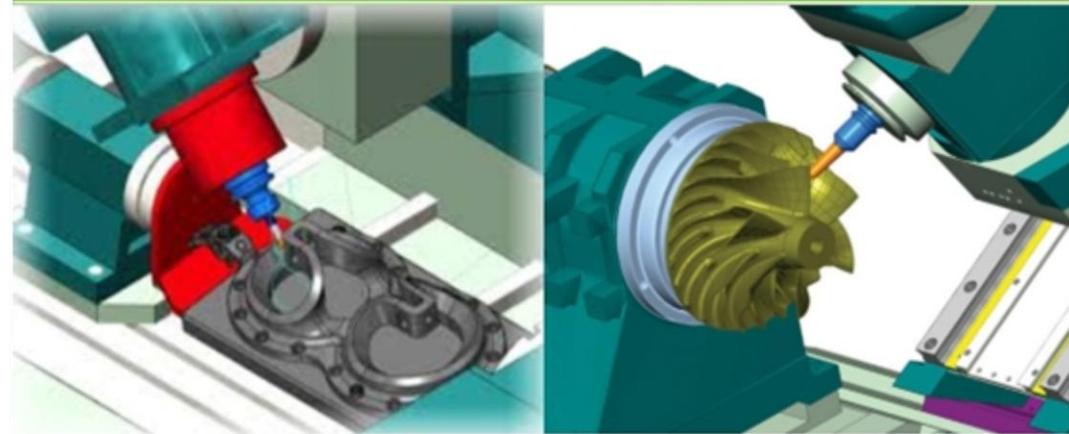


TM00423

BUKU AJAR PEMROGRAMAN CNC

MULYADI ST., MT.



BUKU AJAR PEMROGRAMAN CNC



UMSIDA PRESS

Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo

ISBN 978-979-3401-66-3



9 789793 401683

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

BUKU AJAR
PEMROGRAMAN CNC

Penulis
Mulyadi, S.T., M.T



Diterbitkan oleh
UMSIDA PRESS

Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo

ISBN: 9789793401683

Copyright©2017.

Authors

All rights reserved

**BUKU AJAR
PEMROGRAMAN CNC**

Penulis :

Mulyadi, S.T., M.T

ISBN :

9789793401683

Editor :

Septi Budi Sartika, M.Pd

M. Tanzil Multazam , S.H., M.Kn.

Copy Editor :

Fika Megawati, S.Pd., M.Pd.

Design Sampul dan Tata Letak :

Mochamad Nashrullah, S.Pd

Penerbit :

UMSIDA Press

Redaksi :

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Jl. Mojopahit No 666B

Sidoarjo, Jawa Timur

Cetakan pertama, Agustus 2017

© Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dengan suatu apapun
tanpa ijin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga Buku Ajar Pemrograman CNC (*Computer Numerical Control*) ini dapat disusun dengan baik meskipun perlu penyempurnaan lebih lanjut. Pemrograman CNC merupakan mata kuliah Konsentrasi Rekayasa Perancangan Manufaktur di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Buku ajar Pemrograman CNC ini dikhususkan untuk pegangan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Mata kuliah prasarat yang harus diselesaikan sebelum mengambil mata kuliah ini adalah:

1. Menggambar Mesin
2. Pengetahuan Bahan
3. Proses Manufaktur
4. Proses Pemesinan

Di era komputerisasi ini mesin-mesin perkakas berbasis komputer kemajuannya sangat pesat karena dituntut untuk mampu membuat produk dengan kecepatan produksi yang tinggi dengan ketelitian dan kualitas yang maksimal. Saat ini penggunaan mesin-mesin CNC sudah bukan sesuatu yang asing bagi dunia Industri, karena mesin tersebut merupakan asset vital yang digunakan dalam proses produksi untuk

menghasilkan produk massal atau pembuatan komponen-komponen lainnya yang memerlukan tingkat ketelitian (*accuracy*) dan kepresisian (*precision*) yang tinggi.

Penulisan buku ajar Pemrograman CNC ini ditulis dalam 4 BAB yang berisi:

Bab 1 Pemrograman CNC

Dalam bab 1 ini dijelaskan tentang sejarah perkembangan mesin numerical control berbasis komputer dan dasar-dasar pemrograman manual untuk mesin cnc. Dasar perintah program dititik beratkan pada pemrograman absolute dan incremental. Gerakan dasar cutting linier lurus satu sumbu aksis, linier lurus menyudut dua sumbu aksis serta gerakan melingkar penuh dan melingkar sebagian.

Bab 2 Tools CNC

Dalam bab 2 ini dijelaskan tentang macam-macam tools/pahat yang digunakan dimesin cnc. Secara garis besar tool/pahat dibedakan berdasarkan bentuk kontur geometrinya yaitu Tool Endmill, Tool Ballnous, Tool Bullnous dan Drill. Aplikasi pemakaian untuk Facemill, Slotting, Sidemill, Drilling dan untuk Kontour.

Bab 3 Jig And Fixture

Dalam bab 3 ini dijelaskan tentang penggunaan jig and fixture yang digunakan dalam pemesinan CNC. Jig digunakan untuk pemesinan yang memerlukan proses pemesinan menyeluruh, sedangkan fixture digunakan untuk pemesinan yang tidak memerlukan proses pemesinan menyeluruh.

Bab 4 Cadcam

Dalam bab 4 ini dijelaskan tentang dasar-dasar proses CAM yang terbagi dalam proses pemesinan 2,5D dan 3D. Pada dasarnya proses CAM ini diperuntukkan untuk pemesinan yang sulit dengan menggunakan program manual karena

kontur benda kerja yang terlalu kompleks. Di bab ini juga diberikan tutorial dasar proses CAM 2.5D, HSR dan HSM. Dengan selesainya penulisan buku ajar ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bahan-bahan tulisan baik langsung maupun tidak langsung. Penulis juga mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Dr. Hidayatullah, M.Si pemangku pimpinan tertinggi yaitu Rektor Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dan memfasilitasi dalam penulisan buku ajar ini.
2. LP3iK Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memfasilitasi dan mengkoordinasi dalam penulisan buku ajar ini.
3. Izza Anshory, ST.,MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan untuk mengikuti penulisan buku ajar ini.
4. Edi Widodo, ST.,MT. sebagai Kepala Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan untuk mengikuti penulisan buku ajar ini.
5. Para narasumber serta Aslab Teknik Mesin (Eko Siswono, Wahyu Alfiansyah dan M Baitur Rohman) yang telah

banyak membantu, atas pengetahuan dan keterampilan yang diberikan dalam penyusunan penulisan buku ajar ini.

Akhir kata, kritik dan saran sangat diharapkan untuk penyempurnaan buku ajar ini. Harapan kami semoga buku ajar ini dapat digunakan sebagai tambahan informasi dan bermanfaat bagi aktivitas pembelajaran mata kuliah Pemrograman CNC di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	v
BATANG TUBUH.....	vii

BAB 1 PEMROGRAMAN CNC

1.1 Latar Belakang Atau Sejarah Terberntuknya Mesin CNC	1
1.2 Bagian-Bagian Mesin CNC (Computer Numerically Controlled)	15
1.3 Dasar-Dasar Pemograman Mesin CNC Milling	21
1.3.1 Format Pemrograman	21
1.3.2 Konfigurasi Program	25
1.3.3 Perintah Program Absolut dan Relatif (<i>inkremental</i>).....	29
1.3.4 Perintah Program Gerakan melingkar.....	34
1.3.5 Perintah Program Gerakan Sumbu Z metode ABS dan INC	39
1.3.6 Cutter Radius Compensation	41
1.3.7 Pemilihan Bidang Kerja.....	46
1.3.8 Mirror Program.....	49
1.3.9 Canned Cycle.....	52
1.4 Standarisasi Pemograman Mesin CNC Milling	61
1.4.1 Pemrograman Kode G Pada Mesin Frais	61
1.4.2 Pemrograman Kode M Pada Mesin Frais	64

BAB 2 TOOLS CNC

2.1 Tools Mata Potong Tunggal	70
2.2 Tools potong Jamak	77
2.3 Cutting Data Tools.....	80
2.4 Aplikasi Pemesinan.....	89
2.5 Bahan Tools	90

BAB 3 JIG AND FIXTURE

3.1 Jig dan fixture.....	94
3.2 Jenis Jig.....	97
3.3 Jenis Fixture	107
3.4 Klasifikasi Fixture	114

BAB 4 CAD/CAM

4.1 Dasar Cad.....	114
4.1.1 Aplikasi 2D	114
4.1.2 Aplikasi 3D	115
4.2 Dasar CAM	117
4.2.1 Memulai Solidcam	112
4.2.2 Operasi Solidcam 2,5D Milling	133
4.2.3 HSR (High Speed Roughing).....	169
4.2.4 (High Speed Machine)	180
Daftar Pustaka	190
Profil	192

BATANG TUBUH

Fakultas	:	Teknik
Program Studi	:	Mesin
Mata Kuliah (MK)	:	Pemrograman CNC
Kode MK	:	TM00423
SKS	:	3 (tiga)
Semester	:	VII (tujuh) SA&PA
Mata Kuliah Prasyarat	:	Menggambar Mesin, Pengetahuan Bahan , Proses Manufaktur dan Proses Pemesinan
Standar Kompetensi (SK)	:	Mahasiswa diharapkan mampu membuat program CNC baik secara manual maupun dengan menggunakan bantuan software CADcam.

NO	Pokok Bahasan Dan TIU	Sub Pokok Bahasan dan TIK
BAB 1	PEMROGRAMAN CNC Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan dasar pemrograman CNC serta mengaplikasikannya pada mesin CNC	1.1 Mahasiswa dapat menjelaskan Latar Belakang Atau Sejarah Terberntuknya Mesin CNC 1.2 Mahasiswa dapat menjelaskan Bagian-Bagian Mesin CNC (Computer Numerically

		<p>Controlled)</p> <p>1.3 Mahasiswa dapat menjelaskan Dasar-Dasar Pemrograman Mesin CNC serta membuat program manual mesin CNC</p> <p>1.4 Mahasiswa dapat mengenal kode G dan kode M dalam pemrograman CNC</p>
BAB 2	<p>TOOLS CNC</p> <p>Mahasiswa dapat memahami dan mengaplikasikan macam-macam tools mesin CNC</p>	<p>2.1 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan jenis mata pahat Mata Potong Tunggal pada mesin CNC</p> <p>2.2 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan jenis mata pahat Mata potong Jamak pada mesin CNC</p> <p>2.3 Mahasiswa dapat menghitung dari data tools untuk proses pekerjaan pemesinan</p> <p>2.4 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan macam-macam</p>

		<p>jenis tools pada mesin NC/CNC</p> <p>2.3 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengenal macam-macam bahan pembuatan tools</p>
BAB 3	<p>JIG AND FIXTURE Mahasiswa dapat memahami dan mengaplikasikan macam-macam <i>jig and fixture</i> mesin CNC</p>	<p>3.1 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan Jig dan fixture pada mesin CNC</p> <p>3.2 Mahasiswa dapat menjelaskan kegunaan macam-macam Jenis Jig</p> <p>3.3 Mahasiswa dapat menjelaskan kegunaan macam-macam Jenis Fixture</p> <p>3.4 Mahasiswa dapat menjelaskan Klasifikasi Fixture pada mesin CNC</p>
BAB 4	<p>CADCAM Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan dasar pemrograman Cadcam serta</p>	<p>4.1 Mahasiswa dapat menjelaskan Dasar Cad serta membuat Desain Drafting 2D dan Desai 3D</p> <p>4.2 Mahasiswa dapat menjelaskan Dasar</p>

	<p>mengaplikasikannya pada mesin CNC</p>	<p>CAM</p> <p>4.2.1 Mahasiswa dapat membuat program cam dengan software solidcam</p> <p>4.2.2 Mahasiswa dapat membuat program aplikasi 2.5D milling</p> <p>4.2.3 Mahasiswa dapat membuat program cam aplikasi HSR (Hight Speed Roughing)</p> <p>4.2.3 Mahasiswa dapat membuat program cam aplikasi HSM (Higt Speed Machine)</p>
--	--	---

BAB I

PEMOGRAMAN CNC

1.1 Latar Belakang Atau Sejarah Terbentuknya Mesin CNC

CNC merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem mekanik dan kontrol berbasis komputer pada gambar 1.1 mesin cnc milling yang mampu membaca instruksi kode N, G, F, T, dan lain-lain, dimana kode-kode tersebut akan menginstruksikan ke mesin CNC agar bekerja sesuai dengan program benda kerja yang akan dibuat. Secara umum cara kerja mesin perkakas CNC tidak berbeda dengan mesin perkakas konvensional. Fungsi CNC dalam hal ini lebih banyak menggantikan pekerjaan operator dalam mesin perkakas konvensional. CNC merupakan singkatan dari *Computer Numerically Controlled* adanya mesin CNC berawal dari berkembangnya sistem *Numerically Controlled* (NC) pada akhir tahun 1940 – an dan awal tahun 1950 – an yang ditemukan oleh John T.Parsons dengan bekerja sama dengan perusahaan Servomechanis MIT.



Gambar 1.1 Mesin CNC Milling

Sistem CNC pada awalnya menggunakan jenis perangkat keras (*hardware*) NC dan komputer yang digunakan sebagai alat untuk mengedit, pada awal penemuan mesin CNC menggunakan kertas berlubang sebagai media untuk mentransfer kode G dan M ke sistem kontrol tetapi pada tahun 1950 – an ditemukan metode baru dalam mentransfer data dengan menggunakan kabel RS232, floppy disk,dan yang terakhir adalah komputer jaringan kebel (*Computer Network Cables*) bahkan bisa dikendalikan dengan melalui internet .Perkembangan mesin CNC saat ini sangat pesat dan menjadi pilihan utama bagi industri pabrik yang

semula menggunakan tenaga manusia secara penuh sekarang dengan full otomatis.

Selama ini pembuatan komponen/suku cadang suatu mesin yang presisi dengan mesin perkakas manual tidaklah mudah, meskipun dilakukan oleh seorang operator mesin perkakas yang mahir sekalipun. Penyelesaiannya memerlukan waktu lama. Bila ada permintaan konsumen untuk membuat komponen dalam jumlah banyak dengan waktu singkat, dengan kualitas sama baiknya, tentu akan sulit dipenuhi bila menggunakan perkakas manual. Apalagi bila bentuk benda kerja yang dipesan lebih rumit, tidak dapat diselesaikan dalam waktu singkat. Secara ekonomis biaya produknya akan menjadi mahal, hingga sulit bersaing dengan harga di pasaran. Tuntutan konsumen yang menghendaki kualitas benda kerja yang presisi, berkualitas sama baiknya, dalam waktu singkat dan dalam jumlah yang banyak, akan lebih mudah dikerjakan dengan mesin perkakas *CNC (Computer Numerically Controlled)*, yaitu mesin yang dapat bekerja melalui pemrograman yang dilakukan dan dikendalikan melalui komputer.

Mesin *CNC* dapat bekerja secara otomatis atau semiotomatis setelah diprogram terlebih dahulu melalui komputer yang ada. Program yang dimaksud merupakan program membuat benda kerja yang telah direncanakan atau dirancang sebelumnya. Sebelum benda kerja tersebut dieksekusi atau dikerjakan oleh mesin *CNC*, sebaiknya program tersebut di cek berulang-ulang agar program benar-benar telah sesuai dengan bentuk benda kerja yang diinginkan, serta benar-benar dapat dikerjakan oleh mesin *CNC*. Pengecekan tersebut dapat melalui layar monitor yang

terdapat pada mesin atau bila tidak ada fasilitas *cheking* melalui monitor (seperti pada *CNC TU EMCO 2A/3A*) dapat pula melalui plotter yang dipasang pada tempat dudukan pahat/palsu frais. Setelah program benar-benar telah berjalan seperti rencana, baru kemudian dilaksanakan/ dieksekusi oleh mesin *CNC*.

Dari segi pemanfaatannya, mesin perkakas *CNC* dapat dibagi menjadi dua, antara lain:

- a. Mesin *CNC Training unit (TU)*, yaitu mesin yang digunakan sarana pendidikan, dosen dan training.
- b. Mesin *CNC Produktion unit (PU)*, yaitu mesin *CNC* yang digunakan untuk membuat benda kerja/komponen yang dapat digunakan sebagai mana mestinya.

Dari segi jenisnya, mesin perkakas *CNC* dapat dibagi menjadi tiga jenis, antara lain:

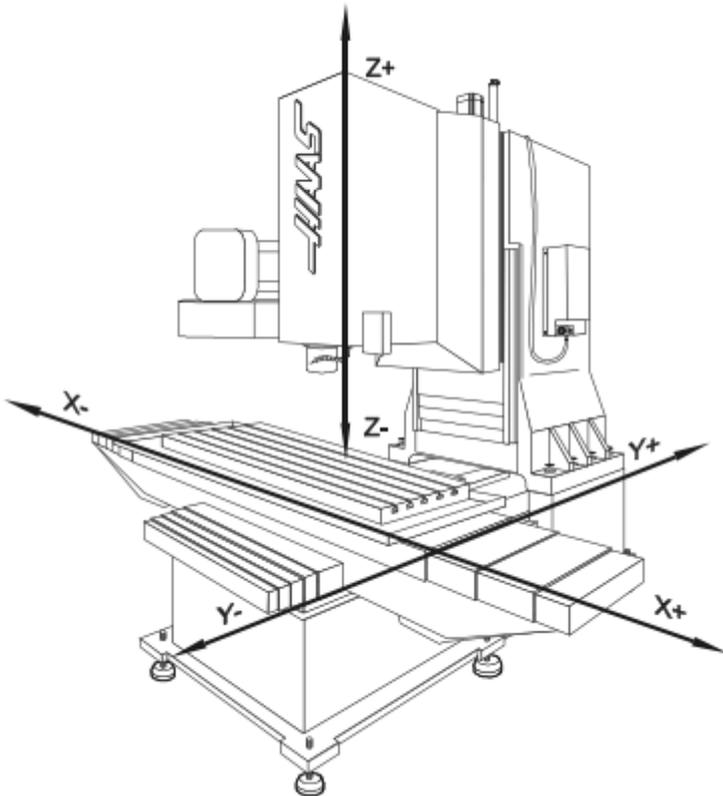
- a. Mesin *CNC 2A* yaitu mesin *CNC* 2 aksis, karena gerak pahatnya hanya pada arah dua sumbu koordinat (aksis) yaitu koordinat X, dan koordinat Z, atau dikenal dengan mesin bubut *CNC*.
- b. Mesin *CNC 3A*, yaitu mesin *CNC* 3 aksis atau mesin yang memiliki gerakan sumbu utama kearah sumbu koordinat X, Y, dan Z, atau dikenal dengan mesin frsais *CNC*.
- c. Mesin *CNC* kombinasi, yaitu mesin *CNC* yang mampu mengerjakan pekerjaan bubut dan freis sekaligus, dapat pula dilengkapi dengan peralatan pengukuran sehingga dapat melakukan pengontrolan kualitas pembubutan/pengefraisan pada benda kerja yang dihasilkan. Pada umumnya mesin *CNC* yang

sering dijumpai adalah mesin CNC 2A (bubut) dan mesin CNC 3A (frais).

1.2 Bagian – Bagian Mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*)

Berikut adalah komponen – komponen mesin cnc milling:

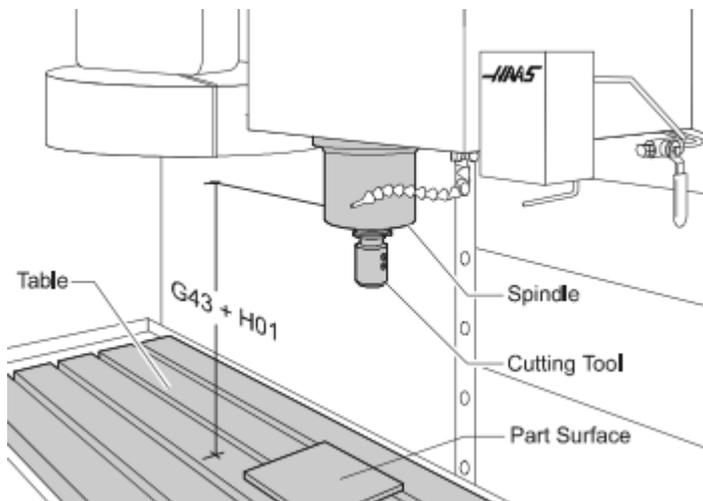
1. Meja Mesin



Gambar 1.2 Meja Mesin CNC Milling

Mesin *milling CNC* bisa bergerak dalam 2 sumbu yaitu sumbu X dan sumbu Y pada gambar 1.2 diatas. Untuk masing-masing sumbunya, meja ini dilengkapi dengan motor penggerak, ball screw plus bearing dan guide way slider untuk akurasi pergerakannya. Untuk pelumasannya, beberapa mesin menggunakan minyak oli dengan jenis dan merk tertentu, dan beberapa mesin menggunakan grease. Pelumasan ini sangat penting untuk menjaga kehalusan pergerakan meja, dan menghindari kerusakan ball screw, bearing atau guide way slider. Untuk itu pemberian pelumas setiap hari wajib dilakukan kecuali mesin tidak digunakan. Meja ini bisa digerakkan secara manual dengan menggunakan handle eretan.

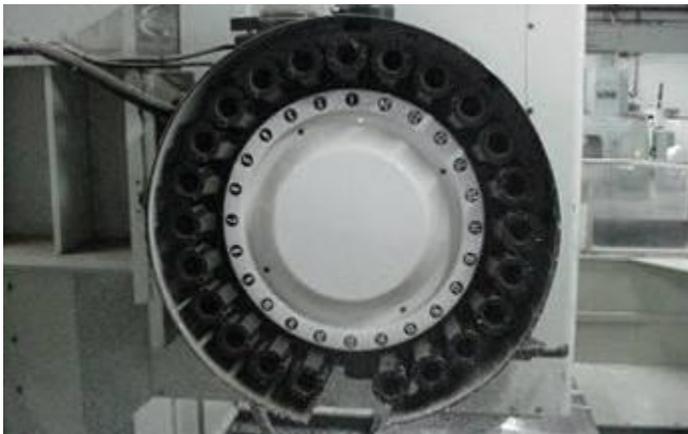
2. *Spindle* mesin



Gambar 1.3 *Spindle* mesin

Spindle mesin pada gambar 1.3 merupakan bagian dari mesin yang menjadi rumah *cutter*. *Spindle* inilah yang mengatur putaran dan pergerakan *cutter* pada sumbu Z. *Spindle* inipun digerakkan oleh motor yang dilengkapi oleh transmisi berupa *belting* atau *kopling*. Seperti halnya meja mesin, *spindle* ini juga bisa digerakkan oleh *handle* eretan yang sama. Pelumasan untuk *spindle* ini biasanya ditangani oleh pembuat mesin. *Spindle* inilah yang memegang *arbor cutter* dengan batuan udara bertekanan.

3. Magazine Tool



Gambar 1.4 *Tool Magazine*

Satu program *NC* biasanya menggunakan lebih dari satu *tool/cutter* dalam satu operasi permesinan. Pertukaran *cutter* yang satu dengan yang lainnya dilakukan secara otomatis melalui perintah yang tertera pada program. Oleh karena itu harus ada tempat khusus untuk menyimpan *tool-tool* yang akan digunakan selama proses permesinan. *Magasin Tool* pada gambar 1.4 adalah tempat peletakkan

tool/cutter standby yang akan digunakan dalam satu operasi permesinan. Magasin tersebut memiliki banyak slot untuk banyak *tool*, antara 8 sampai 24 slot tergantung jenis mesin CNC yang digunakan.

4. Monitor



Gambar 1.5 Monitor

Pada bagian depan mesin terdapat monitor pada gambar 1.5 yang menampilkan data-data mesin mulai dari setting parameter, posisi koordinat benda, pesan error, dan lain-lain.

5. *Panel Control*



Gambar 1.6 *Panel control*

Panel control pada gambar 1.6 adalah kumpulan tombol-tombol panel yang terdapat pada bagian depan mesin dan berfungsi untuk memberikan perintah-perintah khusus pada mesin, seperti memutar spindle, menggerakkan meja, mengubah setting parameter, dan lain-lain. Masing-masing tombol ini harus diketahui dan dipahami betul oleh seorang *CNC Setter*.

6. Coolant house

Setiap mesin pasti dilengkapi dengan sistem pendinginan untuk *cutter* dan benda kerja. Yang paling umum digunakan yaitu *air coolant* dan udara bertekanan, melalui selang yang dipasang pada *blok spindle* pada gambar 1.7 berikut ini.



Gambar 1.7 *Coolant house*

7. Tombol pada panel kontrol

Ini adalah lampu indicator untuk menunjukkan posisi HOME dari sumbu XYZ, alarm untuk angin, dan indikasi mesin menyala

Panel kontrol ini digunakan untuk mengoperasikan mesin secara umum. Mulai dari menghidupkan mesin, mematikan, menjalankan mesin, menjalankan fasilitas-fasilitas tambahan, dan lain-lain

Keyboard ini digunakan untuk memasukkan karakter kedalam memori mesin CNC yang diperlihatkan pada monitor, misalnya memasukkan posisi titik nol benda kerja, posisi nol tool, memasukan perintah-perintah standar, dan lain-lain

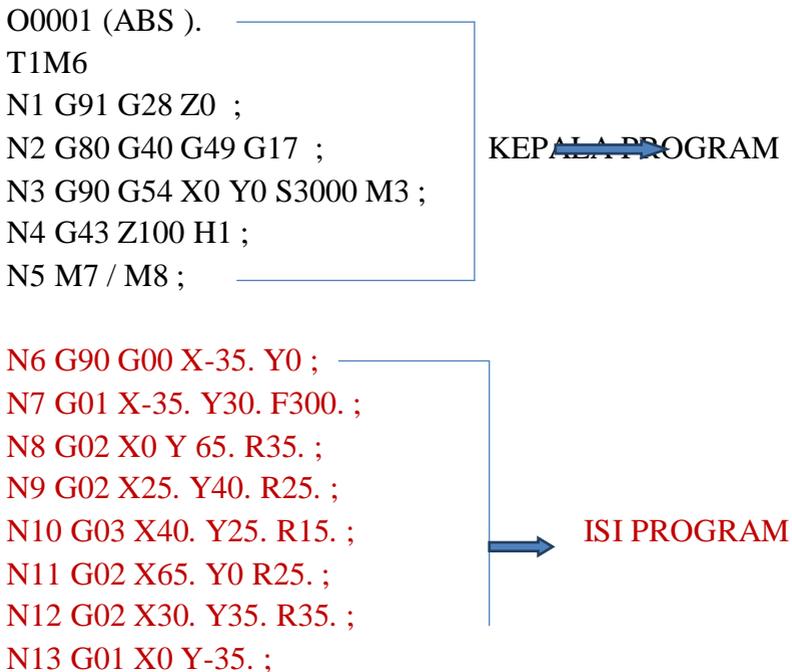
Gambar 1.8 Panel Kontrol

Panel kontrol pada gambar 1.8 adalah pusat pemerintahan dari mesin *CNC*. Dari panel kontrol inilah semua perintah pergerakan mesin dikeluarkan. Setiap *Setter* mutlak harus memahami semua fungsi dari panel kontrol

1.3 Dasar – Dasar Pemograman Mesin CNC

1.3.1 Format Pemograman

Program NC bersifat spesifik mempunyai pengertian bahwa program diperuntukkan hanya untuk mesin dengan jenis tertentu dan sistem kontrol yang tertentu pula. Untuk mesin dengan jenis yang berbeda, misalnya Mesin Frais dengan mesin bubut program NC-nya akan berbeda. Berikut contoh format pemograman mesin NC atau CNC.



