



DIREKTORAT PEMBINAAN SMK
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN REPUBLIK INDONESIA
JERMAN
2016

COMPUTER AIDED MANUFACTURING (CAM)

MODUL PEMBELAJARAN TEKNIK PEMESINAN



MODUL PEMBELAJARAN TEKNIK PEMESINAN COMPUTER AIDED MANUFACTURING (CAM)



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Tahun 2017

MODUL PEMBELAJARAN TEKNIK PEMESINAN COMPUTER AIDED MANUFACTURING (CAM)

Copyright © 2016, Direktorat Pembinaan SMK

All rights Reserved

Pengarah :

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

Direktur Pembinaan SMK

Penanggung Jawab:

Arie Wibowo Khurniawan, S.Si, M.Ak

Kasubdit Program dan Evaluasi Direktorat Pembinaan SMK

Ketua Tim:

Chrismi Widjajanti, SE, MBA

Kasi Program, Subdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Tim Penyusun:

Daman Huri (SMKN 1 Padang)

Jusak Kembie, S.Pd. (SMKN 2 Manado)

Agung Widystara, S.Pd., M.Pd. (SMKN 1 Purworejo)

Ato Suryato, S.T. (SMKS Muh. Kandanghaur)

Nashruddin Helmy, S.T. (SMKS Wisuda Karya Kudus)

Anwar Muhamin (SMKN 3 Mataram)

Mariati, S.Pd., M.Pd. (SMKN 3 Salatiga)

Zulham, S.T. (SMKN 2 Banda Aceh)

Urip Setiawan, S.Pd., M.Pd. (SMKN 1 Madiun)

Rohman, S.Pd. (SMKS Islam 1 Kota Blitar)

Tri Yuwono, S.Pd., T., M.Pd. (SMKN 2 Tarakan)

Nono Cahyono, S.Pd. (SMKN 2 Pangkal Pinang)

Adi Susanto, S.T. (SMK Muh. 2 Metro Lampung)

Budi Trisnowo, S.Pd. (SMKN 26 Jakarta)

Bukhari, S.Pd. (SMKS Taruna Persada Dumai)

Editor:

Imam Fatchurozzi

Pipin Dwi Nugraheni, SE

Tri Haryani. S.Pd

Desain dan Tata Letak:

Karin Faizah Tauristy S.Ds dan Ari

ISBN 978-602-60729-1-7



Penerbit:

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Komplek Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan,

Gedung E, Lantai 13

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270

KATA PENGANTAR

Bahan ajar berbentuk modul merupakan salah satu referensi yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran pada program keahlian Teknik Pemesinan. Sebagaimana diketahui, ketersediaan bahan ajar untuk setiap mata pelajaran di program keahlian teknik pemesinan sangat terbatas, sehingga selama ini guru diharapkan dapat berinovasi untuk memenuhi ketersediaan bahan ajar.

Mata pelajaran Teknik Pemesinan *Computer Aided Manufacturing (CAM)* merupakan salah satu mata pelajaran yang ditetapkan dalam struktur kurikulum 2013 untuk program keahlian Teknik Pemesinan. Penyelenggaraan mata pelajaran Teknik Pemesinan CAM dapat berjalan optimal jika didukung dengan sarana dan prasarana yang sesuai dan memadai, terutama ketersediaan program lunak (*software*) dan sarana-prasarana untuk menjalankan *software*. Saat mata pelajaran tersebut dimunculkan dalam struktur kurikulum, belum ada keseragaman penggunaan *software* sarana dan prasarana pendukung yang ditetapkan oleh Pusat Buku dan Kurikulum sebagai lembaga yang berwenang dalam menetapkan standar kurikulum.

Modul ini disusun berdasarkan kebutuhan standar yang dapat dipenuhi oleh semua SMK penyelenggara program keahlian Teknik Pemesinan di Indonesia, baik dalam menyediakan *software* maupun menyediakan sarana dan prasarana. Penyusunan modul berangkat dari pengalaman penulis dalam menemui kendala dalam menelaah modul-modul sejenis yang tersedia. Oleh karena itu, modul ini disusun untuk menyediakan informasi dasar yang dibutuhkan agar dapat dipahami oleh siswa dan guru secara mudah, terkait dengan penguasaan materi CAM.

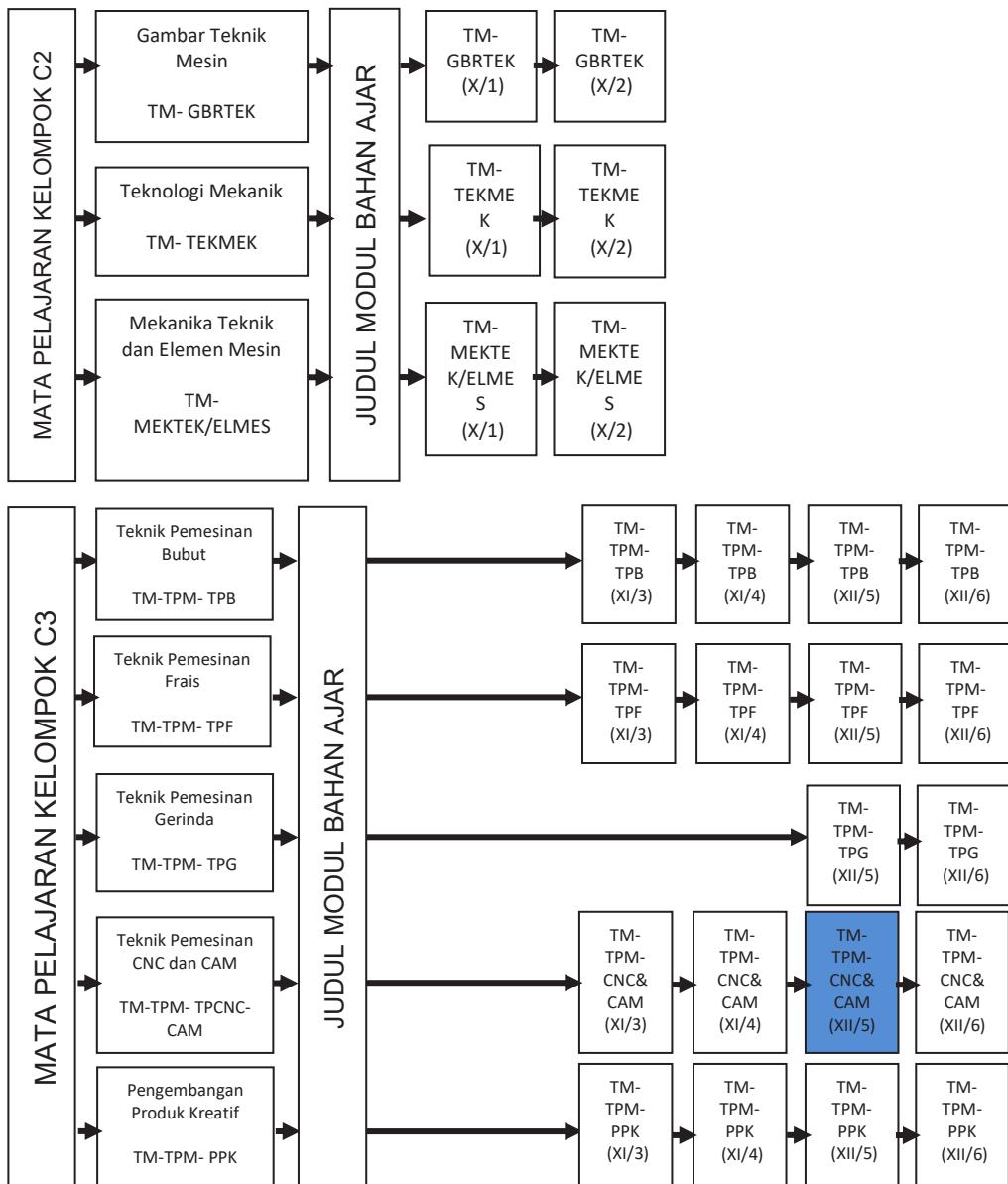
Terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu terbitnya modul ini. Disadari sepenuhnya bahwa meskipun buku ini disusun dengan cermat dan dengan mempertimbangkan berbagai hal, namun diyakini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, diharapkan masukan yang mendukung guna menyempurnakan isi dan kegunaan modul ini. Semoga buku ini bermanfaat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya..

Jakarta, Desember 2016

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA
NIP. 19580652 198503 1 003

PETA KEDUDUKAN MODUL

Program Keahlian : Teknik Mesin
 Paket Keahlian : Teknik Pemesinan
 Kelas / Semester : XII / 5



DAFTAR ISI

Halaman Judul Dalam	iii
Kata Pengantar	v
Peta Kedudukan Modul	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar	ix
Glosarium	xii
Kegiatan Belajar 1	
Menu-menu Mastercam	1
A. Tujuan Pembelajaran.....	2
B. Uraian Materi	2
C. Rangkuman	13
D. Tugas	14
E. Evaluasi	14
1. Evaluasi Pengetahuan	14
2. Evaluasi Keterampilan	16
Kegiatan Belajar 2	
Teknik Pemograman Facing dengan Mastercam	19
A. Tujuan Pembelajaran.....	20
B. Uraian Materi	21
C. Rangkuman	45
D. Tugas	45
E. Evaluasi	46
1. Evaluasi Pengetahuan	46
2. Evaluasi Keterampilan	47
Kegiatan Belajar 3	
Teknik Pemograman Kontur dengan Mastercam	51
A. Tujuan Pembelajaran	52
B. Uraian Materi	52
C. Rangkuman	74
D. Tugas	75

E. Evaluasi	76
1. Evaluasi Pengetahuan	76
2. Evaluasi Keterampilan	77
 Kegiatan Belajar 4	
Teknik Pemograman Pocket dengan Mastercam	81
A. Tujuan Pembelajaran	82
B. Uraian Materi.....	82
C. Rangkuman	98
D. Tugas	98
E. Evaluasi	102
1. Evaluasi Pengetahuan	102
2. Evaluasi Keterampilan	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Ikon Mastercam pada layar monitor/desktop	2
Gambar 2	Tampilan program Mastercam pada layar monitor komputer.....	3
Gambar 3	Menu File pada Mastercam	3
Gambar 4	Menu Undo dan Redo pada Mastercam	4
Gambar 5	Menu View Manipulation pada Mastercam	4
Gambar 6	Menu Graphic View pada Mastercam	5
Gambar 7	Menu pilihan tampilan objek 3 dimensi pada Mastercam	6
Gambar 8	Menu Delete dan Undelete pada Mastercam	6
Gambar 9	Menu Analyze pada Mastercam.....	7
Gambar 10	Menu Sketcher pada Mastercam	7
Gambar 11	Menu Trim/Break/Extend pada Mastercam	9
Gambar 12	Menu Xform pada Mastercam	10
Gambar 13	Menu Dimension pada Mastercam	11
Gambar 14	Menu Surface pada Mastercam	11
Gambar 15	Menu modifikasi objek 3 dimensi pada Mastercam	12
Gambar 16	Mengatur satuan millimeter	20
Gambar 17	Tampilan sumbu X dan sumbu Y	21
Gambar 18	Pilihan pandangan 3 D	22
Gambar 19	Membuat garis mendatar 100 mm sudut 0 derajat	23
Gambar 20	Membuat garis mendatar 100 mm sudut 90 derajat.....	23
Gambar 21	Membuat garis mendatar 100 mm sudut 180 derajat.....	24
Gambar 22	Membuat garis mendatar 100 mm sudut 270 derajat.....	24
Gambar 23	Gambar permukaan kubus ukuran 100 mm x 100 mm yang terbentuk	24
Gambar 24	Gambar permukaan kubus ukuran 100 mm x 100 mm yang terbentuk dengan perintah Rectangle	25
Gambar 25	Gambar permukaan kubus ukuran 100 mm x 100 mm yang terbentuk dengan perintah Rectangle Shape.....	26
Gambar 26	Memilih jenis pemesinan Mill	27
Gambar 27	Kotak dialog Operation Manager pada dari Machine Type.....	27
Gambar 28	Tampilan sub-sub menu Properties – Mill Default MM	28
Gambar 29	Tampilan kotak dialog Manager Group Properties.....	28
Gambar 30	Tampilan objek dalam Wire frame	29
Gambar 31	Tampilan objek dalam Solid	29

Gambar 32 Mengisi langsung ukuran benda pada sumbu X, sumbu Y, sumbu Z, dan ukuran In view coordinates	30
Gambar 33 Menggunakan menu Select corners	31
Gambar 34 Tampilan objek dalam 3D setelah ditentukan ukuran dalam sumbu X, sumbu Y, sumbu Z, dan In view coordinates.....	31
Gambar 35 Tampilan Menu Toolpaths >> Face.....	32
Gambar 36 Tampilan menu Chaning.....	33
Gambar 37 Tampilan benda setelah dilakukan Chaining	34
Gambar 38 Tampilan kotak dialog 2D Toolpaths – Facing.....	34
Gambar 39 Jenis-jenis pahat. Untuk proses facing, dianjurkan memilih pahat 50 Face Mill	35
Gambar 40 Jenis pahat 50 Face Mill yang sudah ditentukan	35
Gambar 41 Tampilan menu Define Tool – Machine Group -1.....	36
Gambar 42 Penentuan diameter 40 dan holder diameter 20	37
Gambar 43 Parameter-parameter Tool	37
Gambar 44 Tampilan menu Cut Parameter	38
Gambar 45 Tampilan sub menu Depth Cuts	38
Gambar 46 Tampilan menu Linking Parameter	39
Gambar 47 Tampilan alur pergerakan pahat proses <i>facing</i>	40
Gambar 48 Tampilan kotak dialog Veirfy	41
Gambar 49 Tampilan simulasi proses <i>facing</i>	42
Gambar 50 Tampilan menu Toolpath Group yang aktif	43
Gambar 51 Tampilan kotak dialog Save As	44
Gambar 52 Gambar benda kerja kontur alur dan chamfer	52
Gambar 53 Gambar sisi atas benda kerja kontur alur dan chamfer	53
Gambar 54 Langkah membuat sisi atas kontur alur dan chamfer.....	54
Gambar 55 Menggambar kontur alur dengan offset	55
Gambar 56 Membuat alur-alur dengan menggunakan offset	57
Gambar 57 Gambar alur <i>chamfer</i>	57
Gambar 58 Tampilan menu <i>Chamfer</i>	58
Gambar 59 Tampilan <i>Chamfer</i> $4 \times 45^\circ$ dengan menu No Trim	59
Gambar 60 Tampilan Chamfer $4 \times 45^\circ$ dengan menu Trim.....	60
Gambar 61 Kontur chamfer $5 \times 45^\circ$ dengan menu Trim.....	61
Gambar 62 Menu menggambar fillet R4 dengan menu Trim	61
Gambar 63 Kontur alur dengan fillet R4	62
Gambar 64 Menu Toolpaths dan Contour.....	63

Gambar 65 Memberi nama file T-Latihan Kontur alur dan chamfer	63
Gambar 66 Kontur alur hasil Chaining.....	63
Gambar 67 Pemilihan pahat FLAT ENDMILL diameter 12 melalui sub menu Select Library	64
Gambar 68 Tampilan penentuan parameter sub menu Cut Parameters.....	64
Gambar 69 Tampilan penentuan parameter sub menu Depth Cuts	65
Gambar 70 Tampilan penentuan parameter Lead In/Out	66
Gambar 71 Tampilan penentuan parameter Linking Parameters.....	66
Gambar 72 Tampilan sub menu 2-Contour.....	67
Gambar 73 Pemilihan Tools melalui Select Library untuk proses chamfer.....	67
Gambar 74 Pengaturan Cut Parameters untuk Contour type pada alur chamfer	68
Gambar 75 Tampilan gambar kontur alur dan chamfer dalam Mastercam	69
Gambar 76 Tampilan kontur-kontur dalam Toolpath untuk operasi kontur alur dan chamfer..	70
Gambar 77 Semua kontur pada Toolpath Group-1 terlihat aktif	70
Gambar 78 Tampilan simulasi kontur alur dan chamfer	71
Gambar 79 Benda kerja program pocket	83
Gambar 80 Rancangan pocket 12 mm x 60 mm	84
Gambar 81 Pocket ukuran 12 mmx 60 mm yang terbentuk	84
Gambar 82 Rancangan gambar pocket segi enam	85
Gambar 83 Menu menggambar segi enam beraturan.....	86
Gambar 84 Pocket segi enam yang terbentuk.....	86
Gambar 85 Radius 5 mm pada segi enam	87
Gambar 86 Memberi nama file Latihan Pocket	88
Gambar 87 Kontur pocket hasil Chaining.....	88
Gambar 88 Tampilan menu 2D Tollpaths-Pocket.....	89
Gambar 89 Pemilihan pahat FLAT ENDMILL diameter 4 mm melalui sub menu Select Library	90
Gambar 90 Menu Cut Parameter program pocket	91
Gambar 91 Tampilan penentuan sub menu Roughing dengan Cutting method Zigzag	91
Gambar 92 Tampilan sub menu 2-Pocket.....	92
Gambar 93 Mengatur aktif semua kontur pada Toolpath Group-1	93
Gambar 94 Tampilan simulasi pocket	94

GLOSARIUM

A	
Absolute (coordinates, dimensioning, positioning)	Sebuah lintasan pahat atau geometri yang terletak pada satu bidang. Secara umum bergerak pada sumbu X- dan sumbu-Y
C	
chain	Memilih satu atau dua kurva (garis, busur, dan <i>splines</i>) yang mempunyai kaitan pada ujungnya dan seringnya adalah batas bentuk; mungkin terbuka atau tertutup. Busur dan titik dapat dikaitkan.
chamfer	Bentuk garis lurus dari benda kerja/bagian benda kerja dengan kemiringan tertentu dan/atau jarak tertentu
contour	Gambaran lintasan dua atau tiga sumbu. Dapat pula metode untuk menganalisa pilihan batasan atau simulasi hasil lintasan alat potong.
D	
depth cuts	Pemotongan arah sumbu Z saat alat potong membuat kontur, kolam, atau permukaan untuk mencapai dasar permukaan.
E	
entity	Entitas yaitu suatu rancangan bangunan bentuk. Terdapat banyak entitas geometri (mengenai data titik, garis, busur, <i>spline</i> , kurva permukaan, permukaan, solid) dan entitas gambar (garis utama, dimensi, label, catatan).
F	
facing	Lintasan pahat yang digunakan untuk membuat permukaan datar pada bagian ujung. Sering digunakan untuk pengukuran.
feed rate	Kecepatan alat potong pada arah gerakan pemotongan; biasanya dinyatakan dalam inci per menit atau milimeter per putaran.
fillet	Sebuah kurva geometri tangensial terhadap dua kurva non-tangensial; bentuk bulat didalam atau sudut luar.
G	
G code	Secara umum, sebuah program NC; khususnya, kode yang mendefinisikan bagian koordinat program.
H	
holder	Peralatan yang digunakan untuk memegang atau menyisipkan alat potong. Pemegang ini dipasang langsung ke mesin (mesin kecil), ke dalam <i>turret</i> (bubut), atau <i>magazine</i> (machining center).
I	
Icon	Simbol yang digunakan untuk menyederhanakan akses ke program atau fungsi; kadang-kadang disebut juga tombol.
incremental (coordinates, dimensioning, positioning)	Pengukuran dengan berpatokan dari titik sebelumnya
L	
linking parameter	berkaitan dengan pengaturan pada saat proses penyataan pahat terhadap benda kerja

M	
M Code	Secara umum, sebuah program NC; khususnya, kode yang mendefinisikan bagian gerakan perangkat-perangkat mesin seperti pahat dan spindle
menu	Sekumpulan perintah dalam sebuah program lunak, dipergunakan untuk menjalankan program lunak
O	
offset	Untuk menggantikan suatu entitas atau rantai yang berjarak tegak lurus terhadap arah relatif bidang konstruksi. Dalam kurva, perpindahan adalah vektor arah tegak lurus terhadap setiap lokasi pada kurva.
P	
parameter	Hal-hal yang menjadi karakteristik/ciri khas dari suatu perintah atau menu yang dijadikan sebagai ukuran
polygon	Ketidakteraturan, suatu bentuk yang ditutup dengan tiga atau lebih banyak sisi tegak.
S	
select library	Bagian menu dari Tool untuk pemilihan alat potong
Solid	Tampilan dari benda kerja berbentuk menyerupai benda sebenarnya
T	
tool	Berkaitan dengan pengaturan alat potong
tool library	Berisi informasi mengenai alat potong mesin milling dan bubut seperti kecepatan spindle, diameter pahat, dsb.
toolpath	Basis data pergerakan pahat yang digunakan untuk memotong benda kerja.
W	
window	Salah satu menu untuk memilih dari sebuah benda kerja berdasarkan pada pilihan entitas yang diinginkan.
wireframe	Objek tiga dimensi yang terdiri dari beberapa garis yang dihubungkan untuk membuat sebuah model; Sekumpulan batas bidang dan profil permukaan yang menghasilkan surface.
X	
X axis	Sumbu relatif horizontal terhadap origin; kearah kanan origin adalah positif; kearah kiri origin adalah negatif.
Y	
Y axis	Sumbu relatif vertikal terhadap origin; kearah atas origin adalah positif; kearah bawah origin adalah negatif.
Z	
Z axis	Sumbu tegak menyatakan ruang/ketebalan benda kerja

1

Menu-menu Mastercam

Kegiatan Belajar 1

Menu-menu Mastercam

A. Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan menu-menu dalam Mastercam
2. Menerapkan pemahaman menu-menu dalam Mastercam

B. Uraian Materi

1. Pendahuluan

Mastercam merupakan salah satu perangkat lunak (*software*) yang dikembangkan oleh sebuah perusahaan bernama **CNC Software Inc.** di Massachusetts, Amerika Serikat pada tahun 1983. **CNC Software Inc** sendiri adalah perusahaan pertama yang mengembangkan *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing* (CAD/CAM) yang dapat dioperasikan menggunakan Personal Computer (PC). CAD merupakan perangkat lunak yang dipergunakan untuk mendesain sebuah produk, sedangkan CAM merupakan perangkat lunak untuk membantu proses manufaktur yang akan dikerjakan oleh mesin. Mastercam merupakan *software* pertama yang memperkenalkan kombinasi proses desain dan proses manufaktur terhadap sebuah produk. Awal produk utama dari Mastercam adalah sistem CAM 2 dimensi (2D CAM) dengan dilengkapi peralatan-peralatan virtual untuk mendesain sebuah komponen yang dapat divisualisasikan proses produksinya melalui layar monitor. Proses visualisasi ini selanjutnya dapat membantu proses manufaktur komponen dengan menggunakan mesin *Computer Numerically Controlled* (CNC). Sejalan dengan pengembangan produk software CAD/CAM, pengguna Mastercam di seluruh dunia semakin berkembang yang menjadikannya sebagai *software* yang direkomendasikan untuk dipergunakan dalam proses desain dan manufaktur produk berbasis komputer.

Salah satu mata pembelajaran paket keahlian Teknik Pemesinan dalam struktur kurikulum 2013 adalah Teknik Pemesinan CAM. Tujuan pembelajaran dari mata pelajaran ini adalah melatih siswa agar dapat menguasai konsep dan mengembangkan keterampilan dalam bidang CAM. Penyelenggaraan mata pelajaran Teknik Pemesinan CAM tidak akan terlepas dari penggunaan *software* CAM agar tujuan pembelajaran dapat tercapai. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan karakteristik yang dimiliki Mastercam, maka sangat memungkinkan *software* ini untuk direkomendasikan guna dipergunakan dalam mendukung pelaksanaan pembelajaran Teknik Pemesinan CAM.

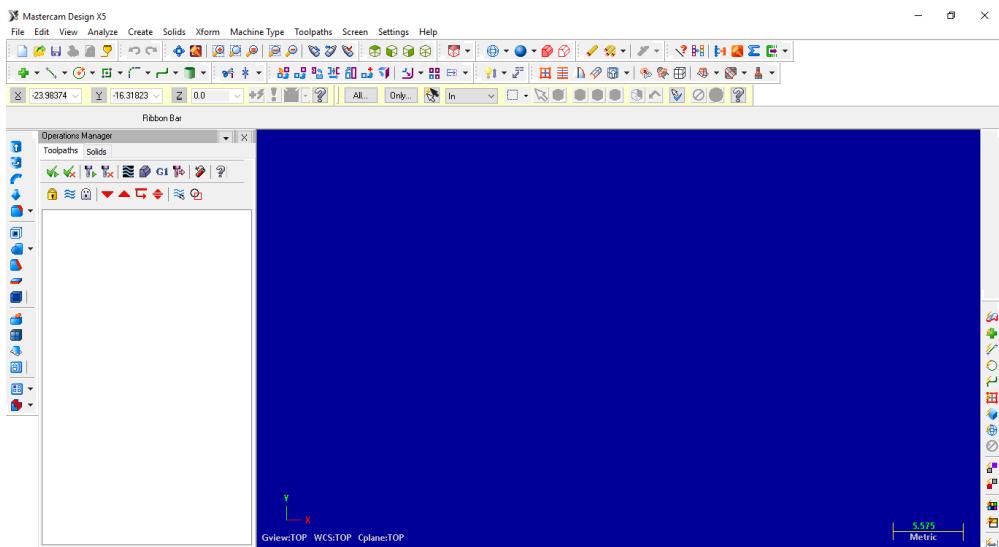
2. Menu-menu dalam Mastercam

a. Ikon Mastercam terinstall dalam program Windows



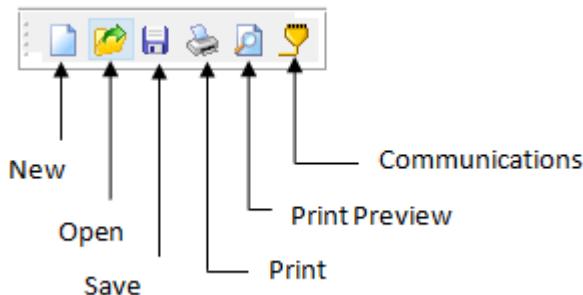
Gambar 1. Ikon Mastercam pada layar monitor/desktop

b. Tampilan layar Mastercam terinstall dalam program Windows



Gambar 2. Tampilan program Mastercam pada layar monitor komputer

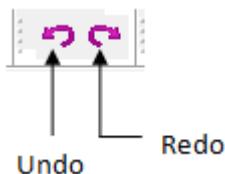
c. Menu File



Gambar 3. Menu File pada Mastercam

- | | |
|----------------|---|
| New | : Menu untuk membuat file Mastercam baru |
| Open | : Menu untuk membuka file Mastercam yang sudah ada |
| Save | : Menu untuk menyimpan file yang sedang dibuat |
| Print | : Menu untuk mencetak file ke printer |
| Print Preview | : Menu untuk memperlihatkan file sebelum dicetak |
| Communications | : Menu untuk menghubungkan file dengan perangkat lain |

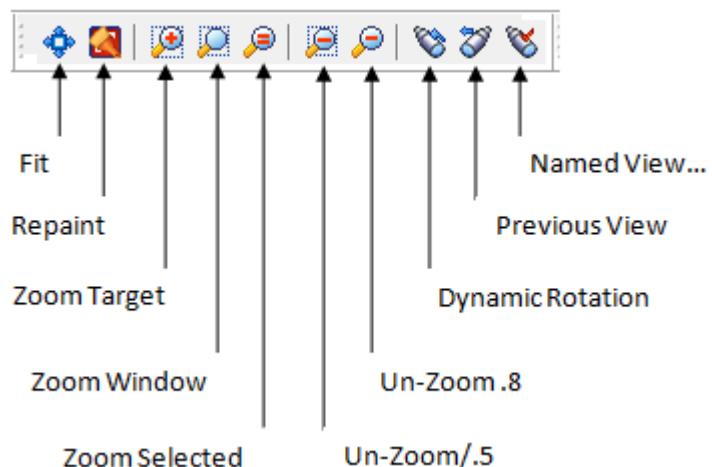
d. Menu Undo dan Redo



Gambar 4. Menu Undo dan Redo pada Mastercam

- | | |
|------|--|
| Undo | : Menu untuk membatalkan perintah-perintah yang sudah dilaksanakan |
| Redo | : Menu untuk membatalkan perintah Undo (mengembalikan perintah-perintah yang dibatalkan) |

e. Menu View Manipulation

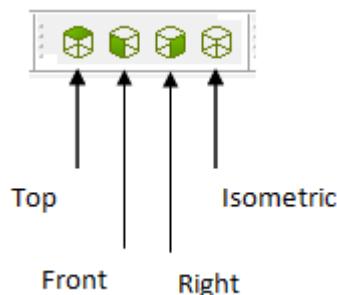


Gambar 5. Menu View Manipulation pada Mastercam

- | | |
|-------------|---|
| Fit | : Menu untuk menampilkan semua geometri yang aktif disesuaikan dengan tampilan layar. Perintah ini juga bisa menggunakan kombinasi tombol Alt + F1 dengan cara ditekan bersama. |
| Repaint | : Menu untuk membersihkan layar, atau menekan F3 |
| Zoom Target | : Menu untuk memperbesar bagian objek tertentu berdasarkan bagian yang diseleksi oleh mouse dengan acuan titik tengah dari bagian yang ditentukan oleh mouse pertama kali. |

- Zoom Window : Menu untuk menampilkan objek berdasarkan bagian yang diseleksi dengan dikontrol menggunakan mouse.
- Zoom Selected : Menu untuk menampilkan objek tanpa dikontrol oleh mouse
- Un-Zoom/.5 : Menu untuk memperkecil objek dengan ukuran setengah (0.5) dari ukuran objek sebelumnya
- Un-Zoom .8 : Menu untuk memperkecil objek dengan ukuran 0.8 dari ukuran objek sebelumnya
- Dynamic Rotation : Menu untuk merotasi objek secara dinamis
- Previous View : Menu untuk memperlihatkan objek berdasarkan tampilan sebelumnya
- Named View... : Menu untuk memperlihatkan objek dengan mendefinisikan terlebih dahulu tampilan yang dikehendaki

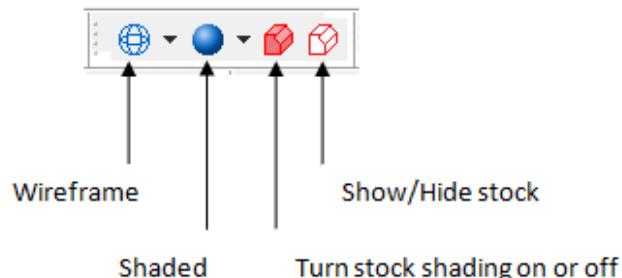
f. Menu Graphic View



Gambar 6. Menu Graphic View pada Mastercam

- Top : Menu untuk menampilkan pandangan atas objek
- Front : Menu untuk menampilkan pandangan depan objek
- Right : Menu untuk menampilkan pandangan samping kanan objek
- Isometric : Menu untuk menampilkan pandangan isometrik objek

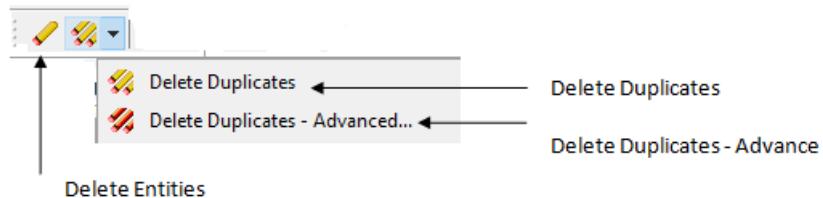
g. Menu tampilan 3 Dimensi Objek



Gambar 7. Menu pilihan tampilan objek 3 dimensi pada Mastercam

- | | | |
|------------------------------|---|--|
| Wireframe | : | Menu untuk menampilkan objek tiga dimensi dalam bentuk kisi-kisi/jaring-jaring objek |
| Shaded | : | Menu untuk menampilkan objek tiga dimensi dalam bentuk solid |
| Turn stock shading on or off | : | Menu untuk mengaktifkan atau menon-aktifkan efek bayangan objek |
| Show/Hide shading | : | Menu untuk menampilkan/menyembunyikan efek bayangan objek |

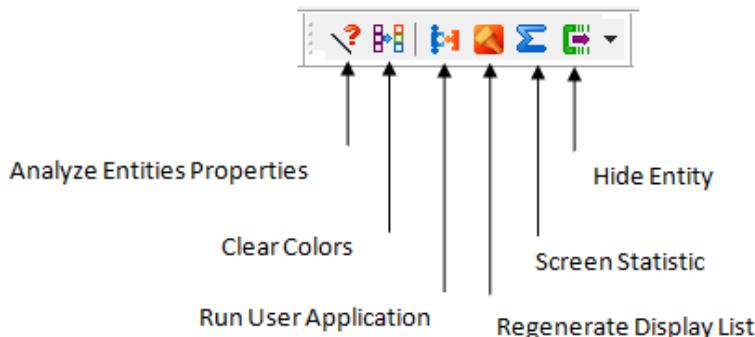
h. Menu Delete dan Undelete



Gambar 8. Menu Delete dan Undelete pada Mastercam

- | | | |
|-----------------------------|---|---|
| Delete Entities | : | Menu untuk menghapus bagian per bagian dari objek |
| Delete Duplicates | : | Menu untuk menghapus beberapa bagian dari objek dalam satu perintah |
| Delete Duplicates – Advance | : | Menu untuk menghapus beberapa bagian dari objek yang lebih kompleks dalam satu perintah |

