rakitan dengan menggunakan bantuan *software* CAD yaitu: *Bottom up Design*, *Top Down Design* atau Kombinasi *Bottom up* dan *Top down design*.

#### 1. Bottom up Design

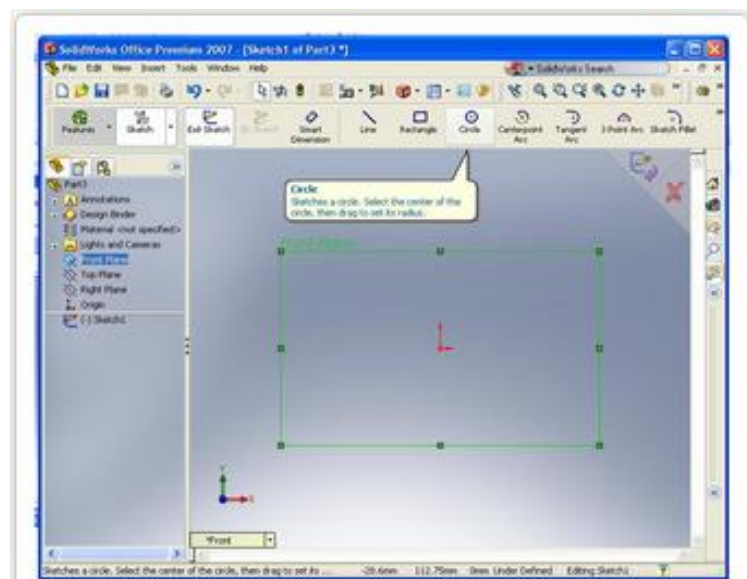
*Bottom up design* lebih dikenal sebagai cara konvensional, di mana kita harus membuat semua komponen terlebih dahulu, setelah itu baru dibuat rakitannya. Caranya adalah gambar komponen-komponen yang sudah dibuat sebelumnya dirakitkan satu persatu sampai terbentuk konstruksi rakitan yang diinginkan. Untuk mengedit komponen yang sudah dibuat harus dilakukan secara individual. Metoda ini biasanya digunakan untuk merakit komponen-komponen standar seperti *bearing*, *pully* dan sebagainya. Berikut contoh merakit poros dengan pasak (menggunakan *software solid-work*) sebagai berikut:

1. Buka solidworks-klik **New**-klik **Part**-klik **Ok** (akan muncul layar baru)



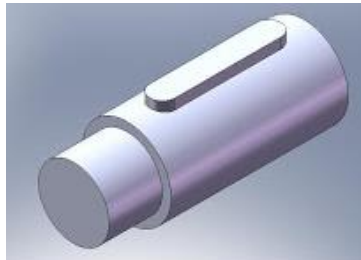
Gambar 12. Gambar Tampilan Solidwork Awal

2. Kita akan membuat gambar shaft (diameter 50 mm dan panjang 100 mm)
3. Klik **Front Plane**-klik **Extruded Boss/Base**-klik **Circle**-klik **Titik Center**



Gambar 13. Gambar Tampilan Solidwork Awal

4. Klik **dimension** (klik **garis lingkaran**) - masukkan diameter lingkaran 50 mm - **Enter** (tanda centang)
5. Kita akan membuat gambar pasak (panjang 8mm lebar 4mm serta tinggi 6mm)
6. Buka solidworks-klik **New**-klik **Part**-klik **Ok** (akan muncul layar baru)
7. Klik **Front Plane**-klik **Extruded Boss/Base**-klik **rectangle**– klik **Titik Center**
8. Klik **dimension** (klik) - masukkan diameter lingkaran 50 mm - **Enter** (tanda centang)
9. Buka Solidworks dan pilih **Assembly**, simpan file ini dengan Nama **Assembly Shaft & Pin**
10. Pada Menu **INSERT** pilih **COMPONENT** pilih **NEW PART**, solidworks secara otomatis akan meminta Anda menyimpan komponen tersebut. Ketik Nama part **SHAFT** klik **OK**
11. Pilih **FRONT PLANE**, buat lingkaran Dia. 50mm kemudian lakukan **EXTRUDED BOSS/BASE**, pilih **MID PLANE** pada **DIRECTION 1** dan masukkan panjang 100 mm, klik **OK**
12. Pilih Face depan dari no.3 buat Lingkaran Dia. 40 mm dan lakukan **EXTRUDED BOSS/BASE** panjang 30 mm serta pada Direction 1 pilih **Blind**

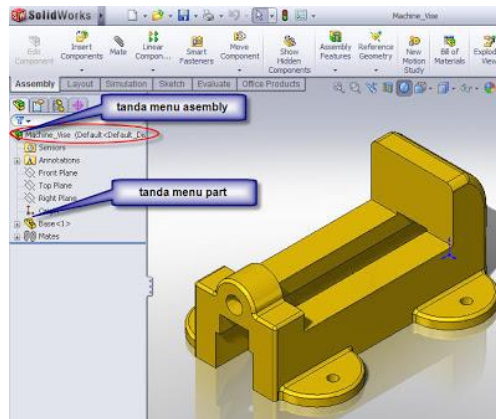


Gambar 14. Gambar Tampilan Akhir

## 2. Top Down Design

*Top down design* adalah metoda membuat gambar rakitan yang dilakukan pada jendela *Assembly*, dengan kata lain antara komponen satu dengan lain harus saling berhubungan. jika kita ubah ukuran salah satu komponen, maka secara otomatis komponen yang lain ikut berubah. Berikut tutorial singkat cara menggambar nya:

- a. Buka solidworks-klik **New**-klik **Assy**-klik **Ok** (akan muncul layar baru)
- b. Buka file Machine\_Vies file assembly yang berisi part base (gambar modeling machine dibuat terlebih dahulu pada jendela part)

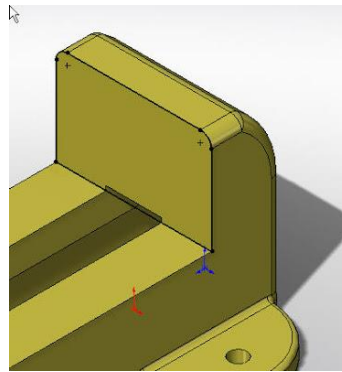


**Gambar 15. Gambar Tampilan file Machine Vice**

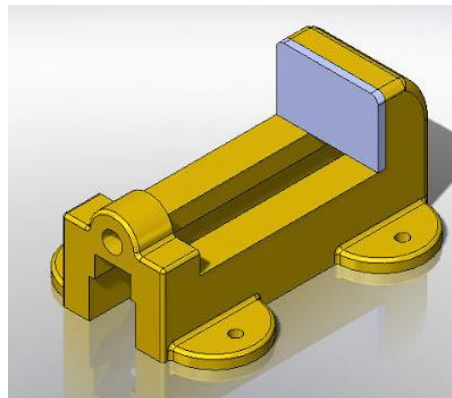
- c. Catatan, Sebelumnya harus kita pastikan mengenai template yang akan kita gunakan. Kita dapat mengeceknya melalui **Tools-Options-System Options-Default Template**
- d. Kita akan membuat part/ komponen baru pada menu assembly.
- e. Klik **Insert-Component-New Part** Lalu pilih face yang akan menjadi basik reference dari part yang akan kita buat.



- f. Pilih face yang tadi dipilih lalu klik **convert entities**, kemudian gunakan tools modifikasi, dan buat sketch seperti gambar di bawah.
- g. Pada toolbar feature, pilih **extrude boss** dan beri ketebalan 5 mm. 5. Keluar dari menu **edit component** dengan cara klik toolbar edit *assembly*.Tampak modelnya menjadi seperti gambar di bawah ini.



- h. Kita dapat memberikan nama part yang baru dengan cara klik kanan pada part tersebut lalu **Rename Part**, dengan nama plate.



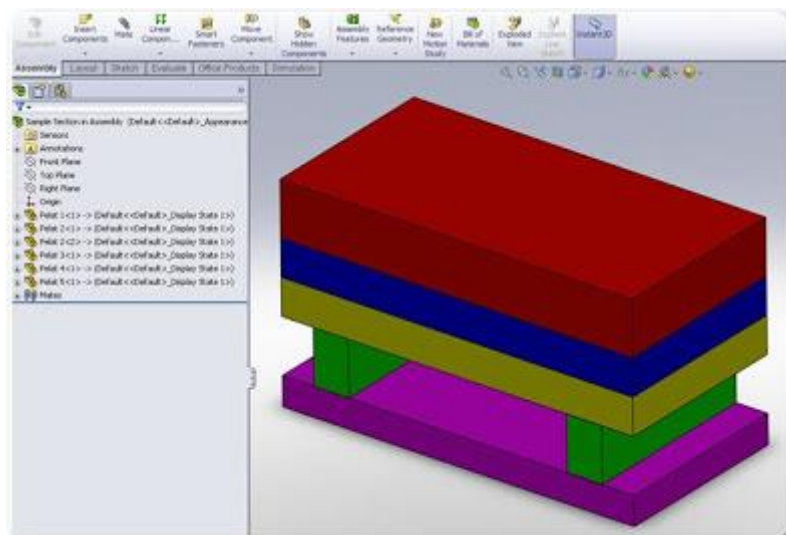
Lalu save part tersebut dalam external file, untuk lokasi file nya bisa kita samakan dengan *assembly*, dengan cara memilih **same as assembly** atau **specify path** untuk menempatkan pada lokasi file tertentu. File part yang sudah kita buat mempunyai reference terhadap part base, karena sketch yang kita buat mempunyai relation **on edge**, yang mana sketch tersebut dibuat dengan meng-convert edge dari part base. Sehingga apabila part base diubah part plate pun akan berubah. Sketch plate tersebut disebut dengan sketch yang memiliki **external reference**.

### 3. Kombinasi bottom up & top down

Cara ketiga ini merupakan gabungan dari kedua cara sebelumnya yaitu metoda *bottom up* dengan *top down design*.

## Bahan Bacaan 2: Mengatur Potongan Pada Suatu Gambar Rakitan

Gambar rakitan atau dikenal juga dengan gambar susunan (*assemblies drawing*) adalah gambar kerja dalam bentuk rakitan yang disajikan dalam gambar pandangan proyeksi. Tujuan penggambarannya adalah untuk memperlihatkan bentuk benda rakitan secara keseluruhan, memahami prinsip kerja atau mekanisme dari benda rakitan tersebut dan membantu proses perakitan menjadi mudah. Gambar potongan pada suatu gambar rakitan berfungsi sebagai penjabar informasi komponen-komponen yang tidak terlihat ketika dirakitkan. Dengan menggunakan *Section Scope* kita dapat mengatur komponen mana saja yang akan dipotong (diarsir-tandanya). Sebagai gambaran berikut langkah-langkah untuk membuat potongan pada gambar benda rakitan dengan contoh model gambar benda rakitan seperti gambar 16 di bawah ini.



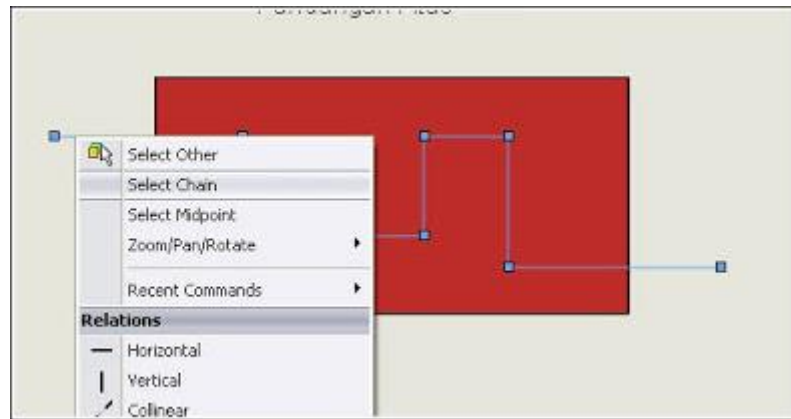
Gambar 16. Contoh Gambar Benda Rakitan

Gambar 16 terdiri dari beberapa komponen yang ditandai dengan warna yang berbeda-beda. Langkah-langkahnya jika menggunakan software solidwork adalah sebagai berikut:

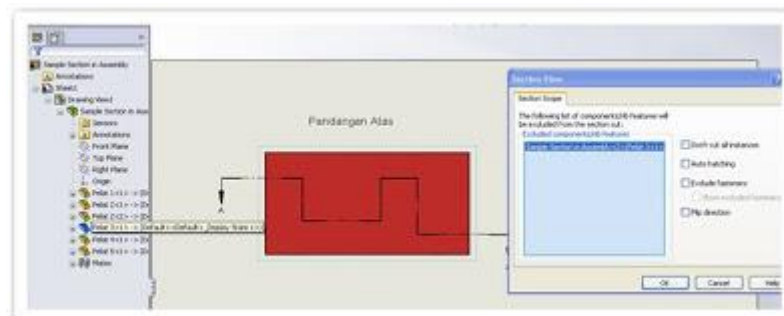
1. Buatlah gambar modeling 3D dari gambar tersebut
2. Buat gambar rakitan dari model yang dibuat sebelumnya dengan cara klik.- File - Make Drawing from assemblies



3. Ambil pandangan atasnya. Buatlah garis potongan sesuai dengan kebutuhan dengan cara- Klik kanan pada garis select chain- Lalu buat Section view- Muncul dialog box section view.



4. Pada section scope pilih komponen yang tidak akan dimasukkan kedalam daftar potongan (bagian yang tidak akan diarsir). Tempatkan hasil potongannya sesuai arah panah potongannya



5. Lakukan pembuatan gambar rakitan. Yaitu merakit komponen-komponen tersebut menjadi satu.

## D. Aktivitas Pembelajaran

### Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok *Saudara* untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh Saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran menyajikan gambar pemesian kompleks? Sebutkan!
2. Bagaimana Saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Apa topik yang akan Saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh Saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh Saudara sebagai guru kejuruan bahwa Saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

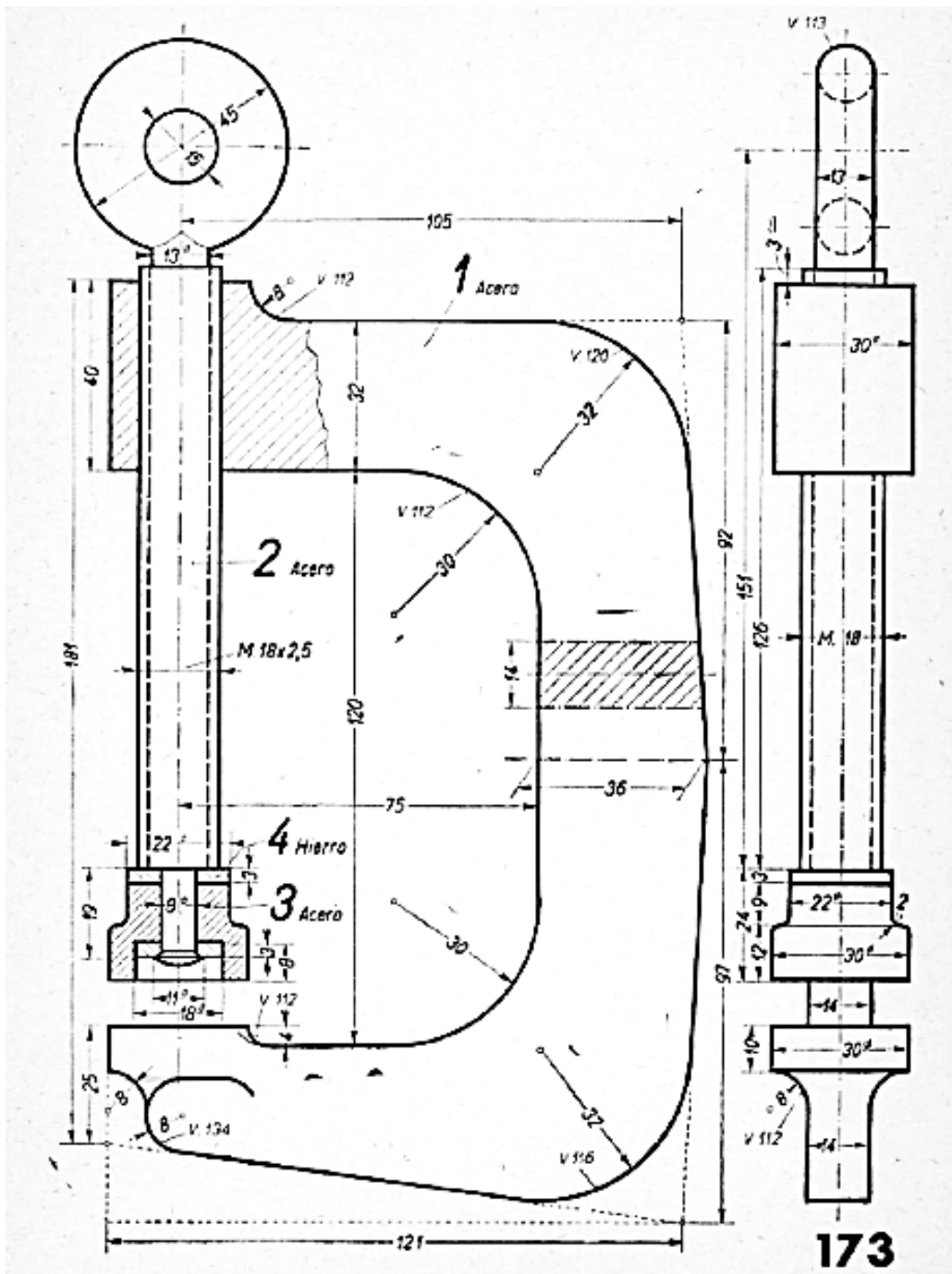
Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika *Saudara* bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka *Saudara* bisa melanjutkan pembelajaran dengan aktivitas berikutnya.

### **Aktivitas 1: Menggambar Kembali Model 2D Menjadi 3D (8 JP)**

*Saudara* diminta untuk menggambar kembali gambar model yang terlihat di bawah ini. Gambar tersebut merupakan gambar alat pencekam dengan dimensi seperti pada gambar 17 dan 18:



**Gambar 17. Alat Pencekam**



Gambar 18. Alat Pencekam

Gambar 17 terdiri dari 4 komponen dengan dimensi sesuai yang terlihat di gambar tersebut. *Saudara* mungkin akan menggunakan software CAD, diskusikan dengan

peserta diklat yang lain atau dengan instruktur tentang pengoperasian alat bantu tersebut. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Menurut *Saudara* jenis proyeksi apa yang digunakan pada gambar 17? Jelaskan alasan *Saudara* dalam hal menjawabnya!
2. Menurut *Saudara* gambar mana yang menjadi pandangan depan atau pandangan utama? Tuliskan!, langkah-langkah untuk menentukan pandangan depan dari gambar tersebut?
3. Menurut *Saudara* berapa gambar pandangan yang diperlukan untuk menyajikan gambar kerja rakitan seperti benda pada gambar 18? Tuliskan, alasannya!

Hasil diskusi dapat *Saudara* tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. *Saudara* dapat membaca Bahan Bacaan 2 dan 3 untuk mendukung diskusi yang dilakukan.

## **Aktivitas 2: Menyajikan Gambar Rakitan Pemesinan (8 JP)**

Amati kembali gambar 18 dan gambar modeling yang telah *Saudara* buat. Setelah *Saudara* mencermati gambar 18, maka pada aktivitas 2 ini *Saudara* akan mendiskusikan bagaimana menyajikan gambar pemesinan rakitan yang berhubungan dengan potongan. yang harus dibuat pada gambar tersebut. Untuk kegiatan ini *Saudara* harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang *Saudara* ketahui tentang gambar potongan?
2. Mengapa gambar potongan diperlukan saat penyajian gambar pandangan? Tuliskan alasan diperlukannya gambar potongan pada gambar pandangan sebuah benda rakitan!
3. Menurut pendapat *Saudara* mengapa gambar 18 dilakukan pandangan potongan? Tuliskan alasannya!

*Saudara* dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

## LEMBAR KERJA KB-2

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran menyajikan gambar pemesinan kompleks? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....  
.....  
.....

3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

5. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

LK - 01

1. Menurut *Saudara* jenis proyeksi apa yang digunakan pada gambar 17? Jelaskan alasan *Saudara* dalam hal menjawabnya!

.....  
.....  
.....

2. Menurut *Saudara* gambar mana yang menjadi pandangan depan atau pandangan utama? Tuliskan!, langkah-langkah untuk menentukan pandangan depan dari gambar tersebut?

.....  
.....  
.....

3. Menurut *Saudara* berapa gambar pandangan yang diperlukan untuk menyajikan gambar kerja rakitan seperti benda pada gambar 18? Tuliskan, alasannya!

.....  
.....  
.....

1. Apa yang *Saudara* ketahui tentang gambar potongan?

.....  
 .....  
 .....

2. Mengapa gambar potongan diperlukan saat penyajian gambar pandangan? Tuliskan alasan diperlukannya gambar potongan pada gambar pandangan sebuah benda rakitan!

.....  
 .....  
 .....

3. Menurut pendapat *Saudara* mengapa gambar 18 dilakukan pandangan potongan? Tuliskan alasannya!

.....  
 .....  
 .....

**E. Latihan/Kasus/Tugas**

Jawablah pertanyaan di bawah ini!

1. Apakah yang dimaksud dengan proyeksi *ortogonal* ?
2. Tuliskan jenis-jenis proyeksi yang termasuk dalam proyeksi piktorial /pandangan tunggal!
3. Tuliskan metode-metode yang dapat digunakan untuk membuat gambar dengan bantuan software CAD!
4. Tuliskan tujuan dibuatnya gambar rakitan!
5. Tuliskan pandangan-pandangan yang umum digunakan untuk menampilkan gambar 2D!
6. Jelaskan tujuan dibuatnya gambar potongan pada sebuah gambar rakitan!

## F. Rangkuman

- Ada tiga metode membuat gambar rakitan dengan menggunakan bantuan *software* CAD yaitu: *Bottom up Design*, *Top Down Design* atau Kombinasi *Bottom up* dan *Top down design*.
- Gambar rakitan atau dikenal juga dengan gambar susunan (*assemblies drawing*) adalah gambar kerja dalam bentuk rakitan yang disajikan dalam gambar pandangan proyeksi.

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pada KB-2 Saudara telah mempelajari beberapa metode yang dapat digunakan untuk membuat gambar rakitan menggunakan CAD. Selain itu juga telah dipelajari tentang pengaturan potongan pada gambar rakitan. Agar dapat menyajikan gambar rakitan yang baik menjadi gambar 2D yang dapat *diprint out*, maka diperlukan pengetahuan tentang proyeksi dan pandangan-pandangan yang ada dalam sebuah gambar kerja. Informasi tersebut dapat pula Saudara baca pada lampiran Modul ini.



## KEGIATAN BELAJAR KB-3: GAMBAR RAKITAN 3D DENGAN CAD

### A. Tujuan

Kegiatan belajar ini bertujuan agar peserta diklat memiliki pengetahuan tentang gambar assembling 3D dengan CAD secara umum dan keterampilan khusus dalam penggunaan parametrik dalam penggambaran assembling 3D dengan CAD.

### B. IPK (Indikator Pencapaian Kompetensi)

- Menjelaskan konsep gambar *assembly* menggunakan CAD 3D sesuai dengan SOP
- Memilih parametrik untuk mempersiapkan pembuatan gambar *assembly* sesuai dengan SOP
- Membuat gambar *assembly* dengan menggunakan parametrik CAD 3D sesuai dengan standar kerja
- Menganalisis parametrik untuk membuat gambar *assembly* melalui *assembly constraints* dianalisis sesuai dengan SOP. Membuat gambar *assembly* sesuai dengan standar kerja.
- Menganalisis fungsi perintah modifikasi gambar *assembly* melalui *assembly constraints* sesuai dengan SOP. Memodifikasi gambar *assembly* sesuai dengan standar kerja.

### C. Uraian Materi

#### Bahan bacaan 1: Gambar *Assembly* 3D dengan CAD

Dalam *assembly modelling*, anda meletakkan komponen pada sebuah lingkungan *assembly* dan menggunakan berbagai *tools* untuk meng-*assembly* komponen tersebut. Anda dapat membuat geometri 3D baru, meletakkan *part* atau *assembly* lain yang anda telah buat, dan mengatur hubungan antara beberapa *part* dalam *assembly* tersebut.

Anda membuat sebuah *assembly* dengan menggabungkan beberapa komponen dan/atau *sub assembly* kedalam satu *assembly environment*. Hubungan parametris dibuat antara tiap-tiap komponen yang akan menentukan kelakuannya pada *assembly* tersebut.

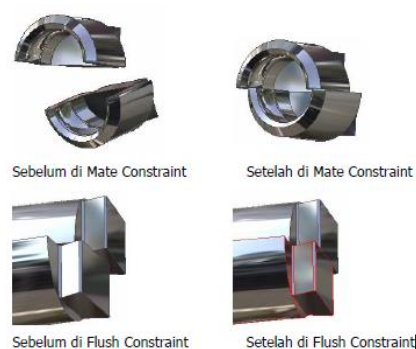
Hubungan ini dapat bervariasi mulai dari konstrain sederhana yang berdasarkan hubungan yang menentukan sebuah posisi komponen pada suatu *assembly*, hingga hubungan yang lebih kompleks seperti *adaptivity*, yang membuat sebuah komponen bisa berubah ukurannya tergantung hubungannya dengan komponen lain pada *assembly* tersebut.

### **Assembly Constraints-Basic**

Anda menggunakan *assembly constraints* untuk menciptakan hubungan parametris antara tiap komponen dalam tiap *assembly*. Sebagai mana anda menggunakan 2D konstrain untuk mengontrol geometri 2D anda menggunakan 3D *assembly constrain* dalam sebuah *assembly* untuk mengatur posisi sebuah komponen dalam hubungannya dengan komponen yang lain. *Basic assembly constrain* terdiri dari empat macam yang akan dijelaskan sebagai berikut:

#### **1. Mate/Flush Constraint:**

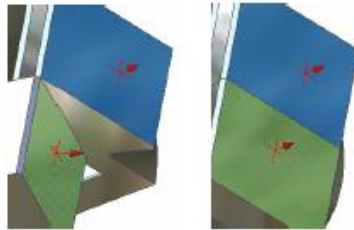
Digunakan untuk meluruskan *part feature* seperti permukaan rusuk atau sumbu suatu *part* ke *part* yang lain.



**Gambar 19. Mate/flush constraint**

#### **2. Angle Constraint:**

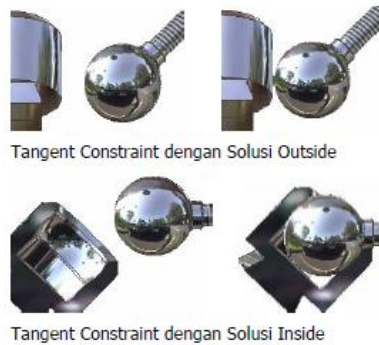
Digunakan untuk memberikan sudut antara dua buah *part* bisa diaplikasikan ke permukaan datar, garis rusuk yang datar atau sumbu-sumbu.



**Gambar 20. Angle constraint**

### 3. Tangent Constraint:

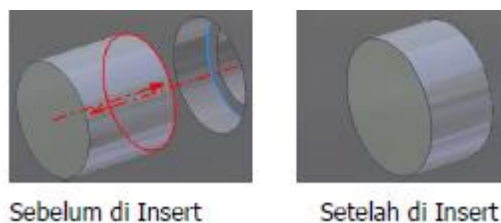
Digunakan untuk membuat sebuah hubungan tangensial antara permukaan dari dua buah *part*. Salah satu permukaan *part* tersebut harus merupakan permukaan lengkung.



**Gambar 21. Tangent constraint**

### 4. Insert Constraint:

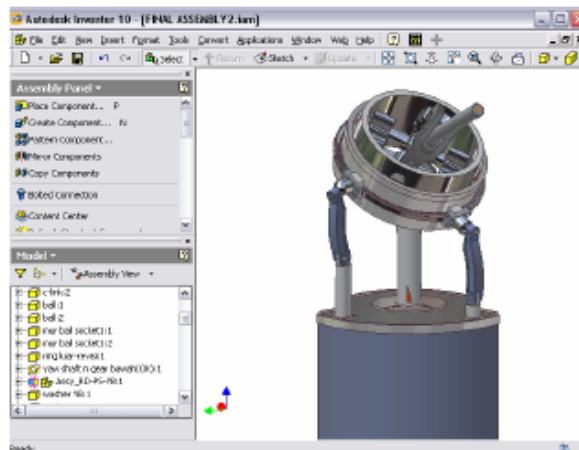
Digunakan untuk memasukkan sebuah komponen ke komponen lain seperti baut poros dan lain-lain kedalam lubang pasangannya pada komponen lain. Konstrain ini mengkombinasikan sebuah *mate constraint* antara dua sumbu dan sebuah *mate constraint* antara dua permukaan datar. Konstrain ini diterapkan dengan memilih *edge circular* pada tiap *part*.



**Gambar 22. Insert constraint**

## Lingkungan *Assembly*

Lingkungan *assembly* pada inventor mempunyai kemiripan pada *part modeling* dengan pengecualian beberapa *tools* yang hanya dimiliki *assembly modeling*.



Gambar 23. View Layer Assembly

### **Assembly Panel Bar:**

Berisi beberapa *tools* khusus untuk *assembly modeling*.

### **Assembly Browser:**

Berisi daftar komponen penyusun *assembly* dan konstrain yang diterapkan padanya.

### **Assembly Coordinate Elements:**

Sama dengan lingkungan *part modeling*, tiap *assembly* juga mempunyai *independent coordinate system*.

### **Assembly Components:**

Part- part dan penyusun *sub assembly* penyusun *assembly* keseluruhan. Klik tanda plus disebelah kiri komponen untuk mengetahui *assembly constraint* yang telah diterapkan.

### **3D Indicator:**

Menampilkan orientasi pandangan sekarang relatif terhadap koodinat sistem *assembly*.

## D. Aktivitas Pembelajaran

### Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

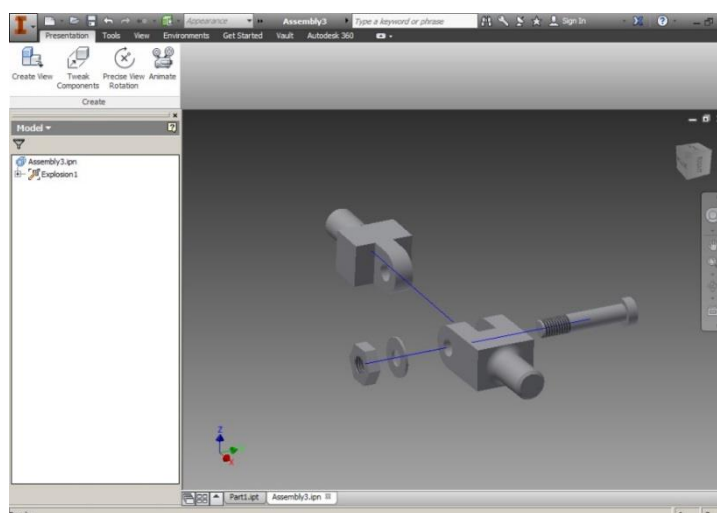
Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok *Saudara* untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran Gambar Rakitan Model 3D? Sebutkan!
2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

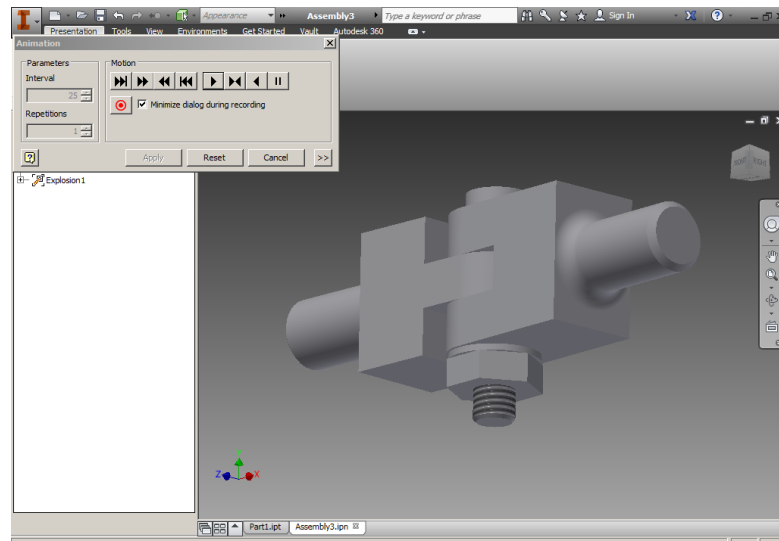
Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika *Saudara* bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka *Saudara* bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

### Aktivitas 1: Mengamati gambar Rakitan 3D (2 JP)

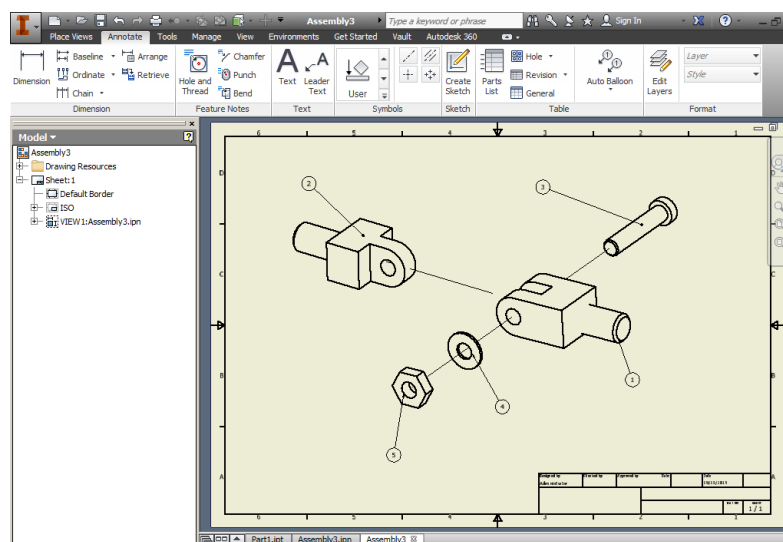
*Saudara* diminta untuk mengamati gambar rakitan 3D pada gambar di bawah ini.



Gambar Akt-1.1



Gambar Akt-1.2



Gambar Akt-1.3

*Saudara* mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang gambar 3D di atas. Apa yang *Saudara* temukan setelah mengamati gambar tersebut? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang *Saudara* temukan? Diskusikan hasil pengamatan *Saudara* dengan anggota kelompok *Saudara*. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut.

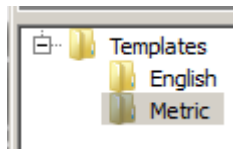
1. Mengapa diperlukan penggambaran 3D di inventor?
2. Menurut *Saudara* kegiatan pembuatan gambar 3D di inventor ini menunjang pada pembelajaran teknik gambar Mesin? jelaskan!
3. Apa yang harus *Saudara* lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi fasilitas praktek yang tidak optimal?

Hasil diskusi dapat *Saudara* tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan.

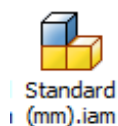
## Aktivitas 2: Menampilkan Gambar 3D Part 1 (2 JP)

Setelah *Saudara* melakukan pengamatan gambar pada aktivitas 1, sekarang *Saudara* demontrasikan cara menampilkan 5 part gambar 3D.

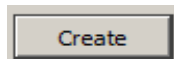
1. Buka program autodesk inventor
2. Pilih NEW
3. Pilih metrik



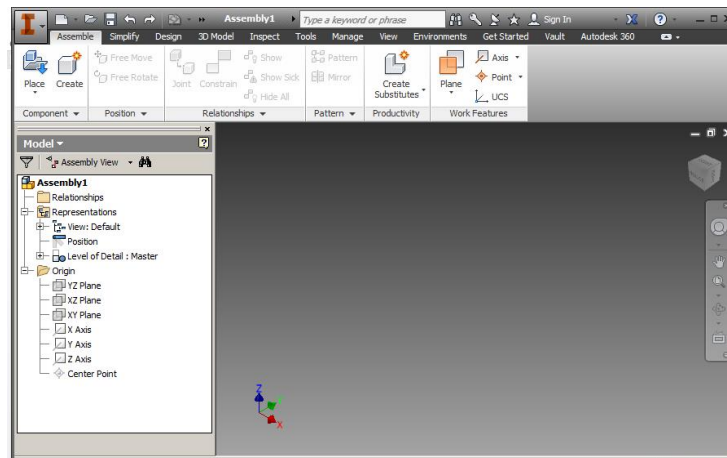
4. Pilih Standard (mm).iam



5. Klik Create

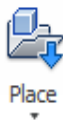


Maka tampilan akan seperti gambar di bawah ini



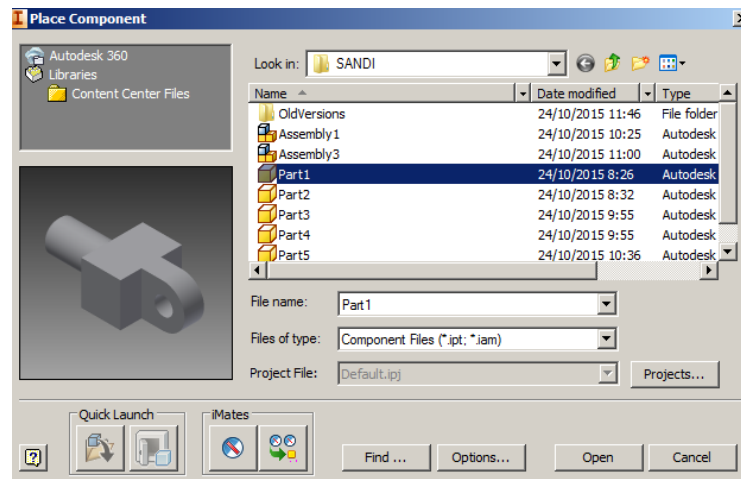
Gambar Akt-2.1

6. Klik place



7. Klik file (di sini saya contohkan file part 1)

Lihat gambar di bawah ini



Gambar Akt-2.2

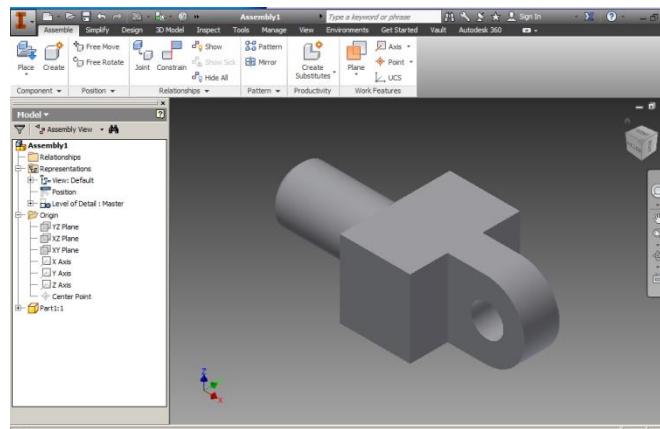
8. Klik Open

9. Klik gambar di mana saja (anda tinggal klik saja)

10. Tekan Esc di keyboard



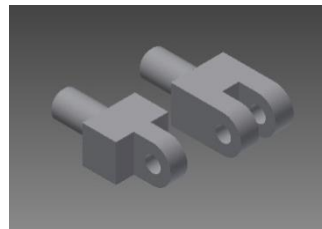
Maka hasilnya seperti gambar di bawah ini



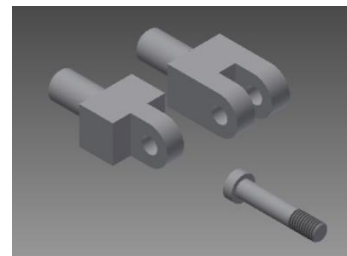
Gambar Akt-2.3

### Aktivitas 3. Menampilkan Gambar 3D Part 2, Part 3, Part 4 dan part 5 (8 JP)

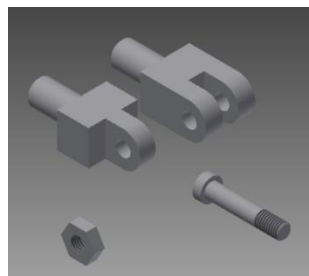
Lakukan langkah 6 s.d 10 pada Aktivitas 2 untuk menampilkan file Part 2, Part 3, Part 4 dan Part 5. Hasil gambar benda yang akan tampil berturut-turut seperti berikut ini:



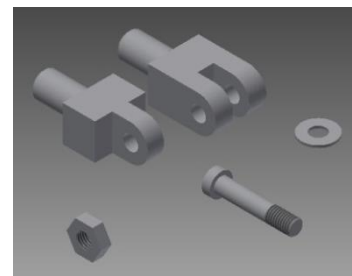
Part 2



Part 3



Part 4



Part 5

Gambar Akt-3.1

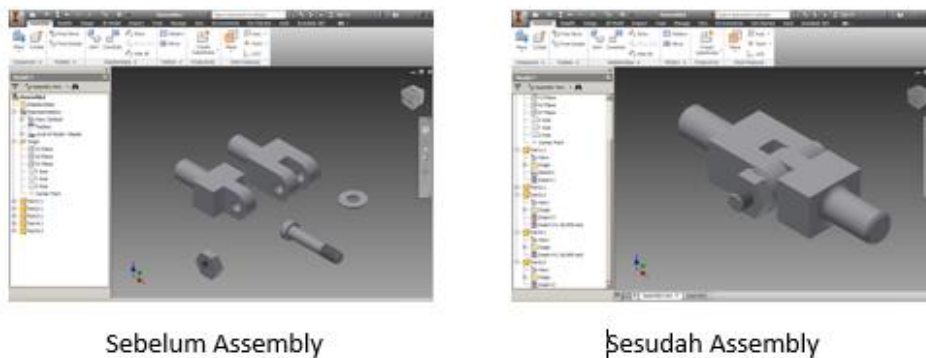
Setelah melakukan aktivitas 2 dan 3 *Saudara* mungkin mempunyai cara yang berbeda menampilkan gambar Part 3D *Assembly* dari teman-teman. Apa yang *Saudara* temukan setelah melakukan cara tersebut? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang *Saudara* temukan? Diskusikan hasil dari cara *Saudara* dengan anggota kelompok *Saudara*. Selanjutnya selesaikan **LK-02** dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Mengapa icon place sangat berguna?
2. Menurut *Saudara* dengan menggunakan cara di atas (aktivitas 2 dan 3) sangat efektif atau tidak? Jelaskan!
3. Apa yang harus *Saudara* lakukan selaku guru kejuruan untuk mengantisipasi jika file gambar tidak ada?