N14 G02 X-35. Y0 R35. ;

N15 G00 X0 Y0 ; _____

N16 Z100. M9 S1500 , S600 ; _____

N17 M5 ;

N18 G91 G28 Z0 ;

PENUTUP PROGRAM

N19 G91 G28 Y0 ;

N20 M30 ; _____



Perintah – perintah yang terdapat pada kepala program adalah sebagai berikut :

1. Perintah memindah titik nol mesin keposisi tertentu agar berimpit dengan titik nol benda kerja. Perintah ini disebut pemindahan titik nol mesin (*Position Shift Offset (PSO)*).
2. Perintah pemilihan system pemrograman, apakah dikehendaki mesin bekerja dengan system *absolute* atau *incremental*.
3. Perintah menentukan jumlah putaran spindle mesin dan arah putarannya.
4. Perintah menentukan besarnya kecepatan pemakanan (*feeding*).
5. Perintah memilih jenis perkakas sayat yang digunakan pertama kali.
6. Perintah mengalirkan air pendingin.

Bagian isi suatu program NC adalah bagian inti dari pekerjaan pemesinan. Perintah-perintah pada bagian isi meliputi perintah gerak relatif alat sayat terhadap benda kerja menuju titik-titik koordinat yang telah ditentukan guna melakukan proses penyayatan. Proses-proses ini dapat berupa

gerak interpolasi lurus, interpolasi radius, gerakan pemosisian, membuat lubang (*drilling*), proses penguliran (*threading*), pembuatan alur (*grooving*), dan sebagainya tergantung dari bentuk geometri produk yang akan dihasilkan.

Perintah pada bagian penutup adalah perintah kebalikan atau berfungsi membatalkan perintah yang diberikan pada bagian pembuka dan biasanya meliputi:

1. Perintah mematikan aliran cairan pendingin.
2. Perintah mematikan putaran spindle mesin.
3. Perintah pembatalan PSO.
4. Perintah pembatalan kompensasi alat sayat.
5. Perintah menutup program (*end-program*).

Program NC (NC part program) merupakan unsur yang sangat penting dalam pengoperasian mesin perkakas CNC, karena program merupakan perangkat lunak pengendali yang mengatur jalannya proses pemesinan suatu produk pada mesin perkakas CNC. Fungsi tersebut menyebabkan program NC juga sangat menentukan kualitas geometri produk yang dihasilkan. Program NC mempunyai sifat sangat spesifik dan khusus, artinya bahwa sebuah program NC, dibuat khusus hanya untuk pembuatan produk dengan bentuk dan ukuran (geometri) tertentu. Jika ingin membuat produk lain dengan bentuk dan ukuran yang berbeda, harus dibuat program NC baru yang khusus untuk mengerjakan produk baru tersebut. Alur pembuatan program CNC seperti pada gambar 1.9 berikut ini.

Keterangan Alur Program CNC:

1. Workpiece drawing adalah gambar kerja 2D informasi pekerjaan yang akan dikerjakan.

2. Select machine, fixture, cutter and holder adalah pemilihan mesin yang akan digunakan sesuai dengan gambar kerja, cara pengkleman dimesin serta pemilihan pahat yang sesuai dengan material benda kerja dan pemegang pahat.
3. Process planning machining adalah pemilihan proses pemesinan yang tepat untuk mengerjakan benda kerja tersebut mulai dari roughing sampai finish.
4. Generate tool path and program adalah jika menggunakan bantuan software CAM apabila manual langsung dilakukan di MDI machine.
5. Transfer program yang sudah dibuat di PC luar machine bisa menggunakan alat bantu Flasdisk ataupun pakai alat penghubung line R232.
6. Machining adalah proses pemesinan yang sudah dilakukan sesuai dengan program yang sudah dibuat.



Gambar 1.9 Alur Pemrograman CNC

1.3.2 Konfigurasi Program

1. Nomor Program

Untuk penomoran program pada mesin cnc diawali huruf O kemudian diikuti dengan angka yang berjumlah 4 angka/digit contoh:

O0001---O8999 (input program manual) dan O9000---O9999 (untuk program mesin), contoh O1234 (Main Program);

2. Nomor Blok Program

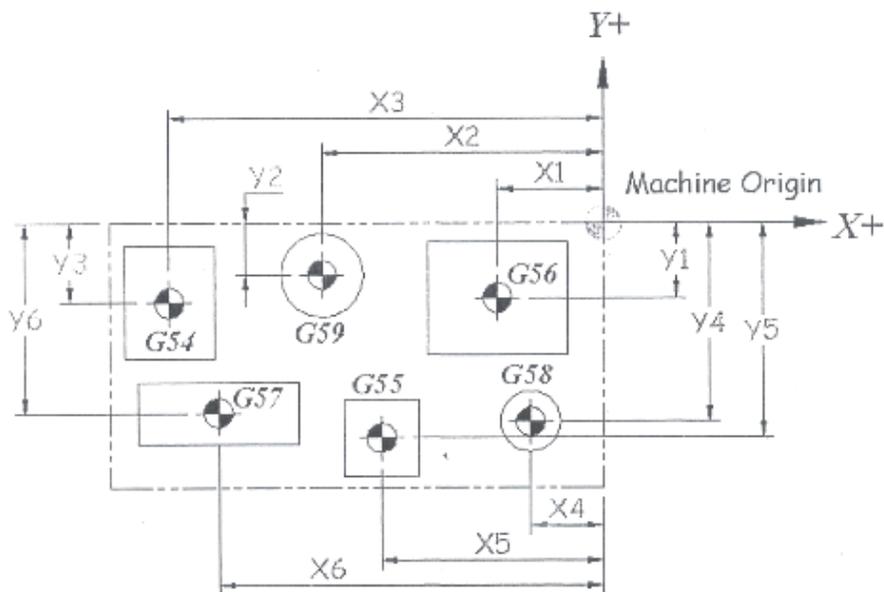
Nomor blok program N1 sampai dengan N10.000 setelah melampaui N10.000 maka penomoran blok kembali lagi ke nomor blok N1.

Contoh:

O1234 (Main Program);
N1T1M6 ;
N2 G91 G28 Z0 ;
N3 G80 G40 G49 G17 ;
N4 G90 G54 X0 Y0 S3000 M3 ;

3. Titik Referensi Benda Kerja

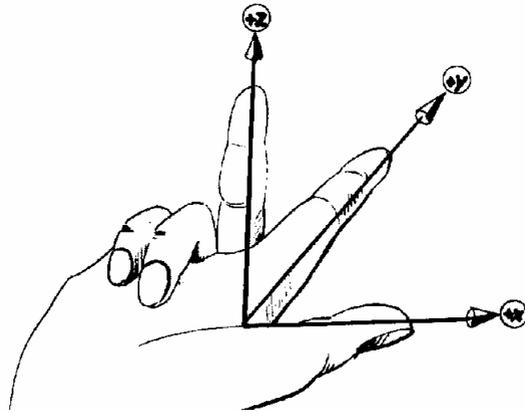
Datum benda kerja pada mesin dapat menyimpan lima buah datum yaitu G54, G55, G56, G57, G58 dan G59. Biasanya yang digunakan tidak lebih dari settingan benda kerja disesuaikan dengan kondisi pengerjaan benda kerja, dari keenam datum benda kerja tersebut salah satu digunakan untuk referensi mesin. Letak datum benda kerja diilustrasikan pada gambar 1.10 berikut ini.



Gambar 1.10 Datum benda kerja pada mesin

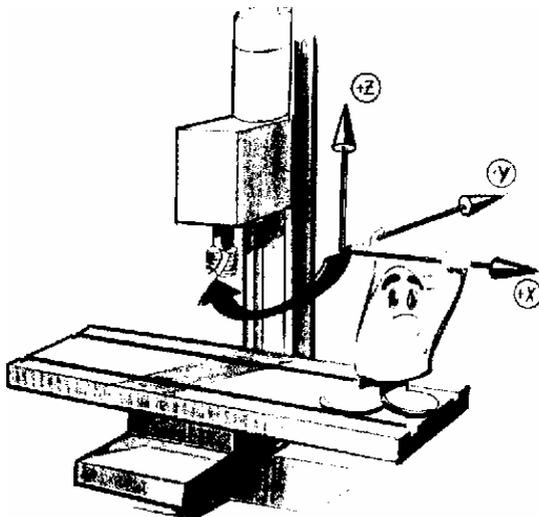
4. Gerakan Sumbu Utama Pada Mesin

Sistem persumbuan pada mesin CNC diatur berdasarkan standart ISO 841 dan DIN 66217. Untuk berbagai macam mesin, system penentuan sumbunya mengikuti kaidah tangan kanan. Telapak tangan kanan pada posisi menghadap keatas, Jari tengah diatur arahnya tegak lurus bidang telapak tangan, jari telunjuk searah dengan telapak tangan, sedang ibu jari diatur tegak lurus dengan telunjuk dan sebidang dengan telapak tangan pada gambar 1.11 dibawah ini.



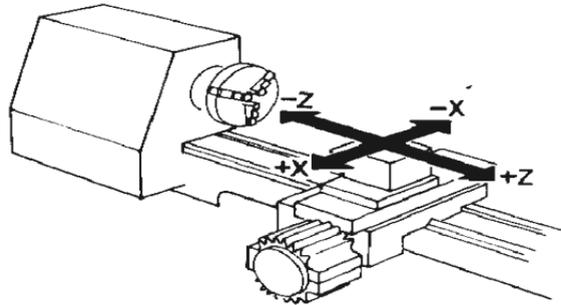
Gambar 1.11 Sumbu datum kaedah tangan kanan

Apabila tiga jari tangan kanan di atur sedemikian rupa letaknya seolah saling tegak lurus pada gambar 1.12, maka jari tengah menunjukkan sumbu Z, telunjuk sumbu Y, dan ibu jari sumbu X.



Gambar 1.12 Sumbu datum kaedah tangan kanan direfleksikan tegak lurus pada mesin

Sumbu Z adalah sumbu referensi dan selalu diorientasikan sebagai sumbu poros utama. Untuk mesin freis vertikal, posisi sumbu Z adalah tegak, sumbu Y arah melintang dari meja, dan sumbu X adalah arah memanjang meja.



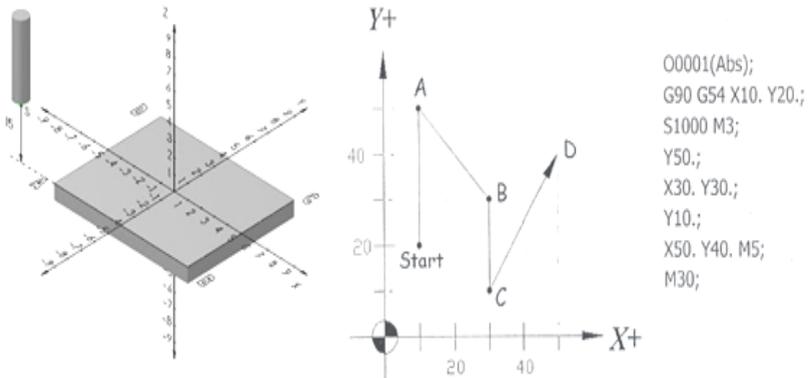
Gambar 1.13 Sumbu datum pada mesin

Untuk mesin bubut, karena sumbu poros utamanya mendatar, maka sumbu Z adalah sumbu memanjang dari alas mesin bubut, sedang sumbu X adalah arah yang melintang pada gambar 1.13 diatas.

1.3.3 Perintah Program Absolut dan Relatif (inkremental)

1. Perintah Program Absolut

Didalam program mesin CNC sistem pemrograman ini lebih banyak digunakan dibanding sistem pemrograman dengan inkremental. Dalam sistem pemrograman Absolut hanya mengacu pada satu titik referensi saja atau titik nolnya tidak berpindah-pindah.



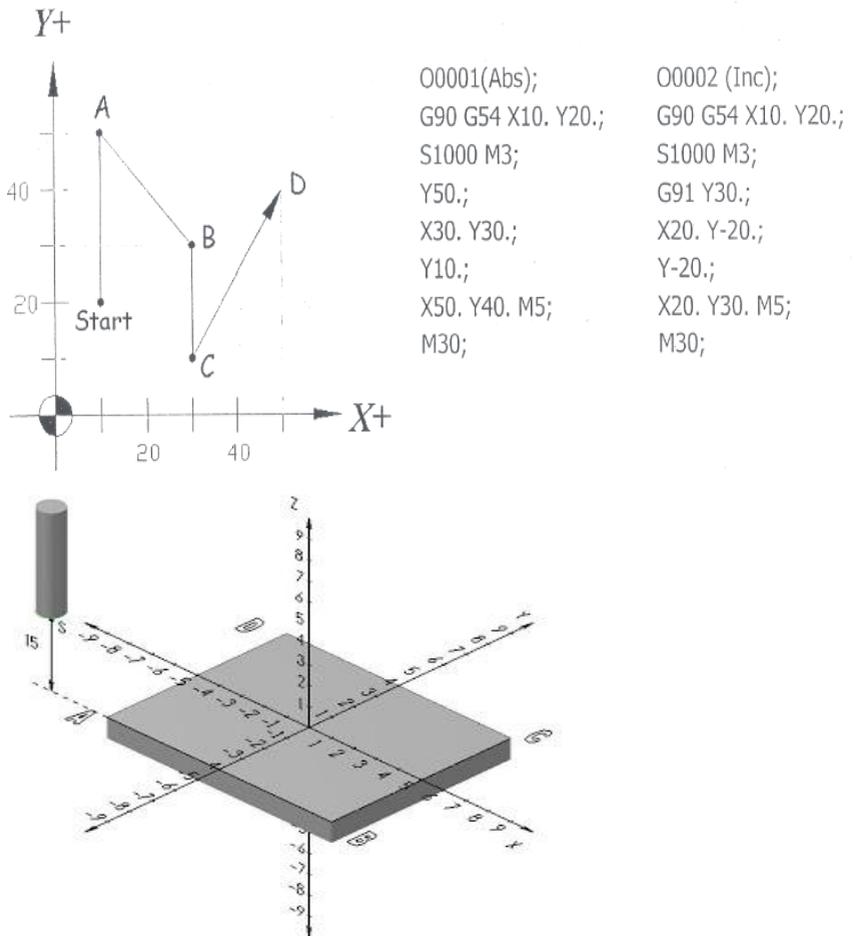
Gambar 1.14 Program Absolut

Lihat gambar 1.14 diatas. Apabila sebuah endmill

- | | |
|---------|----------------|
| S | X-8. Y-4. Z15. |
| S --> A | X-5. Y-4. Z0. |
| A --> B | X 5. Y-4. Z0. |
| B --> C | X 5. Y 4. Z0. |
| C --> D | X -5. Y 4. Z0. |
| D --> A | X -5. Y-4. Z0. |

2. Perintah Program Inkremental

Pemrograman sistem inkremental titik referensinya / titik nolnya selalu berpindah-pindah, dimana gerakan itu berhenti, disitulah titik referensi untuk menghitung jarak untuk pergerakan berikutnya (Endpoint akan menjadi start point untuk start berikutnya).



Gambar 1.15 Program Inkremental

Lihat gambar 1.15 diatas. Apabila sebuah endmill

S X0. Y0. Z0.

S --> A X3. Y0. Z-15.

A --> B X10. Y0. Z0.

B --> C

X 0. Y 8. Z0.

C --> D

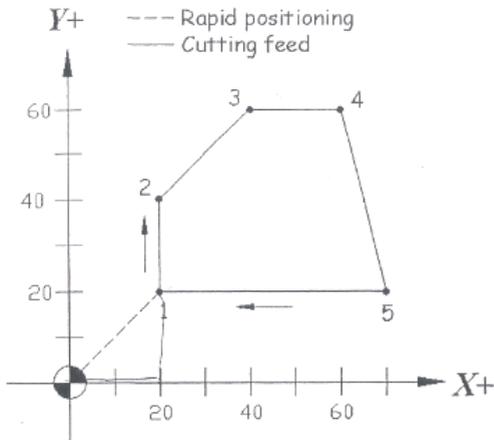
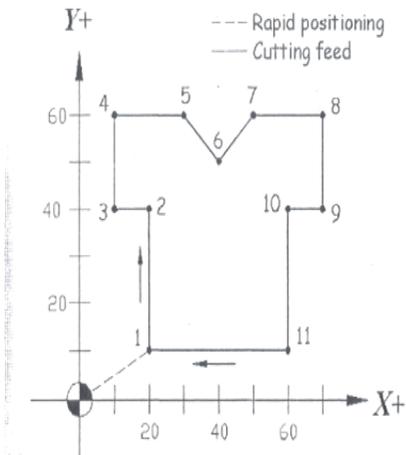
X-10. Y0. Z0.

D --> A

X 0. Y-8. Z0.

SOAL LATIHAN

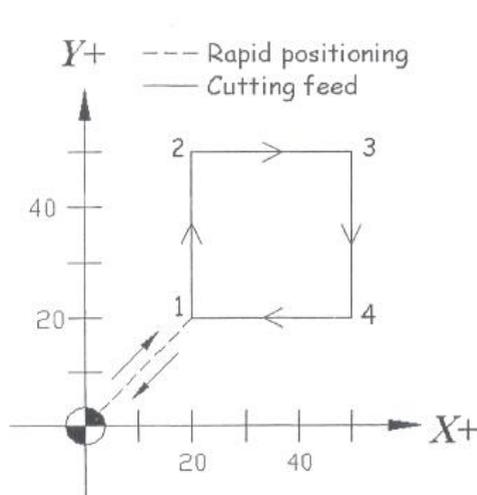
Start from zero point and return to it in clockwise direction. Use 1200 rpm & F125 to create program under absolute and increment modes.



3. Perintah program gerakan lurus

G00/G0 → Gerakan lurus tanpa pemakanan/gerakan cepat

G01/G1 → Gerakan pemakanan/cutting tergantung feeding



```
O0010 (ABS);
G90 G55 G0 X0 Y0 ;
S1000 M3;
X20. Y20.;
G1 Y50. F100;
X50.;
Y20.;
X20.;
G0 X0 Y0 M5;
M30;
```

```
O0011 (INC)
G90 G55 G0
S1000 M3;
G91 X20. Y
G1 Y30. F10
X30.;
Y-30.;
X-30.;
G0 X-20. Y-
M30;
```

1.3.4 Perintah Program Gerakan melingkar

1. Gerakan Melingkar G02 dan G03

Jika R (Radius) Positif 180^0

Jika R (Radius) Negatif > 360^0

Format Program Circular

Plane selection + CW / CCW + End of Arc + Acr +
Feed

G17 (X , Y) + G02 / G03 + X , Y + R +
1500

G18 (X , Z) + G02 / G03 + X , Z + i , j +
1500

G19 (Y , Z) + G02 / G03 + Y , Z + i , k / J , K +
1500

Sedangkan masing-masing fungsi address yang mengikuti gerakan G02/G03 ini adalah: X,Y,Z :

Koordinat yang dituju contoh pada gambar 1.16 berikut ini.

R : Radius adalah Jarak antara start point ke center point

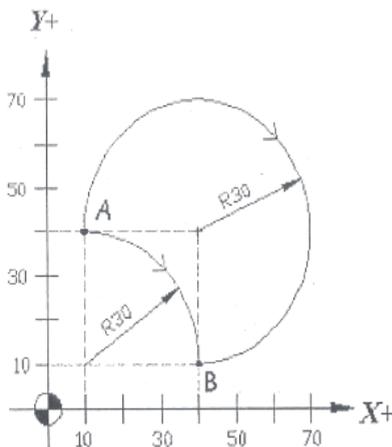
I : Jarak antara start point menuju center point searah sumbu X secara Inkremental

J : Jarak antara start point menuju center point searah sumbu Y secara Inkremental

K : Jarak antara start point menuju center point searah sumbu Z secara Inkremental

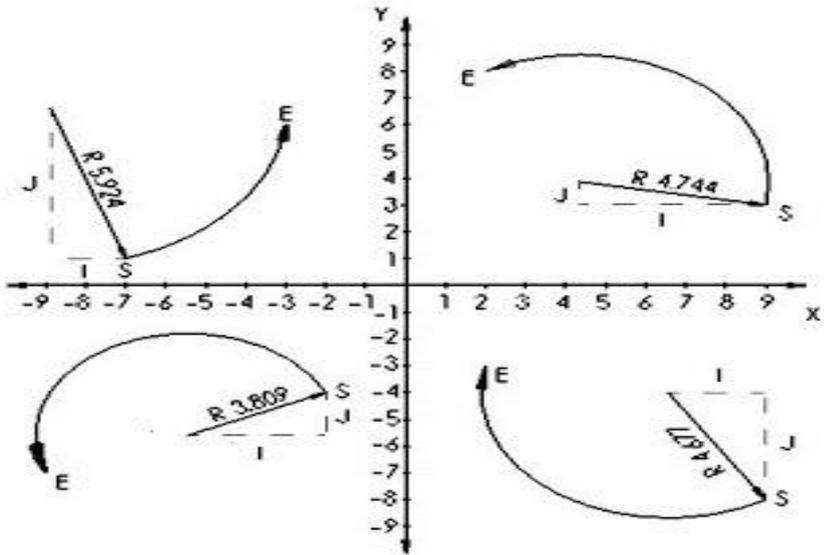
F : Feeding adalah kecepatan pemakanan / asutan / penyayatan

CONTOH penulisan program gerakan melingkar kurang dari 180° dan gerakan melingkar lebih dari 180°.



```
O1110 (Smaller arc);  
G90 G54 G0 X10. Y40.;  
S1000 M3;  
G02 X40. Y10. R30. F100;  
M30;
```

```
O1111 (Bigger arc);  
G90 G54 G0 X10. Y40.;  
S1000 M3;  
G02 X40. Y10. R-30. F100;  
M30;
```



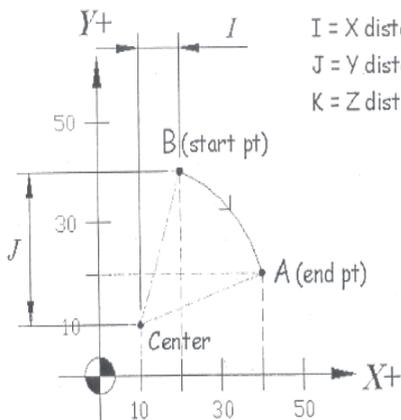
Gambar 1.16 Gerakan melingkar G02 and G03

Cara menentukan nilai I dan J :

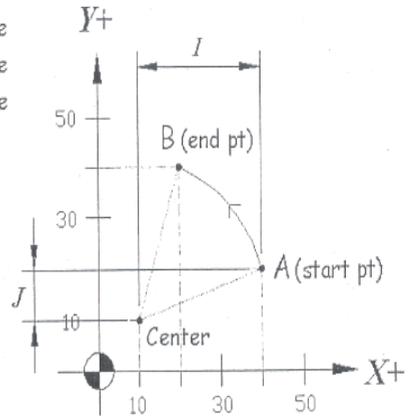
- Jika center point berada disebelah kanan start point, maka: I +
- Jika center point berada disebelah kiri start point, maka: I -
- Jika center point berada disebelah atas start point, maka : J+
- Jika center point berada disebelah bawah start point, maka: J-

2. Gerakan Melingkar sebagian dengan cutting radius I, J dan K

Gerakan melingkar sebagian dengan cutting radius I, J, dan K yang perlu diperhatikan adalah pada saat menghitung jarak start radius ke center radius selalu menggunakan metode penghitungan inkremental.



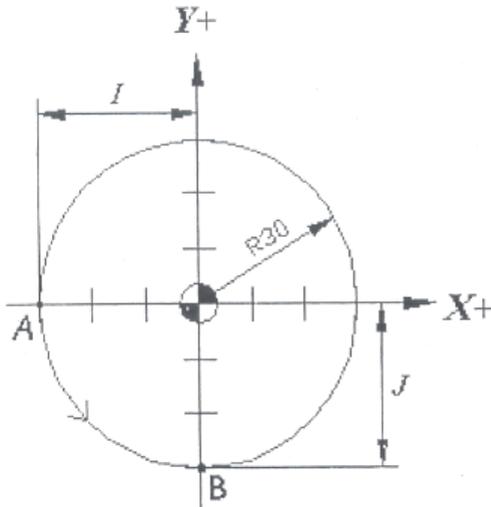
```
O2000;
G90 G54 G0 X20. Y40.; (Point B)
S1000 M3;
G02 X40. Y20. I-30. J-30. F100;
M30;
```



```
O2001;
G90 G54 G0 X40. Y20.; (Point A)
S1000 M3;
G03 X20. Y40. I-30. J-10. F100;
M30;
```

3. Gerakan Melingkar penuh menggunakan I, J dan K

Gerakan melingkar penuh dengan cutting radius I, J, dan K yang perlu diperhatikan adalah pada saat start radius diposisi sumbu X+ atau X- dan Y+ atau Y- serta Z+ atau Z-.