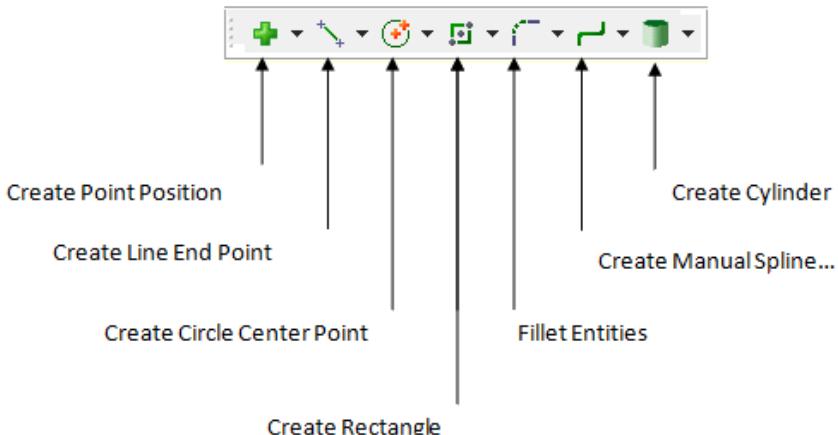
i. Menu Analyze



Gambar 9. Menu Analyze pada Mastercam

- | | | |
|-----------------------------|---|---|
| Analyze Entities Properties | : | Menu untuk menampilkan informasi-informasi terkait dengan objek yang dipilih |
| Clear Colors | : | Menu untuk menampilkan warna objek sesuai kondisi semula |
| Run User Application | : | Menu untuk menampilkan aplikasi yang sedang digunakan |
| Regenerate Display List | : | Menu untuk mengembalikan tampilan objek seperti semula |
| Screen Statistic | : | Menu untuk menampilkan bentuk-bentuk geometri dari objek yang sedang digambar |
| Hide Entity | : | Menu untuk menyembunyikan bagian-bagian dari objek |

j. Menu Sketcher



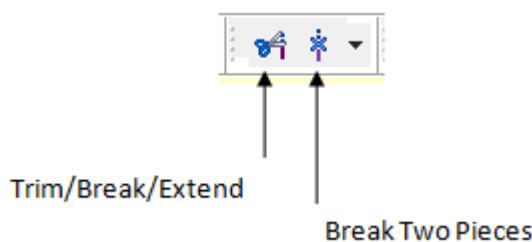
Gambar 10. Menu Sketcher pada Mastercam

- | | | |
|-----------------------|---|---|
| Create Point Position | : | Menu untuk menggambar titik (point) berdasarkan pada posisi tertentu. Menu ini dikembangkan dalam beberapa menu |
|-----------------------|---|---|

- antara lain: **Create Point Dynamics** (menggambar point secara bebas tanpa terikat posisi tertentu), **Create Point Node Point** (menggambar point berdasarkan point-point tertentu yang merupakan bagian dari objek), **Create Point Segment** (menggambar point yang merupakan bagian dari objek), **Create End Point** (menggambar point yang merupakan ujung dari objek tertentu), **Create Point Small Arc** (Menggambar point identitas dari sebuah busur)
- : Create Line End Point Menu untuk menggambar garis (Line) dengan titik tolak ujung sebuah objek. Menu ini dikembangkan dalam beberapa menu yaitu: **Create Line Closest** (menggambar garis berpangkal dari objek terdekat), **Create Line Bisect** (menggambar beberapa garis dengan membentuk sudut tertentu, seperti kaidah garis dating dan garis pantul), **Create Line Perpendicular** (menggambar garis tegak lurus terhadap garis lain), **Create Line Parallel** (menggambar garis sejajar), **Create Line Tangent through point** (menggambar garis membentuk sudut tertentu melewati objek titik yang dikehendaki)
 - : Create Circle Center Point Menu untuk menggambar lingkaran (Circle) berdasarkan titik pusat yang ditentukan. Menu ini dikembangkan menjadi beberapa menu yaitu: **Create Arc Polar** (menggambar busur berdasarkan titik pusat, titik awal, dan titik akhir secara polar (incremental)), **Create Circle Edge Point** (menggambar busur/lingkaran berdasarkan tiga titik yang ditentukan), **Create Arc Polar Endpoints** (menggambar busur berdasarkan titik awal dan titik akhir secara polar (incremental)), **Create Arc Tangent** (menggambar busur/lingkaran berdasarkan titik singgung dari busur/lingkaran)
 - : Create Rectangle Menu untuk menggambar segi empat beraturan. Menu ini dikembangkan menjadi beberapa menu yaitu: **Create Rectangle Shapes** (menggambar bujur sangkar dengan ketentuan-ketentuan yang diatur terlebih dahulu), **Create Polygon** (menggambar segi n beraturan, contoh segi 6 atau segi 8), **Create Ellipse** (menggambar elip), **Create Bounding Box** (menggambar kubus pejal), **Create Letters** (menggambar

Fillet Entities	: Menu untuk menggambar fillet, yaitu profil geometri pada sudut dari suatu objek berbentuk busur dengan radius tertentu. Menu ini dikembangkan untuk menggambar Chamfer , yaitu profil geometri pada sudut dari suatu objek berbentuk tirus dengan sudut kemiringan tertentu
Create Manual Spline	: Menu untuk menggambar garis bebas
Create Cylinder	: Menu untuk menggambar silinder, menu ini dikembangkan untuk menggambar Cone (kerucut), Block (balok), Sphere (bola), dan Torus (donat)

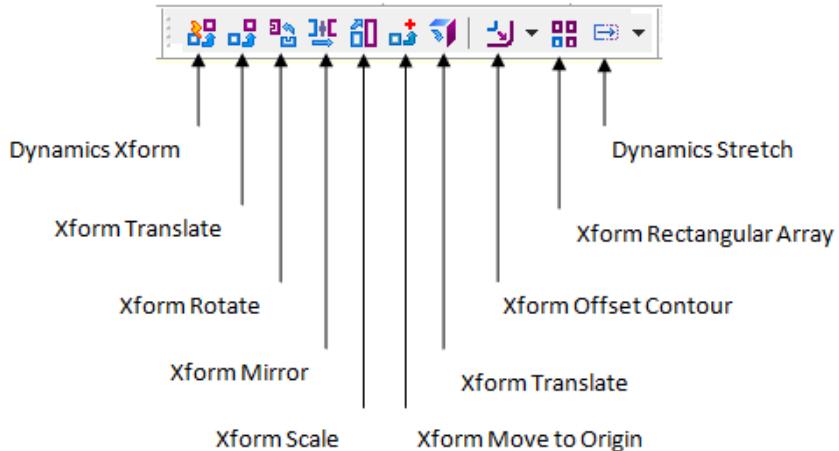
k. Menu Trim/Break/Extend



Gambar 11. Menu Trim/Break/Extend pada Mastercam

Trim	: Menu untuk memotong bagian dari suatu objek
Break	: Menu untuk membagi objek menjadi beberapa bagian
Extend	: Menu untuk memperpanjang bagian dari suatu objek
Break Two Pieces	: Menu untuk membagi objek menjadi dua bagian Pengembangan menu-menu dari Trim/Break/Extend antara lain: Trim Many (memotong lebih dari satu bagian dari sebuah objek), Joint Entities (menggabungkan beberapa bagian dari suatu objek), Close Arc (menyempurnakan busur menjadi lingkaran), Break at Intersection (memotong bagian yang saling berpotongan), Break Many Pieces (memotong lebih dari satu bagian), Break Circles (memotong lingkaran menjadi beberapa bagian).

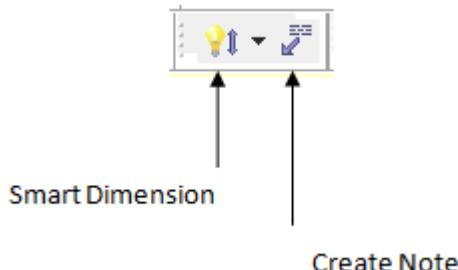
I. Menu Xform



Gambar 12. Menu Xform pada Mastercam

- | | |
|-------------------------|--|
| Dynamics Xform | : Menu untuk menggandakan (copy) atau memindahkan (move) objek berdasarkan titik koordinat tertentu |
| Xform Translate | : Menu menggandakan (copy), memindahkan (move), atau menggabungkan suatu objek berdasarkan jarak pada sumbu X, sumbu Y, sumbu Z, atau sudut tertentu |
| Xform Rotate | : Menu untuk memutar objek berdasarkan acuan titik tertentu |
| Xform Mirror | : Menu untuk menggandakan objek melalui pencerminan sumbu |
| Xform Scale | : Menu untuk memperbesar atau mengecilkan objek dengan skala tertentu |
| Xform Move to Origin | : Menu untuk memindahkan objek pada koordinat awal |
| Xform Translate 3D | : Menu untuk memindahkan bidang suatu objek secara 3 dimensi (contoh dari posisi TOP ke posisi FRONT) |
| Xform Offset Contour | : Menu untuk menggandakan objek sejajar dengan kontur dengan jarak tertentu dari objek semula |
| Xform Rectangular Array | : Menu untuk menggandakan dalam jumlah tertentu dalam arah baris dan kolom |
| Xform Stretch | : Menu untuk merenggangkan objek |

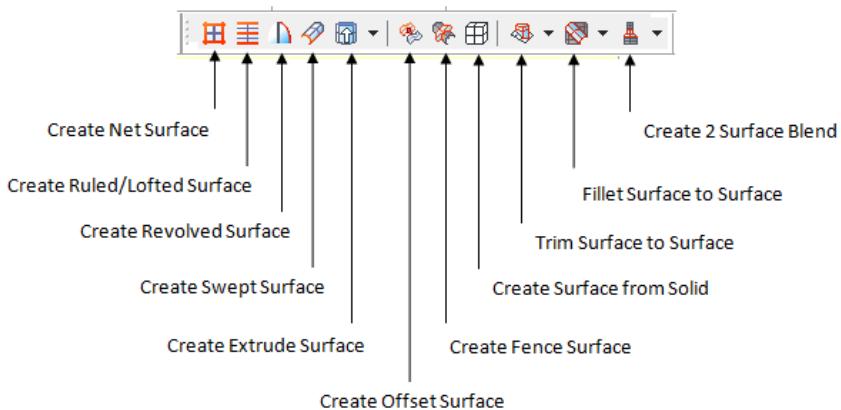
m. Menu Dimension



Gambar 13. Menu Dimension pada Mastercam

- | | |
|-----------------|--|
| Smart Dimension | : Menu untuk menambahkan ukuran pada objek. Menu ini dapat dikembangkan dalam beberapa menu antara lain: Horizontal Dimension (membuat ukuran arah horizontal), Vertical Dimension (membuat ukuran arah vertical), Parallel Dimension (membuat ukuran parallel dengan objek yang diukur), Baseline Dimension (membuat ukuran dari beberapa bidang dengan menggunakan satu titik awal), Chained Dimension (membuat ukuran berantai), Angular Dimension (membuat ukuran sudut), Circular Dimension (membuat ukuran radius/diameter), Perpendicular Dimension (membuat ukuran objek-objek yang tegak lurus), Tangent Dimension (membuat ukuran panjang suatu busur), Point Dimension (membuat ukuran suatu titik) |
| Create Note | : Menu untuk mendeskripsikan atau menambahkan informasi objek tertentu melalui teks. |

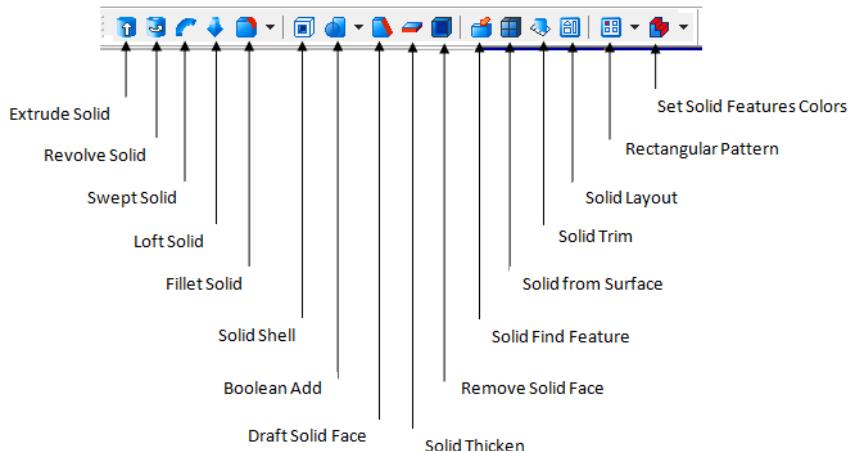
n. Menu Surface



Gambar 14. Menu Surface pada Mastercam

- | | | |
|-----------------------------|---|---|
| Create Net Surface | : | Menu untuk membentuk jaring-jaring pada permukaan objek 3 dimensi |
| Create Ruled/Lofted Surface | : | Menu untuk membentuk garis-garis pembagi permukaan pada permukaan objek 3 dimensi |
| Create Revolved Surface | : | Menu untuk membentuk pandangan putar dari permukaan objek 3 dimensi |
| Create Swept Surface | : | Menu untuk membentuk jurai-jurai pada permukaan objek 3 dimensi |
| Create Extrude Surface | : | Menu untuk menambah ketinggian permukaan objek 3 dimensi |
| Create Offset Surface | : | Menu untuk menggandakan secara paralel permukaan bidang 3 dimensi |
| Create Fence Surface | : | Menu untuk membentuk jaring-jaring berbentuk pagar pada permukaan objek 3 dimensi |
| Create Surface from Solid | : | Menu untuk membentuk permukaan baru pada objek solid |
| Trim Surface to Surface | : | Memotong antar permukaan |
| Fillet Surface to Surface | : | Membentuk geometri radius antar permukaan objek 3 dimensi |
| Create 2 Surface Blend | : | Menu untuk menggabungkan dua permukaan objek 3 dimensi |

o. Menu Modifikasi Objek 3 Dimensi



Gambar 15. Menu modifikasi objek 3 dimensi pada Mastercam

- | | | |
|---------------|---|--|
| Extrude Solid | : | Menu untuk menambah ketinggian objek 3 dimensi |
| Revolve Solid | : | Menu untuk memutar objek 3 dimensi |
| Swept Solid | : | Menu untuk membentuk jurai-jurai objek 3 dimensi |

Loft Solid	: Menu untuk membentuk garis-garis pembagi objek 3 dimensi
Fillet Solid	: Menu untuk membentuk geometri radius pada sudut objek 3 dimensi. Menu ini dapat dikembangkan dalam beberapa menu antara lain: Solid Face-Face Fillet (Fillet untuk permukaan objek 3 dimensi), Solid One-distance Chamfer (membentuk geometri miring dengan sudut tertentu pada objek 3 dimensi)
Solid Shell	: Menu membentuk lubang pada objek 3 dimensi
Boolean Solid	: Menu untuk menggabungkan beberapa objek 3 dimensi
Draft Solid Face	: Menu untuk memotong bagian dari objek 3 dimensi
Solid Thicken	: Menu untuk mengurangi ketebalan objek 3 dimensi
Remove Solid Face	: Menu untuk memindakan permukaan dari objek 3 dimensi
Solid Find Feature	: Menu untuk menentukan bentuk-bentuk dari objek 3 dimensi
Solid from Surface	: Menu untuk membentuk objek 3 dimensi dari bentuk permukaannya
Solid Trim	: Menu untuk menghilangkan segmen dari objek 3 dimensi
Solid Layout	: Menu untuk mengatur objek 3 dimensi
Rectangular Pattern	: Menu untuk menentukan bentuk-bentuk segi empat dari objek 3 dimensi
Set Solid Features Colors	: Menu untuk menentukan warna dari objek 3 dimensi

C. Rangkuman

1. Mastercam adalah perangkat lunak (*software*) yang dikembangkan oleh **CNC Software Inc.** yang dipergunakan untuk membantu proses desain (Computer Aided Design) dan proses manufaktur (Computer Aided Manufacturing) terhadap sebuah produk.
2. Menu-menu yang terdapat dalam Mastercam antara lain menu: File, Undo dan Redo, View Manipulation, Graphic View, tampilan Objek 3 Dimensi, modifikasi Delete dan Undelete, modifikasi Analyze, Sketcher, Trim/Break/Extend, Xform, modifikasi Dimension, modifikasi Surface, modifikasi Objek 3 Dimensi
3. Mastercam dapat dipergunakan dalam memprogram proses pemesinan dengan CAM
4. Mastercam dapat dioperasikan dengan menggunakan program Windows

D. Tugas

Dengan menggunakan aplikasi program Microsoft Word, Paint Brush, Snipping Tool, dan Mastercam, buatlah penjelasan melalui gambar dan keterangan berkaitan dengan menu:

1. Sketcher



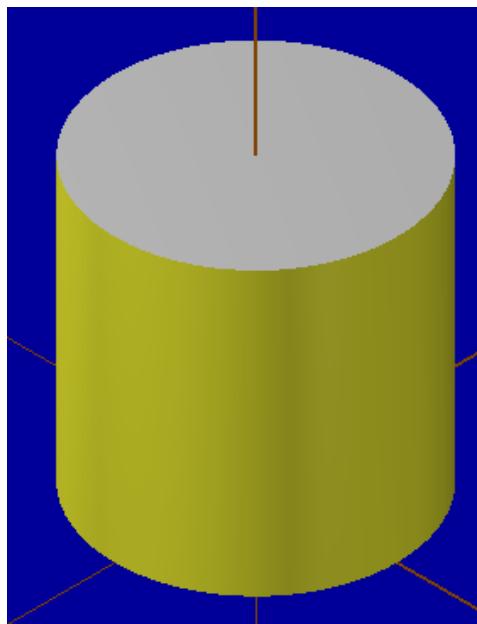
2. Dimension



E. Evaluasi

1. Pengetahuan

- 1) Gambar di bawah ini menunjukkan salah satu bentuk objek solid 3 dimensi digambar dengan menu Mastercam. Jelaskan, menu Mastercam manakah yang digunakan menggambar objek yang dimaksud.



- 2) Menu-menu apa sajakah yang dipergunakan untuk menggambar objek seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini?



- 3) Perhatikan gambar di bawah ini



a



b

Gambar a : menu Create Extrude Surface

Gambar b : menu Extrude Solid

Jelaskan perbedaan dua menu tersebut berkaitan dengan fungsinya.

Rubrik Penilaian

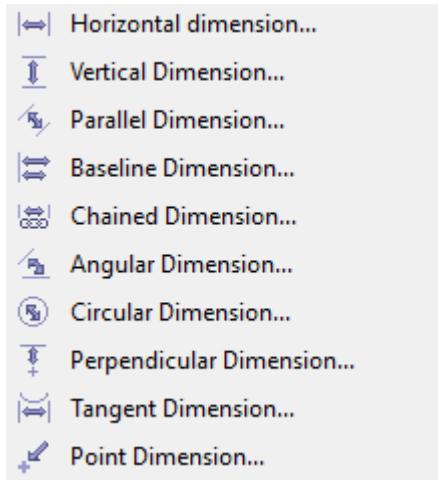
No Soal	Perkiraan Jawaban	Nilai
1)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Gambar tersebut merupakan gambar 3 dimensi berbentuk silinder. Untuk memuat silinder, maka dapat menggunakan menu Sketcher yaitu dengan memilih menu Cylinder	2
2)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Gambar tersebut adalah gambar segi empat beraturan dengan ditambahkan informasi ukuran. Untuk menggambar segi empat beraturan dapat menggunakan menu Sketcher Line atau Rectangle, sedangkan untuk memberikan informasi ukuran maka bisa menggunakan menu Dimension yaitu pada menu Smart Dimension	2
3)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Menu Create Extrude Surface digunakan untuk memodifikasi ketinggian dari permukaan benda tiga dimensi. Sedangkan menu Extrude Solid digunakan untuk memodifikasi ketinggian objek 3 dimensi.	2
Nilai Maksimal		6

$$\text{Nilai Siswa} = \frac{\text{Nilai diperoleh}}{\text{Nilai Maksimal}} \times 100$$

Nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) = 75

2. Keterampilan

- 1) Disediakan satu unit komputer beserta perlengkapannya ter-install program, MS Word, Paint Brush atau Snipping Tool, dan Mastercam under Windows untuk masing-masing siswa
- 2) Disediakan gambar kerja sebagai berikut



- 3) Setiap siswa diminta untuk menjelaskan fungsi menu-menu tersebut dengan memanfaatkan program-program komputer yang disediakan.
- 4) Waktu yang disediakan 10 menit (tidak termasuk menghidupkan komputer sampai siap dipergunakan)

Rubrik Penilaian

No	Kegiatan
1.	Membuka Program MS Word
2.	Membuka Program Paint Brush atau Snipping Tool
3.	Membuka Program Mastercam
4.	Mengembangkan menu Dimension, Smart Dimension pada program Mastercam
5.	Melakukan proses PrintScreen atau Snipping Tools pada menu Smart Dimension
6.	Mengkopi hasil PrintScreen menu Smart Dimension pada Program MS Word
7.	Menambahkan identitas-identitas keterangan pada masing-masing menu

Nilai siswa

No	Kriteria	Nilai	KKM
1.	Dikerjakan dengan prosedur tepat kurang dari 7 menit	90	75
2.	Dikerjakan dengan prosedur tepat antara 7 – 10 menit	75	
3.	Dikerjakan dengan prosedur tepat lebih dari 10 menit	70	

2

Teknik Pemograman Facing dengan Mastercam

Kegiatan Belajar 2
Teknik Pemrograman Facing Dengan Mastercam

A. Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan menggambar 2DFacing
2. Menjelaskan Setting Toolpath Facing
3. Menjelaskan G Code/M Code Facing
4. Menerapkan cara menggambar 2D Facing
5. Menerapkan Setting Toolpath Facing

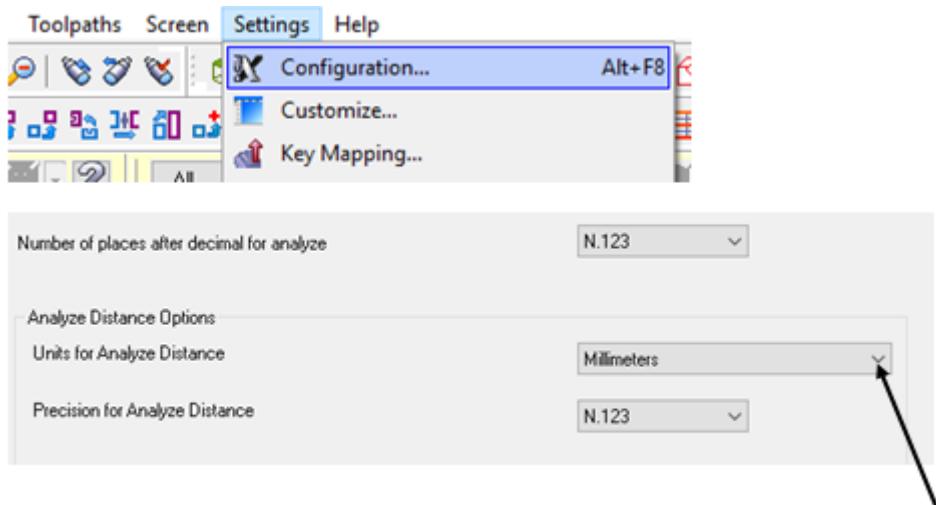
B. Uraian Materi

1. Menggambar 2DFacing

Pekerjaan *facing* adalah salah satu jenis pekerjaan pemesinan dengan tujuan untuk meratakan permukaan benda kerja.

Memulai menggambar 2D (2 dimensi) *facing* bertujuan untuk menampilkan permukaan benda kerja yang akan diratakan permukaannya dengan proses pemesinan. Menggambar 2D *facing* menggunakan program Mastercam, diawali dengan menjalankan program Mastercam untuk program Windows. Langkah-langkah menggambar 2D/3D adalah sebagai berikut:

- a. Klik ikon Mastercam untuk program Windows yang telah ter-instal di komputer
- b. Muncul tampilan program Mastercam pada layar komputer
- c. Menetapkan satuan menggambar dengan Mastercam dalam millimeter (mm) dengan memilih menu **Setting > Configuration > Unit for Analyze distance**



Gambar 16. Mengatur satuan milimeter

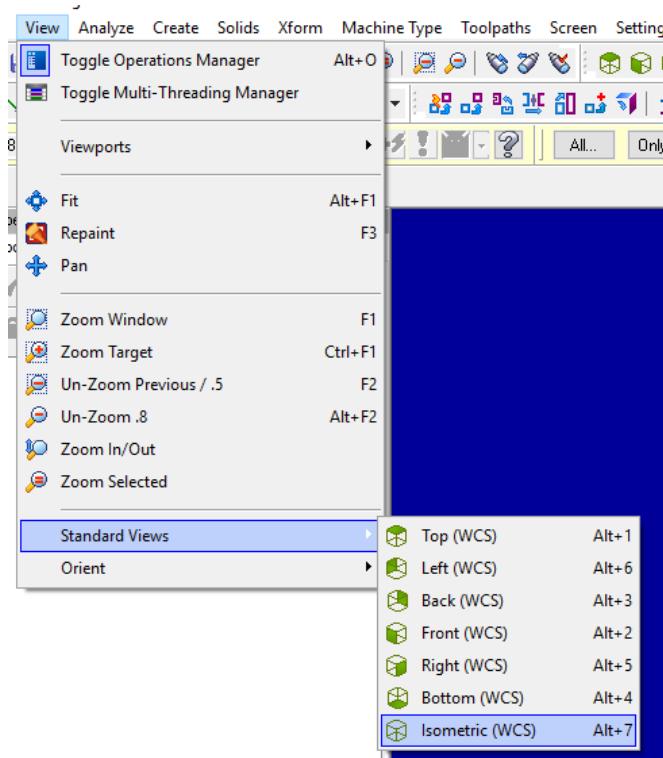
d. Menampilkan sumbu

- 1) Tekan fungsi F9 pada keyboard, maka akan muncul garis sumbu. Untuk gambar 2D, sumbu yang ditampilkan adalah sumbu X dan Y



Gambar 17. Tampilan sumbu X dan sumbu Y

Untuk mengubah ke pandangan 3D, perintahnya adalah **View >> Standard View >> Isometric (WCS)**



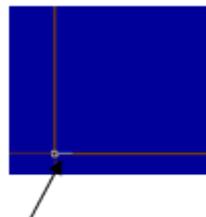
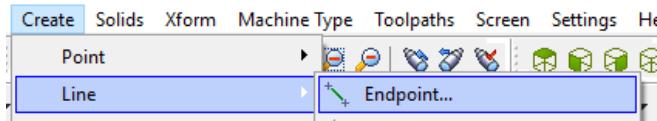
Gambar 18. Pilihan pandangan 3 D

e. Menggambar kubus beraturan.

1) Dengan perintah Line

Perintah Line digunakan untuk menggambar kubus ukuran sisi atas misalnya berukuran 100 mm x 100 mm dengan cara menggambar satu persatu rusuk-rusuknya. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

Create >> Line >> Endpoint >> klik perpotongan sumbu X dan Y >> ketik 100 sudut 0 >> ENTER



Klik pada perpotongan sumbu X dan Y



Gambar 19. Membuat garis mendatar 100 mm sudut 0 derajat

Create >> Line >> Endpoint >> klik ujung garis mendatar yang terbentuk sebelumnya >> ketik 100 sudut 90 >> ENTER

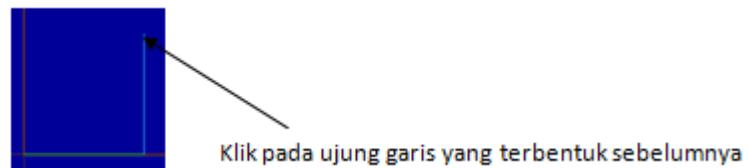


Klik pada ujung garis yang terbentuk sebelumnya



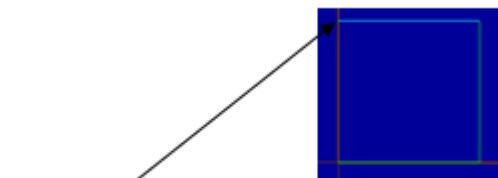
Gambar 20. Membuat garis mendatar 100 mm sudut 90 derajat

Create >> Line >> Endpoint >> klik ujung garis mendatar yang terbentuk sebelumnya >> ketik 100 sudut 180 >> ENTER

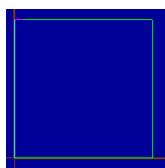


Gambar 21. Membuat garis mendatar 100 mm sudut 180 derajat

Create >> Line >> Endpoint >> klik ujung garis mendatar yang terbentuk sebelumnya >> ketik 100 sudut 270 >> ENTER



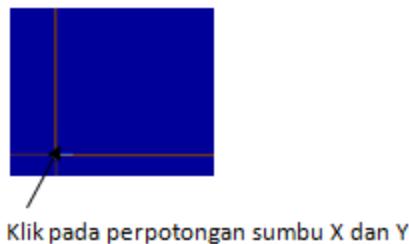
Gambar 22. Membuat garis mendatar 100 mm sudut 270 derajat



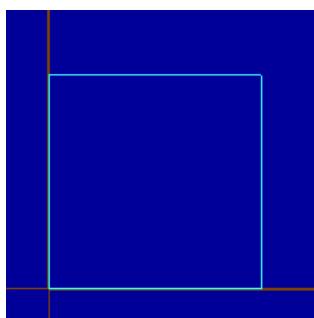
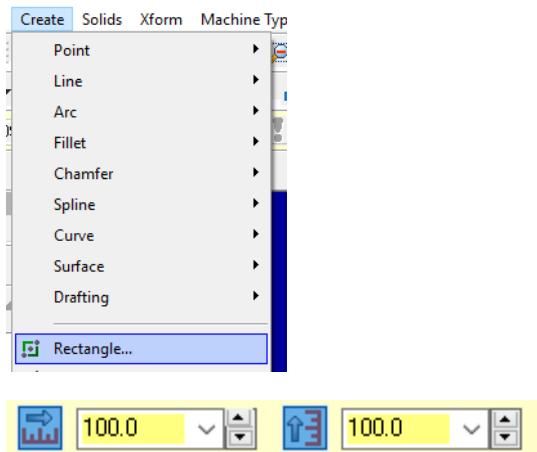
Gambar 23. Gambar permukaan kubus ukuran 100 mm x 100 mm yang terbentuk

- 2) Dengan perintah Rectangle
Perintah Rectangle digunakan untuk menggambar sisi atas kubus segi empat dengan memasukkan parameter panjang dan sisi.

Create >> Rectangle >> Klik perpotongan sumbu X dan Y >> Ketik 100 dan 100 >>ENTER



Klik pada perpotongan sumbu X dan Y

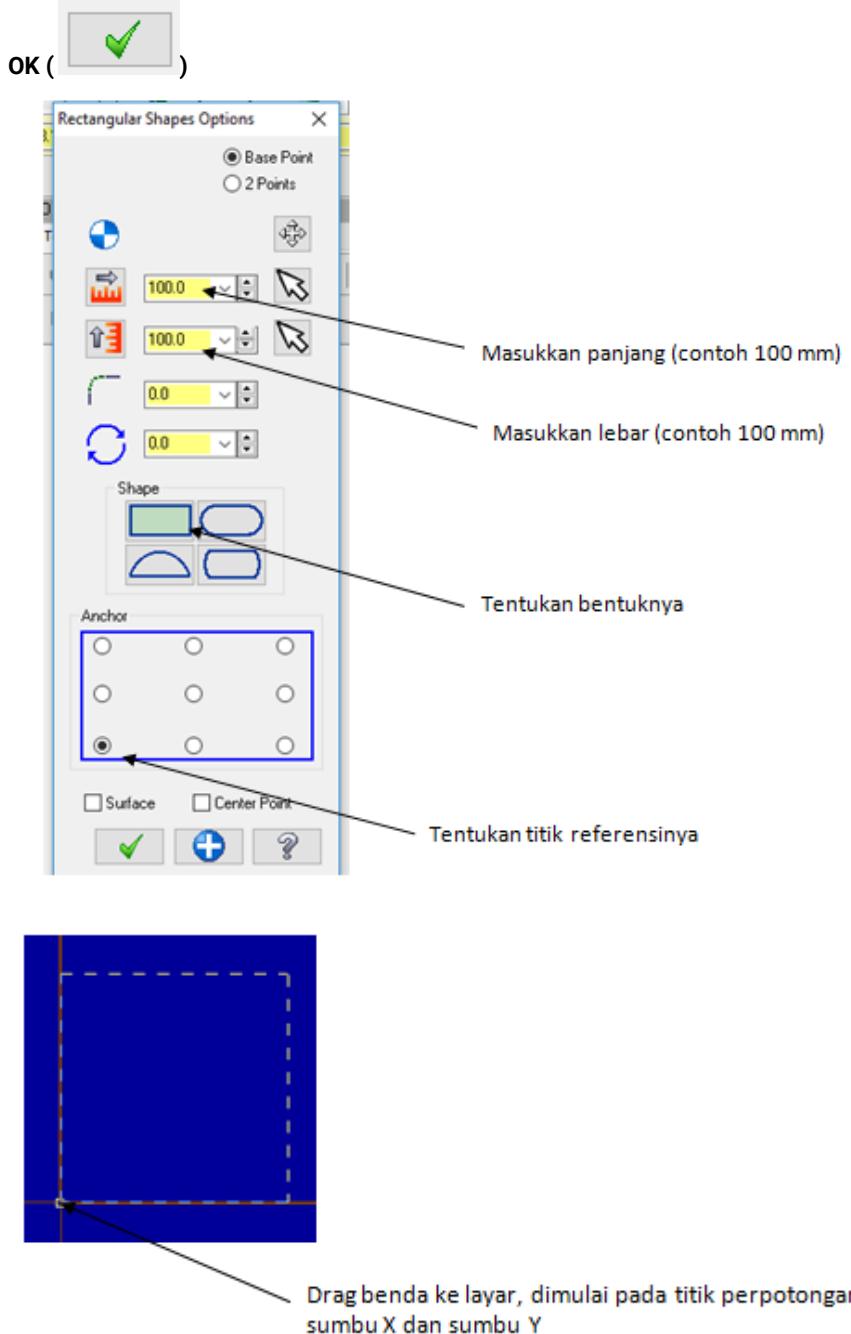


Gambar 24. Gambar permukaan kubus ukuran 100 mm x 100 mm yang terbentuk dengan perintah Rectangle

- 3) Dengan perintah Rectangular Shape
Digunakan untuk menggambar sisi kubus berbentuk segi empat dengan beberapa parameter tambahan, meliputi: penentuan bentuk rectangle dan penentuan Anchor (titik referensi).