Hasil demonstrasi (praktek) dapat *Saudara* dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan.

#### **Aktivitas 4: Merakit (*Assembly*) Gambar 3D (6 JP)**

Lihat gambar di bawah ini

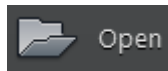


Gambar Akt-4.1

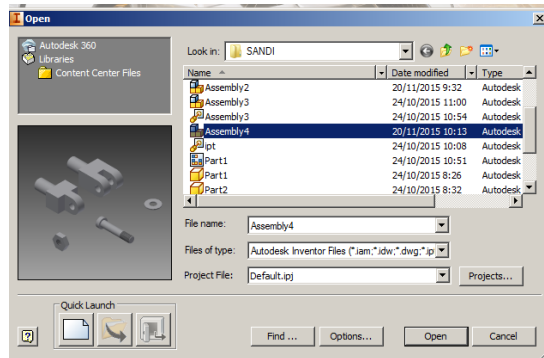
Pada aktifitas 4 ini *Saudara* akan mempraktekkan cara merakit 5 part menjadi sebuah produk seperti gambar sebelah kanan.

Langkah *Assembly*:

1. Klik icon Inventor
2. Klik open

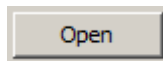


3. Klik file anda

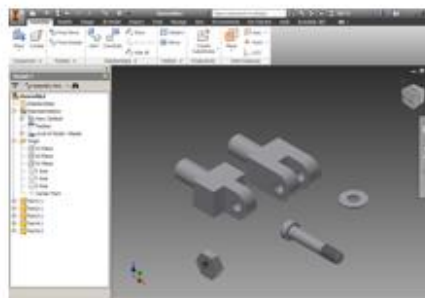


Gambar Akt-4.2

4. Klik kolom open

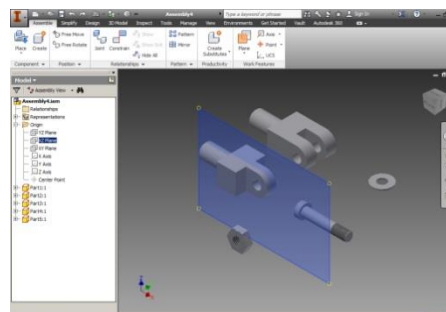


hasilnya seperti gambar di bawah ini



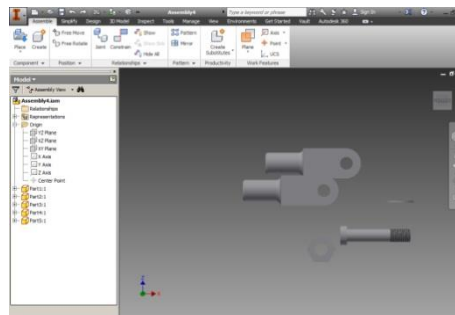
Gambar Akt-4.3

5. Ubah pandangan menjadi front (klik XZ Plane)



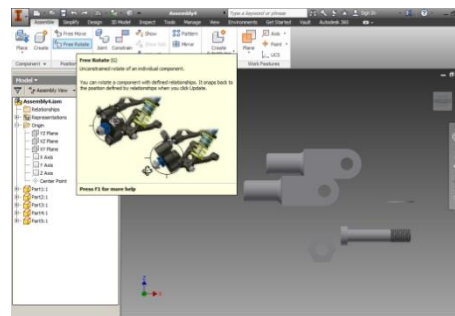
Gambar Akt-4.4

6. Klik tombol pageup di keyboard



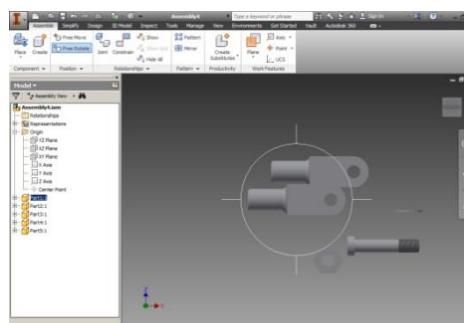
Gambar Akt-4.5

7. Klik Free rotate



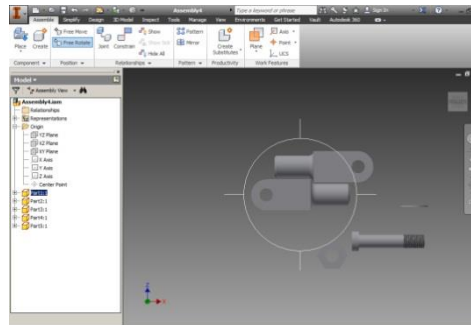
Gambar Akt-4.6

8. Klik gambar part 1



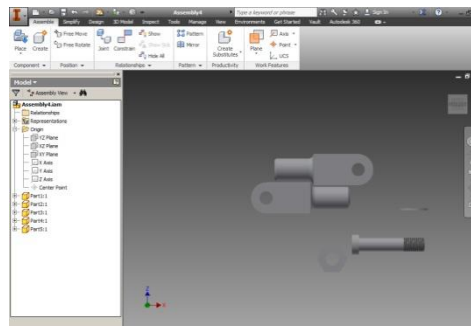
Gambar Akt-4.7

9. Putar sampai berubah posisi gambarnya



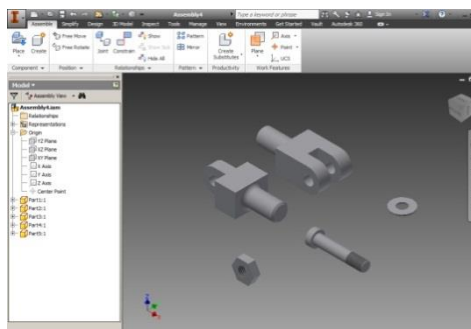
Gambar Akt-4.8

10. Tekan tombol Esc



Gambar Akt-4.9

11. Tekan tombol F6 di key board

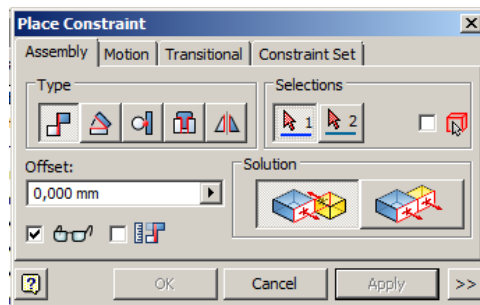


Gambar Akt-4.10

12. Klik constraint



Muncul tabel seperti gambar di bawah ini

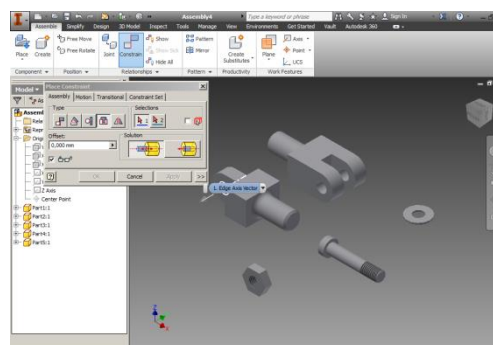


Gambar Akt-4.11

13. Klik insert

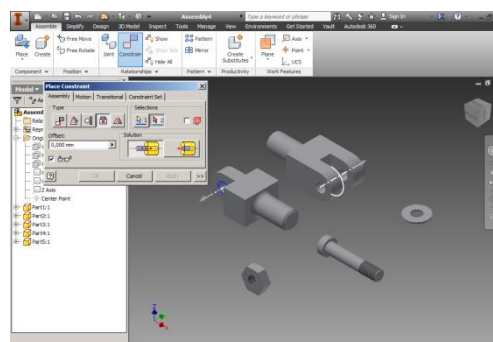


14. Klik part 1



Gambar Akt-4.12

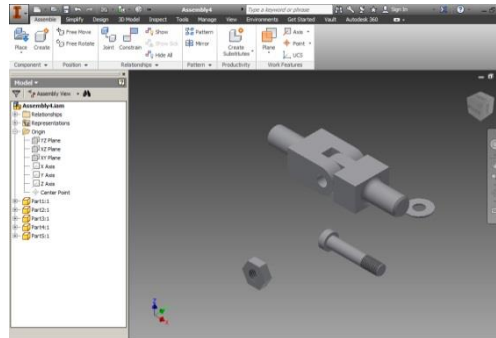
15. Klik part 2



Gambar Akt-4.13

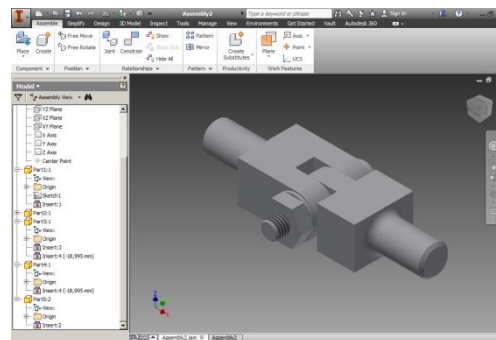
16. Klik kolom Ok

Hasilnya seperti gambar di bawah ini



Gambar Akt-4.14

Silahkan Saudara gabungkan lagi part 3 ke part 2, part 4 ke part 2 dan part 5 ke part 4. Caranya sama seperti langkah 12 s.d langkah 15 hasilnya seperti gambar berikut:



Gambar Akt-4.15

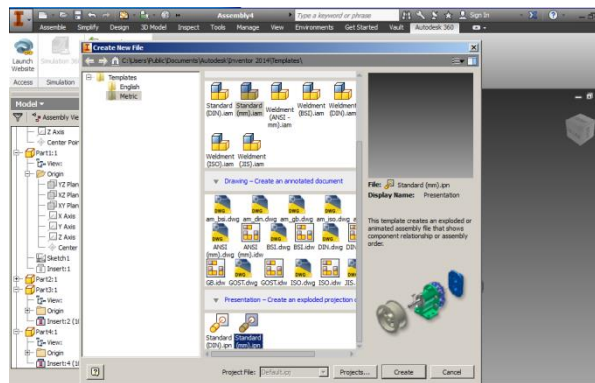
Klik save to menyimpan hasil pekerjaan Saudara.

### **Aktivitas 5. Membuat Animate Gambar 3D Assembly (8 JP)**

Pada praktek ini Saudara akan belajar membuat animasi dari gambar assembling 3D yang baru di buat .

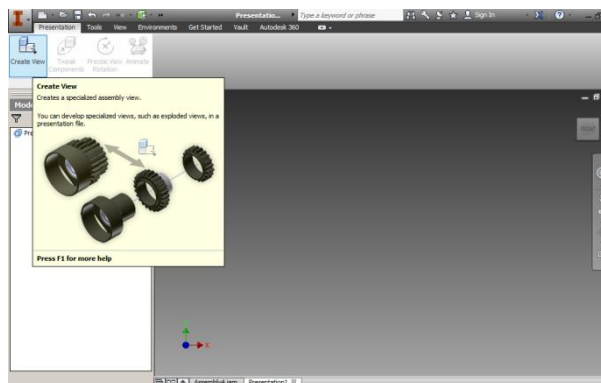
Saudara ikuti langkah-langkah di bawah ini:

1. klik icon Inventor
2. klik New
3. klik Metric



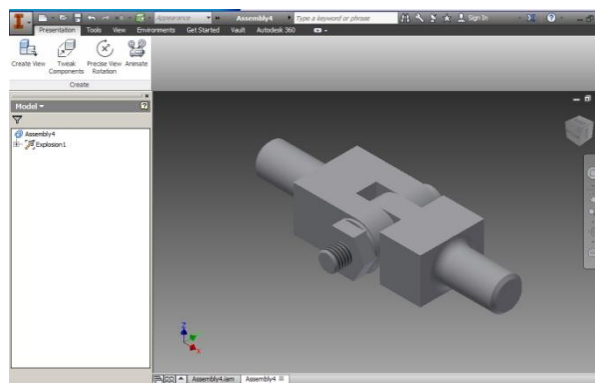
Gambar Akt-5.1

4. klik create
5. klik create View



Gambar Akt-5.2

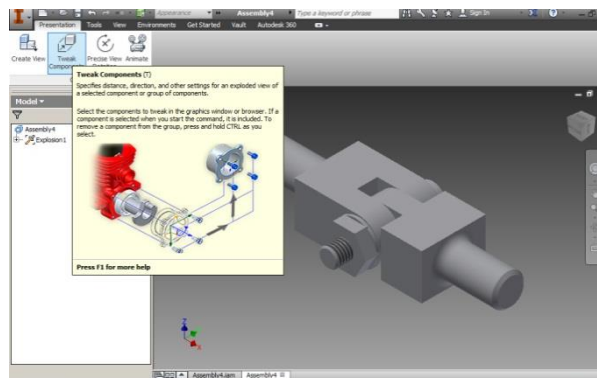
6. klik file yang anda baru save



Gambar Akt-5.3

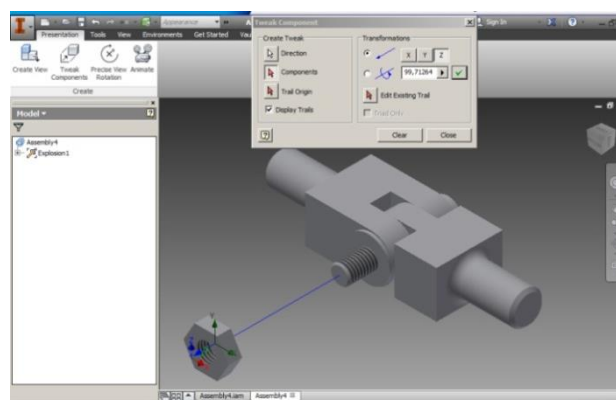


7. klik Twint Component



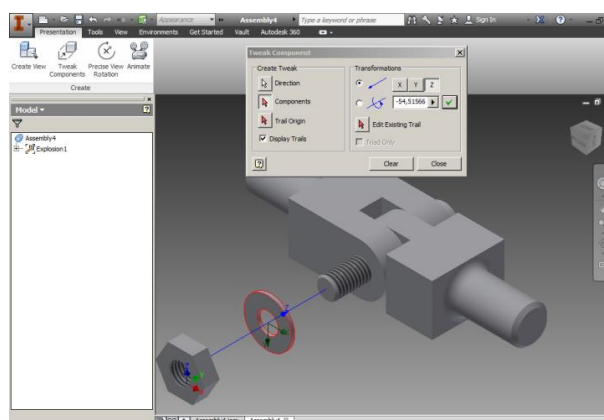
Gambar Akt-5.4

8. klik part 4 tarik searah sumbu Z, kemudian Klik Close



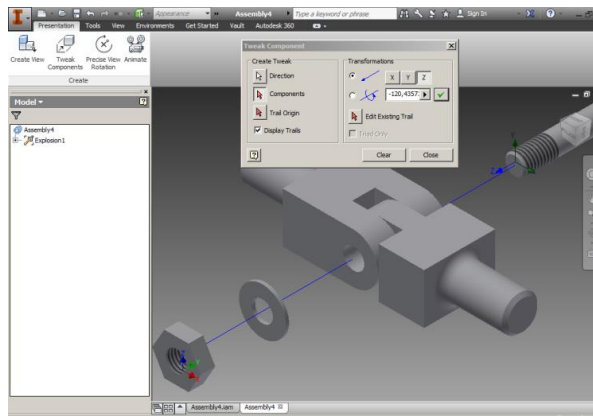
Gambar Akt-5.5

9. geser part 5 searah sumbu Z



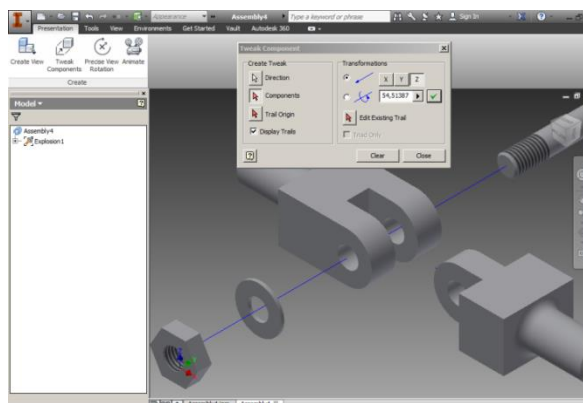
Gambar Akt-5.6

10. geser part 3 searah sumbu Z



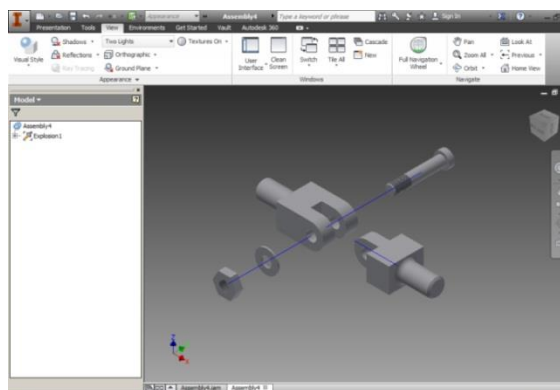
Gambar Akt-5.7

11. geser part 1 searah sumbu Z



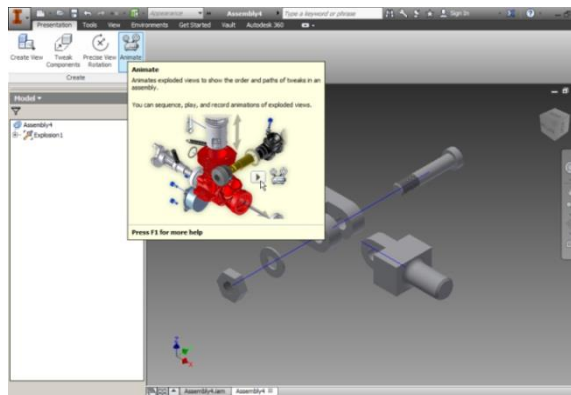
Gambar Akt-5.8

12. tekan F6 di keyboard



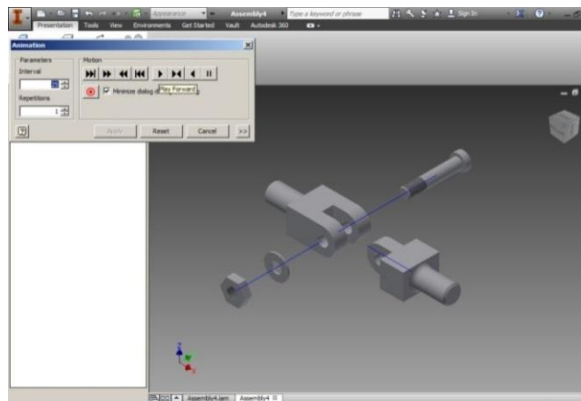
Gambar Akt-5.9

### 13. klik Animate



Gambar Akt-5.10

### 14. klik Play Forward



Gambar Akt-5.11

Hasilnya program autocad akan menampilkan 5 part ini bergabung secara bertahap .

## LEMBAR KERJA KB-3

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran Gambar Rakitan Model 3D? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....  
.....  
.....

3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

5. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

LK-01

1. Mengapa diperlukan penggambaran 3D di inventor?

.....  
.....

Menurut *Saudara* kegiatan pembuatan gambar 3D di inventor ini menunjang pada pembelajaran teknik gambar Mesin? jelaskan!

.....  
.....  
.....

3. Apa yang harus *Saudara* lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi fasilitas praktek yang tidak optimal?

.....  
.....  
.....

LK - 02

1. Mengapa icon place sangat berguna? Jelaskan?

.....  
.....

Menurut *Saudara* dengan menggunakan cara di atas (aktivitas 2 dan 3) sangat efektif atau tidak? Jelaskan?

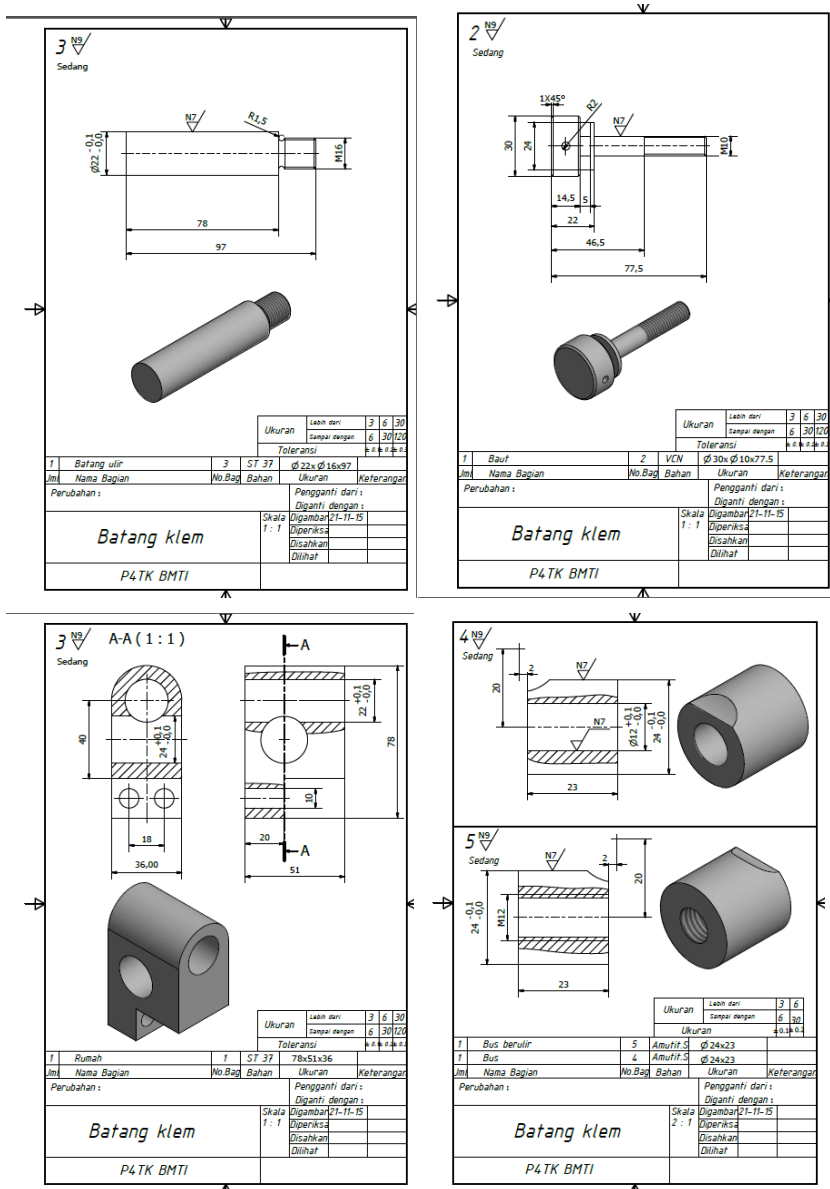
.....  
.....  
.....

2. Apa yang harus *Saudara* lakukan selaku guru kejuruan untuk mengantisipasi jika file gambar tidak ada?

.....  
.....  
.....

## E. Latihan/Tugas/Kasus

Buatlah gambar di bawah ini menjadi gambar rakitan 3D *assembly*



## F. Rangkuman

- Dalam *assembly* modelling, anda meletakkan komponen pada sebuah lingkungan *assembly* dan menggunakan berbagai tools untuk meng *assembly* komponen tersebut. Anda dapat membuat geometri 3D baru, meletakkan part atau *assembly* lain yang anda telah buat, dan mengatur hubungan antara beberapa part dalam *assembly* tersebut.
- Anda membuat sebuah *assembly* dengan menggabungkan beberapa komponen dan/atau sub *assembly* ke dalam satu *assembly* environment. Hubungan parametris dibuat antara tiap-tiap komponen yang akan menentukan kelakuannya pada *assembly* tersebut.
- *Assembly* constraints-Basic untuk menciptakan hubungan parametris antara tiap komponen dalam tiap *assembly*, terdiri dari 4 macam yaitu: Mate/Flush Constraint, Angle Constraint, Tangent Cosntraint dan Insert Constraint
- Lingkungan *Assembly* terdiri dari 6 cara , yaitu: *Assembly* Panel Bar, *Assembly* Browser, *Assembly* Coordinate Elements, *Assembly* Components dan 3D Indicator

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pada KB-3 Saudara telah mempelajari konsep gambar *assembly* menggunakan CAD 3D dan berlatih membuat gambar komponen 3D dengan CAD. Selain itu juga telah dipelajari tentang bagaimana merakit komponen-komponen tersebut dengan memanfaatkan tools yang ada pada software CAD. Untuk membantu dalam pemahaman kegiatan belajar KB-3 sebaiknya referensi lainnya tentang penggunaan software CAD juga dipelajari. Pada lampiran juga disiapkan tambahan materi tentang penggunaan software CAD yang dapat dijadikan referensi.

## KEGIATAN BELAJAR KB-4: MENENTUKAN TITIK BERAT MODEL 3D

### A. Tujuan

Kegiatan belajar ini bertujuan agar peserta diklat memiliki pengetahuan tentang penentuan titik berat pada gambar 3D dengan CAD.

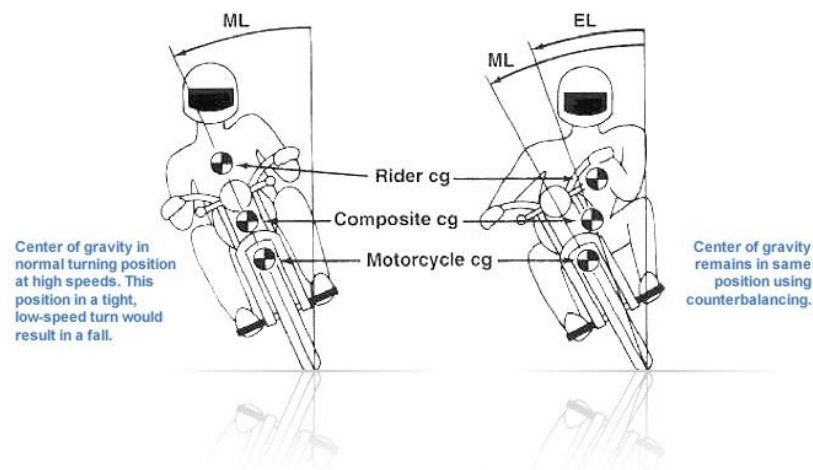
### B. IPK (Indikator Pencapaian Kompetensi)

- Menganalisis fungsi perintah penentuan titik berat model 3D sesuai dengan SOP
- Menggunakan fungsi perintah penentuan titik berat model 3D sesuai dengan standar kerja

### C. Uraian Materi

#### Center Of Gravity 3D

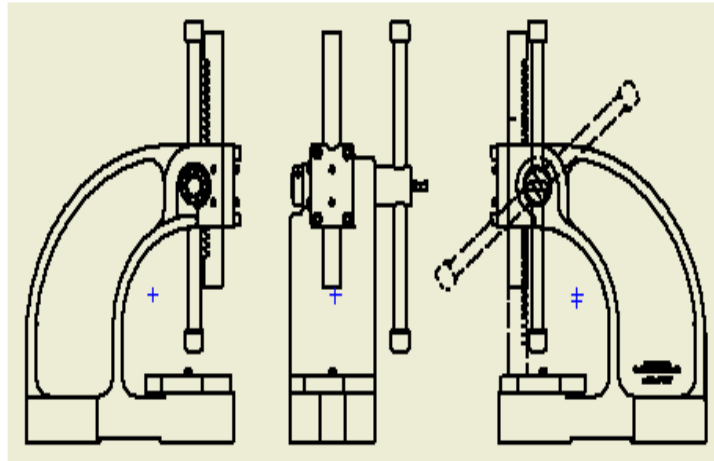
Center of gravity secara umum adalah titik berat untuk mencari keseimbangan, perhatikan gambar di bawah ini.



Gambar 24. *Center of gravity* pada seorang pengendara motor

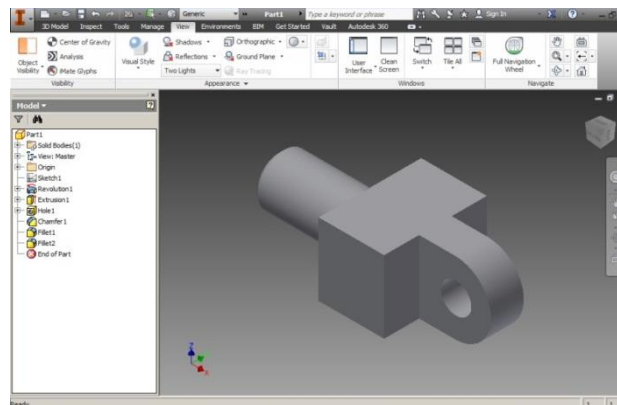


Center of Gravity atau dikenal juga dengan titik berat merupakan ilmu yang sangat penting dalam penggambaran. Terkadang sebagai seorang designer kita harus mengetahui di mana letak dari titik beratnya.



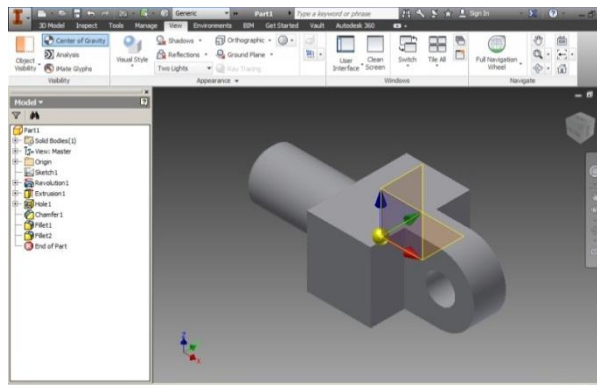
**Gambar 25. Center of gravity pada gambar 2D**

Center of gravity ini memberikan keseimbangan pada sebuah produk yang kita desain. Berikut ini adalah contoh pada gambar 3D autodesk inventor.



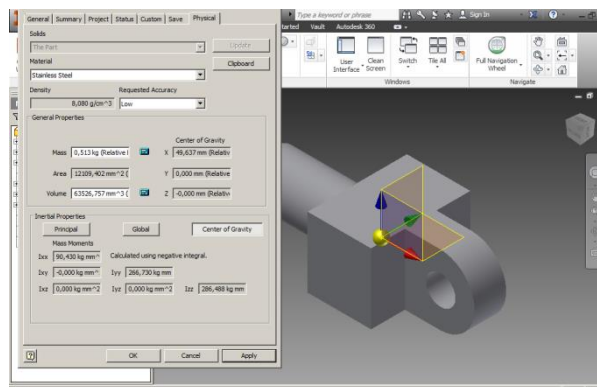
**Gambar 26. Gambar part 3D**

Jika kita klik center of gravity maka akan hasilnya seperti gambar 27

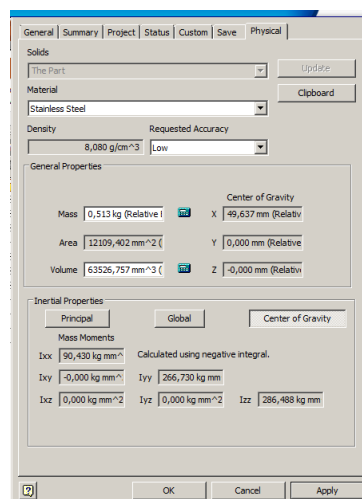


Gambar 27. Gambar part 3D dengan simbol center of gravity

Di bawah ini tabel phisycal dari gambar di atas

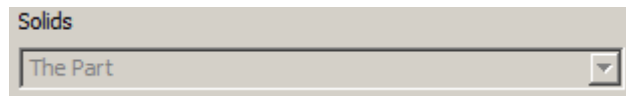


Gambar 28. Tabel phisycal



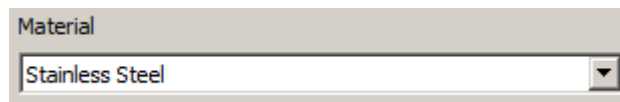
Gambar 29. Detail tabel phisycal

Di bawah ini uraian dari tabel menubar physical:



**Gambar 30. Kolom solids pada menubar physical**

Kolom Solids fungsinya untuk menentukan file gambar



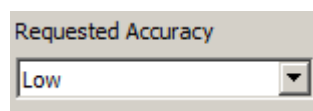
**Gambar 31. kolom material pada menubar physical**

Kolom Material fungsinya untuk memilih bahan yang akan di terapkan pada gambar.



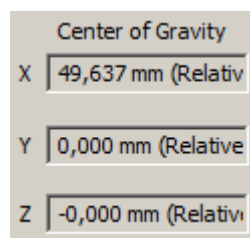
**Gambar 32. kolom density pada menubar physical**

Kolom Density fungsinya menampilkan volume dari benda yang kita tampilkan.



**Gambar 33. kolom Requested Accuracy pada menubar physical**

Kolom Requested Accuracy fungsinya untuk menentukan keakuratan benda tersebut (low, medium, high, super high)



**Gambar 34. Kolom Center of Grafity pada menubar physical**

Kolom Center of Grafity fungsinya untuk melihat posisi gambar menurut sumbu X, Sumbu Y dan Sumbu Z.

## D. Aktivitas Pembelajaran

### Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok *Saudara* untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

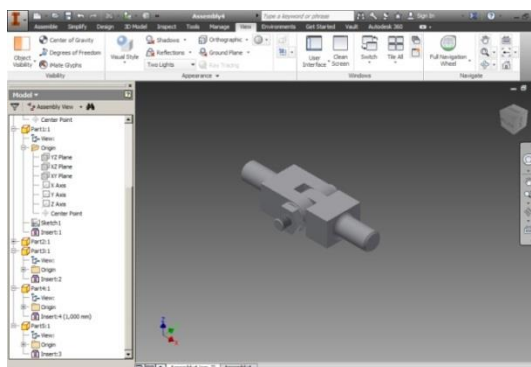
1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran “Menentukan Titik Berat Model 3D”? Sebutkan!
2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00** pada Kegiatan Belajar KB4. Jika *Saudara* bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka *Saudara* bisa melanjutkan pembelajaran dengan melakukan aktivitas 1.

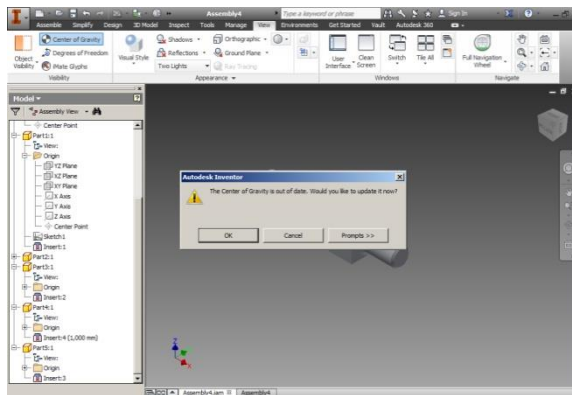
### Aktivitas 1

Sekarang ikuti langkah di bawah ini untuk menentukan titik berta (Center Of Grafity) pada benda kerja yang baru di buat pada KB-3 (*Assembly*)

Buka gambar (file) , seperti gambar berikut:

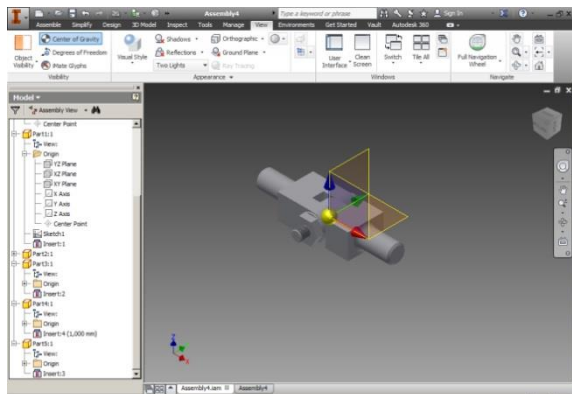


1. klik center of gravity



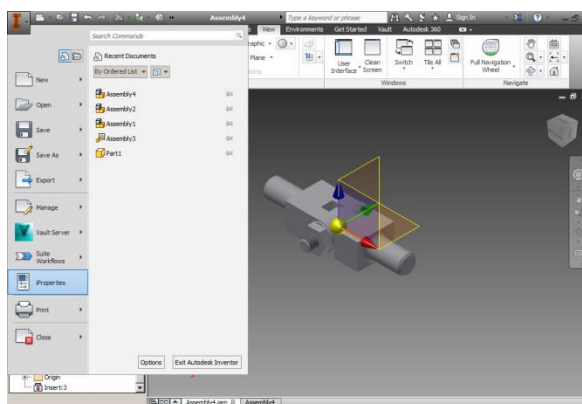
2. klik Ok

Hasilnya titik berat muncul pada gambar

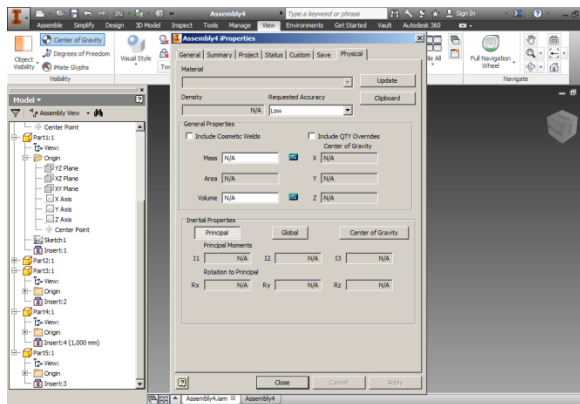


3. klik icon Inventor

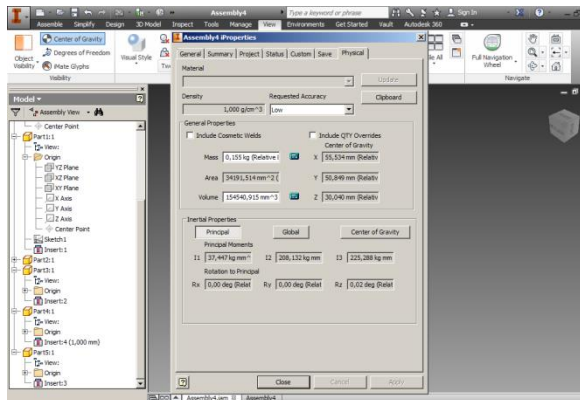
4. klik Properties



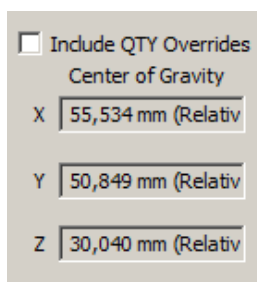
5. klik Physical



6. klik update



Gambar di bawah menampilkan koordinat titik berat relatif terhadap titik nol absolute (Origin).



## LEMBAR KERJA KB-4

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran Menentukan Titik Berat Model 3D? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

5. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

1. Mengapa diperlukan penentuan titik berat pada model 3D?

.....  
.....  
.....

2. Menurut *Saudara* kegiatan penentuan titik berat pada model 3D di inventori ini menunjang pada pembelajaran teknik gambar Mesin? jelaskan!

.....  
.....  
.....

3. Apayang harus *Saudara* lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi fasilitas praktek yang tidak optimal?

.....  
.....  
.....