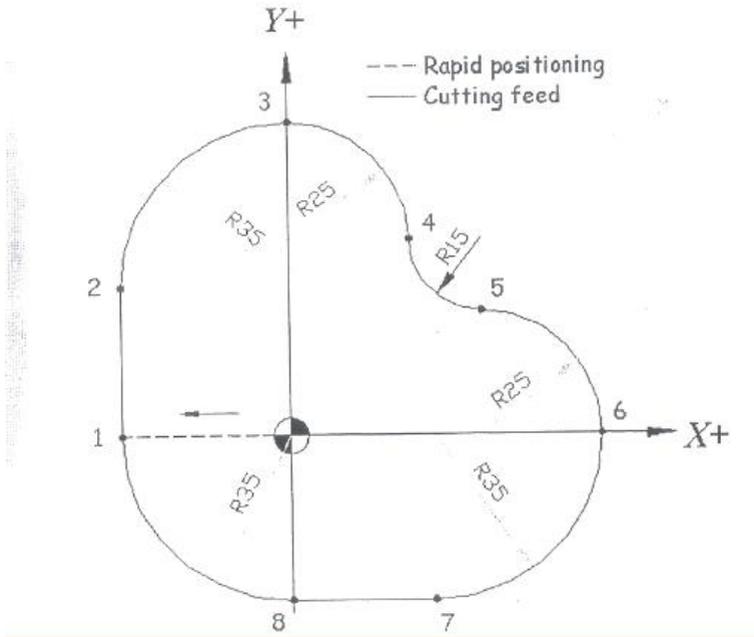


O2002 (Point A);
 G90 G54 G0 X-30. Y0;
 S1000 M3;
 G03 I30. F100;
 M30;

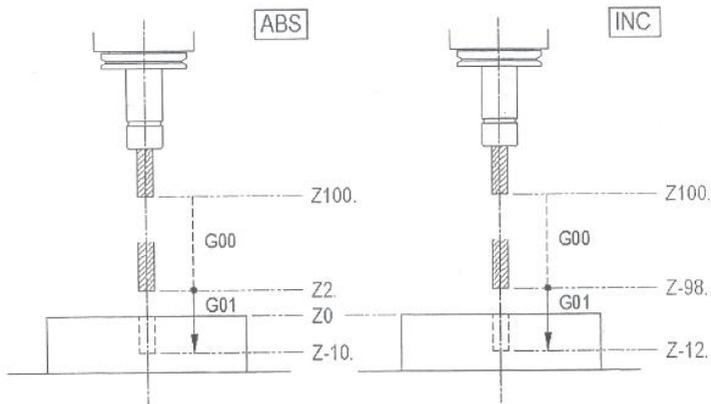
O2003 (Point B);
 G90 G54 G0 X0 Y-30.;
 S1000 M3;
 G03 J30. F100;
 M30;

SOAL LATIHAN

Start from zero point and return to it in clockwise direction. Use 3000 rpm & F300 to create program under absolute and increment modes.



1.3.5 Perintah Program Gerakan sumbu Z metode Absolut & Inkremental

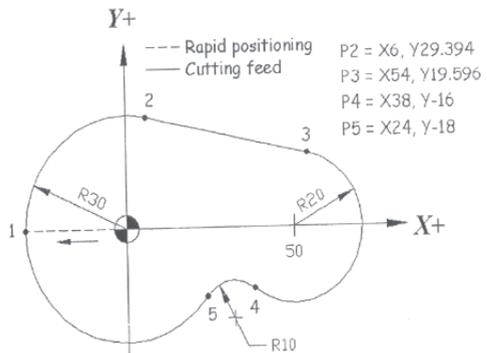


```
G90 G57 G0 X0 Y0 ;
Z100. ;
Z2. ;
G1 Z-10. F100 ;
G0 Z100. ;
M30 ;
```

```
G90 G57 G0 X0 Y0 ;
Z100. ;
G91 Z-98. ;
G1 Z-12. F100 ;
G0 Z110. ;
M30 ;
```

SOAL LATIHAN

Start from zero point and return to it in clockwise direction. Use 2500 rpm & F215 to create program under absolute mode. Depth of cut 1mm.

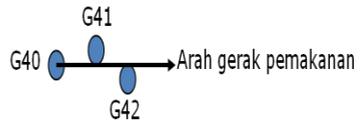


1.3.6 Cutter Radius Kompensasi

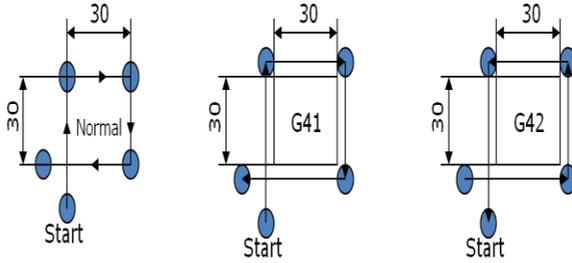
G41 – cutter berada pada sisi sebelah kiri dari arah gerak pemakanan

G42 – cutter berada pada sisi sebelah kanan dari arah gerak pemakanan

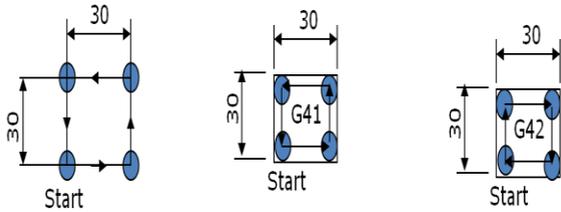
G40 – cancel G41 dan G42



EXTERNAL CUTTING



INTERNAL CUTTING



CONTOH Program Cutter Radius Compensation

Program without cutter compensation.

```

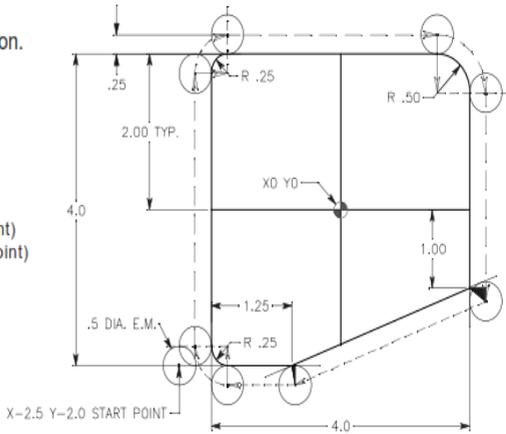
N104 G00 X-2.5 Y-2.0
N105 G01 Z-0.45 F50.
N106 X-2.25 F12.
N107 Y1.75
N108 G02 X-1.75 Y2.25 R0.5
N109 G01 X1.5
N110 G02 X2.25 Y1.5 R0.75
N111 G01 Y???? (Calculate point)
N112 X???? Y-2.25 (Calculate point)
N113 G01 X-1.75
N114 G02 X-2.25 Y-1.75 R0.5
N115 G01 X-2.35 Y-2.0
  
```

Program with cutter compensation.

Dia. value for D01 would be .500
in DIAMETER offset register #1.

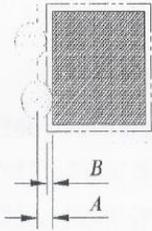
```

N204 G00 X-2.35 Y-2.0
N205 G01 Z-0.45 F50.
N206 G41 X-2. D01 F12. (turn on C.C. with an X and/or Y move)
N207 Y1.75
N208 G02 X-1.75 Y2. R0.25
N209 G01 X1.5
N210 G02 X2. Y1.5 R0.5
N211 G01 Y-1.
N212 X-0.75 Y-2.
N213 X-1.75
N214 G02 X-2. Y-1.75 R0.25
N215 G40 G01 X-2.35 (turn off C.C. with an X and /or Y move)
  
```



Cara memasukkan nilai offset adalah sebagai berikut;

Offset amount for roughing = $A + B$
 Offset amount for finishing = A



A = Tool radius
 B = Allowance

Roughing		
001	0.00	017 5.10
002	0.00	018 0.00
003	0.00	019 0.00
offset	setting	work

Offset screen on machine

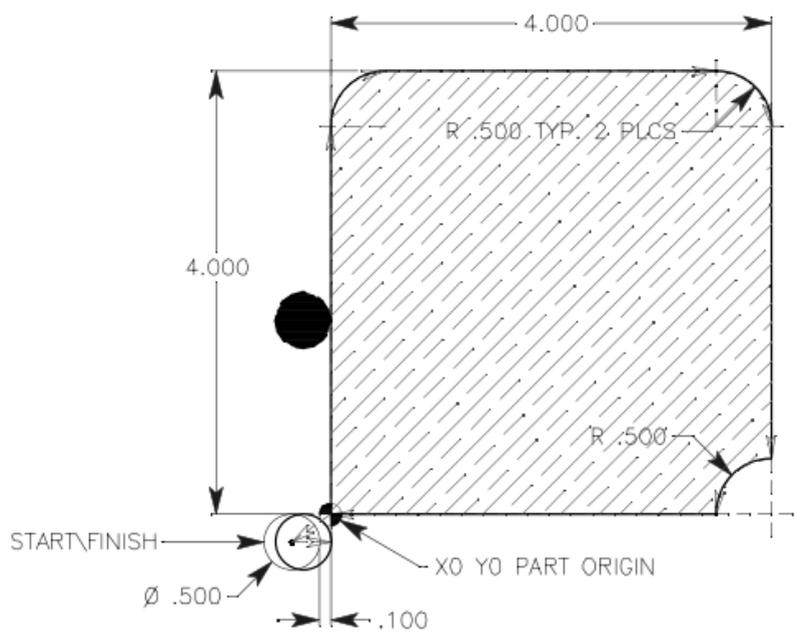
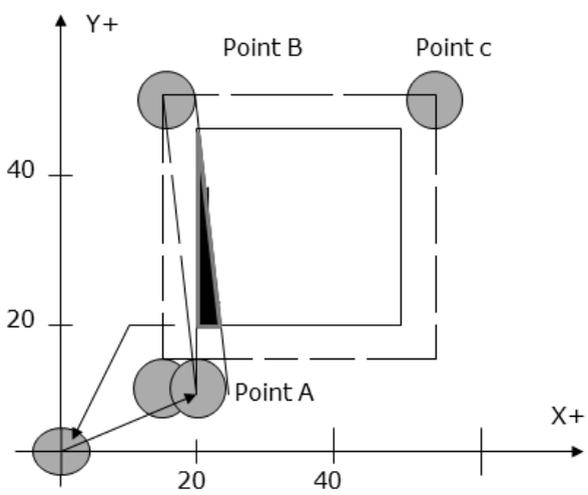
Finishing		
001	0.00	017 5.00
002	0.00	018 0.00
003	0.00	019 0.00
offset	setting	work

Offset screen on machine

Proses roughing dan finishing dapat memakai satu program yang sama, hanya dengan mengubah data radius tool pada offset screen. Jika cutter yang digunakan $\varnothing 10\text{mm}$, maka ketika proses roughing disisakan (allowance) 0.2mm sehingga 5.2 mm. Ganti besaran radius pada offset screen mesin menjadi 5mm untuk proses finishing, dan dengan program yang sama proses dijalankan kembali.

SOAL LATIHAN

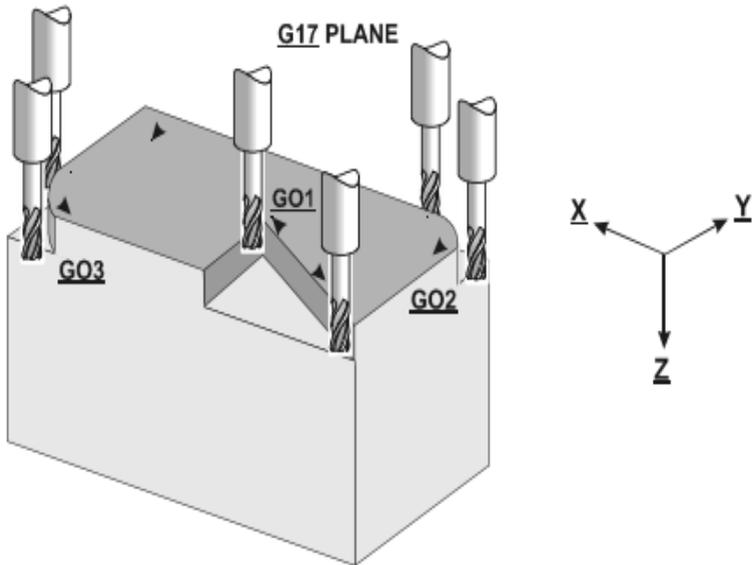
Buat program dari dua gambar kerja berikut ini dengan menggunakan offset Kompensasi G41 dan G42. Tentukan tool yang digunakan serta RPM dan Feed !



1.3.7 Pemilihan Bidang Kerja

Gcode yang digunakan G17, G18 dan G19

Gcode G17 pada gambar 1.17 contoh aplikasi program pada bidang kerja sumbu X dan sumbu Y (O00054)



Gambar 1.17 Bidang kerja G17

```

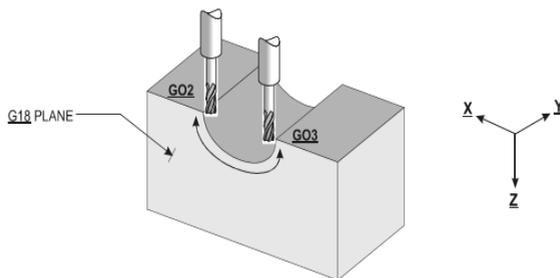
O00054 (G17 XY CIRCULAR PLANE)
N1 T1 M06 (1/2 DIA. 2 FLT E.M.)
N2 G90 G54 G00 X4. Y3.25 S2600 M03 (XY start point of arc)
N3 G43 H01 Z0.1 M08
N4 G01 Z-0.5 F50.
N5 G17 G02 X5.25 Y2. R1.25 F10. (G17 circular motion XY plane)
N6 G00 Z0.1
N7 X5. Y-.25 (G17 is default when you power up machine)
N8 G01 Z-0.5 F50.
N9 X3.25 Y0.8
N10 Y-.25
N11 G00 Z1.
N12 X-0.25 Y1.
N13 G01 Z-0.5 F50.
N14 G17 G03 X1. Y-0.25 R1.25 F10. (G17 circular motion XY plane)

```

CATATAN:

Gcode G18 pada gambar 1.18 contoh aplikasi program pada bidang kerja sumbu X dan sumbu Z (O00055)

Gambar 1.18 Bidang kerja G18



```

O00055 (G18 ZX CIRCULAR PLANE)
N1 T1 M06 (1/2 DIA. 2 FLT BALL E.M.)
N2 G90 G54 G17 G00 X1.5 Y0. S2600 M03 (XY start point of arc)
N3 G43 H01 Z0.1 M08
N4 G01 Z0. F20.
N5 M97 P100 L80 (Local sub-routine call done 80 times with L80)
N6 G17 G00 Z1. M09 (Switch back to G17 XY-plane when finished with G18)
N7 G53 G49 Y0. Z0. M05
N8 M30

```

```

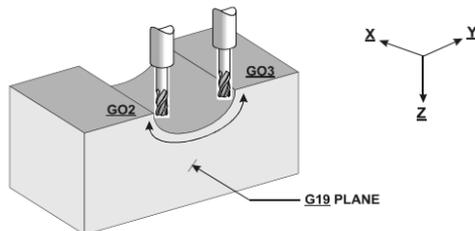
(Local sub-routine N100 called by M97 P100 in line N5, repeated 80 times with L80)
N100 G91 G01 Y-0.01(Local sub-routine N100 called by an M97 on line N5)
N101 G90
N102 G18 G03 X3. Z0. R0.75 F12. (G18 circular motion ZX plane)
N103 G91 G01 Y-0.01
N104 G90
N105 G18 G02 X1.5 Z0. R0.75 F12. (G18 circular motion ZX plane)
N106 M99 (An M99 will cause the program to jump back to the next
line after the M97 sub-routine call in the main program.)

```

CATATAN:

Gcode G19 pada gambar 1.19 contoh aplikasi program pada bidang kerja sumbu Y dan sumbu Z (O00056)

Gambar 1.19 Bidang kerja G19



```

O00056 (G19 YZ CIRCULAR PLANE)
N1 T1 M06 (1/2 DIA. 2 FLT BALL E.M.)
N2 G90 G54 G17 G00 X0. Y3. S2600 M03 (XY start point of arc)
N3 G43 H01 Z0.1 M08
N4 G01 Z0. F20.
N5 M97 P100 L80 (Local sub-routine call done 80 times with L80)
N6 G17 G00 Z1. M09 (Switch back to G17 XY-plane when finished with G19)
N7 G53 G49 Y0. Z0. M05
N8 M30

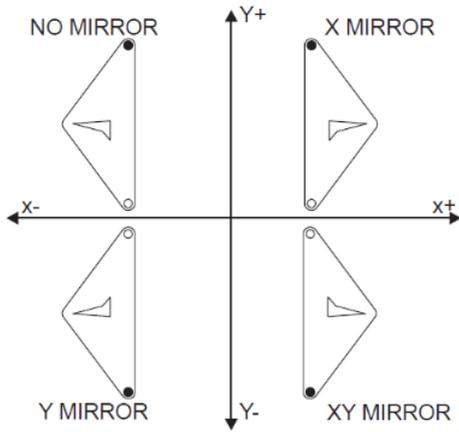
(Local sub-routine N100 called by M97 P100 in line N5, repeated 80 times with L80)
N100 G91 G01 X-0.01
N101 G90
N102 G19 G03 Y1.5 Z0. R0.75 F12. (G19 circular motion YZ plane)
N103 G91 G01 X-0.01
N104 G90
N105 G19 G02 Y3. Z0. R.75 F12. (G19 circular motion YZ plane)
N106 M99 (An M99 will cause the program to jump back to the next
          line after the M97 sub-routine call in the main program.)

```

CATATAN:

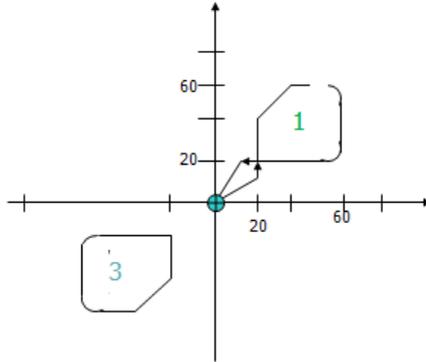
1.3.8 Mirror Program

Mcode : M21 mirror sumbu x
 : M22 mirror sumbu y
 : M21 M22 mirror cross sumbu x,y
 : M23 cancel program mirror



Gambar 1.20 Mirror image

Contoh; Program mirror cross pada mesin CNC milling



```

O4000 ( MAIN );
G17 G21 G40 G69 G80 M23;
G28 G91 Z0;
G28 G91 X0 Y0;
T4;
M6;
G90 G54 G0 X0 Y0;
G43 Z50. H4 M1;
M3 S4000;
M8;
M98 P4001;--- ( Image 1 )
M21;
M22;
M98 P4001;--- ( Image 3 )
M23;
M9;
G28 G91 Z0 M5;
M30;

```

```

O4001 ( Sub );
G90 Z2.;
G41 X20. Y10. D5;
G1 Z-5. F400;
Y40.;
X40. Y60.;
X50.;
G2 X60. Y50. R10.;
G1 Y30.;
G2 X50. Y20. R10.;
G1 X10.;
G0 Z50.;
G40 X0 Y0;
M99;

```

1.3.9 Canned Cycle / Pelubangan Bulat

Proses pelubangan seperti proses pembesaran lubang (boring), pelubangan (drilling), penguliran dengan memakai penetapan format terlebih dahulu, pilih format yang paling pendek, mudah dan tepat untuk setiap type mode cycle. Gunakan G80 untuk membatalkannya.

```

G90 G98 G__ X__ Y__ R__ Z__ Q__ P__
F__ L__ K__;

```

G98 – Kembali ke posisi titik Z awal, setelah tiap proses pelubangan

G99 – Kembali ke posisi refferensi R, setelah tiap proses pelubangan

G__ - Type dari cycle mode

X – Posisi titik X dari lubang

Y – Posisi titik Y dari lubang

R – Jarak titik refferensi

Z – Kedalaman lubang

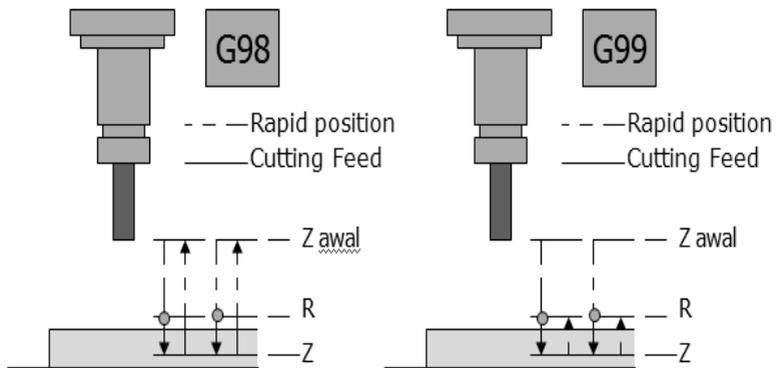
Q – Banyaknya pemakanan / pergeseran pemakanan (increment)

P – Waktu tunda / diam sementara pada saat di dasar lubang

F – Kecepatan pemakanan

L__K__ - Pengulangan

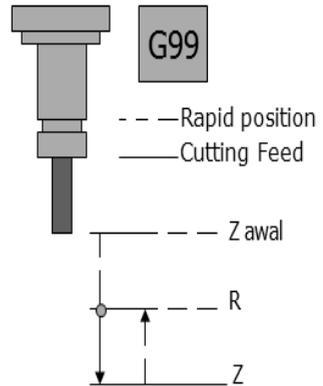
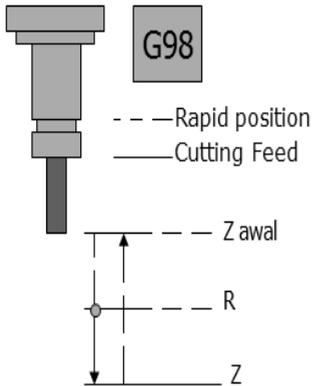
Perbedaan antara G98 dan G99



Ketika menggunakan G98, setiap selesai melakukan proses, cutter akan kembali ke posisi Z awal. Metode ini mengakibatkan makan waktu lama tetapi ini yang sangat dianjurkan penggunaannya karena lebih aman. Ketika menggunakan G99, setiap selesai melakukan proses, cutter akan kembali ke posisi R, diakhir proses baru ke Z awal. Bila menggunakan metode ini mohon permukaan benda kerja tidak ada halangan antara lubang satu ke lubang lainnya.

Beberapa Siklus Program Drill :

1. Perintah siklus pengeboran langsung.



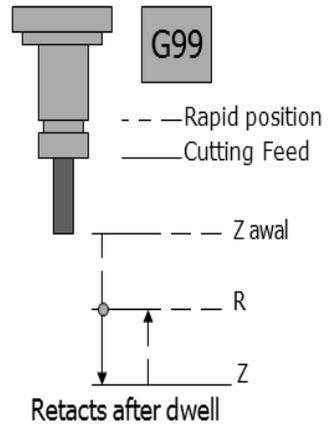
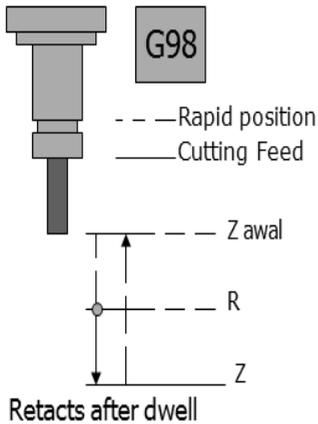
G98 G81 X__ Y__ R__ Z__ F__ ;

Untuk awalan lubang dengan menggunakan NC drill.

G98 G85 X__ Y__ R__ Z__ F__ ;

Sama dengan G81, namun pada saat kembali ke titik R tetap menggunakan gerak / feeding pemakanan.

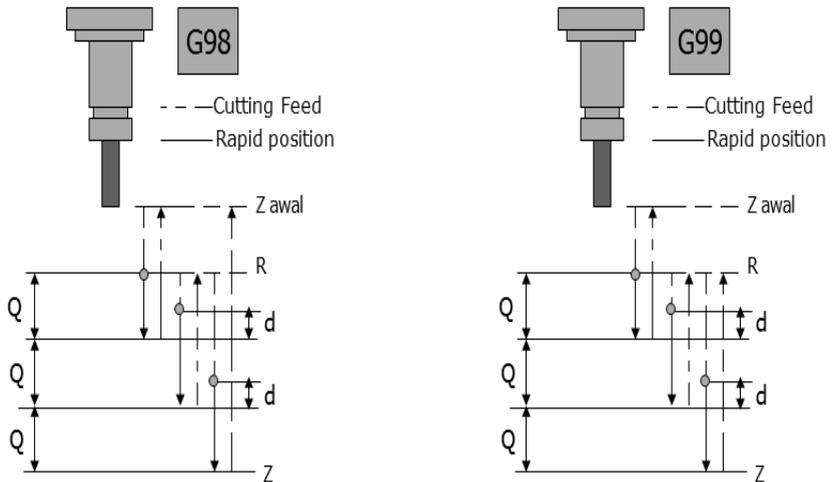
2. Perintah siklus pengeboran dengan waktu tinggal diam.



G98 G82 X__ Y__ R__ Z__ P__ F__ ;

- Untuk proses pembuatan counterbore. Kerataan dasar diperbaiki dengan waktu tunda (berhenti sementara)
- Ketika kita menetapkan P1000, maka waktu tundanya satu detik.

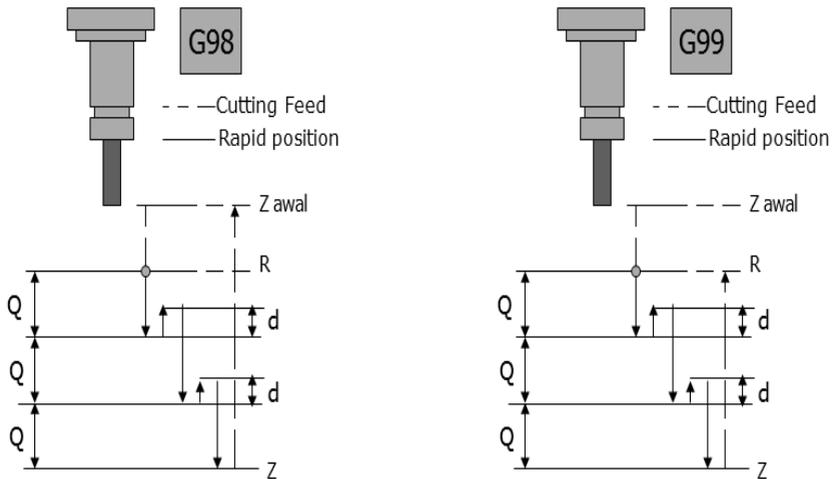
3. Perintah siklus pengeboran dengan penarikan total.



G98 G83 X__ Y__ R__ Z__ Q__ F__ ;

- Q adalah kedalaman tiap pemakanan dan akan selalu kembali ke R
- 'd' adalah nilai dimana mesin telah mulai melakukan proses dengan feeding sebelum mencapai titik pemakanan berikutnya. Besarnya yaitu 0.1mm

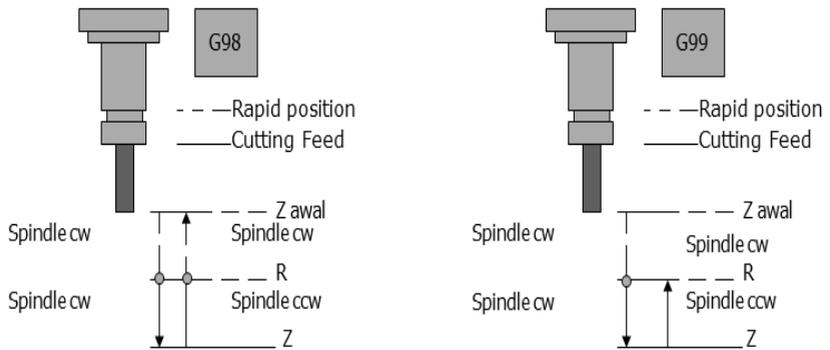
4. Perintah siklus pengeboran dengan penarikan total.