Create >> Rectangular Shape >> ketik panjang (contoh 100 mm) >> ketik lebar (contoh 100 mm) >> tentukan bentuk >> tentukan posisi Anchor (titik referensi)

>> drag objek ke layar dengan dimulai titik perpotongan sumbu X dan Y >> klik



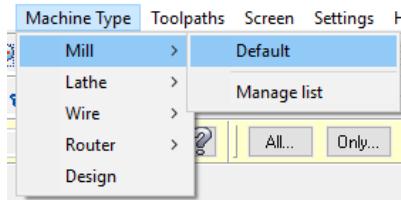
Gambar 25. Gambar permukaan kubus ukuran 100 mm x 100 mm yang terbentuk dengan perintah Rectangle Shape

2. Mengatur *Toolpath Facing*

Mengatur *toolpath* bertujuan untuk menentukan jenis pemesinan disertai dengan penentuan parameter jenis pemesinan, jenis pahat, dan penampilan proses pemesinan dilakukan. Langkah-langkah mengatur *toolpath facing* adalah sebagai berikut:

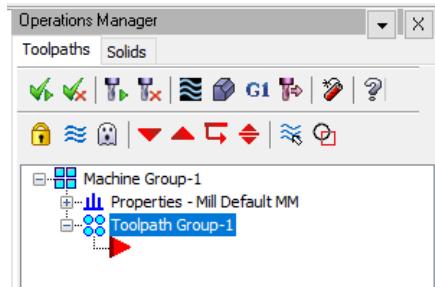
a. Menentukan proses *facing* dengan Mill

Machine Type >> Mill >> Default



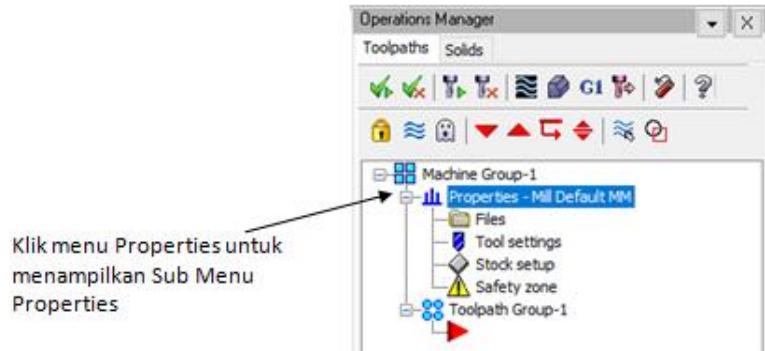
Gambar 26. Memilih jenis pemesinan Mill

Selanjutnya muncul kotak dialog **Operation Manager**. Pada kotak dialog Operation Manager terdapat dua menu utama yaitu **Toolpath** dan **Solid**. Pada menu **Toolpath** terdapat runtutan proses pemesinan yang dilakukan



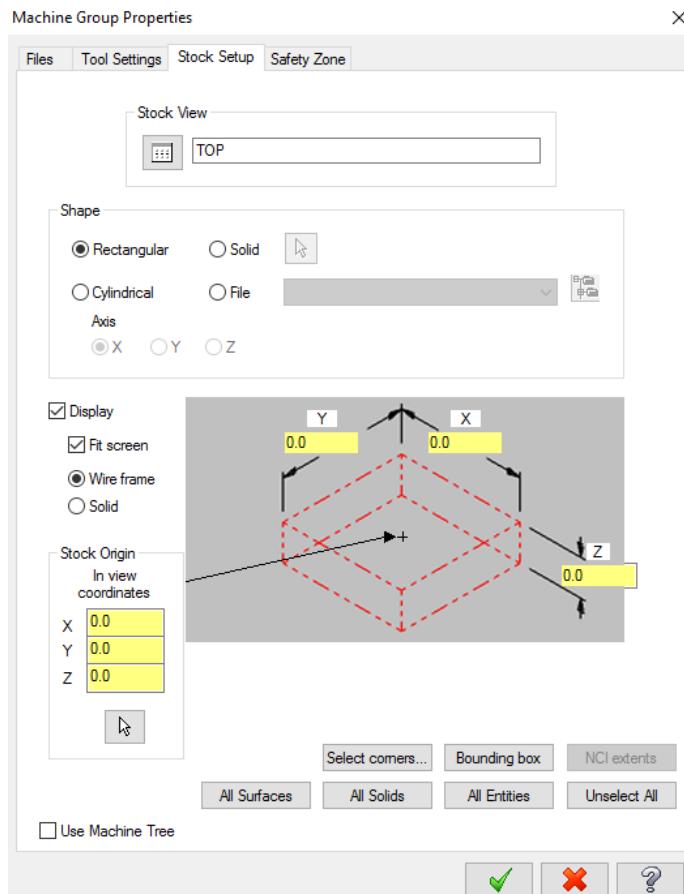
Gambar 27. Kotak dialog Operation Manager pada dari Machine Type

Pada menu **Properties – Mill Default MM**, terdapat beberapa sub menu, diantarnya adalah sub menu **Properties**.



Gambar 28. Tampilan sub-sub menu Properties – Mill Default MM

Selanjutnya klik sub menu **Stock setup** maka akan muncul kotak dialog Machine Group Properties.

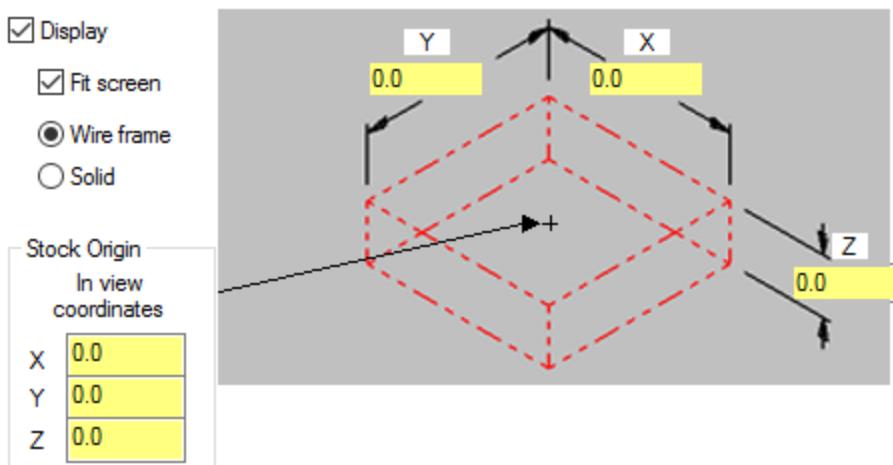


Gambar 29. Tampilan kotak dialog Manager Group Properties

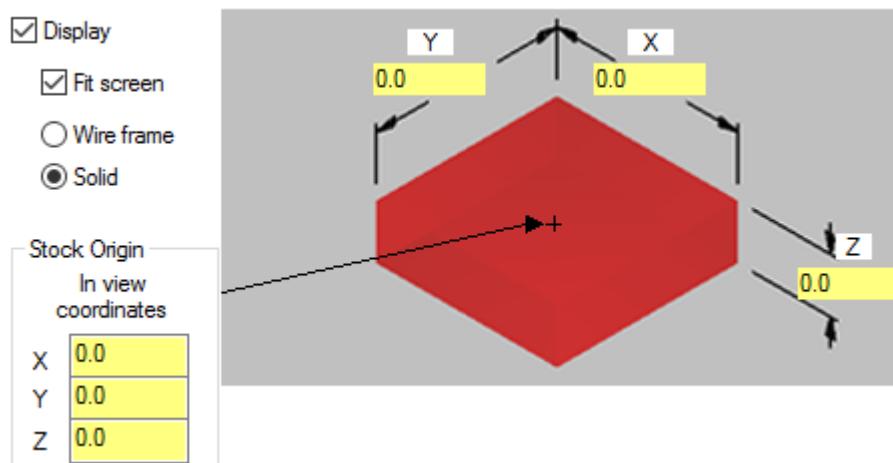
Pada kotak dialog Manager Group Properties terdapat menu-menu untuk mengatur tampilan kubus yang akan diproses pemesinan facing, meliputi:

- 1) Menentukan tampilan objek

Terdapat dua jenis tampilan objek, yaitu Wire frame dan Solid. Tampilan Wire frame adalah tampilan objek berdasarkan rusuk-rusuknya, sedangkan tampilan solid digunakan untuk menampilkan benda dalam bentuk pejal. Tampilan dalam bentuk solid dianjurkan untuk mempermudah mendapatkan gambaran bentuk objek yang dikerjakan.



Gambar 30. Tampilan objek dalam Wire frame

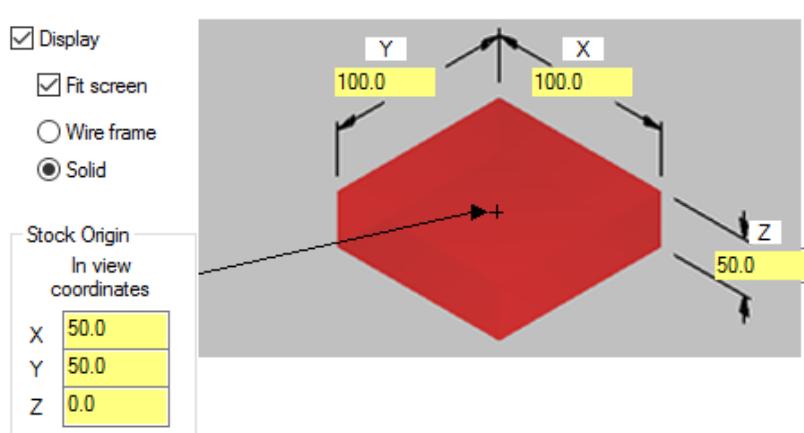


Gambar 31. Tampilan objek dalam Solid.

2) Menentukan ukuran objek

Dalam menu Display dapat dilakukan penentuan ukuran objek pada sumbu X, sumbu Y, sumbu Z, serta **In view coordinate**, yaitu koordinat titik pandang dari objek yang dibuat. In view koordinat secara umum adalah titik pusat dari objek pada sumbu X dan sumbu Y. Ada beberapa cara dalam menentukan ukuran dari objek yaitu:

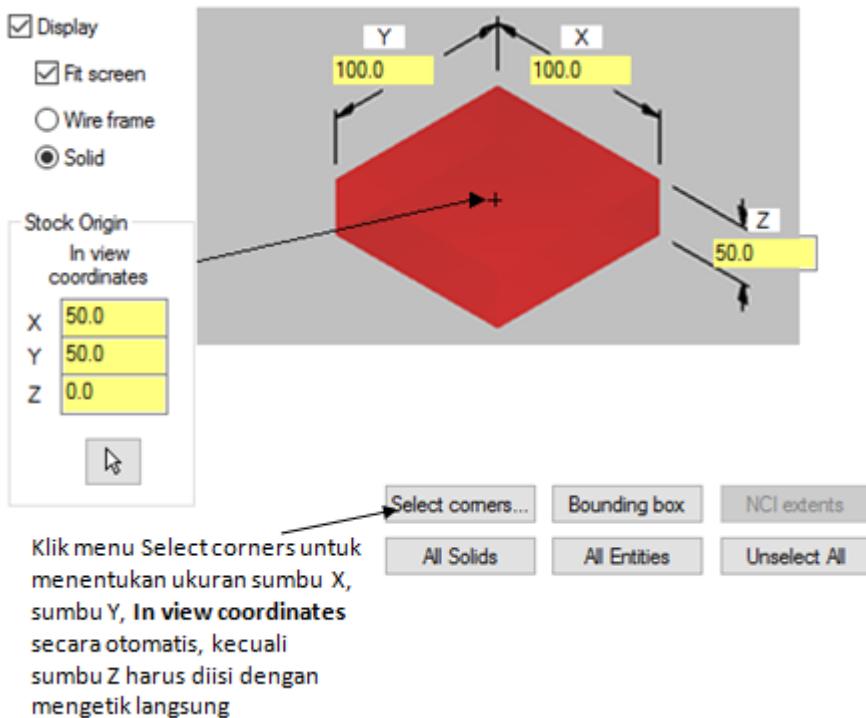
- Mengetik langsung ukuran objek pada sumbu Z, sumbu Y, dan sumbu Z serta mengetik langsung **In view coordinate** pada sumbu X dan sumbu Y dengan ketentuan setengah dari ukuran pada sumbu X dan setengah dari ukuran dari sumbu Y.



Gambar 32 Mengisi langsung ukuran benda pada sumbu X, sumbu Y, sumbu Z, dan ukuran In view coordinates

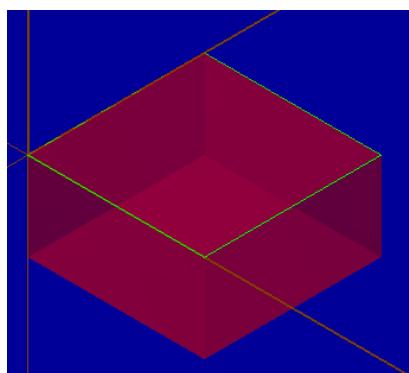
- Menggunakan menu Select corner. Langkah-langkah menggunakan Select corner adalah: **Select corner >> klik benda kerja pojok kiri bawah benda kerja, klik pojok kanan atas benda kerja.**

Menu Select corner dianjurkan untuk digunakan karena dapat menentukan secara langsung ukuran sumbu X, ukuran sumbu Y, dan In view corner. Sedangkan sumbu Z harus diisi dengan cara mengetik langsung.



Gambar 33. Menggunakan menu Select corners

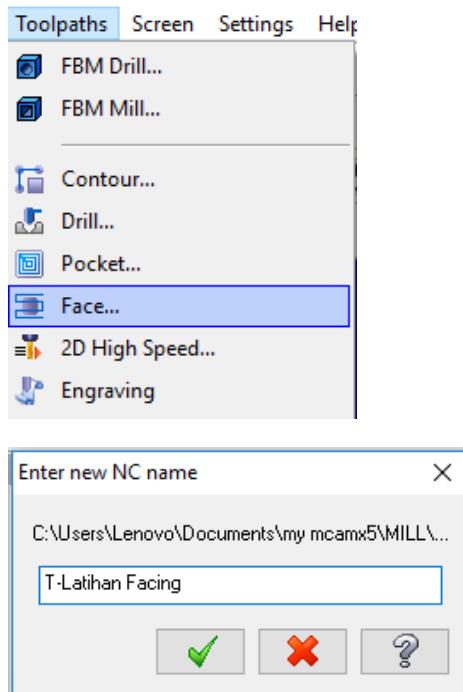
Setelah menentukan ukuran objek, baik dengan mengetik langsung maupun dengan memanfaatkan menu **Select corners** menekan tombol OK (), objek akan ditampilkan dengan mempunyai ukuran pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z.



Gambar 34 Tampilan objek dalam 3D setelah ditentukan ukuran dalam sumbu X, sumbu Y, sumbu Z, dan In view coordinates

b. Menentukan Toolpaths

Toolpath berisi menu-menu yang digunakan untuk menentukan proses pemesinan. Pilih menu **Toolpaths >> Face** maka akan muncul kotak dialog **Enter NC Name**. dalam kotak dialog **Enter new NC name** dapat diketik nama program yang akan dikerjakan, misalnya T-Latihan facing, selanjutnya tekan OK ()



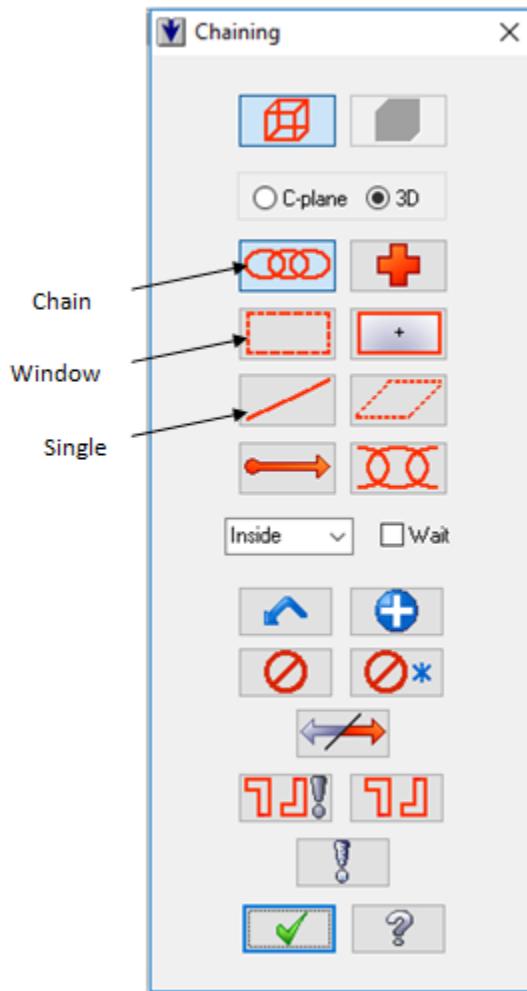
Gambar 35. Tampilan Menu Toolpaths >> Face

Tampilan berikutnya adalah kotak dialog **Chaining**. Menu Chaining berisi menu-menu untuk menyatukan bagian-bagian dari objek guna menentukan langkah-langkah proses pemesinan. Pilihan menu Chaining meliputi **Chain**, **Window**, dan **Single**.

Chain dapat digunakan untuk menyatukan keseluruhan objek dengan sekali pilih, dengan ketentuan bagian-bagian objek tersambung satu sama lain. Langkah-langkahnya adalah : Klik tombol **Chaning** >> **klik salah satu bagian dari objek**. Menu Chain dianjurkan untuk digunakan.

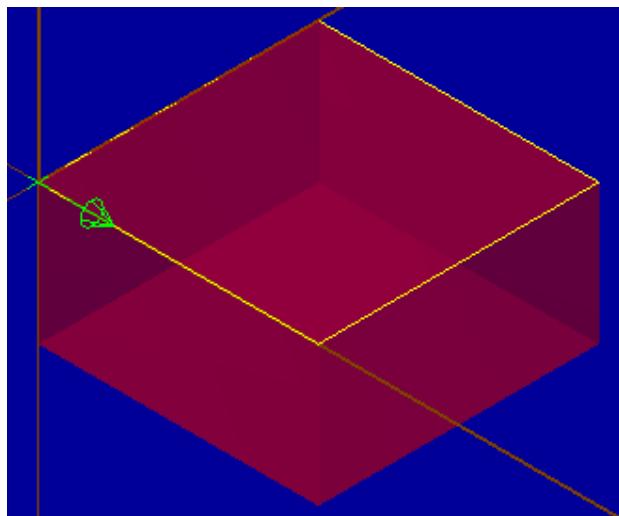
Window digunakan untuk menyatukan bagian-bagian dari objek dengan menentukan jendela objek. Langkah-langkahnya adalah : Klik tombol **Chaning** >> **tentukan jendela dari objek**.

Single digunakan untuk menyatukan bagian-bagian dari objek dengan cara memilih bagian-bagian tersebut satu per satu. Langkah-langkahnya adalah : Klik tombol **Chaning** >> **klik satu per satu bagian dari objek**.



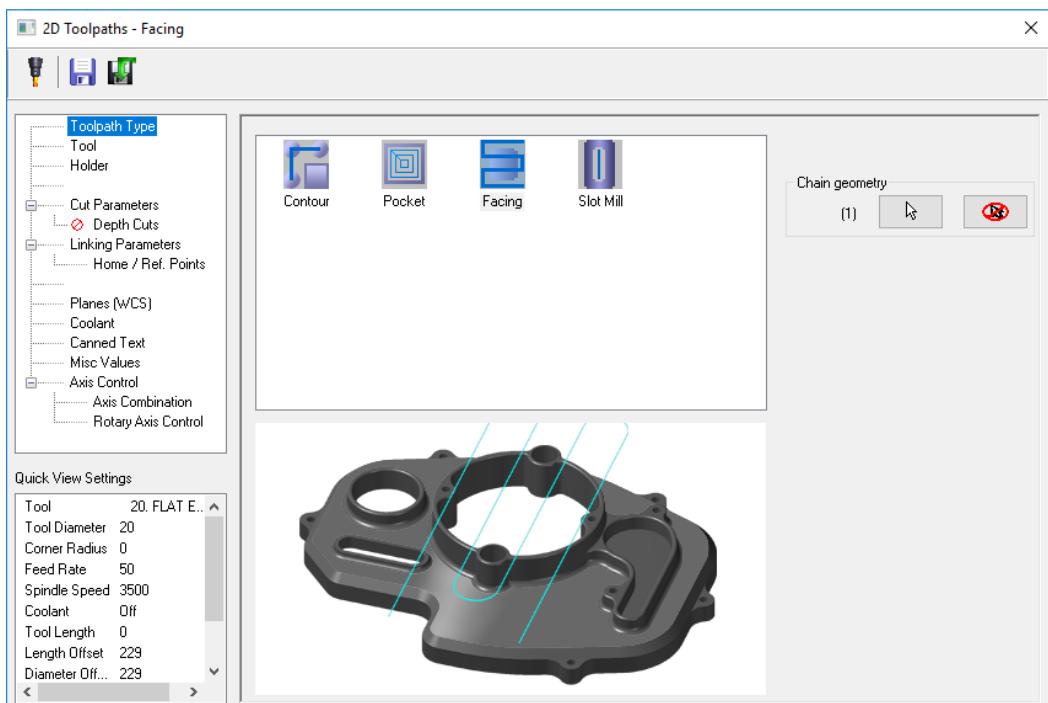
Gambar 36. Tampilan menu Channing

Setelah bagian-bagian objek disatukan dengan menu Chaining, selanjutnya ditekan OK ().



Gambar 37. Tampilan benda setelah dilakukan Chaining

Selanjutnya akan muncul kotak dialog 2D Toolpaths – Facing .



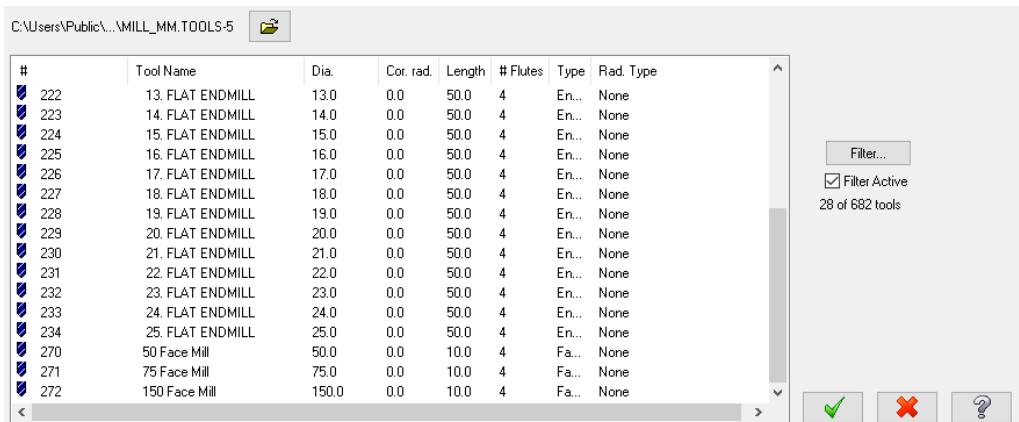
Gambar 38. Tampilan kotak dialog 2D Toolpaths – Facing

Menu-menu utama yang perlu diturut dalam 2D Toolpaths – Facing antara lain: **Tool**, **Cut Parameter** yang meliputi **Dept Cuts**, dan **Linking Parameters**.

1) Tool

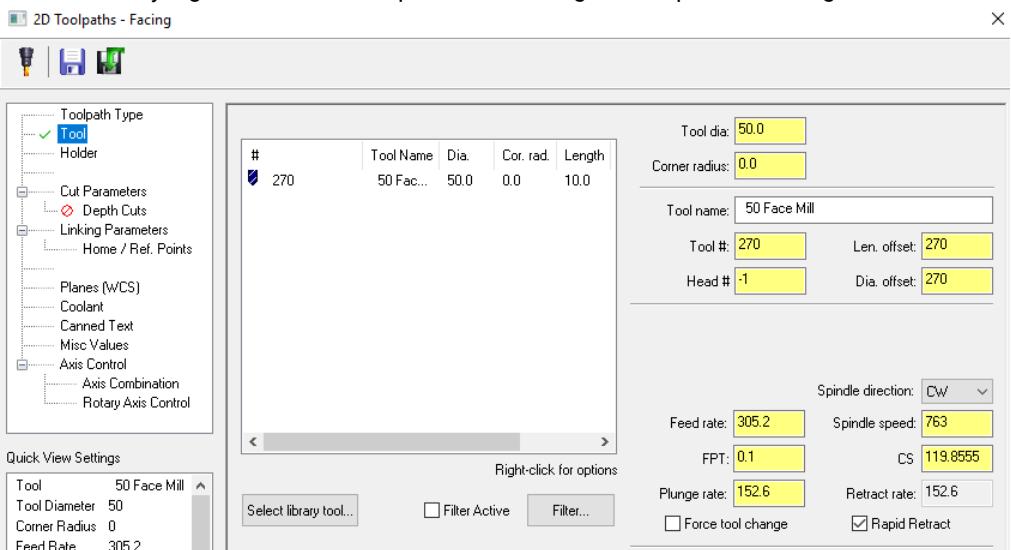
Menu Tool berisi tentang penentuan pahat dan parameter-parameter pahat yang digunakan dalam proses pemesinan. Di dalam menu Tool terdapat sub menu **Select library tool**, yaitu sub menu yang digunakan untuk menentukan jenis pahat yang digunakan. Pemilihan jenis pahat perlu mempertimbangkan luas bahan dan ketersediaan pahat yang akan dipergunakan dalam proses pemesinan. Untuk proses Facing, dianjurkan memilih pahat 50 Face Mill

selanjutnya tekan OK ().



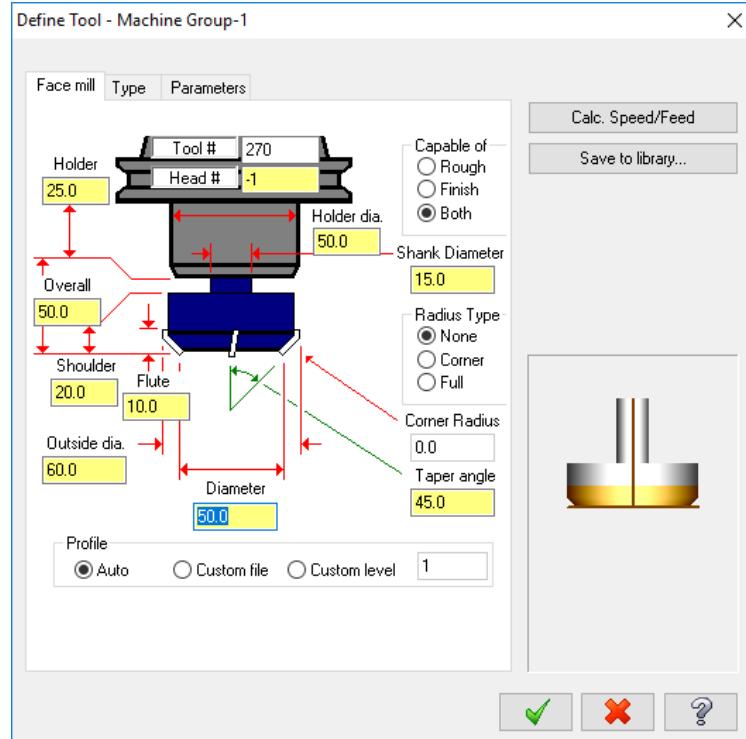
Gambar 39 Jenis-jenis pahat. Untuk proses facing, dianjurkan memilih pahat 50 Face Mill

Jika pahat 50 Face Mill sudah ditentukan, selanjutnya akan muncul jenis pahat yang sudah ditentukan pada kotak dialog 2D Toolpaths – Facing.



Gambar 40. Jenis pahat 50 Face Mill yang sudah ditentukan.

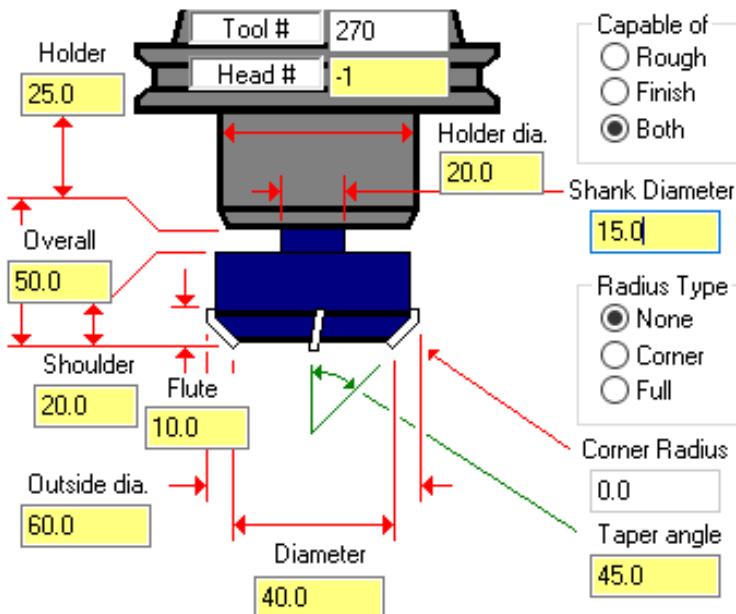
Jika tidak tersedia pahat 50 Face Mill, maka dapat dilakukan pengaturan jenis pahat, yaitu dengan klik dengan mouse dua kali pada pahat 50 Face Mill. Selanjutnya akan muncul kota dialog Define Tool – Machine Group -1.



Gambar 41. Tampilan menu Define Tool – Machine Group -1

Pengaturan pada menu Define Tool – Machine Group -1 dilakukan pada pengaturan diameter dan Holder dia. (Holder diameter). Jika tersedia pahat diameter 40 mm, maka pada diameter diketik 40, sedangkan pada holder diketik kurang lebih setengah dari diameter, yaitu 20 mm selanjutnya ditekan

OK ().