### E. Latihan/Tugas/Kasus

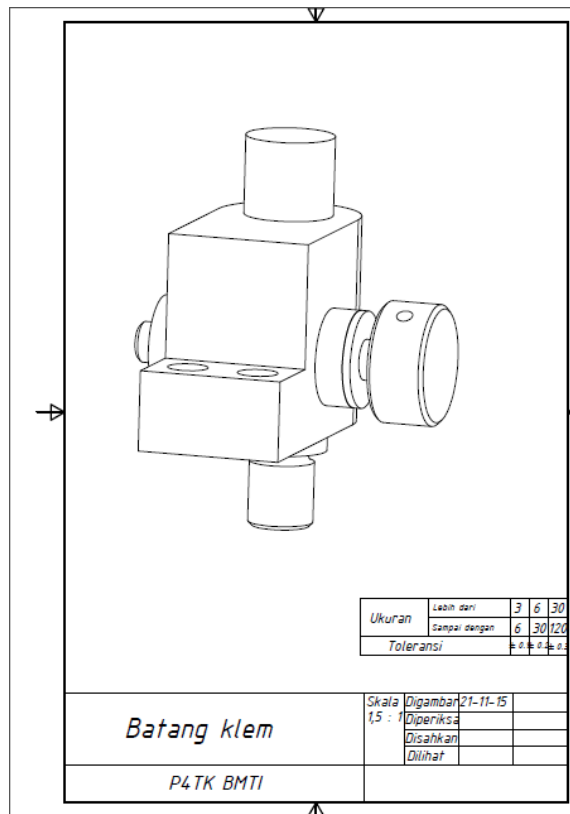
#### Teori

1. Sebutkan fungsi dari center of gravity?
2. Jelaskan langkah-langkah center of gravity dari sebuah gambar?

#### Praktek

Tentukan nilai dari titik berat gambar Batang Klem dari titik 0





## F. Rangkuman

- Center of Gravity adalah sebuah command untuk mencari titik berat atau keseimbangan pada sebuah gambar yang telah selesai di buat.
- Tujuan dari center of gravity ini adalah untuk mengetahui nilai sumbu X , sumbu Y dan Sumbu Z dari titik 0.

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pada KB-4 Saudara telah mempelajari tentang center of gravity dari sebuah benda dengan melakukan aktivitas praktik. Anda juga sudah paham bagaimana cara untuk mendapatkan center of gravity dari sebuah benda baik komponen satuan maupun rakitan. Guna pemahaman lebih dalam, Saudara dapat mencoba pada komponen lainnya.

## KEGIATAN BELAJAR KB-5: TOOLPATH PADA LAYER CAM

### A. Tujuan

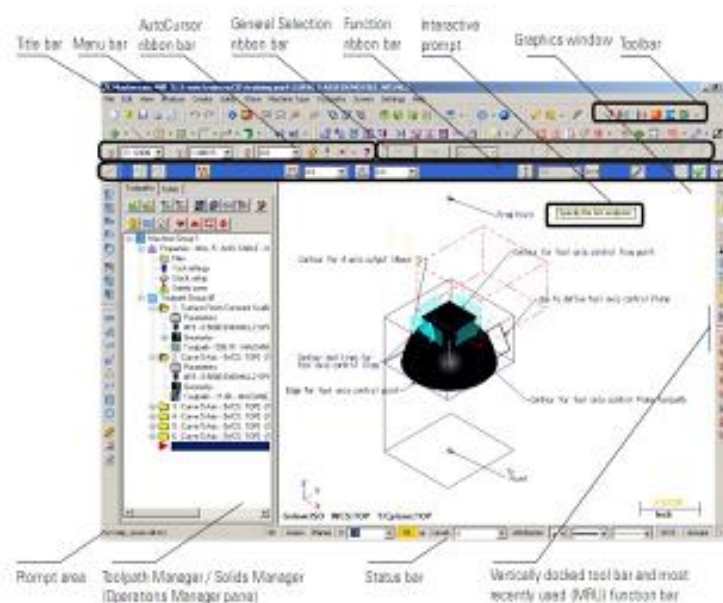
Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diklat diharapkan akan mampu memahami pembuatan *toolpath* baik untuk proses pengerjaan 2D maupun 3D dan menerapkannya pada *layer* CAM.

### B. IPK (Indikator Pencapaian Kompetensi)

- Menganalisis ikon/menu toolpath pada CAM
- Menggunakan ikon atau menu toolpath untuk membentuk lintasan alat potong sesuai kontur benda kerja
- Menganalisis parameter alat potong
- Menganalisis parameter kekasaran permukaan
- Memverifikasi konfigurasi pemesinan dengan CNC

### C. Uraian Materi

#### Bahan Bacaan 1: Tampilan Dalam Software "Mastercam X"



Gambar 35. Tampilan Mastercam X

Membuat lintasan alat potong / toolpath bisa dilakukan dengan dua cara yaitu dengan input manual langsung atau dengan bantuan *software* CAM. Salah satu *software* Cam yang bisa digunakan adalah “Mastercam”. *Software* ini termasuk *software* CAD/CAM yang bisa digunakan untuk membantu proses desain dan proses pembuatan benda yang biasa dilakukan di mesin CNC. Tampilan program mastercam X4 tidak jauh beda dengan tampilan program-program umum lainnya. Terdapat menu bar, graphics window, toolbar, manager tab dan lain sebagainya. Gambar 5.1 menunjukkan tampilan jendela dari *software* mastercam X4.

- Graphic Windows

Adalah ruang untuk membuat model 2D/3D, melihat, memodifikasi gambar model serta ukurannya. Jendela ini juga tempat untuk membuat, memodifikasi *toolpath* pada saat pembuatan program *toolpath*. Terdapat tampilan sumbu *koordinat* XYZ yang bisa di *off* atau *on* kan dengan menekan tombol F9, informasi bidang gambar / kerja dan skala tampilan gambar baik dalam ukuran metrik atau inch. Latar belakang biru dapat diganti dengan warna yang lain atau gradasi 2 warna secara horizontal atau vertical.

- Toolbar

Adalah *tools* yang sering digunakan untuk membuat gambar atau perintah, dilambangkan dalam icon-icon kecil. Digunakan untuk memilih dan menjalankan fungsi *tools* sehingga perintah bisa dilakukan dengan cepat dan praktis.

- Ribbon Bar

Atau dialog box, menu ini akan muncul jika mengoperasikan salah satu fungsi *tools*, sehingga isi dari *ribbon bar* ini berubah-ubah sesuai dengan fungsi *tools* yang telah digunakan. Gambar 36 menunjukkan *ribbon bar* dari *software* mastercam X4.



**Gambar 36. Ribbon Bar**

Pada *ribbon bar* ini terdapat juga fungsi-fungsi yang lain seperti ukuran, point-point serta hal lain yang mendukung fungsi *tools* yang di gunakan. Misalkan saat memilih

fungsi **toolsline** akan menampilkan *ribbon baryang* berbeda ketika memilih fungsi **toolsart** atau **trim**.

- Status Bar

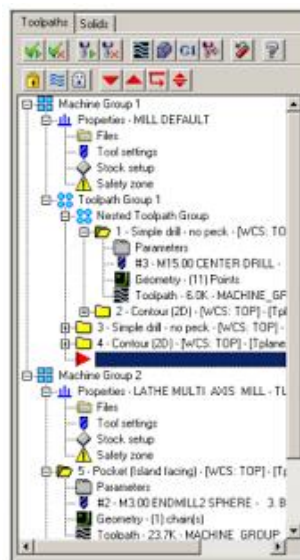
Gambar 37 adalah gambar status bar yang biasanya terdapat di bawah jendela graphic windows.



**Gambar 37. Status Bar**

Berisikan informasi atribut garis, ketebalan, jenis garis, sistem koordinat, plane, warna serta layer. Pada status bar ini juga dapat dilakukan untuk mengubah atribut parameter dari garis atau model yang dibuat.


- Toolpaths dan solid manager



**Gambar 38. Toolpath dan Solid Manager**

Terdapat *history* dan fungsi yang digunakan saat pembuatan model 3D solid. Terdapat juga macam-macam fungsi toolpaths yang digunakan untuk membuat program toolpath.

## Bahan Bacaan 2: Icon-Icon Yang Biasa Digunakan Untuk Menggambar Pada Software Mastercam X4

- Create Line Endpoints 

Berfungsi untuk membuat garis entitas dari satu koordinat tertentu ke titik akhir yang diinginkan. Pada icon ini bisa juga ditambahkan dengan object snap yang berfungsi membantu point-point yang menjadi tujuan penggambaran. Hal ini sangat berguna untuk menentukan batas suatu titik yang menjadi batas-batas penggambaran garis.

- Create Circle Center Point 

Icon yang berfungsi untuk membuat lingkaran dengan dengan titik pusat pada koordinat tertentu serta diameter tertentu. Pada icon ini juga terdapat icon-icon di bawahnya yang kesemuanya digunakan untuk membuat lingkaran, arc atau busur dengan berbagai metoda.

- Line Closest 

Icon untuk membuat garis terdekat antara dua entitas gambar. Misal entitas pada garis dengan entitas pada lingkaran.

- Line Bisect 

Icon ini digunakan untuk membuat garis diantara dua garis yang saling menyudut atau garis tengah garis antara dua baris entitas. Untuk garis yang berpotongan, Mastercam membuat garis dibagi dua. Untuk garis paralel, Mastercam menciptakan garis tengah, dimulai dari pertengahan awal baris yang dipilih pertama ke titik akhir paling dekat dari baris kedua yang dipilih.

- Line Perpendicular 

Icon untuk membuat garis tegak lurus terhadap entitas yang dipilih. Jika entitas pertama yang dipilih berupa arc atau lingkaran maka garis yang terbentuk akan tegak lurus terhadap garis singgung dari lingkaran tersebut. Jika garis yang dipilih sebagai entitas awal, maka garis yang terbentuk akan tegak lurus terhadap garis pertama yang dipilih.

- Line Parallel 

Icon ini berfungsi untuk membuat garis yang sejajar dengan garis yang ada sebelumnya. Garis paralel dapat dibuat juga dengan cara membuat batasan pada entitas arc atau lingkaran yang hasilnya adalah garis yang sejajar dengan garis yang dipilih sebelumnya serta bersinggungan dengan arc atau lingkaran yang dipilih.

- Arc Polar 


Icon ini berfungsi untuk membuat busur kutub (arc). Caranya adalah dengan menetapkan 3 titik yang menjadi acuan untuk membuat busur tersebut. Yaitu titik pertama untuk menetapkan titik pusat, selanjutnya dua titik ujung dipilih untuk menentukan titik awal dan titik akhir. Untuk membuat lingkaran penuh, klik dua kali titik tepi pertama.

- Circle Edge Point 


Icon ini digunakan untuk membuat lingkaran dengan cara ditentukan dua atau tiga poin. Untuk membuat lingkaran dengan dua poin, pertama pilih tombol Titik Dua (dipilih oleh default). Kemudian klik pada jendela grafis untuk memilih titik tepi pertama, dan klik lagi untuk memilih yang kedua. Mastercam menciptakan lingkaran dengan dua poin bertindak sebagai ekuator.

- Arc Endpoints 

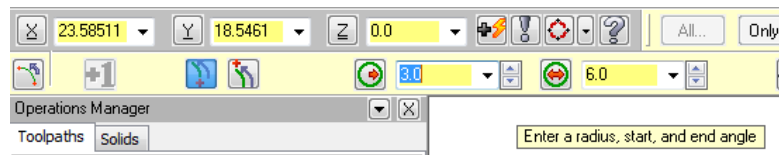
Berfungsi untuk membuat busur dengan 3 titik yaitu titik awal kemudian titik akhir dan satu titik tepi untuk menentukan radius dari busur tadi.

- Arc 3 Points 

Icon untuk membuat busur dengan cara ditentukan 3 titik. Titik pertama untuk menentukan awal busur, titik kedua adalah titik yang akan dilewati oleh busur, sedangkan titik ketiga merupakan akhir dari panjang busur.

- Arc Polar Endpoints 

Untuk membuat busur kutub bisa dilakukan dengan icon ini. Yaitu dengan cara menentukan titik awal kemudian harus ditentukan radius dan sudut akhir dari titik busur.



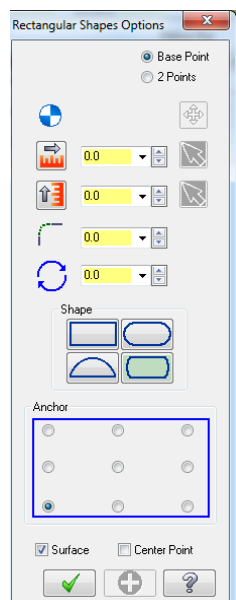
- Arc Tangent 

Berfungsi untuk membuat busur dengan syarat utama tangen terhadap arc atau lingkaran. Ada beberapa tangen yang bisa dilakukan dalam icon tersebut yaitu kondisi:


- Tangent satu, dua, atau tiga entitas
- Tangent melalui titik
- Tangent dengan centerline
- Dinamis tangen (dinamis menarik busur dengan gerakan kursor)
- Lingkaran yang bersinggungan dengan tiga entitas.

- Rectangle 

Digunakan untuk membuat segiempat dengan cepat. Yaitu dengan cara mendefinisikan dua poin. Untuk menggambar persegi, klik pertama untuk menetapkan titik dasar persegi panjang. Kemudian tarik titik anchor dan klik untuk menentukan titik kedua.



**Gambar 39. Dialog rectangular shapes option**

- Rectangular Shapes 


Icon ini berfungsi untuk membuat bentuk persegi panjang secara dinamis (persegi panjang, obround, tunggal D, atau D ganda) dengan memilih salah satu dari bagian Shape di kotak dialog (gambar 5.5).

- Polygon 

Berfungsi untuk menggambar poligon dengan cepat sebagai geometri wireframe. Gunakan Pojok atau opsi datar untuk menentukan apakah radius diukur dari titik dasar ke sudut, atau ketitik tengah sisi.

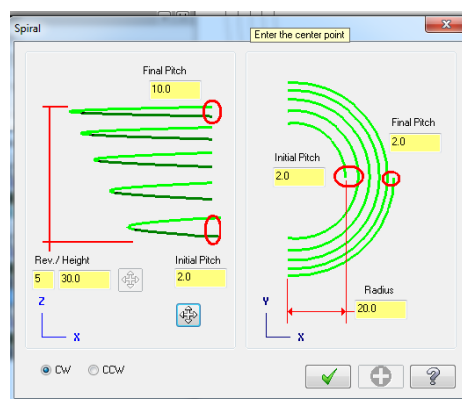
- Ellipse 

Icon untuk membuat sebuah elips sebagai gambar rangka geometri dengan cara ditentukan dua titik yaitu titik batas sumbu x dan titik batas sumbu y. Ada tiga jenis pendekatan yaitu line atau garis, pendekatan arc atau lingkaran dan pendekatan nurbs atau spline.

- Bounding Box 

Digunakan untuk memeriksa keseluruhan bagian dimensi dengan menciptakan persegi panjang atau silinder batas sekitar entitas yang dipilih. Atau bisa juga digunakan untuk membuat batas gambar rangka geometri model yang solid.

- Spiral 



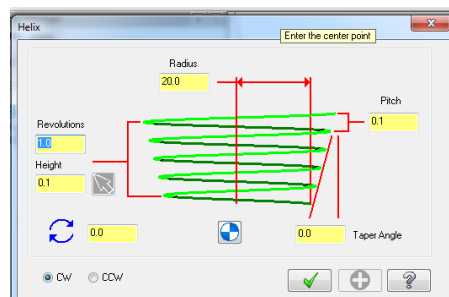
**Gambar 40. Parameter Spiral**



Digunakan untuk membuat geometri spiral berjenis NURBS splines. Pada icon ini dapat ditentukan jumlah putaran spiral atau pitch dari satu puncak ke puncak berikutnya. Parameter yang harus diinput adalah titik pusat spiral serta awal dari mulainya spiral atau tinggi dari spiralnya (gambar 40).

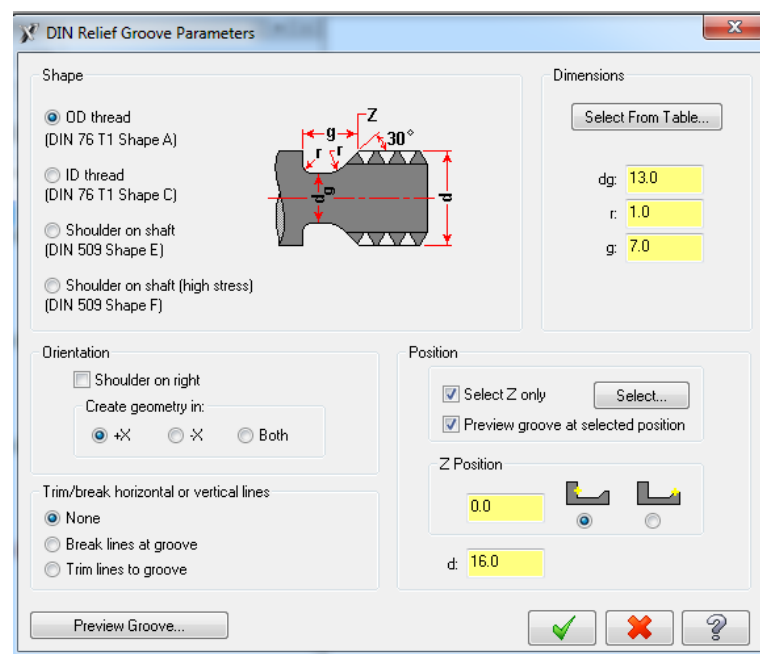
- Helix 

Berfungsi untuk membuat sebuah spiral baik lurus atau tirus. Hasilnya adalah garis NURBS spline. Parameter yang harus ditentukan adalah sudut dalam, awalan radius, jumlah putaran tinggi, pitch, dan arah (CW / CCW) (gambar 41).



**Gambar 41. Parameter Helix**

- Relief Groove 

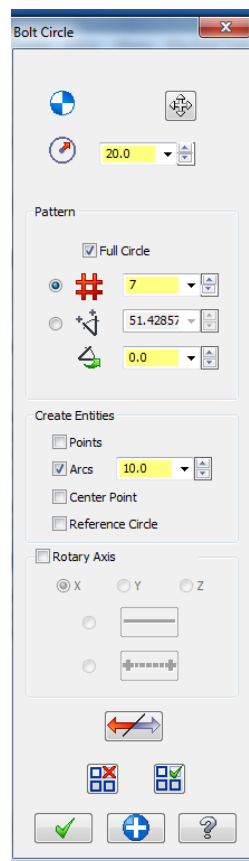


**Gambar 42. Jendela Relief Groove**

Digunakan untuk membuat alur standar DIN terutama pada gambar-gambar silindris. Ada empat tipe standar DIN yang tersedia yang dapat digambar. Parameter yang harus diinput berupa ukuran-ukuran dari alur tersebut dan sudah tersedia pada jendela Relief Groove (gambar 42).

- Bolt Circle 

Digunakan untuk membuat lingkaran atau arc dengan pola tertentu biasanya lingkaran dengan jumlah tertentu tanpa titik pusat entitas. Parameter yang harus diinput yaitu jumlah arc, sudut acuan, titik pusat serta diameter acuan (gambar 43).



**Gambar 43. Jendela bolt circle**

- Fillet Entities 

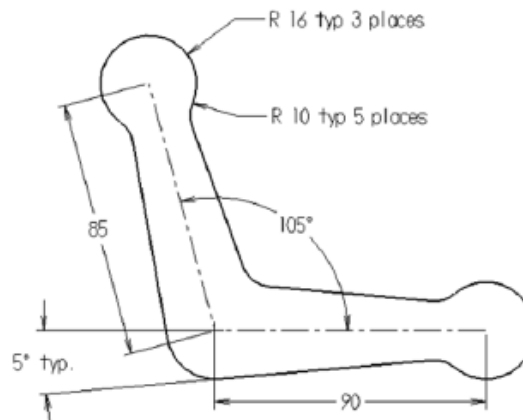
Digunakan untuk membuat dua buah garis yang akan atau berpotongan menjadi lingkaran dengan radius tertentu. Parameter yang harus diinput adalah radius yang diinginkan. Caranya adalah klik pada garis pertama dan kedua maka pada garis berpotongan tersebut terbentuk radius sesuai parameter yang diinputkan.

- Chamfer Entities 

Digunakan untuk membuat chamfer pada dua garis yang akan atau berpotongan. bisa juga antara arc dengan garis. Parameter yang diinput jarak dengan sudut yang diinginkan.

### Bahan Bacaan 3: Membuat Lintasan Alat Potong

Pembuatan lintasan pahat (*toolpath*) menggunakan *software* cadcam bisa dilakukan dalam kontur lintasan 2D dan 3D. Hal ini bergantung pada geometri benda dan jenis mesin (CNC) yang digunakan. Berdasarkan jumlah axisnya, mesin cnc ada yang mempunyai 2 axis, 3 axis, 4 axis atau lebih dari 4 axis. Pembuatan *toolpath* untuk masing-masing jenis cnc berbeda karena karakteristik pemotongan mesin cnc yang mempunyai berbagai axis sangat berbeda. Salah satu *software* yang bisa dipakai untuk menghasilkan *toolpath* adalah mastercam. Software ini bisa digunakan untuk membuat lintasan *toolpath* dari 2 sampai 5 axis. Misalkan benda yang akan dibuat mempunyai geometri seperti gambar 44, dengan kedalaman 8mm.

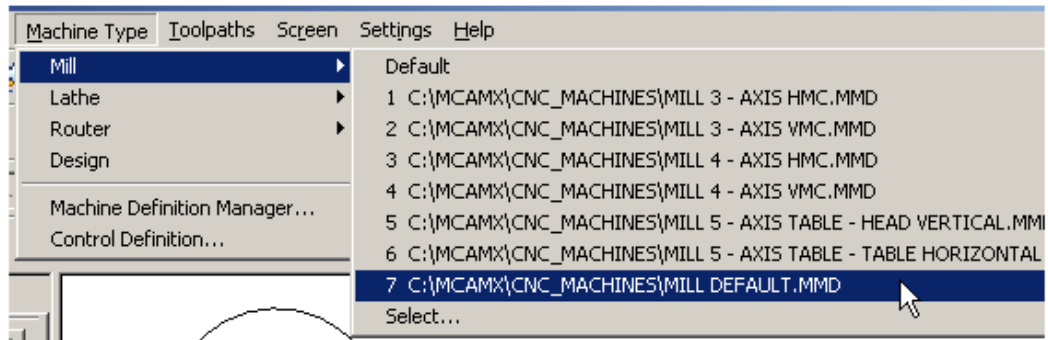


Gambar 44. Gambar Kerja Milling

#### 1. Mendefinisikan parameter CAM

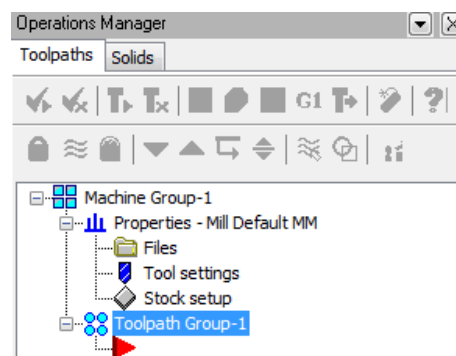
Sebelum lintasan alat potong dibuat, perlu didefinisikan parameter-parameter yang harus di inisiasi di awal guna kelengkapan proses pembuatan *toolpath*. Diantaranya menyeleksi mesin yaitu menentukan jenis mesin yang akan dipakai beserta sistem satuan yang dipakai, karena *toolpath* yang akan dibuat menggunakan mesin milling,

maka dipilih mesin milling dengan satuan ukuran mm. Gambar 45. menunjukkan jendela untuk menentukan jenis mesin yang digunakan.



Gambar 45. Jendela pemilihan mesin

Caranya dari Menu, pilih **Machine Type**, **Mill**, dan pilih **C:\PROGRAM FILES\MCAM\_MACHINE\MILL DEFAULT.MMD** artinya kita memilih mesin mill yang ditentukan mastercam. Setelah mesin dipilih, selanjutnya pada menu properties ada tiga jenis parameter yang bisa kita tentukan yaitu *files* yaitu tempat penyimpanan data, *tool settings* untuk menentukan alat potong yang digunakan serta *stock setup* adalah untuk menentukan raw material yang digunakan (gambar 46).



Gambar 46. Jendela operation manager

Mastercam secara otomatis akan membuat grup pemesinan (machine group-1) pada kelompok **toolpath manager** yang apabila dikembangkan bisa penyimpanan **job setup**, **toolpaths** dan operasi-operasi permesinan lainnya.

## 2. Mengatur opsi file

Untuk mengatur tempat penyimpanan file *NC* yang akan dibuat dan review opsi file lainnya dilakukan pada jendela operation manager (gambar 46) pada icon **Files**. Caranya adalah:

- a. Pada **Toolpath Manager**, klik tanda + pada Properties-Generic Mill untuk mengembangkannya
- b. Klik **Files**, kotak dialog **The Machine Group Properti** terbuka, menampilkan tab **Files**. Tab-tab tersebut merupakan tempat informasi penyimpanan **job setup**.
- c. Ubah **The Group name** ke nama files yang diinginkan agar bisa mengorganisasi **toolpaths** dengan beragam cara.
- d. Ubah **The Toolpath name** ke nama files **.nc** yang diinginkan, tetapkan path seperti ditunjukkan dalam gambar 47. Secara otomatis Mastercam akan menulis kode NC, dan akan meng**upload** ke **machine tool** Anda.



Gambar 47. Jendela perubahan files

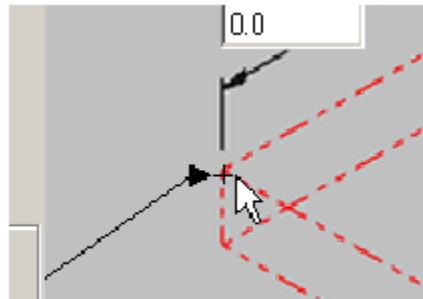
Fitur lainnya pada jendela ini adalah letak files untuk pendefinisian nama mesin, defenisi kontrol, dan **post procesor** yang digunakan. Tab ini juga memberitahu dari mana **file parameter toolpath default**-nya dibaca, dsb.

## 3. Mendefenisikan *stock model*

Jika diasumsikan bahwa raw material yang akan dipotong berbahan aluminium dengan ukuran tebal 8 mm lebar 150 mm serta panjang 200 mm, maka cara setting nya adalah:

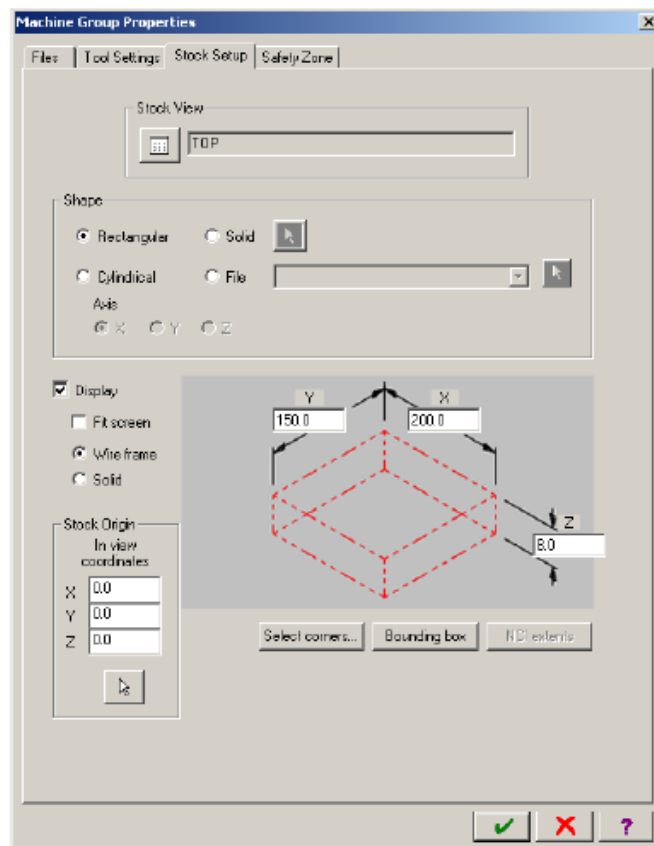
- a. Klik stock setup tab.

- b. Tentukan titik origin pada stock model agar Mastercam dapat mengidentifikasinya. Klik sudut kiri seperti ditunjukkan Gambar 48:



**Gambar 48. Tab Stock Model**

Anda dapat saja menentukan titik origin pada titik lain disembarang tempat tergantung keinginan dan kebutuhan pemrograman.



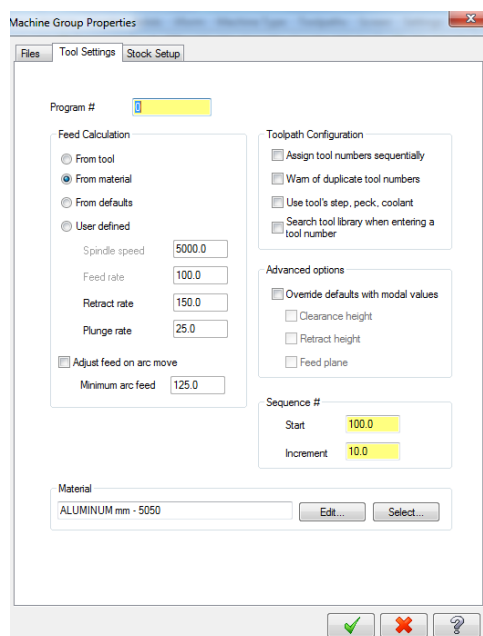
**Gambar 49. Jendela pengaturan stock**

1. Masukkan dimensi **stock model**. Ketik dimensi berikut: Y:150, X:200, Z:8
2. Tunjuk **stock origin** pada 0,0,0. Hal ini akan memberitahu Mastercam kordinat sudut yang dipilih pada step 2 di atas. Gunakan kordinat tersebut untuk memindahkan **stock model** ke benda kerja.
3. Pilih **Display** untuk menunjukkan batas **stock** pada jendela grafik yang berhubungan dengan geometri benda kerja (gambar 49). Pengaturan **stock** dapat juga dilakukan dengan definisi fitur bounding box yaitu ketika dipilih maka secara otomatis akan mastercam akan memilih dimensi terluar dari model yang dibuat.

Pembuatan **stock model** (benda kerja awal sebelum pemotongan) sebaiknya dilakukan diawal karena bisa berfungsi untuk melihat simulasi dari lintasan pahat dalam mode **3D**.

### Pengaturan Pemilihan Material Dan Alat Potong

Untuk memasukkan material (misal alumunium) yang akan digunakan serta parameter pemotongannya. Caranya adalah sebagai berikut:

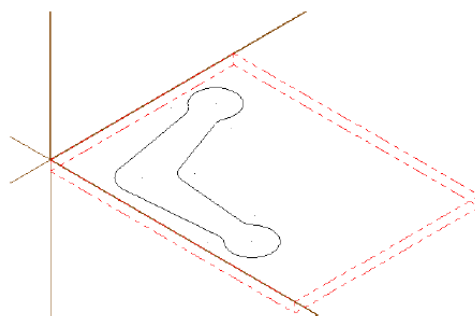


Gambar 50. Jendela pemilihan material dan alat potong

1. Klik tab **Tool Settings**. Pada bagian **Material** , klik tombol **Select**. Mastercam menampilkan **Material list dialog box** (Gambar 50).
2. Dari Source List, pilih Mill-Library.
3. Pilih Aluminium 5050 dan klik OK.
4. Pada opsi Feed Calculation, pilih From Material. Ini berarti bahwa Mastercam akan menghitung sendiri berapa feed rates dan spindle berdasarkan kekerasan dan karakteristik material yang dipilih.
5. Klik OK untuk menutup The Machine Group Properti Dialog Box.

### Mengubah Tampilan View Gambar

Gambar yang akan dijadikan dasar pembuatan *toolpath* sebaiknya dilihat dalam isometric view karena dapat lebih menjelaskan proses pemotongan yang terjadi. Dalam status bar pada bagian bawah layar, klik **Gview** dan pilih **Isometric (WCS)**. Untuk melakukan skala pembesaran (**zoom scale**) bisa dilakukan dengan cara menekan [**Page Up**] atau [**Page Down**] atau dengan menggunakan **wheel mouse** sehingga dimungkinkan untuk melihat semua komponen. Untuk menampilkan koordinat yang dipakai dilakukan dengan cara menekan [**F9**] untuk menampilkan axis koordinat pada layer.



**Gambar 51. Tampilan Axis Koordinat**

### Membuat Lintasan Pahat

Setelah definisi CAM yang berisi parameter pendukung untuk pembuatan *toolpath* dilakukan, langkah selanjutnya dari membuat lintasan alat potong adalah memilih

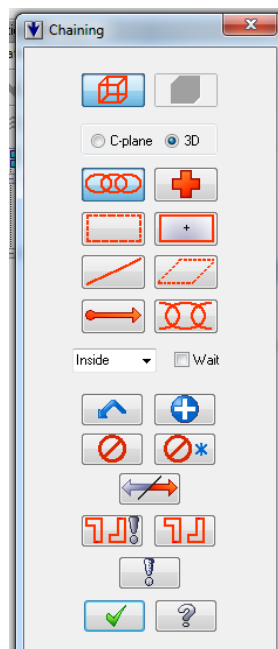


geometri dan pahat. Langkah ini cukup penting karena berpengaruh terhadap waktu pemotongan yang akan terjadi.

### Memilih Geometri dan Alat Potong

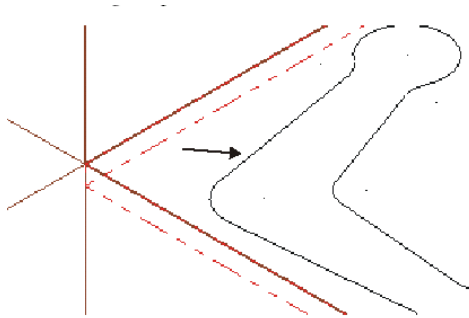
Cara-cara memilih geometri dan alat potong yaitu:

1. Dari Menu, pilih **Toolpaths**, **Countour toolpath**. Mastercam menampilkan **Chaining Dialog box**, yang digunakan untuk menyeleksi geometri lintasan alat potong.



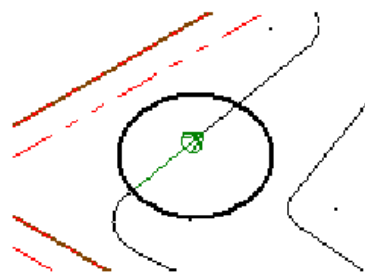
Gambar 52. Jendela chaining

2. Klik pada geometri pada lokasi yang ditunjukkan pada gambar 53, perkirakan di mana kita ingin memulai pergerakan alat potong untuk menyayat benda kerja.



**Gambar 53. Chaining tool path**

Mastercam secara otomatis menseleksi semua geometri yang terhubung ke garis yang anda telah dipilih dan terdapat arah tanda, ini disebut **Chaining**. Arah **chaining** akan mengikuti arah pemotongan benda kerja. Arah panah anda sebaiknya seperti yang ditunjukkan dalam gambar 54.

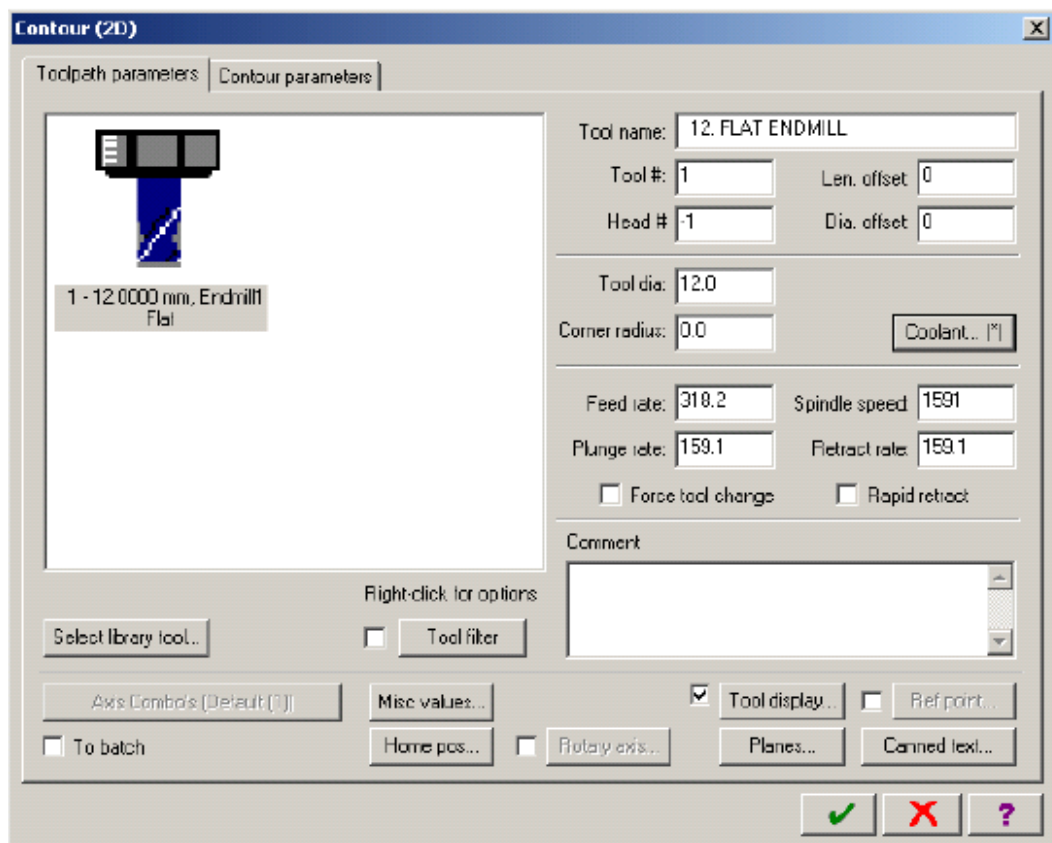


**Gambar 54. Arah chaining**

**TIPS:** Apabila diklik dekat **endpoint entity**, arah panah **Chaining** secara otomatis akan berganti arah.

1. Klik OK untuk menutup Chaining dialog box. Mastercam menampilkan Contour 2D dialog box, di mana diinput parameter Toolpaths Parameters dan Countor Parameter.
2. Pada Toolpaths parameters tab, klik Select library tool, pilih flat endmill 12mm, dan klik OK. (Router users sebaiknya memilih straight bit 12mm). Mastercam secara otomatis mengupdate feeds dan speed berdasarkan stock material, jenis Toolpaths, dan karakteristik tool yang baru dipilih.
3. Catatan: parameter Toolpaths parameters tab selalu bisa diperbaharui (ditimpah) nilai default nyadengan menginput nilai yang baru.

4. Klik Coolant. The Coolant dialog box terbuka. Hidupkan Flood coolant dan klik OK. Mastercam menambahkan tanda bintang pada tombol coolant sebagai tanda bahwa coolant telah didefinisikan.
5. Verifikasi bahwa tab Toolpaths parameter seperti gambar 55. Feed dan speed yang dipilih boleh tidak persis sama bergantung pada operasi dan tool defaultnya.