G98 G73 X__ Y__ R__ Z__ Q__ F__ ;

- Nilai tarik balik mesin setelah pemakanan. Besarnya yaitu 0.1mm
- Tidak baik untuk lubang yang dalam, karena tatal (chips) mungkin menjepit alat potong dan alat potong cepat rusak.
- Baik untuk material lunak dengan kedalaman ringan.

5. Perintah siklus pembubutan memanjang.



G98 G84 X__ Y__ R__ Z__ F__ ;

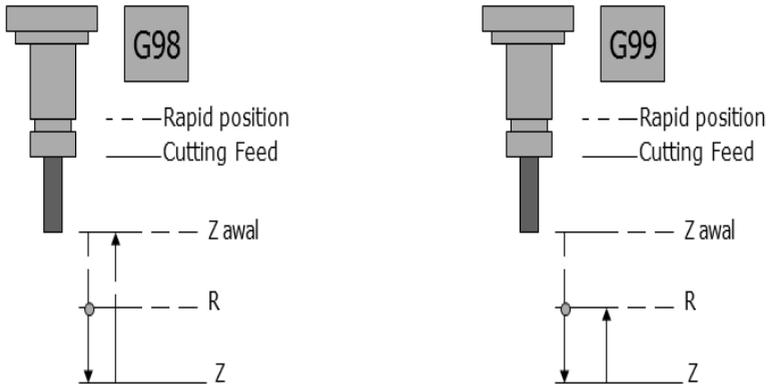
- Titik R minimal 7mm atau lebih menjauhi dari permukaan benda kerja.
- Gunakan Floating chuck untuk proses ini
- Untuk ulir kiri menggunakan G74
- $F = \text{Spindle speed} \times \text{Thread pitch (mm)}$

Rigid Tapping M135 (optional funtion)

- Kecepatan putar spindle dan feedrate pemakanan dikontrol dan disesuaikan oleh mesin)
- M135 S200 ;

G98 G84 X__ Y__ R__ Z__ F__ ;

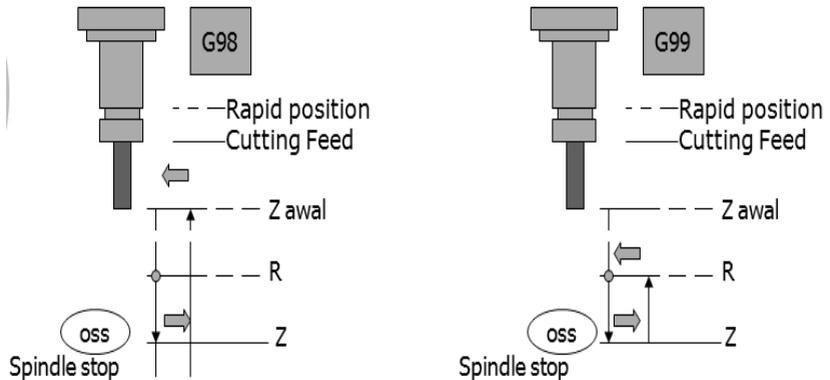
6. Perintah siklus pengeboran halus.



G98 G86 X__ Y__ R__ Z__ F__ ;

- Spindle berhenti di dasar lubang dan kembali dengan gerak cepat mesin (rapid rate) Ada sedikit goresan permukaan ketika spindle kembali ke atas. Gunakan G76 untuk menghilangkan goresan pada lubang dan hasil yang lebih baik.

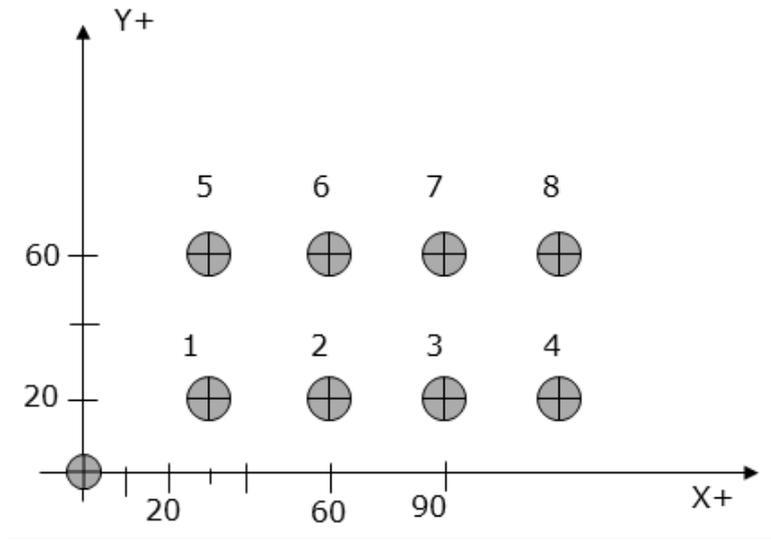
7. Perintah siklus pengeboran halus boring.



G98 G76 X__ Y__ R__ Z__ F__ ;

- 'Oriented Spindle Stop' (M19) akan melakukan gerak balik setelah pemakanan sehingga tidak ada goresan di permukaan benda kerja.
- Arah pergeseran X+, X-, Y+, Y-, telah di atur pada kontrol sebelumnya.(periksa dahulu sebelum menggunakan)
- Besarnya pergeseran diatur dengan Q.

CONTOH PROGRAM



O5000 (INDUK);
G17 G21 G40 G80 M23;
Z-20. Q1. F100;
G28 G91 Z0;
G28 G91 X0 Y0;
T1 M6;
G90 G58 G0 X0 Y0;
G43 Z100. H1 M1;
M3 S1000;

Z50. M8;
G98 G83 X30. Y20. R2.
G91 X30.L3K3;
Y40.;
X30. L3K3;
G80G90 G0 X0 Y0 M9;
G28 G91 Z0 M9;
M30;

1.4 Standarisasi Pemograman Mesin Perkakas CNC

1.4.1 Pemrograman Kode G Pada Mesin Frais

Berikut kode G dan arti-nya pada software Fanuc SERIES Oi- Mc.Frais

NO	Kode	Penjelasan
1	G00	Pengeposisian bebas
2	G01	Interpolasi Lurus (gerak pemakanan)
3	G02	Interpolasi melingkar searah jarum jam (CW)
4	G03	Interpolasi melingkar berlawanan arah jarum jam (CCW)
5	G04	Program berhenti pada waktu tertentu
6	G10	Data program dapat di-input
7	G15	Pembatalan perintah koordinat polar
8	G16	Perintah koordinat polar
9	G17	Interpolasi helical
10	G20	Konversi satuan inchi (british)
11	G21	Konversi satuan mm (metric)
12	G28	Pengembalian posisi referensi
13	G31	perintah skip (melangkahi)
14	G33	Pembuatan ulir (Threading cutting)
15	G40	Cancel kompensasi cutter
16	G43, G44	Kompensasi panjang tool positif(G43), Negatif (G44)
17	G45	Menaikkan offset tool
18	G46	Menurunkan offset tool
19	G47	Menaikkan ganda offset tool
20	G48	Menurunkan ganda offset tool
21	G49	Pembatalan kompensasi panjang tool
22	G52	Penyatuan system koordinat local
23	G54, G55,	Sistem koordinat workpiece

	G56, G57	
24	G60	Pengeposisian arah tunggal
25	G63	Pengerjaan Tapping (ulir dalam)
26	G64	Pengerjaan pemotongan
27	G74	Menghitung putaran Tapping
28	G76	Pengerjaan proses canned cycle
29	G80	Pembatalan pengerjaan siklus
30	G81	Pengoperasian eksternal atau putaran drilling
31	G82	Keliling counter boring
32	G83	Peck drilling cycle
33	G84	Pengerjaan keliling Tapping
34	G85	Pengerjaan keliling boring
35	G90	Perintah system koordinat absolute
36	G91	Perintah system koordinat incremental
37	G94	Penentuan asutan pemakanan dalam (inchi/menit)
38	G95	Penentuan asutan pemakanan dalam (inchi/putaran)
39	G96	Kecepatan potong permukaan konstan
40	G98	Kembali ke titik initial di sebuah siklus
41	G99	Kembali ke titik R di sebuah siklus

1.4.2 Pemrograman Kode M Pada Mesin Frais

Berikut kode M dan arti-nya pada software Fanuc SERIES Oi- Mc.Frais

NO	Kode	Penjelasan
1	M00	Berhenti antar program, spindle berhenti : 3 sumbu x,y,z berhenti, distart kembali setelah kembali setelah menekan “cycle start”
2	M01	Usulan program stop
3	M02	Akhir program, program berhenti, lampu alarm hidup
4	M03	Putaran spindle searah jarum jam
5	M04	Putaran spindle berlawanan arah jarum jam
6	M05	Spindle berhenti berputar tetapi kode lainnya masih jalan
7	M06	Pergantian tool otomatis dari spindle dengan tool di magazine
8	M07	Coolant (pendingin) mengeluarkan angin otomatis untuk membersihkan bram
9	M08	Coolant ON
10	M09	Coolant OFF
11	M10	Rem ke-4 sumbu ON untuk menghentikan jalan
12	M11	Rem ke-4 sumbu OFF untuk menjalankan
13	M19	Spindle berhenti pada yang diorientasikan secara tepat
14	M23	Koveyor bram diperintahkan bergerak berlawanan jarum jam

15	M24	Konveyor bram diperintahkan bergerak searah jarum jam
16	M29	Khusus system fanuc, spindle yg sedang menjepit tool tidak bisa diganti langsung tetapi harus gunakan perintah S
17	M30	Akhir program, program berhenti
18	M48	Pembatalan (cancel) hidupnya OVERRIDE
19	M50	Coolant untuk pengeboran dalam perintah
20	M52	Kode bayangan sumbu X keluar
21	M53	Kode bayangan sumbu Y keluar
22	M54	Kode bayangan sumbu X,Y dan keempat arah gerakan ditutup
23	M80	Diperintahkan tool buka klem
24	M81	Diperintahkan tool menjepit klem
25	M90	Memerintahkan posisi ATC kedepan untuk menjepit tool
26	M91	Memerintahkan posisi ATC kebelakang (kembali) untuk menjepit tool
27	M98	Untuk memanggil program pembantu (sub-program)
28	M99	Untuk keluar dari program pembantu dan kembali ke program utama
29	A00	Salah perintah fungsi G atau M.
30	A01	Salah perintah fungsi G02 atau G03.
31	A05	Kurang perintah M30.
32	A12	Salah pengecekan.
33	A13	Pengalihan inchi atau mm dengan pelayanan pemuatan.
34	A14	Salah menetapkan satuan dimensi.

35	A17	Salah subprogram.
----	-----	-------------------

Selain kode G dan M diatas ada kode lain yg mendukung kode utama tadi, berikut yg berlaku pada mesin frais fanus SERIES Oi-MC

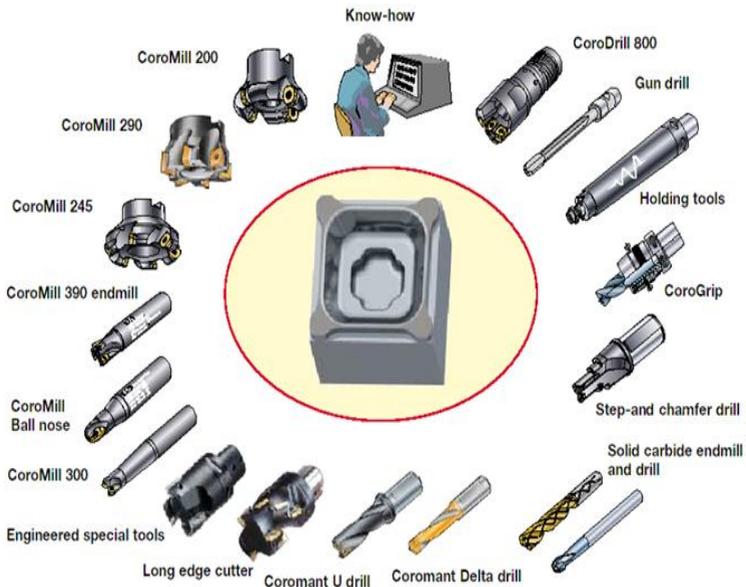
NO	Kode	Penjelasan
1	O	Nomor program
2	N	Nomor urut blok program
3	G	Khusus untuk kode perpindahan (lurus,(busur/melengkung dll)
4	X,Y,Z,	(kata ukuran) perintah perpindahan sumbu koordinat.Nilai ini berkaitan dengansystem inkremental
	U,V,W	
	,A,B,C	
5	I,J,K	(kata ukuran) koordinat titik lengkung
6	R	(kata ukuran) jari-jari lengkungan
7	F	Kode pemakanan / rate of feed (per menit atau per putaran)
8	S	Kecepatan spindle (rpm)
9	T	Nomor tool
10	M	(kode tambahan) kontrol ON/OFF akan tool mesin
11	B	Table indexing, dll
12	D,H	Nomor offset
13	P,X	Lama waktu jeda (detik)

14	P	Nomor program pembantu (subprogram)
15	P,Q	Parameter keliling pengkalengan (canned cycle)

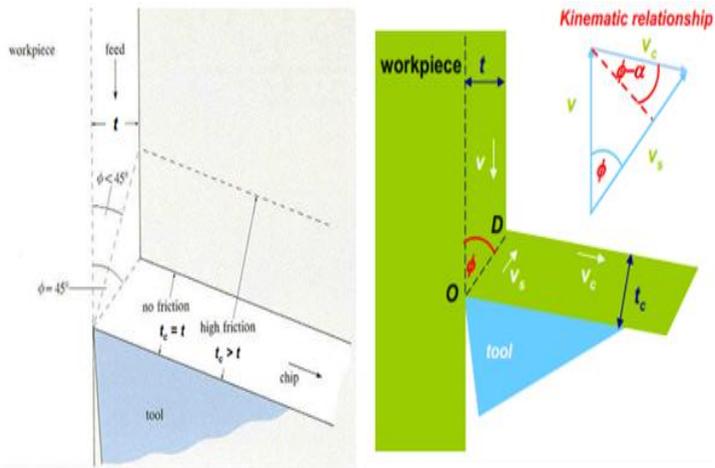
BAB 2

TOOLS CNC

Pada proses pemesinan, mengerti tentang prinsip pemotongan dengan baik akan membantu dalam proses produksi yang ekonomis. Prinsip pemotongan banyak digunakan pada pembubutan, penyerutan, pengetaman, pengefrisan/milling maupun pengeboran. Macam-macam jenis pahat yang digunakan pada proses pemesinan milling pada gambar 2.1 dibawah.



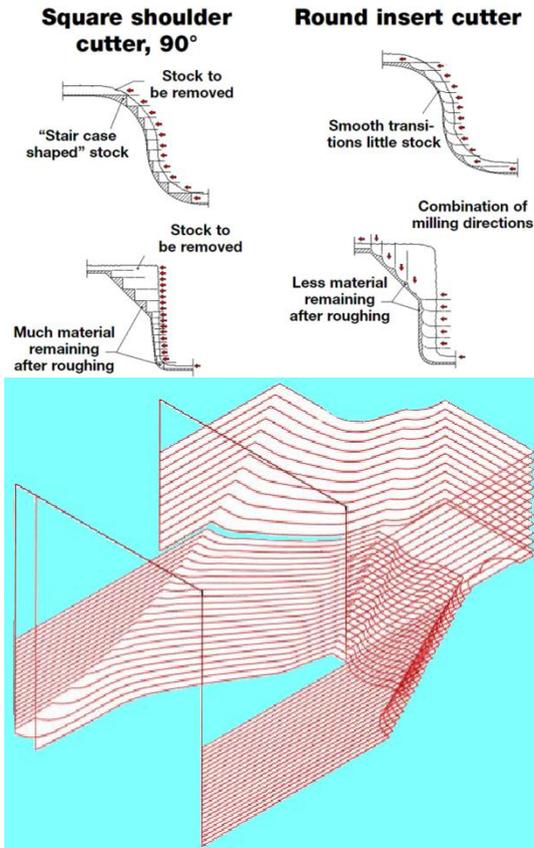
Gambar 2.1 Coromant in Die and Mould Making(sandvik)



Gambar 2.2 Skematis dari pembentukan serpihan menggunakan model pahat mata tunggal orthogonal.

Untuk menerangkan metode pemotongan dijelaskan dengan model mata pahat orthogonal seperti terlihat pada gambar 2.2 diatas. Dalam menganalisa proses pemotongan, dianggap bahwa serpihan disobek dari benda kerja dengan gerakan menggeser melintasi bidang AB. Serpihan akan mengalami gaya gesek yang tinggi dengan permukaan pahat. Oleh sebab itu kerja untuk membuat serpihan harus bisa mengatasi gaya geser dan gaya gesek yang timbul.

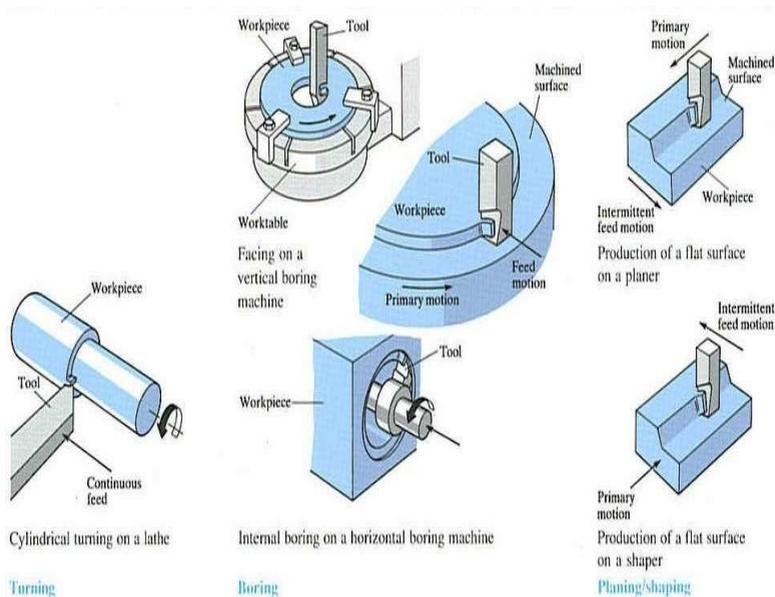
Untuk mengukur gaya gaya yang bekerja pada perkakas digunakan alat yang disebut *dynamometer*. Jenis dynamometer yang sering digunakan adalah jenis dynamometer elektronik. Tahapan-tahapan aplikasi proses pemesinan milling yang direkomendasikan sandvik, salah satu contohnya aplikasi dari tools insert pada gambar 2.3 sebagai berikut;



Gambar 2.3 Aplikasi strategi pemotongan dengan tools insert

2.1 Tools Mata Potong Tunggal

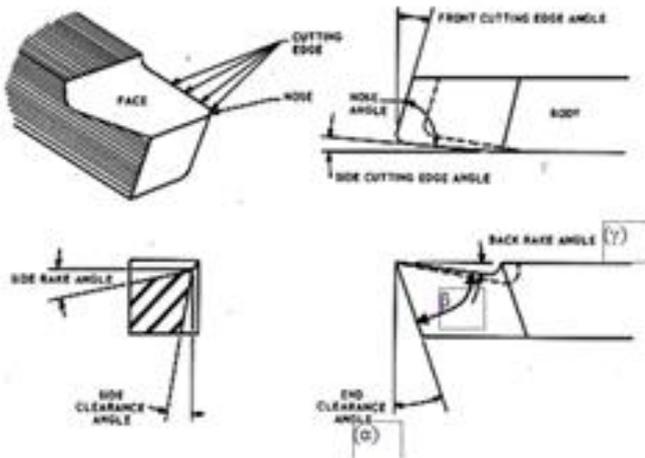
Alat potong yang memiliki sisi potong tunggal adalah alat potong yang dapat memotong/membentuk material benda kerja hanya dengan satu sisi potong. Contoh alat potong tipe ini adalah alat potong yang digunakan pada proses pemesinan membubut dan alat potong menyekrap pada gambar 2.4 berikut ini.



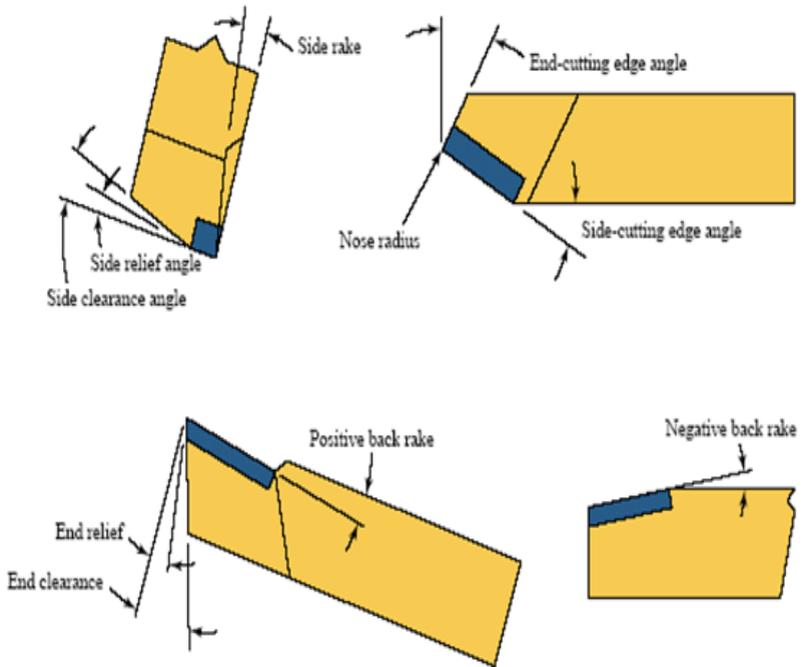
Gambar 2.4 Alat potong dengan sisi potong tunggal

Geometri pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Terminologi standar geometri ditunjukkan pada Gambar 2.5. Untuk pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut beram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*). Sudut-sudut pahat HSS yang diasah dengan menggunakan mesin gerinda pahat (*Tool Grinder Machine*). Sedangkan bila pahat tersebut adalah pahat sisipan yang dipasang pada tempat pahatnya, geometri pahat dapat dilihat pada Gambar 2.6 Selain geometri pahat tersebut pahat bubut bisa juga diidentifikasi berdasarkan letak sisi potong (*cutting edge*) yaitu pahat

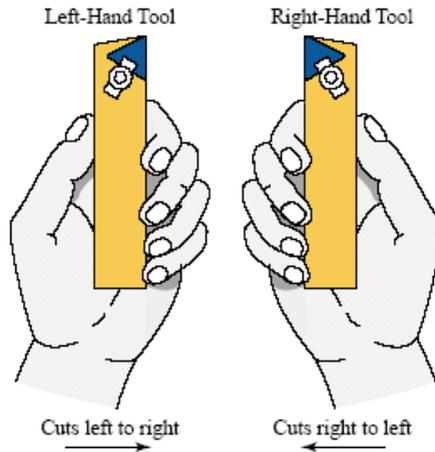
tangan kanan (*Right-hand tools*) dan pahat tangan kiri (*Left-hand tools*), lihat Gambar 2.7.



Gambar 2.5 Pahat bubut mata tunggal

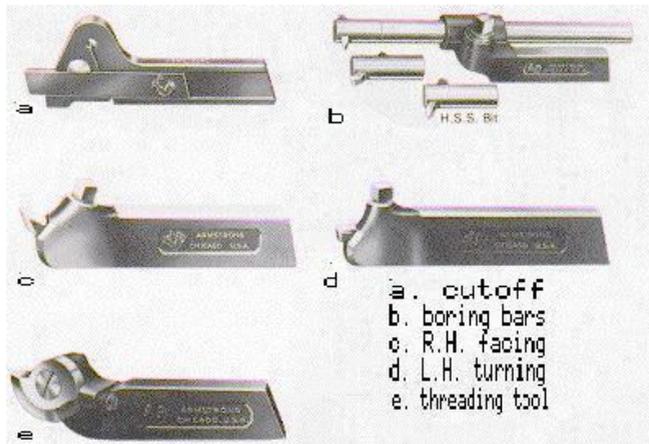


Gambar 2.6 Geometri pahat bubut sisipan (*insert*)

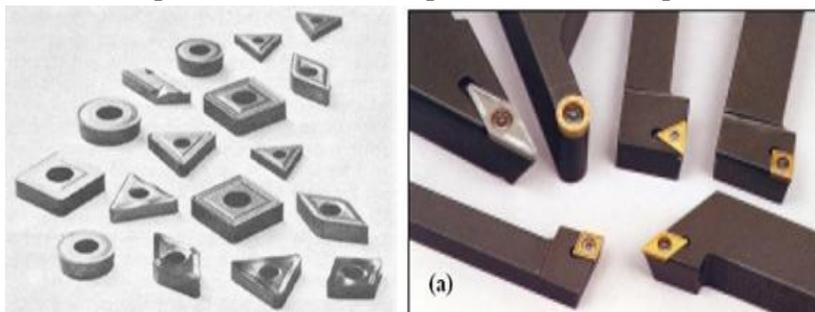


Gambar 2.7 Pahat tangan kanan dan pahat tangan kiri

Pahat bubut di atas apabila digunakan untuk proses membubut biasanya dipasang pada pemegang pahat (*Tool holder*). Pemegang pahat tersebut digunakan untuk memegang pahat dari HSS dengan ujung pahat diusahakan sependek mungkin agar tidak terjadi getaran pada waktu digunakan untuk membubut (lihat Gambar 2.8). Selain bentuk pahat seperti di Gambar 2.5, ada juga pahat yang berbentuk sisipan/*inserts* (lihat Gambar 2.9)

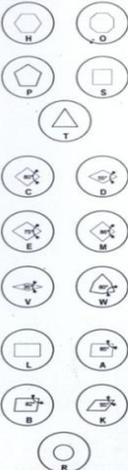
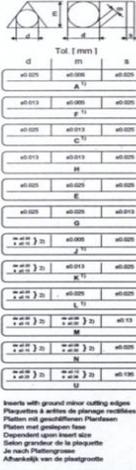
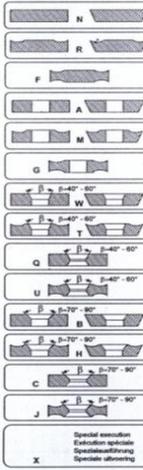
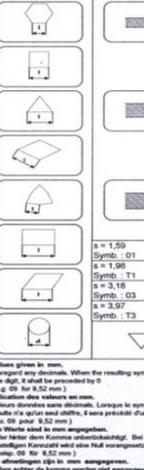
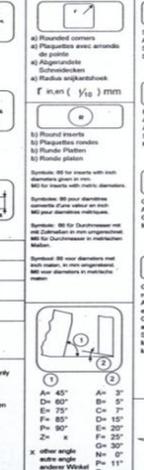


Gambar 2.8 Pemegang pahat HSS : (a) pahat alur, (b) pahat dalam, (c) pahat rata kanan, (d) pahat rata kiri, (e) pahat ulir



Gambar 2.9 Pahat bubut sisipan (*inserts*), dan pahat sisipan yang dipasang pada pemegang pahat (*tool holders*)

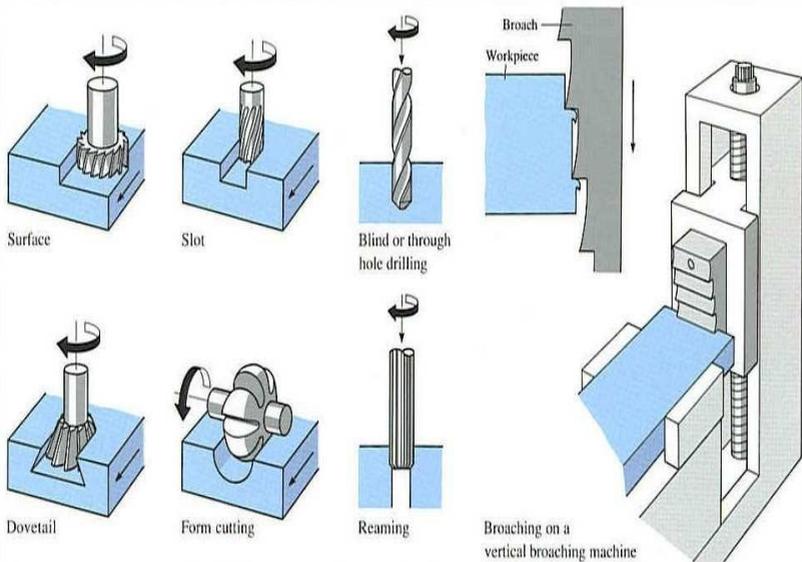
Pahat berbentuk sisipan tersebut harus dipasang pada pemegang pahat yang sesuai. Bentuk pahat sisipan sudah distandarkan oleh ISO (lihat Gambar 2.10).