Gambar 42. Penentuan diameter 40 dan holder diameter 20

Parameter-parameter yang perlu diisi pada menu Define Tool – Machine Group-1 sub menu Tool adalah:

- **Spindle direction**, terdapat pilihan CW (Clock Wise) untuk putaran searah jarum jam, dan CCW (Counter Clock Wise) untuk putaran berlawanan jarum jam
- **Feed rate**, kecepatan pemakanan
- **Spindle speed**, kecepatan putar dari pahat ditentukan dengan rumus:

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} \text{ rpm}$$
- **Plunge rate**, kecepatan pahat kembali ke posisi semula

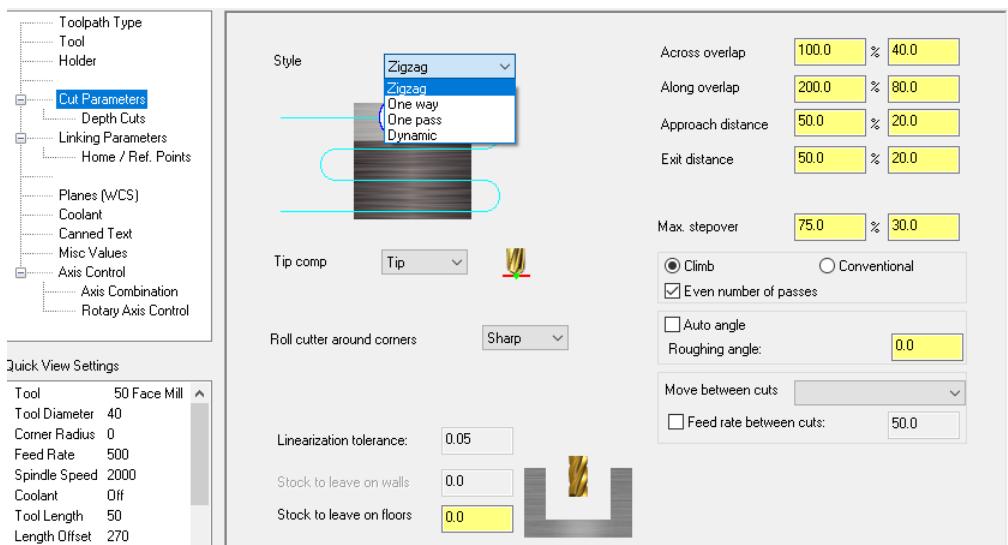
Spindle direction:	CW		
Feed rate:	500.0	Spindle speed:	CW CCW
FPT:	0.0625	CS:	251.3352
Plunge rate:	500.0	Retract rate:	152.6
<input type="checkbox"/> Force tool change	<input checked="" type="checkbox"/> Rapid Retract		

Gambar 43. Parameter-parameter Tool

2) Cut Parameter

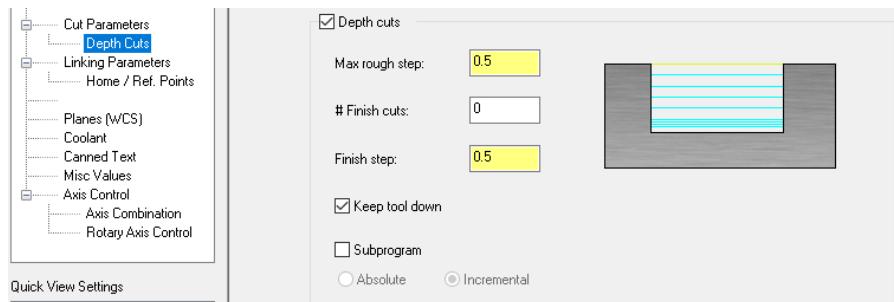
Pada menu Cut Parameter, hal-hal yang perlu ditentukan meliputi **Style**, yaitu model pemakanan pahat pada proses facing, terdiri dari **Zigzag**, yaitu

pemakanan berkelanjutan dengan model zig zag, **One way**, yaitu proses pemakanan sekali jalan dimana pahat akan kembali ke posisi semula dilanjutkan pemekanan-pemakanan selanjutnya. Dianjurkan untuk memilih **Style Zigzag**.



Gambar 44. Tampilan menu Cut Parameter

Sub Menu pada menu **Cut Parameter** adalah **Depth Cut**, dimana sub menu Dept Cut harus aktif. Parameter-parameter yang perlu ditentukan adalah **Max rough step**, yaitu kedalaman sekali pemakanan, **Finish step**, yaitu penentuan sisa bagian yang diproses pemesinan untuk disisakan, dan mengaktifkan **Keep tool down**, jika tidak aktif maka selama proses pemakanan akan terdapat proses **Retract rate**, sedangkan jika tidak aktif maka tidak ada proses **Retract rate**, dimana pahat akan langsung melakukan proses ke langkah selanjutnya.



Gambar 45. Tampilan sub menu Depth Cuts

3) Linking Parameters

Menu Linking Parameter berkaitan dengan pengaturan pada saat proses penyataan pahat terhadap benda kerja. Parameter-parameter yang perlu ditentukan meliputi

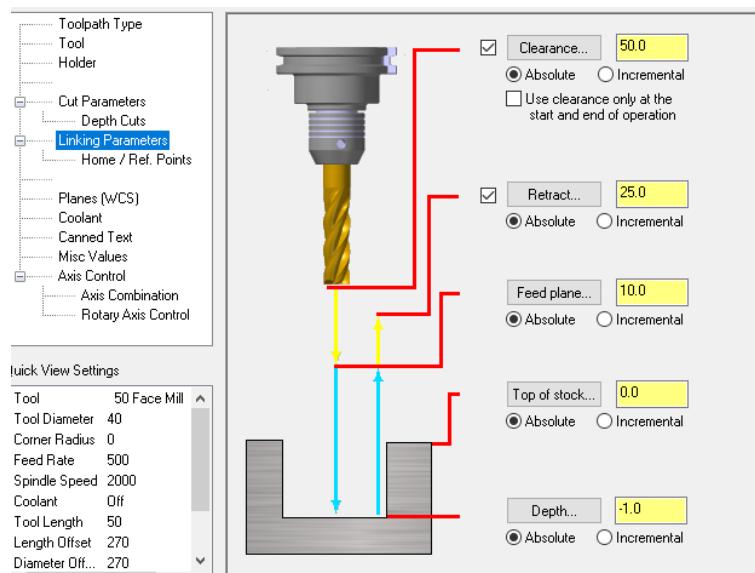
Clearance, ditentukan secara Absolut yaitu penentuan ketinggian awal pahat terhadap posisi permulaan pemakanan.

Retract, ditentukan secara Absolut, yaitu posisi pahat setelah pemakanan pada saat berlangsungnya pemakanan (bukan perakhiran proses pemakanan)

Feed Plane, ditentukan secara Absolut, yaitu kecepatan pergerakan pahat dari posisi Clearance ke posisi awal pemakanan benda kerja

Top of stock, ditentukan secara Absolut, yaitu posisi pembacaan pahat terhadap permukaan benda kerja.

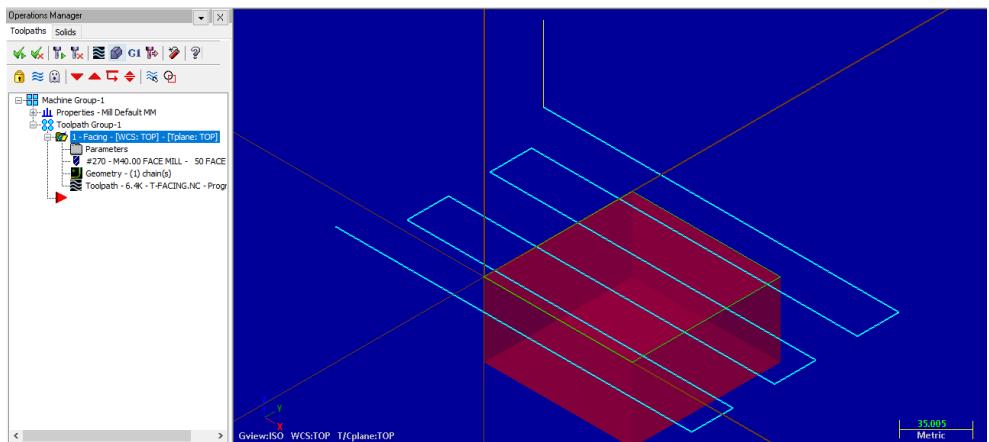
Depth, ditentukan secara Absolut dan berharaga negative, yaitu pemakanan kedalaman pada benda kerja.



Gambar 46. Tampilan menu Linking Parameter

Jika seluruh parameter sampai pada Depth Cuts sudah ditentukan, selanjutnya

ditekan OK () maka akan muncul tampilan benda kerja dan jalur pemakanan pahat.

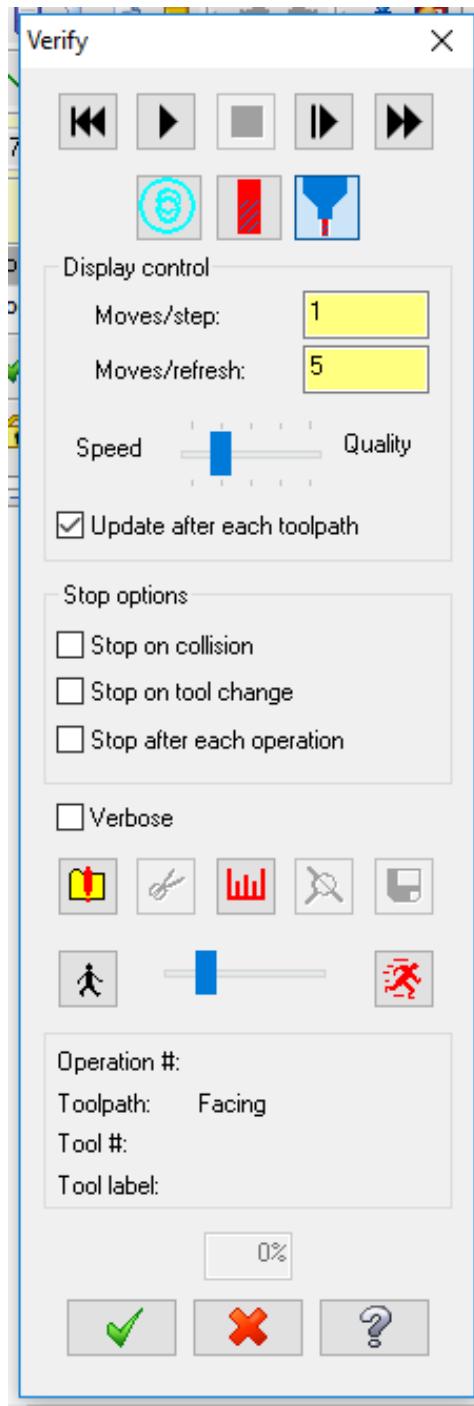


Gambar 47. Tampilan alur pergerakan pahat proses *facing*

Pengaturan berikutnya berkaitan dengan simulasi pergerakan pahat dalam proses penggerahan benda kerja. Langkah-langkah pengaturannya adalah sebagai berikut:

- 1) Mengaktifkan menu **Verify selected operation** () maka akan muncul kota dialog Verify





Gambar 48. Tampilan kotak dialog Verify

- 2) Menentukan jenis simulasi pahat, meliputi Turbo, simulate dengan Tool, dan Simulate tool and holder.



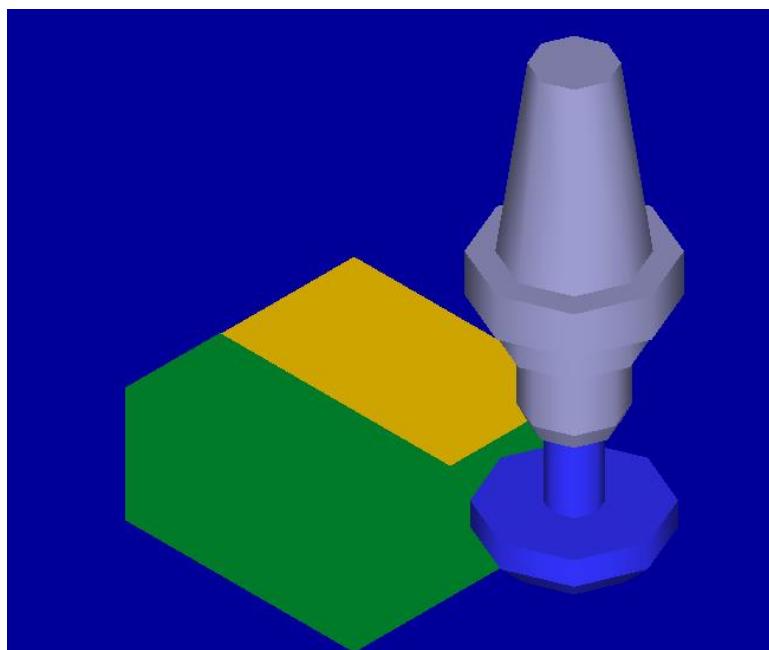
- 3) Menentukan kecepatan simulasi pahat



- 4) Menjalankan simulasi dengan menekan tombol Play (▶)

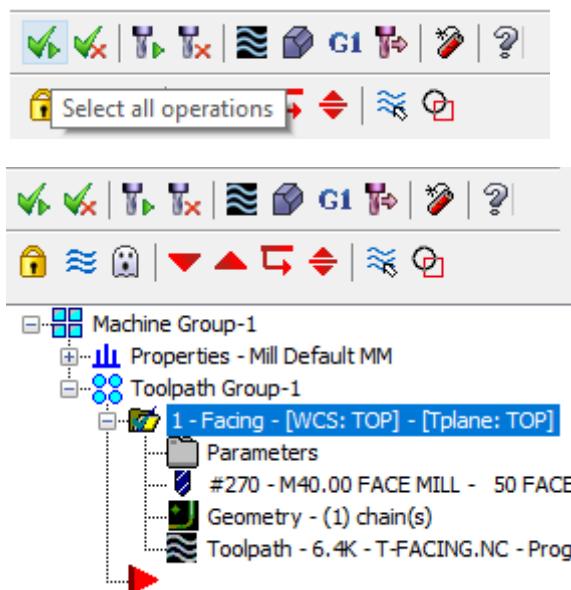


Tampilan dari simulasi adalah gerakan penyatuan pahat dalam proses *facing* terhadap benda kerja.



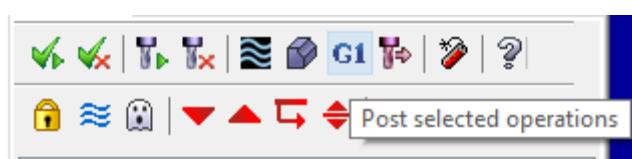
Gambar 49. Tampilan simulasi proses *facing*

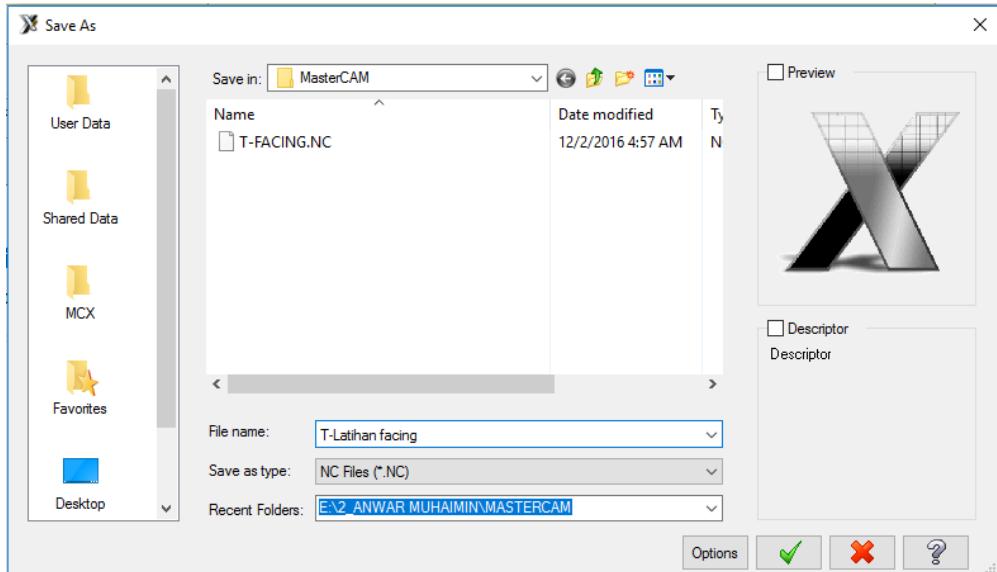
3. Memunculkan Bahasa Pemrograman Kode G dan Kode M (G Code/M Code) *Facing*
 Memunculkan bahasa pemrograman Kode G dan Kode M adalah memunculkan program hasil pemrograman facing dalam bentuk bahasa numeric, G Code dan M code untuk dibaca dan diproses oleh mesin CNC menjadi produk yang diinginkan.
 Persyaratan yang wajib dipenuhi adalah, menu 1-Facing (WCS:TOP) harus diaktifkan yaitu ditandai dengan tercentrang (**1-Facing - [WCS: TOP] - [Tplane: TOP]**). Jika belum tercentrang, aktifkan menu 1-Facing – [WCS: TOP] kemudian tekan tombol selected operation ()



Gambar 50. Tampilan menu **Toolpath Group** yang aktif

Langkah berikutnya adalah menekan tombol Post selected operation () untuk memulai menampilkan hasil pemrograman facing dengan G Code dan M Code. Tampilan selanjutnya adalah kotak dialog penyimpanan program ke dalam komputer pada folder yang ditentukan kemudian ditekan tombol OK ()





Gambar 51. Tampilan kotak dialog Save As

Tampilan dari hasil pemrograman adalah langkah-langkah gerakan pahat yang disusun dalam baris program, disertai dengan kombinasi G Code dan M Code dan koordinat-koordinat posisi pahat dalam melaksanakan proses pemesinan.

```

N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T270 M6
N106 G0 G90 G54 X-55. Y99.998 A0. S763 M3
N108 G43 H270 Z50.
N110 Z10.
N112 G1 Z-1. F152.6
N114 X130. F305.2
N116 Y66.666
N118 X-30.
N120 Y33.334
N122 X130.
N124 Y.002
N126 X-55.
N128 G0 Z24.
N130 Y99.998
N132 Z10.
N134 G1 Z-2. F152.6
N136 X130. F305.2
N138 Y66.666
N140 X-30.
N142 Y33.334
N144 X130.
N146 Y.002
N148 X-55.

```

N150 G0 Z50.
N152 M5
N154 G91 G28 Z0.
N156 G28 X0. Y0. A0.
N158 M30

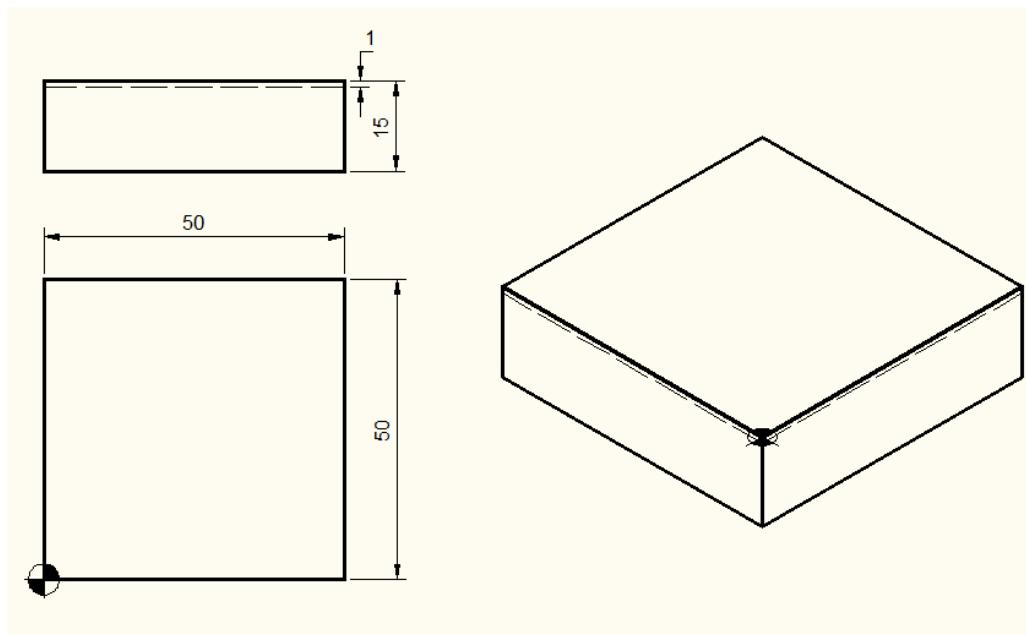
Terdapat penyesuaian program yang perlu dilakukan yaitu menyesuaikan dengan karakteristik mesin CNC yang digunakan. Sebagai contoh, pada Gambar 37, di baris N104 terdapat informasi jenis pahat (T270). Untuk proses facing dengan menggunakan satu pahat dari awal sampai akhir, maka baris N104 tidak diperlukan dan dapat dihilangkan.

C. Rangkuman

1. Mengenal pengoperasian program Mastercam pertama kali perlu memahami cara membuka program Mastercam, mengatur unit satuan yang dipergunakan, dan menampilkan persumbuan.
2. Untuk memahami pengoperasian Mastercam, diperkenalkan melalui pemrograman level dasar yaitu pemrograman *facing*.
3. Pemrograman facing merupakan pemrograman teknik pemesinan untuk meratakan permukaan benda kerja baik menggunakan mesin *frais* (*milling*) atau mesin bubut (*turning*)
4. Program facing benda kerja berbentuk segi empat, dapat dipergunakan dengan memilih model mesin *milling*.
5. Memprogram facing dimulai dengan menggambar permukaan benda kerja berbentuk segi empat, dilanjutkan dengan mengatur Toolpaths, dan memunculkan bahasa pemrograman.
6. Pengaturan toolpaths meliputi mengatur Chain yaitu menyatuan bagian-bagian benda kerja, menentukan toolpaths yang meliputi pengaturan jenis tool yaitu jenis pahat, pengaturan cut parameter yaitu parameter pemotongan, dan pengaturan linking parameter yaitu pengaturan simulasi pada saat proses pemesinan.
7. Memunculkan bahasa pemrograman adalah memunculkan program hasil pemrograman facing dalam bentuk bahasa numeric, G Code dan M code untuk dibaca dan diproses oleh mesin CNC menjadi produk yang diinginkan.

D. Tugas

Berdasarkan langkah-langkah facing yang telah dipelajari pada uraian materi, lakukan pemrograman facing untuk benda kerja di bawah ini



Catatan

Gambar dibuat dalam satuan millimeter (mm)

E. Evaluasi

1. Pengetahuan

- 1) Jelaskan kelebihan pemilihan menu **Select corners** pada saat menentukan ukuran benda kerja pada sumbu X, sumbu Y, dan **In view coordinates**
- 2) Apakah persyaratan yang harus dipenuhi pada saat pemilihan sub menu **Chain** pada menu **Chaining**?
- 3) Jika dalam proses facing tidak terdapat pahat yang sesuai pada saat mengatur pahat di menu **2D Toolpaths – Facing** dan sub menu **Tool**, langkah-langkah apa saja yang harus dilakukan?

Rubrik Penilaian

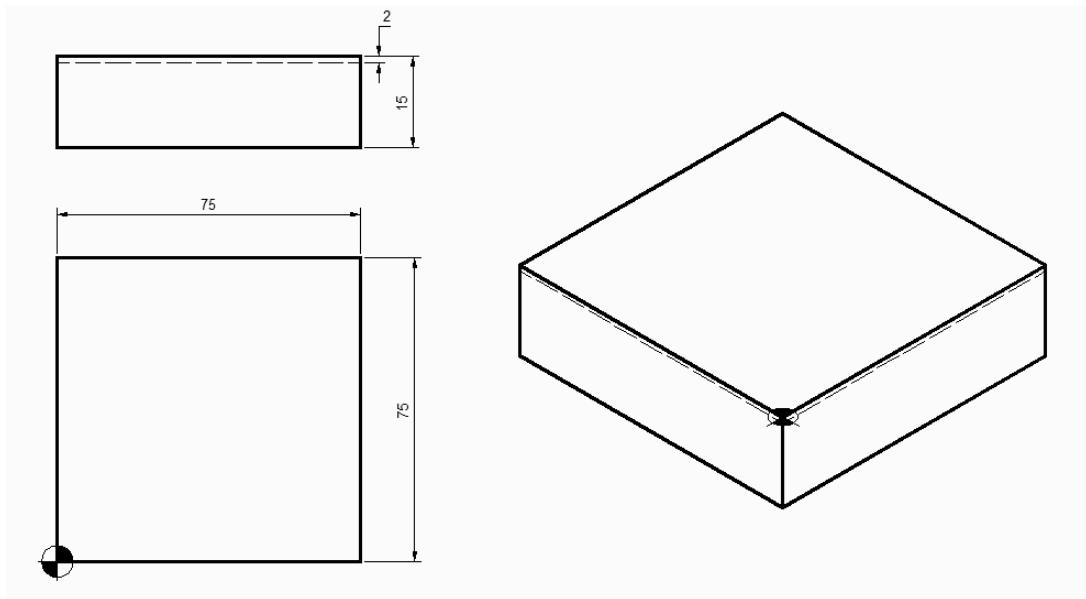
No Soal	Perkiraan Jawaban	Nilai
1)	a. Tidak menjawab sama sekali b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap c. Select corner merupakan salah satu sub menu pada menu Machine Group Properties yang dipergunakan untuk menentukan ukuran benda kerja, berdasarkan pada objek yang telah digambar. Dengan menggunakan sub menu Select corner , maka ukuran benda kerja pada sumbu X, sumbu Y dan In view coordinates sudah dapat ditentukan. Sedangkan ukuran benda kerja pada sumbu Z dapat diketik langsung.	0 1 2
2)	a. Tidak menjawab sama sekali b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap c. Menu Chaining adalah salah satu menu pada Mastercam digunakan untuk menggabungkan bagian-bagian objek dari benda yang akan dilakukan proses pemesinan. Salah satu menu Chaining adalah sub menu Chain , yang dapat menggabungkan bagian-bagian seluruh objek benda dengan hanya memilih salah satu bagian tersebut. Persyaratannya adalah, seluruh bagian objek benda harus tersambung secara utuh tanpa terputus.	0 1 2
3)	a. Tidak menjawab sama sekali b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap c. Langkah-langkah yang dilakukan adalah, meng klik dua kali daftar pahat yang sudah dimunculkan, selanjutnya kana muncul gambar pahat beserta parameter-parameternya, kemudian mengganti nilai diameter pahat dan holder pahat untuk disesuaikan dengan kebersediaan pahat yang ada.	0 1 2
Nilai Maksimal		6

$$\text{Nilai Siswa} = \frac{\text{Nilai diperoleh}}{\text{Nilai Maksimal}} \times 100$$

Nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) = 75

2. Keterampilan

- Disediakan satu unit komputer beserta perlengkapannya ter-install program Mastercam under Windows untuk masing-masing siswa
- Disediakan gambar kerja sebagai berikut



Nama Pekerjaan : Ujian Keterampilan Pemrograman Facing

Tool : Pahat 50 Face Mill Diameter 40 mm

Gambar dibuat dalam satuan milimeter

- 3) Lakukan pemrograman *facing* untuk benda kerja yang ditentukan
- 4) Waktu yang disediakan 20 menit (tidak termasuk menghidupkan komputer sampai siap dipergunakan)

Rubrik Penilaian

No	Kegiatan
1.	Membuka Program Mastercam
2.	Menetapkan satuan gambar dalam satuan milimeter
3.	Menampilkan sumbu
4.	Menampilkan pandangan baik dalam 2D maupun 3D
5.	Menggambar permukaan atas kubus dengan ukuran 75 mm x 75 mm
6.	Memilih Machine Type dengan mesin Milling
7.	Memilih sub menu Stock setup meliputi: penentuan tampilan objek dalam wire frame atau solid, select corner dan penentuan sumbu Z,
8.	Menentukan Toolpaths dengan pilihan proses Face dan mengetik nama program T-Ujian Keterampilan Pemrograman Facing
9.	Penyatuan bagian-bagian objek dengan Chaining
10.	Pemilihan Tool 50 Face Mill dan menyesuaikan dengan pahat diameter 40 mm
11.	Penentuan parameter-parameter Tool meliputi Spindle direction, Feed rate, Spindle speed, dan Plunge rate
12.	Menentukan Cut parameter meliputi Style: Zigzag
13.	Mengaktifkan Depth cuts dan Keep tool down
14.	Menentukan Linking parameter, meliputi: Clearance, Retract, Feed plane, Top of stock, dan Depth
15.	Mengatur menu Verify selected operation meliputi bentuk simulasi, kecepatan simulasi, dan menjalankan simulasi
16.	Memunculkan Bahasa Pemograman Kode G dan Kode M dan meng-edit program.

Nilai siswa

No	Kriteria	Nilai	KKM
4.	Dikerjakan dengan prosedur tepat kurang dari 10 menit	90	75
5.	Dikerjakan dengan prosedur tepat antara 10 – 15 menit	75	
6.	Dikerjakan dengan prosedur tepat lebih dari 15 menit	70	

3

Teknik Pemograman Kontur dengan Mastercam

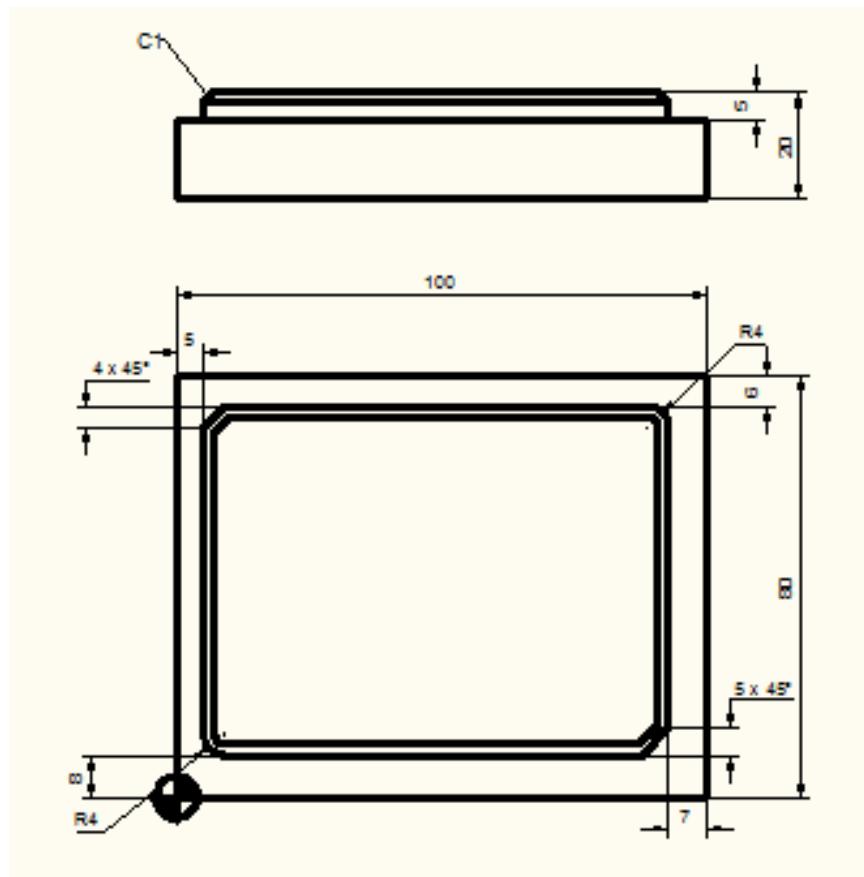
Kegiatan Belajar 3
Teknik Pemograman Kontur Alur dan Chamfer dengan Mastercam

A. Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan menggambar 2D/3D kontur alur dan chamfer
2. Menjelaskan Setting Toolpaths kontur alur dan chamfer
3. Menjelaskan G Code/M Code kontur alur dan chamfer
4. Menerapkan cara menggambar 2D kontur alur dan chamfer
5. Menerapkan Setting Toolpath kontur alur dan chamfer

B. Uraian Materi

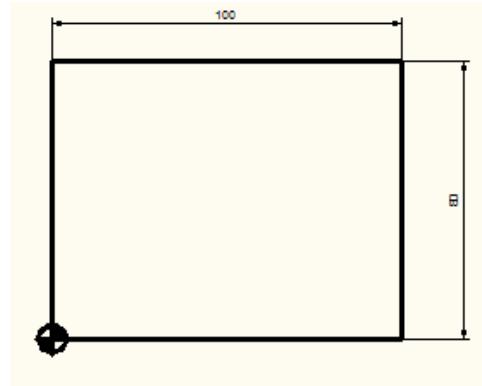
1. Menggambar 2D/3D Kontur alur dan chamfer
 Langkah-langkah menggambar adalah sebagai berikut:
 - a. Memuka program Mastercam under Windows
 - b. Mengatur satuan dalam millimeter (mm) dengan memilih menu **Setting >> Configuration >> Unit for Analyze distance >> Pilih Milimeters**
 - c. Memunculkan sumbu X dan sumbu Y dengan menekan fungsi F9 pada keyboard
 - d. Menggambar sisi atas kubus dari benda kerja di bawah ini



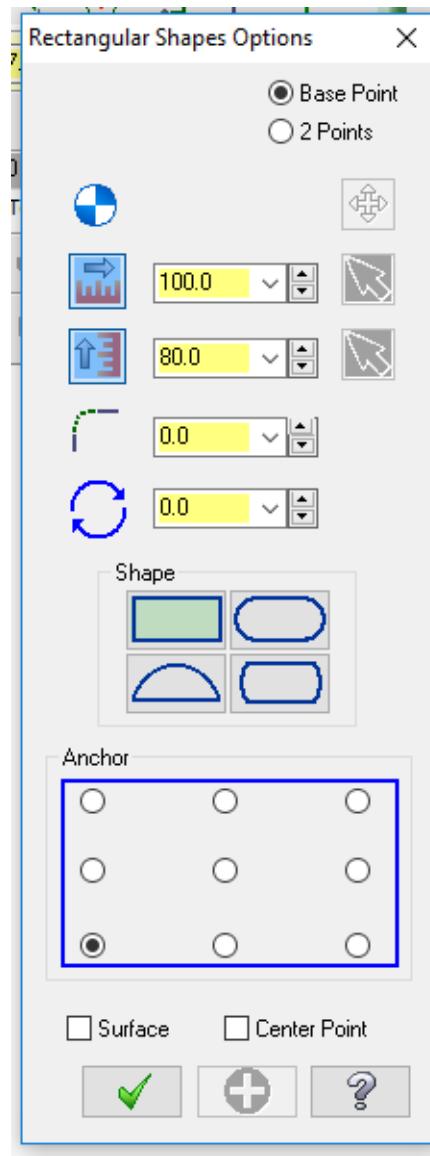
Gambar 52. Gambar benda kerja kontur alur dan chamfer

Langkah-langkah menggambar sisi atas dari benda kerja kontur alur dan chamfer adalah sebagai berikut:

- 1) Menggambar sisi atas ukuran 100 mm x 80 mm melalui menu **Create >> Rectangular Shape**

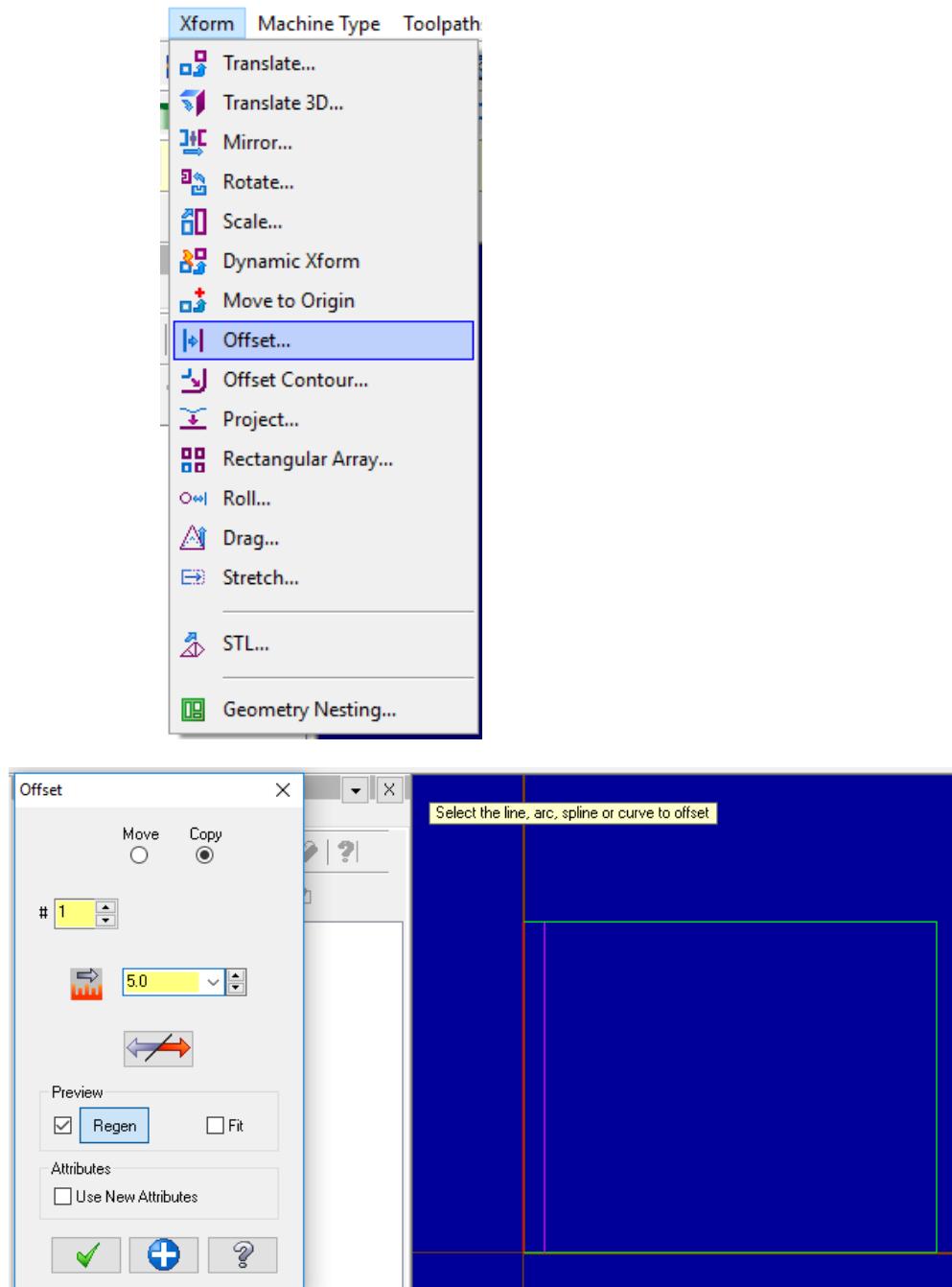


Gambar 53. Gambar sisi atas benda kerja kontur alur dan chamfer



Gambar 54. Langkah membuat sisi atas kontur alur dan chamfer

- 2) Menggambar kontur alur dengan perintah Offset. Menu offset digunakan untuk menggandakan objek dengan parameter jarak hasil penggandaan terhadap objek asli ditentukan lebih dahulu.