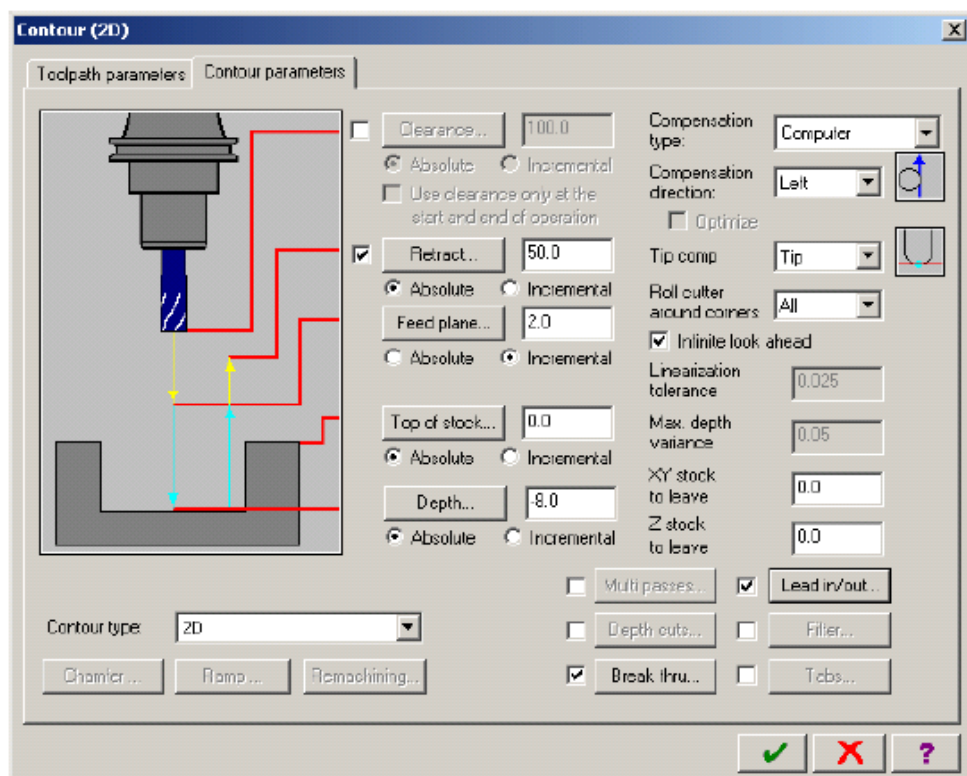


Gambar 55. Toolpaths parameter

### Memasukkan parameter pemotongan

Umumnya nilai **default** yang dilihat pertama kali ketika tab **operation parameters** dipilih, adalah data yang dibaca dari file **the defaults file (\*.Default)** yang terdaftar pada **the files tab** di **the Machine Group Properties dialog box**. Apabila **Toolpaths** yang dibuat cukup banyak maka akan sering menggunakan banyak nilai **default**. Cara memasukkan nilai-nilai parameter pemotongan adalah:

1. Klik tab Countour parameters.
2. Mastercam secara otomatis membaca bagian atas stock dari defenisi stock yang telah dibuat sebelumnya. Masukkan kedalaman 8 apabila hendak memotong seluruh benda kerja.
3. Masukkan parameter Feed Planedengan nilai 2.0.
4. Pilih Break Thru check box dan klik pada tombol ok untuk mengenternya.
5. Masukkan 0.5 sebagai The Break Through amount dan klik OK.
6. Jika diperlukan, pilih Computer pada bagian Compensation Type. Ini berarti, Mastercam akan menyetel posisi tool dengan mempertimbangkan diameter tool. Output kode yang dihasilkan dari penyettingan ini adalah G41/G42.
7. Jika diperlukan, pilih Left pada Compensation direction. compensation direction dan Chaninig direction akanmenentukan apakah tool akan memotong bagian sisi luar atau dalam dari kontur yang dipilih.
8. Hasil parameter yang dimasukkan akan tampak seperti gambar 56 berikut:

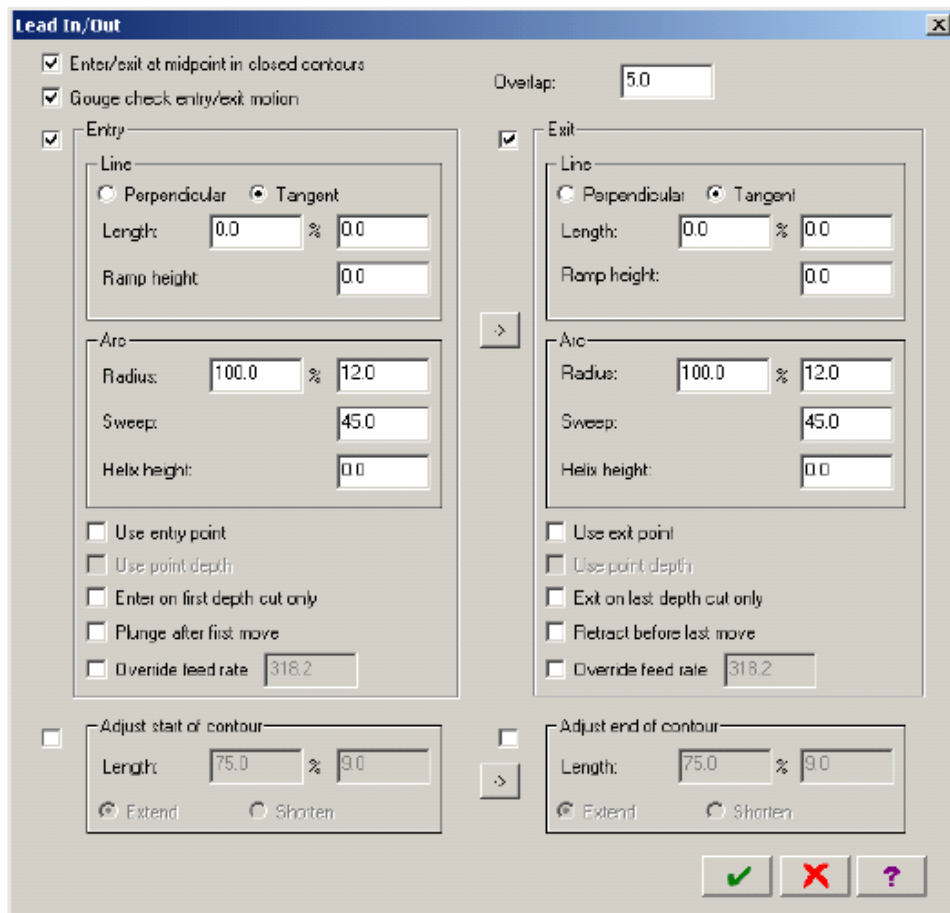


**Gambar 56. Jendela Parameter Pemotongan Kontur**

## Membuat entry and exit arcs

Mastercam memberi banyak opsi mengenai bagaimana pergerakan alat potong mendekati (*Approach*) dan menjauhi (*Retract*) benda kerja. Gerakan tersebut bisa menggunakan kombinasi *arcs*, *lines*, *helixes*, dan opsi lainnya tanpa harus menambahkan geometri ekstra pada benda kerja. Caranya adalah sebagai berikut:

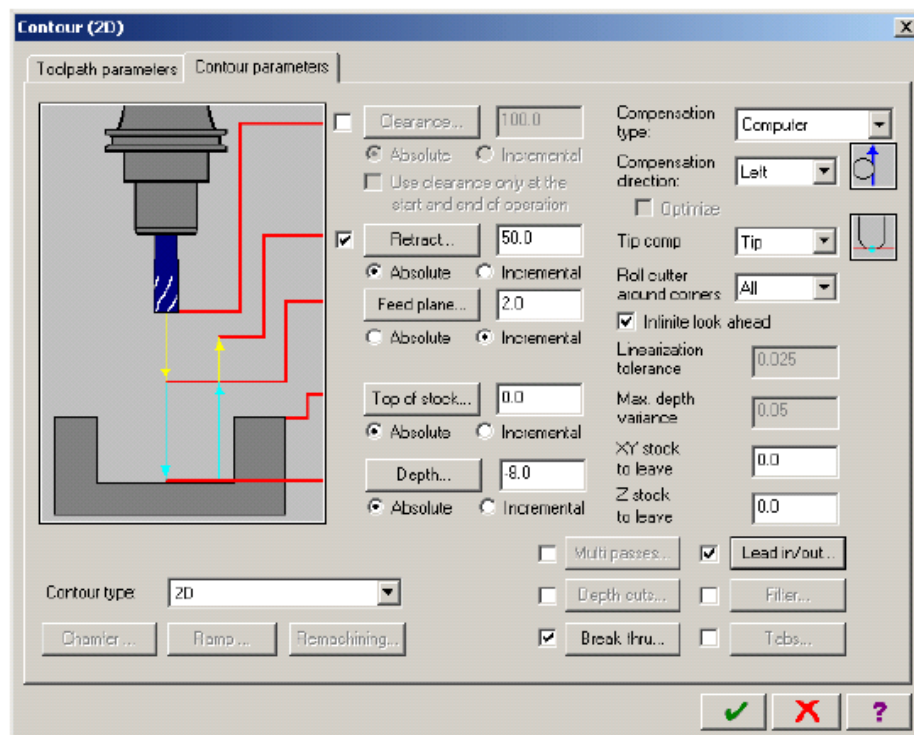
1. Klik Lead in/out.
2. Pilih Enter/exit at midpoint in closed contours. Hal ini menjamin bahwa Mastercam akan mendekati benda kerja pada pertengahan garis yang telah dipilih ketika chaining geometri. Apabila opsi ini tidak ditentukan, Mastercam akan memulai Toolpaths pada endpoint titik pertama geometri dari chaining.



Gambar 57. Jendela lead in /out

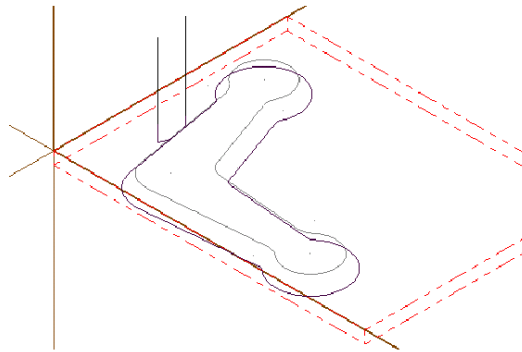
**TIPS:** Gunakan Chain Manager untuk melihat opsi-opsi lainnya, guna mengontrol **starting point** pada **Toolpaths**. Untuk membuka **chain manager**, klik ikon **geometri** pada **Toolpaths manager** yang berisi **Toolpaths**, kemudian pilih **chains** yang akan dijadikan dasar geometri.

1. Ketika opsi **default** yang dipilih pada tab **entry**, maka pergerakan **line** dan **arcs** terpilih secara otomatis. Untuk membuat **entry line** tidak berfungsi (**disable**) dilakukan dengan cara memasukkan nilai **Length 0.0** pada **entry –Line section**.
2. Pada **entry-Arc section**, masukkan **Sweep angle 45.0**.
3. Klik tombol **Copy** untuk mengkopi **entry dimensions** secara otomatis.
4. Masukkan **Overlap distance 5.0**. Ini berarti bahwa **entry** dan **exit** akan menindih (**overlap**) yang lainnya.
5. Verifikasi bahwa nilai yang dimasukkan sesuai dengan gambar 57.
6. Verifikasi bahwa nilai yang lainnya sesuai dengan gambar 58 dan klik **OK**.



Gambar 58. Jendela counter parameters

Mastercam akan generate **Toolpaths** pada layar, dan akan nampak seperti gambar 59. berikut. Pergerakan cepat (**rapid;G00**) ditampilkan dengan warna kuning dan pergerakan **feed rate** (lambat;G01) ditampilkan dengan warna biru.



Gambar 59. Tampilan Toolpath

#### 4. Preview Toolpaths

Untuk melihat gerakan alat potong apakah sudah sesuai dengan yang kita inginkan atau belum bisa dilakukan dengan fitur bisa dilakukan dengan menjalankan simulasi dari parameter-parameter yang diinputkan. Pergerakan yang bisa dilihat adalah **review Toolpaths** atau pergerakan toolpath dan **gerakan tool**:

- Gunakan fungsi **Backplot** untuk menganalisis pergerakan tool dan posisinya.
- Gunakan fungsi **verify** untuk mereview **stock removal** yang sudah ditentukan sebelumnya

#### Memilih Opsi Backplot

1. Pada **Toolpaths Manager**, klik ikon **folder**, **Toolpaths name** dipilih. Tanda centang hijau pada folder akan terlihat jika pemilihan sudah dilakukan (gambar 60)



Gambar 60. Toolpath Manager

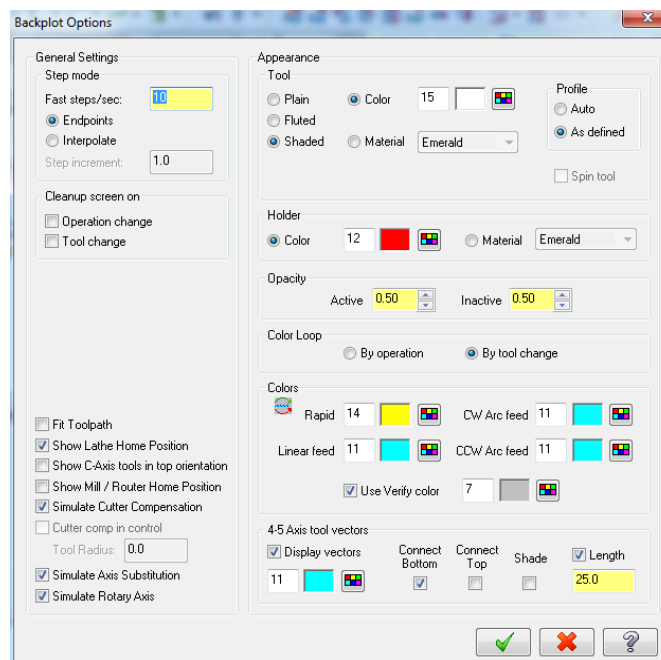
**Catatan:** pemilihan dapat dilakukan lebih dari satu operasi **backplotting**, atau dapat dipilih semua operasi pada **machine group**.

2. Klik tombol Backplot. Mastercam menampilkan Backplot dialog box dan display control.
3. Pada jendela backplot (gambar 61), Mastercam memberikan pilihan elemen Toolpaths mana yang akan ditampilkan ketika backplotting. Biasanya pada Backplot dialog box, dipilih 3 tombol seperti yang ditunjukkan pada gambar 61. artinya Mastercam akan menampilkan tool, tool holder, dan rapid moves.



**Gambar 61. Jendela Backplot**

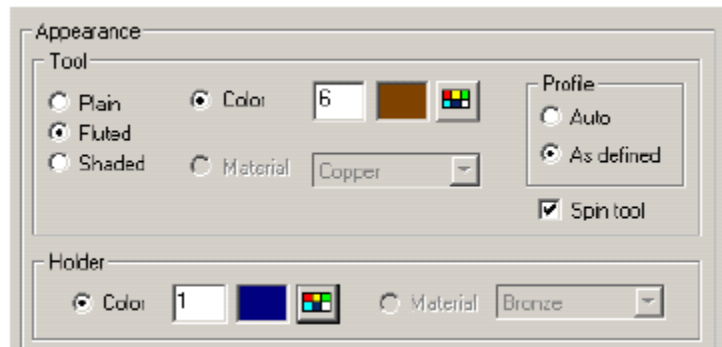
4. Klik tombol **Options** (gambar 62) yang digunakan untuk mengontrol bagaimana **tool**, **tool holder**, dan pergerakan **Toolpaths** ditampilkan.



**Gambar 62. Backplot Options**



5. Ubah warna **tool** dan **holder** dengan cara mengubah parameter *appearance* (gambar 63) dan klik **OK**.

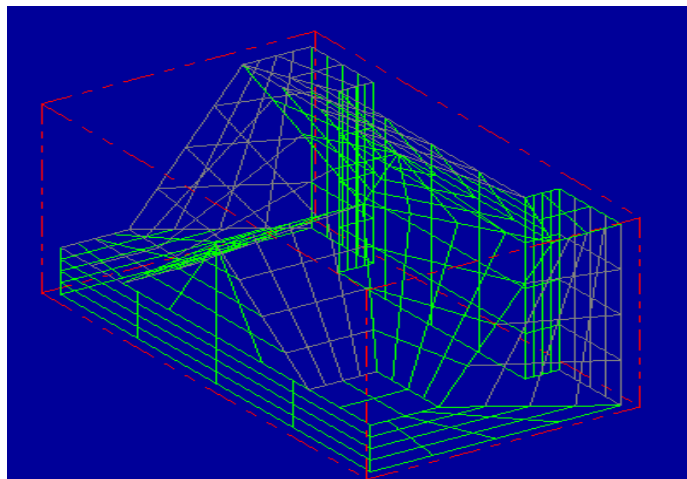


**Gambar 63. Parameter Appearance**

### **Proses pembuatan Toolpath 3D (Surface RoughtParalel)**

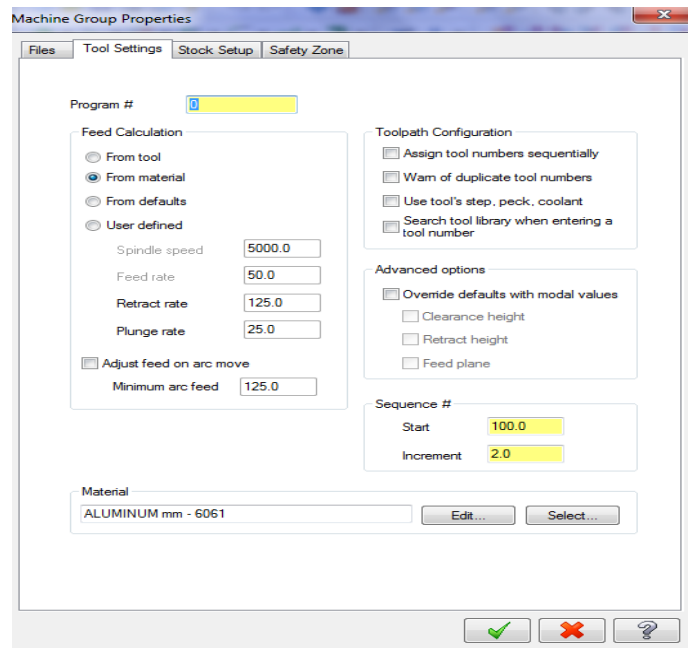
Selain digunakan untuk membuat toolpath 2D, mastercam juga bisa digunakan untuk membuat toolpath dengan basik gambar 3D. Berikut contoh dari langkah-langkah mem-buat toolpath dengan jenis pemakanan **Surface RoughtParalel**

- Pertama, bentuk geometri dan disurfacerulled seperti terlihat pada gambar 64



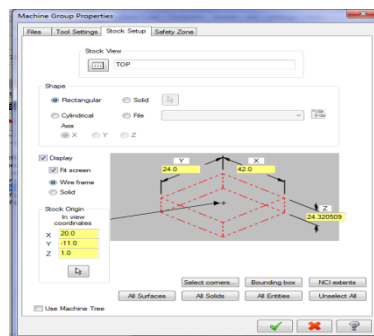
**Gambar 64. Model 3D**

- Properties pada jendela machine group (gambar 65), pilih tab tool setting.



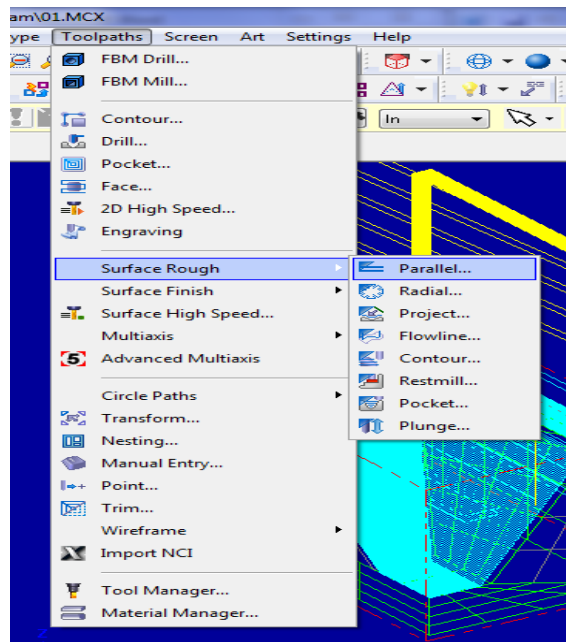
**Gambar 65. Machine Group Properties**

- Klik stock setup masukkan parameter sesuai gambar 66



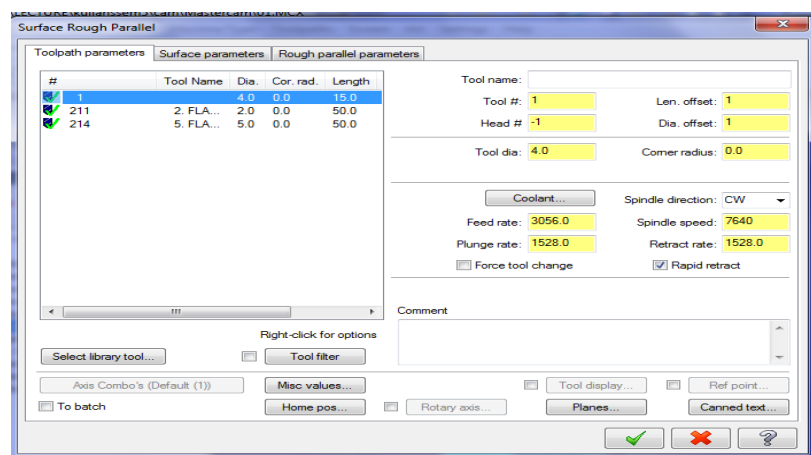
**Gambar 66. Tab Stock Setup**

- Selanjutnya, klik toolpath-Surfacerough-paralel.



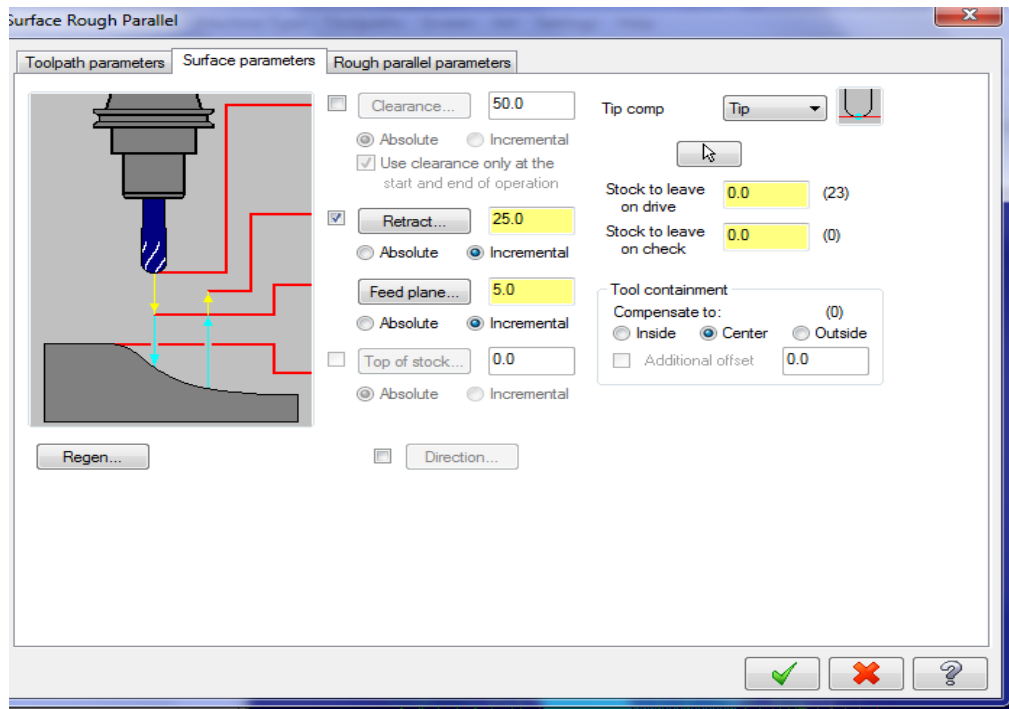
Gambar 67. Pemilihan surface rough-parallel

- Pilih underfined ok-all entities ok.



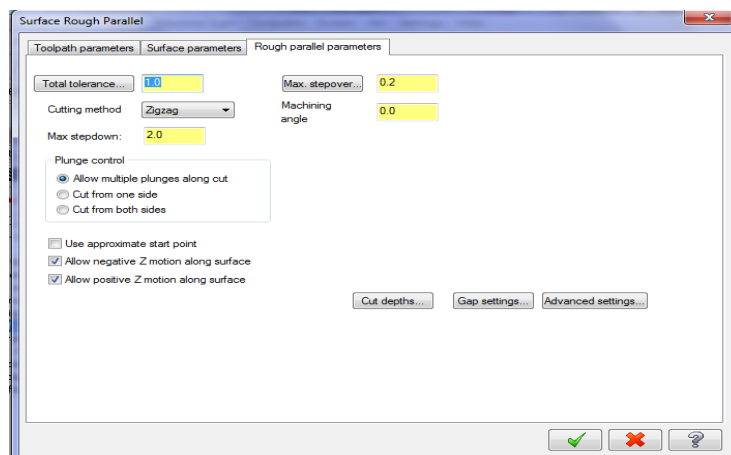
Gambar 68. Pemilihan underfined ok-all entities ok

- Pada menu surfaceparameters dengan ketentuan seperti nampak pada gambar berikut:



**Gambar 69. Menu surface parameter**

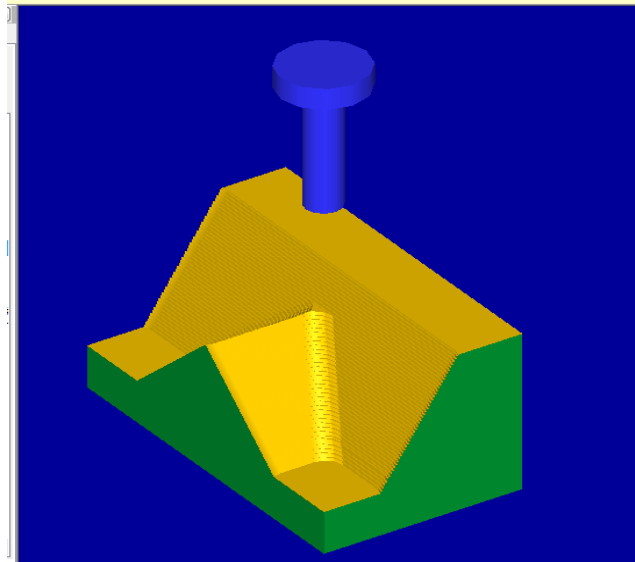
- Setting pengaturan pada menu Rought Parallel Parameters.



**Gambar 70. Pengaturan menu *rough parallel***

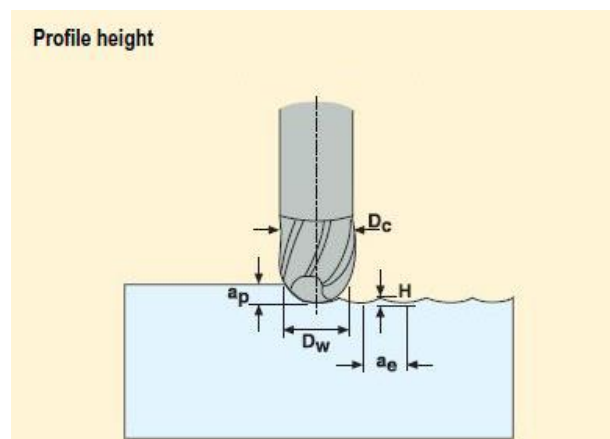
- Klik OK.
- Klik regenerate all selected operations.
- 0

- Klik verify selected operations serta perhatikan simulasi yang sedang berjalan.



**Gambar 71. Simulasi proses**

Pada proses pemotongan 3D yang menggunakan alat potong cutter ballnose selain material alat potong juga harus memperhatikan geometri radius cutter yang digunakan. Sedangkan parameter yang harus diperhatikan adalah kedalaman pemotongan (*depth of cut*) serta lebarnya pemotongan (*width of cut*). Hal akan berpengaruh pada kekasaran permukaan yang dipotong. Gambar 72 menunjukkan prediksi kekasaran yang terjadi dengan beberapa parameter pemotongan.



**Gambar 72. Kondisi pemakanan cutter ball nose**

Prediksi kekasaran yang terjadi dapat diketahui dengan melihat tinggi puncak kurva sisa pergeseran antar radius *cutter ball nose* (H). Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan formulasi berikut:

$$H = \frac{D_c}{2} \times \frac{\sqrt{D_c^2 + a_e^2}}{2}$$

Di mana:

$D_c$  = diameter cutter

$a_e$  = lebar pemotongan

Untuk proses penghalusan maka dipilih *step overs* serta *depth of cut* paling minimal yang mampu dikerjakan. Sehingga didapat nilai H yang bisa dipakai sebagai acuan prediksi kekasaran permukaan yang terjadi, di mana nilai H seharusnya mendekati nilai kekasaran sebenarnya.

#### D. Aktivitas Pembelajaran

##### **Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)**

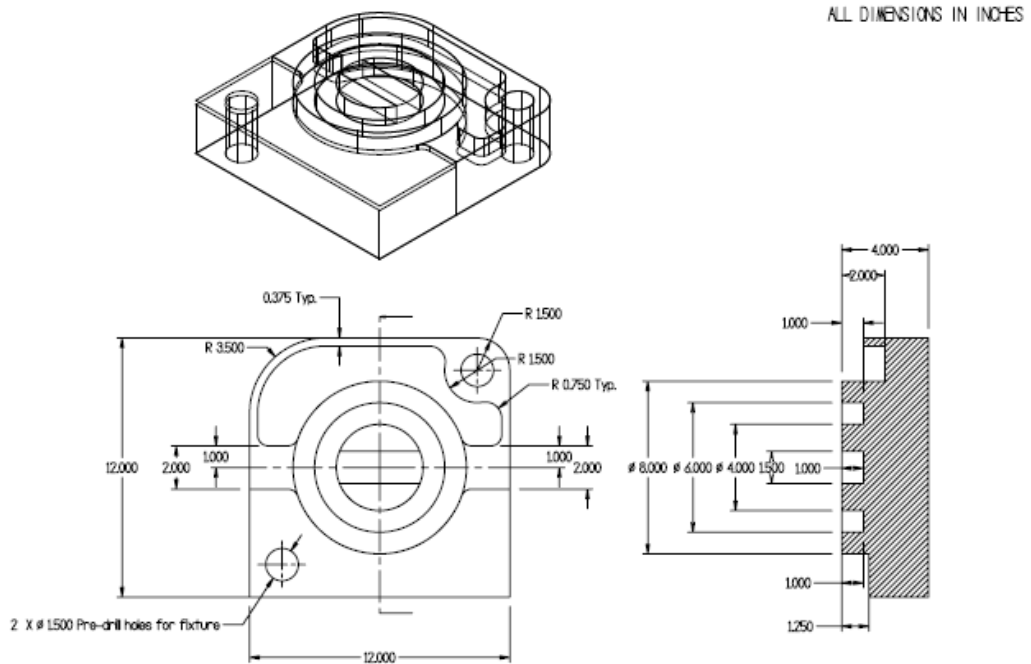
Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta di dalam kelompok *Saudara* untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran pembuatan toolpath dengan CAM? Sebutkan!
2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika *Saudara* bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka *Saudara* bisa melanjutkan pembelajaran ke aktivitas pembelajaran 1.

## Aktivitas 1. Membuat Toolpath 2D (6 JP)

Amati gambar di bawah ini. *Saudara* diminta untuk membuat ulang gambar berikut ini dengan menggunakan *software* mastercam X4



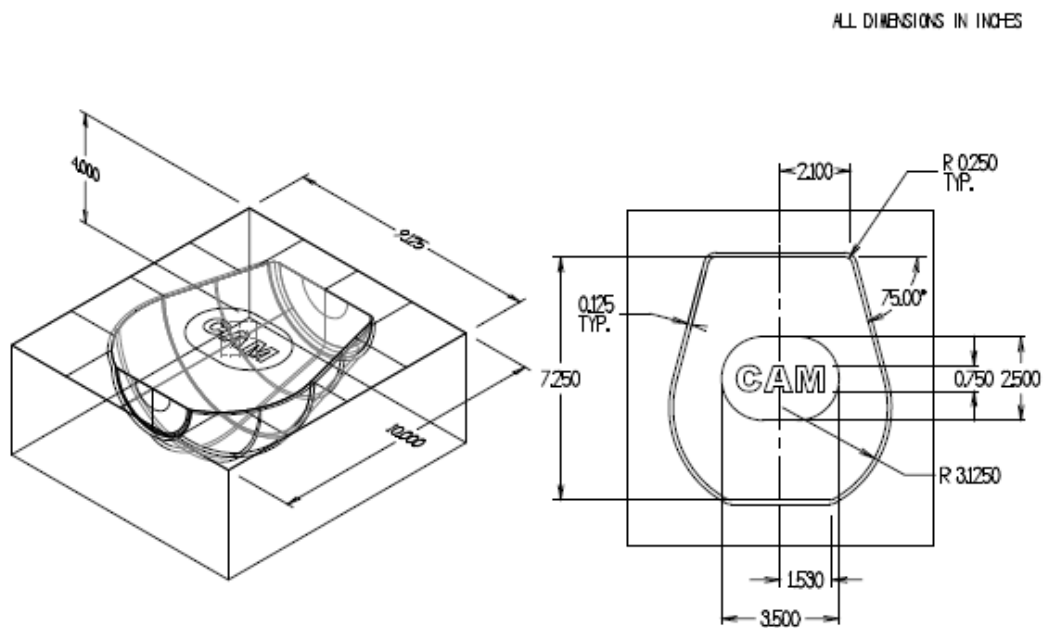
*Saudara* diharuskan menggunakan *software* CAD, diskusikan dengan peserta diklat yang lain atau dengan instruktur tentang pengoperasian alat bantu tersebut. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Tampilkan gambar yang anda buat (dalam CAD) lengkap dengan dimensinya!
2. Tampilkan (*top view* dan *isometri view*) hasil simulasi (dalam CAM) benda yang anda hasilkan.
3. Tampilkan program yang anda hasilkan dari pertanyaan nomor 2 di atas.
4. Berapa dimensi (p x l x t) material dasar (*stock material*) yang anda berikan? berikan alasannya!
5. Berapa putaran spindel [rpm] dan feedrate [mm/min] yang anda berikan pada setiap proses?
6. Sebutkan secara berurut semua proses pengefraisan yang anda lakukan? jelaskan dengan skema rencana kerja!
7. Sebutkan nama-nama pahat potong yang anda gunakan dalam proses tersebut?
8. Berapa kedalaman maksimum tiap penyanyatan yang anda berikan?

9. Berapa kedalaman minimum tiap penyanyatan yang anda berikan?
10. Berapa total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu benda di atas?

## Aktivitas 2. Membuat Toolpath 3D (6 JP)

Amati gambar di bawah ini. *Saudara* diminta untuk membuat ulang gambar berikut ini dengan menggunakan *software* mastercam X4.



*Saudara* diharuskan menggunakan *software* CAD, diskusikan dengan peserta diklat yang lain atau dengan instruktur tentang pengoperasian alat bantu tersebut. Selanjutnya selesaikan **LK-02** dengan dipandu pertanyaan berikut:

1. Tampilkan gambar yang anda buat (dalam CAD) lengkap dengan dimensinya!
2. Buat toolpath dengan menggunakan mesin milling
3. Tampilkan (*top view* dan *isometri view*) hasil simulasi (dalam CAM) benda yang anda hasilkan.
4. Tampilkan program yang anda hasilkan dari pertanyaan nomor 2 di atas.
5. Berapa dimensi (p x l x t) material dasar (*stock material*) yang anda berikan? berikan alasannya!
6. Sebutkan nama-nama pahat potong yang anda gunakan dalam proses tersebut?



7. Berapa lebar pemakanan (width of cut) maksimum tiap penyanyatan yang anda berikan?
8. Berapa total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu benda di atas?

## LEMBAR KERJA KB-5

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran pembuatan toolpath dengan CAM? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....  
.....  
.....

3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....  
.....  
.....

4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

5. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....  
.....

LK - 01

1. Tampilkan gambar yang anda buat (dalam CAD) lengkap dengan dimensinya!

.....  
.....  
.....

2. Tampilkan (*top view* dan *isometri view*) hasil simulasi (dalam CAM) benda yang anda hasilkan.

.....  
.....  
.....

3. Tampilkan program yang anda hasilkan dari pertanyaan nomor 2 di atas.

.....  
.....  
.....

4. Berapa dimensi (pxlxt) material dasar (*stock material*) yang anda berikan? berikan alasannya!

.....  
.....  
.....

5. Berapa putaran spindel [rpm] dan feedrate [mm/min] yang anda berikan pada setiap proses?

.....  
.....  
.....

6. Sebutkan secara berurut semua proses pengefraisan yang anda lakukan? Kelaskan dengan skema rencana kerja!

.....  
.....

7. Sebutkan nama-nama pahat potong yang anda gunakan dalam proses tersebut?

.....  
.....  
.....

8. Berapa kedalaman maksimum tiap penyanyatan yang anda berikan?

.....  
.....  
.....

9. Berapa kedalaman minimum tiap penyanyatan yang anda berikan?

.....  
.....  
.....

10. Berapa total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu benda di atas?

.....  
.....  
.....

**LK - 02**

1. Tampilkan gambar yang anda buat (dalam CAD) lengkap dengan dimensinya!

.....  
.....  
.....

2. Buat toolpath dengan menggunakan mesin milling!

.....  
.....  
.....

3. Tampilkan (*top view* dan *isometri view*) hasil simulasi (dalam CAM) benda yang anda hasilkan.

.....  
.....  
.....

4. Tampilkan program yang anda hasilkan dari pertanyaan nomor 2 di atas.

.....  
.....  
.....

5. Berapa dimensi (pxlxt) material dasar (*stock material*) yang anda berikan? berikan alasannya!

.....  
.....  
.....

6. Sebutkan nama-nama pahat potong yang anda gunakan dalam proses tersebut?

.....  
.....  
.....

7. Berapa lebar pemakanan (*width of cut*) maksimum tiap penyanyatan yang anda berikan?

.....  
.....  
.....

8. Berapa total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu benda di atas?

.....  
.....  
.....

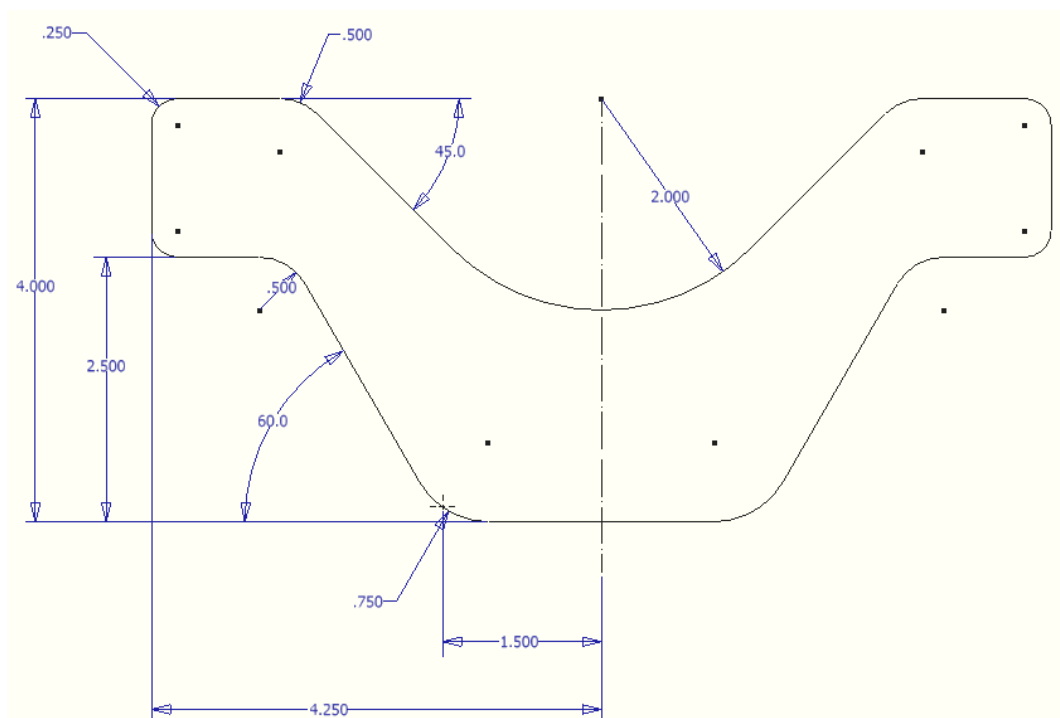
## E. Latihan/Tugas/Kasus

1. Tuliskan fungsi tombol F9 pada software mastercam
2. Tuliskan cara-cara pembuatan chamfer pada dua garis yang saling berpotongan pada software mastercam? Bila perlu jelaskan dengan gambar!
3. Tuliskan fungsi stock setup pada pendefinisian raw material ketika membuat CAM definition menggunakan software mastercam?
4. Tuliskan fungsi koordinat sistem pada model CAM yang dibuat di software mastercam? Jelaskan!
5. Tuliskan fungsi lead in dan lead out pada pemrograman pembuatan toolpath menggunakan software mastercam?

### TUGAS PRAKTIK:

Pembuatan Lintasan Alat Potong Menggunakan Software Mastercam X4

Amati gambar di bawah ini!



Dengan menyelesaikan LK-02 *Saudara* telah memahami pembuatan jalur alat potong (toolpath) untuk benda 2D dan 3D. Pembuatan toolpath yang optimal dapat

mempercepat proses pemotongan. *Saudara* diminta untuk menentukan toolpath yang harus dibuat untuk gambar kerja di atas. Tentukan toolpath yang menghasilkan waktu pemesinan paling singkat untuk benda tersebut di atas.