ISO DESIGNATION OF THE INSERTS ISO BEZEICHNUNG DER PLATTEN			DESIGNATION ISO DES PLAQUETTES ISO CODERING VAN DE PLATTEN							10
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Insert shape Forme de la plaquette WSP Form Plaatvorm	Normal clearance Dépouille normale Freesruimte Vrijgophoek	Tolerance class Classe de tolérance Tolerantieklassen Tolerantieklassen	Filing and geometry Brise-coupeur et fixation Bevestiging-Geometrie Bevestiging-Lijfvoering	Insert size Grandeur de la plaquette Größe der Platte Slijkartikellengte	Insert thickness Épaisseur de la plaquette Dikte van de plaat	Insert corner Pointe de coupe Schneidnacke Radius	Cutting edge Traitement d'arête Schneidkante Slijkant	Cutting direction Direction de coupe Schneidrichtung Slijrichting	 <p> <small> This chart is printed under license of the International Organization for Standardization (ISO) and is reproduced here for the sole use of the user. No part of this chart may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of ISO. </small> </p>	
 <p>For other clearances requiring special specifications Pour autres dépouilles nécessitant une spécification Für andere Freisräume, die besondere Angaben erfordern Andere vrijgophoek als voorgaaven</p>	 <p>1) inserts with ground mirror cutting edges Plaquettes à arêtes de coupe réfléchissantes Platten met gesleefde randen Platen met gesleefde randen</p> <p>2) dependent upon insert size Selon grandeur de la plaquette Je nach Plattendimension Afhankelijk van de slijpartikel</p>	 <p>Special execution Exécution spéciale Speciale uitvoering Speciale uitvoering</p>	 <p>Values given in mm. Overgeeft any decimals. When the resulting symbol has only one digit, it shall be preceded by 0. (e.g. 09 for 9.52 mm.) Indication des valeurs en mm. Wanneer decimaal wordt aangegeven, moet het symbool dat erachter staat één cijfer en een komma hebben. Het eerste cijfer van 0. (Bijv. 09 voor 9,52 mm.) Die Werte sind in mm angegeben. Zijfer achter de komma overbodig. Bij other achterliggende komma's wordt één nul voorgeschreven. (Bijv. 09 NR 9,52 mm.) Die afmetingen zijn in mm aangegeven. Cijfers achter de komma worden niet aangegeven</p>	 <p> $s = 1,59$ Symb. : 01 $s = 3,18$ Symb. : T1 $s = 3,97$ Symb. : T2 </p>	 <p> r in mm ($\frac{1}{16}$) mm Symb. : 01 Symb. : T1 Symb. : T2 </p>	 <p> Symb. : 01 Symb. : T1 Symb. : T2 </p>	 <p> Symb. : 01 Symb. : T1 Symb. : T2 </p>			
C	N	M	G	12	04	08				

Gambar 2.10 Standar ISO untuk pahat sisipan

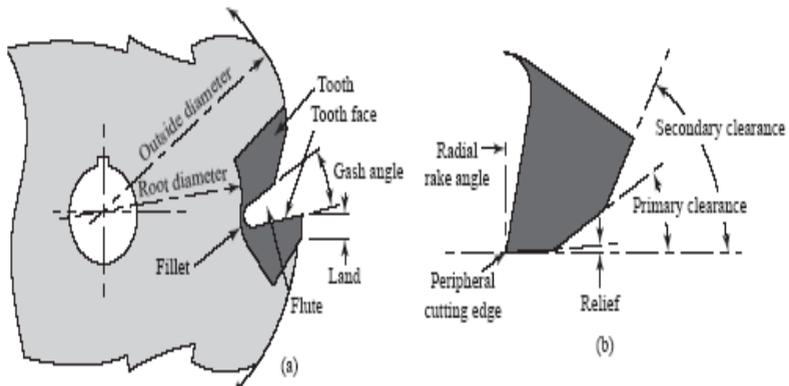
2.2 Tools Mata potong Jamak

Alat potong yang memiliki sisi potong lebih dari satu adalah alat potong yang dapat memotong/membentuk material benda kerja hanya dengan lebih dari satu sisi potong, sehingga kecepatan potong lebih tinggi disbanding dengan yang memiliki mata potong tunggal. Contoh alat potong tipe ini adalah alat potong yang digunakan pada proses pemesinan frais/milling pada gambar 2.11 berikut ini.



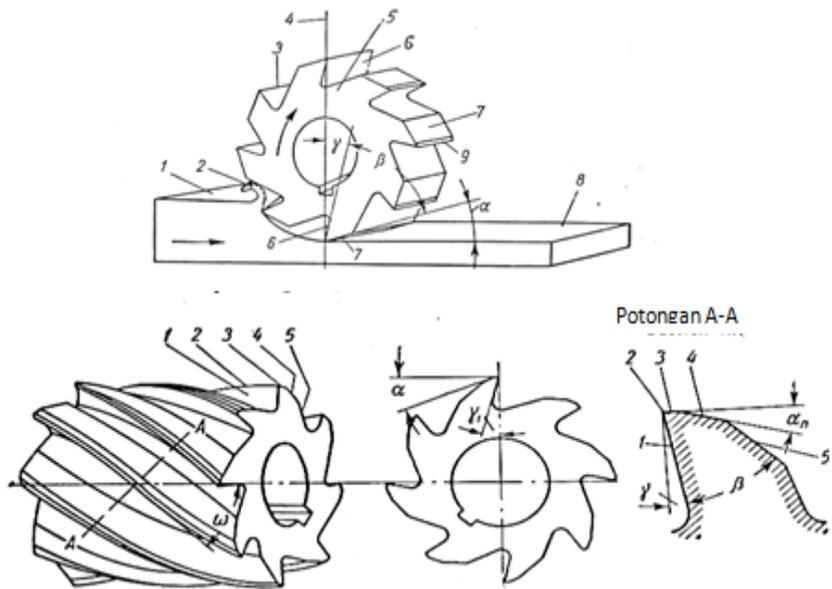
Gambar 2.11 Alat potong dengan sisi potong banyak

Pada dasarnya bentuk pahat frais adalah identik dengan pahat bubut. Dengan demikian nama sudut atau istilah yang digunakan juga sama dengan pahat bubut. Nama-nama bagian pahat frais rata dan geometri gigi pahat frais rata ditunjukkan pada Gambar 2.12.



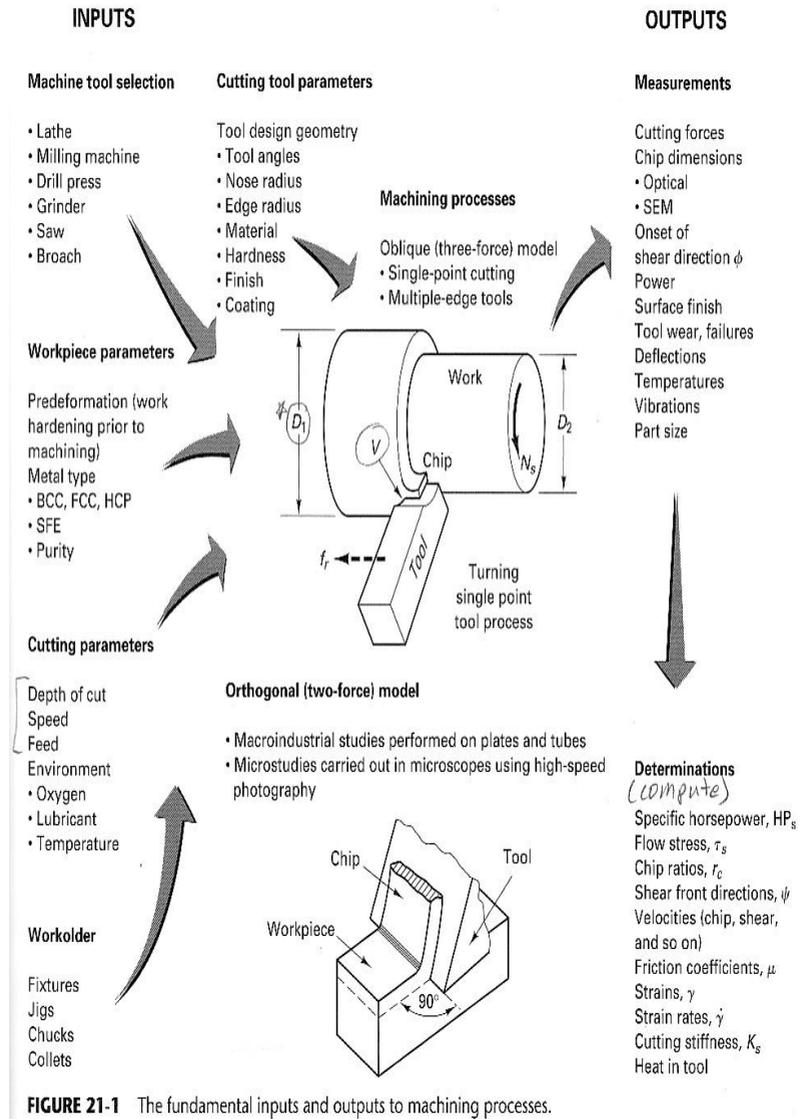
Gambar 2.12 Konfigurasi pahat frais : (a) nama-nama bagian pahat frais rata , (b) geometri gigi pahat frais

Pahat frais memiliki bentuk yang rumit karena terdiri dari banyak gigi potong, sehingga proses pemotongannya adalah proses pemotongan dengan mata potong majemuk (Gambar 2.13). Jumlah gigi minimal adalah dua buah pada pahat frais ujung (*end mill*).



Gambar 2.13 Geometri pahat freis selubung HSS

2.3 Cutting Data Tools



Mesin frais ini juga dapat melakukan proses pengerjaan drill, reamer, bore, tap dan counter bor. Pada mesin frais ini menggunakan rumus putaran mesin:

$$N = \frac{1000.Vc}{\pi.D}$$

Dimana :

- Vc = kecepatan potong (m / menit)
- D = Diameter pisau potong (mm)
- N = Putaran pisau potong (rpm)

Formula untuk menghitung feed speed dan material removal rate:

$$Vf = Fz . N . Zn$$

Dimana:

- Vf = kecepatan pemakanan (mm/min)
- Fz = Kecepatan pemakanan pergigi (mm/tooth)
- Zn = jumlah mata potong

$$Q = \frac{ap . ae . Vf}{1000}$$

Dimana:

- Q = kecepatan pembuangan geram (mm³/min)
- ap = Kedalaman potong (mm)
- ae = step over (mm)

CONTOH range nilai parameter pemesinan milling/frais dari pahat insert SANDVIK yang direkomendasikan.



Preliminary application area, CoroMill 200, insert RCET 1204M0-KM/1606M0-KM, 6090 and CoroMill 245, insert R245-12T3E-KL, 6090

	CMC08.1	CMC08.2
v_c start value	1000 m/min	800 m/min
v_c min-max	600-1200 m/min	600-1200m/min
f_z start value	0,20 mm/z	0,15 mm/z
f_z min-max	0,15-0,30 mm/z	0,10-0,25 mm/z

a_p and a_e due to stability, overall conditions and available power in spindle motor.

CONTOH cavity TEST pemesinan milling/frais

Machine tool: MCM, 5-axis, max rpm 16 000, ceramic bearings with vibration control.

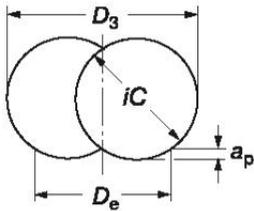
Spindle motor 40 kW. Spindle interface CC 6.



Cutter	CM200, dia 32 mm
Insert	RCET 1204M0-KM2, 6090
Z	3
rpm	16 000
v_f	14 400 mm/min
v_c	1528 m/min
fz/hex	0,30/0,26 mm/z
a_p	3
a_e	22 (full slot 32 mm at start of each cavity layer)
Q	950 cm ³ /min, full slot 1382 cm ³ /min
Material:	SS 0135 or CMC 08.2
Result:	Unobstructed machining action, fully intact edges after one cavity

CATATAN:

CONTOH Calculation of true cutting speed in HSM applications



CoroMill 300

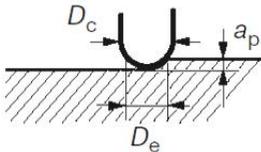
$$D_e = D_c - iC + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$$

CoroMill Ball nose

$$D_e = 2 \times \sqrt{a_p \times (D_c - a_p)}$$

Effective cutting speed (v_e)

$$v_e = \frac{\pi \times n \times D_e}{1000} \text{ m/min}$$

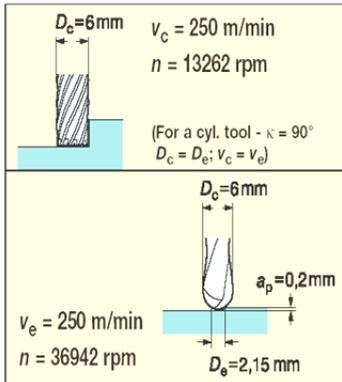


To get a correct v_c , v_f and an optimised productivity it is important to define the effective diameter in cut D_e .

CATATAN:

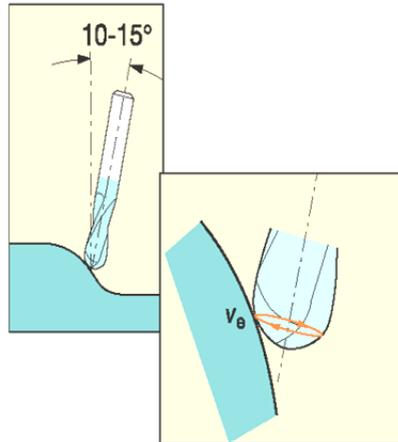
CONTOH Calculation of true cutting data in die milling

Define the effective diameter in cut (D_e) to get the true cutting speed (v_e)



$$n = \frac{v_e \times 1000}{\pi \times D_e} \text{ rpm}$$

Increase v_e by tilting the spindle



The cutting zone moves away from the tool centre – the critical area

CATATAN:

CONTOH HSM in hardened tool steel



Roughing

v_e 100 m/min, a_p 6-8% of D_c
 a_e 35-40% of D_c
 f_z due to conditions



Semi-finishing

v_e 150-200 m/min, a_p 3-4% of D_c
 a_e 20-40% of D_c
 f_z due to conditions



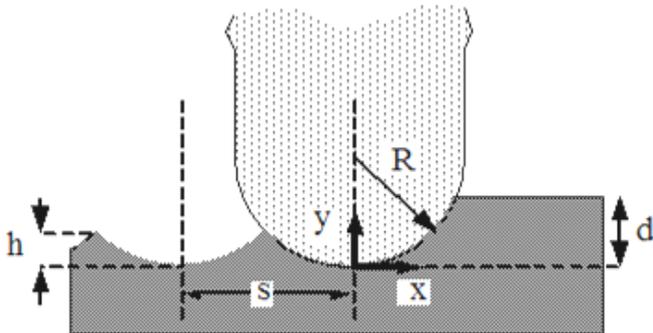
Finishing and super-finishing

v_e 200-250 m/min,
 a_e/a_p 0,1-0,2 mm
 f_z due to conditions

Typical cutting data for solid carbide end mills with a TiC,N or TiAlN-coating in hardened steel (54-58 HRC). The value is calculated on the effective diameter in cut (D_e)

CATATAN:

CONTOH Scallop Height w/Ball Nosed End Mill



Basic Equation for a circle- $x^2 + (R-y)^2 = R^2$

Solving for y.... $y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$

Max height for $x = (s/2)$

Thus $h = \left[R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2} \right]$ (if $h \leq d$)

CATATAN:

CONTOH Scallop Height w/Ball Nosed on an Incline

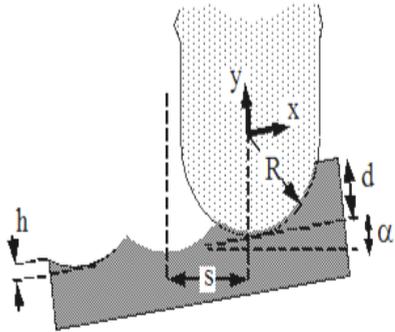
Edge of cutter described by

$$x_1^2 + y_1^2 = R^2$$

On previous pass it was

$$\left(x_2 + \frac{s}{\cos(\alpha)}\right)^2 + y_2^2 = R^2$$

Set $x_1 = x_2 = x$ and $y_1 = y_2 = y$



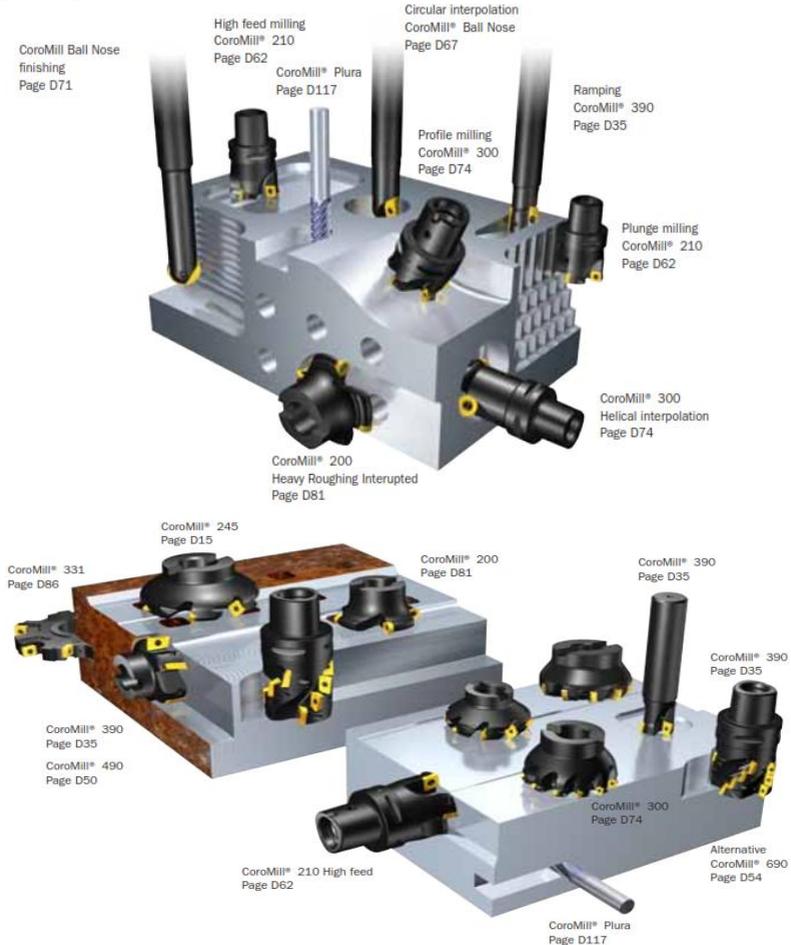
$$x = -\left(\frac{s}{2 \cdot \cos(\alpha)}\right) \quad y = -\sqrt{R^2 - \left(\frac{s}{2 \cdot \cos(\alpha)}\right)^2}$$

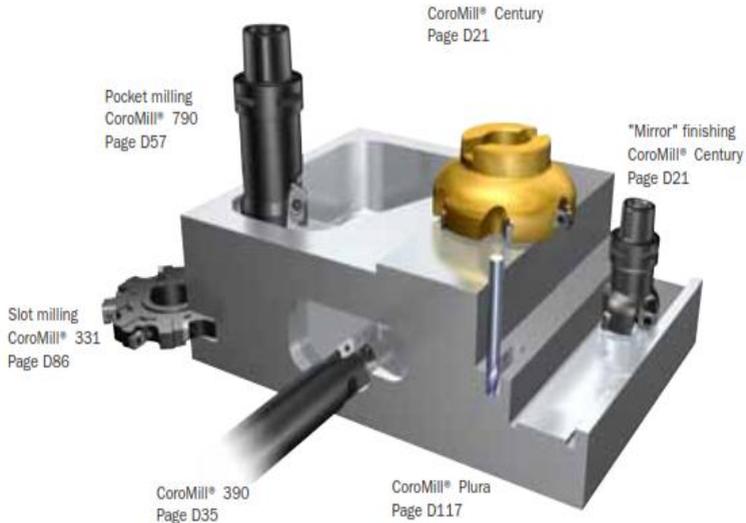
$$h = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{s}{2 \cdot \cos(\alpha)}\right)^2} \quad (\text{if } h \leq d)$$

CATATAN:

2.4 Aplikasi Pemesinan

Aplikasi *machining, face, shoulder, slot milling, profile milling* dan *alluminium milling proses roughing to finishing* pada gambar 2.14 berikut ini.





Gambar 2.14 Aplikasi pemotongan pada mesin milling

2.5 Bahan Tools/Pahat

Bahan yang banyak digunakan didalam perkakas pemotong adalah sbb:

a. Baja Karbon Tinggi.

Digunakan selama beberapa tahun terutama sebelum dikembangkannya baja pahat kecepatan tinggi. Kandungan karbon berkisar 0,80 sampai 1,20% dan baja ini mempunyai kemampuan baik untuk dikeraskan. Pada kekerasan maksimum maka baja agak rapuh dan kalau dikehendaki sedikit keuletan, maka harus dikorbankan kekerasannya. Baja ini akan kehilangan kekerasannya pada suhu 300°C, maka tidak sesuai untuk pekerjaan kecepatan tinggi dan tugas berat.

b. Baja Kecepatan Tinggi

Baja ini mengandung unsur paduan yang tinggi sehingga mempunyai kemampuan dikeraskan sangat baik dan tetap mempertahankan tepi pemotongan yang baik sampai suhu sekitar 650°C. Kemampuan sebuah pahat untuk mencegah pelunakan pada suhu tinggi dikenal sebagai *kekerasan merah*. Baja pahat pertama yang mempertahankan tepi pemotongan sampai hampir kekerasan merah dikembangkan oleh Fred W. Taylor dan M. White pada tahun 1900. Caranya adalah dengan menambahkan Wolfram 18% dan Chrom 5,5% kepada baja sebagai unsur pemadu utamanya. Unsur pemadu lainnya untuk baja ini adalah vanadium, molibden dan kobalt.

Beberapa jenis baja kecepatan tinggi al.:

1. *Baja kecepatan tinggi 18-4-1*. Baja ini mengandung wolfram 18%, chrom 4% dan vanadium 1%.
2. *Baja kecepatan tinggi Molibden*. Baja molibden seperti 6-6-4-2 mengandung wolfram 6%, molibden 6%, khrom 4% dan vanadium 2%, mempunyai ketahanan dan kemampuan memotong sangat baik.
3. *Baja kecepatan sangat tinggi*. Baja ini mengandung kobalt yang ditambahkan dengan kadar 2 sampai 15%. Unsur kobalt akan meningkatkan efisiensi pemotongan pada suhu tinggi. Bahan ini biasanya mahal sehingga hanya digunakan untuk operasi pemotongan berat yang beroperasi pada tekanan dan suhu tinggi.

c. Paduan Cor Bukan Besi

Sejumlah bahan paduan bukan besi yang mengandung unsur paduan utama seperti kobalt, chrom dan tungsten dengan sedikit unsur pembentuk karbida (1 sampai 2%) seperti tantalum, molibden atau boron adalah bahan yang sangat baik digunakan sebagai baha perkakas potong. Paduan ini dibentuk dengan cor dan mempunyai kekerasan merah yang tinggi yaitu sampai suhu 925° C. Terhadap baja kecepatan tinggi maka bahan ini dapat dipakai dengan kecepatan dua kali lebih besar. Namun bahan ini rapuh, tidak tanggap terhadap perlakuan panas. Perkisara elemen paduan adalah wolfram 12 sampai 15%, kobalt 40 sampai 50% dan chrom 15 sampai 35%.

d. Karbida

Perkakas karbida yang hanya mengandung wolfram karbida dan kobalt (94% wolfram karbida dan 6% kobalt) adalah cocok untuk memesis besi cor dan semua bahan lain kecuali baja. Untuk memesis bahan baja ditambahkan titanium dan tantalum karbida. Kekerasan merah bahan karbida mengungguli bahan lain karena dapat mempertahankan tepi potong pada suhu diatas 1200°C. Selain itu merupakan bahan yang paling keras dan mempunyai kekuatan kompresi yang sangat tinggi. namun bahan ini rapuh, tidak tanggap terhadap perlakuan panas.

e. Intan

Intan digunakan sebagai pahat mata tunggal dan digunakan untuk pemotongan ringan dan kecepatan tinggi,

harus didukung dengan kaku karena intan mempunyai kekerasan dan kerapuhan yang tinggi. Perkakas ini digunakan untuk bahan keras yang sulit dipotong dengan bahan perkakas yang lain atau untuk pemotongan ringan dengan kecepatan tinggi pada bahan yang lebih lunak yang ketelitian dan penyelesaian permukaannya dipentingkan.

f. Keramik

Serbuk aluminium oksida (salah satu bahan keramik) dengan beberapa bahan tambahan dibuat sebagai sisipan pahat pemotong. Sisipan ini diapitkan kepada pemegang pahat atau diikatkan padanya dengan epoxy resin. Bahan ini mempunyai kekuatan kompresi yang tinggi tetapi agak rapuh. Titik pelunakan keramik pada umumnya adalah diatas 1100°C . Keramik mempunyai konduktivitas panas yang rendah sehingga memungkinkan pahat beroperasi pada kecepatan potong tinggi dan mengambil pemotongan yang dalam.