Gambar 55. Menggambar kontur alur dengan offset

Untuk alur yang lain memiliki jarak berbeda dari alur pertama. Perintah yang digunakan untuk membuat seluruh kontur alur yaitu tetap pada kotak dialog

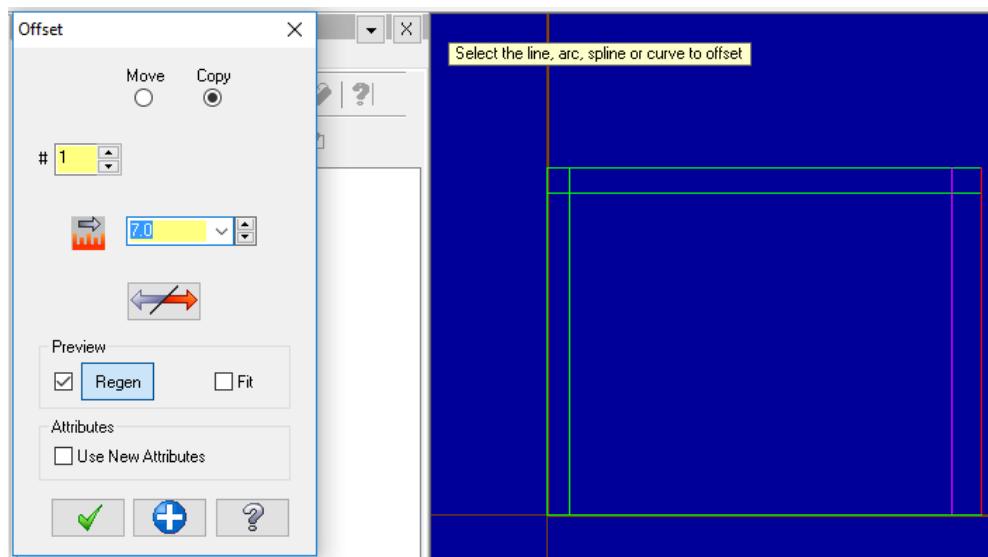
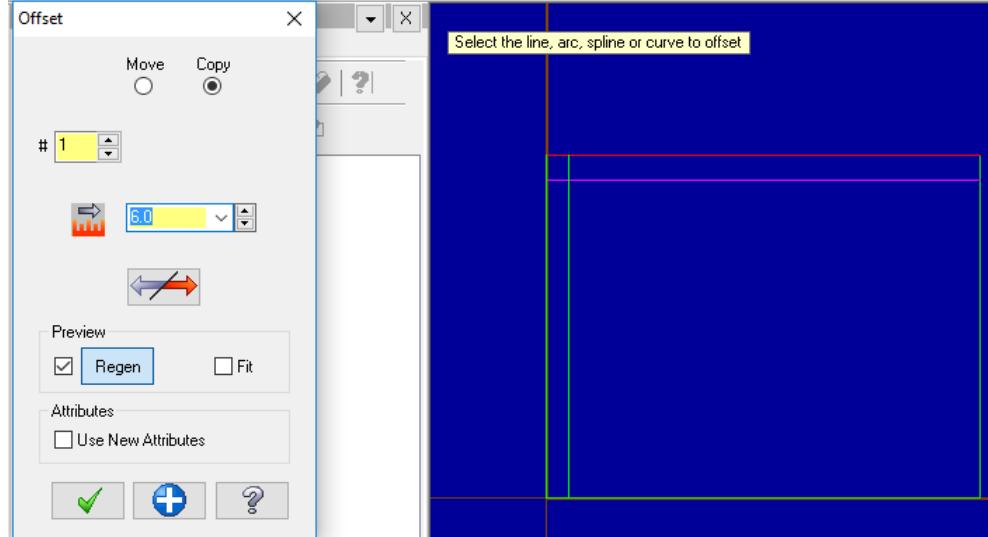
Offset dengan memanfaatkan menu

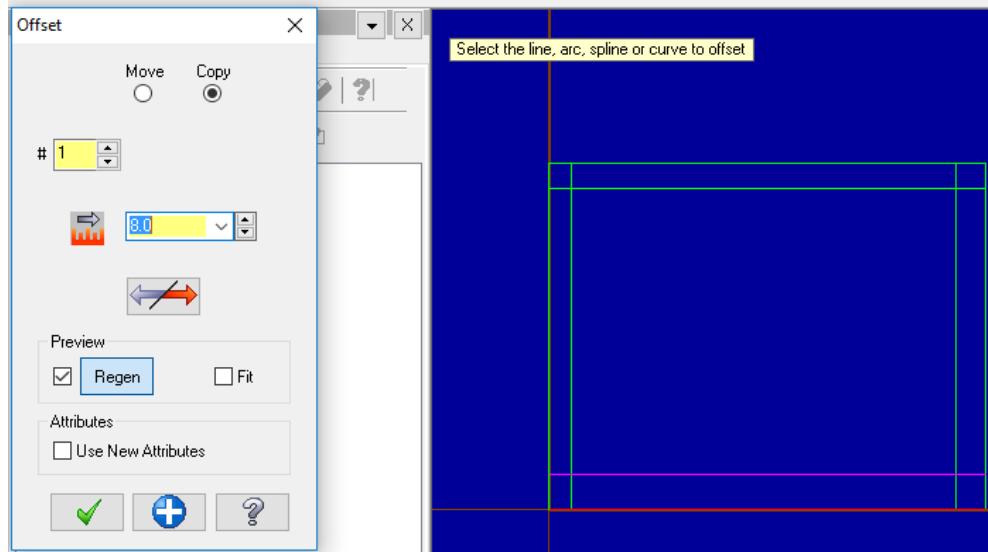


selanjutnya tekan OK (



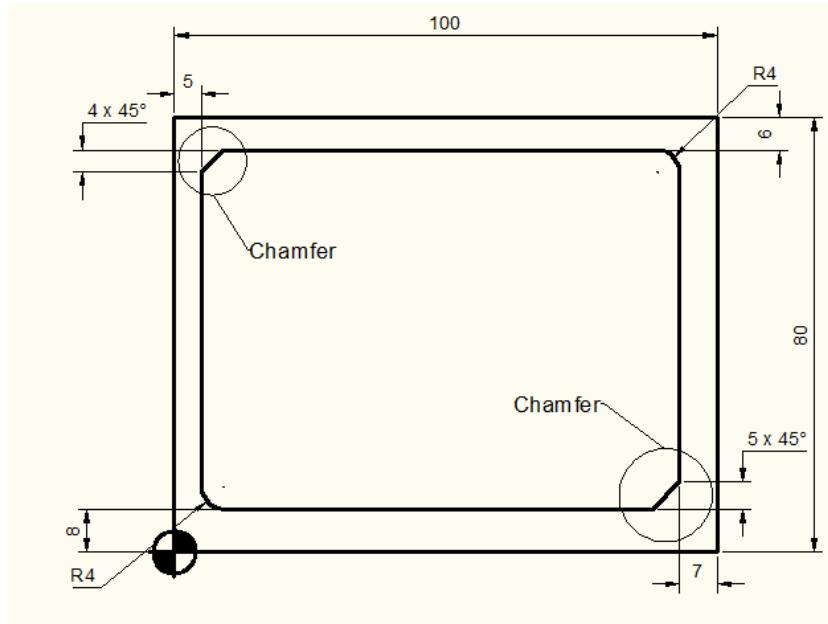
).





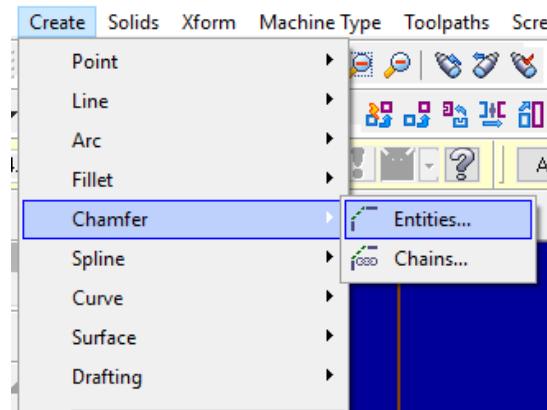
Gambar 56. Membuat alur-alur dengan menggunakan offset

- 3) Menggambar *chamfer* $4 \times 45^\circ$ dan $5 \times 45^\circ$ pada kontur alur. *Chamfer* merupakan alur dengan kemiringan dan jarak tertentu.



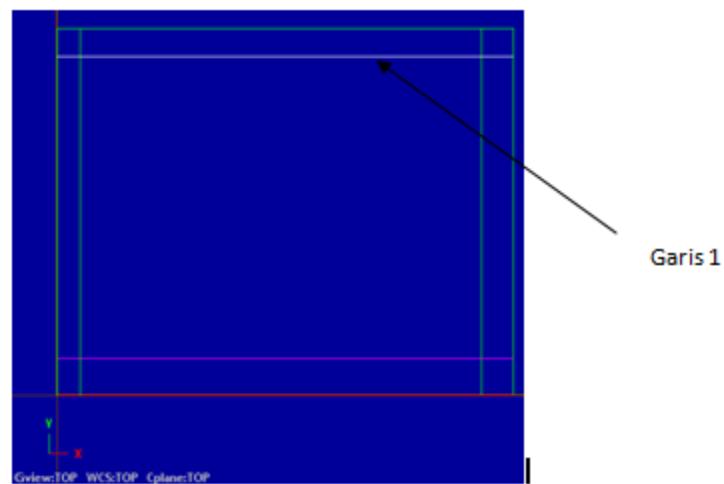
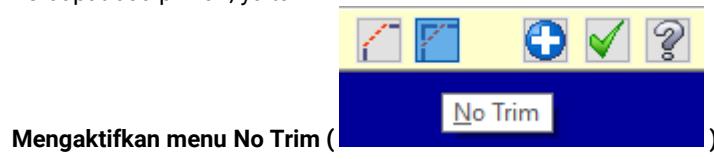
Gambar 57. Gambar alur *chamfer*

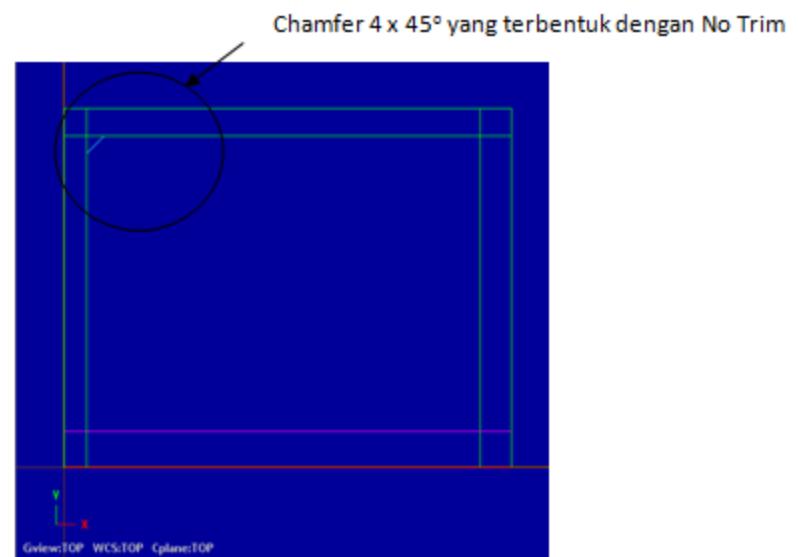
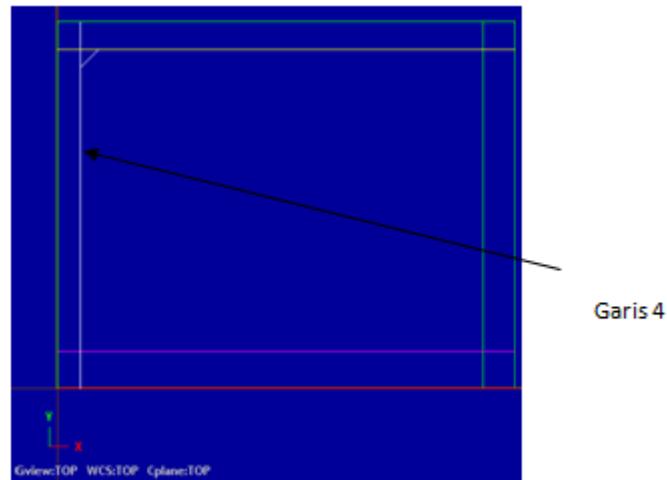
Langkah-langkah untuk membuat *chamfer* dengan memilih menu **Create > Chamfer > Entities** > Mengetik angka **4** pada kolom **Chamfer**



Gambar 58. Tampilan menu Chamfer

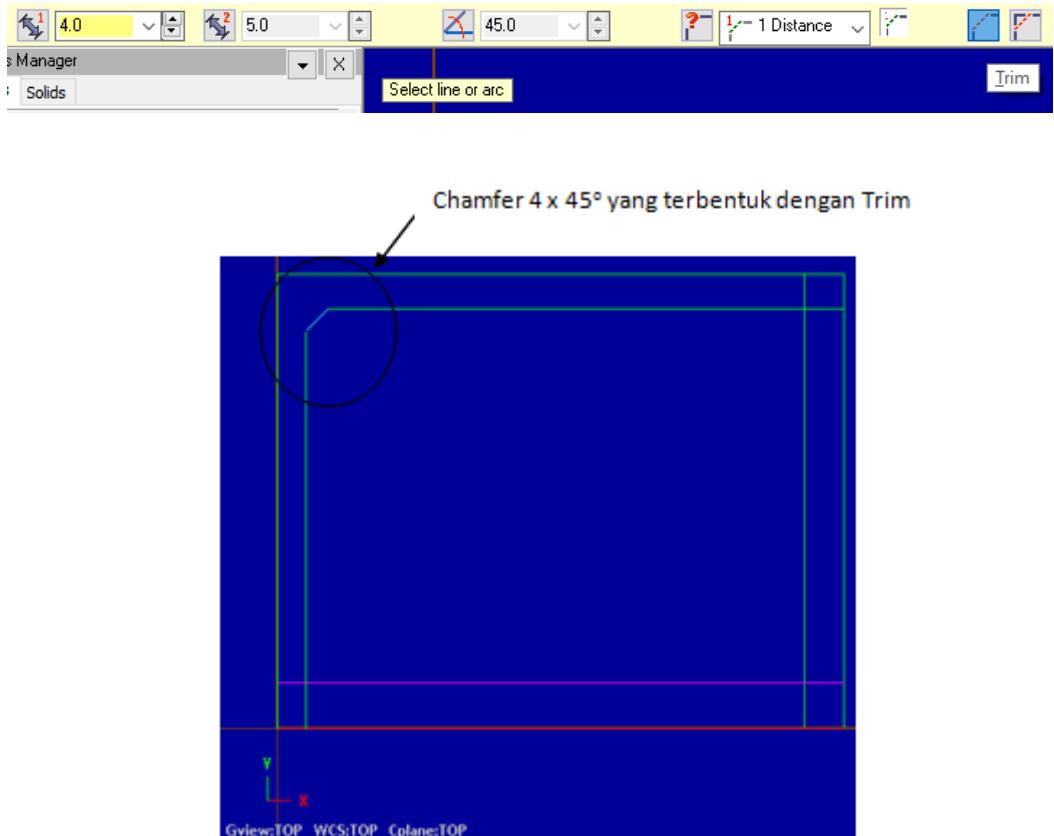
Terdapat dua pilihan, yaitu:





Gambar 59. Tampilan Chamfer $4 \times 45^\circ$ dengan menu No Trim

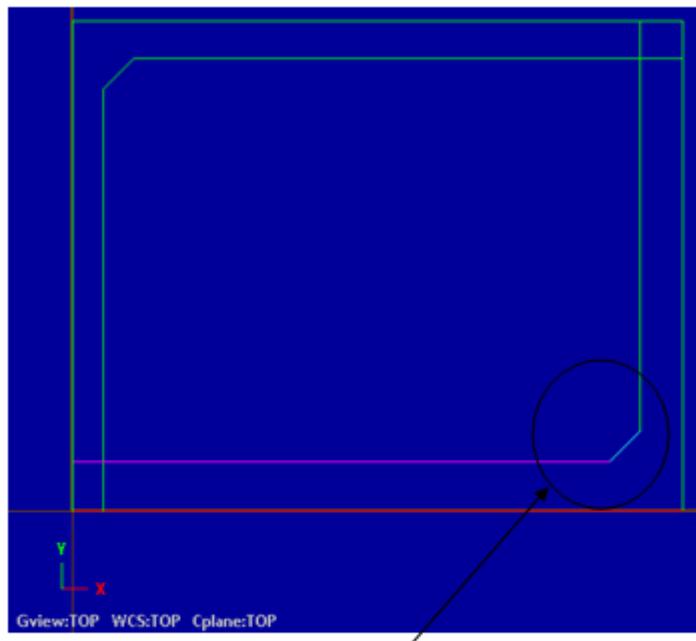




Gambar 60. Tampilan Chamfer $4 \times 45^\circ$ dengan menu Trim

Jika kontur Chamfer $4 \times 45^\circ$ telah terbentuk, langkah selanjutnya adalah menggambar kontur Chamfer $5 \times 45^\circ$ dengan menu Trim, yaitu

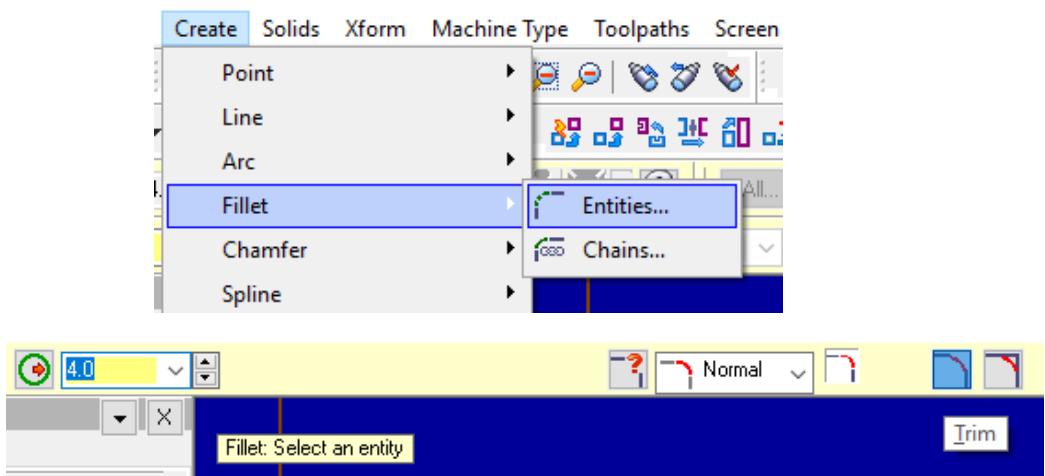
- menekan menu **Apply** berbentuk tanda ,
- mengetik angka 5
- mengaktifkan menu Trim
- klik garis 1 dan garis 4 (lihat Gambar 47).
- Tekan tanda OK untuk mengakiri menggambar kontur Chamfer.



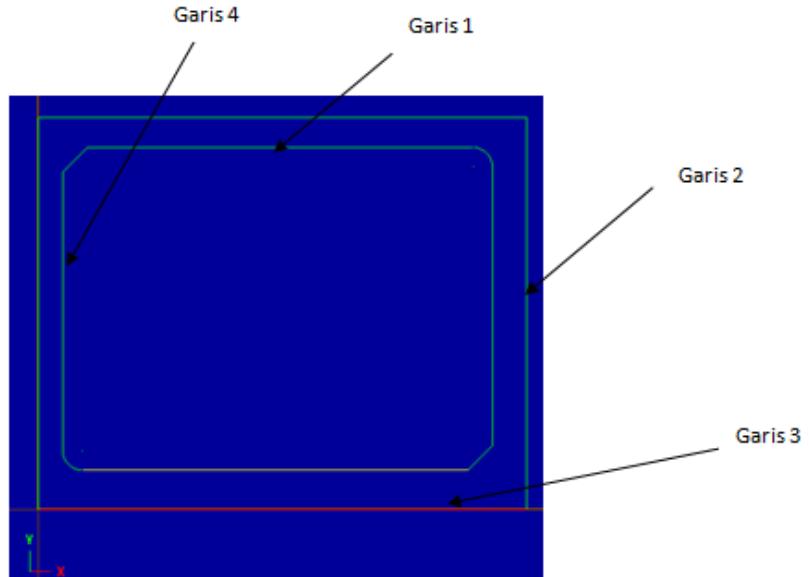
Chamfer 5 x 45° yang terbentuk dengan Trim

Gambar 61. Kontur chamfer 5 x 45° dengan menu Trim

- 4) Menggambar fillet R4 pada kontur alur melalui menu **Create >> Fillet >> Entities >> Mengetik angka 4 >> Mengaktifkan menu Trim >> Klik garis 1, garis 2, garis 3, dan garis 4 (lihat gambar 51) >> Tekan OK () untuk mengakhiri kontur fillet**



Gambar 62. Menu menggambar fillet R4 dengan menu Trim

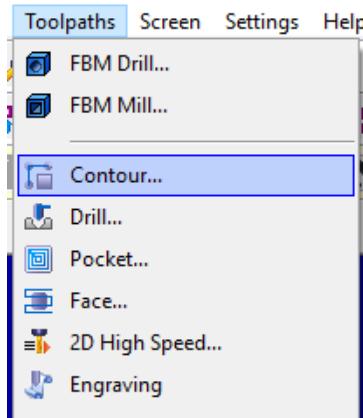


Gambar 63. Kontur alur dengan fillet R4

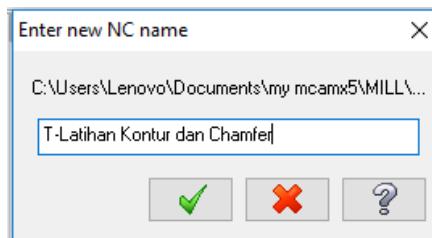
2. Mengatur Toolpaths Kontur alur dan chamfer

Langkah-langkah mengatur Toolpaths kontur alur dan chamfer adalah sebagai berikut:

- Memilih tipe mesin melalui menu **Machine Type >> Mill >> Default** selanjutnya muncul kotak dialog **Operation Manager**.
- Pada kotak dialog **Operation Manager** untuk sub menu **Toolpaths**, pilih menu **Properties** dan **Stock setup**, selanjutnya akan muncul kotak dialog **Machine Group Properties**.
- Pada kotak dialog **Machine Group Properties**, pilih **Select corner** untuk menentukan ukuran benda kerja dalam sumbu X, sumbu Y, dan **In view coordinates**, selanjutnya masukkan nilai sumbu Z= 20 mm, kemudian tekan OK ().
- Pilih menu **Toolpaths >> Contour**, menamai file dengan *T-Latihan Kontur alur dan chamfer* dan menekan tombol OK ().

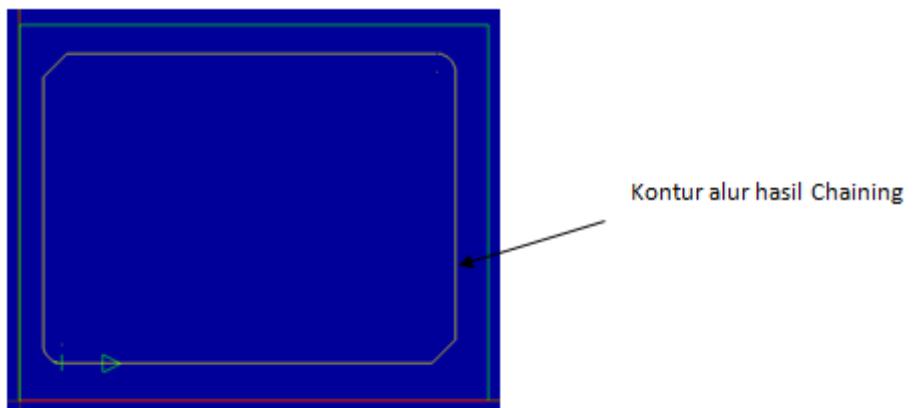


Gambar 64. Menu Toolpaths dan Contour



Gambar 65. Memberi nama file T-Latihan Kontur alur dan chamfer

- e. Chaining terhadap kontur alur dengan menu Chain, memilih kontur alur (lihat gambar 54), dan tekan OK (). Selanjutnya muncul kotak dialog 2D Toolpaths-Contour.



Gambar 66. Kontur alur hasil Chaining

- f. Pada kotak dialog 2D Toolpaths-Contour, pilih sub menu Tools dan Select Library untuk memilih jenis pahat. Untuk jenis pahat, direkomendasikan untuk dipilih FLAT END MILL Ø 12 mm, dan tekan OK ().

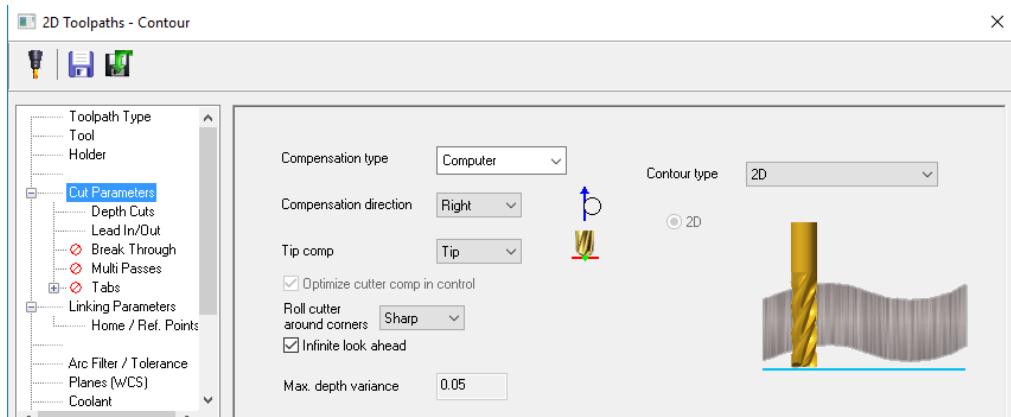
220	11. FLAT ENDMILL	11.0	0.0	50.0	4	En...	None
221	12. FLAT ENDMILL	12.0	0.0	50.0	4	En...	None
222	13. FLAT ENDMILL	13.0	0.0	50.0	4	En...	None

Gambar 67. Pemilihan pahat FLAT ENDMILL diameter 12 melalui sub menu Select Library

Parameter-parameter yang perlu diisi meliputi:

- **Spindle direction**, terdapat pilihan CW (Clock Wise) untuk putaran searah jarum jam, dan CCW (Counter Clock Wise) untuk putaran berlawanan jarum jam
 - **Feed rate**, kecepatan pemakanan
 - **Spindle speed**, kecepatan putar dari pahat ditentukan dengan rumus:
- $$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} \text{ rpm}$$
- **Plunge rate**, kecepatan pahat kembali ke posisi semula

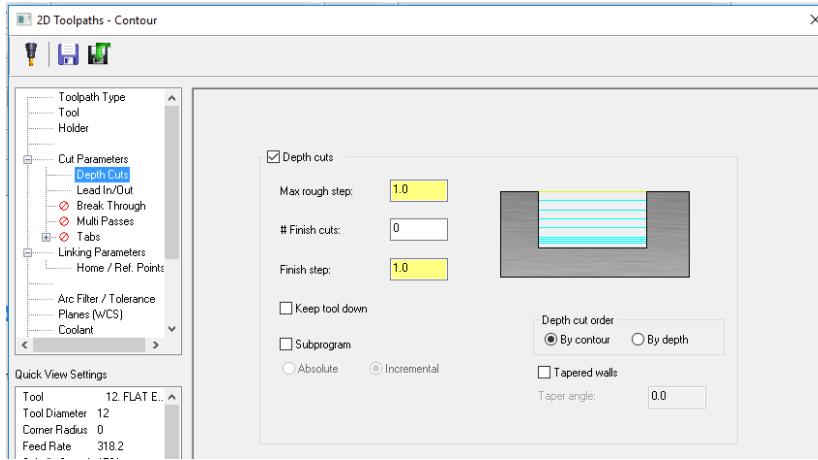
- g. Sub menu berikutnya adalah **Cut Parameter**. Sub menu-sub menu yang ditentukan dalam sub menu **Cut Parameter** meliputi:
- **Compensation Type**, terdiri dari **pilihan Computer**, jika menghendaki pahat berada di sebelah kanan atau kiri alur, dan **Off** jika menghendaki pahat berada di tengah alur. Untuk pembuatan program alur dan chamfer direkomendasikan untuk memilih Computer.
 - **Compensation direction**, terdiri dari pilihan **Left**, jika menghendaki pahat berada di kiri alur, dan **Right** jika menghendaki pahat berada di kanan alur



Gambar 68. Tampilan penentuan parameter sub menu Cut Parameters

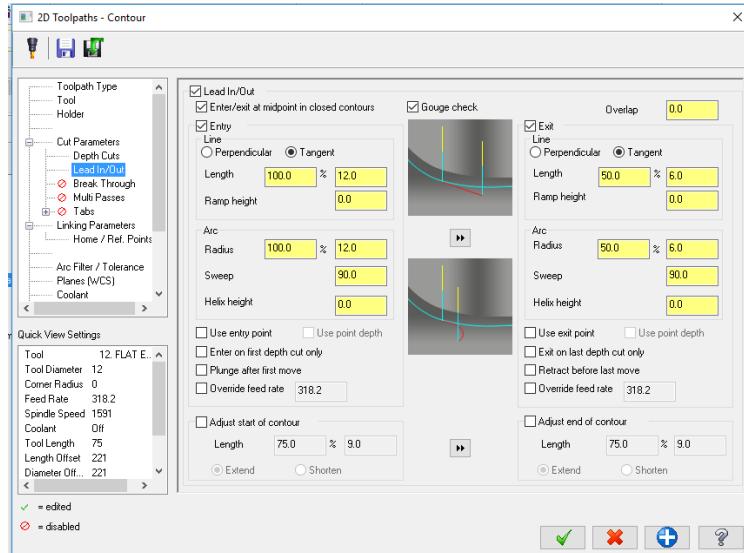
- **Dept Cuts**, yaitu dengan mengaktifkan **Depth cuts** (mencentrang) antara lain menentukan, **Max rough step**, yaitu kedalaman sekali pemakanan,

direkomendasikan diisi 1 mm, dan **Finish step**, yaitu langkah terakhir pemakanan, direkomendasikan diisi 1 mm.