Untuk keperluan eksperimen menentukan toolpath yang harus dibuat, *Saudara* dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Semua ukuran dalam satuan inchi
2. Cutter yang tersedia:
  - Flat endmill dia 10 ( $fz = 1\text{ mm}$ ,  $Vc = 200\text{ m/menit}$ ,  $ap = 0,5\text{ mm}$ )
  - Ball endmill dia 10 ( $fz = 0,2\text{ mm}$ ,  $Vc = 175\text{ mm/menit}$ ,  $ap = 0.2\text{ mm}$ )
  - Flat endmill dia 63 ( $fz = 0,25\text{ mm}$ ,  $Vc = 200\text{ m/menit}$ ,  $ap = 0,5\text{ mm}$ )
  - Flat endmill dia 25 ( $fz = 0,2\text{ mm}$ ,  $Vc = 200\text{ m/menit}$ ,  $ap = 0,5\text{ mm}$ )
  - Ball endmill dia 8 ( $fz = 0,2\text{ mm}$ ,  $Vc = 175\text{ mm/menit}$ ,  $ap = 0.2\text{ mm}$ )
  - Ball endmill dia 6 ( $fz = 0,2\text{ mm}$ ,  $Vc = 175\text{ mm/menit}$ ,  $ap = 0.2\text{ mm}$ )
  - Ball endmill dia 4 ( $fz = 0,1\text{ mm}$ ,  $Vc = 175\text{ mm/menit}$ ,  $ap = 0.1\text{ mm}$ )
  - Ball endmill dia 2 ( $fz = 0,1\text{ mm}$ ,  $Vc = 175\text{ mm/menit}$ ,  $ap = 0.1\text{ mm}$ )
3. Tentukan cutter yang harus dipilih berdasarkan alat potong yang tersedia
4. Lakukan pekerjaan *Saudara* sesuai POS (Prosedur Operasi Standar)
5. *Saudara* harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

## F. Rangkuman

- Untuk membuat lintasan alat potong / toolpath bisa dilakukan dengan dua cara yaitu dengan input manual langsung atau dengan bantuan software.
- Software Mastercam termasuk software CAD/CAM yang bisa digunakan untuk membantu proses desain dan proses pembuatan benda yang biasa dilakukan di mesin CNC.
- Pembuatan lintasan pahat (toolpath) menggunakan software cadcam bisa dilakukan dalam kontur lintasan 2D dan 3D.
- Pemahaman tentang penggunaan software CAM sebagai alat bantu proses pemesinan harus dibarengi dengan pemahaman tentang proses pemotongan. Hal ini sangat berkaitan satu dengan lain karena tanpa pemahaman tentang

proses pemotongan, maka kita tidak bisa memilih parameter yang tepat yang harus di input pada software CAM.

### **G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

Pada KB-5 Saudara telah mempelajari tentang software CAM dengan mengenal icon dan fungsi yang ada pada software tersebut. Saudara juga telah mencoba belajar membuat toolpath untuk kontur benda 2D dan 3D. Guna peningkatan pemahaman Saudara, disarankan untuk mencoba menggambar benda dengan software CAM dan kemudian belajar membuat toolpath dari gambar benda yang telah anda gambar tersebut. Jika referensi yang ada pada modul ini masih dianggap kurang, Saudara dapat mencarinya dari referensi lain. Biasanya produsen software menyediakan tutorial utk software CAM yang mereka keluarkan.

## KEGIATAN BELAJAR KB-6: KONVERSI DAN MODIFIKASI *TOOLPATH* KE KODE ASCII

### A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diklat diharapkan akan mampu melakukan konversi dan memodifikasi *toolpath* ke kode ASCII (G kode).

### B. IPK (Indikator Pencapaian Kompetensi)

- Menganalisis manejer operasi
- Menganalisis post processor, sesuai keperluan
- Mengganti post sesuai kebutuhan
- Melakukan post processing sesuai SOP
- Mengedit program CNC sesuai standar
- Mengirimkan program CNC ke control mesin sesuai SOP
- Mencetak program CNC sesuai keperluan

### C. Uraian Materi

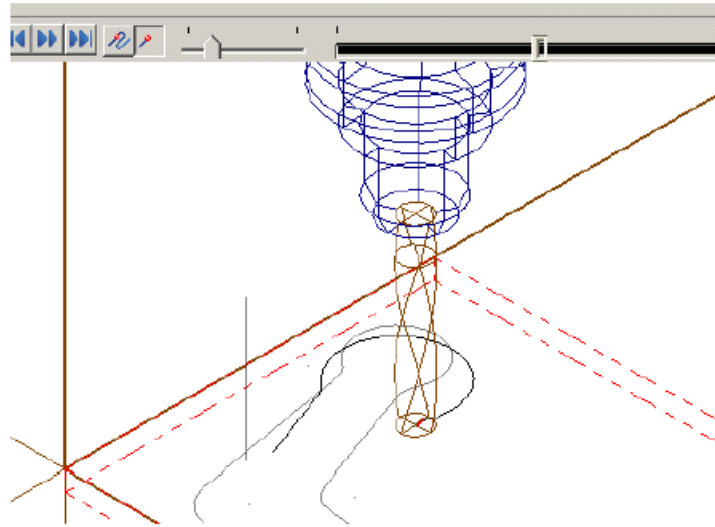
#### Bahan Bacaan 1: Penggunaan Fungsi Simulasi *Toolpath*

*Toolpath* yang dibuat harus sesuai dengan gerakan pemotongan yang diinginkan. Gerakan ini tentunya harus sesuai dengan kaidah pemotongan. Sebelum *toolpath* dikonversi kedalam bahasa G-kode yaitu bahasa pemograman standar yang bisa dieksekusi di mesin CNC, dilakukan terlebih dahulu simulasi guna memastikan gerakan-gerakan yang terjadi tidak ada yang keluar dari gambar yang diinginkan.

#### Menjalankan simulasi

1. Klik tombol ***backplot*** kemudian klik tombol ***Play*** pada tab tersebut. Tab tool dan holder akan muncul juga simulasi pemotongan benda kerja (gambar 73).



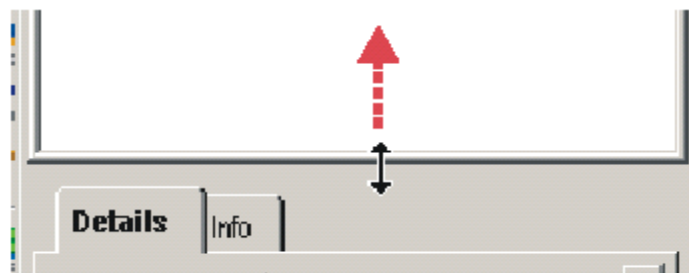


Gambar 73. Simulasi *Toolpath*

2. Klik tombol **Expand** pada **Backplot dialog box**. Akan muncul 2 tab tambahan informasi.

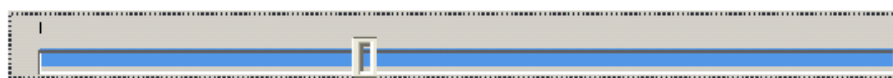


3. Klik tab **Info**. Mastercam menampilkan **total run time** dan panjang **Toolpaths**.
4. Klik Tab **Details**. Mastercam menampilkan informasi detail pada setiap pergerakan tool yang terjadi.



Catatan: Fitur ini hanya bisa bekerja jika mem**preview Toolpaths step by step**. **Resize** jendela jika perlu untuk melihat lagi tab.

1. Klik **Slider tab** pada jendela grafik untuk mengaktifkannya



TIPS: Ketika **Slide bar** aktif, Anda juga dapat menggunakan mouse dan **keyboard shortcut** untuk melihat gerakan **Toolpaths**.

2. Untuk melihat tampilan yang lain dari **Toolpaths** yang dihasilkan bisamenggunakan teknik berikut.
  - Menu klik kanan
  - Tombol **Gview** pada status bar
  - **View menu**
3. Klik **OK** pada **Backplot dialog box** untuk kembali ke jendela grafis Mastercam regular.

## **Bahan Bacaan 2: APT: Post-Processor**

*Software CAM* harus mampu mengeluarkan program dalam format yang spesifik untuk setiap unit control. Komputer meng-*generate toolpath* dengan akurat dan siap digunakan oleh mesin *CNC*. Sehingga dibutuhkan program yang lengkap, tidak perlu pengeditan, tidak memerlukan optimasi, tidak perlu penggabungan dengan program lain atau aktifitas yang sejenisnya. Hal ini dapat tercapai hanya dengan pengembangan program yang baik dan konfigurasi *post-processor* tertentu untuk setiap mesin *CNC*.

*Post-processor* dengan kualitas yang baik memungkinkan untuk mengkostumisasi *feature-feature* yang terdapat di mesin *CNC*. Ketika memasukan data ke dalam *software*, menyeting bentuk komponen, nilai pemotongan, kecepatan *spindle*, dan banyak data yang akan diproses. *Software* akan menganalisis data, mengurutkannya dan membuat data basenya. Data base ini biasanya berisi data bentuk komponen, bentuk alat potong, dan fungsi lainnya. Sistem *CNC* tidak dapat mengenali semua data tersebut.

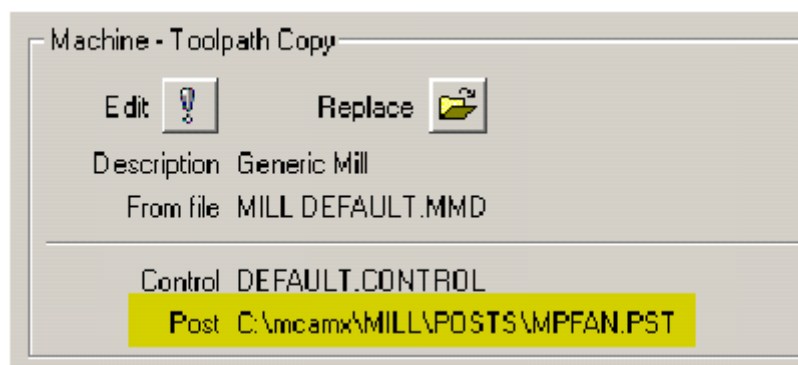
Permasalahannya setiap mesin *CNC* berbeda, sehingga beberapa kode program hanya digunakan untuk satu mesin saja, dan tidak bisa digunakan untuk mesin yang lain. Maka solusinya adalah mengkostumisasi *post-processor* untuk mesin secara spesifik. Terdapat 2 tipe informasi dasar dalam program *NC* yaitu lintasan alat potong (*cutter path*) dan spesifikasi mesin yang diperlukan. Spesifikasi pemesinan

meliputi perintah pada fungsi pengontrolan mesin seperti kecepatan *spindle*, *feed rate*, ukuran alat potong, pendinginan, satuan, penggantian alat potong, sistem koordinat mesin, dan fungsi lainnya. Banyak *statement*, spesifikasi pemesinan tidak terdapat dalam sistem Automatic Programming Tools (APT), spesifikasi pemesinan tersebut diproses dengan *post-processor*.

*Post-processor* adalah program computer yang mengubah *output* dari sistem *APT* keformat yang cocok untuk mesin dan *controller* tertentu. Tidak ada *post-processor* umum yang dapat digunakan pada setiap mesin *CNC*. Salah satu fungsi utama *post-processor* adalah menerjemahkan informasi dari mulai sampai berhentinya mesin, pengendalian kecepatan *spindle* dan pendinginan menjadi *G-code* (*F,S,M code*) yang diperlukan.

### Posting Toolpaths

**Post processor** yang digunakan untuk menerjemahkan **Toolpaths** secara spesifik harus berdasarkan pendefinisian mesin. Hal itu terlihat pada tab **Files** pada **Machine Group Properties dialog box** di bawah ini

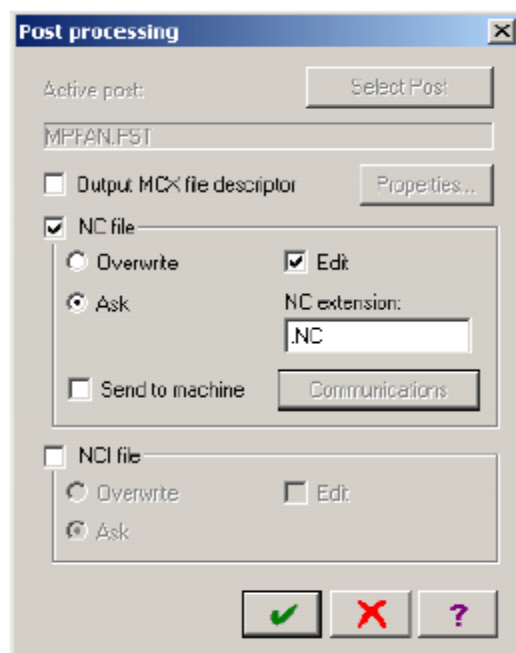


Gambar 74. Machine Group Properties dialog box

Mastercam secara otomatis menset lintasan untuk menterjemahkan ke direktori dalam stasiun kerja Anda. Gunakan **defenisi Control** untuk merubahnya. Satu-satunya cara untuk menseleksi **post** berbeda adalah tombol **Edit** di atas **machine definition file name**, atau klik tombol **Replace** untuk menseleksi mesin berbeda.

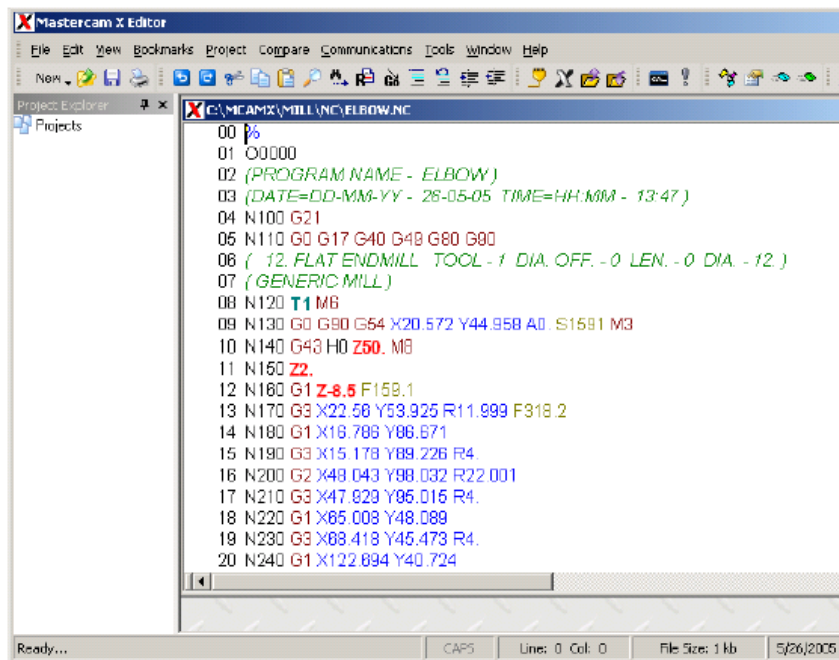
Adapun langkah-langkah untuk mengenerate Toolpaths menjadi bahasa G kode adalah sebagai berikut:

1. Pilih icon Operation pada Toolpath Manager.
2. klik tombol Post. Mastercam menampilkan Post Processing dialog box.
3. Jika diperlukan, pilih Edit. Ini berarti bahwa setelah Mastercam menulis file NC, secara otomatis akan membuka file tersebut sehingga bisa langsung dilihat. File akan terbuka pada text editor yang ditentukan pada System Configuration dialog box.
4. Jika diperlukan, pilih Ask yang berarti bahwa Mastercam akan memberikan peringatan jika menulis dengan file yang sudah ada atau dengan nama yang sama.
5. Verifikasi bahwa opsi yang dipilih sudah sesuai dengan gambar berikut dan klik OK.



Gambar 75. Dialog box verifikasi

6. Mastercam menampilkan **Save As dialog box** di mana dapat ditentukan nama dan tujuan folder. Program yang sudah digeneret biasanya seperti yang terlihat pada gambar 76 berikut:



Gambar 76. G Kode Yang Dihasilkan

### Bahan Bacaan 3: Transfer Program ASCII Ke Mesin CNC

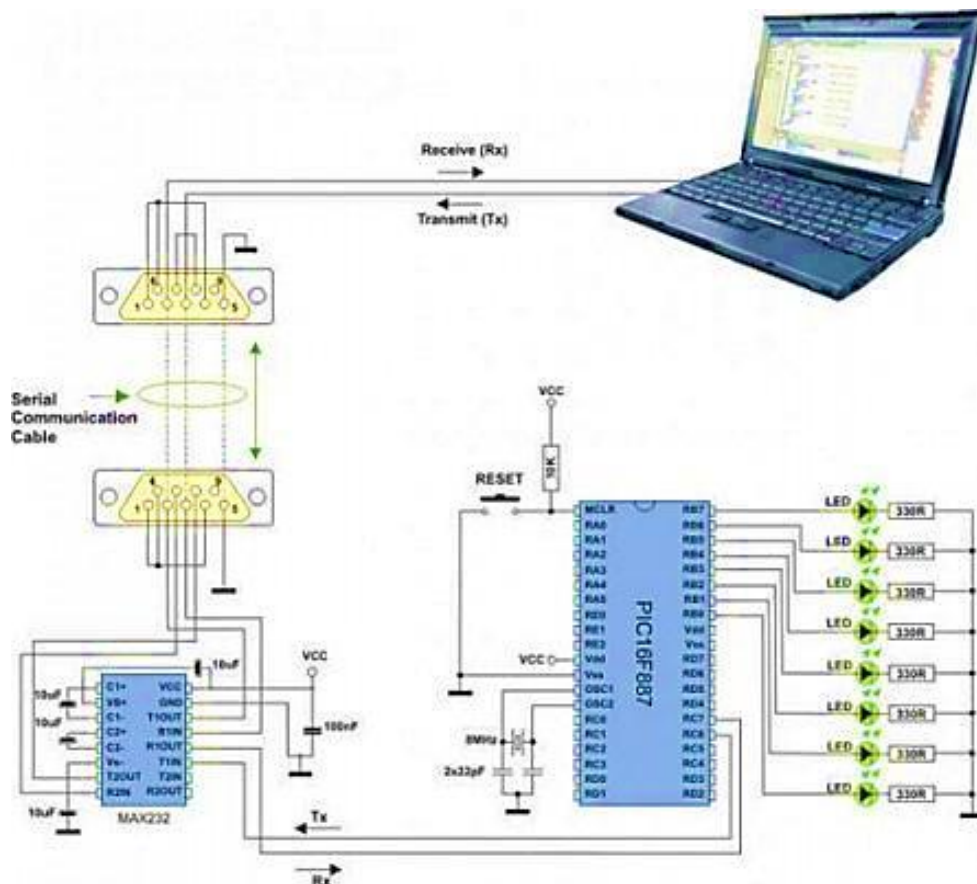
Program yang akan ditransfer ke mesin CNC dapat dibuat dari *software CAM (computer aided manufacturing)* misalkan *software Mastercam*. Prosesnya adalah dari gambar yang sudah diberi jalur alat potong digenerate dengan post processor tertentu, sehingga out put nya bahasa G kode untuk CNC. Kode G merupakan bahasa standar berupa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) yang sudah distandardisasi oleh badan internasional ISO atau badan internasional lainnya. Bahasa iso ini identik dengan bahasa kode ASCII yang merupakan kepanjangan dari (*American Standard Code for Information Interchange*). Sedangkan pengertian dari ASCII sendiri adalah suatu standar internasional dalam kode huruf dan simbol seperti Hex dan Unicode. ASCII lebih bersifat universal, contohnya 124 adalah untuk karakter "|" yang selalu digunakan oleh komputer dan alat komunikasi lain untuk menunjukkan teks. Sedangkan fungsi dari kode ASCII ialah untuk mewakili karakter-karakter angka maupun huruf di dalam komputer, sebagai contoh pada karakter 1, 2, 3, A, B, C, dan sebagainya. Pada tataran aplikasi fungsi kode angka, huruf, dan simbol pada mesin perkakas CNC bermacam-macam,

tergantung sistem dan kontrol tipe mesin yang digunakan, tetapi secara prinsip sama.

Cara transfer G kode dari PC programmer ke mesin telah mengalami perkembangan yang pesat. Dahulu dikenal istilah transfer via serial port dengan menggunakan kabel RS232, di mana harus ada sinkronisasi antara baud rate nya PC dengan mesin. Lalu mulai dikenal teknologi USB sehingga sekarang orang sudah bisa memindahkan program dengan memakai thumbdrive.

Setelah teknologi RS232 dan USB, saat ini teknologi transfer data berubah lagi dengan menggunakan kabel RG atau lebih dikenal dengan kabel LAN. Pada kontrol Fanuc misalkan, untuk me-enable transfer data via LAN, pertama programmer harus memiliki interface misalkan WS-FTP, selanjutnya parameter mesin harus dibuka untuk Koneksi Ethernet. Transfer data via LAN kadang laggy atau bahkan terpotong di tengah jalan sehingga tidak heran banyak pemakai Fanuc yang lebih memilih menggunakan RS232 atau PCMCIA card.

RS232 adalah suatu standar komunikasi serial transmisi data antar dua peralatan elektronik. RS232 dibuat pada tahun 1962 oleh Electronic Industry Association and Telecommunication Industry Association dan ada dua hal pokok yang diatur oleh RS232, yaitu: bentuk signal dan level tegangan yang dipakai. RS232 ini banyak diaplikasikan pada semua sistem peralatan yang berbasis computer atau mikrokontroler. Gambar 77 menunjukkan komunikasi antara pc dengan mikrokontroler dengan menggunakan serial transmisi RS232.

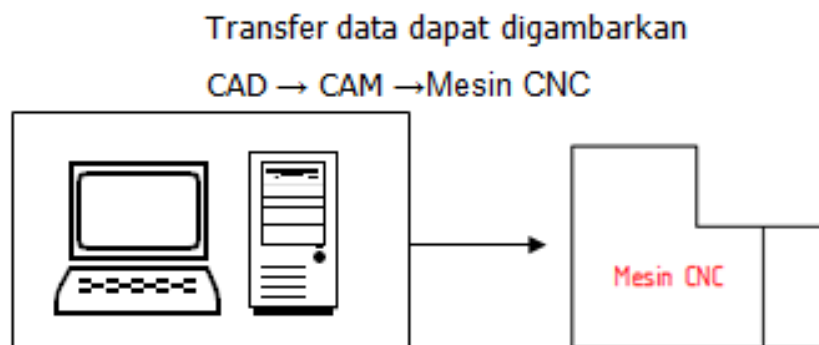


**Gambar 77. Serial Transmisi RS232**

Komunikasi data secara serial dilakukan dengan metode pengiriman data secara bit per bit atau satu per satu secara berurutan, berbeda dengan sistem paralel yang mengirim data secara serentak. Kecepatan transfer data RS232 cukup rendah, kecepatan maksimal hanya 19200 bits/sekon. Pengiriman data bisa dilakukan secara satu arah atau dua arah. Jika hanya dibutuhkan komunikasi satu arah maka cukup menggunakan dua kabel yaitu kabel "TX" sebagai pengirim data dan kabel "Rx" sebagai penerima data. Sedangkan, untuk membuat sistem komunikasi dua arah maka kabel yang Anda butuhkan adalah 3 unit kabel, yaitu: kabel Tx, Rx dan GND (ground).

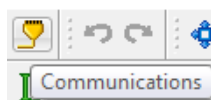
Adapun langkah-langkah untuk menyimpan atau transfer data program dari PC melalui port RS 232 adalah sebagai berikut:

1. Pastikan data yang akan dimasukkan kedalam memori mesin sudah benar yaitu bisa dengan cara simulasi pada *software* CAM.
2. Pastikan peralatan transfer seperti kabel data transfer sudah terhubung antar mesin dengan komputer pada *port* yang sesuai (biasanya menggunakan *port* 232)
3. Mode yang harus tampil pada layar mesin adalah mode EDIT, mode ini ada pada panel operator
4. Buatlah nomor program yang akan diisi dengan memilih perintah antar aparat yaitu suatu mode untuk *input* atau *output* program
5. Kirimkan program dari disk dengan parameter yang telah ditentukan (sesuaikan dengan *software* dan mesin yang digunakan)
6. Baca program yang telah ditransfer pada layar mesin CN



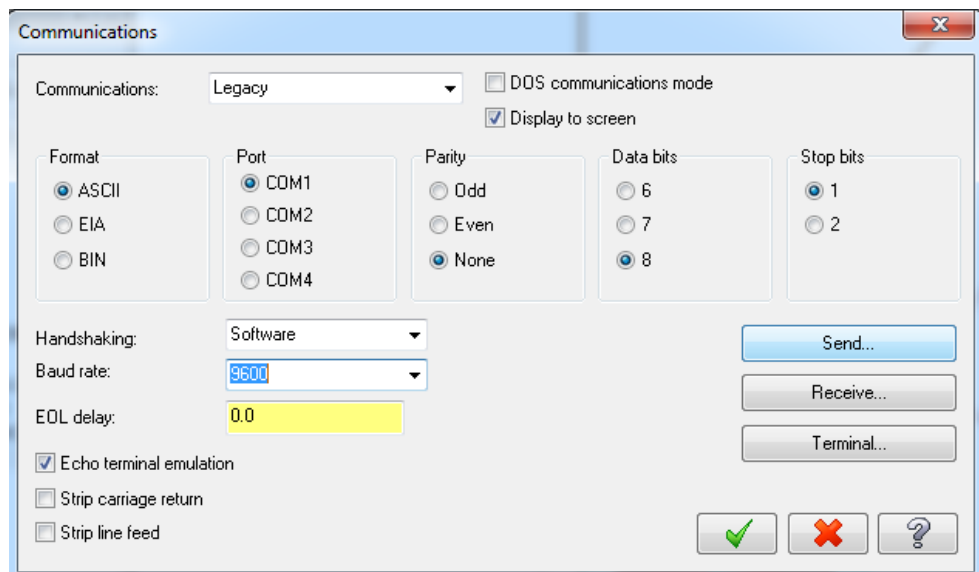
**Gambar 78. Diagram transfer data**

Pada software mastercam pilih communication atau dengan icon



Maka mastercam akan menampilkan jendela sebagai berikut





**Gambar 79. Jendela communication**

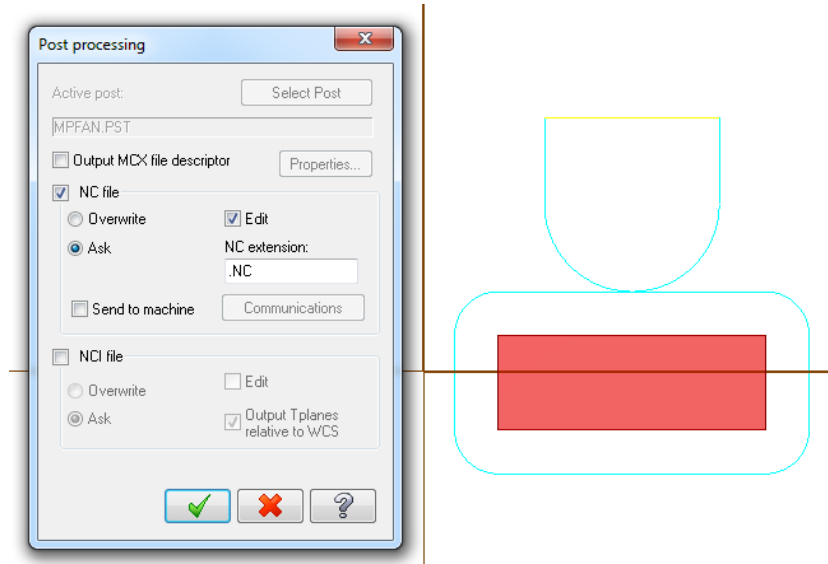
- Pada parameter communications diisi dengan legacy artinya tranfer data dilakukan dengan software mastercam
- Pada port biasanya dipilih com1 atau tergantung port yang aktif pada pc
- Yang paling penting adalah data baud rate yang merupakan kecepatan transfer data harus disesuaikan dengan kecepatan transfer yang di set di mesin CNC
- Setelah parameter transfer di isi klik send, maka mastercam akan menampilkan data yang akan dikirim, kemudian pilih data tersebut, klik open. Data akan terkirim ke mesin via kabel RS232.

**Catatan:** pastikan no program yang akan di tranfer tidak ada yang sama dengan no program yang sudah tersimpan pada memori internal mesin

### **Edit G kode**

G kode yang dihasilkan melalui post prosessor yang dimiliki mastercam harus disesuaikan dengan spesifikasi serta kemampuan mesin untuk meng eksekusi program tersebut. Idealnya G kode yang dihasilkan harus langsung dipakai di mesin tanpa melalui proses pengeditan. Tetapi post prosessor yang terdapat pada

mastercam bersifat universal sehingga harus dilakukan rekayasa terutama bagian *header* atau *footer* program.



**Gambar 80. Contoh generate toolpath**

Sebagai contoh jika bentuk *toolpath* (gambar 80) akan digenerate, maka hasil yang terjadi jika menggunakan post processor MPFAN adalah seperti berikut ini:

```

%
O0000(COBA1)
(Date=DD-MM-YY - 14-12-15 TIME=HH:MM - 11:24)
(MCX FILE - C:\USERS\HARIS\DOCUMENTS\MY MCAMX7\MCX\T.MCX-)
(NC FILE - D:\KERJAAN POLMAN\PELATIHAN CNC SMK2 BDG\COBA 3 CARA
ARC\COBA1.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
(T219 | 10. FLAT ENDMILL | H219)
N100 G21
N110 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N120 T2M6
N130 G0 G90 G54 X33.833Y29.137A0.S3819M3
N140 G43 H2 Z5.M8
N150 Z2.
N160 G1 Z-4. F763.8
N170 Y19.137 F1527.6
N180 G2 X23.833Y9.137 I-10. J0.
N190 G1 X8.541
N200 G3 X3.541Y4.137 I0. J-5.
N210 G1 Y-6.76
N220 G3 X8.541Y-11.76 I5. J0.

```

N230 G1 X39.126  
 N240 G3 X42.534Y-10.418 I0. J5.  
 N250 X44.005Y-7.854Z-1. I-3.408 J3.658  
 N260 X44.126Y-6.76 I-4.879 J1.094  
 N270 G1 Y4.137  
 N280 G3 X39.126Y9.137 I-5. J0.  
 N290 G1 X34.98  
 N300 X31.98Z-4.  
 N310 X23.833  
 N320 G2 X13.833Y19.137 I0. J10.  
 N330 G1 Y29.137  
 N340 G0Z5.  
 N350 M5  
 N360 G91 G28 Z0.M9  
 N370 G28 X0.Y0.A0.  
 N380 M30  
 %

Pada bagian *header* program dan *footer* terdapat sintaks A0. Jika pada mesin CNC yang digunakan tidak bisa menerima sintaks A, maka sintaks tersebut bisa di hapus. Atau jika mesin tersebut tidak menggunakan sistem *automatic tool change* maka **T2 M6** tidak perlu diikutkan dalam program.

## D. Aktivitas Pembelajaran

### Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

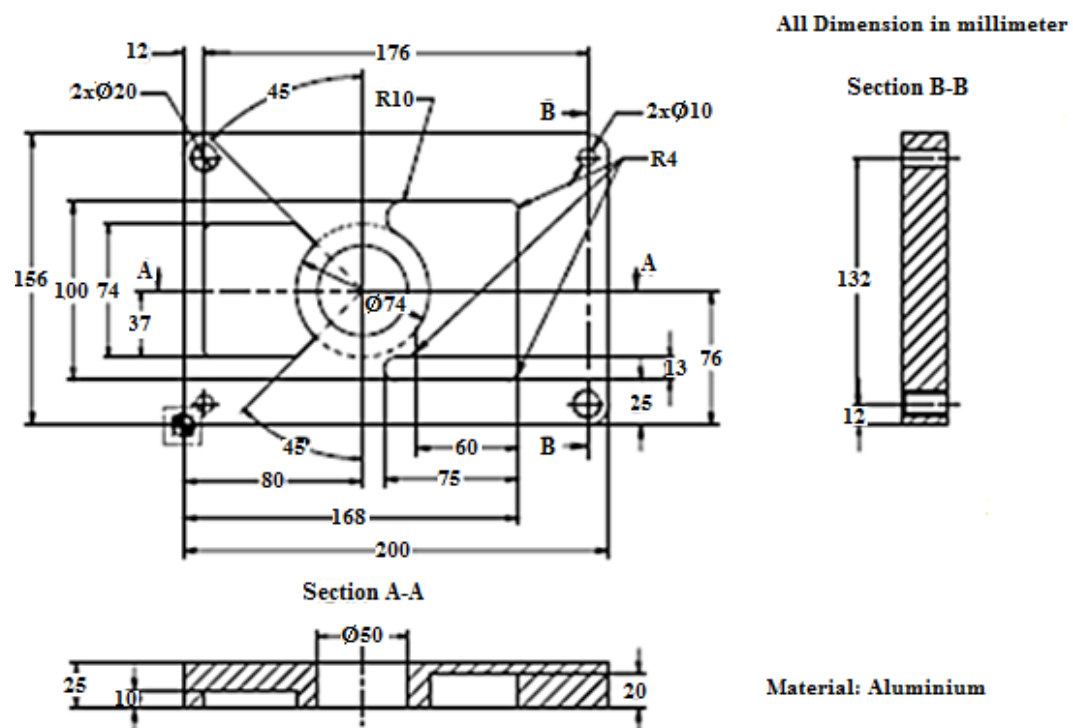
Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok *Saudara* untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran cara transfer program G kode ke mesin CNC? Sebutkan!
2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika *Saudara* bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka *Saudara* bisa melanjutkan pembelajaran ke aktivitas 1.

### Aktivitas 1. Menentukan Operasi Pemotongan 2D (6 JP)

Amati gambar di bawah ini. *Saudara* diminta untuk membuat ulang gambar berikut ini dengan menggunakan software mastercam X4



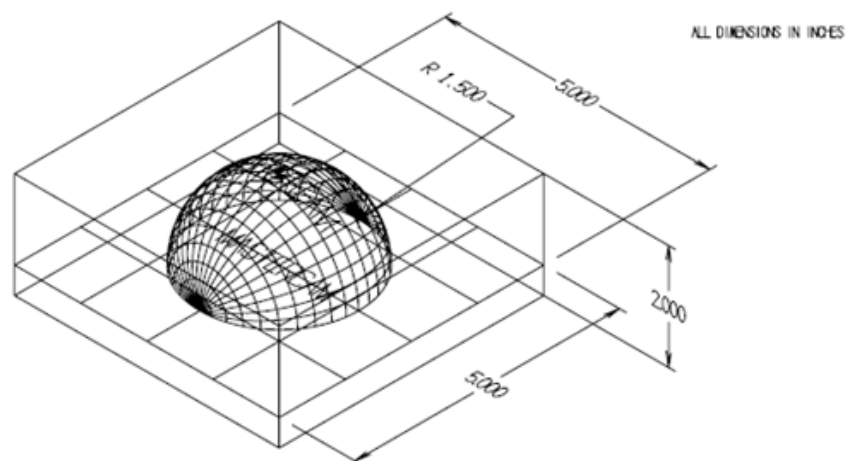
*Saudara* harus menggunakan software CAM, diskusikan dengan peserta diklat yang lain atau dengan instruktur tentang pengoperasian alat bantu tersebut. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut

1. Tampilkan gambar yang anda buat (dalam CAD) lengkap dengan dimensinya!
2. Tampilkan (*top view* dan *isometri view*) hasil simulasi (dalam CAM) benda yang anda hasilkan.
3. Tampilkan program toolpath yang anda hasilkan dari pertanyaan nomor 2 di atas.
4. Lakukan pergantian parameter strategi pemotongan guna mendapatkan toolpath dengan kualitas terbaik (dengan acuan waktu proses tersingkat)

5. Mengapa menurut *Saudara*, strategi tersebut merupakan strategi terbaik untuk memotong benda tersebut? Jelaskan alasan *Saudara*!
6. Lakukan generate G kode dengan menggunakan post prosessor MPFAN. Amati G kode yang dihasilkan, apakah semua angka dan huruf bisa eksekusi langsung di mesin CNC yang berkontrol fanuc oi-mate? Jika tidak bagian mana saja yang harus diubah? Atau jika ada yang lebih ringkas lagi bagian mana yang bisa dihilangkan? Tuliskan jawaban *Saudara*!

## Aktivitas 2. Menentukan Operasi Pemotongan 3D (6 JP)

*Saudara* diminta untuk membuat ulang gambar berikut ini dengan menggunakan software mastercam X4



Create MASTERCAM using Drafting font letters.  
Height = 0.375  
Spacing between the letters = 0.0375  
Center the letters

TITLE	TUTORIAL 6 - EXERCISE
MATERIAL	ALUMINUM T6061
DATE: JUNE 12, 2000	eMastercam.com

*Saudara* harus menggunakan software CAM, diskusikan dengan peserta diklat yang lain atau dengan instruktur tentang pengoperasian alat bantu tersebut. Selanjutnya selesaikan **LK-02** dengan dipandu pertanyaan berikut

1. Tampilkan gambar yang anda buat (dalam CAD) lengkap dengan dimensinya!
2. Tampilkan (*top view* dan *isometri view*) hasil simulasi (dalam CAM) benda yang anda hasilkan.
3. Tampilkan program toolpath yang anda hasilkan dari pertanyaan nomor 2 di atas.

4. Lakukan pergantian parameter strategi pemotongan guna mendapatkan toolpath dengan kualitas terbaik (dengan acuan waktu proses tersingkat)
5. Mengapa menurut *Saudara*, strategi tersebut merupakan strategi terbaik untuk memotong benda tersebut? Jelaskan alasan *Saudara*!
6. Lakukan generate G kode dengan menggunakan post processor MPFAN. Amati G kode yang dihasilkan, apakah semua angka dan huruf bisa eksekusi langsung di mesin CNC yang berkontrol fanuc oi-mate? Jika tidak bagian mana saja yang harus diubah? Atau jika ada yang lebih ringkas lagi bagian mana yang bisa dihilangkan? Tuliskan jawaban *Saudara*!

## LEMBAR KERJA KB-6

### LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh *Saudara* sebelum mempelajari materi pembelajaran cara transfer program G kode ke mesin CNC? Sebutkan!  
.....  
.....  
.....
2. Bagaimana *Saudara* mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!  
.....  
.....  
.....
3. Apa topik yang akan *Saudara* pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!  
.....  
.....  
.....
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

5. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh *Saudara* sebagai guru kejuruan bahwa *Saudara* telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

**LK - 01**

1. Tampilkan gambar yang anda buat (dalam CAD) lengkap dengan dimensinya!

.....  
.....  
.....

2. Tampilkan (*top view* dan *isometri view*) hasil simulasi (dalam CAM) benda yang anda hasilkan.

.....  
.....  
.....

3. Tampilkan program toolpath yang anda hasilkan dari pertanyaan nomor 2 di atas.

.....  
.....  
.....

4. Lakukan pergantian parameter strategi pemotongan guna mendapatkan toolpath dengan kualitas terbaik (dengan acuan waktu proses tersingkat)

.....  
.....  
.....

5. Mengapa menurut *Saudara*, strategi tersebut merupakan strategi terbaik untuk memotong benda tersebut? Jelaskan alasan *Saudara*!

.....  
.....  
.....

6. Lakukan generate G kode dengan menggunakan post processor MPFAN. Amati G kode yang dihasilkan, apakah semua angka dan huruf bisa eksekusi langsung di mesin CNC yang berkontrol fanuc oi-mate? Jika tidak bagian mana saja yang harus diubah? Atau jika ada yang lebih ringkas lagi bagian mana yang bisa dihilangkan? Tuliskan jawaban *Saudara*!

.....  
.....  
.....

**LK - 02**

1. Tampilkan gambar yang anda buat (dalam CAD) lengkap dengan dimensinya!

.....  
.....  
.....

2. Tampilkan (*top view* dan *isometri view*) hasil simulasi (dalam CAM) benda yang anda hasilkan.

.....  
.....  
.....

3. Tampilkan program toolpath yang anda hasilkan dari pertanyaan nomor 2 di atas.

.....  
.....  
.....



4. Lakukan pergantian parameter strategi pemotongan guna mendapatkan toolpath dengan kualitas terbaik (dengan acuan waktu proses tersingkat)

.....  
.....  
.....

5. Mengapa menurut *Saudara*, strategi tersebut merupakan strategi terbaik untuk memotong benda tersebut? Jelaskan alasan *Saudara*!

.....  
.....  
.....

6. Lakukan generate G kode dengan menggunakan post prosessor MPFAN. Amati G kode yang dihasilkan, apakah semua angka dan huruf bisa eksekusi langsung di mesin CNC yang berkontrol fanuc oi-mate? Jika tidak bagian mana saja yang harus diubah? Atau jika ada yang lebih ringkas lagi bagian mana yang bisa dihilangkan? Tuliskan jawaban *Saudara*!

.....  
.....  
.....