BAB III

JIG AND FIXTURE

3.1 *Jig and Fixture*

Jig adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengarahkan sebuah atau lebih alat potong pada posisi yang sesuai dengan proses pengerjaan suatu produk. Dalam proses produksi, *Jig* sering digunakan pada proses pembentukan atau pemotongan baik berupa pelubangan maupun perluasan lubang. Alat bantu ini merupakan peralatan yang terikat secara tetap pada mesin utama. Alat Bantu ini banyak digunakan pada pertukangan kayu, pembentukan logam, dan beberapa kerajinan lainnya yang membantu untuk mengontrol lokasi atau gerakan dari alat potong. Beberapa jenis *Jig* juga disebut alat bantu atau juga pengarah. Tujuan utama *jig* adalah untuk pengulangan dan duplikasi yang tepat dari bagian benda kerja untuk proses produksi massal. Sebuah contoh *jig* adalah kunci yang diduplikasi, asli digunakan sebagai *jig* sehingga yang baru dapat memiliki jalur yang sama dengan yang aslinya. Sejak munculnya otomatisasi dan mesin *CNC*, *Jig* sering tidak diperlukan karena *CNC* dapat memprogram dan menyimpan pekerjaan di dalam memori.

Fixture adalah suatu alat bantu yang berfungsi untuk mengarahkan dan mencekam benda kerja dengan posisi yang tepat dan kuat. Alat ini banyak digunakan pada proses pengerjaan *milling*, *boring* dan biasanya terpasang pada meja mesin seperti ragum pada mesin *milling*, pencekam pada mesin bubut, pencekam pada mesin gergaji, dan pencekam

pada mesin gerinda. *Fixture* adalah elemen penting dari proses produksi massal seperti yang diperlukan dalam sebagian besar manufaktur otomatis untuk inspeksi dan operasi perakitan dengan tujuan menempatkan benda kerja ke posisi yang tepat yang diberikan oleh alat potong atau alat pengukur, atau terhadap komponen lain, seperti misalnya dalam perakitan atau pengelasan. Penempatan tersebut harus tepat dalam arti bahwa alat bantu ini harus mencekam dan memosisikan benda kerja di lokasi untuk dilakukan proses permesinan. Ada banyak standar cekam seperti rahang cekam, ragam mesin, *chuck bor*, *collets*, yang banyak digunakan dalam bengkel dan biasanya disimpan di gudang untuk aplikasi umum. *Block set* dan alat peraba (*feeler*), pengukur ketebalan (*thickness gauges*) digunakan dengan *fixture* untuk mengukur jarak dari *cutter* ke benda kerja. Meskipun sebagian besar digunakan pada mesin *milling*, *fixtures* yang juga dirancang untuk berbagai operasi permesinan dari alat yang relatif sederhana sampai dengan bentuk yang lebih kompleks.

Sistem produksi massal memerlukan metode penempatan benda kerjayang cepat dan mudah dalam pengoperasian yang memerlukan keakuratan yang tinggi *Jig* dan *fixtures* adalah alat bantu yang digunakan untuk pembuatan duplikat dan akurat dimana bagian-bagiannya dapat saling dipertukarkan dalam proses manufaktur. Penggunaan *jig* atau *fixture* membuat operasi menjadi sederhana dan dapat menghemat waktu produksi.

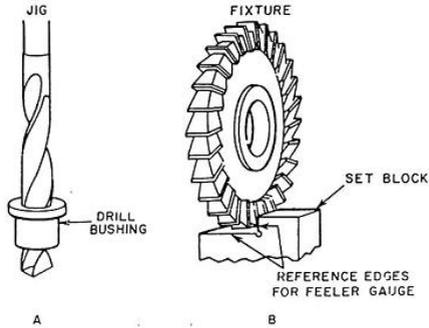
Jig dan *fixture* yang berukuran besar digunakan pada perakitan rangka pesawat terbang, dan yang sangat kecil digunakan dalam pembuat jam tangan. Penggunaan dari

keduanya dibatasi hanya sesuai dengan apa yang dikerjakan dan dihayalkan oleh desainer.

Jig dan *Fixture* harus dibuat secara akurat dari bahan yang harus mampu menahan gaya geser dan gaya potong selama proses pengerjaan. Dalam penggunaannya *Jig* dan *Fixture* harus bersih, tidak rusak, bebas dari chip dan benda kerja tidak boleh dipaksa masuk kedalamnya dan juga harus disimpan dengan baik dan diberi kode penomeran. Alat ini dilengkapi dengan bagian tambahan untuk mengarahkan, pengaturan, dan mendukung alat potong sedemikian rupa sehingga semua benda kerja yang dihasilkan mempunyai bentuk dan ukuran sama. Tenaga kerja tidak terampilpun akan bekerja dengan baik apabila menggunakan *Jig* dan *Fixture* dalam pekerjaan produksi dan ini berarti akan berpengaruh terhadap peningkatan efektifitas produksi.

Kedua alat ini biasanya bekerja secara bersamaan sehingga sering disebut *Jig and Fixture* pada gambar 3.1 yang dapat digunakan untuk :

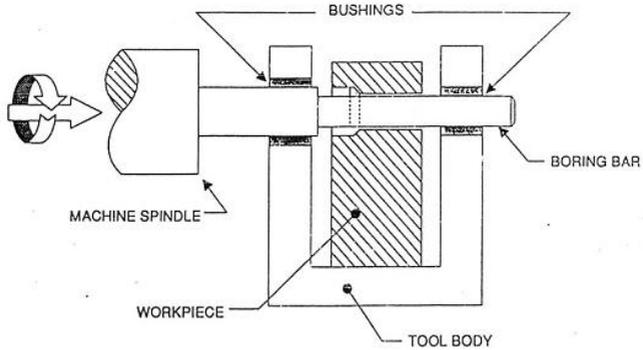
1. Menempatkan benda kerja pada posisi yang sesuai dengan kebutuhan.
2. Mencekam dan mendukung benda kerja supaya tetap pada posisinya.
3. Mempermudah penyetingan benda kerja pada saat awal pengerjaan.
4. Mendapatkan kualitas/bentuk dan ukuran produk yang seragam
5. Menyederhanakan proses penyetingan dan pengerjaan benda kerja sehingga waktu produksi lebih efisien.



Gambar 3.1 Referensi alat bantu terhadap benda kerja

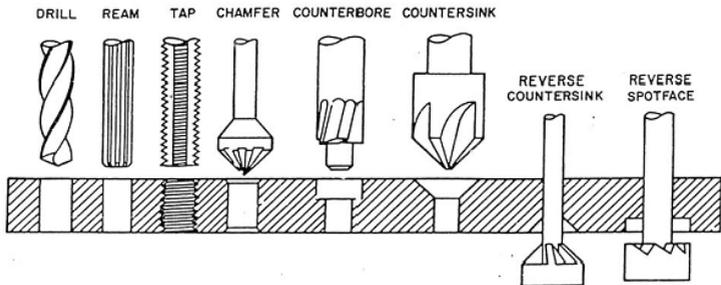
3.2 Jenis Jig

Jig biasanya dibagi atas 2 kelas :*jig* gurdi dan *jig bor*. *Jig bor* digunakan untuk mengebor lubang yang besar untuk digurdi atau ukurannya pada gambar 3.2, *Jig gurdi* digunakan untuk menggurdi (*drilling*), meluaskan lobang (*reaming*), mengetap, *chamfer*, *counterbore*, *reverse spotface* atau *reverse countersink* gambar 3.3. *Jig* dasar umumnya hampir sama untuk setiap operasi pemesinan, perbedaannya hanya dalam ukuran dan *bushing* yang digunakan.

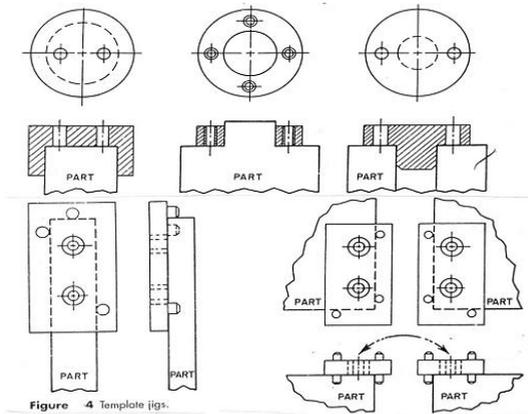


Gambar 3.2 *Jig bor*

Jig gurdi bisa dibagi atas 2 tipe umum yaitu tipe terbuka dan tipe tertutup. *Jig* terbuka adalah untuk operasi sederhana dimana benda kerja dimesin pada hanya satu sisi. *Jig* tertutup atau kotak digunakan untuk komponen yang dimesin lebih dari satu sisi.



Gambar 3.3 Operasi umum *Jig Gurdi*



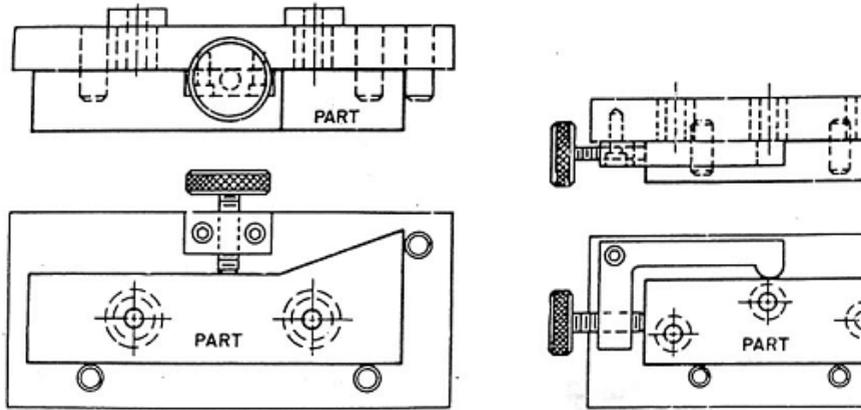
Gambar 3.4 *Jig Template*

Jig template adalah *jig* yang digunakan untuk keperluan akurasi. *Jig* tipe ini terpasang diatas, pada atau didalam benda kerja dan tidak diklem (gambar 3.4). *Template* bentuknya paling sederhana dan tidak mahal. *Jig* jenis ini bisa mempunyai *bushing* atau tidak.

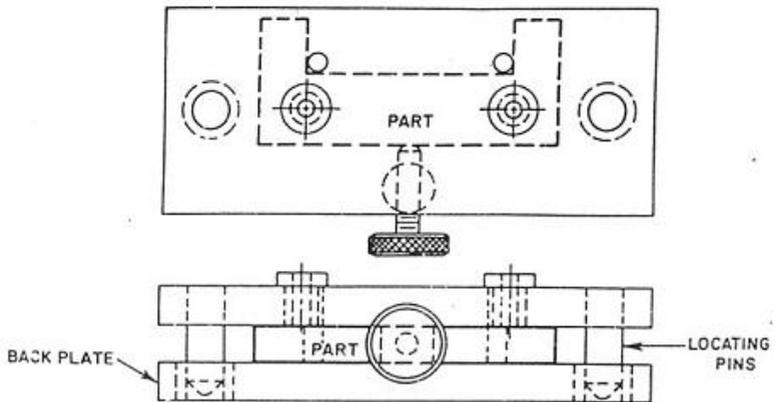
Jig plate sejenis dengan *template*, perbedaannya hanya *jig* jenis ini mempunyai klem untuk memegang benda kerja. (gambar 3.5).

Jig plate kadang-kadang dilengkapi dengan kaki untuk menaikkan benda kerja dari meja terutama untuk benda kerja yang besar. *Jig* jenis ini disebut *jig table/ meja* (gambar 3.7).

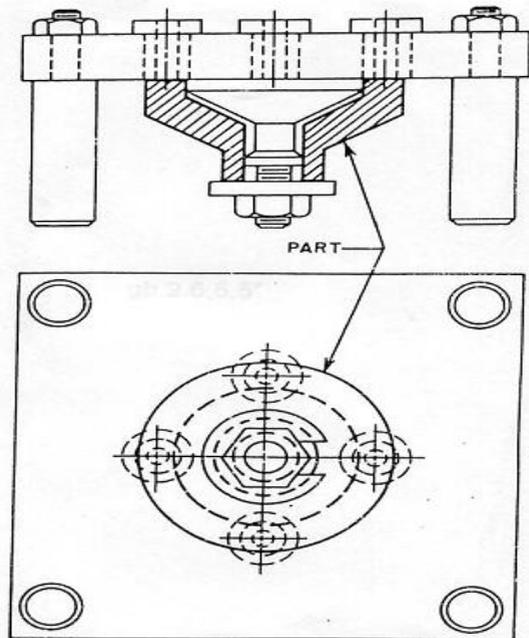
Jig sandwich adalah bentuk *jig plate* dengan pelat bawah. *Jig* jenis ini ideal untuk komponen yang tipis atau lunak yang mungkin bengkok atau terlipat pada *jig* jenis lain (gambar 3.6).



Gambar 3.5 *Jig Plate*

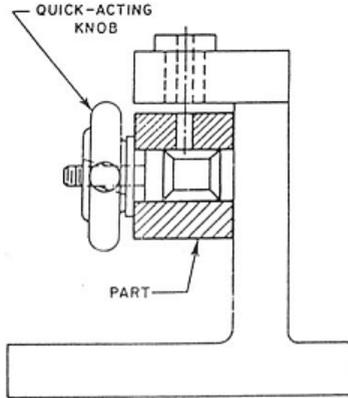


Gambar 3.6 *Jig Sandwich*



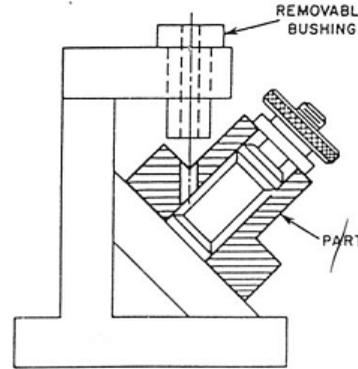
Gambar 3.7 *Jig meja*

Jig angle plate (pelat sudut) digunakan untuk memegang komponen yang dimesin pada sudut tegak lurus terhadap *mounting locator*nya (dudukan *locator*) yaitu dudukan untuk alat penepatan posisi benda kerja. Gambar 3.8 adalah *jig* jenis ini. Modifikasi *jig* jenis ini dimana sudut pegangnya bisa selain 90 derajat disebut *jig pelat sudut modifikasi* dan diperlihatkan oleh gambar 3.9.



Gambar 3.8 Jig pelat sudut

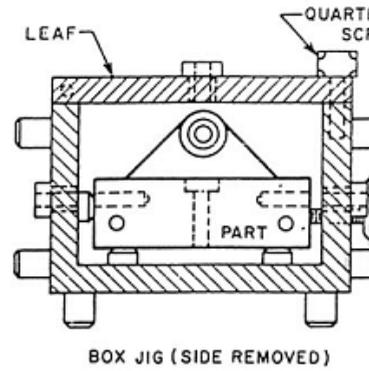
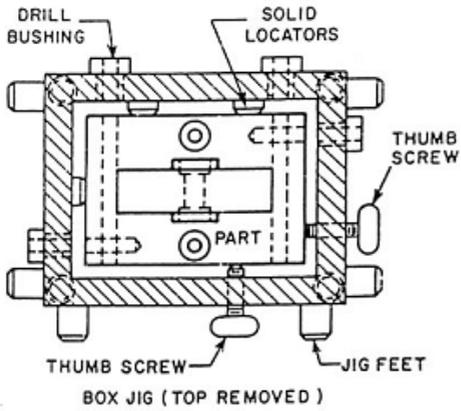
sudut modifikasi



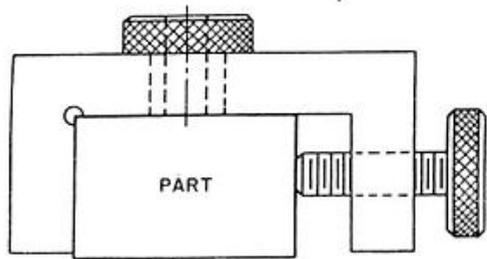
Gambar 3.9 Jig pelat

Jig kotak atau *jig tumble*, biasanya mengelilingi komponen (gambar 3.10). *Jig* jenis ini memungkinkan komponen dimesin pada setiap permukaan tanpa memposisikan ulang benda kerja pada *jig*.

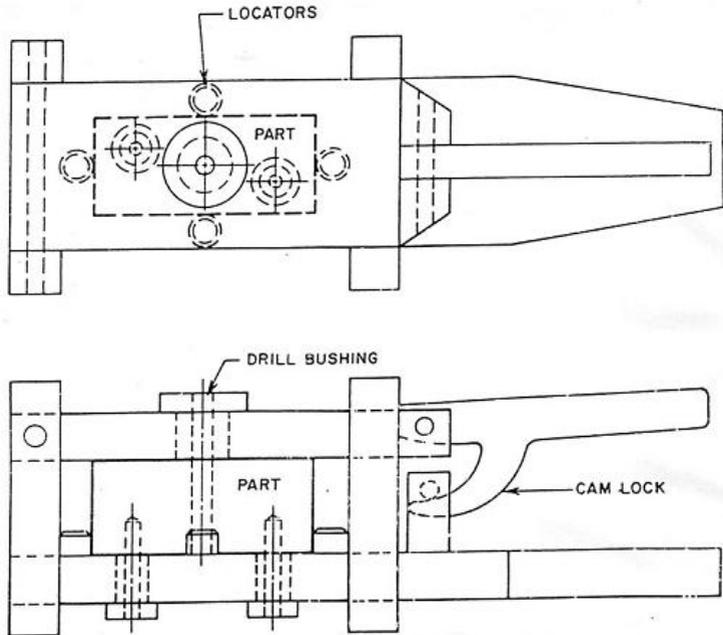
Jig Channel adalah bentuk paling sederhana dari *jig kotak* (gambar 3.11). Komponen dipegang diantara dua sisi dan dimesin dari sisi ketiga.



Gambar 3.10 *Jig kotak atau tumble*



Gambar 3.11 *Jig kanal*

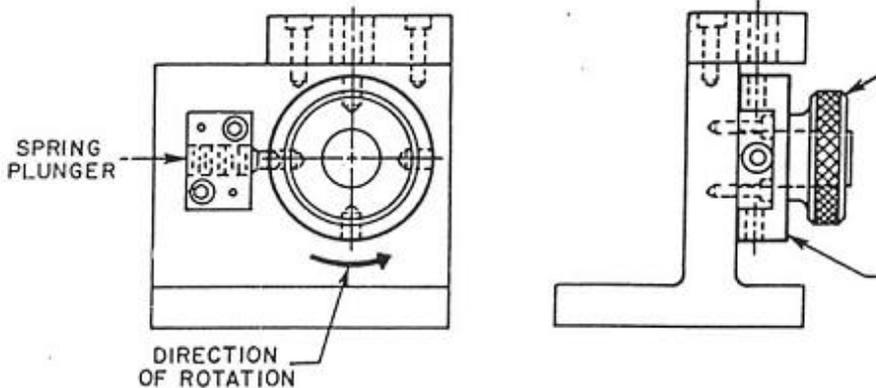


Gambar 3.12 *Jig daun*

Jig daun (*leaf*) adalah *jig kotak* dengan engsel daun untuk kemudahan pemuatan dan pelepasan (gambar 3.12). *Jig daun* biasanya lebih kecil dari *jig kotak*. *Jig indexing* digunakan untuk meluaskan lubang atau daerah yang dimesin lainnya disekeliling komponen (gambar 3.13). Untuk melakukan ini, *jig* menggunakan komponen sendiri atau pelat referensi dan sebuah *plunger*. *Jig indexing* yang besar disebut juga *jig rotary*.

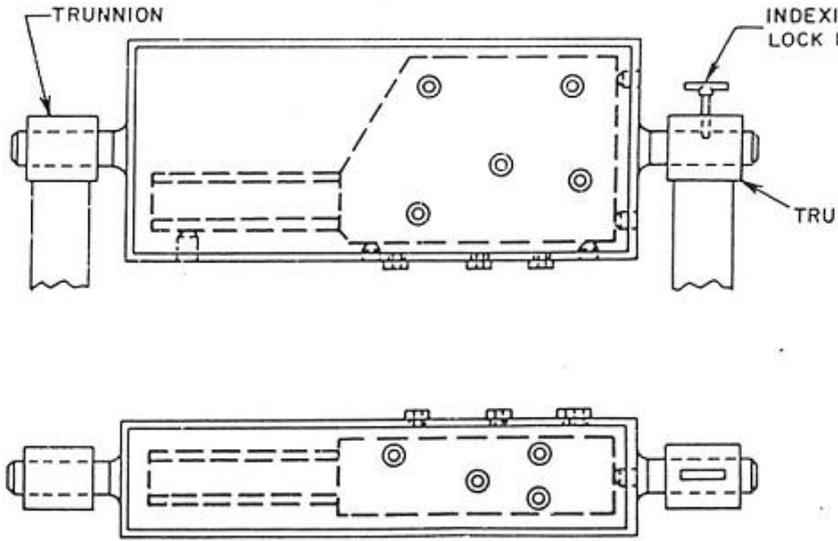
Jig Trunnion adalah jenis *jig rotary* untuk komponen yang besar atau bentuknya aneh (gambar 3.14). Komponen pertama-tama diletakkan didalam kotak pembawa dan kemudian dipasang pada *trunnion*. *Jig pompa* adalah *jig*

komersial yang mesti disesuaikan oleh pengguna (gambar 3.15). Pelat yang diaktifkan oleh tuas membuat alat ini bisa memasang dan membongkar benda kerja dengan cepat.

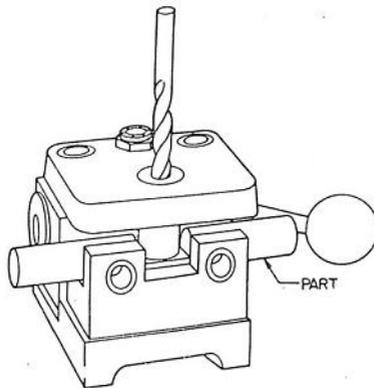


Gambar 3.13 *Jig indeks*

Jig multistation (stasion banyak) mempunyai bentuk seperti gambar 3.16. Ciri utama *jig* ini adalah cara menempatkan benda kerja. Ketika satu bagian menggurdi, bagian lain meluaskan lubang (*reaming*) dan bagian ketiga melakukan pekerjaan *counterbore*. Stasion akhir digunakan untuk melepaskan komponen yang sudah selesai dan mengambil komponen yang baru.

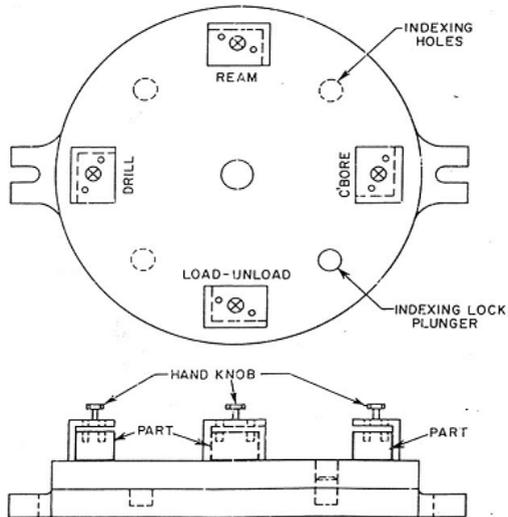


Gambar 3.14 *Jig trunnion*



Gambar 3.15 *Jig pompa*

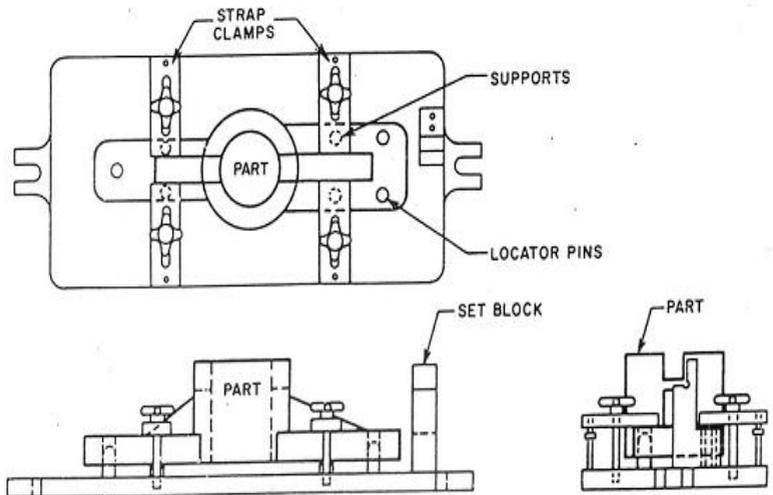
3.3 Jenis *Fixture*



Gambar 3.16 *Jig multi-stasion*

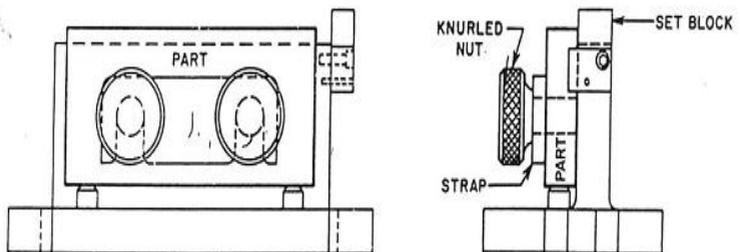
Jenis *fixture* dibedakan terutama oleh bagaimana alat bantu ini dibuat. Perbedaan utama dengan *jig* adalah beratnya. *Fixture* dibuat lebih kuat dan berat dari *jig* dikarenakan gaya perkakas yang lebih tinggi.