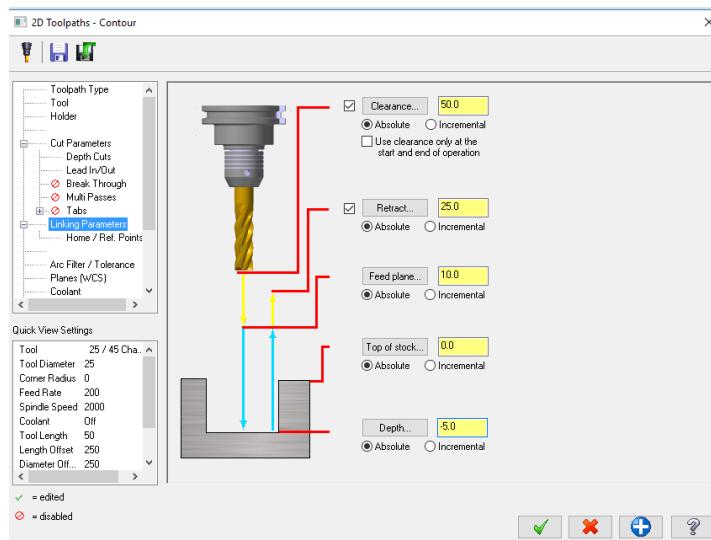
Gambar 69. Tampilan penentuan parameter sub menu Depth Cuts

- **Lead In/Out**, digunakan untuk menentukan langkah awal dan langkah akhir pahat sebelum melakukan proses penggeraan kontur. Sub menu yang perlu ditentukan meliputi **Enter/exit mid point in closed contours** yang terdiri dari **Entry** dan **Exit**. Penentuan parameter **Entry** dan **Exit** dalam bentuk persentase, dimana persentase default-nya adalah 100 %. Presentase ini dapat dikurangi dalam rangka efisiensi gerakan pahat. Dianjurkan untuk tidak diisi dengan persentase rendah, apalagi dengan 0%, dengan mempertimbangkan gerakan awal dan akhir pahat selama proses pembuatan kontur.



Gambar 70. Tampilan penentuan parameter Lead In/Out

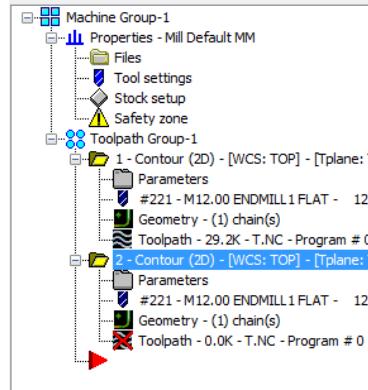
- **Linking Parameters**, meliputi penentuan **Clearance**, **Retract**, **Feed Plane**, **Top of Stock**, dan **Depth**. Parameter untuk **Depth** diisi -5, yaitu kedalaman kontur sebesar 5 mm.



Gambar 71. Tampilan penentuan parameter Linking Parameters

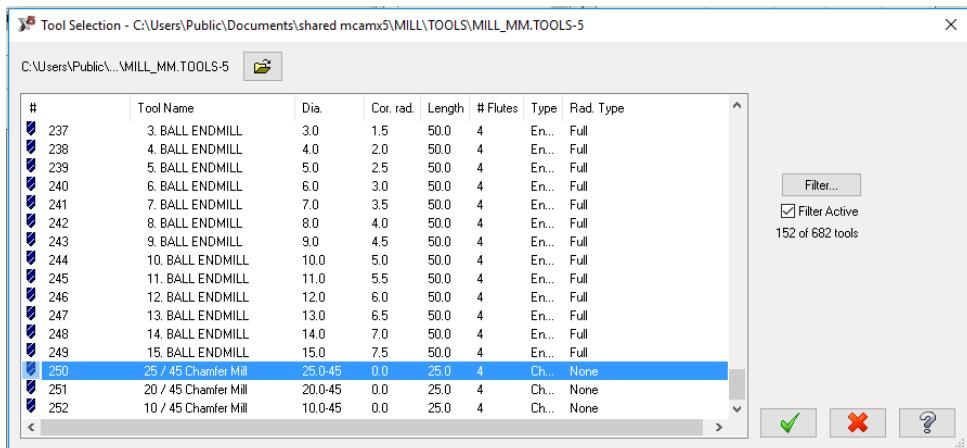
- Apabila parameter-parameter penting pada sub menu **Cut Parameter**, **Depth Cuts**, **Lead In/Out**, dan **Linking Parameters** sudah ditentukan, selanjutnya memilih tombol OK ().

- h. Langkah berikutnya adalah menentukan **Toolpaths** untuk Chamfer melalui menu **Toolpaths >> Contour >> muncul kotak dialog Chaining >> Pilih Chain pada alur yang akan di chamfer**. Pada menu Toolpath Group akan muncul sub menu **2-Contour** dan kotak dialog **2D Toolpaths-Contour**



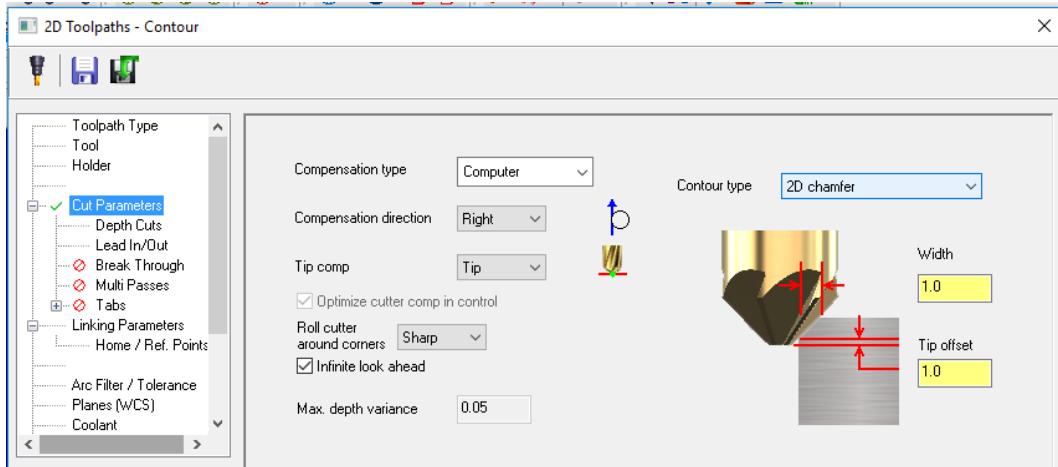
Gambar 72. Tampilan sub menu 2-Contour

- Pada kotak dialog **2D Toolpaths-Contour** terdapat sub menu Tools



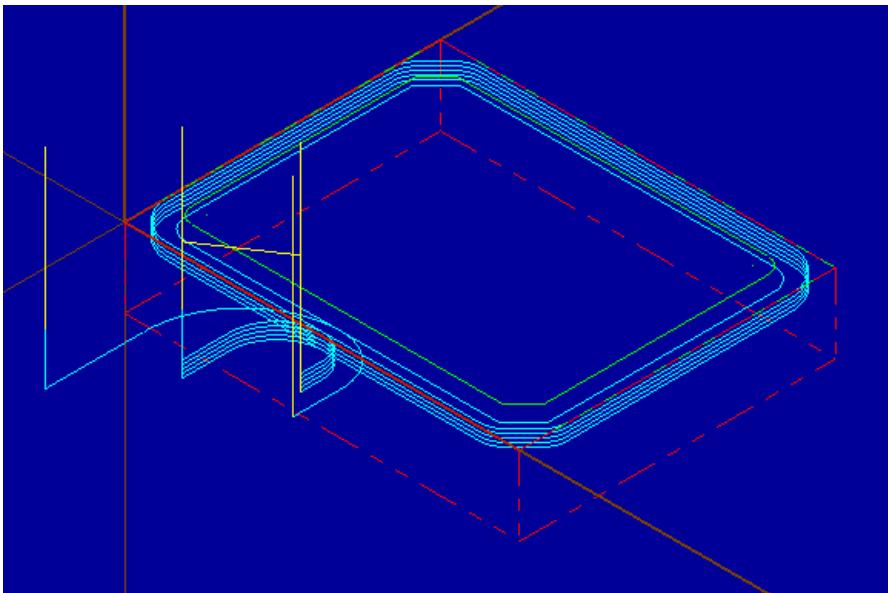
Gambar 73. Pemilihan Tools melalui Select Library untuk proses chamfer

- **Cuts Parameter, Contour Type**, terdapat pilihan yaitu **2D Chamfer** yaitu pilihan kontur untuk membuat chamfer.



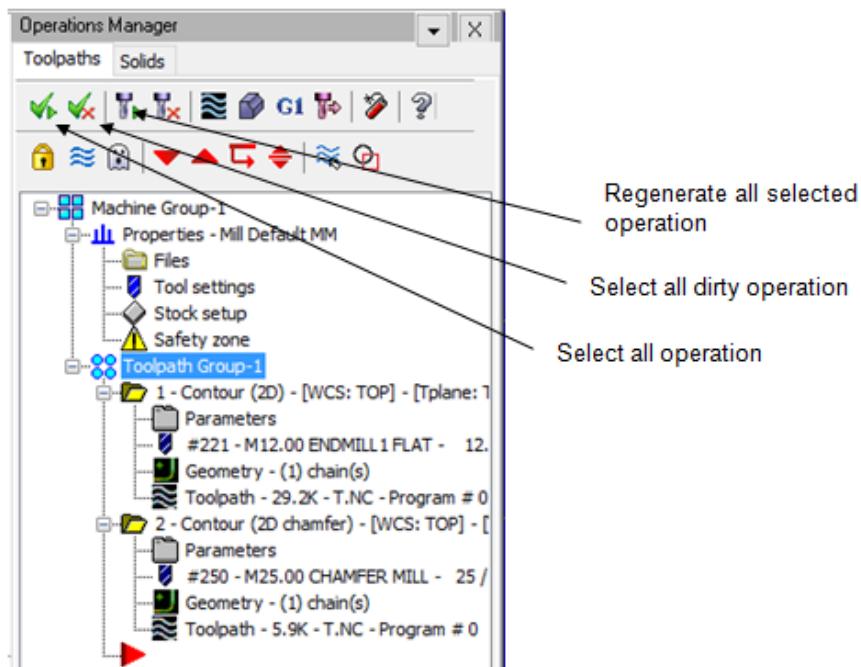
Gambar 74. Pengaturan Cut Parameters untuk Contour type pada alur chamfer

- Pada sub menu **Depth Cuts**, mengaktifkan **Depth cuts** menentukan **Max rough step**, direkomendasikan diisi 1 mm, dan **Finish step**, direkomendasikan diisi 1 mm
- Pada sub menu **Lead In/Out**, menu yang perlu ditentukan meliputi **Enter/exit mid point in closed contours** yang terdiri dari **Entry** dan **Exit**. Penentuan parameter **Entry** dan **Exit** dalam bentuk persentase, dimana persentase defaultnya adalah 100 %. Dianjurkan untuk tidak diisi dengan persentase rendah, apalagi dengan 0%,
- **Linking Parameters**, meliputi penentuan **Clearance**, **Retract**, **Feed Plane**, **Top of Stock**, dan **Depth**. Parameter untuk **Depth** diisi -1, yaitu ukuran Chamfer $1 \times 45^\circ$.
- Apabila parameter-parameter penting pada sub menu **Cut Parameter**, **Depth Cuts**, **Lead In/Out**, dan **Linking Parameters** sudah ditentukan, selanjutnya memilih tombol OK (), pada layar muncul tampilan gambar kontur alur dan chamfer.



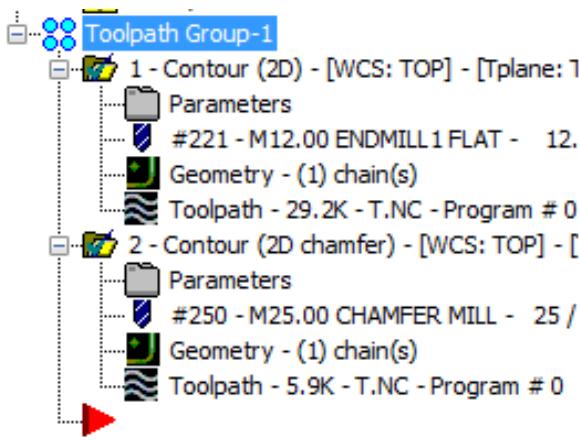
Gambar 75. Tampilan gambar kontur alur dan chamfer dalam Mastercam

- i. Pengaturan berikutnya berkaitan dengan simulasi pergerakan pahat dalam proses penggerjaan benda kerja. Langkah-langkah pengaturannya adalah sebagai berikut:
 - 1) Mengaktifkan operasi mesin yang akan ditampilkan simulasinya, melalui menu **Select all operation**, **Select all dirty operation**, atau **Regenerate all selected operation** yang dapat dipilih untuk diaktifkan sesuai dengan tujuan simulasinya.
Dalam pemrograman kontur alur dan chamfer, terdapat dua operasi kontur yang masuk dalam **Toolpath Group-1**, yaitu **1-Contour**, yaitu informasi proses penggerjaan kontur untuk membuat alur, dan **2-Contour** yaitu informasi proses penggerjaan kontur untuk membuat chamfer.
Select all operation, merupakan pilihan menu untuk melihat proses simulasi kontur alur dan kontur chamfer
Select all dirty operation, merupakan pilihan menu untuk me-nonaktifkan proses simulasi kontur alur dan kontur chamfer
Regenerate all selected operation, merupakan pilihan menu untuk mengaktifkan salah satu operasi kontur yang diinginkan.



Gambar 76. Tampilan kontur-kontur dalam **Toolpath** untuk operasi kontur alur dan chamfer

Untuk megaktifkan simulasi kontur alur dan chamfer, maka dipilih menu Select all operation, sehingga semua proses kontur pada **Toolpath Group-1** akan terlihat aktif.



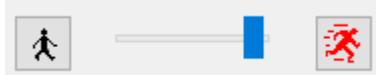
Gambar 77. Semua kontur pada **Toolpath Group-1** terlihat aktif

- 2) Menjalankan proses simulasi dengan memilih menu Verify selected operation ()

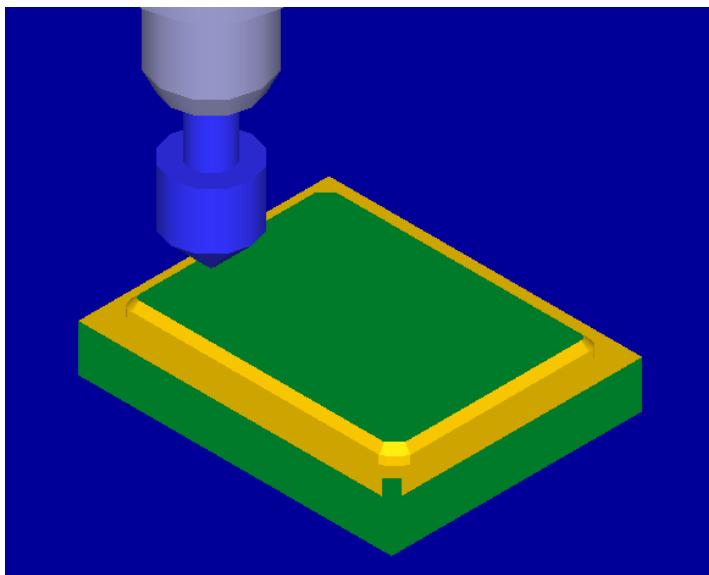
- 3) Memilih model simulasi



- 4) Mengatur kecepatan simulasi



- 5) Menjalankan simulasi dengan menekan tombol Machine ()



Gambar 78. Tampilan simulasi kontur alur dan chamfer

3. Memunculkan Bahasa Pemrograman Kode G dan Kode M Kontur Alur dan Chamfer

Memunculkan bahasa pemrograman Kode G dan Kode M untuk hasil pemrograman kontur alur dan chamfer persyaratan yang wajib dipenuhi adalah semua proses kontur pada **Toolpath Group-1** terlihat aktif. Langkah berikutnya adalah menekan tombol Post

selected operation () untuk memulai menampilkan hasil pemrograman kontur alur dan chamfer dengan G Code dan M Code. Tampilan selanjutnya adalah kotak

dialog penyimpanan program ke dalam komputer pada folder yang ditentukan

kemudian ditekan tombol OK ()

```

N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T221 M6
N106 G0 G90 G54 X36.5 Y-22. A0. S1591 M3
N108 G43 H221 Z50.
N110 Z10.
N112 G1 Z-1. F159.1
N114 Y-10. F318.2
N116 G2 X48.5 Y2. I12. J0.
N118 G1 X88.
N120 G3 X92.243 Y3.757 I0. J6.
N122 G1 X97.243 Y8.757
N124 G3 X99. Y13. I-4.243 J4.243
N126 G1 Y70.
N128 G3 X89. Y80. I-10. J0.
N130 G1 X10.
N132 G3 X5.757 Y78.243 I0. J-6.
N134 G1 X.757 Y73.243
N136 G3 X-1. Y69. I4.243 J-4.243
N138 G1 Y12.
N140 G3 X9. Y2. I10. J0.
N142 G1 X48.5
N144 G2 X54.5 Y-4. I0. J-6.
N146 G1 Y-10.
N148 G0 Z25.
N150 X36.5 Y-22.
N152 Z10.
N154 G1 Z-2. F159.1
N156 Y-10. F318.2
N158 G2 X48.5 Y2. I12. J0.
N160 G1 X88.
N162 G3 X92.243 Y3.757 I0. J6.
N164 G1 X97.243 Y8.757
N166 G3 X99. Y13. I-4.243 J4.243
N168 G1 Y70.
N170 G3 X89. Y80. I-10. J0.
N172 G1 X10.
N174 G3 X5.757 Y78.243 I0. J-6.
N176 G1 X.757 Y73.243
N178 G3 X-1. Y69. I4.243 J-4.243
N180 G1 Y12.
N182 G3 X9. Y2. I10. J0.
N184 G1 X48.5
N186 G2 X54.5 Y-4. I0. J-6.
N188 G1 Y-10.
N190 G0 Z25.
N192 X36.5 Y-22.
N194 Z10.

```

N196 G1 Z-3. F159.1
N198 Y-10. F318.2
N200 G2 X48.5 Y2. I12. J0.
N202 G1 X88.
N204 G3 X92.243 Y3.757 I0. J6.
N206 G1 X97.243 Y8.757
N208 G3 X99. Y13. I-4.243 J4.243
N210 G1 Y70.
N212 G3 X89. Y80. I-10. J0.
N214 G1 X10.
N216 G3 X5.757 Y78.243 I0. J-6.
N218 G1 X.757 Y73.243
N220 G3 X-1. Y69. I4.243 J-4.243
N222 G1 Y12.
N224 G3 X9. Y2. I10. J0.
N226 G1 X48.5
N228 G2 X54.5 Y-4. I0. J-6.
N230 G1 Y-10.
N232 G0 Z25.
N234 X36.5 Y-22.
N236 Z10.
N238 G1 Z-4. F159.1
N240 Y-10. F318.2
N242 G2 X48.5 Y2. I12. J0.
N244 G1 X88.
N246 G3 X92.243 Y3.757 I0. J6.
N248 G1 X97.243 Y8.757
N250 G3 X99. Y13. I-4.243 J4.243
N252 G1 Y70.
N254 G3 X89. Y80. I-10. J0.
N256 G1 X10.
N258 G3 X5.757 Y78.243 I0. J-6.
N260 G1 X.757 Y73.243
N262 G3 X-1. Y69. I4.243 J-4.243
N264 G1 Y12.
N266 G3 X9. Y2. I10. J0.
N268 G1 X48.5
N270 G2 X54.5 Y-4. I0. J-6.
N272 G1 Y-10.
N274 G0 Z25.
N276 X36.5 Y-22.
N278 Z10.
N280 G1 Z-5. F159.1
N282 Y-10. F318.2
N284 G2 X48.5 Y2. I12. J0.
N286 G1 X88.
N288 G3 X92.243 Y3.757 I0. J6.
N290 G1 X97.243 Y8.757
N292 G3 X99. Y13. I-4.243 J4.243
N294 G1 Y70.
N296 G3 X89. Y80. I-10. J0.
N298 G1 X10.

N300 G3 X5.757 Y78.243 I0. J-6.
 N302 G1 X.757 Y73.243
 N304 G3 X-1. Y69. I4.243 J-4.243
 N306 G1 Y12.
 N308 G3 X9. Y2. I10. J0.
 N310 G1 X48.5
 N312 G2 X54.5 Y-4. I0. J-6.
 N314 G1 Y-10.
 N316 G0 Z50.
 N318 M5
 N320 G91 G28 Z0.
 N322 A0.
 N324 M01
 N326 T250 M6
 N328 G0 G90 G54 X23.5 Y-43.5 A0. S2000 M3
 N330 G43 H250 Z50.
 N332 Z10.
 N334 G1 Z-3. F7639.8
 N336 Y-18.5 F200.
 N338 G2 X48.5 Y6.5 I25. J0.
 N340 G1 X88.
 N342 G3 X89.061 Y6.939 I0. J1.5
 N344 G1 X94.061 Y11.939
 N346 G3 X94.5 Y13. I-1.061 J1.061
 N348 G1 Y70.
 N350 G3 X89. Y75.5 I-5.5 J0.
 N352 G1 X10.
 N354 G3 X8.939 Y75.061 I0. J-1.5
 N356 G1 X3.939 Y70.061
 N358 G3 X3.5 Y69. I1.061 J-1.061
 N360 G1 Y12.
 N362 G3 X9. Y6.5 I5.5 J0.
 N364 G1 X48.5
 N366 G2 X61. Y-6. I0. J-12.5
 N368 G1 Y-18.5
 N370 G0 Z50.
 N372 M5
 N374 G91 G28 Z0.
 N376 G28 X0. Y0. A0.
 N378 M30

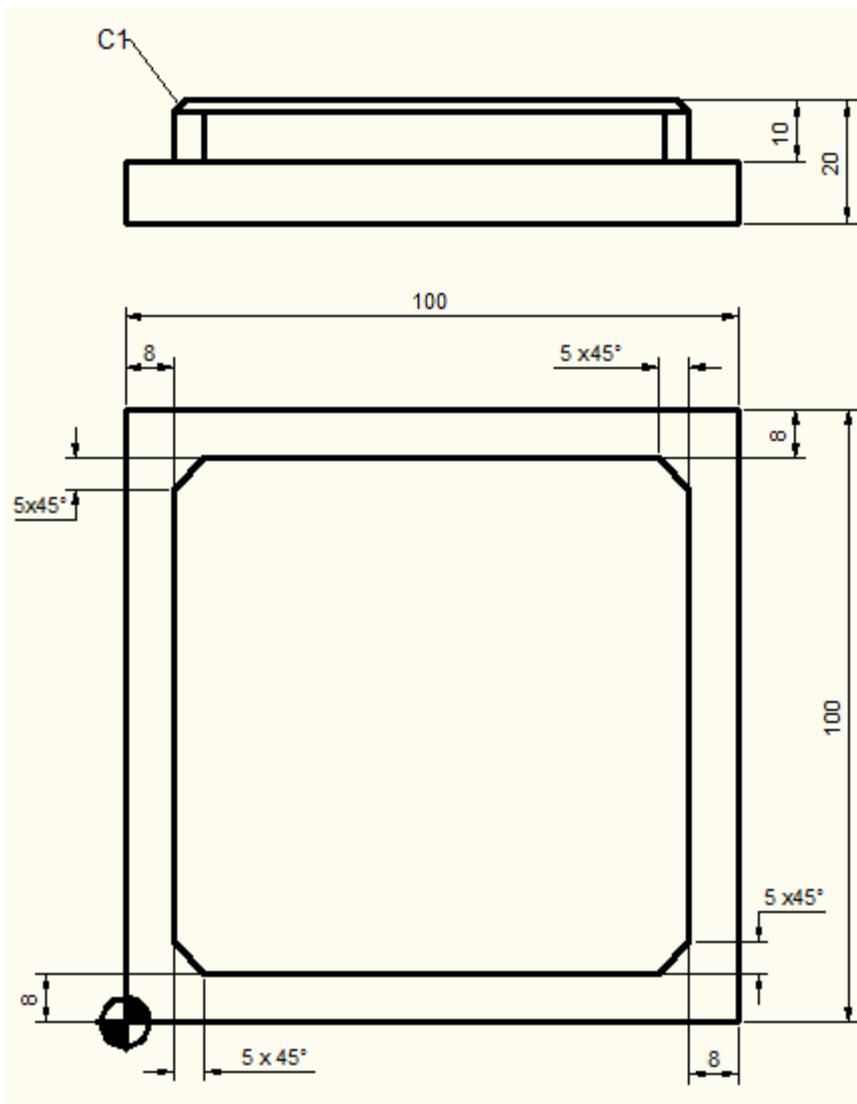
C. Rangkuman

1. Pemrograman kontur alur dan chamfer merupakan salah satu penerapan pemrograman kontur baik menggunakan mesin frais (*milling*) atau mesin bubut (*turning*)
2. Program kontur alur dan chamfer benda kerja berbentuk segi empat, dapat dipergunakan dengan memilih model mesin *milling*.
3. Memprogram kontur alur dan chamfer dimulai dengan menggambar permukaan benda kerja berbentuk segi empat, menggambar alur , dilanjutkan dengan mengatur Toolpaths, dan memunculkan bahasa pemrograman.

4. Pengaturan toolpaths meliputi mengatur **Chain** yaitu menyatuan bagian-bagian benda kerja, menentukan toolpath yang meliputi pengaturan jenis tool yaitu jenis pahat, pengaturan cut parameter yaitu parameter pemotongan, dan pengaturan linking parameter yaitu pengaturan simulasi pada saat proses pemesinan.
5. Memunculkan simulasi pemrograman kontur alur dan chamfer, dapat dilakukan dengan mengatur operasi mesin melalui menu **Select all operation**, **Select all dirty operation**, atau **Regenerate all selected operation** yang dapat dipilih untuk diaktifkan sesuai dengan tujuan simulasi.
6. Dalam pemrograman kontur alur dan chamfer, terdapat dua operasi kontur yang masuk dalam **Toolpath Group-1**, yaitu **1-Contour**, yaitu informasi proses penggerjaan kontur untuk membuat alur, dan **2-Contour** yaitu informasi proses penggerjaan kontur untuk membuat chamfer. **Select all operation**, merupakan pilihan menu untuk melihat proses simulasi kontur alur dan kontur chamfer. **Select all dirty operation**, merupakan pilihan menu untuk me-nonaktifkan proses simulasi kontur alur dan kontur chamfer. **Regenerate all selected operation**, merupakan pilihan menu untuk mengaktifkan salah satu operasi kontur yang dinginkan.

D. Tugas

Berdasarkan langkah-langkah kontur alur dan chamfer yang telah dipelajari pada uraian materi, lakukan pemrograman kontur alur dan chamfer untuk benda kerja di bawah ini



Catatan

Gambar dibuat dalam satuan millimeter (mm)

E. Evaluasi

1. Pengetahuan

- 1) Salah satu menu yang digunakan untuk menggandakan objek adalah menu **Offset**. Bagaimana penjelasan Anda didalam menggunakan menu **Offset** jika menggandakan objek dengan jarak yang sama dan menggandakan objek dengan jarak yang berbeda?
- 2) Sub menu **Lead In/Out** merupakan parameter yang perlu ditetapkan sebelum pahat melakukan proses kontur yaitu menentukan parameter **Enter/exit mid point in closed contours** yang terdiri dari **Entry** dan **Exit**. Penentuan parameter **Entry**

dan **Exit** dalam bentuk persentase, dimana persentase default-nya adalah 100 %. Mengapa tidak dianjurkan mengisi dengan persentase rendah?

- 3) Pemrograman kontur alur dan chamfer terdapat lebih dari satu kontur yang muncul paga **Toolpaths-1**. Menu-menu apa sajalah yang berkaitan dengan proses menampilkan menampilkan simulasi keseluruhan kontur atau hanya salah satu kontur saja?

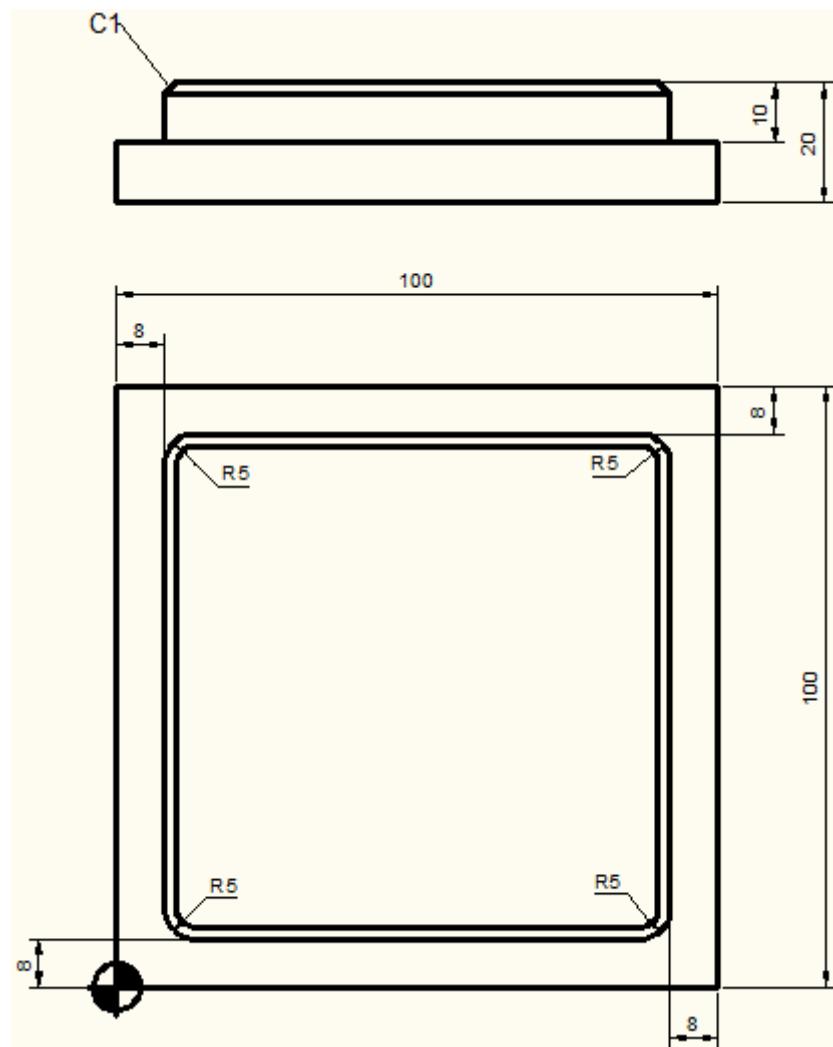
Rubrik Penilaian

No Soal	Perkiraan Jawaban	Nilai
1)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Jika objek yang akan di offset sudah dibentuk, maka langkah selanjutnya adalah melalui menu Xform >> Offset . Untuk menggandakan objek melalui Offset dengan jarak yang sama, maka tinggal menekan garis/objek yang di obset dengan pengulangan sejumlah yang dikehendaki. Untuk menggandakan objek melalui Offset dengan jarak Offset berbeda, maka dilakukan dengan memanfaatkan menu PLUS dan mengetik angka offset yang dikehendaki.	2
2)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Menu Enter/exit mid point in closed contours merupakan fasilitas untuk menentukan gerakan pahat sebelum memulai dan mengakhiri proses kontur. Untuk menjaga keselatan benda kerja akibat gerakan pahat, maka tidak dianjurkan mengatur menu ini dalam presentasi yang rendah, apalagi diatur dengan presentase 0, sebab, dengan presentase yang rendah, maka memungkinkan pahat akan menabrak benda kerja terutama pada saat memulai proses penggeraan kontur.	2
3)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Untuk mengatur tampilan simulasi dari Toolpath yang memiliki lebih dari satu kontur, maka menu Select all operation , merupakan pilihan menu untuk melihat proses simulasi keseluruhan kontur, sedangkan menu Regenerate all selected operation , merupakan pilihan menu untuk mengaktifkan salah satu proses kontur yang diinginkan.	2
Nilai Maksimal		6

$$\text{Nilai Siswa} = \frac{\text{Nilai diperoleh}}{\text{Nilai Maksimal}} \times 100$$

Nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) = 75

2. Keterampilan
- Disediakan satu unit komputer beserta perlengkapannya ter-install program Mastercam under Windows untuk masing-masing siswa
 - Disediakan gambar kerja sebagai berikut



- 3) Lakukan pemrograman kontur alur dan chamfer untuk benda kerja yang ditentukan
- 4) Waktu yang disediakan 30 menit (tidak termasuk menghidupkan komputer sampai siap dipergunakan)

Rubrik Penilaian

No	Kegiatan
1.	Membuka Program Mastercam
2.	Menetapkan satuan gambar dalam satuan milimeter
3.	Menampilkan sumbu
4.	Menampilkan pandangan baik dalam 2D maupun 3D
5.	Menggambar permukaan atas kubus dengan ukuran 100 mm x 100 mm
6.	Melakukan offset untuk menggambar 4 alur lebar 8 mm
7.	Menggambar 4 fillet dengan radius 5 mm dengan metode Trim
8.	Memilih Machine Type dengan mesin Milling
9.	Memilih sub menu Stock setup meliputi: penentuan tampilan objek dalam wire frame atau solid, select corner dan penentuan sumbu Z,
10.	Menentukan Toolpaths dengan pilihan proses kontur dan mengetik nama program T-Ujian Keterampilan Pemrograman Kontur
11.	Mengatur Toolpath untuk Contour-1 yaitu kontur alur 8 mm
12.	Penyatuan bagian-bagian objek dengan Chaining
13.	Pemilihan Tool 20 FLAT END MILL
14.	Penentuan parameter-parameter Tool meliputi Spindle direction, Feed rate, Spindle speed, dan Plunge rate
15.	Menentukan Cut parameter meliputi Compensation Type: Computer , dan Contour Type: 2D .
16.	Mengaktifkan Depth cuts dan Keep tool down
17.	Mengatur Lead In/Out dengan mengatur Entry dan Exit dengan persentase yang sesuai (tidak rendah, minimal 50 %)
18.	Menentukan Linking parameter, meliputi: Clearance, Retract, Feed plane, Top of stock, dan Depth
19.	Mengatur Toolpath untuk Contour-1 yaitu chamfer
20.	Pemilihan Tool 25 / 45 Chamfer Mill
21.	Penentuan parameter-parameter Tool meliputi Spindle direction, Feed rate, Spindle speed, dan Plunge rate
22.	Menentukan Cut parameter meliputi Compensation Type: Computer , dan Contour Type: 2D Chamfer
23.	Mengaktifkan Depth cuts dan Keep tool down
24.	Mengatur Lead In/Out dengan mengatur Entry dan Exit dengan persentase yang sesuai (tidak rendah, minimal 50 %)
25.	Menentukan Linking parameter, meliputi: Clearance, Retract, Feed plane, Top of stock, dan Depth
26.	Mengatur menu Verify selected operation meliputi bentuk simulasi, kecepatan simulasi, dan menjalankan simulasi
27.	Memunculkan Bahasa Pemograman Kode G dan Kode M dan meng-edit program.