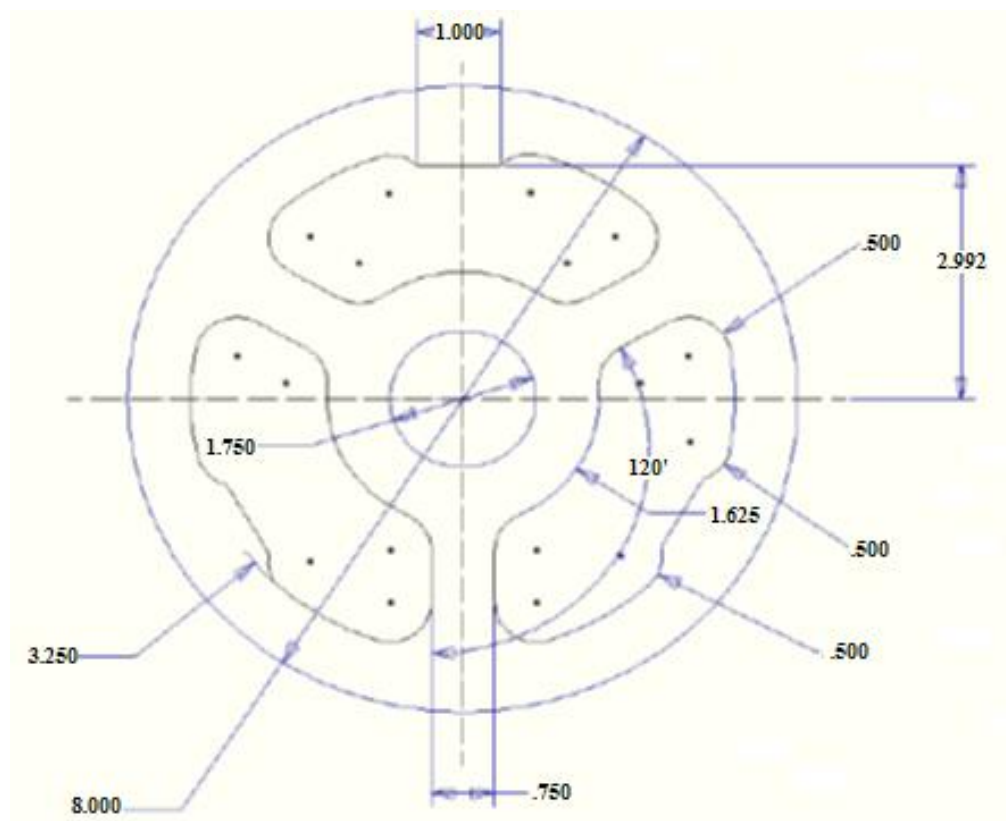
### **E. Latihan/Tugas/Kasus**

1. Tuliskan fungsi simulasi toolpath pada software cam
2. Tuliskan mengapa sebuah post prosessor begitu penting untuk men-generate G kode!
3. Tuliskan 3 cara transfer G kode atau kode ASCII dari PC (komputer) ke mesin CNC?
4. Tuliskan apa yang disebut dengan kode ASCII? jelaskan persamaanya dengan kode G yang biasa dipakai untuk pemograman di mesin CNC!
5. Tuliskan mengapa kode G yang dihasilkan dari generate toolpath menggunakan software mastercam serta memakai post prosessor MPFAN harus di edit sebelum ditranferkan ke mesin CNC?

## TUGAS PRAKTIK:

### Pembuatan Lintasan Alat Potong Menggunakan Software Mastercam X4 Serta Tranfer Ke Mesin CNC

Amati gambar di bawah ini (semua ukuran dalam inchi)



Bagian yang akan dipotong adalah bagian alur kontur sebanyak tiga buah serta alur lingkaran di tengah benda kerja

Dengan menyelesaikan LK-02 *Saudara* telah memahami pembuatan jalur alat potong (toolpath). Tentukan toolpath yang menghasilkan waktu pemesinan paling singkat untuk benda tersebut di atas.

Untuk keperluan eksperimen menentukan toolpath yang harus dibuat, *Saudara* dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Semua ukuran dalam satuan inchi
2. Tentukan cutter yang harus dipilih berdasarkan alat potong yang tersedia
3. Generate G kode dengan post MPFAN sampai keluar tampilan kode G di layar PC.
4. Editlah program CNC yang tampil tersebut sesuai standar
5. Cetaklah program CNC sesuai keperluan
6. Lakukan pengiriman program CNC ke mesin melalui RS232 sesuai SOP
7. Lakukan pekerjaan *Saudara* sesuai POS (Prosedur Operasi Standar)
8. *Saudara* harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

## F. Rangkuman

- Toolpath harus dibuat sesuai dengan gerakan pemotongan yang diinginkan serta sesuai dengan kaidah pemotongan. Simulasi toolpath berguna untuk memastikan gerakan-gerakan yang terjadi tidak keluar dari jalur gambar yang sudah ditentukan.
- *Post-processor* adalah program computer yang mengubah *output* dari sistem *APT* keformat yang cocok untuk mesin dan *controller* tertentu. *Post-processor* dengan kualitas yang baik memungkinkan untuk mengkostumisasi *feature-feature* yang terdapat dimesin *CNC*.
- Kode G merupakan bahasa standar berupa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) yang sudah distandardisasi oleh badan internasional ISO atau badan internasional lainnya. Bahasa iso ini, identik dengan bahasa kode ASCII yang merupakan kepanjangan dari (*American Standard Code for Information Interchange*). G kode yang dihasilkan melalui post prosessor yang dimiliki mastercam harus di sesuaikan dengan spesifikasi serta kemampuan mesin yang dipakai.
- Komunikasi data secara serial dilakukan dengan metode pengiriman data secara bit per bit atau satu per satu secara berurutan, berbeda dengan sistem paralel yang mengirim data secara serentak. kecepatan transfer data RS232 cukup rendah, kecepatan maksimal hanya 19200 bits/sekon.

## **G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

Pada KB-6 Saudara telah mempelajari tentang post processor, bagaimana membuat dan mengedit program G kode, serta melakukan proses transfer G kode ke Mesin CNC. Guna pemahaman yang lebih baik pada kegiatan belajar ini, sebaiknya dipelajari pula manual book untuk mesin CNC yang digunakan.



## Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas

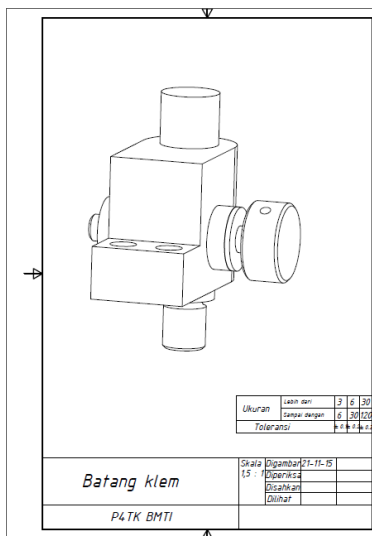
### KB-1

1. di-roll, dicor, disekrap, di-frais, di-hobbing
2. Mengubah gerak vertikal mejadi gerak horizontal
3. Tipe plain dan tipe stocking
4. Membantu melakukan proses pembagian pada proses frais
5. 2,8125 mm
6. 7,065 mm
7.  $z_1 = 56$ ,  $z_2 = 28$ ,  $z_3 = 62$ ,  $z_4 = 18$
8. 6,345 mm

### KB-2

1. Cara pemroyeksian dengan bidang proyeksi mempunyai sudut tegak lurus terhadap proyektornya.
2. Proyeksi isometrik, Proyeksi dimetri, Proyeksi perspektif, Proyeksi miring
3. Buttom Up, Top Down dan kombinasi Buttom Up dan Top Down
4. Menampilkan gambar suatu konstruksi secara detail, Memperlihatkan fungsi kerja suatu benda rakitan, Membantu dalam proses perakitan suatu benda
5. Pandangan depan, Pandangan samping, Pandangan atas
6. Sebagai penjelas informasi komponen-komponen yang tidak terlihat ketika dirakitkan.

### KB-3



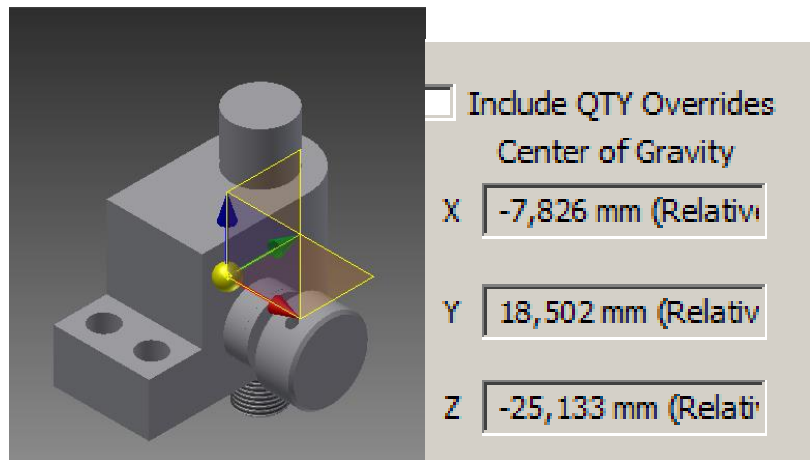
### KB-4

#### Tes Teori

1. Fungsi dari center of gravity pada sebuah gambar untuk mengetahui posisi keseimbangan (titik berat), karena dari sector of gravity tersebut akan muncul nilai dari posisi Sumbu (X, Y , Z)
2. Langkah-langkah dari center of gravity adalah: buka file *assembly*, klik menu bar View, klik toolbar Center of gravity.

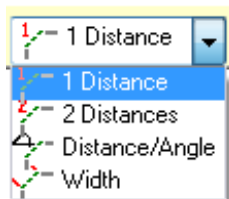
#### Tes Praktek

Nilai titik berat (Center of Gravity) gambar Batang Klem dari titik 0



#### KB-5

1. Fungsi tombol F9 adalah untuk meng off atau on kan tampilan sumbu koordinat XYZ pada graphic displays
2. Pembuatan gambar chamfer pada dua garis yang akan atau berpotongan bisa dilakukan dengan 4 cara yaitu
  - distance yaitu hanya input satu parameter saja, sehingga sudut yang terbentuk otomatis 45°.



- distance yaitu dengan meng input 2 parameter sehingga chamfer yang terjadi mempunyai sudut mengikuti parameter panjang pada sumbu X dan Y.
  - Distance dan angle, yaitu meng input 2 parameter jarak dengan sudut
  - Width yaitu dengan input satu parameter yaitu lebar dari chamfernya, sudut yang terjadi adalah 45°.
3. Fungsi stock setup adalah untuk melihat simulasi dari lintasan pahat dalam mode **3D**. Bisa juga berfungsi sebagai pembanding antara toolpath yang dibuat dengan raw material yang didefinisikan.

4. Fungsi koordinat universal pada model CAM, adalah sebagai work coordinat system. Pada penyettingan mesin harus dilakukan pergeseran titik koordinat dari koordinat mesin yang berlokai di titik tertentu (tergantung dari pembuat mesin) ke koordinat referensi benda yang akan dipotong (PSO). Koordinat pada pemograman inilah yang berfungsi sebagai WCS.
5. Fungsi dari lead in dan lead out adalah sebagai opsi untuk mendefinisikan pergerakan alat potong mendekati (*Approach*) dan menjauhi (*Retract*) benda kerja. Gerakan tersebut bisa menggunakan kombinasi *arcs*, *lines*, *helixes*. Ketika alat potong pertama kali melakukan pemotongan diharapkan mempunyai feedrate lebih rendah dibanding kecepatan ketika melakukan pemotongan normal.

#### KB-6

1. Simulasi toolpath berguna untuk memastikan gerakan-gerakan yang terjadi tidak keluar dari jalur gambar yang sudah ditentukan. Simulasi juga berguna untuk mengecek tabrakan yang mungkin terjadi baik antara holder dengan benda atau benda kerja terhadap mesin. Fungsi lainnya adalah untuk melihat prediksi lamanya waktu proses jalannya alat potong.
2. *Post-processor* adalah program computer yang mengubah *output* dari sistem *APT* keformat yang cocok untuk mesin dan *controller* tertentu. Tidak ada *post-processor* umum yang dapat digunakan pada setiap mesin *CNC*. Salah satu fungsi utama *post-processor* adalah menerjemahkan informasi dari mulai jalan sampai berhentinya mesin, pengendalian kecepatan *spindle* dan pendinginan menjadi *G-code* (*F,S,M code*) yang diperlukan. Sehingga post prosessor sangat penting karena menentukan terhadap jalannya program di mesin *CNC* tertentu.
3. 3 cara transfer G kode atau kode ASCII dari PC (komputer) ke mesin *CNC* dapat dilakukan dengan:
  - Transfer via serial port dengan menggunakan kabel RS232, di mana harus ada sinkronisasi antara baut rate nya PC dengan mesin.



- Dengan teknologi USB dengan cara memindahkan program dengan memakai thumbdrive.
  - Menggunakan kabel RG atau lebih dikenal dengan kabel LAN. untuk enable transfer data via LAN, harus memiliki interface misalkan WS-FTP, selanjutnya parameter mesin harus dibuka untuk Koneksi Ethernet.
4. Kode ASCII sendiri adalah suatu standar internasional dalam kode huruf dan simbol seperti Hex dan Unicode. ASCII lebih bersifat universal, contohnya 124 adalah untuk karakter "|" yang selalu digunakan oleh komputer dan alat komunikasi lain untuk menunjukkan teks. Sedangkan fungsi dari kode ASCII ialah untuk mewakili karakter-karakter angka maupun huruf di dalam komputer, sebagai contoh pada karakter 1, 2, 3, A, B, C, dan sebagainya. Persamaanya dengan kode G CNC adalah karakter yang dipakai untuk pemograman CNC sama-sama menggunakan huruf dan angka. Karakter huruf digunakan untuk membuat perintah tertentu sedangkan karakter angka biasanya digunakan untuk nilai posisi atau parameter tertentu.
  5. Kode G yang dihasilkan oleh post processor MPFAN menggunakan software mastercam tidak bisa langsung digunakan karena tidak semua mesin sesuai dengan karakteristik post tersebut. Sebagai contoh dibagian header program dan footer terdapat sintaks A0. Jika pada mesin CNC yang digunakan tidak bisa menerima sintaks A, maka sintaks tersebut bisa di hapus. Atau jika mesin tersebut tidak menggunakan sistem automatic tool change maka **T2 M6** tidak perlu di ikutkan dalam program.

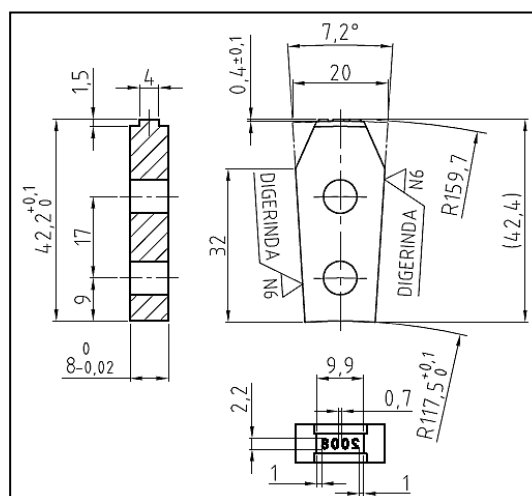


## EVALUASI

1. Fungsi utama sebuah gigi rack adalah.....
  - a. Memindahkan gaya
  - b. Mengubah gerak lurus menjadi gerak putar
  - c. Mengubah gerak vertikal mejadi gerak horizontal
  - d. Mengubah gerak putar menjadi gerak horizontal
2. Kedalaman yang harus difrais jika akan dibuat gigi rack lurus modul 1,25 adalah..
  - a. 2,1825
  - b. 3,6285
  - c. 2,8125
  - d. 3,1385
3. Berikut ini adalah cara menyetel kedalaman pemotongan, kecuali .....
  - a. Gerakkan meja hingga benda kerja yang telah dicekam pada tempat yang akan disayat berada pada posisis tengah di bawah pisau.
  - b. Tempelkan kertas karton yang telah dibasahi pada permukaan benda kerja.
  - c. Hidupkan mesin hingga pisau frais berputar dan siap menyayat.
  - d. Lakukan pemakanan hingga tercapai kedalaman yang ditentukan dan jumlah gigi yang ditentukan.
4. Berapakah besarnya *axial pitch* ( $P_w$ ) jika akan dibuat gigi rack lurus modul 2,25?
  - a. 7,065
  - b. 7,650
  - c. 8,585
  - d. 8,655
5. Besarnya pitch yang diukur sejajar sumbu batang pada gigi rack miring modul 1,75 dengan sudut kemiringan ( $\beta$ )  $30^\circ$  adalah .....
  - a. 6,345
  - b. 7,890
  - c. 5,678
  - d. 5,345
6. Pembuatan sebuah roda gigi dapat melalui proses-proses berikut ini, kecuali...
  - a. Di-roll
  - b. Dicor
  - c. Disekrap
  - d. Di-sandblast
7. Ada berapa tipe pisau frais yang dapat digunakan untuk membuat gigi rack?
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
8. Fungsi kepala pembagi adalah.....
  - a. Membantu melakukan proses frais alur

- b. Membantu mencekam benda kerja pada proses frais
  - c. Membantu melakukan proses pembagian pada proses frais
  - d. Melakukan pembagian sudut
9. Pergeseran meja frais pada pengefraisan gigi rack (*pitch*) pada rack 16 DP
- a. 5,97 mm      b. 0,36 inchi    c. 4,98 mm    d. 0,14 inchi
10. Tentukan rangkaian roda gigi pada *gear box* jika akan dibuat gigi rack lurus dengan modul 2,75;  $i = 40$ ;  $P_t = 5$  dan  $n_k = 10$ !
- a.  $z_1 = 56, z_2 = 28, z_3 = 64, z_4 = 24$
  - b.  $z_1 = 54, z_2 = 28, z_3 = 62, z_4 = 24$
  - c.  $z_1 = 56, z_2 = 28, z_3 = 62, z_4 = 18$
  - d.  $z_1 = 54, z_2 = 28, z_3 = 64, z_4 = 18$
11. Proyeksi *ortogonal* adalah .....
- a. Cara penyajian suatu gambar tiga dimensi terhadap bidang dua dimensi.
  - b. Cara penyajian suatu gambar dua dimensi terhadap suatu bidang gambar.
  - c. Cara pemroyeksian dengan bidang proyeksi mempunyai sudut tegak lurus terhadap proyektornya.
  - d. Cara pemroyeksian dengan bidang proyeksi mempunyai sudut  $30^\circ$  terhadap proyektornya.
12. Gambar berikut ini disajikan berdasarkan proyeksi .....

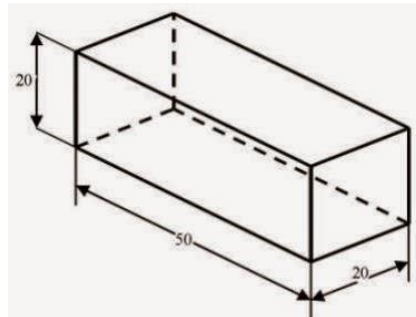
- a. Amerika
- b. Eropa
- c. Jepang
- d. Asia



13. Metode-metode yang dapat digunakan untuk membuat gambar dengan bantuan software CAD adalah.....
- Buttom Up dan Top Up
  - Buttom Up dan Top Down
  - Buttom Up, Top Up dan kombinasi Buttom up dan Top Up
  - Buttom Up, Top Down dan kombinasi Buttom Up dan Top Down
14. Gambar rakitan sering disebut pula gambar *assembly* yang dibuat dengan tujuan-tujuan tertentu. Tujuan dibuatnya gambar rakitan, kecuali .....
- Menampilkan gambar suatu konstruksi secara detail
  - Menampilkan gambar rakitan secara keseluruhan
  - Memperlihatkan fungsi kerja suatu benda rakitan
  - Membantu dalam proses perakitan suatu benda
15. Tujuan dibuatnya gambar potongan pada sebuah gambar rakitan adalah.....
- Membuat tambahan pandangan baru untuk memperbanyak tampilan gambar.
  - Menampilkan komponen-komponen yang belum terlihat
  - Sebagai penjelas informasi komponen-komponen yang tidak terlihat ketika dirakitkan.
  - Agar gambar rakitan memenuhi semua pandangan yang diperlukan.
16. Berikut ini adalah jenis-jenis proyeksi yan termasuk dalam proyeksi piktorial /pandangan tunggal, kecuali .....
- Proyeksi dimetri
  - Proyeksi trimetri
  - Proyeksi perspektif
  - Proyeksi miring

17. Gambar berikut ini disajikan berdasarkan proyeksi.....

- a. Amerika
- b. Eropa
- c. Isometrik
- d. Perspektif



18. Penyajian suatu gambar ke dalam bentuk 2D ditampilkan dalam beberapa pandangan. Pandangan-pandangan tersebut yang umum digunakan, kecuali.....

- a. Pandangan depan
- b. Pandangan atas
- c. Pandangan samping
- d. Pandangan belakang

19. Penyajian suatu gambar dengan menggunakan proyeksi isometrik dapat ditampilkan dalam posisi.....

- a. Horizontal
- b. Vertikal
- c. Normal
- d. Terbalik



20. Alat bantu berupa software CAD dapat digunakan untuk membuat gambar 3D dan 2D. Berikut ini yang merupakan software CAD kecuali.....

- a. Solidwork
- b. Catia
- c. Unigrahpic
- d. Cimatron

21. *Assembly constraint basic* terdiri dari :

- a. Mate/flash constraint, angle constraint, tangent constraint, insert constraint.
- b. Angle constraint, input constraint, output constraint, insert constraint
- c. Mate/flash constraint, tangent constraint, intersection constraint
- d. Interpolation constraint, interchangeable constraint, insert constraint, entity constraint

22. Berikut ini termasuk ke dalam lingkungan *assembly*, kecuali :
- 3D indicator*
  - Assembly component*
  - Assembly toolbar*
  - Assembly browser*
23. Kita dapat membuat suatu part dalam konteks *assembly*. Beberapa keuntungan yang bisa didapatkan jika menggunakan *feature*, kecuali :
- Bisa menggunakan referensi dari part yang lain pada *assembly*.
  - Memvalidasi fungsi-fungsi part sesuai dengan toleransi yang diberikan dalam *assembly*.
  - Dapat membuat hubungan antar part yang adaptif.
  - Memberikan gambaran yang lebih jelas dari rancangan anda secara keseluruhan
24. Di bawah ini terdapat daftar tipe-tipe file yang dapat anda gunakan dalam Autodesk Inventor, kecuali :
- Autodesk Inventor parts and assemblies (\*.ipt, \*.iam)
  - file SAT(ACIS/ShapeManager) (\*.sat)
  - file IGES (\*.igs, \*.ige, \*.iges)
  - file DOC (\*.doc, \*.docx)
25. Yang dimaksud dengan *assembly modelling* adalah .....
- Membuat sebuah gambar part 3D, kemudian disajikan dalam bentuk beberapa pandangan
  - Membuat beberapa gambar 3D, kemudian memberikan ukuran pada gambar tersebut
  - Membuat gambar *assembly* 2D, kemudian memberikan ukuran dan toleransi yang akan digunakan sebagai acuan pengerjaan
  - Membuat beberapa gambar part 3D, kemudian menggabungkan *part-part* tersebut dalam lingkungan *assembly* dengan menggunakan *tools* yang ada.

26. Manfaat diketahui *center of gravity* dari sebuah benda yang dibuat adalah.....
- Mengetahui posisi keseimbangan benda dari referensi bidang gambar
  - Mengetahui posisi titik berat benda terhadap sumbu  $X=0$ ,  $Y=0$  dan  $Z=0$
  - Mengetahui berat benda yang digambar
  - Mengetahui jarak antara bidang-bidang referensi gambar kerja terhadap titik berat benda yang digambar
27. Langkah-langkah menentukan titik berat benda yang digambar adalah.....
- Buka file gambar 3D benda, klik menu View, klik center of gravity
  - Buka file gambar 3D benda, klik menu File, klik center of gravity
  - Buka file assembly, klik menu reference, klik center of gravity
  - Buka file assembly, klik menu View, klik center of gravity
28. Beberapa menu yang ada pada tampilan program Mastercam :
- graphics window, toolbar, status bar*
  - ribbon bar, manager tab*
  - toolpaths dan solid manager*
  - a, b dan c semuanya benar
29.  Arc tangen berfungsi untuk membuat busur dengan syarat utama tangen terhadap arc atau lingkaran. Ada beberapa tangen yang bisa dilakukan dalam icon tersebut, diantaranya yaitu kondisi:
- Tangent satu, dua, atau tiga entitas
  - Tangent melalui titik dan Tangent dengan centerline
  - Dinamis tangen (dinamis menarik busur dengan gerakan kursor)
  - a, b dan c semuanya benar
30. Gambar ikon  pada program Mastercam berfungsi untuk.....
- Membuat dua buah garis yang akan atau berpotongan menjadi lingkaran dengan radius tertentu

- b. Membuat lingkaran atau arc dengan pola tertentu biasanya lingkaran dengan jumlah tertentu tanpa titik pusat entitas
- c. Membuat chamfer pada dua garis yang akan atau berpotongan
- d. Membuat sebuah elips sebagai gambar rangka geometri dengan cara ditentukan dua titik yaitu titik batas sumbu X dan titik batas sumbu Y

31. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam menentukan parameter CAM sebagai kelengkapan pembuatan tool path.

- 1. Menentukan jenis mesin yang akan dipakai beserta sistem satuan yang dipakai
- 2. Menentukan tempat penyimpanan data
- 3. Menentukan alat potong yang digunakan
- 4. Menentukan raw material yang digunakan

Urutan langkah yang benar adalah.....

- a. 1-3-2-4      b. 2-4-3-1      c. 1-2-3-4      d. 4-3-2-1

32. Pengaturan dalam pemilihan material dan alat potong pada CAM dilakukan secara bertahap. Berikut ini langka-langkah yang dilakukan :

- 1. Dari Source List, pilih Mill-Library
- 2. Pada opsi Feed Calculation, pilih From Material
- 3. Pilih Aluminium 5050 dan klik OK
- 4. Klik OK untuk menutup The Machine Group Properti Dialog Box
- 5. Klik tab **Tool Settings**. Pada bagian **Material** , klik tombol **Select**

Urutan yang benar untuk langkah-langkah tersebut adalah.....

- a. 2-5-3-1-4      b. 5-1-3-2-4      c. 1-3-5-2-4      d. 5-2-1-3-4

33. Langkah-langkah yang dilakukan dalam memilih geometri dan alat potong pada pembuatan tool path adalah.....

- a. Menu – *countour toolpath* – *toolpath* – pilih geometri
- b. Menu – pilih geometri – *countour toolpath* -*toolpath*
- c. Menu - *toolpaths* - *countour toolpath* – pilih geometri
- d. Menu – pilih geometri – *toolpath* – *countour toolpath*



34. Fungsi koordinat sistem pada model CAM yang dibuat di software mastercam adalah.....
- Sebagai work coordinat system (WCS)
  - Digunakan untuk penyetingan di mesin
  - Untuk melakukan pergeseran titik koordinat dari koordinat mesin yang berlokasi di titik tertentu ke koordinat referensi benda yang akan dipotong
  - a, b dan c semuanya benar
35. Fungsi *lead in* dan *lead out* pada pemrograman pembuatan toolpath menggunakan software mastercam adalah.....
- Sebagai opsi untuk mendefinisikan pergerakan benda mendekati (*Approach*) atau menjauhi (*Retract*) koordinat sistem
  - Sebagai opsi untuk mendefinisikan pergerakan alat potong mendekati (*Approach*) dan menjauhi (*Retract*) benda kerja
  - Sebagai opsi untuk mendefinisikan koordinat mesin mendekati (*Approach*) atau menjauhi (*Retract*) koordinat benda
  - Sebagai opsi untuk mendefinisikan axis mesin mendekati (*Approach*) atau menjauhi (*Retract*) axis benda
36. Manfaat penggunaan fungsi simulasi toolpath adalah.....
- Memastikan gerakan-gerakan yang terjadi tidak ada yang keluar dari gambar yang diinginkan
  - Melihat pergerakan alat potong yang digunakan
  - Mengetahui apakah parameter-parameter pemotongan yang diatur telah sesuai
  - Mendapatkan lintasan alat potong yang optimal
37. Berikut ini adalah fungsi post processor, kecuali :
- Menerjemahkan informasi yang berkaitan dengan data alat potong
  - Menerjemahkan semua informasi dari mulai sampai berhentinya mesin
  - Pengendalian kecepatan pemakanan dan putaran *spindle*
  - Pengendalian kecepatan pendinginan menjadi *G-code* yang diperlukan.

38. Daftar berikut ini merupakan langkah-langkah untuk men-generate toolpath menjadi bahasa G kode :

1. Pilih icon Operation pada Toolpath Manager.
2. Klik tombol Post. Mastercam menampilkan Post Processing dialog box.
3. Jika diperlukan, pilih Edit
4. Jika diperlukan, pilih Ask
5. Klik OK untuk verifikasi
6. Save

Urutan yang benar adalah .....

- a. 1-2-3-4-5-6    b. 1-3-5-2-4-6    c. 1-2-4-5-3-6    d. 1-3-4-5-2-6

39. Beberapa cara yang dapat digunakan untuk mentransfer data G kode dari PC programmer ke mesin CNC yaitu :


- a. Menggunakan kabel RS232 dan USB
- b. Menggunakan kabel RG
- c. Menggunakan kabel LAN
- d. Jawaban a,b dan c benar

40. Langkah berikut adalah langkah dalam mentransfer G kode ke mesin CNC melalui port RS232 :

1. Hubungkan mesin dan komputer melalui port RS232
2. Siapkan data G kode
3. Buat nomor program yang akan diisi
4. Atur tampilan mesin pada mode EDIT
5. Kirim program
6. Baca program pada layar mesin CNC

Susunan langkah yang sesuai adalah.....

- a. 1-2-3-4-5-6    b. 2-1-4-3-5-6    c. 1-4-2-3-5-6    d. 2-3-4-1-5-6

41. Fungsi tombol  pada software CAD inventor adalah.....

Place

- a. Membuka file yang telah ada

- b. Menyimpan file yang telah dibuat
  - c. Mengambil file yang ada untuk ditempatkan pada area gambar
  - d. Mengambil file yang ada untuk dipindahkan ke file folder lainnya
42. Cara menciptakan hubungan parametris antar tiap-tiap komponen dalam tiap assembly adalah.....
- a. Dengan membuat constraint antar komponen tersebut
  - b. Dengan membuat basic antar komponen tersebut
  - c. Dengan membuat reference yang sama antar komponen tersebut
  - d. Dengan membuat contact yang sama antar komponen tersebut
43. Berikut ini adalah termasuk dalam tampilan software Mastercam X4, kecuali.....
- a. Graphic windows
  - b. Ribbon Bar
  - c. Status Bar
  - d. Roll Bar
44. Untuk menghasilkan gerakan pemakanan (feed rate) pada program “G kode” digunakan simbol kode :
- a. G00                      b. G01                      c. G02                      d. G03
45. Untuk mengakhiri sebuah program CNC digunakan simbol kode:
- a. M05                      b. M03                      c. M30                      d. M99

**Kunci jawaban evaluasi**

- 1.b    2.c    3.b    4.a    5.a    6.d    7.b    8.c    9.c    10.c  
 11.c   12.b   13.d   14.b   15.c   16.b   17.c   18.d   19.b   20.d  
 21.a   22.c   23.b   24.d   25.d   26.b   27.a   28.d   29.d   30.a  
 31.c   32.b   33.c   34.d   35.b   36.a   37.a   38.a   39.d   40.b  
 41.c   42.a   43.d   44.b   45.c



## PENUTUP

Kegiatan Guru Pembelajar yang merupakan kegiatan keprofesian tentunya tidak hanya terbatas pada pembelajaran di modul ini. Peningkatan kemampuan dan keterampilan profesional di bidang teknik mesin, terutama pada paket keahlian teknik gambar mesin harus senantiasa terjadi. Pembelajaran yang berkelanjutan merupakan cara seseorang untuk terus meningkatkan kompetensinya.

Modul ini hanya sebagian kecil dari pengetahuan yang membahas tentang proses pengefraisan gigi rack, gambar CAD (*Computer Aided Design*) 2D (dua dimensi) dan 3D (tiga dimensi) serta penggunaan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) yang terkait dengan mata pelajaran teknik mesin. Pembelajaran yang singkat melalui aktivitas-aktivitas yang telah diberikan mungkin belum mendapatkan hasil yang optimal, sehingga sangat disarankan untuk bisa mengulang kembali materi-materi pembelajaran pada modul ini. Selain itu sumber-sumber lainnya juga perlu digunakan sebagai bahan pengaya.

Modul ini akan terus dikembangkan seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Saran pengembangan merupakan masukan yang sangat berarti untuk perbaikan selanjutnya. Semoga modul ini memberikan manfaat bagi kita semua.



## GLOSARIUM

*addendum* (tinggi kepala gigi) = tinggi gigi di luar lingkaran jarak antara

*ASCII* (*American Standard Code for Information Interchange*) = suatu standar internasional dalam kode huruf dan simbol seperti Hex dan Unicode

*axis* = sumbu pergerakan pada sebuah mesin

*backlash* = perbedaan antara lebar gigi yang saling menangkap pada lingkaran jarak antara

*circular pitch* = panjang busur lingkaran jarak antara pada dua gigi yang berdekatan

*clearance* = kelonggaran antara tinggi gigi-gigi dengan tinggi kepala gigi yang saling menangkap

*dedendum* (tinggi kaki gigi) = tinggi gigi di dalam lingkaran jarak antara

G kode = bahasa pemrograman yang digunakan pada mesin yang mempunyai kontrol numerik (NC) dengan pengendalian pada koordinat pergerakan, seberapa cepat bergerak dan jenis jalur yang ditujunya

garis tekan = garis yang dihasilkan dari hubungan titik-titik tekan dan melalui titik singgung lingkaran jarak antara dan roda gigi

*graphic windows* = ruang untuk membuat model 2D/3D, melihat, memodifikasi gambar model serta ukurannya

*pitch circle* (lingkaran tusuk/lingkaran jarak antara) = merupakan garis lingkaran bayangan yang harus bertemu/ bersinggungan untuk sepasang roda gigi

*pitch diameter* = panjang busur lingkaran jarak antara pada dua gigi yang berdekatan

*post processor* = software antarmuka yang menghubungkan sistem CAM dan mesin NC dan mengkonversi data lokasi alat potong menjadi bahasa G kode

proyeksi dimetri = sebuah penyajian gambar proyeksi yang mempunyai skala perpendekan dari dua sisi dan dua sudut dengan garis horizontal sama

proyeksi piktorial/pandangan tunggal = cara penyajian suatu gambar tiga dimensi terhadap bidang dua dimensi

proyeksi ortogonal = cara pemroyeksian dengan bidang proyeksi mempunyai sudut tegak lurus terhadap proyektornya

RS232 =suatu standar komunikasi serial transmisi data antar dua peralatan elektronik

sudut tekan = sudut antara garis singgung jarak antara dengan garis tekan

*toolbar* = *tools* yang sering digunakan untuk membuat gambar atau perintah, dilambangkan dengan *icon-icon* kecil

*tool path* = jalur atau lintasan yang dilalui ujung alat potong dalam ruang tertentu untuk membuat geometri yang diinginkan dari sebuah benda kerja



## DAFTAR PUSTAKA

- A. Setiawan, M. Nur'aini, "Teknik Bengkel 2", Diklat Kuliah, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- Tim Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, "Mempergunakan Mesin Frais (Komplek)", Depdiknas, 2004.
- "Memfrais Alur Heliks dan Batang Bergigi", Modul Praktikum, Polman-ITB.
- M. Sholeh, "Tutorial Autocad & Inventor", Informatika Bandung, 2015
- Nur Hidayat-Ahmad Shanhaji, "Autodesk Inventor (Mastering 3D Mechanical Design)", Informatika Bandung, 2011
- "Modul 6 Assembling Modelling Fundamental", UGM Yogyakarta, 2006
- [http://learnmine.blogspot.co.id/2013/05/aturan-dasar-penyajian-gambar\\_18.html](http://learnmine.blogspot.co.id/2013/05/aturan-dasar-penyajian-gambar_18.html)
- [http://kk.mercubuana.ac.id/elearning/files\\_modul/12002-5-568377922627.pdf](http://kk.mercubuana.ac.id/elearning/files_modul/12002-5-568377922627.pdf)
- <http://www.slideshare.net/robertoardy/aturan-menggambar-benda-potongan>
- <http://www.scribd.com/doc/102603176/Menggambar-Bagian-Mesin-Secara-Terperinci#scribd>
- <http://www.scribd.com/doc/240714966/MODUL-2-CAM#scribd>
- <http://www.cncmastercam.blogspot.com>
- [http://4.bp.blogspot.com/x6QLklnQYv4/U1\\_QN3l0ICl/AAAAAAAAACi0/eJfDeBOh1aw/s1600/1.jpg](http://4.bp.blogspot.com/x6QLklnQYv4/U1_QN3l0ICl/AAAAAAAAACi0/eJfDeBOh1aw/s1600/1.jpg)
- [http://psbtik.smkn1cms.net/permesinan/teknik\\_pemesinan/memprogram\\_mesin\\_cnc\\_dasar.pdf](http://psbtik.smkn1cms.net/permesinan/teknik_pemesinan/memprogram_mesin_cnc_dasar.pdf)
- [http://3.bp.blogspot.com/bRev3PN00k/Tg9fiFC5h0I/AAAAAAAAABWY/A7Zy\\_i49kEc/s1600/1.4-704603.png](http://3.bp.blogspot.com/bRev3PN00k/Tg9fiFC5h0I/AAAAAAAAABWY/A7Zy_i49kEc/s1600/1.4-704603.png)
- <http://me.ft.unri.ac.id/wp-content/uploads/2014/01/Modul-Praktikum-CNC-II-rev01.pdf>
- [www.insinyoer.com](http://www.insinyoer.com)
- <http://www.distrodoc.com/507386-tugas-mastercam-urutan-proses-penggunaan-toolpath>
- training sw 2006
- mastercam X4 tutorial
- katalog seco tool 2014



## LAMPIRAN

### A. RODA GIGI

#### 1. Pembuatan Roda Gigi

Secara teknis proses pembuatan roda gigi dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya:

##### a. Proses pemotongan

Pembuatan roda gigi dengan cara ini dapat dilakukan melalui proses pemesinan yaitu: *Milling* (pengefraisan), *Shaping* (penyekrapan), *Planing* (penyerutan) dan *Hobbing* (pergeseran)

Dari keempat cara di atas yang paling standard dan presisi adalah dengan proses pemesinan *hobbing*.

##### b. Dicetak

Roda gigi dibuat dengan cara dituang/dicor, kemudian baru di-*finishing* dengan proses pemesinan atau secara manual (sesuai kebutuhan).

##### c. Di-roll.

Pembuatan roda gigi dengan cara di-*roll* dibuat dengan cara semacam proses *kartel* (*knurling*). Pengerjaan akhir (*finishing*) dapat dilakukan dengan cara digerinda atau di-*lapping*.