Fixture pelat adalah bentuk paling sederhana dari *fixture* (gambar 3.17). *Fixture* dasar dibuat dari pelat datar yang mempunyai variasi klem dan *locator* untuk memegang dan memposisikan benda kerja. Konstruksi *fixture* ini sederhana sehingga bisa digunakan pada hampir semua proses pemesinan.

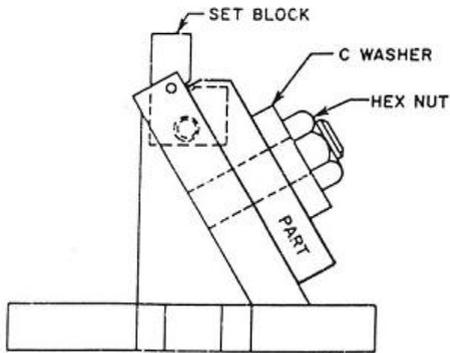


Gambar 3.17 *Fixture plate*

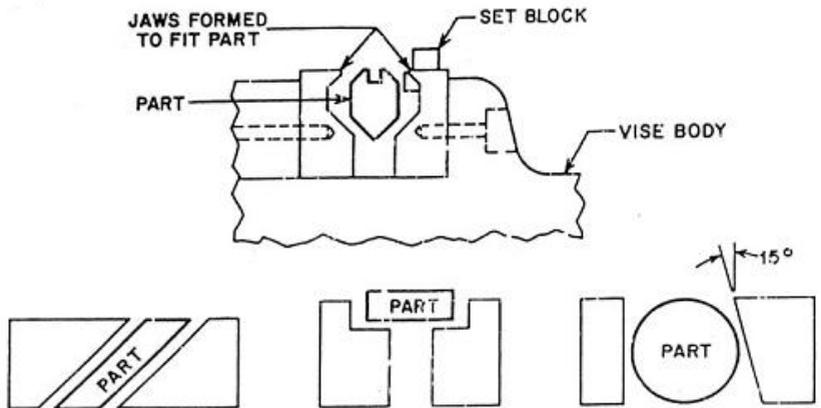
Fixture pelat sudut adalah variasi dari *fixture pelat* (gambar 3.18). Dengan *fixture* jenis ini, komponen biasanya dimesin pada sudut tegak lurus terhadap *locatornya*. Jika sudutnya selain 90 derajat, *fixture pelat sudut* yang dimodifikasi bisa digunakan (gambar 3.19).



Gambar 3.18 *Fixture pelat sudut*

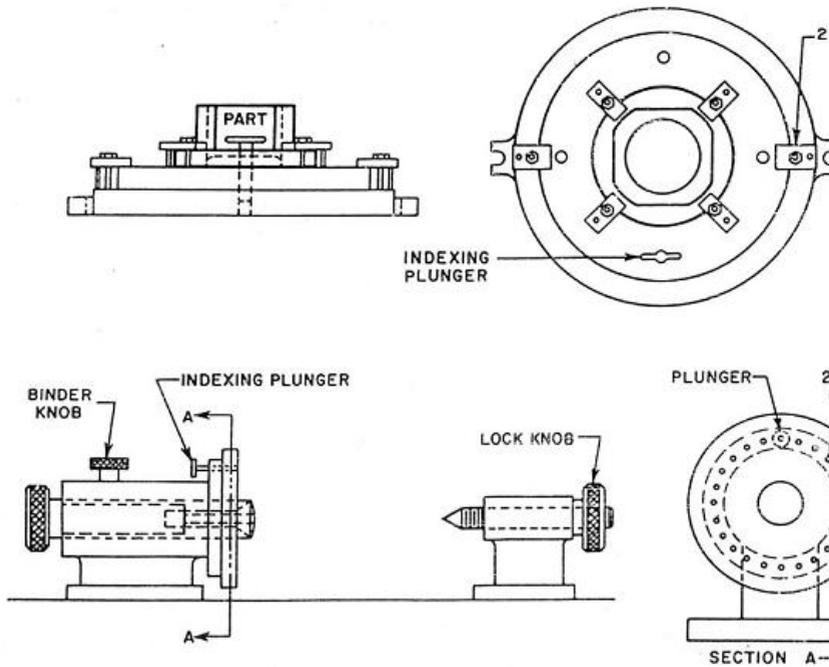


Gambar 3.19 *Fixture pelat sudut modifikasi*



Gambar 3.20 *Fixture vise-jaw*

Fixture vise-jaw, digunakan untuk pemesinan komponen kecil (gambar 3.20). Dengan alat ini, *vise jaw* standar digantikan dengan *jaw* yang dibentuk sesuai dengan bentuk komponen.



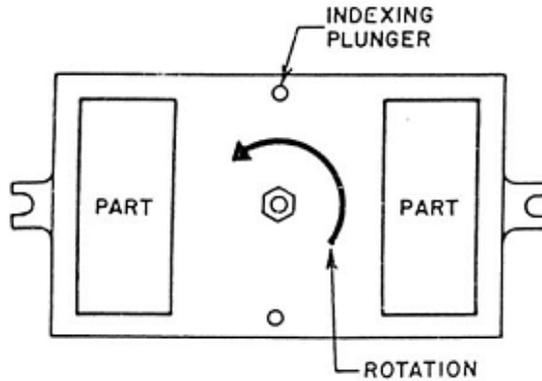
Gambar 3.21 *Fixture Indeks*



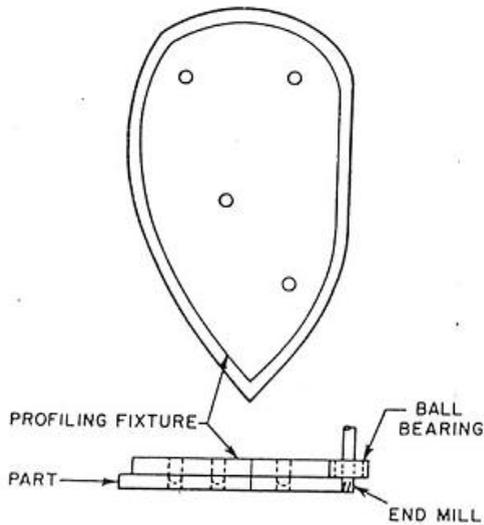
Gambar 3.22 Komponen mesin dengan menggunakan *fixture indeks*

Fixture indexing mempunyai bentuk yang hamper sama dengan *jig indexing* (gambar 3.21). *Fixture* jenis ini digunakan untuk pemesinan komponen yang mempunyai

detail pemesinan untuk rongga yang detail. Gambar 3.22 adalah contoh komponen yang menggunakan *fixture* jenis ini.



Gambar 3.23 *Fixture duplex*



Gambar 3.24 *Fixture Profil*

Fixture multistation, adalah jenis *fixture* untuk kecepatan tinggi, volume produksi tinggi dimana siklus pemesinan kontinyu. *Fixture duplex* adalah jenis paling sederhana dari jenis ini dimana hanya ada dua stasiun (gambar 3.23). Mesin tersebut bisa memasang dan melepaskan benda kerja ketika pekerjaan pemesinan berjalan. Misal, ketika pekerjaan pemesinan selesai pada stasiun 1, perkakas berputar dan siklus diulang pada stasiun 2. Pada saat yang sama benda kerja dilepaskan pada stasiun 1 dan benda kerja yang baru dipasang.

Fixture profil, digunakan mengarahkan perkakas untuk pemesinan kontur dimana mesin secara normal tidak bisa melakukan. Kontur bisa internal atau eksternal. Gambar 3.24 memperlihatkan bagaimana *nok/cam* secara akurat memotong dengan tetap menjaga kontak antara *fixture* dan bantalan pada pisau potong frais.

3.4 Klasifikasi *Fixture*

Fixture biasanya diklasifikasikan berdasarkan tipe mesin yang menggunakannya. Misal, *fixture* yang digunakan pada mesin *milling* disebut *fixture milling*. *Fixture* bisa juga diklasifikasikan dengan subklasifikasi. Misal, jika pekerjaan yang dilakukan adalah *milling*, maka *fixture* disebut *straddle milling fixture*.

Berikut ini adalah list operasi produksi yang menggunakan *fixture*:

- *Assembling*
- *Boring*
- *Broaching*
- *Drilling*
- *Lapping*
- *Milling*
- *Planning*
- *Sawing*

- *Forming*
- *Gauging*
- *Grinding*
- *Heat treating*
- *Honing*
- *Inspecting*
- *Shaping*
- *Stamping*
- *Tapping*
- *Testing*
- *Turning*
- *Welding*

BAB 4

CAD CAM

4.1 Dasar CAD

Computer Aided Design adalah suatu program komputer untuk menggambar produk atau bagian dari suatu produk yang dimulai dari pengumpulan ide, pembuatan sketsa (konsep), membuat model, detail drawing, menganalisa desain serta membuat simulasi dan animasi. Produk yang ingin digambarkan bias diwakili oleh garis-garis atau simbol-simbol mewakili makna tertentu.

CAD bisa berupa gambar 2 dimensi dan gambar 3 dimensi. Perangkat lunak CAD dapat diintegrasikan dengan perangkat CAM (Computer Aided Manufacturing) karena perangkat lunak CAD merupakan aplikasi gambar 3 dimensi atau biasa yang disebut solid modeling guna memvisualisasikan komponen dan perakitan secara realistic. Solid modeling mempunyai beberapa propertis seperti massa, volume, pusat gravitasi, luas permukaan dan sebagainya yang berfungsi untuk analisa produk. Dasar CAD pada pembuatan produk atau analisa produk terdiri dari beberapa tahapan antara lain:

4.1.1 Aplikasi 2D

Merupakan dimensi panjang dan lebar dalam satu bidang datar, jadi hanya ada panjang dan lebar saja tanpa adanya dimensi tebal. Bidang dua dimensi dapat digambarkan dengan sumbu X dan Y. Agar dapat tampil dengan sempurna, gambar yang akan ditampilkan dengan teknik ini harus memiliki nilai koordinat x dan y minimum 0 dan maksimum

sebesar resolusi yang digunakan. Macam-Macam objek 2D : Line, Circle, arc, polygon, text, section, rectangle, ellips, star, helix Gambar disamping adalah contoh gambar yang menunjukkan dimensi dua ruang. Gambar ini hanya berposisi pada koordinat sumbu X dan Y tanpa adanya koordinat sumbu Z.

Tahap awal dari desain produk adalah membuat sketsa (konsep) yang diwakili dengan gambar 2D. Perangkat lunak dalam membuat gambar 2D dalam bidang teknik mesin menggunakan beberapa software seperti AutoCad, Draftsight guna memudahkan proses desain, menghemat waktu dan meminimalkan kesalahan proses pembuatan desain.

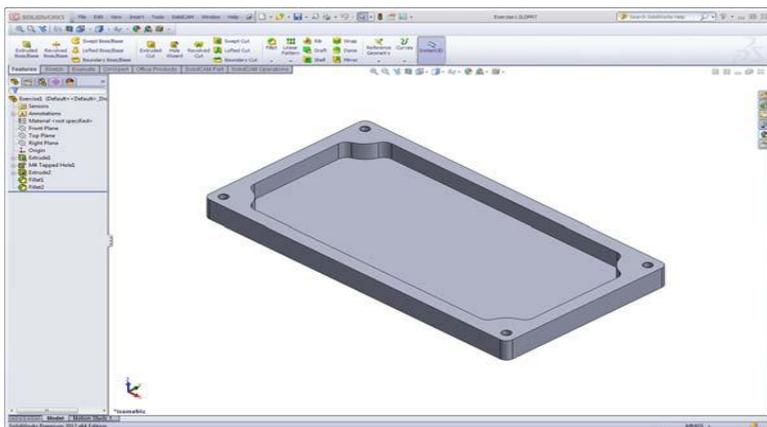
4.1.2 Aplikasi 3D

Merupakan adanya dimensi tebal pada gambar sehingga menjadikan gambar jauh lebih nyata dari pada gambar dua dimensi. Biasanya bidang tiga dimensi dinyatakan dengan sumbu X Y dan Z. Representasi dari data geometrik 3 dimensi sebagai hasil dari pemrosesan dan pemberian efek cahaya terhadap grafika komputer 2D. Tiga Dimensi, biasanya digunakan dalam penanganan grafis. 3D secara umum merujuk pada kemampuan dari sebuah video card (link). Saat ini video card menggunakan variasi dari instruksi-instruksi yang ditanamkan dalam video card itu sendiri (bukan berasal dari software) untuk mencapai hasil grafik yang lebih realistis dalam memainkan game komputer.

Konsep tiga dimensi atau 3D menunjukkan sebuah objek atau ruang memiliki tiga dimensi geometris yang terdiri dari: kedalaman, lebar dan tinggi. Contoh tiga dimensi suatu objek / benda adalah bola, piramida atau benda spasial seperti

kotak sepatu. Mengacu pada tiga dimensi spasial, bahwa 3D menunjukkan suatu titik koordinat Cartesian X, Y dan Z. Penggunaan istilah 3D ini dapat digunakan di berbagai bidang dan sering dikaitkan dengan hal-hal lain seperti spesifikasi kualitatif tambahan (misalnya: grafis tiga dimensi, 3D video, film 3D, kacamata 3D, suara 3D). Macam-macam objek 3D : Box, sphere, cyllinder, tube, pyramid, hedra. Gambar ini menempati ruang dimensi berkoordinat X Y dan Z. Gambar yang menempati dimensi ruang panjang lebar dan tinggi bisa dikategorikan sebagai gambar tiga dimensi.

Aplikasi 3D merupakan konsep dari CAD yang bisa di proyeksikan pada kuadran 1 dan kuadran 3 (Proyeksi Amerika atau Proyeksi Eropa). Aplikasi 3D adalah tahap awal dari konsep CAM yang menghasilkan G Code guna ditransfer pada mesin CNC. Pada aplikasi 3D software yang digunakan adalah *Solidworks 2012* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Aplikasi 3D

4.2 Dasar CAM

SolidCAM adalah *software CAM* yang terintegrasi dengan *SolidWork* dan *Autodesk Inventor*. *SolidCAM* adalah satu-satunya *CAM* yang tak tertandingi, dengan solusi *iMachining* yang dipatenkan (*solidcam.com*). Ada dua tahap utama dalam membuat proyek manufaktur pada *SolidCAM* yaitu:

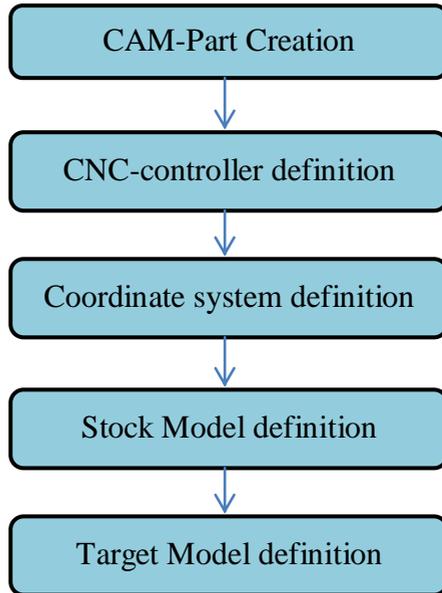
1. Menetapkan *CAM-Part*

Tahap ini meliputi parameter global proyek manufaktur (*CAM-Part*). Desainer harus menetapkan koordinat sistem yang mendeskripsikan penempatan komponen pada mesin *CNC*. Desainer dapat menempatkan model *Stock* dan model *Target* yang digunakan untuk sisa penghitungan material. Model *Stock* menggambarkan keadaan awal dari benda kerja yang telah mengalami proses pemesinan. Sedangkan model *Target* menggambarkan salah satu yang harus dicapai setelah proses pemesinan. Pada setiap operasi *SolidCAM* menghitung berapa banyak materi itu benar-benar dihapus dari *CAM-Part* dan berapa banyak material sisa. Informasi material sisa memungkinkan *SolidCAM* secara otomatis mengoptimalkan *tool path* (siklus pemotongan) dan menghindari pemotongan udara.

2. Penetapan Operasi

Penetapan operasi *SolidCAM* pada gambar 4.2 memungkinkan desainer untuk menentukan jumlah operasi *milling*. Selama penetapan operasi desainer harus memilih geometri, memilih *tool* (alat) dari tabel

bagian *tool*, menentukan strategi pemesinan dan sejumlah teknologi paramater.

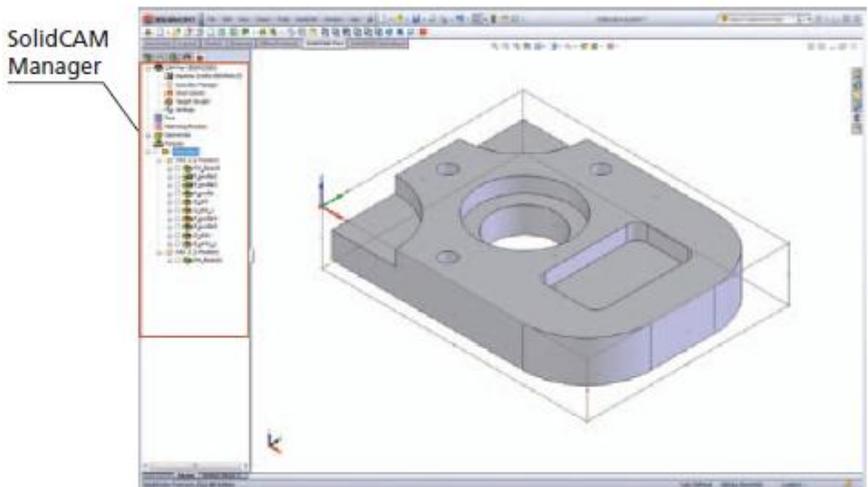


Gambar 4.2 Tahap-tahap proses penetapan *CAM-Part*
(Sumber: *E-book“SolidCAM 2011 Milling Training Course 2.5D Milling”*)

1. Pembuatan *CAM-Part*. Pada tahap ini desainer harus menentukan nama komponen dan lokasi. SolidCAM mendefinisikan file sistem yang diperlukan dan folder untuk menempatkan penyimpanan data SolidCAM.
2. Penetapan *CNC-Controller*. Memilih *CNC-controller* merupakan langkah penting. Jenis *controller* mempengaruhi penetapan sistem koordinat dan geometri.

3. Penetapan Koordinat Sistem. Desainer harus menentukan sistem koordinat asal untuk semua operasi pemesinan *CAM-Part*.
4. Penetapan model *Stock*. *SolidCAM* memungkinkan untuk menentukan model yang menggambarkan keadaan awal benda kerja yang akan mengalami proses pemesinan.
5. Penetapan model *Target*. *SolidCAM* memungkinkan untuk menentukan model komponen pada keadaan akhir setelah mengalami proses pemesinan.

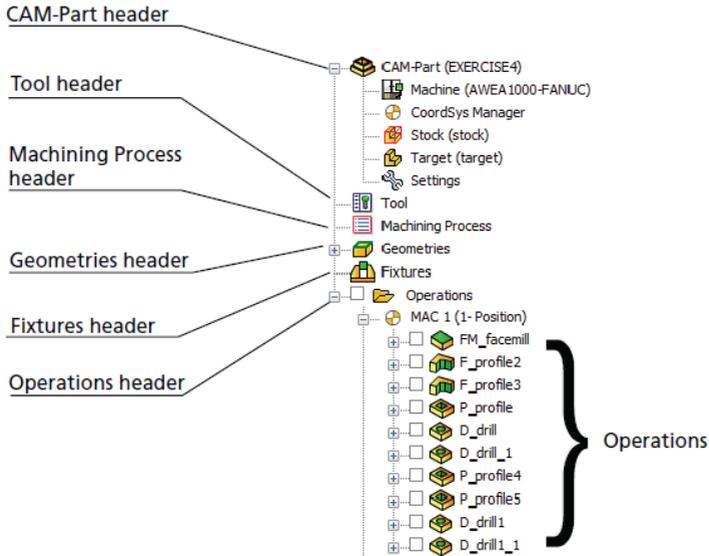
Pada tampilan utama program *SolidCAM* pada gambar 4.3 terdapat beberapa bagian penting yang harus diketahui. Salah satunya adalah *SolidCAM Manager*. Pohon *SolidCAM Manager* adalah fitur antarmuka utama *SolidCAM* yang menampilkan informasi lengkap tentang *CAM-Part* (komponen *CAM*).



Gambar 4.3 *SolidCAM Manager*

(Sumber: *E-book “SolidCAM 2011 Milling Training Course 2.5D Milling”*)

Pada pohon *SolidCAM Manager* berisi elemen-elemen sebagai berikut:



Gambar 4.4 Pohon *SolidCAM Manager*

(Sumber: *E-book “SolidCAM 2011 Milling Training Course 2.5D Milling”*)

- 1) *Kepala CAM-Part* pada gambar 4.4. Kepala ini menampilkan nama *CAM-Part*. Dengan mengklik kanan, kita dapat menampilkan menu untuk mengelola *CAM-Parts*. *Subheader* mesinterletak di bawah kepala *CAM-Part*. Dengan mengklik dua kali dapat meninjau konfigurasi mesin dan parameter. Koordinat sistem *managersubheader* terletak dibawah kepala *CAM-Part*. Dengan mengklik dua kali *subheader* ini akan menampilkan kotak dialog *CoordSys Manajer* yang

memungkinkan kita untuk mengelola sistem koordinat.

Dengan klik dua kali *subheaders* ini akan memuat kotak dialog model *Stock/ Target* yang memungkinkan kita untuk mengubah penetapan model *Stock/ Target*. Pengaturan *subheader* juga terletak di bawah kepala *CAM-Part*. Dengan mengklik dua kali *subheader* ini memuat kotak dialog pengaturan *part* yang memungkinkan kita untuk mengedit pengaturan yang ditetapkan *CAM-Part*.

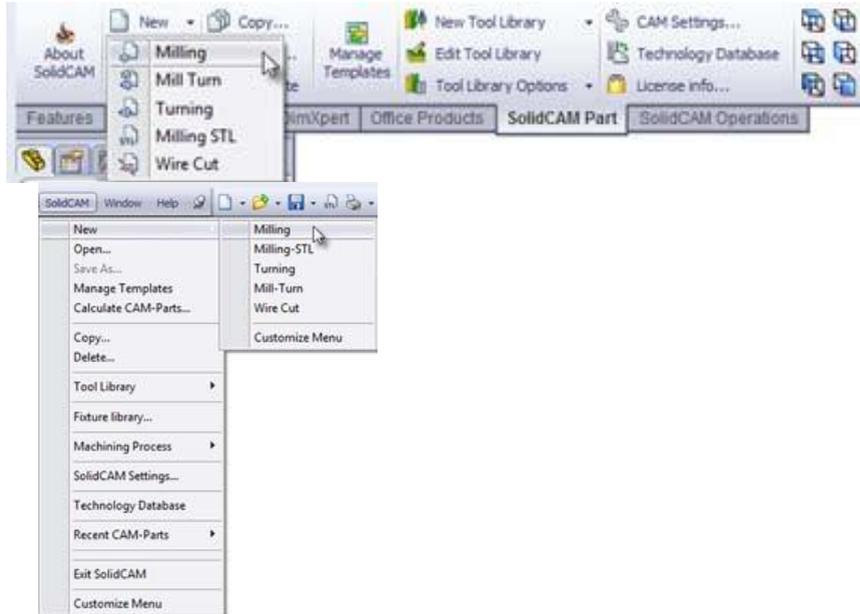
- 2) *Tool Header* (Kepala Alat) *Header* ini menampilkan nama *Tool Library*. Klik dua kali *header* ini untuk menampilkan tabel *Part Tool*, yang merupakan daftar alat yang tersedia untuk digunakan dalam *CAM-Part*.
- 3) *Machining Process Header* (Kepala Proses Pemesinan). *Header* ini menampilkan nama tabel proses pemesinan.
- 4) *Geometris Header* (Kepala Geometri). *Header* ini menampilkan semua geometri *SolidCAM* yang tidak digunakan dalam operasi.
- 5) *Fixtures Header* (Kepala Perlengkapan). *Header* ini menampilkan perlengkapan yang tersedia. Dengan mengklik kanan, kita dapat menampilkan menu untuk menetapkan dan mengelola perlengkapan.

Software yang digunakan untuk CAM adalah *Solidcam 2011*. Operasi program CNC pada *Solidcam* terdapat beberapa operasi antara lain 2.5D, *iMachining*,

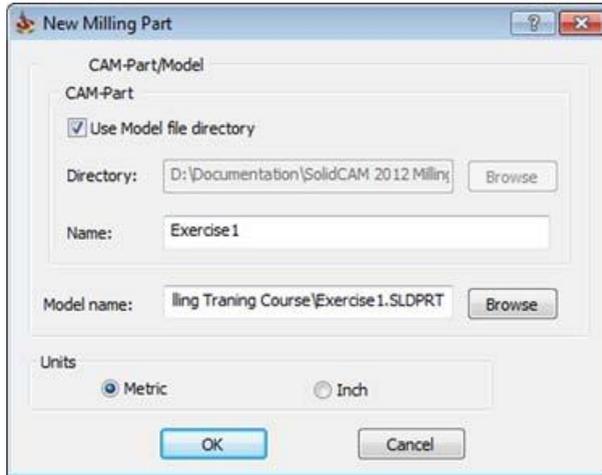
Recognition, 3D, HSR, HSM, HSS, Converting HSS-HSM to Sim, 5 Axis, Multi Axis Drilling, Sim 5-Axis.

4.2.1 Memulai SolidCAM

1. Klik SolidCAM pada menu utama SolidWorks dan pilih Milling dari menu New atau klik New > Milling pada SolidCAM Part toolbar.

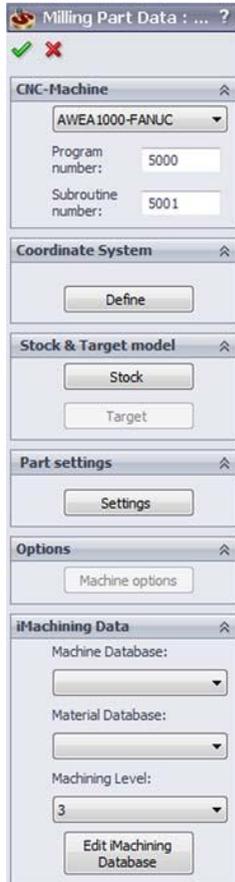


Kemudian muncul New Milling Part dialog box



2. Konfirmasi CAM-Part

ketika Directory, CAM-Part Nama dan Model Nama memiliki definisi, klik OK untuk konfirmasi CAM-Part, kemudian muncul Milling Part Data dialog box.