Nilai siswa

No	Kriteria	Nilai	KKM
1.	Dikerjakan dengan prosedur tepat kurang dari 20 menit	90	75
2.	Dikerjakan dengan prosedur tepat antara 20 – 30 menit	75	
3.	Dikerjakan dengan prosedur tepat lebih dari 30 menit	70	

4

Teknik Pemograman Pocket dengan Mastercam

Kegiatan Belajar 4
Teknik Pemograman Pocket dengan Mastercam

A. Tujuan Pembelajaran

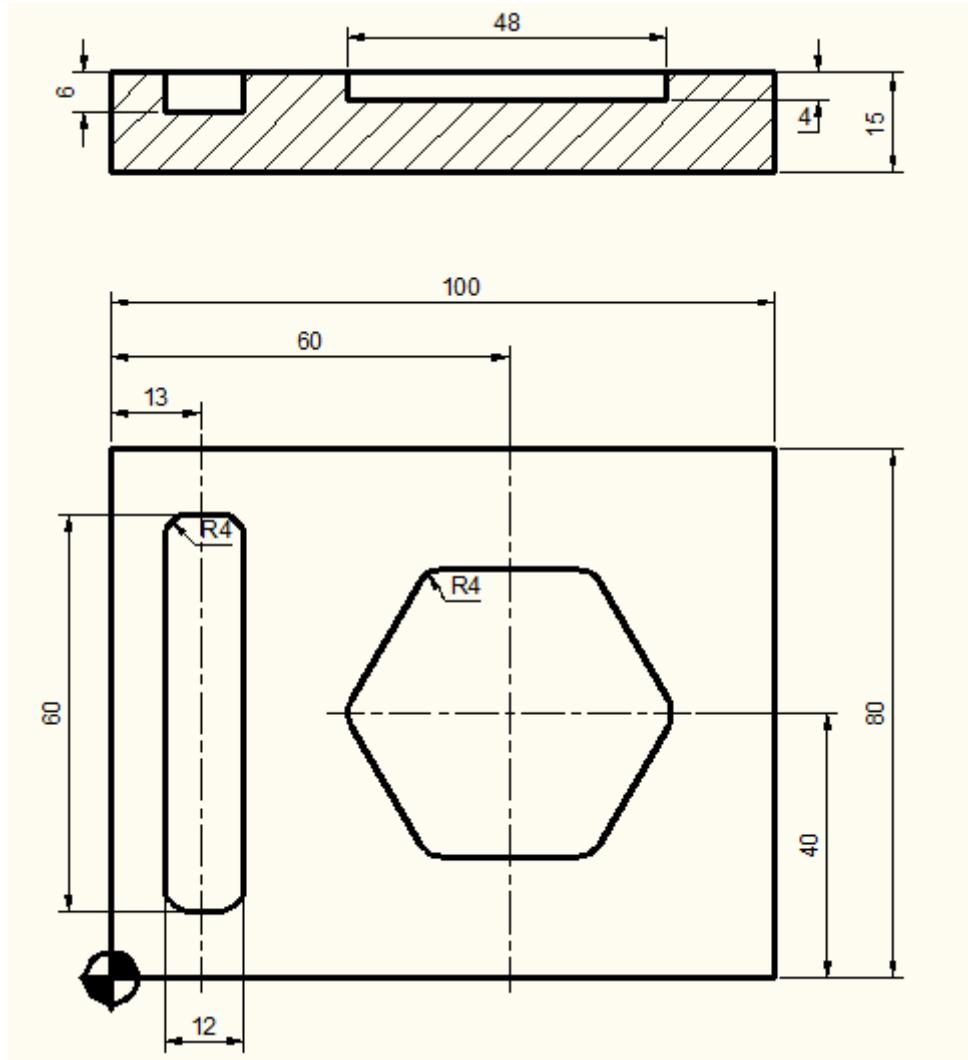
1. Menjelaskan menggambar 2D/3D pocket
2. Menjelaskan Setting Toolpaths pocket
3. Menjelaskan G Code/M Code pocket
4. Menerapkan cara menggambar 2D pocket
5. Menerapkan Setting Toolpath pocket

B. Uraian Materi

1. Membuat gambar 2D/3D pocket

Langkah-langkah menggambar 2D/3D pocket adalah sebagai berikut:

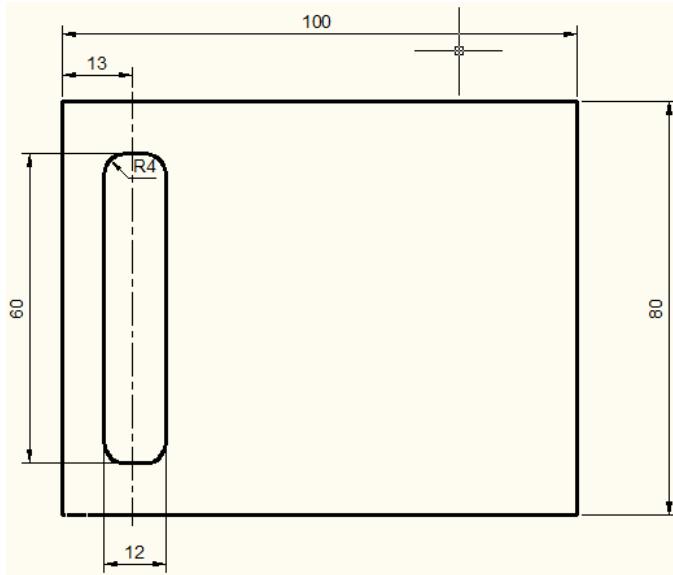
- a. Memuka program Mastercam under Windows
- b. Mengatur satuan dalam millimeter (mm) dengan memilih menu **Setting >> Configuration >> Unit for Analyze distance >> Pilih Milimeters**
- c. Memunculkan sumbu X dan sumbu Y dengan menekan fungsi F9 pada keyboard
- d. Menggambar sisi atas kubus dari benda kerja di bawah ini



Gambar 79. Benda kerja program pocket

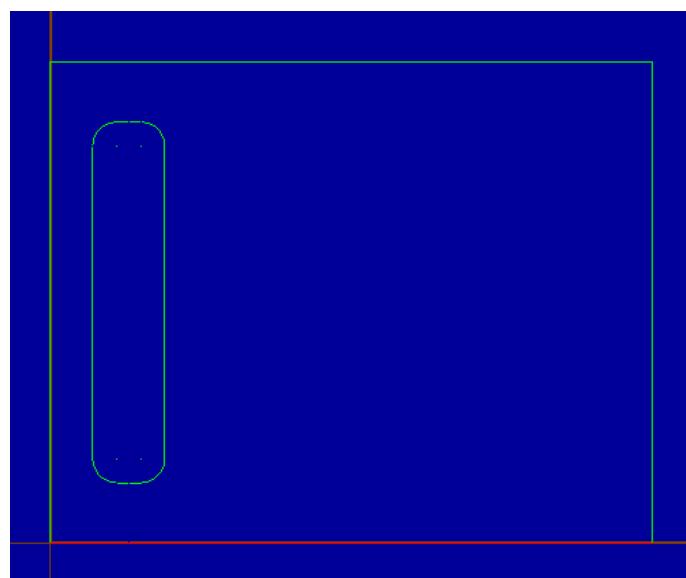
Langkah-langkah menggambar sisi atas dari benda kerja *pocket* adalah sebagai berikut:

- 1) Menggambar sisi atas ukuran 100 mm x 80 mm melalui menu **Create > Rectangular Shape**
- 2) Menggambar poket ukuran 12 mm x 60 mm dengan menggunakan perintah offset dan fillet dengan Trim.



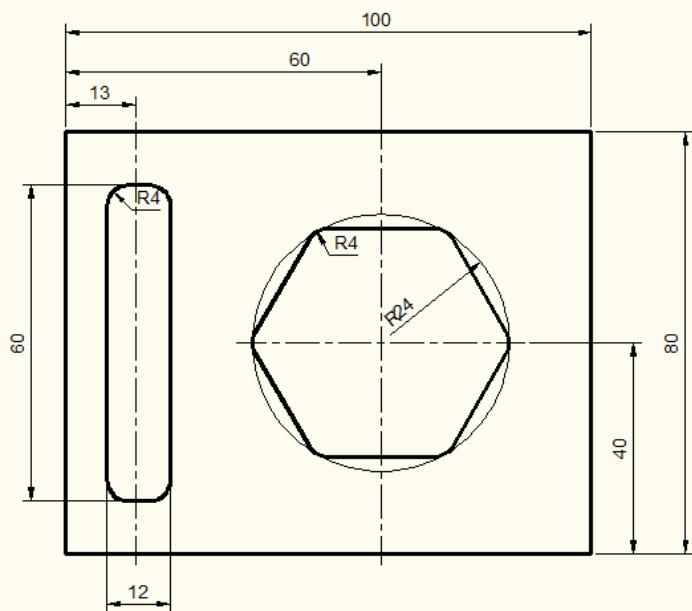
Gambar 80. Rancangan pocket 12 mm x 60 mm

- Offset jarak 13 mm kearah kanan dengan menggunakan garis paling kiri
- Offset jarak 6 mm kearah kiri dan 6 mm kearah kanan dengan menggunakan garis hasil offset sebelumnya
- Fillet radius 4 mm
- Menghapus garis bantu yang tidak diperlukan



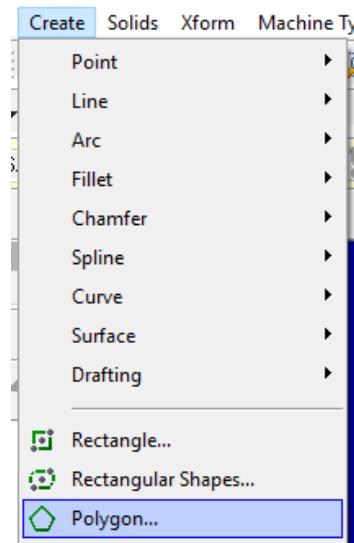
Gambar 81. Pocket ukuran 12 mmx 60 mm yang terbentuk

3) Menggambar pocket berbentuk segi enam beraturan



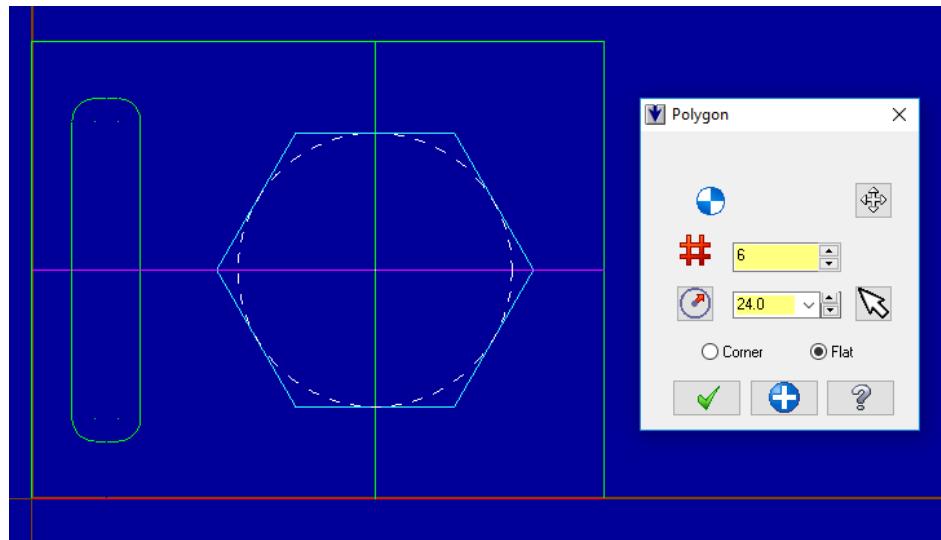
Gambar 82. Rancangan gambar pocket segi enam

- Offset 60 mm kearah kanan dengan menggunakan garis paling kiri
- Offset 40 mm kearah atas dengan menggunakan garis paling bawah
- Garis hasil offset membentuk perpotongan garis sebagai titik pusat segi enam beraturan
- Menggambar segi enam beraturan menggunakan menu **Create >> Polygon**, selanjutnya akan muncul kotak dialog Polygon



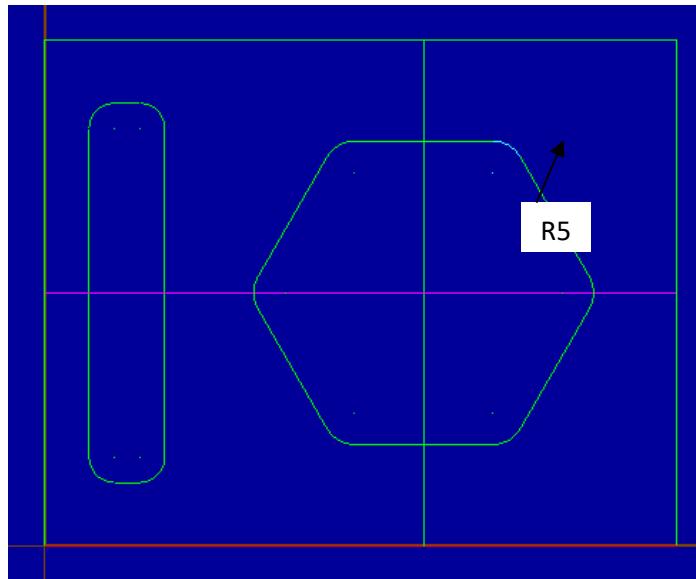
Gambar 83. Menu menggambar segi enam beraturan

- Isikan pada kotak dialog **Polygon** angka 6 sebagai jumlah segi enam, dan angka 24 sebagai radius dari segi enam. Pilihan **Corner** digunakan untuk menentukan ukuran segi enam dari satu sisi ke sisi lain yang saling berlawanan, sedangkan **Flat** digunakan untuk menentukan ukuran segi enam dari satu sudut ke sudut lain yang saling berlawanan.



Gambar 84. Pocket segi enam yang terbentuk

- Membentuk radius 5 mm pada segi enam beraturan dengan menggunakan fillet pilihan trim.

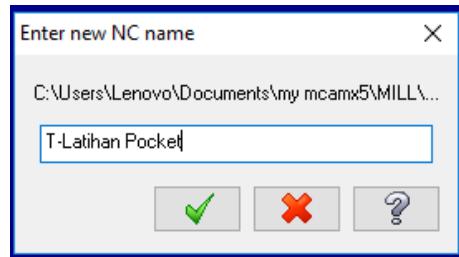


Gambar 85. Radius 5 mm pada segi enam

2. Mengatur Toolpaths Pocket

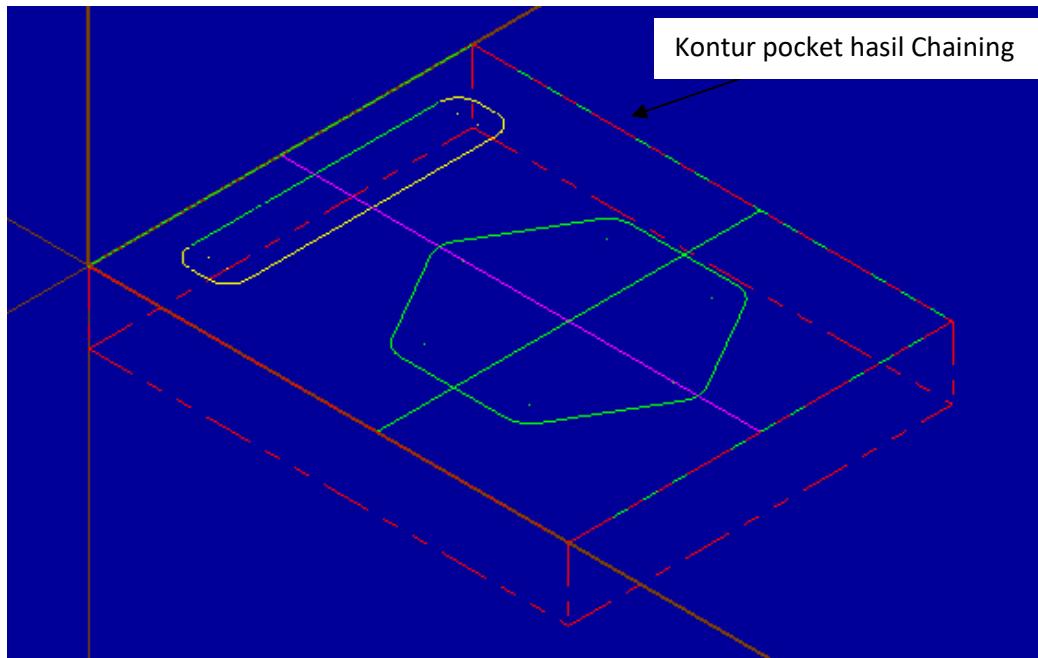
Langkah-langkah mengatur Toolpaths kontur alur dan chamfer adalah sebagai berikut:

- Memilih tipe mesin melalui menu **Machine Type >> Mill >> Default** selanjutnya muncul kotak dialog **Operation Manager**.
- Pada kotak dialog **Operation Manager** untuk sub menu **Toolpaths**, pilih menu **Properties** dan **Stock setup**, selanjutnya akan muncul kotak dialog **Machine Group Properties**.
- Pada kotak dialog **Machine Group Properties**, pilih **Select corner** untuk menentukan ukuran benda kerja dalam sumbu X, sumbu Y, dan **In view coordinates**, selanjutnya masukkan nilai sumbu Z= 15 mm, kemudian tekan OK ().
- Pilih menu **Toolpaths >> Contour**, menamai file dengan *T-Latihan Pocket* dan menekan tombol OK ().

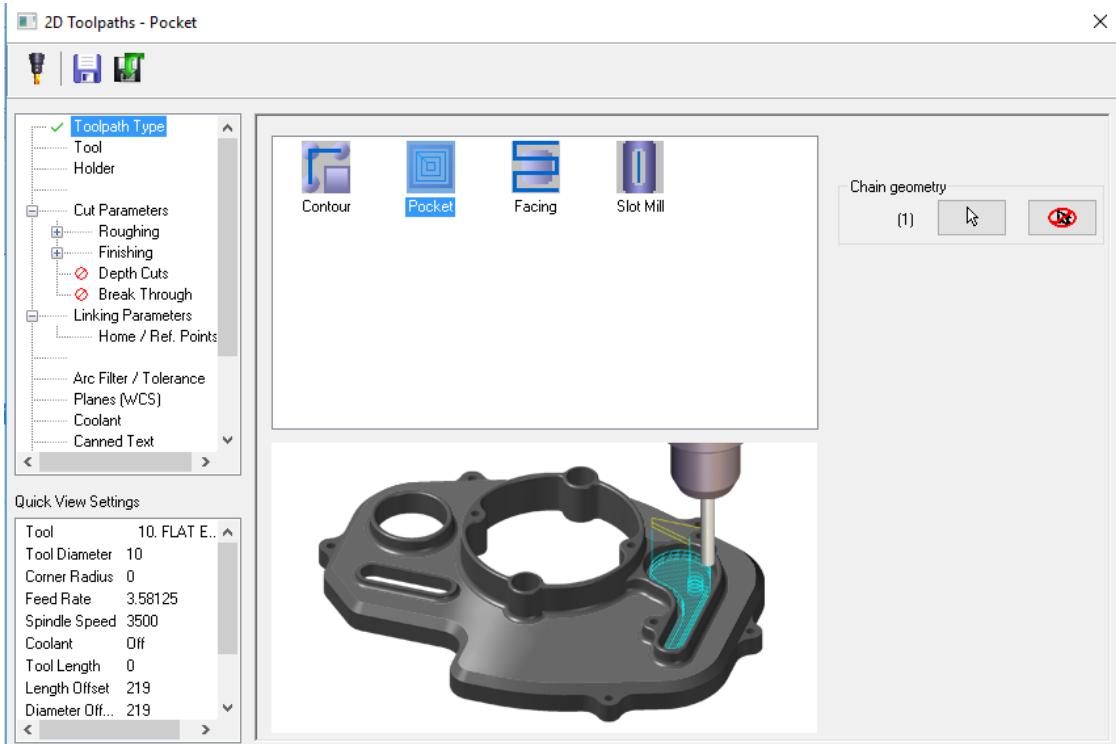


Gambar 86. Memberi nama file Latihan Pocket

- e. Chaining terhadap pocket ukuran 12 mm x 60 mm dengan menu Chain, memilih kontur pocket (lihat gambar 54), dan tekan OK (). Selanjutnya muncul kotak dialog **2D Toolpaths-Pocket**.

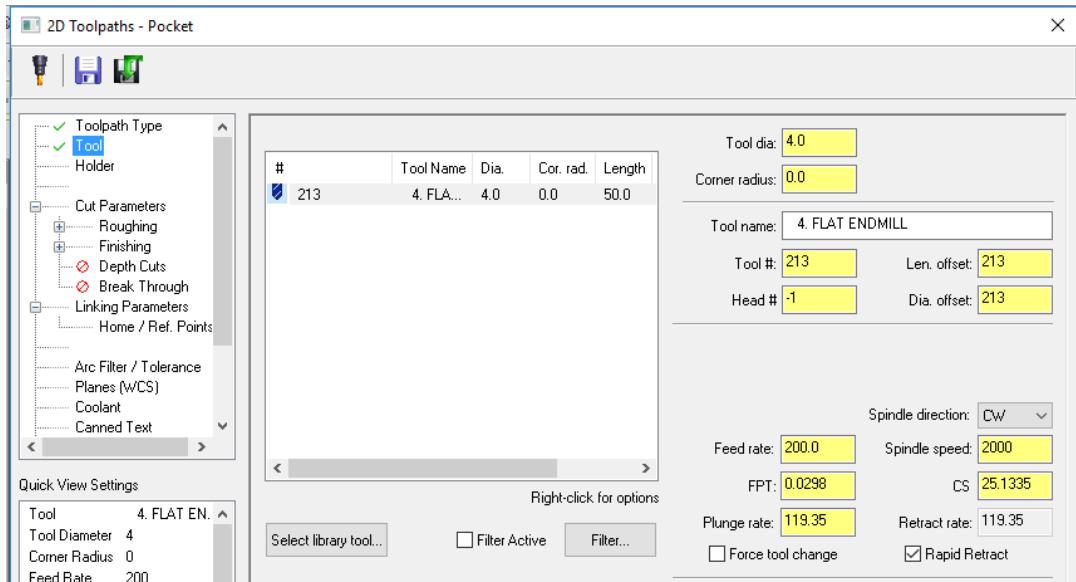


Gambar 87. Kontur pocket hasil Chaining



Gambar 88. Tampilan menu 2D Toolpaths-Pocket

- f. Pada kotak dialog **2D Toolpaths-Pocket**, pilih sub menu **Tools** dan **Select Library** untuk memilih jenis pahat. Untuk jenis pahat, direkomendasikan untuk dipilih FLAT END MILL Ø 4 mm, dan tekan OK ().



Gambar 89. Pemilihan pahat FLAT ENDMILL diameter 4 mm melalui sub menu Select Library

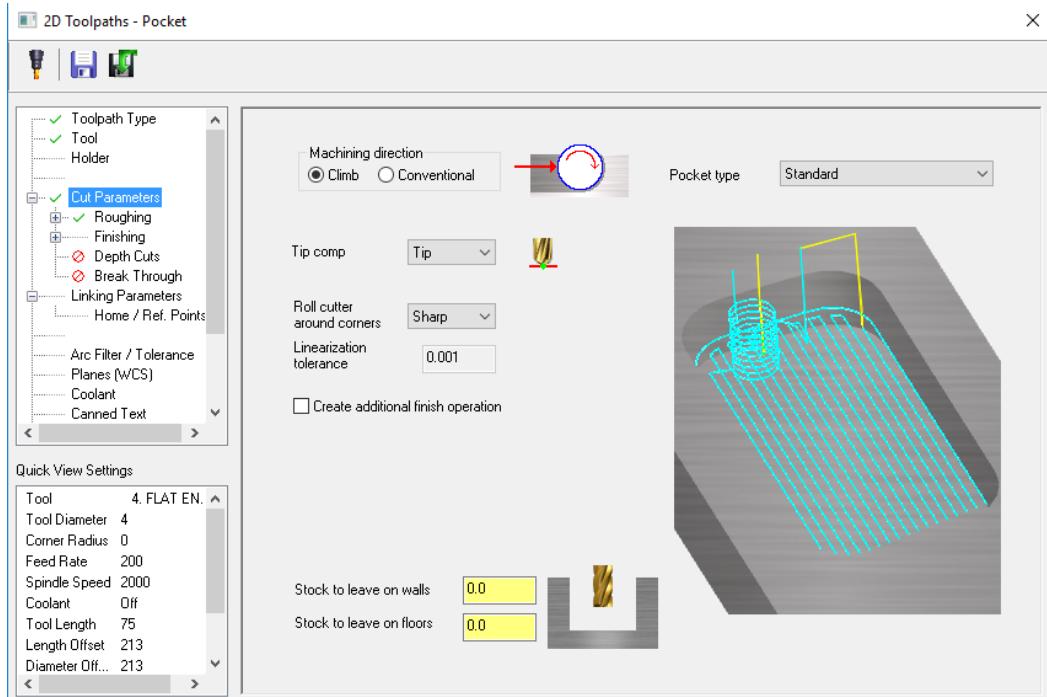
Parameter-parameter yang perlu diisi meliputi:

- **Spindle direction**, terdapat pilihan CW (Clock Wise) untuk putaran searah jarum jam, dan CCW (Counter Clock Wise) untuk putaran berlawanan jarum jam
- **Feed rate**, kecepatan pemakanan
- **Spindle speed**, kecepatan putar dari pahat ditentukan dengan rumus:

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} \text{ rpm}$$

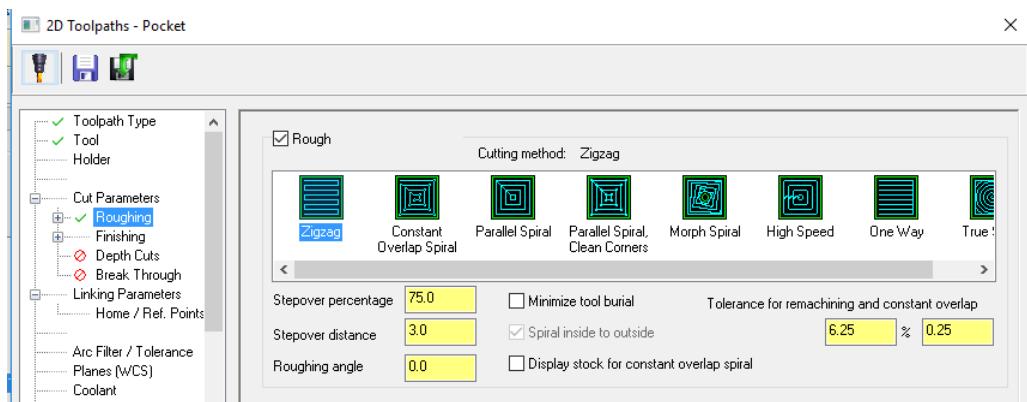
- **Plunge rate**, kecepatan pahat kembali ke posisi semula

- g. Sub menu berikutnya adalah **Cut Parameter**. Sub menu-sub menu yang ditentukan dalam sub menu **Cut Parameter** meliputi:
- **Machining direction** ditentukan **Climb**, **Pocket Type** ditentukan **Standard**, dan **Tip comp** ditentukan **Tip**.



Gambar 90. Menu Cut Parameter program pocket

- Sub menu **Roughing**, ditentukan dengan **Cutting method Zigzag**

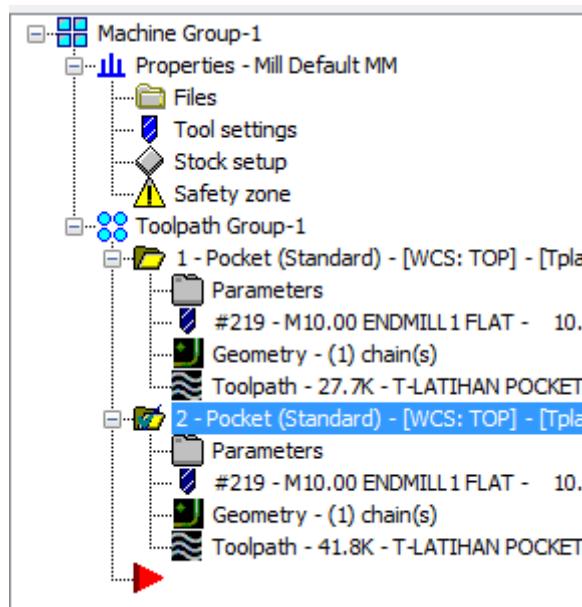


Gambar 91. Tampilan penentuan sub menu Roughing dengan Cutting method Zigzag

- **Dept Cuts**, yaitu dengan mengaktifkan **Depth cuts** (mencentrang) antara lain menentukan, **Max rought step**, yaitu kedalaman sekali pemakanan,

direkomendasikan diisi 1 mm, dan **Finish step**, yaitu langkah terakhir pemakanan, direkomendasikan diisi 1 mm.

- **Linking Parameters**, meliputi penentuan **Clearance**, **Retract**, **Feed Plane**, **Top of Stock**, dan **Depth**. Parameter untuk **Depth** diisi -6, yaitu kedalaman pocket 12 mm x 60 mm sebesar 6 mm.
- h. Langkah berikutnya menentukan menentukan **Toolpaths** untuk pocket segi enam melalui menu **Toolpaths >> Contour >> muncul kotak dialog Chaining >> Pilih Chain pada pocket segi enam**. Pada menu Toolpath Group akan muncul sub menu **2-Pocket** dan kotak dialog **2D Toolpaths-Pocket**



Gambar 92. Tampilan sub menu 2-Pocket

- Chaining terhadap pocket segi enam dengan menu Chain, memilih kontur alur dan tekan OK (). Selanjutnya muncul kotak dialog **2D Toolpats-Pocket**.
- Pengaturan pada sub menu Cut parameter meliputi Roughing, Finishing, Depth Cuts, Break Trough tidak terdapat perubahan, yaitu sama dengan pengaturan pada pocket 12 mm x 60 mm
- Pengaturan pada **Linking Parameter**, meliputi penentuan **Clearance**, **Retract**, **Feed Plane**, **Top of Stock**, dan **Depth**. Parameter untuk **Depth** diisi -4, yaitu kedalaman pocket segi enam sebesar 4 mm.
- i. Pengaturan berikutnya berkaitan dengan simulasi pergerakan pahat dalam proses penggeraan benda kerja. Langkah-langkah pengaturannya adalah sebagai berikut:
 - 1) Mengaktifkan operasi mesin yang akan ditampilkan simulasinya, melalui menu **Select all operation**, **Select all dirty operation**, atau **Regerate all**

selected operation yang dapat dipilih untuk diaktifkan sesuai dengan tujuan simulasi.