Pemilihan/penetapan cara pembuatan roda gigi dengan mempertimbangkan berbagai faktor, diantaranya:

- Jenis mesin yang tersedia
- Kompetensi operator
- Ketelitian yang dikehendaki
- Kekuatan roda gigi yang dikehendaki
- Jumlah roda gigi yang dikehendaki

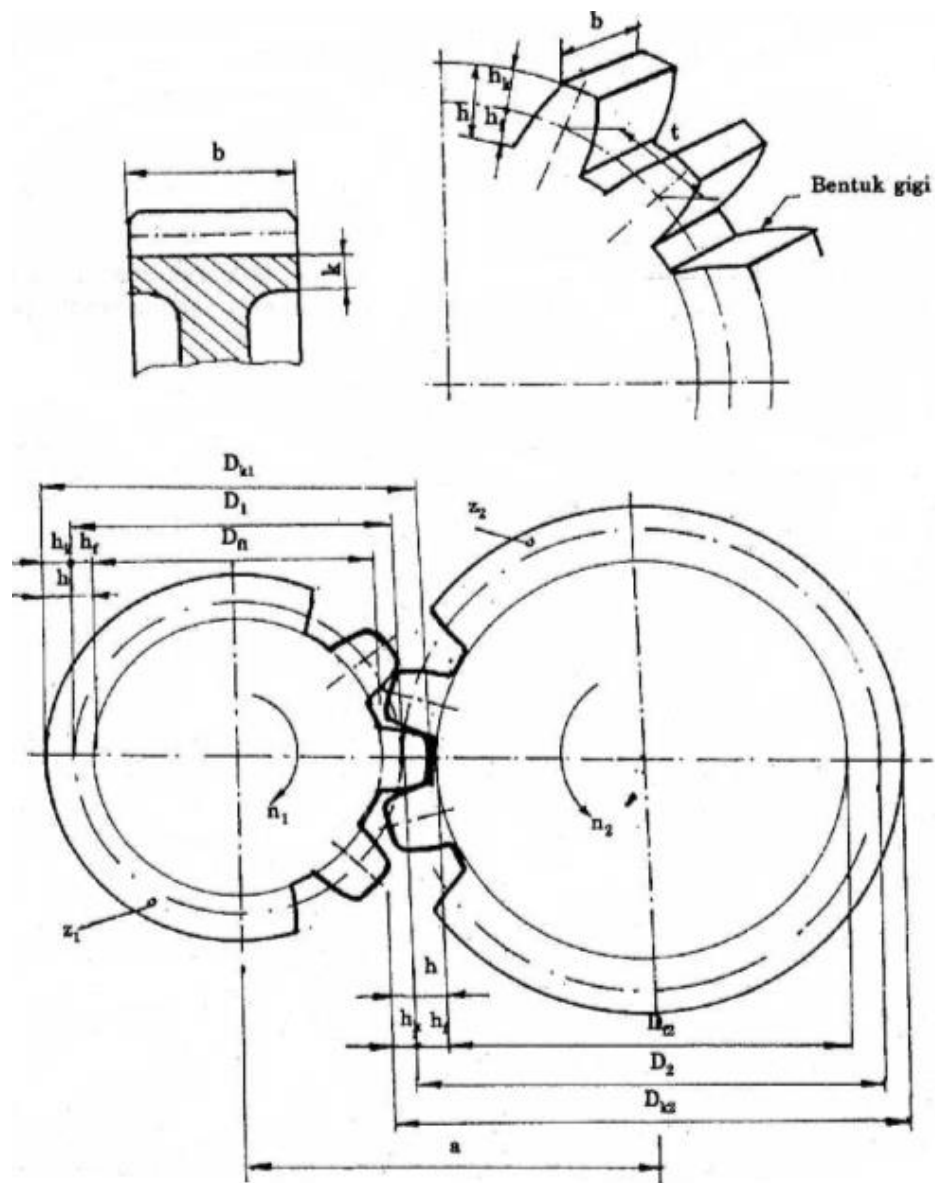


- Kecepatan produksi yang dikehendaki
- Cost/biaya

## 2. Bagian-bagian utama roda gigi

Bagian- bagian utama dari roda gigi diantaranya adalah:

- Lingkar dasar (*base circle*) merupakan lingkaran semu dengan diameter yang merupakan dasar pembentukan *involute*.
- Lingkar referensi (*reference circle*) merupakan lingkaran semu dengan diameter  $d$  di mana kelilingnya merupakan hasil kali dari *pitch* dengan jumlah gigi.
- Pitch* merupakan panjang busur pada lingkaran referensi diantara dua involut yang berurutan.  $P = \pi.m$
- Modul merupakan parameter yang menentukan jumlah gigi bagi suatu lingkaran referensi yang tertentu.
- Sudut tekan (*pressure angle*) merupakan sudut terkecil antara garis normal pada involut dengan garis singgung pada lingkaran referensi di titik potong antara *involut* dengan lingkaran referensi. Menurut standar ISO sudut tekan berharga  $20^\circ$
- Tebal gigi (*tooth thickness*) merupakan panjang busur pada lingkaran referensi diantara dua buah sisi pada satu gigi.
- Jarak gigi merupakan panjang busur pada lingkaran referensi diantara dua sisi gigi yang berseberangan.
- Adendum merupakan jarak radial antara lingkaran puncak dengan lingkaran referensi.
- Dedendum merupakan jarak radial antara lingkaran referensi dengan lingkaran kaki.
- Tinggi gigi merupakan jarak radial antara lingkaran puncak dengan lingkaran kaki.
- Lebar gigi merupakan jarak antara kedua tepi roda gigi yang diukur pada permukaan referensi.



Gambar 81. Bagian-bagian Utama Roda Gigi

Bagian-bagian utama tersebut dapat digambarkan dalam Gambar 81 sebagai berikut:

Keterangan:

$D$  = diameter jarak bagi  
 $D_k$  = diameter kepala gigi  
 $D_f$  = diameter kaki gigi

$a$  = jarak antara poros  
 $t$  = jarak busur antara gigi  
 $b$  = lebar gigi

hk= tinggi kepala gigi  
 hf= tinggi kaki gigi  
 h = tinggi gigi  
 m = modul gigi

k = tebal gigi  
 z = jumlah gigi  
 n = putaran roda gigi

### a. Ukuran roda gigi

Ada bermacam-macam sistem ukuran rodagigi yaitu: sistem modul, sistem *diameteral pitch*, dan sistem *circural pitch*.

#### 1) Sistem modul (m)

Sistem ini digunakan untuk satuan metrik dan untuk satuan modul (mm) biasanya tidak dicantumkan. Modul adalah perbandingan antara diameter jarak antara (*diameter tusuk*) dengan jumlah gigi.

Jadi:  $m = \frac{D}{z} mm$ , di mana:

m = modul

D = *diameter tusuk*

z = jumlah gigi

Pada tabel 1 memperlihatkan ukuran-ukuran utama untuk pembuatan roda gigi sistem modul. Rumus-rumus untuk perhitungan dalam menentukan elemen-elemen yang ada dan diperlukan dalam pembuatan roda gigi beserta simbol-simbolnya ditampilkan pula pada tabel tersebut.

**Tabel 1. Ukuran utama roda gigi sistem modul**

NAMA	SIMBOL	RUMUS
Jarak sumbu antara rodagigi	A	$\frac{D_1 + D_2}{z} = \frac{m(z_1 + z_2)}{z}$
Circular pitch	Cp	
Diameter jarak antara	D	p. m

NAMA	SIMBOL	RUMUS
Diameter puncak/kepala	Da	$z \cdot m$
Diameter alas/kaki	Df	$D + 2 \cdot m$ $D - (2,2 \div 2,26) m$
Tinggi gigi seluruhnya	h	$\frac{D_a - D_f}{m} = ha + hf$
Tinggi kepala gigi/ <i>addendum</i>	ha	$1 \cdot m$
Tinggi kaki/ <i>dedendum</i>	hf	$1,1 \div 1,25 m$
Banyak gigi	z	$\frac{D}{m}$
Modul	m	$\frac{D}{z}$
Tebal gigi	b	$6 \div 8 \cdot m$ (automotive) $8 \div 12 \cdot m$ (penggerak umum)
Sudut tekan	a	$20^\circ$ evolvente
Perbandingan transmisi	i	$\frac{z_1}{z_2}$

### b. Sistem Diametral pitch (Dp)

*Diametral pitch* (Dp) ialah perbandingan antara banyaknya gigi dengan diameter jarak bagi (dalam satuan inchi).

Jadi:  $Dp = \frac{z}{D''}$ , di mana:

$D''$  = diameter jarak bagi (dalam satuan inchi)

$Dp$  = *diametral pitch*

$z$  = jumlah gigi

Perhatikan tabel 2. Pada tabel tersebut menunjukkan ukuran-ukuran utama sistem *diametral pitch* beserta rumus-rumus yang akan digunakan untuk membuat sebuah roda gigi.

**Tabel 2. Ukuran utama roda gigi sistem *diametral pitch***

NAMA	SIMBOL	RUMUS
Diameter pitch diukur pada lingkaran tusuk	$D_p$	$p \cdot \frac{\pi}{C_p}$
<i>Addendum</i>	ha	$\frac{1}{p}$
<i>Deddendum</i>	hf	$\frac{1,25}{p}$
<i>Whole depth</i>	Wd	$\frac{2,25}{p}$
<i>Clearence</i>	$C_l$	$\frac{0,25}{p}$
Tebal gigi pada lingkaran tusuk	t	$\frac{1,5706}{p}$
Diameter lingkaran tusuk	$D$	$\frac{z}{p}$
Diameter lingkaran luar	$D_a$	$\frac{z + 2}{p}$
Diameter lingkaran alas	$D_f$	$D = \frac{z}{p}$

c. Sistem Circural pitch ( $C_p$ )

*Circural pitch* ( $C_p$ ) adalah panjang busur lingkaran jarak antara pada dua buah gigi yang berdekatan (dalam inchi) Jadi:  $C_p = \frac{\pi \cdot D''}{z}$  inchi

Bila  $\frac{D''}{z''} = m'' \rightarrow C_p = \square \cdot \text{minchi}$

Persamaan *diametral pitch* dengan module:

$$C_p = \frac{\pi \cdot D''}{z''} \text{ sedang; } D'' = \frac{z''}{D_p}$$

$$C_p = \frac{\pi \cdot \frac{z''}{D_p}}{z''} \rightarrow C_p = \frac{\pi}{D_p} \rightarrow \pi \cdot m'' = \frac{\pi}{D_p}$$

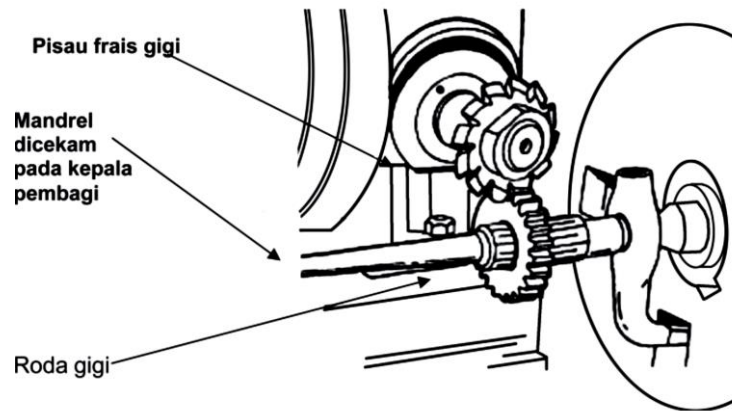
$$\text{maka } m'' = \frac{1}{D_p} \text{ atau } m'' = \frac{25,4}{D_p}$$

Catatan:

Pembuatan roda gigi yang sistem besarannya tidak sama, hasilnya tidak dapat dipasangkan.

### 3. Proses frais roda gigi

Proses frais gigi (Gambar 82), sebenarnya sama dengan frais bentuk, tetapi karena bentuknya yang spesifik, serta proses pencekaman dan pemilihan pisau berbeda maka pembahasannya dibuat lebih detail. Melalui gambar kerja, diperoleh informasi mengenai data-data roda gigi yang akan dibuat. Informasi tersebut antara lain tentang jumlah gigi, bentuk profil gigi, modul, sudut tekan, dan dimensi bakal roda gigi.



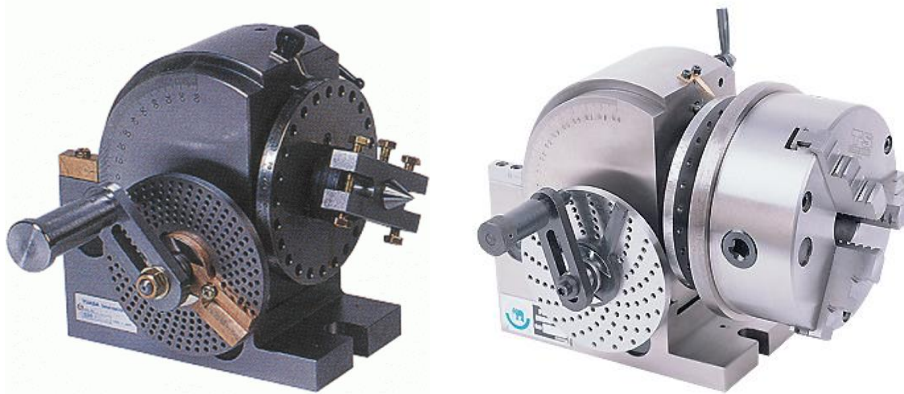
**Gambar 82. Proses frais roda gigi dengan mesin frais horizontal**

Informasi yang diperoleh dari gambar kerja tersebut digunakan untuk melakukan perencanaan proses frais gigi dengan menyiapkan:

- Kepala pembagi (Gambar 83),
- Pisau frais gigi, dan

- Perhitungan elemen dasar (putaran spindel, gerak makan, dan kedalaman potong).

Kepala pembagi digunakan sebagai pemegang bakalan roda gigi (dengan bantuan mandrel). Pada kepala pembagi terdapat mekanisme yang memungkinkan operator mesin frais memutar benda kerja dengan sudut tertentu. Kepala pembagi adalah peralatan yang penting pada mesin frais. Selalu dibutuhkan untuk operasi peng-fraisan dengan pembagian atau untuk mengefrais permukaan-permukaan menyudut dengan sudut tertentu.



**Gambar 83. Kepala pembagi**

Kepala pembagi (*dividing head*) digunakan sebagai alat untuk memutar bakal roda gigi. Mekanisme perubahan gerak pada kepala pembagi adalah roda gigi cacing dan ulir cacing dengan perbandingan 1: 40. Dengan demikian apabila engkol diputar satu kali, maka spindelnya berputar 1/40 kali. Untuk membagi putaran pada spindel sehingga bisa menghasilkan putaran spindel selain 40 bagian, maka pada bagian engkol dilengkapi dengan piringan pembagi dengan jumlah lubang tertentu, dengan demikian putaran engkol bisa diatur (misal 1/2 , 1/3 , 1/4 , 1/5 putaran). Pada piringan pembagi diberi lubang dengan jumlah lubang sesuai dengan tipenya yaitu:

a. Tipe Brown and Sharpe

- 1) Piringan 1 dengan jumlah lubang: 15, 16, 17, 18, 19, 20
- 2) Piringan 2 dengan jumlah lubang: 21, 23, 27, 29, 31, 33

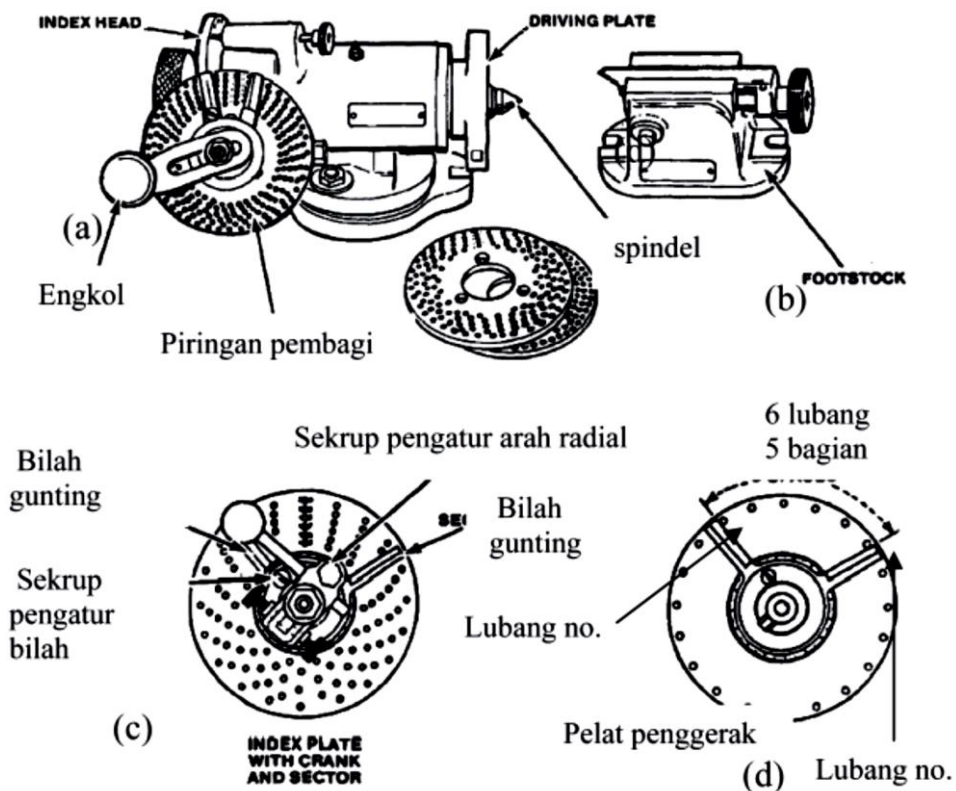
3) Piringan 3 dengan jumlah lubang: 37, 39, 41, 43, 47, 49

b. Tipe *Cincinnati* (satu piringan dilubangi pada kedua sisi)

1) Sisi pertama dengan jumlah lubang: 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43

2) Sisi kedua (sebaliknya) dengan jumlah lubang: 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66

Misalnya akan dibuat pembagian 160 buah. Pengaturan putaran engkol pada kepala pembagi sebagai berikut (Gambar 4):



Gambar 84. Kepala pembagi dan pengoperasiannya

- Dipilih piringan yang memiliki lubang 20, dengan cara sekrup pengatur arah radial kita setel sehingga ujung engkol yang berbentuk runcing bisa masuk ke lubang yang dipilih (Gambar 84c)



- Gunting diatur sehingga melingkupi 5 bagian atau 6 lubang (Gambar 84d)
- Sisi pertama benda kerja dimulai dari lubang no.1
- Sisi kedua dilakukan dengan cara memutar engkol ke lubang no. 6 (telah dibatasi oleh gunting)
- Dengan demikian engkol berputar  $1/4$  lingkaran dan benda kerja berputar  $1/4 \times 1/40 = 1/160$  putaran
- Gunting digeser sehingga bilah bagian kiri di no. 6
- Pemutaran engkol selanjutnya mengikuti bilah gunting.

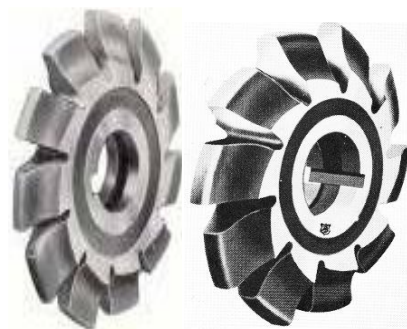
#### 4. Pisau roda gigi (*gear cutters*)

Sebagaimana alat-alat potong pada mesin bubut, pisau roda gigi dibuat dari bahan baja carbon (*carbon steel*) atau baja kecepatan potong tinggi (*High Speed Steel=HSS*). Bentuknya dibuat sedemikian rupa sehingga hasil pemotongannya membentuk profil gigi, yakni garis lengkung (*evolvente*).

##### a. Macam pisau frais roda gigi

###### 1) Tipe *plain*

Digunakan baik untuk pemotongan pengasaran maupun untuk penyelesaian (*finishing*) pada roda gigi dengan profil gigi kecil (modul kecil).



Gambar 85. Gear plain cutter (pisau gigi tipe plain)

## 2) Tipe stocking

Pada gigi pemotong mempunyai alur yang selang-seling (Gambar 2.6). Beram (tatal) akan terbuang melalui alur-alur. Karena alurnya berselang-seling, maka pada benda kerja tidak akan pernah terjadi garis-garis. *Cutter* tipe ini digunakan untuk pengefraisan pengasaran pada roda gigi dengan profil besar (modul = 2,5 - 12). Untuk penyelesaian (*finishing*) digunakan *cutter* tipe *plain*.



**Gambar 86. Gear stocking cutter (pisau gigi tipe stocking)**

### b. Ukuran pisau frais roda gigi

Pisau frais roda gigi dibuat untuk setiap ukuran, baik untuk *diameter pitch* maupun untuk sistem modul. Untuk setiap ukuran terdiri satu set yang mempunyai 8 buah atau 15 buah. Untuk setiap nomor *cutter* hanya digunakan untuk memotong roda gigi dengan jumlah roda gigi tertentu. Hal ini dibuat mengingat bahwa roda gigi dengan jumlah gigi sedikit profil giginya akan sedikit berbeda dengan profil gigi dari roda gigi dengan jumlah gigi banyak (lihat table 3).

**Tabel 3. Pemilihan nomor pisau sistem modul**

<b>No</b>	<b>Nomor pisau</b>	<b>Untuk memotong gigi berjumlah</b>
01	1	12÷13
02	2	14÷16
03	3	17÷20
04	4	21÷25
05	5	26÷34
06	6	35÷134
07	7	155÷134
08	8	135 keatas "Gigi rack"

**Tabel 4. Satu set cutter modul dengan 15 nomor**

<b>No</b>	<b>Nomor pisau</b>	<b>Untuk memotong gigi berjumlah</b>
01	1	12
02	1,5	13
03	2	14
04	2,5	15÷16
05	3	17÷18
06	3,5	19÷20
07	4	21÷22
08	4,5	23÷25
09	5	26÷29
10	5,5	30÷34
11	6	35÷41
12	6,5	42÷54
13	7	55÷80
14	7,5	81÷134
15	8	135÷ Tak terhingga "Gigi rack"

Pisau frais yang digunakan untuk pemotongan roda gigi menurut sistem *diameter pitch*, juga mempunyai 8 buah *cutter* (satu set). Misalnya roda gigi dengan jumlah gigi sebanyak 12 gigi, maka *cutter* yang digunakan adalah *cutter* nomor 8.

**Tabel 5. Satu set cutter modul sistem *diameter pitch***

No	Nomor pisau	Untuk memotong gigi berjumlah
01	1	Gigi rack
02	2	55÷134
03	3	35÷54
04	4	26÷34
05	5	21÷25
06	6	17÷20
07	7	14÷16
08	8	12÷13

#### a. Perawatan pisau roda gigi

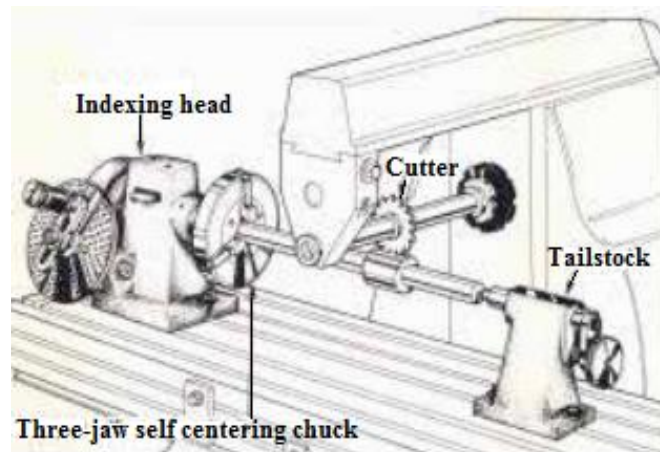
Perawatan pisau roda gigi dimaksudkan untuk memperpanjang umur secara ekonomi maupun umur secara teknologi dari pada alat potong. Adapun cara-cara perawatannya adalah sebagai berikut:

- 1) Memasang *cutter* dengan cara-cara yang benar, yakni cukup kuat, tidak oleng/goyang, menggunakan pasak dan sebagainya.
- 2) Menggunakan putaran dan *feeding* (pemakanan) sesuai dengan ketentuan.
- 3) Menggunakan pendinginan yang cukup. Untuk besi tuang tidak perlu ada pendinginan dengan cairan.
- 4) Penyimpanan *cutter* dengan baik, diberi minyak pelumas, sisi-sisi potong jangan sampai terjadi tabrakan/benturan.

## 5. Pemasangan benda kerja

Harus diingat bahwa dalam proses pemotongan roda gigi, benda kerja telah dibubut terlebih dahulu sesuai dengan ukuran-ukuran yang dikehendaki (kecuali gigi rack (*rack gear*)), jadi dalam mesin frais tinggal memotong profil

giginya saja. Cara pemasangan benda kerja ini ada bermacam-macam sesuai dengan besar-kecilnya beban. Gambar 87 menunjukkan contoh pemasangan benda kerja dengan mandrel.

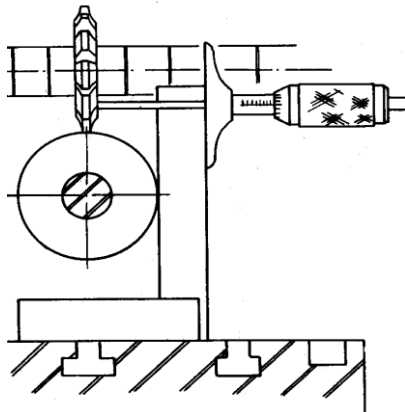


**Gambar 87.** Pemasangan benda kerja dengan mandrel

## 6. Menyetel pisau/*cutter*

Salah satu cara menyetel agar pisau/*cutter* benar-benar tepat di atas garis senter benda kerja adalah dengan menggunakan siku-siku dan *micrometer* (Gambar 88) . Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- 1) Letakkan siku pada meja dan singgungkan pada benda kerja.
- 2) Ukur tebal *cutter*.
- 3) Jarak antara siku dengan bagian *cutter* yang paling tebal adalah:  $\frac{1}{2} D$  (diameter benda kerja)- $\frac{1}{2}$  tebal *cutter*. (Siku dapat juga disinggungkan pada mandrel)



Gambar 88. Mengukur dengan siku dan *micrometer* kedalaman

## 7. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengefrais roda gigi

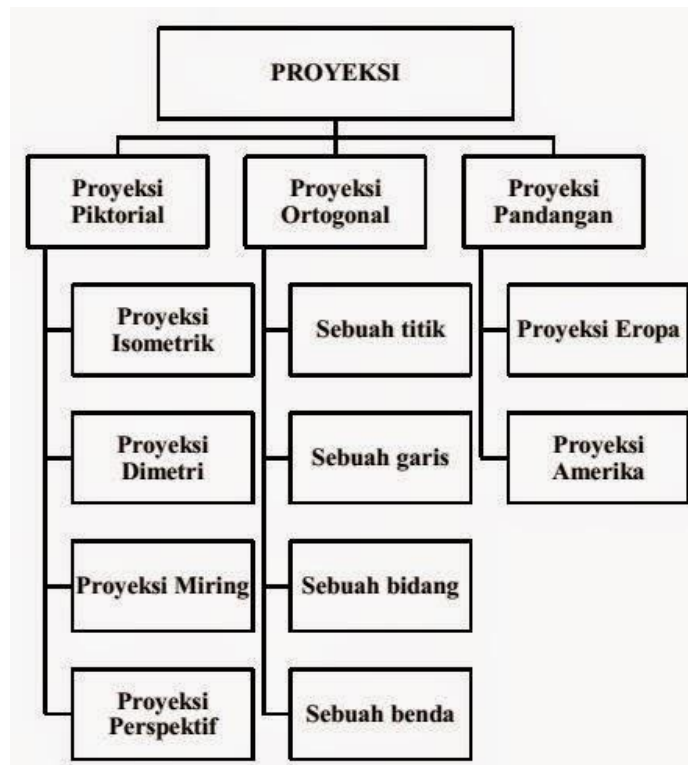
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan proses frais untuk membuat sebuah roda gigi adalah:

- 1) Meja harus benar-benar sejajar dekat dengan kolom mesin.
- 2) *Dividing head* dan *tailstock* dipasang di tengah-tengah meja, dan garis senter harus sejajar kolom mesin
- 3) Pasang benda kerja (bahan) dengan mandrel diantara dua senter dengan menggunakan pembawa, periksa kelurusan dan kesikuannya.
- 4) Setel engkol pembagi dan masukan pin index pada lobang yang dikehendaki, pemutaran engkol pembagi harus cermat.
- 5) Pemasangan *cutter* pada arbor harus benar, *cutter* tidak boleh goyang (oleng), sebab bila demikian roda gigi yang dipotong hasilnya tidak presisi.
- 6) Pisau harus tepat pada pertengahan benda kerja atau di atas garis senter.
- 7) Putaran mesin (*cutter*) dan kecepatan potong harus sesuai dengan ketentuan.

Catatan:

Untuk mendapatkan hasil pemotongan yang baik, matikan mesin (putaran *cutter*) bila akan menarik kembali benda kerja. Hal ini dilakukan agar *cutter* tidak merusak permukaan gigi yang baru saja dipotong.

## B. Penyajian Benda-Benda Tiga Dimensi Gambar Proyeksi



Gambar 89. Jenis Proyeksi

Proyeksi merupakan cara penggambaran suatu benda, titik, garis, bidang, benda ataupun pandangan suatu benda terhadap suatu bidang gambar. Proyeksi piktorial /pandangan tunggal adalah cara penyajian suatu gambar tiga dimensi terhadap bidang dua dimensi. Sedangkan proyeksi ortogonal merupakan cara pemroyeksian dengan bidang proyeksi mempunyai sudut tegak lurus terhadap proyektornya. Secara umum jenis-jenis proyeksi dapat dilihat pada Gambar 89.

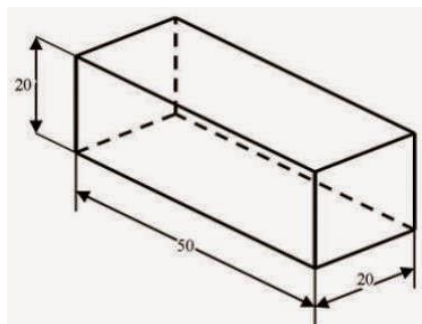
Untuk menampilkan gambar-gambar tiga dimensi pada sebuah bidang dua dimensi, dapat dilakukan dengan beberapa macam cara proyeksi sesuai dengan aturan baku menggambar. Beberapa macam cara proyeksi antara lain:

## 1. Proyeksi Isometrik

Penggambaran isometri dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai bentuk benda yang sebenarnya. Pada gambar isometri panjang garis pada sumbu-sumbu isometri menggambarkan panjang yang sebenarnya. Karena itu penggambarannya sangat sederhana, dan banyak dipakai untuk membuat gambar satu pandangan. Gambar isometri dapat menyajikan benda dengan tepat serta memerlukan waktu penggambaran yang lebih singkat dibandingkan dengan cara proyeksi yang lain.

Penggambaran dengan proyeksi ini mempunyai ciri ciri antara lain:

- a. Pada sumbu x dan y mempunyai sudut  $30^\circ$  terhadap garis horizontal sedangkan sudut antara sumbu satu dengan sumbu lainnya sebesar  $120^\circ$
- b. Ukuran panjang gambar pada masing-masing sumbu sama dengan panjang benda yang digambarnya.

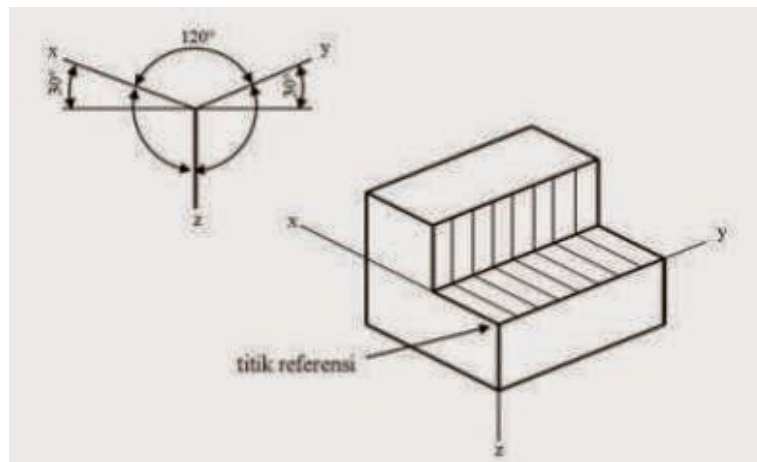


**Gambar 90. Gambar Isometri**

Contoh dari gambar proyeksi isometri terlihat pada gambar 90

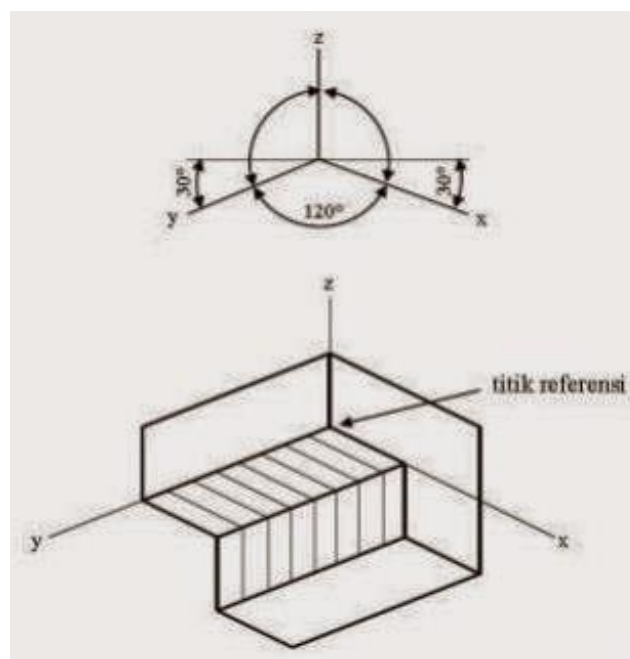
Penyajian gambar dengan proyeksi isometri dapat dilakukan dengan beberapa posisi (kedudukan), yaitu posisi normal, terbalik, dan horizontal. Contoh proyeksi isometri dengan posisi normal bisa dilihat pada gambar 91





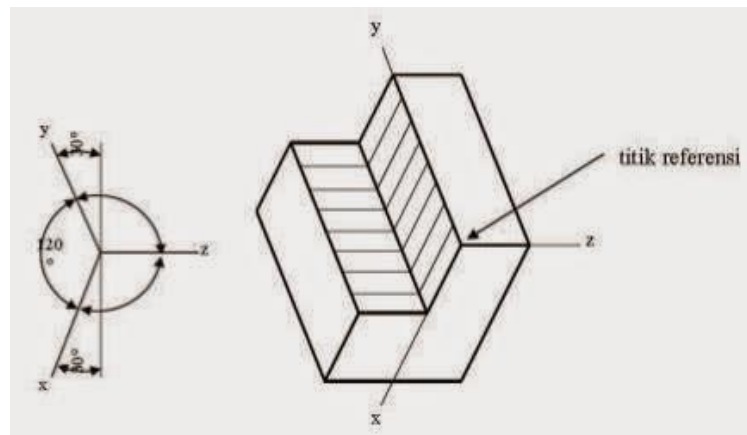
**Gambar 91. Proyeksi Isometri Dengan Posisi Normal**

Sedangkan contoh proyeksi isometri dengan posisi terbalik bisa dilihat pada gambar 92.



**Gambar 92. Proyeksi Isometri Dengan Posisi Terbalik**

Dan contoh proyeksi isometri dengan posisi horizontal bisa dilihat pada gambar 93.



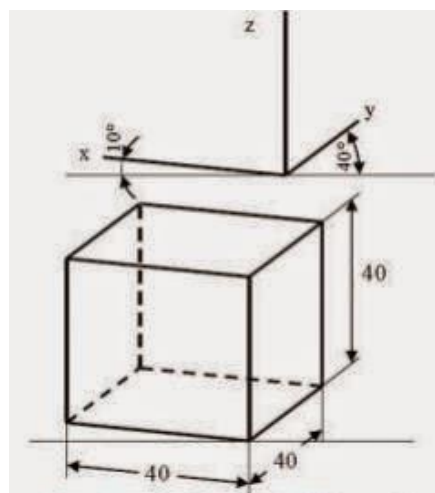
**Gambar 93. Proyeksi Isometri Dengan Posisi Horizontal**

## 2. Proyeksi Dimetri

Adalah sebuah penyajian gambar proyeksi yang mempunyai skala perpendekan dari dua sisi dan dua sudut dengan garis horizontal sama. Proyeksi dimetri ini mempunyai beberapa ciri dan ketentuan antara lain:

- Sumbu x mempunyai sudut  $10^\circ$ , sedangkan sumbu y mempunyai sudut  $40^\circ$ .
- Perbandingan skala ukuran pada sumbu x = 1: 1, skala pada sumbu y = 1: 2, sedangkan skala pada sumbu z = 1: 1

Contoh dari gambar proyeksi dimetri ini dapat dilihat pada gambar 14.



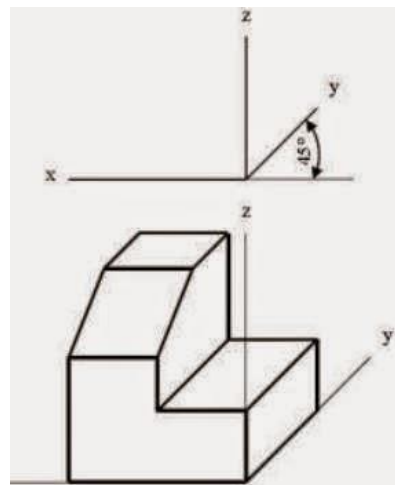
**Gambar 94. Proyeksi Dimetri**

Keterangan:

- Ukuran pada sumbu x 40 mm
- Ukuran pada sumbu y digambar  $\frac{1}{2}$  nya, yaitu 20 mm
- Ukuran pada sumbu z 40 mm

### 3. Proyeksi Miring

Proyeksi miring adalah sebuah gambar penyajian yang mempunyai sumbu x berhimpit dengan garis horizontal/mendatar dan sumbu y mempunyai sudut  $45^\circ$  dengan garis mendatar. Skala pada proyeksi miring sama dengan skala pada proyeksi dimetri, yaitu skala pada sumbu x = 1: 1, skala sumbu y = 1: 2, sedangkan skala sumbu z = 1: 1. Contoh dari gambar proyeksi miring dapat dilihat pada gambar 95



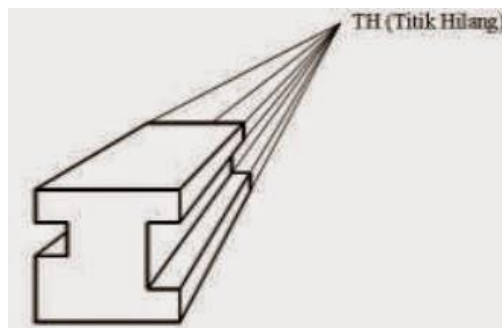
Gambar 95. Proyeksi Miring

### 4. Gambar Perspektif

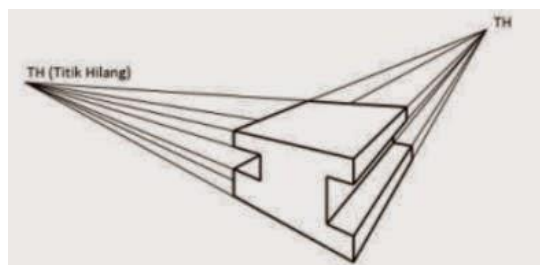
Perspektif secara umum berarti gambar yang digunakan untuk mengkomunikasikan objek berupa benda, ruang, lingkungan yang terlihat oleh mata manusia kedalam bidang datar. Gambar perspektif adalah gambar yang teknisnya menggunakan titik hilang serta banyak digunakan pada bidang arsitektur. Jika antara benda dan titik penglihatan tetap diletakkan sebuah bidang vertikal atau bidang gambar, maka pada bidang gambar akan terbentuk bayangan dari benda tadi. Bayangan ini disebut gambar perspektif.

Gambar perspektif merupakan gambar pandangan tunggal terbaik, tetapi cara penggambarannya sangat sulit dan rumit dibanding dengan cara penggambaran jenis yang lain. Untuk gambar teknik dengan bagian-bagian yang rumit dan kecil penggunaan gambar perspektif sangat susah, oleh karenanya jarang dipakai dalam gambar teknik mesin.

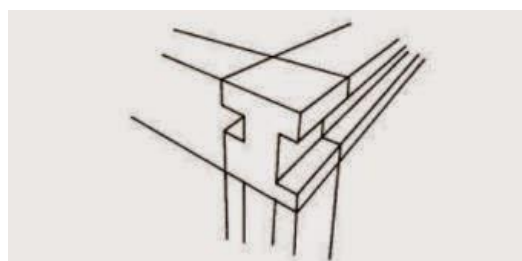
Dalam gambar perspektif garis-garis sejajar pada benda bertemu disatu sisi dalam ruang, dan dinamakan titik hilang. Ada tiga macam gambar perspektif yaitu perspektif satu titik (perspektif sejajar), perspektif dua titik (perspektif sudut), dan perspektif tiga titik (perspektif miring).



**Gambar 96. Perspektif Satu Titik (perspektif sejajar)**



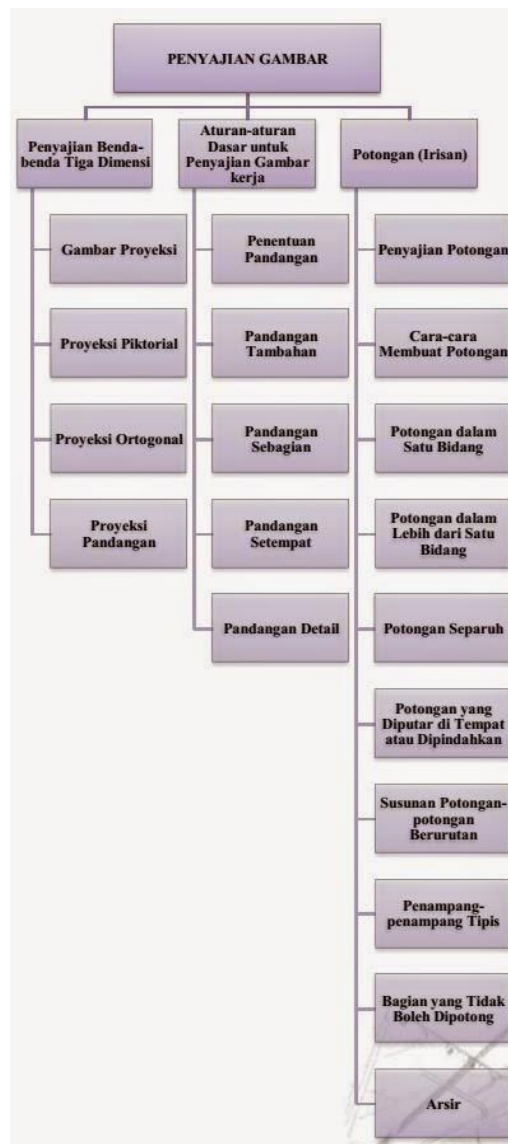
**Gambar 97. Perspektif Dua Titik (Perspektif Sudut)**



**Gambar 98. Perspektif Tiga Titik (Perspektif Miring)**

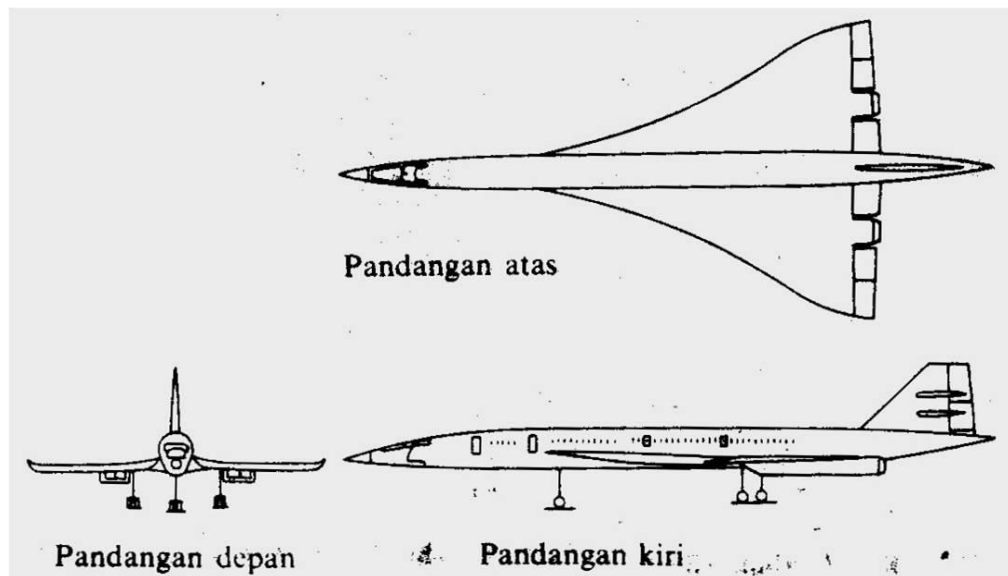
### C. Penyajian Benda-Benda Dua Dimensi Gambar Proyeksi

Penentuan pandangan untuk menggambar proyeksi sebuah benda sangat menentukan terhadap komunikasi penggambar dengan pembaca gambar. Pemilihan pandangan depan dari benda yang disajikan dalam gambar sangat penting. Karena gambar pandangan depan dapat mewakili keterangan bentuk benda yang sebenarnya.