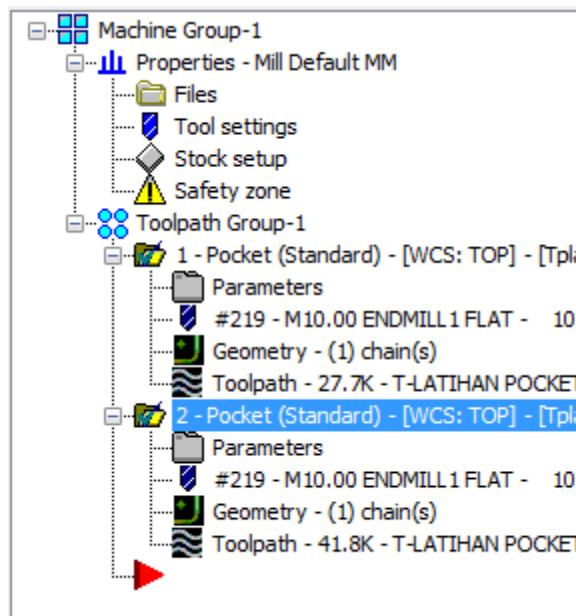
Dalam pemrograman kontur alur dan chamfer, terdapat dua operasi kontur yang masuk dalam **Toolpath Group-1**, yaitu **1-Pocket**, yaitu informasi proses penggerjaan kontur untuk membuat alur, dan **2-Pocket** yaitu informasi proses penggerjaan kontur untuk membuat chamfer.

Select all operation, merupakan pilihan menu untuk melihat proses simulasi pocket 12 mm x 60 mm dan pocket segi enam

Select all dirty operation, merupakan pilihan menu untuk me-nonaktifkan proses simulasi pocket 12 mm x 60 mm dan pocket segi enam

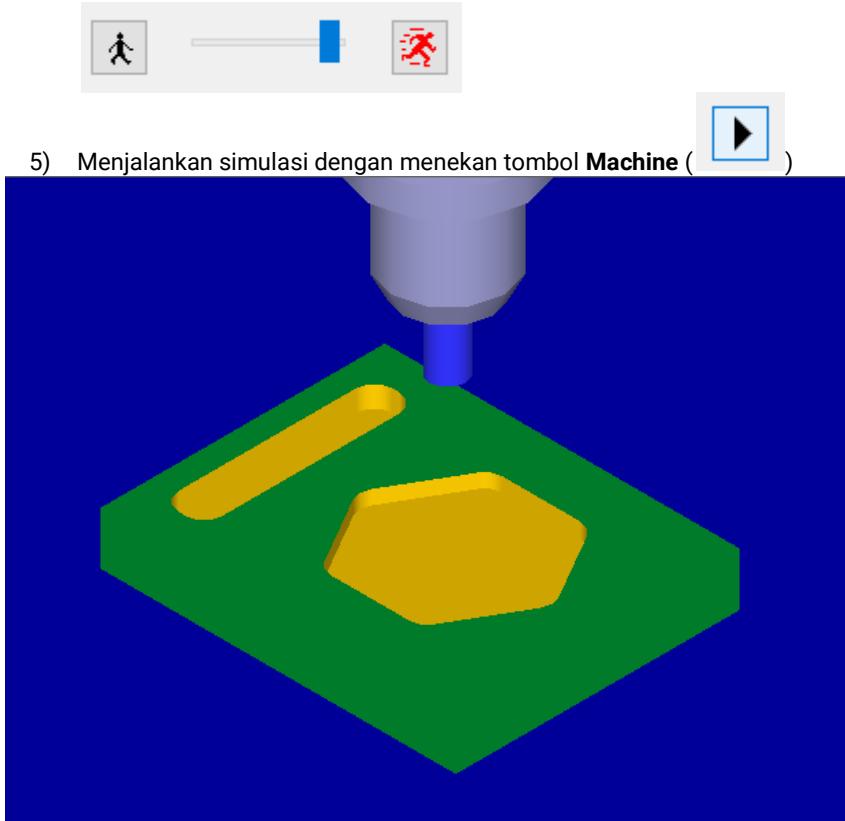
Regenerate all selected operation, merupakan pilihan menu untuk mengaktifkan salah satu operasi pocket yang diinginkan.

Untuk mengaktifkan simulasi pocket, maka dipilih menu **Select all operation**, sehingga semua proses kontur pada **Toolpath Group-1** akan terlihat aktif.



Gambar 93. Mengatur aktif semua kontur pada Toolpath Group-1

- 2) Menjalankan proses simulasi dengan memilih menu Verify selected operation
()
- 3) Memilih model simulasi
- 4) Mengatur kecepatan simulasi



Gambar 94. Tampilan simulasi pocket

3. Memunculkan Bahasa Pemrograman Kode G dan Kode M 2 Pocket

Memunculkan bahasa pemrograman Kode G dan Kode M untuk hasil pemrograman kontur alur dan chamfer persyaratan yang wajib dipenuhi adalah semua proses kontur pada **Toolpath Group-1** terlihat aktif. Langkah berikutnya adalah menekan tombol Post

G1 selected operation () untuk memulai menampilkan hasil pemrograman kontur alur dan chamfer dengan G Code dan M Code. Tampilan selanjutnya adalah kotak dialog penyimpanan program ke dalam komputer pada folder yang ditentukan kemudian

ditekan tombol OK ()

```

N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T219 M6
N106 G0 G90 G54 X13. Y15. A0. S3500 M3
N108 G43 H219 Z50.
N110 Z10.

```

N112 G1 Z-1. F3.6
N114 X14.
N116 Y65.
N118 X12.
N120 Y15.
N122 X13.
N124 Z-2.
N126 X14.
N128 Y65.
N130 X12.
N132 Y15.
N134 X13.
N136 Z-3.
N138 X14.
N140 Y65.
N142 X12.
N144 Y15.
N146 X13.
N148 Z-4.
N150 X14.
N152 Y65.
N154 X12.
N156 Y15.
N158 X13.
N160 Z-5.
N162 X14.
N164 Y65.
N166 X12.
N168 Y15.
N170 X13.
N172 Z-6.
N174 X14.
N176 Y65.
N178 X12.
N180 Y15.
N182 X13.
N184 G0 Z50.
N186 X50.474 Y23.5
N188 Z10.
N190 G1 Z-1.
N192 X69.526
N194 X73.337 Y30.1
N196 X46.663
N198 X42.853 Y36.7
N200 X77.147
N202 X79.053 Y40.
N204 X77.147 Y43.3
N206 X42.853
N208 X46.663 Y49.9
N210 X73.337
N212 X69.526 Y56.5

N214 X50.474
N216 G0 Z24.
N218 X55.866 Y49.16
N220 Z10.
N222 G1 Z-1.
N224 X47.206 Y44.16
N226 G3 X42.206 Y35.5 I5. J-8.66
N228 X43.546 Y30.5 I10. J0.
N230 G1 X49.03 Y21.
N232 X70.97
N234 X81.939 Y40.
N236 X70.97 Y59.
N238 X49.03
N240 X38.061 Y40.
N242 X43.546 Y30.5
N244 G3 X52.206 Y25.5 I8.66 J5.
N246 X57.206 Y26.84 I0. J10.
N248 G1 X65.866 Y31.84
N250 G0 Z24.
N252 X50.474 Y23.5
N254 Z10.
N256 G1 Z-2.
N258 X69.526
N260 X73.337 Y30.1
N262 X46.663
N264 X42.853 Y36.7
N266 X77.147
N268 X79.053 Y40.
N270 X77.147 Y43.3
N272 X42.853
N274 X46.663 Y49.9
N276 X73.337
N278 X69.526 Y56.5
N280 X50.474
N282 G0 Z23.
N284 X55.866 Y49.16
N286 Z10.
N288 G1 Z-2.
N290 X47.206 Y44.16
N292 G3 X42.206 Y35.5 I5. J-8.66
N294 X43.546 Y30.5 I10. J0.
N296 G1 X49.03 Y21.
N298 X70.97
N300 X81.939 Y40.
N302 X70.97 Y59.
N304 X49.03
N306 X38.061 Y40.
N308 X43.546 Y30.5
N310 G3 X52.206 Y25.5 I8.66 J5.
N312 X57.206 Y26.84 I0. J10.
N314 G1 X65.866 Y31.84

N316 G0 Z23.
N318 X50.474 Y23.5
N320 Z10.
N322 G1 Z-3.
N324 X69.526
N326 X73.337 Y30.1
N328 X46.663
N330 X42.853 Y36.7
N332 X77.147
N334 X79.053 Y40.
N336 X77.147 Y43.3
N338 X42.853
N340 X46.663 Y49.9
N342 X73.337
N344 X69.526 Y56.5
N346 X50.474
N348 G0 Z22.
N350 X55.866 Y49.16
N352 Z10.
N354 G1 Z-3.
N356 X47.206 Y44.16
N358 G3 X42.206 Y35.5 I5. J-8.66
N360 X43.546 Y30.5 I10. J0.
N362 G1 X49.03 Y21.
N364 X70.97
N366 X81.939 Y40.
N368 X70.97 Y59.
N370 X49.03
N372 X38.061 Y40.
N374 X43.546 Y30.5
N376 G3 X52.206 Y25.5 I8.66 J5.
N378 X57.206 Y26.84 I0. J10.
N380 G1 X65.866 Y31.84
N382 G0 Z22.
N384 X50.474 Y23.5
N386 Z10.
N388 G1 Z-4.
N390 X69.526
N392 X73.337 Y30.1
N394 X46.663
N396 X42.853 Y36.7
N398 X77.147
N400 X79.053 Y40.
N402 X77.147 Y43.3
N404 X42.853
N406 X46.663 Y49.9
N408 X73.337
N410 X69.526 Y56.5
N412 X50.474
N414 G0 Z21.
N416 X55.866 Y49.16

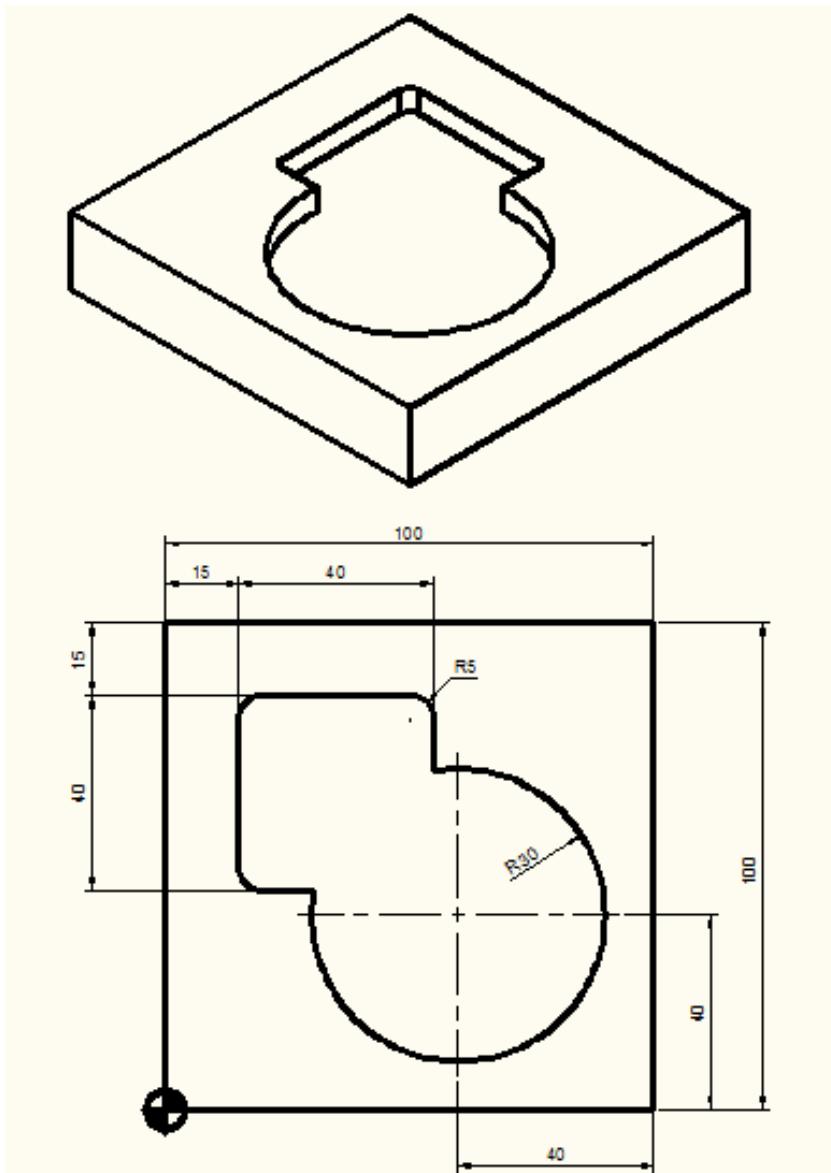
N418 Z10.
 N420 G1 Z-4.
 N422 X47.206 Y44.16
 N424 G3 X42.206 Y35.5 I5. J-8.66
 N426 X43.546 Y30.5 I10. J0.
 N428 G1 X49.03 Y21.
 N430 X70.97
 N432 X81.939 Y40.
 N434 X70.97 Y59.
 N436 X49.03
 N438 X38.061 Y40.
 N440 X43.546 Y30.5
 N442 G3 X52.206 Y25.5 I8.66 J5.
 N444 X57.206 Y26.84 I0. J10.
 N446 G1 X65.866 Y31.84
 N448 G0 Z50.
 N450 M5
 N452 G91 G28 Z0.
 N454 G28 X0. Y0. A0.
 N456 M30

C. Rangkuman

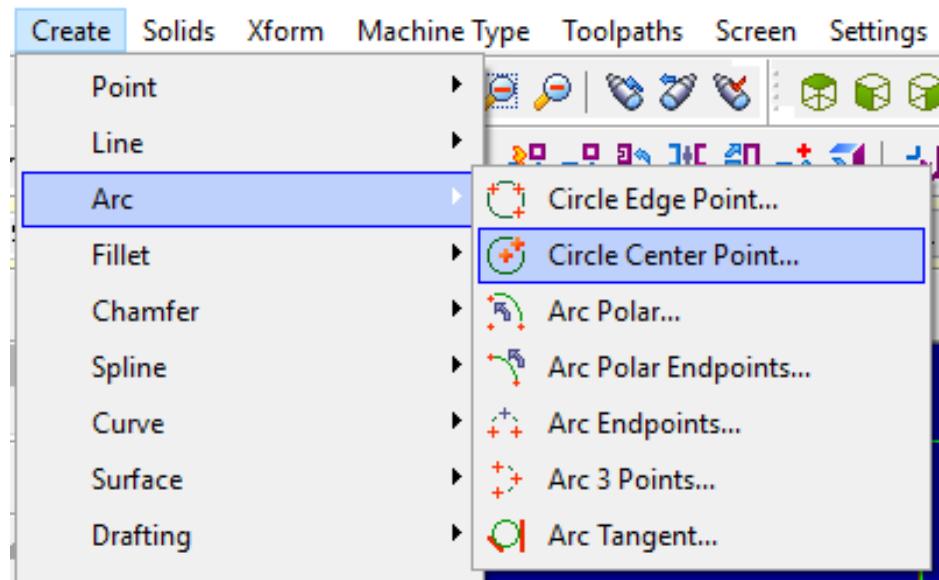
1. Pemrograman pocket merupakan salah satu program yang terdapat dalam mastercam untuk membuat kantong dengan bentuk dan ukuran tertentu.
2. Pembuatan pocket dilakukan dengan menggunakan mesin *frais* (*milling*).
3. Memprogram pocket dimulai dengan menggambar permukaan benda kerja berbentuk segi empat, menggambar bentuk pocket, dilanjutkan dengan mengatur Toolpaths, dan memunculkan bahasa pemrograman.
4. Pengaturan toolpaths meliputi mengatur **Chain** yaitu menyatuan bagian-bagian benda kerja, menentukan toolpaths yang meliputi pengaturan jenis tool yaitu jenis pahat, pengaturan cut parameter yaitu parameter pemotongan, dan pengaturan linking parameter yaitu pengaturan simulasi pada saat proses pemesinan.
5. Dalam pemrograman pocket, pada sub menu **Cut parameter** terdapat penentuan **Roughing** yaitu penentuan proses gerakan pahat (**Cutting method**) selama penggerahan pocket.

D. Tugas

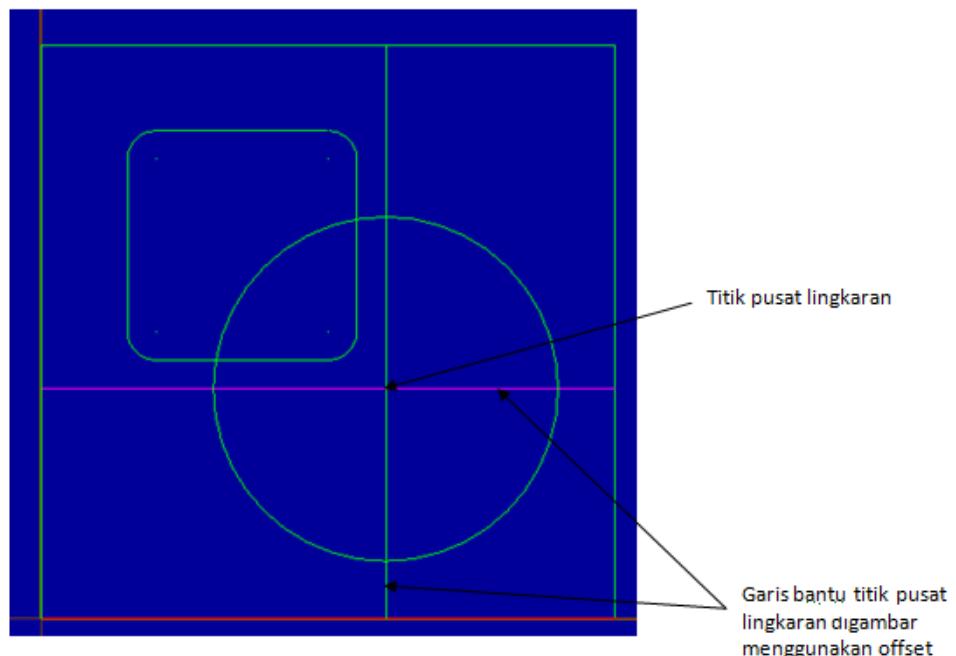
Berdasarkan langkah-langkah pembuatan pocket yang telah dipelajari pada uraian materi, lakukan pemrograman pocket untuk benda kerja di bawah ini

**Catatan**

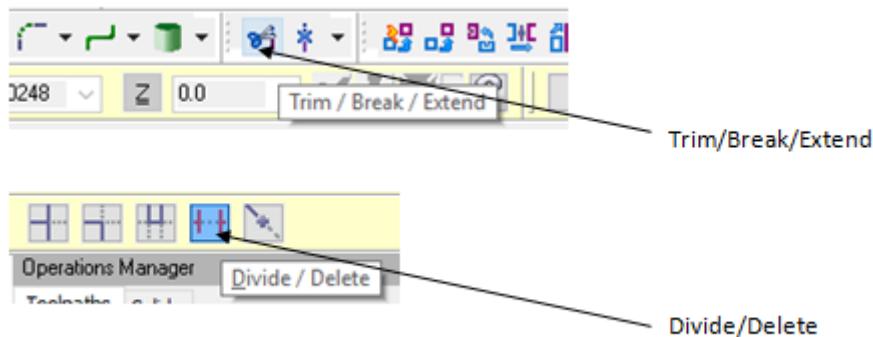
- Satuan benda kerja dalam mm
- Kedalam pocket 5 cm
- Ketebalan benda kerja 20 mm
- Langkah kerja membuat lingkaran melalui menu Create > Arc > Circle Center Point



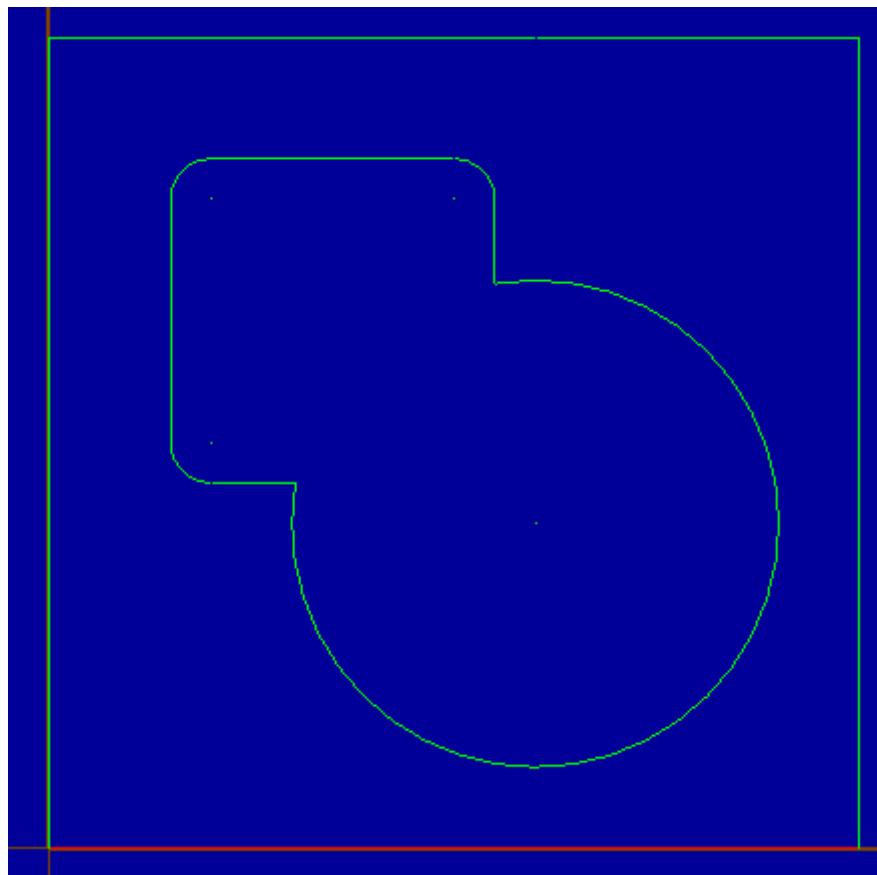
- Titik pusat lingkaran terlebih dahulu digambar menggunakan offset



- Terdapat beberapa bagian dari pocket yang akan dihilangkan melalui menu **Trim/Break/Extend** selanjutnya menggunakan **Divide/Delete**, menekan **OK** dan menghilangkan bagian-bagian dari rancangan gambar yang tidak diperlukan



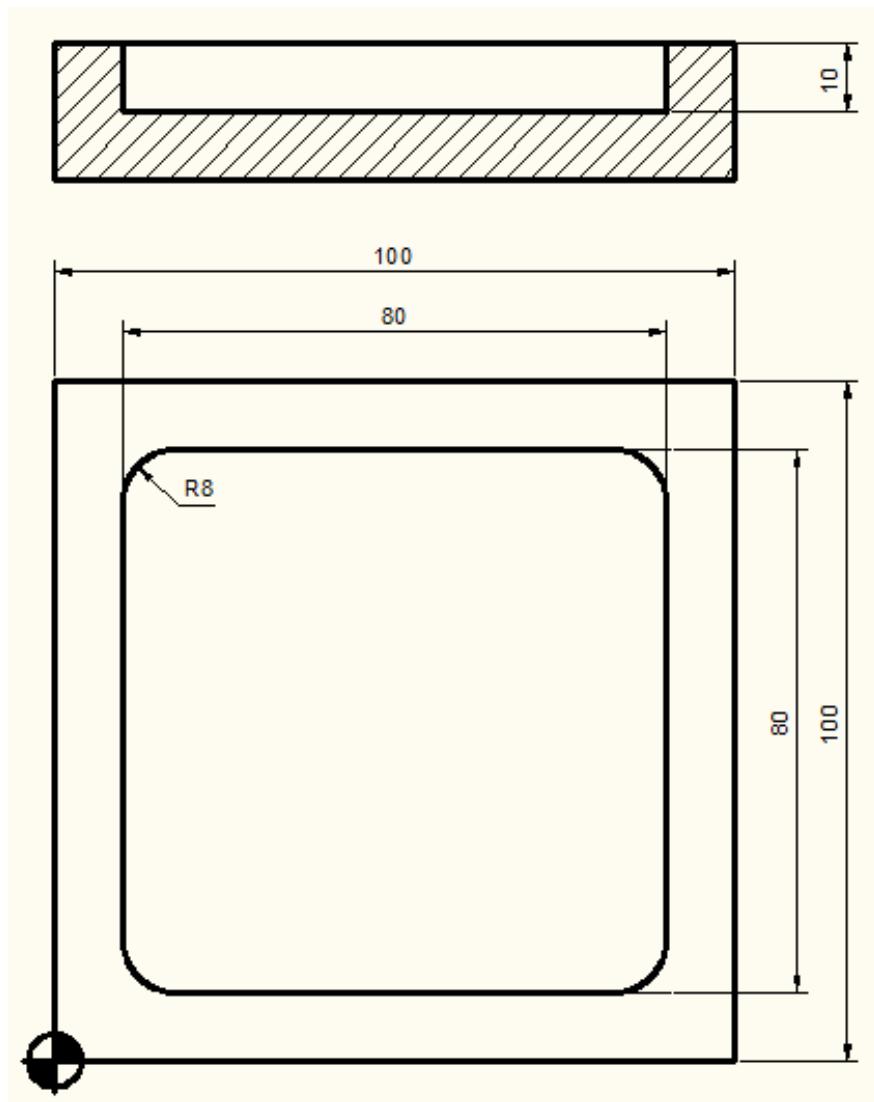
- Tampilan rancangan pocket setelah dilakukan Trim dan menghilangkan bagian-bagian yang tidak diperlukan adalah sebagai berikut:



E. Evaluasi

1. Pengetahuan

- 1) Definiskan pengertian pocket dalam pemrograman dengan CAM sesuai dengan pemahaman yang Anda peroleh melalui kajian literatur dan penerapan dalam proses membuat program.
- 2) Perhatikan gambar di bawah ini



Pocket diatas termasuk pocket dengan ukuran lebar, tetapi untuk setiap sudut dibentuk dengan fillet radius kecil. Berkaitan dengan efisiensi pekerjaan, bagaimana solusi yang dapat dilakukan terutama berkaitan dengan pemilihan pahat?

- 3) Definisikan sesuai dengan pemahaman Anda berkaitan dengan sub menu **Roughing** pada proses **cutting methods** proses pocket.

Rubrik Penilaian

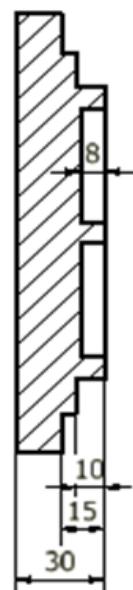
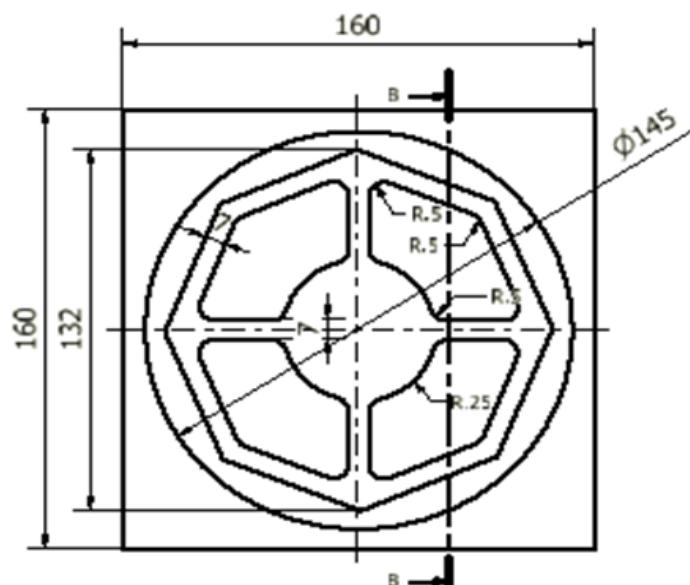
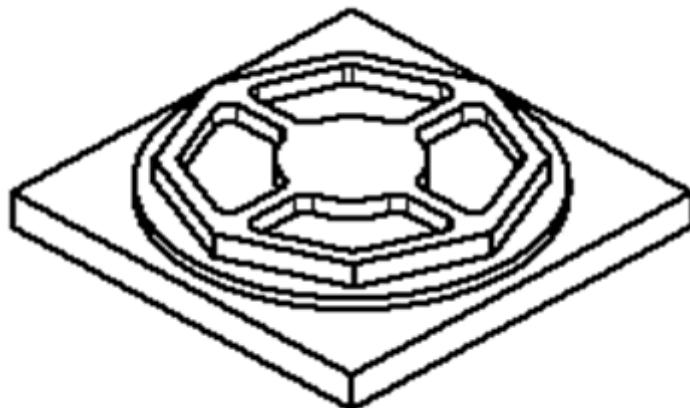
No Soal	Perkiraan Jawaban	Nilai
1)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Pocket merupakan salah satu proses pemesinan CNC Milling yang dapat diprogram dengan CAM. Gerakan pahat dalam pocket merupakan gerakan sekali jalan, sesuai dengan parameter bentuk, lebar, dan kedalaman pocket yang ditentukan.	2
2)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Untuk mengerjakan pocket dengan ukuran lebar tetapi sudut pocket memiliki radius kecil, maka perlu dikerjakan dengan menggunakan lebih dari satu pahat. Baian tengah pocket dapat diselesaikan dengan pahat berdiameter besar, sedangkan sudut pocket dapat dipergunakan pahat sesuai dengan radius sudut. Dengan demikian, akan diperoleh efisiensi waktu penggerjaan pocket.	2
3)	a. Tidak menjawab sama sekali	0
	b. Menjawab dengan uraian yang salah/tidak lengkap	1
	c. Roughing merupakan proses pahat dalam memotong benda kerja selama membuat poket (cutting methods). Terdapat beberapa jenis tipe roughing, salah satu tipe yang direkomendasikan untuk dipilih adalah tipe zigzag.	2
Nilai Maksimal		6

$$\text{Nilai Siswa} = \frac{\text{Nilai diperoleh}}{\text{Nilai Maksimal}} \times 100$$

Nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) = 75

2. Keterampilan

- 1) Disediakan satu unit komputer beserta perlengkapannya ter-install program Mastercam under Windows untuk masing-masing siswa
- 2) Disediakan gambar kerja sebagai berikut



- 3) Lakukan pemrograman pocket untuk benda kerja yang ditentukan
- 4) Waktu yang disediakan 30 menit (tidak termasuk menghidupkan komputer sampai siap dipergunakan)

Rubrik Penilaian

No	Kegiatan
1.	Membuka Program Mastercam
2.	Menetapkan satuan gambar dalam satuan milimeter
3.	Menampilkan sumbu
4.	Menampilkan pandangan baik dalam 2D maupun 3D
5.	Menggambar permukaan atas kubus dengan ukuran 160 mm x 160 mm
6.	Menggambar lingkaran diameter 145 mm (radius 72.5 mm)
7.	Menggambar segi 8 beraturan dengan memasukkan parameter radius sebesar 62 mm dengan mode corner
8.	Offset ke dalam sebesar 7 mm untuk segi delapan beraturan
9.	Menghilangkan bagian-bagian yang tidak diperlukan dari hasil offset dengan menggunakan Trim/Break/Extend selanjutnya menggunakan Divide/Delete
10.	Menggambar lingkaran radius 25 mm
11.	Offset 3.5 mm ke kanan dan kekiri menggunakan garis sumbu
12.	Membuat fillet dengan radius 5 mm menggunakan tipe No Trim, untuk semua sudut dari bagian dalam pocket
13.	Menghapus bagian-bagian yang tidak diperlukan, baik menggunakan menu Delete atau menu Trim/Break/Extend
14.	Melakukan chain untuk proses kontur pertama (Lingkaran diameter 145 mm)
15.	Pengaturan Tool, Cut parameter, dan Linking parameter untuk proses kontur pertama
16.	Melakukan chain untuk proses kontur kedua (segi delapan beraturan)
17.	Pengaturan Tool, Cut parameter, dan Linking parameter untuk proses kontur kedua
18.	Melakukan chain untuk proses pocket (4 lubang pocket)
19.	Pengaturan Tool, Cut parameter, dan Linking parameter untuk proses kontur pertama
20.	Mengatur menu Verify selected operation meliputi bentuk simulasi, kecepatan simulasi, dan menjalankan simulasi
21.	Memunculkan Bahasa Pemrograman Kode G dan Kode M dan meng-edit program.

Nilai siswa

No	Kriteria	Nilai	KKM
1.	Dikerjakan dengan prosedur tepat kurang dari 20 menit	90	75
2.	Dikerjakan dengan prosedur tepat antara 20 – 30 menit	75	
3.	Dikerjakan dengan prosedur tepat lebih dari 30 menit	70	



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Tahun 2016