Gambar 99. Urutan Penyajian Gambar Teknik

Oleh karenanya pandangan depan benda dianggap sebagai gambar utama dari sebuah geometri benda. Pandangan-pandangan lain dapat disusun sesuai dengan kebutuhan. Dalam gambar kerja, jumlah pandangan harus dibatasi seperlunya tetapi harus dapat memberikan informasi bentuk benda secara lengkap. Untuk menempatkan pandangan atas, samping atau pandangan lainnya, harus ditentukan terlebih dahulu sistem proyeksi yang akan dipakai, apakah proyeksi di kuadran I (Eropa) ataukah proyeksi di kuadran III (Amerika). Setelah ditentukan sistem proyeksi yang dipakai, barulah ditentukan pandangan dari objek yang digambar. Aturan penyajian gambar dua dimensi harus sesuai dengan aturan dasar penyajian gambar kerja. Secara urutan penyajian gambar terlihat pada gambar 99.



**Gambar 100. Gambar Garis Bentuk Sebuah Pesawat Terbang**

Sebagai contoh gambar sebuah pesawat terbang (Gambar 100). Setelah ditentukan jenis proyeksi yang dipilih, maka diteruskan dengan penentuan gambar pandangan depan. Pandangan ini harus menunjukkan syarat dan karakteristik terbanyak yaitu memiliki pandangan maya paling sedikit serta menunjukkan panjang dan tinggi benda. Pandangan atas menunjukkan panjang dan lebar benda. Pandangan samping (biasanya kanan) menunjukkan lebar dan tinggi.

Disamping penyajian gambar teknik pandangan utama, terkadang diperlukan pandangan tambahan berupa pandangan potongan yang diperlukan untuk memperjelas pandangan utama. Hal ini diperlukan jika tidak dilakukan pemotongan akan menjadikan gambar kerja yang dibuat menjadi ambigu/kabur dari sisi informasinya.

#### **D. Gambar *Assembly* 3D dengan CAD**

Dalam *assembly modelling*, anda meletakkan komponen pada sebuah lingkungan *assembly* dan menggunakan berbagai *tools* untuk meng-*assembly* komponen tersebut. Anda dapat membuat geometri 3D baru, meletakkan *part* atau *assembly* lain yang anda telah buat, dan mengatur hubungan antara beberapa *part* dalam *assembly* tersebut.

Anda membuat sebuah *assembly* dengan menggabungkan beberapa komponen dan/atau *sub assembly* kedalam satu *assembly environment*. Hubungan parametris dibuat antara tiap-tiap komponen yang akan menentukan kelakuannya pada *assembly* tersebut.

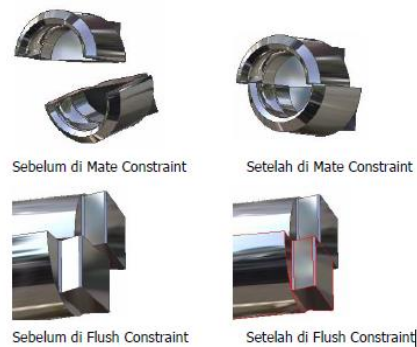
Hubungan ini dapat bervariasi mulai dari konstrain sederhana yang berdasarkan hubungan yang menentukan sebuah posisi komponen pada suatu *assembly*, hingga hubungan yang lebih kompleks seperti *adaptivity*, yang membuat sebuah komponen bisa berubah ukurannya tergantung hubungannya dengan komponen lain pada *assembly* tersebut.

##### ***Assembly Constraints-Basic***

Anda menggunakan *assembly constraints* untuk menciptakan hubungan parametris antara tiap komponen dalam tiap *assembly*. Sebagai mana anda menggunakan 2D konstrain untuk mengontrol geometri 2D anda menggunakan 3D *assembly constrain* dalam sebuah *assembly* untuk mengatur posisi sebuah komponen dalam hubungannya dengan komponen yang lain. *Basic assembly constrain* terdiri dari empat macam yang akan dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Mate/Flush Constraint:

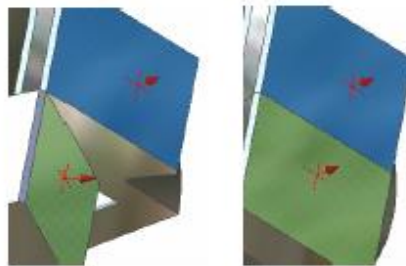
Digunakan untuk meluruskan *part feature* seperti permukaan rusuk atau sumbu suatu *part* ke *part* yang lain.



**Gambar 101. Mate/flush constraint**

### 2. Angle Constraint:

Digunakan untuk memberikan sudut antara dua buah *part* bisa diaplikasikan ke permukaan datar, garis rusuk yang datar atau sumbu-sumbu.



**Gambar 102. Angle constraint**



### 3. Tangent Constraint:

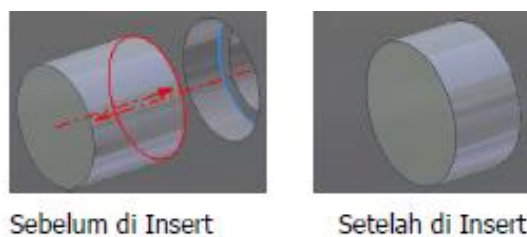


**Gambar 103. Tangent constraint**

Digunakan untuk membuat sebuah hubungan tangensial antara permukaan dari dua buah *part*. Salah satu permukaan *part* tersebut harus merupakan permukaan lengkung.

### 4. Insert Constraint:

Digunakan untuk memasukkan sebuah komponen ke komponen lain seperti baut poros dan lain-lain kedalam lubang pasangannya pada komponen lain. Konstrain ini mengkombinasikan sebuah *mate constraint* antara dua sumbu dan sebuah *mate constraint* antara dua permukaan datar. Konstrain ini diterapkan dengan memilih *edge circular* pada tiap *part*.



**Gambar 104. Insert constraint**

## Sub-Assemblies



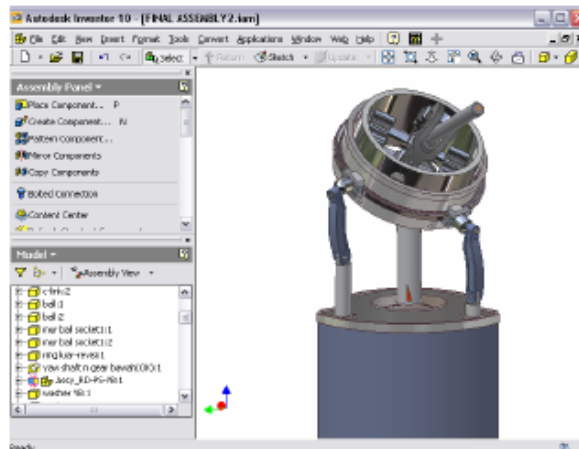
Anda menggunakan *sub assembly* untuk mengorganisasikan sebuah *assembly* yang mempunyai banyak komponen ke dalam grup yang lebih kecil. Sebuah *sub assembly* sebenarnya merupakan sebuah *assembly* yang diletakkan ke dalam *assembly* yang lain. Dalam konteks *assembly* secara keseluruhan, sebuah *sub assembly* dianggap sebagai sebuah *part*. Komponen-komponen penyusun *sub assembly* tersebut dikonstrainskan satu sama lain, sedangkan *subassembly* tersebut dikonstrainskan dalam suatu *assembly* secara keseluruhan sebagai sebuah *part*. Untuk mengedit konstrain pada *sub assembly* anda mendobel klik *sub assembly* tersebut pada panel *browser*.

## Assembly Sketching

Anda menggunakan *assembly sketching* untuk membuat fitur-fitur (seperti hole ekstrusi dan *chamfer*) yang ada hanya pada *assembly* tertentu. Fitur-fitur tersebut tidak akan disimpan dalam *file part* yang terpengaruh tetapi hanya disimpan dalam *file sub assembly*, dan hanya akan mempengaruhi *part* jika *part* itu dibuka dalam *assembly* yang telah diberikan fitur tersebut. Sebagai contoh anda membuat sebuah poros dengan suatu ukuran yang telah ditentukan. Poros itu akan dipakai pada beberapa macam *assembly*, dengan tipe slot pasak berbeda-beda. Anda cukup membuat sebuah poros kemudian anda membuat fitur slot pasak yang berbeda-beda tersebut pada tiap-tiap *assembly*.

## Lingkungan Assembly

Lingkungan *assembly* pada inventor mempunyai kemiripan pada *part modeling* dengan pengecualian beberapa *tools* yang hanya dimiliki *assembly modeling*.



**Gambar 105. View Layer Assembly**

**Assembly Panel Bar:**

Berisi beberapa *tools* khusus untuk *assembly modeling*.

**Assembly Browser:**

Berisi daftar komponen penyusun *assembly* dan konstrain yang diterapkan padanya.

**Assembly Coordinate Elements:**

Sama dengan lingkungan *part modeling*, tiap *assembly* juga mempunyai *independent coordinate system*.

**Assembly Components:**

Part- part dan penyusun *sub assembly* penyusun *assembly* keseluruhan. Klik tanda plus disebelah kiri komponen untuk mengetahui *assembly constraint* yang telah diterapkan.

**3D Indicator:**

Menampilkan orientasi pandangan sekarang relatif terhadap koordinat sistem *assembly*.

### Assembly Coordinate System

Tiap-tiap file *assembly* memiliki sistem koordinat yang *independent*. Ketika anda meletakkan komponen pertama pada satu *assembly* titik origin (0,0,0) dari *part* akan terletak sama dengan titik origin dari *assembly*.

### Assembly Panel Bar

*Assembly panel bar* berisi *tool-tool* yang dikhususkan untuk *assembly modeling*. *Panel bar* tersebut bisa mempunyai pilihan *assembly*, *part*, dan *sketch mode* tergantung konteks apa yang sedang anda kerjakan.

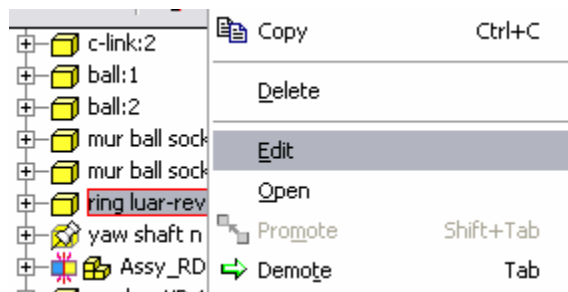
### Assembly Browser

*Assembly browser* menggunakan beberapa opsi untuk bekerja pada lingkungan *assembly* dan merupakan *tool* utama untuk mengatur komponen-komponen *assembly* dan fitur-fiturnya.

### In-Place Activation

*In-place activation* berarti anda mengaktifkan suatu *part* dalam konteks *assembly*, yang berarti juga anda dapat mengedit *part* tersebut. Terdapat beberapa cara untuk mengaktifkan sebuah *part* dalam lingkungan *assembly*.

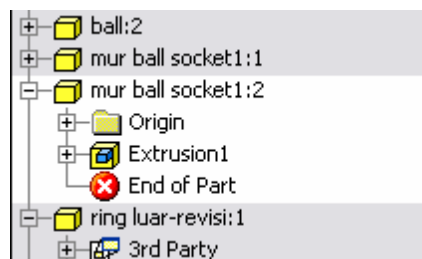
- Pada browser atau jendela utama *double klik part* yang ingin diaktifkan.
- Pada *browser* pada jendela utama klik kanan pada *part* tersebut, dan pada *shortcut menu* klik *edit*
- Pada *browser* atau jendela utama klik kanan pada *part* dan pada *shortcut menu* klik *open*. Opsi ini akan membuka *part* tersebut pada *window* yang terpisah. Setiap perubahan yang diberikan pada *part* tersebut secara otomatis akan direfleksikan pada *assembly*.



### Result of In-Place Activation

Ketika sebuah part diaktivasi dalam konteks sebuah *assembly* terjadi Beberapa perubahan sebagai berikut:

- Pada browser warna background pada part yang lain akan berubah menjadi abu-abu.
- Pada browser part tersebut akan ter-expand secara otomatis sehingga fitur dari part tersebut terlihat.
- Panel bar akan berubah dan menampilkan tool modeling.
- Pada jendela utama part yang non-aktif akan transparan



### Visibility Control

Untuk mengatur penampakan dari tiap komponen pada sebuah *assembly*, klik kanan komponen tersebut pada browser panel dan pilih visibility pada shortcut menu. Tanda check-mark menunjukkan bahwa komponen tersebut mempunyai visibility on.

### Browser Appearance

Pada *assembly* browser, part-part dengan visibility yang di-off kan, akan nampak berwarna abu-abu.

### Isolating Assembly Components

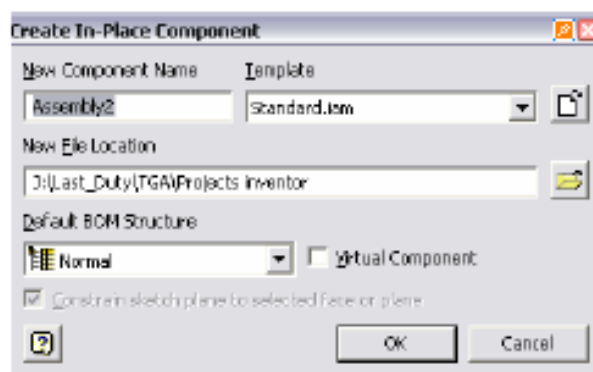
Anda dapat mematikan visibility dari banyak komponen sekaligus kecuali komponen yang dipilih, dengan mengklik kanan komponen yang diklik tersebut dan pilih isolate pada shortcut menu.

### Assembly Resequence

Anda dapat mengatur urutan dari daftar komponen yang ada di *assembly* browser dengan cara men-drag satu komponen kemudian menempatkannya ke atas/kebawah. Ini berguna agar urutan komponen pada *assembly* tersebut lebih logis dan mudah dipahami.

### **Assembly Restructure**

Ketika anda membuat sebuah *assembly* anda mungkin perlu untuk mengorganisasikan beberapa komponen kedalam satu sub*assembly* dengan merestrukturisasi sebuah *assembly* anda membuat sub *assembly* dan meletakkan komponen yang telah ada pada sub*assembly* tersebut. Anda merestrukturisasi sebuah *assembly* menggunakan tool “demote”. ketika anda menggunakan tool demote, create inplace component dialog box muncul, seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 106.** Tabel dialog inplace component box

#### **New Component Name:**

Masukan sebuah nama file untuk sub *assembly*.

#### **Template:**

Pilih sebuah template yang akan digunakan untuk sebuah sub *assembly* baru.

#### **New File Location:**

Masukan/browse alamat file untuk sub *assembly* baru.

#### **Default BOM Structure:**

Pilih bagaimana sub *assembly* ini akan ditampilkan dalam sebuah bill of material (BOM). Pilih parameter normal, inseperable, purchashed, phantom, atau reference.

### **Virtual Component:**

Opsi ini digunakan untuk menciptakan komponen yang tidak memerlukan modeling geometry, dan tidak membutuhkan sebuah file. Jangan memilih opsi ini ketika menggunakan pilihan demote.

### **Browser Filters**

Anda dapat mem-filter tampilan informasi pada browser dengan menggunakan browser filter. Bila *assembly* yang anda buat semakin kompleks, browser filter dapat membantu anda dengan menghirarkikan informasinya. Pada bagian atas *assembly* browser klik tombol “browser filter” dan filter menu akan ditampilkan.



### **Hide Works Features:**

Menyembunyikan seluruh fitur-fitur kerja anda termasuk folder aslinya.

### **Show Children Only:**

Menampilkan hanya level pertama dari sub hirarki. Part-part yang tersembunyi tercakupkan dengan sebuah sub *assembly* ketika top-level *assembly* itu sedang dalam keadaan aktif.

### **Hide Notes:**

Menyembunyikan seluruh catatan yang terlampir pada fitur.

### **Hide Documents:**

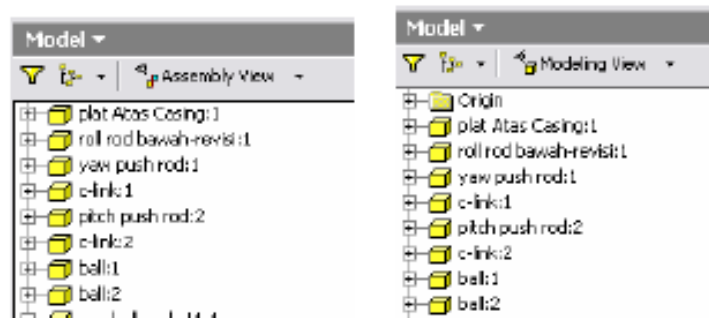
Menyembunyikan dokumen-dokumen dimasuk.

### **Hide Warnings:**

Menyembunyikan simbol-simbol peringatan yang ada pada panel browser.

## Browser Display Mode

Ketika anda bekerja dalam sebuah *assembly*, mode tampilan *assembly* browser menjadi default dalam tampilan *assembly*. Browser display mode menampilkan part dan *assembly* constraint. Anda dapat merubah display mode menjadi tampilan modeling dengan memilih drop-down menu “*assembly view*” yang ada pada bagian atas browser. Modeling view menampilkan part-part dan fitur-fitur kerja. Model ini bisa Anda gunakan untuk mengidentifikasi fitur dari part dan mengaktifkannya untuk proses editing tanpa perlu mengaktifkan part. Pada gambar di atas, perhatikan kemunculan daftar *assembly* constraint ketika anda berada dalam *assembly view* dan kemunculan part feature ketika berada dalam modeling view. Ketika dalam modeling view, perhatikan juga folder constraint pada urutan teratas. Expand folder ini untuk melihat *assembly* constraint.



## Enabled Components

Secara default, Ketika anda meletakkan komponen kedalam *assembly*, komponen itu beradadalam kondisi enable. Jika sebuah komponen berada dalam kondisi enable, anda dapat mengakses komponen tersebut dalam mode editing dan menambahkan constraint terhadap komponen tersebut. Sebaliknya, ketika komponen tidak berada dalam kondisi enable, komponen tersebut akan terlihat agak samar pada graphic window, dan warna dari ikon komponen akan berubah menjadi hijau pada panel browser.

Ketika anda membuka sebuah file *assembly*, data struktur dari komponen yang digunakan telah tersedia walaupun komponen tersebut tidak berada dalam kondisi enable, hanya grafik informasi saja yang dikeluarkan. Untuk *assembly* yang kompleks, fasilitas ini sangat membantu anda untuk meningkatkan performa



sistem secara keseluruhan. Di dalam browser/graphic window klik kanan part dan klik pilihan menu enable pada shortcut menu.

Tanda check mengindikasikan komponen tersebut berada dalam kondisi enable.

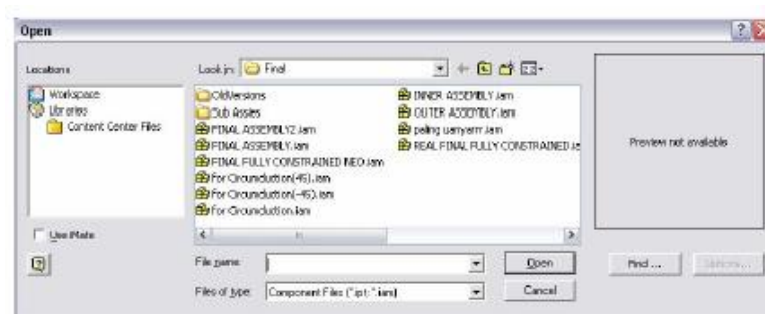
### **Grounded Components**

Secara default, part pertama yang dimasukkan ke dalam lingkungan *assembly* akan dikondisikan dalam kondisi grounded. Derajat kebebasan dari komponen tersebut hilang dan komponen tersebut tidak dapat di pindah posisinya. Ketika anda menerapkan constraint pada sebuah komponen grounded, komponen lain yang non-grounded akan berpindah menyesuaikan constraint terhadap komponen grounded yang di-fix kan posisinya. Meskipun komponen pertama di grounded tidak ada batas dari jumlah part yang di grounded yang dapat Anda bangun pada sebuah *assembly*. Anda dapat menghilangkan pengaruh grounded pada part pertama dalam *assembly* dengan cara mengklik kanan pada komponen pertama (grounded component) dan hilangkan tanda centang (check mark) pada shortcut menu.

### **Placing Components in an Assembly**

Sebagaimana anda membuat *assembly*, anda menempatkan komponen geometry yang mewakili part-part *assembly* secara individual. Dalam pelajaran ini anda akan mengetahui beberapa cara berbeda untuk memasukan komponen ke dalam sebuah *assembly*.

### **The Place Component Tool**



**Gambar 107. Place component tool**

Anda gunakan place component tool untuk menempatkan komponen kedalam sebuah *assembly*. Pilih tool ini dan open dialog box akan muncul. Lalu browse file part yang akan anda letakan di dalam lingkungan *assembly*. Komponen pertama yang diletakan dalam lingkungan *assembly* secara otomatis akan ditempatkan pada orogin point(0,0,0) dalam keadaan grounded. Anda dapat menaruh lebih dari satu komponen yang sama dengan mengklik lokasi yang berbeda dalam graphic window. Setelah anda selesai menempatkan komponen kedalam *assembly*, klik kanan dan pilih done pada shortcut menu.

### **Open Dialog Box**

Pilih file yang akan dimasukan kedalam lingkungan *assembly* dan tekan tombol open. Untuk memasukan file dengan format lain selain dari format yang didukung oleh Autodesk Inventor, klik pada file type pada drop down list.

### **Sources of Placed Components**

Disamping anda dapat menggunakan geometri part dari aplikasi Autodesk Inventor, anda dapat menggunakan geometry dari aplikasi lain sebagai part di dalam *assembly* yang anda buat. Di bawah ini terdapat daftar list tipe file yang dapat anda gunakan dalam Autodesk Inventor:

- Autodesk Inventor parts and assemblies (\*.ipt, \*.iam)
- Autodesk Mechanical Desktop (\*.dwg)
- Autocad (\*.dwg)
- file SAT(ACIS/ShapeManager) (\*.sat)
- file IGES (\*.igs, \*.ige, \*.iges)
- file STEP (\*.stp, \*.ste, \*.step)
- Pro Engineer (\*.prt, \*.afm)

Sebagian dari format di atas akan diubah menjadi file Autodesk Inventor ketika file tersebut ditempatkan dalam *assembly*. Tetapi sebagian yang lain seperti file yang berformat Autodesk Mechanical desktop (\*.dwg) tidak akan diubah oleh Autodesk Inventor dan juga file tersebut masih tetap berhubungan dengan *assembly* anda.

### **Supported Files Types**

Pada open dialog box, pilih file type drop down list untuk menampilkan tipe file yang disupport oleh Autodesk Inventor.

### **Mechanical Desktop Parts in Autodesk Inventor Assembly**

Pada gambar di atas, menunjukkan sebuah part autodesk Mechanical desktop yang digunakan dalam sebuah autodesk Inventor *assembly*. Klik kanan pada part, kemudian pilih open untuk membuka part di dalam aplikasi Autodesk Mechanical Desktop.

Perubahan yang dilakukan pada part. Akan terefleksikan juga dalam *assembly* mode di dalam inventor.

### **Dragging Components into an Assembly**

Anda dapat men-drag komponen masuk ke dalam sebuah *assembly* dari open part file yang lain atau dari window explorer. Aksi ini akan menghasilkan komponen yang terpilih akan ditempatkan ke dalam *assembly* work area sama seperti jika anda menggunakan place component tools.

### **Replacing Components**

Ketika anda membuat *assembly*, anda mungkin perlu untuk mengganti beberapa komponen.

Sebagai contoh, ketika anda meng*assembly* anda dapat menempatkan sebuah part yang masih perlu direvisi (belum versi final). Setelah anda mendapatkan geometry dan ukuran yang tepat dari part tersebut, anda dapat mengganti part yang belum final tersebut dengan part versi finalnya.

Ketika anda mengganti komponen pada *assembly*, beberapa *assembly* constraint akan hilang dan anda perlu membuatnya kembali.

Terdapat dua versi dari tool replace component

- **Replace:** hanya mengganti beberapa komponen yang dipilih
- **Replace All:** mengganti semua penempatan dari komponen yang dipilih

Ketika anda mengganti komponen pada *assembly*, Possible Constraint Loss dialog box muncul. Klik ok untuk melanjutkan dan mengganti komponen yang dipilih, atau klik cancel untuk membatalkan penggantian komponen.

### **Komponen Dalam Suatu Assembly**

Membuat komponen dalam suatu *assembly* membolehkan anda untuk merancang part-part dalam konteks Membuat komponen dalam suatu *assembly* di mana mereka akan diletakan.

Teknik ini memberikan keuntungan yaitu; geometri dan ukuran dari part anda bisa langsung divalidasikan dengan komponen lain yang ada dalam *assembly* tersebut.

### **Creating Component In-Place**

Dengan membuat part dalam konteks *assembly* anda bisa mereferensikan geometri, ukuran, dan fitur dari part yang lain untuk membantu dalam pemodelan suatu part yang baru secara langsung dalam satu lingkungan *assembly* di mana part-part tersebut akan di-*assembly*-kan

### **Keuntungan membuat part in-place**

- Bisa menggunakan referensi dari part yang lain pada *assembly*.
- Memvalidasi fungsi-fungsi part dalam *assembly*.
- Dapat membuat hubungan antar part yang adaptif.
- Memberikan gambaran yang lebih jelas dari rancangan anda secara keseluruhan

### **Create in-place component dialog box**

**New component name:** masukan nama file dari part/sub *assembly*.

**Template:** pilih template yang akan digunakan untuk membuat part/sub *assembly*.

**New file location:** masukan/browse ke lokasi untuk menyimpan part/sub *assembly* yang baru.

**Default BOM structure:** pilih bagaimana sub *assembly* ini akan ditampilkan dalam sebuah bill of material (BOM). Pilih parameter normal, inseperable, purchased, phantom, atau reference.

**Virtual Component:** opsi ini digunakan untuk menciptakan komponen yang tidak memerlukan modeling geometry, dan tidak membutuhkan sebuah file. Jangan memilih opsi ini ketika menggunakan pilihan demote.

**Constraint Sketch Plane to selected Face or Plane:** pilih opsi ini untuk secara otomatis menerapkan flush constraint antara part yang baru dan

permukaan datar yang dipilih. Opsi ini tidak tersedia setelah memilih sebuah template *assembly*.

### **Menggunakan Work Feature pada *assembly***

Ketika anda membuat komponen dalam konteks *assembly*, ingatlah bahwa tiap-tiap file *assembly* mempunyai sistem koordinatnya dan origin work features sendiri-sendiri. Anda dapat menggunakan mereka untuk mengorientasikan bidang sketsa dari part part baru dan mereka dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat work feature tambahan dari part baru tersebut.

Anda juga dapat menggunakan tool-tool work plane, work axis, dan work point untuk membuat *assembly* constraint yang baru berdasarkan work feature.

### **Using 2D sketches**

Anda dapat menggunakan sketsa 2D dalam *assembly* ketika anda membuat part baru dan memvalidasikan rancangan anda. ketika anda melakukan ini, anda tidak perlu membuat fitur-fitur 3D pada fase awal desain. Anda dapat membuat sketsa geometri dasar yang anda perlukan untuk memvalidasi fitur-fitur tertentu dan kemudian dari part modeling tersebut dan memberikan *assembly* constraint pada sketsa 2D seperti anda memberikan constraint ke fitur-fitur 3d.

Menggunakan teknik ini anda dapat mevalidasi fungsi yang anda desain dari part tersebut sebelum anda membangun bentuk final dari part tersebut.

### **Using Projected edges and features**

Menggunakan tool yang sama untuk memproyeksikan edge dan fitur pada suatu part file anda dapat memproyeksikan edge dan fitur dari part yang lain dalam satu *assembly*. Anda juga dapat menggunakan proyeksi geometri ini untuk membuat fitur baru pada part yang sedang anda buat. Menggunakan teknik ini anda dapat membuat part dalam *assembly* dengan fituryang pas.

Ketika anda memproyeksikan geometri dari part, hasil proyeksi tersebut bisa merupakan geometri referensi yang asosiatif maupun statis. Tiap tipe tersebut mempunyai keunggulan/kekurangan yang unik. Perbedaan terbesar antar geometri referensi yang asosiatif dan statis dapat dilihat dari perubahan geometri tersebut ketika fitur atau part yang diproyeksikan berubah.

Geometri referensi yang asosiatif menjaga hubungannya dengan part/fitur asal dan ikut berubah jika fitur/part asal tersebut berubah. Geometri referensi statis tidak terhubung balik dengan part/fitur asal yang menghasilkannya, ia tidak berubah jika fitur/part asal tersebut berubah.

### **Projecting edges and features**

Metode berikut bisa digunakan untuk mengakses tool untuk memproyeksikan edge dan fitur

### **Crosspath geometry projection**

Untuk mengaktifkan/meng-nonaktifkan associative reference geometry, pada tool menu klik application options pada options dialog box pilih tab *assembly* dan hilangkan tanda checkmark pada pilihan “enable associative edge/loop geometry projection during inplace modeling”. Jika pilihan ini tidak dipilih, maka proyeksi geometri yang terjadi adalah geometry referensi statis.

Pada gambar berikut, proyeksi geometri adalah associative. Perhatikan kemunculan tanda yang berarti sketsa, fitur, dan part tersebut adalah adaptive. Pada gambar berikut proyeksi geometri adalah statis. Perhatikan penampakan sketsa di browser. Pada lambang sketsa, tidak terdapat tanda adaptive/referensi yang terhubung dengan sketsa tersebut.

### **Basic Assembly Constraint**

Ketika anda membuat *assembly* dari beberapa part, anda memberikan hubungan parametrik antara part-part tersebut. Hubungan tersebut dibuat menggunakan *assembly* constrain yang meniru situasi di dunia nyata dan kondisi operasi dari komponen-komponen *assembly* tersebut secara nyata.

Anda menerapkan *assembly* constrain ke part-part untuk menentukan posisi, orientasi, dan derajat kebebasan yang ditentukan. Anda menggunakan constrain tools atau ALT/DRAG atau metode ALT-Drag untuk mengaplikasikan constrain tanpa menggunakan Flash constrain.

## Dialog Box.

### Placing Constraint Constraint... C

Anda menerapkan tiap-tiap assembly constrain ke dua komponen pada *assembly* atau kesebuah komponen dan satu origin work feature pada *assembly*. Ketika anda memulai menggunakan tool constrain, setelah anda memilih tipe constrain, anda memilih satu feature pada tiap part untuk menerapkannya. Geometri yang anda pilih tergantung pada tipe constrain yang anda terapkan.

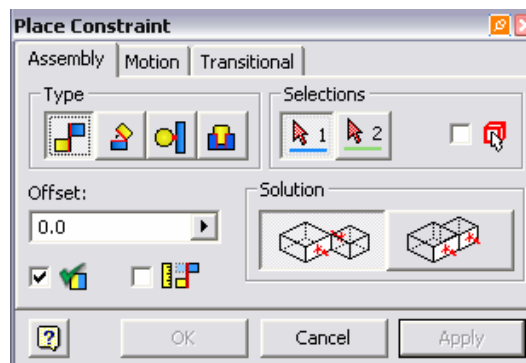
Feature yang akan di constrain dapat berupa 3D part feature, atau work feature pada level part atau *assembly*.

Terdapat 4 buah tipe *assembly* constrain yang dapat diterapkan antara part-part penyusun *assembly*: MATE, ANGLE, TANGEN, dan INSERT. Tipe constrain yang dipilih tergantung pada part feature dan desain yang anda gunakan.

Gambar berikut menunjukkan axis dari dua buah part silindris yang di constrainkan.

## Basic Constrain

### Place Constrain Dialog Box



Gambar 108. Place Constrain Dialog Box

### Tipe:

Pilih tipe yang akan anda terapkan

**Selection:**

Ketika anda memilih feature yang akan diconstrain tombol selection 1 dan selection 2 akan diaktifkan secara otomatis. Jika anda ingin merubah feature yang diseleksi klik tombol selection dan pilih feature yang baru.

**Pick Part First:**

Pilihan ini membatasi pemilihan feature untuk part yang dipilih. Pertama anda harus memilih sebuah part kemudian pilih feature yang akan diconstrain. Pilihan ini biasanya digunakan pada situasi di mana feature yang anda ingin constrain terhalang/tertutupi oleh part yang lain dalam *assembly*.

**Offset/Angle:**

Label dari box ini berubah tergantung tipe constrain yang anda pilih. Masukkan nilai untuk jarak atau sudut constrain yang bersangkutan.

**Solution:**

Tiap tipe constrain memberikan solusi yang berbeda silahkan baca keterangan selanjutnya pada penjelasan lebih detail untuk tiap-tiap constrain.

**Preview Constraint:**

Pilihan ini menampilkan preview dari constrain yang anda terapkan.

**Mate Constraint** 

Anda menggunakan mate constraint untuk memasangkan atau menempelkan geometri/ feature yang anda pilih. Anda dapat memilih faces, planes, axis, edges, and titik.

Anda juga dapat memasukkan nilai offset untuk mengatur jarak kedua geometri/ feature tersebut.

**Solution Options**

Mate: geometri yang dipilih akan bertempelan satu dengan yang lainnya.

Flush: permukaan yang akan dipilih akan menjadi satu bidang

**Angle Constraint** 

Gunakan Angle constraint untuk menentukan besar sudut antara 2 buah permukaan datar, bidang atau garis.



### **Solution Options**

Directed Angle: gunakan pilihan solusi ini, untuk mengukur besar sudut menggunakan aturan tangan kanan.

Undirected Angle: ini adalah pilihan default. Pilihan ini digunakan agar orientasi dari komponen tidak membalik ketika anda mendrive angle constrain.

### **Tangen Constraint**

Gunakan tangen constrain untuk menentukan kondisi tangensial antara satu feature circular dengan sebuah bidang atau faces, atau antara dua buah feature circular.

### **Solution Options**

Inside: membuat solusi tangensial antara bagian dalam feature circular dengan bagian luar feature circular yang lain.

Outside: membuat solusi tangensial antara bagian luar feature circular dengan bagian luar feature circular yang lain.

### **Insert Constraint**

Gunakan insert constrain untuk memasukkan sebuah feature circular dari satu part ke feature circular part yang lain. Hasilnya adalah sebuah constrain di mana garis tengah sumbu ke dua feature circular tersebut menjadi satu garis dan kedua axes yang dipilih menjadi satu bidang .

### **Solution Option**

Opposed: solusi ini memaksa arah normal dari 2 permukaan yang dipilih menjadi saling berlawanan.

Alligned: solusi ini memaksa arah normal dari 2 permukaan yang dipilih menjadi sama.

### **Menggunakan ALT-Drag untuk menerapkan Constraint**

Metode Alt-Drag merupakan cara alternatif untuk menerapkan solusi ini memaksa arah normal dari 2 permukaan yang dipilih menjadi saling berlawanan constrain. Tekan dan tahan tombol ALT kemudian klik dan drag feature yang akan diterapkan constrain. Constraint glyph muncul menandakan tipe constrain yang akan diterapkan teruskan men-drag cursor ke feature dari part yang lain

yang akan diconstrain. Kemudian lepas tombol mouse untuk membuat solusi ini memaksa arah normal dari 2 permukaan yang dipilih menjadi saling *assembly* constrain.

Tipe Constrain dengan metode ALT-Drag

Ketika anda menggunakan metode ALT-drag untuk menerapkan constrain, tipe constrain yang akan diterapkan berdasarkan geometri feature yang anda pilih. Anda dapat merubah tipe constrain dengan menekan tombol keyboard yang sesuai. Lepaskan tombol ALT tapi anda harus tetap menekan tombol klik kiri mouse.

- Mate: tombol M atau 1
- Angle: tombol A atau 2
- Tangen: tombol T atau 3
- Insert: tombol I atau 4

### **Viewing Constraint**

Setelah anda membuat *assembly* constraints anda dapat melihatnya pada browser dengan cara yang berbeda. Jika anda memilih sebuah constraint pada browser, geometri atau feature yang diconstrain tersebut akan di highlight dengan warna berbeda.

### **Browser-Assembly View**

Ketika anda membuat *assembly* constraint, tiap-tiap part atau feature akan mempunyai pasangannya dan pada browser, tiap constrain tersebut akan dituliskan 2 kali, satu pada satu part dan satu lagi pada part pasangannya.

Gambar di bawah ini menunjukkan bagaimana *assembly* constrain nampak di bawah tiap part di mana constrain itu diterapkan. Jika anda ingin mengedit, supress atau men-delete constrain anda dapat mengaksesnya pada salah satu part atau pasangannya.

### **Browser-Modelling View**

Jika anda merubah browser ke modelling view, constrain-constrain yang diterapkan akan nampak di dalam folder CONSTRAINTS. Anda dapat meng-ekspand folder tersebut untuk mengakses constraint-constraint yang ingin anda edit, hapus, atau suppress.

### Shortcut Menu Options

Pada browser panel jika anda meng-klik kanan pada sebuah constrain shortcut menu berikut akan muncul.

- Find In Window:  
Membesarkan pandangan ke geometri yang berisi constrain yang dipilih. Ini akan membantu anda untuk meng-identifikasikan constrain secara rapikal.
- Other Half:  
Pilihan ini akan meng-highlight constrain yang sama pada part atau feature pasangannya, dengan meng-ekspand satu komponen dan memilih constrain yang diterapkan. Pilihan ini akan membantu meng-identifikasi komponen yang telah diterapkan constrain tertentu.

### Mengedit Constraints

Anda dapat mengedit constraint dengan cara yang sama seperti anda mengedit part feature dalam lingkungan part modelling. Pilih constrain pada browser panel, kemudian klik kanan pada constrain tersebut, dan klik edit pada shortcut menu.

Ketika anda mengedit sebuah constrain, akan muncul dialog box yang sama seperti ketika anda membuat constrain baru. Semua pilihan pada dialog box dapat dirubah termasuk tipe constrain. Geometri atau feature yang dipilih untuk *first selection* di highlight dengan warna biru, sementara geometri atau feature yang dipilih untuk *second selection* di highlight dengan warna hijau.

### Merubah Nilai Offset/Angle Constraint

Terdapat 2 cara untuk merubah nilai offset/angle tanpa perlu menggunakan edit constrain dialog box.

- Menggunakan edit box pada bagian terbawah browser panel: pilih constraint yang akan dirubah nilainya dan klik kiri constraint tersebut. Kemudian masukkan nilai offset/angle yang baru untuk constraint tersebut pada bagian terbawah dari browser panel dan tekan ENTER.
- Menggunakan edit dimension dialog box: pada browser panel klik kanan constraint yang akan dirubah nilainya, dan klik modified pada shortcut menu. Pada edit dimension dialog box masukkan nilai offset/angle yang baru untuk constraint tersebut, dan tekan ENTER atau klik checkmark.