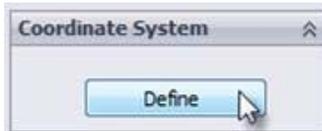
3. Pilih CNC-Machine

Select CNC-machine controller. Klik panah pada CNC Machine area lalu pilih tampilan daftar pada post-processors dalam sistem. Pergunakan 3-Axis CNC-machine dengan AWEA1000 FANUC CNC-controller. Pilih AWEA1000-Fanuc CNC controller dari daftar.



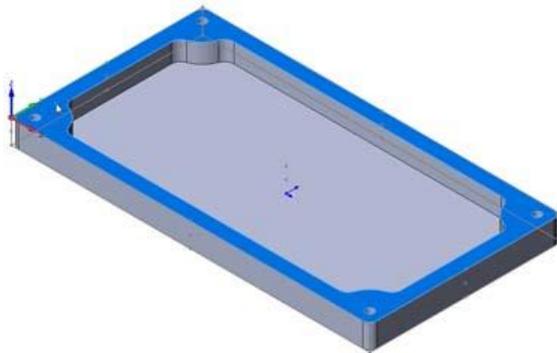
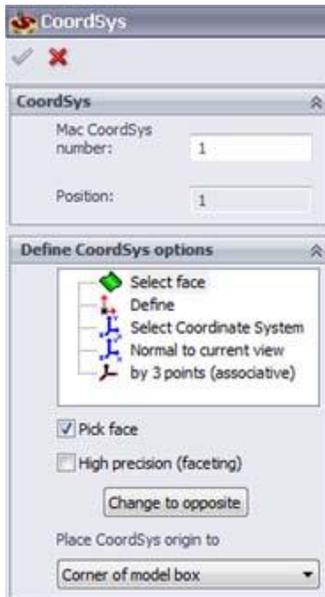
4. Coordinate System

Klik tombol Define pada area Coordinate System untuk definisi Machine Coordinate System.

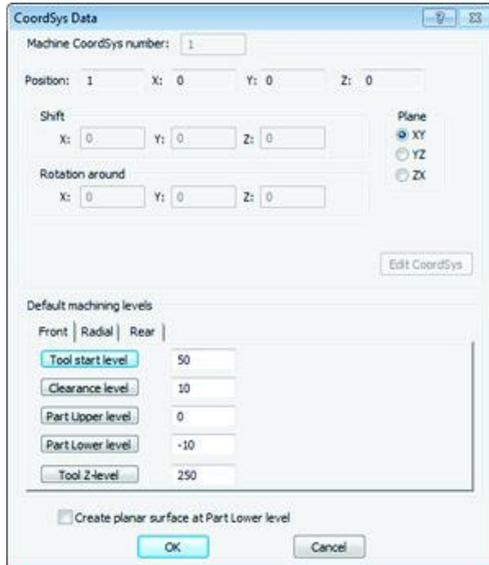


Pilih Model Face

Dengan metode Select Face, klik pada model face. The CoordSys origin secara otomatis terletak pada sudut model box. The Z-axis of the CoordSys adalah normal pada selected face.



Klik tombol  pada The Coordinate System. Muncul The CoordSys Data dialog box. Dialog box terdiri dari tingkatan Machining antara lain Tool Start Level, Clearance Level, Part Upper Level, etc.



Konfirmasi CoordSys Data dialog box dengan klik tombol OK.

Pada kotak dialog CoordSys Manager tampilan dalam Property Manager dari SolidWorks. This dialog box displays the Machine CoordSys. Confirm the

CoordSys Manager dialog box with  the button. The Milling Part Data dialog box is displayed again.

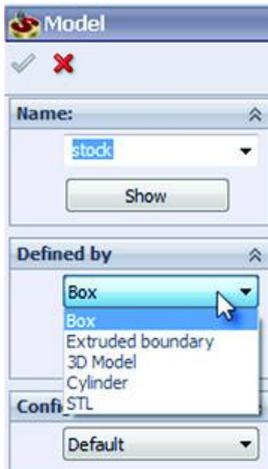


5. Stock Model

Untuk setiap Milling project, kamu dapat membuat Stock model, dimana benda kerja diletakkan diatas mesin sebelum memulai proses machining the CAM-Part. Klik tombol Stock pada Stock & Target model dari kotak dialog Milling Part Data.



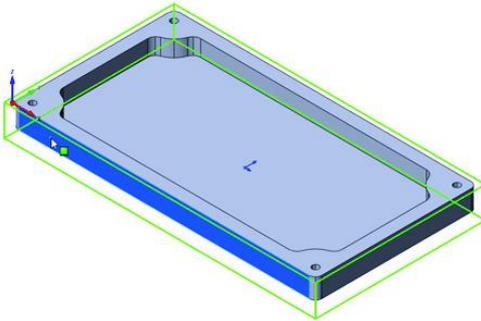
Kemudian muncul kotak dialog The Model.



Pilih mode Box dari daftar Defined by. Pada Expand box at masukkan nilai offset dari benda kerja.

- untuk the X+, X-, Y+ dan Y- offsets, gunakan nilai 2;
- untuk the Z+ offset, setting dengan nilai 0.25.
- untuk the Z- offset, setting dengan nilai 5.

Klik pada solid body dan salah satu permukaan.
Secara otomatis SolidCAM membentuk kotak yang mengelilingi. Konfirmasi model the Stock dengan klik tombol OK ().



Model ?

✓ ✗

Name: stock

Show

Defined by: Box

High precision (faceting)

Configurations: Default

Mode: Relative to model Absolute coordinates

Type

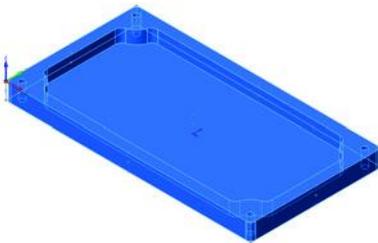
Expand box at

X+ :	2
X- :	2
Y+ :	2
Y- :	2
Z+ :	0,25
Z- :	5

Add box to CAD model

6. Menentukan Target model

SolidCAM memungkinkan kamu untuk menentukan Target model, pada akhir CAM-Part setelah proses CNC. SolidCAM menggunakan Target model pengecekan jarak dalam simulasi the Solid Verify. Klik tombol the Target button pada the Stock & Target model area di kotak dialog the Milling Part Data.



Klik pada the solid body untuk membersihkan bagian.

Konfirmasi kotak dialog dengan tombol  .

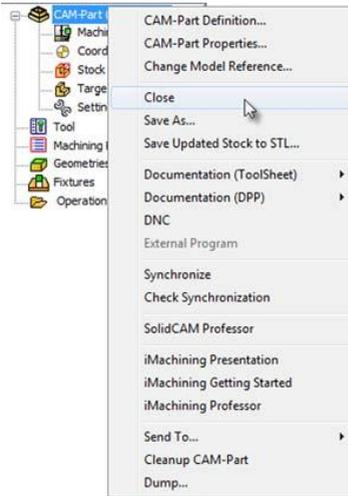
7. Simpan Data CAM-Part

Confirm the Milling Part Data dialog box by clicking the button. The Milling Part Data dialog box is closed, and the SolidCAM Manager is displayed. The defined CAM-Part is saved. At this stage, the definition of the CAM-Part is finished. The definition of Milling operations is covered in the following exercise using this CAM-Part.



8. Tutup CAM-Part

Klik kanan the CAM-Part pada the SolidCAM Manager tree dan pilih Close dari menu. The CAM-Part sudah tertutup.



4.2.2 Operasi SolidCAM 2.5D Milling

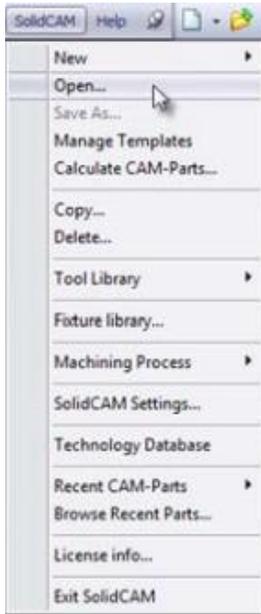
Pada latihan ini, menggunakan CAM-Part dengan nama Cover Machining. Operasi 2.5D yang digunakan antara lain Face, Pocket. Langkah-langkah proses simulasi dengan SolidCAM adalah :

1. Face

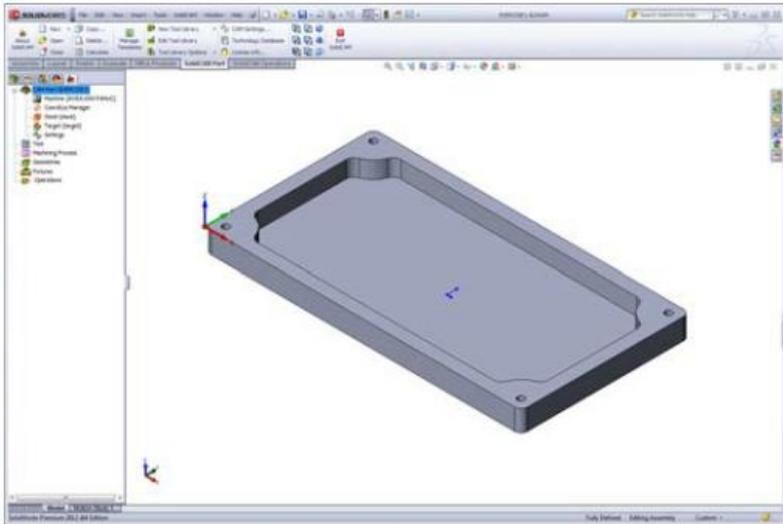
- a. Open the CAM-Part

Pada menu, pilih SolidCAM > Open, atau klik Open pada toolbar SolidCAM Part.



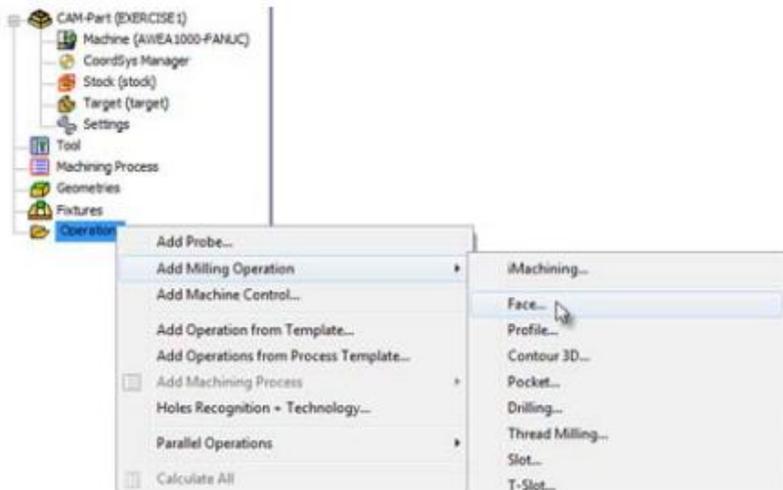


Pada browser window, pilih Exercise1—the CAM-Part prepared in the previous exercise. The CAM-Part is loaded.

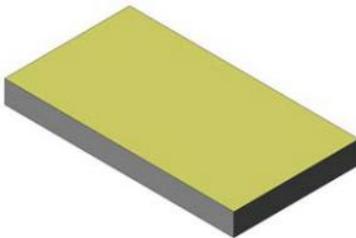
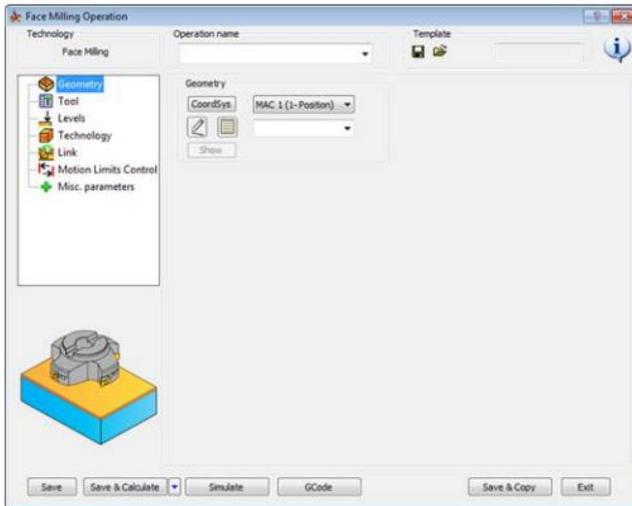


b. Operasi Face Milling

Pada SolidCAM Manager, klik kanan di header operasi dan pilih Face dari sub menu Add Milling Operation.

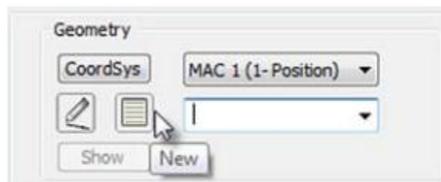


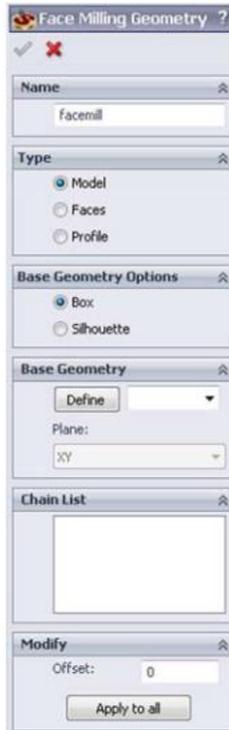
Kemudian muncul tampilan kotak dialog The Face Milling Operation. Pengoperasiannya pada permukaan atas benda kerja.



c. Geometri Face Milling

Klik tombol New () pada Geometry. Kemudian muncul kotak dialog The Face Milling Geometry.

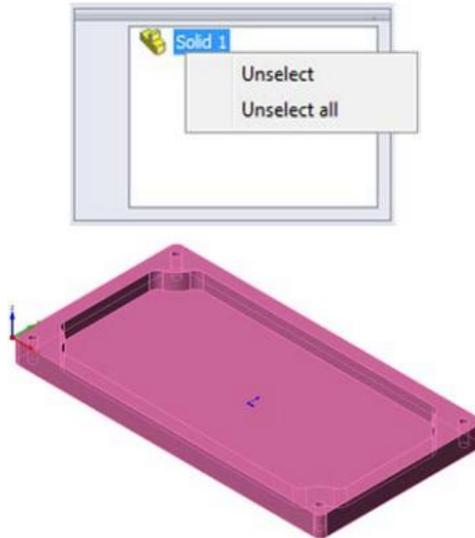




Pada bagian Type, gunakan opsi Model untuk menentukan geometri Face Milling. Klik tombol Define. Kemudian muncul kotak dialog The 3D Geometry.

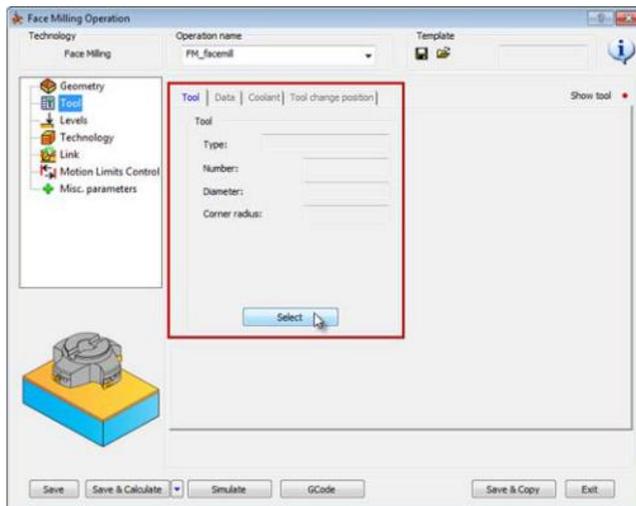


Klik tombol CAD selection, kemudian klik pada benda kerja sehingga warnanya berubah menjadi merah. Terakhir klik OK.

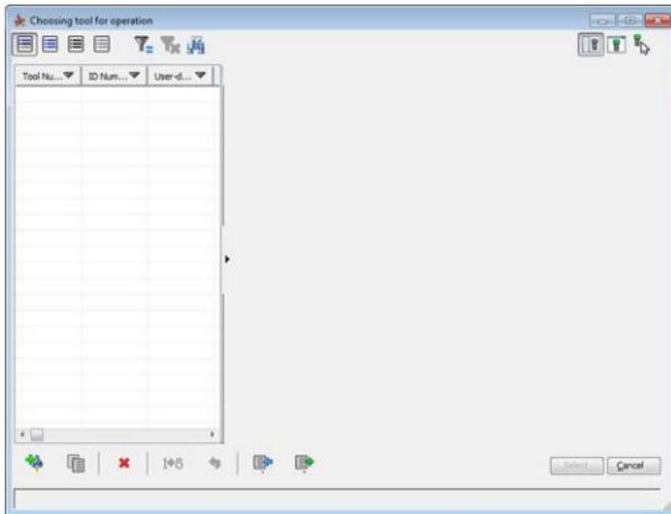


d. Jenis Alat (Tool)

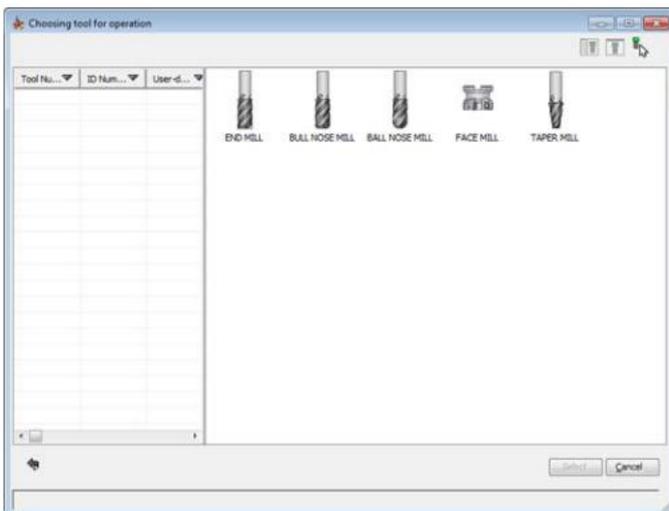
Pilih Tool pada kotak dialog Face Milling Operation. Mulai mendefinisikan tool tekan tombol Select.



Pilih Tool for operasi simulasi.



Klik tombol Add Milling Tool () untuk mulai penentuan tool.

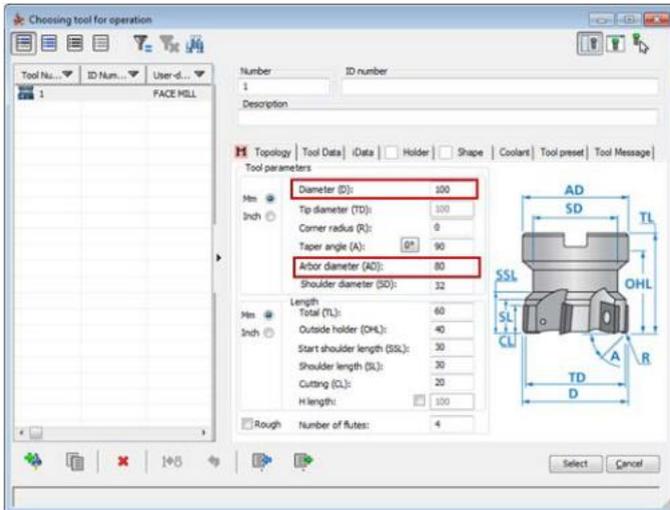


Pilih tool Face mill.

Dalam new pane, tentukan ukuran parameters:

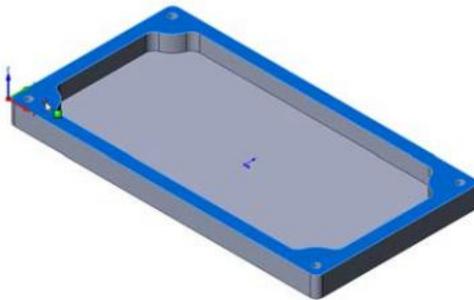
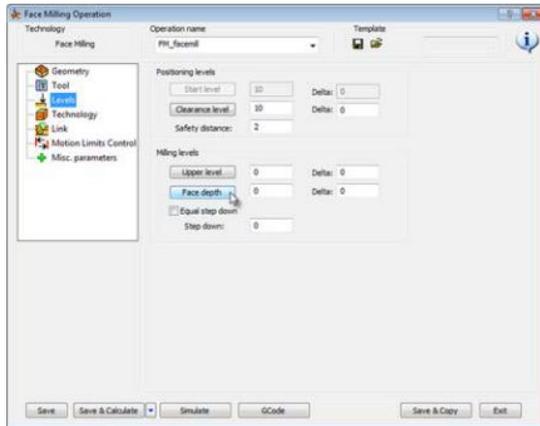
- Set the Diameter to 80;
- Set the Arbor Diameter to 100.

Klik tombol Select untuk mengkonfirmasi tool parameters dan pilih tool untuk pengoperasiannya.

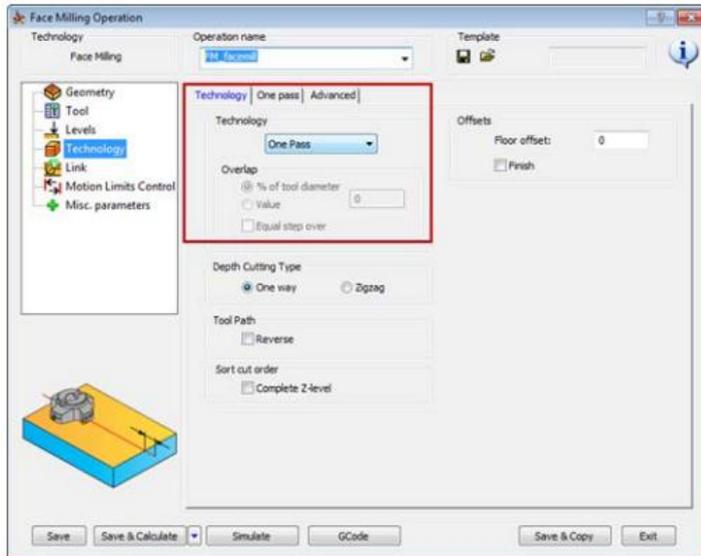


e. Menentukan the Face depth (Kedalaman Pemakanan)

Pilih menu Levels pada kotak dialog Face Milling Operation. Klik tombol Face depth di area Milling levels. Klik benda kerja pada bagian bawah untuk Operation Lower level. Kedalaman pemotongan secara otomatis menghitung sendiri nilai Z yang berbeda pada Operation Upper dan Lower Levels.



- f. Menentukan Parameters Technological
Klik menu Technology pada kotak dialog Face Milling Operation. Dalam bagian Technology pilih opsi One Pass.



g. Save and Calculate

Klik tombol Save & Calculate. The Face Milling operation data is saved, and the tool path is calculated.

h. Simulate

Click the Simulate button in the Face Milling Operation dialog box. The Simulation control panel is displayed. Switch to the SolidVerify page and start the simulation with the  button.

Close the simulation with the  button. The Face Milling Operation dialog box is displayed. Close this dialog box with the Exit button.

i. G Code

Setelah selesai run simulasi maka tahap terakhir adalah output G Code yang merupakan kode digunakan untuk mentransfer program ke mesin CNC. Program G Code dari proses face milling adalah sebagai berikut.

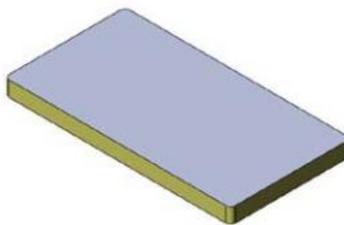
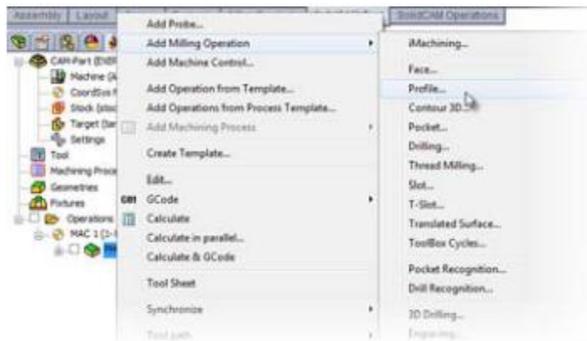
```
%
:5000 (FM_FACEMILL.TAP)
(AWEA AV-1000)
  G90 G10 L2 P1 X0 Y0 Z0
G90 G17
G54
N10 T1 M6
T1
M01
(*TOOL 1 - DIA 80.0*)
G90 G0 M3 S1000 X140. Y0.
M8
G43 H1 Z50.
M98 P5003 (FM-facemill)
M9
G91 G30 Z0 M19
G90 G53 X500. Y0
G90
M30
:5003
(-----)
(FM-FACEMILL - FACE-MILLING)
(-----)
G0 X140. Y0. Z10.
  Z2.25
G1 Z0.25 F33
  X-140. F100
G0 Z10.
M99
:5002
(-----)
(-   CHANGE TOOL   -)
(-----)
```

```
M9  
M5  
G91 G30 Z0. M19  
M1  
G90  
M99  
%
```

2. Profile Milling

a. Operasi Profile Milling

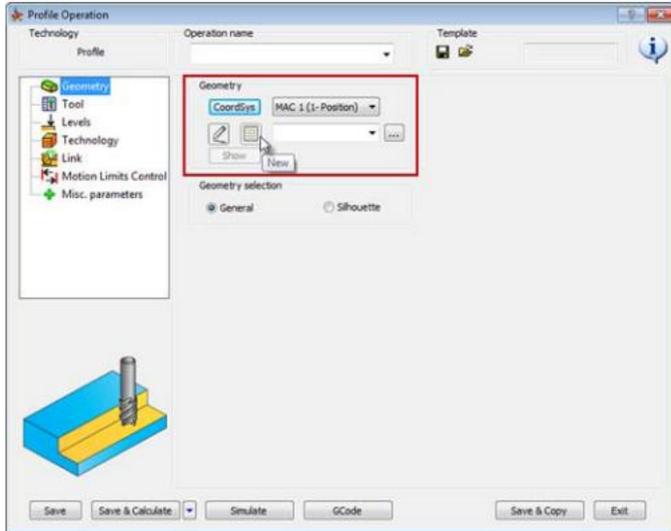
Klik kanan Face Milling operation di SolidCAM Manager dan pilih Profile dari Add Milling Operation submenu.



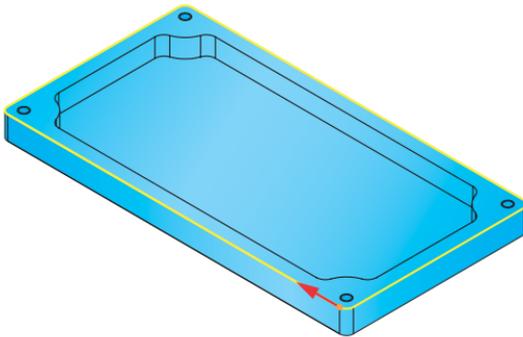
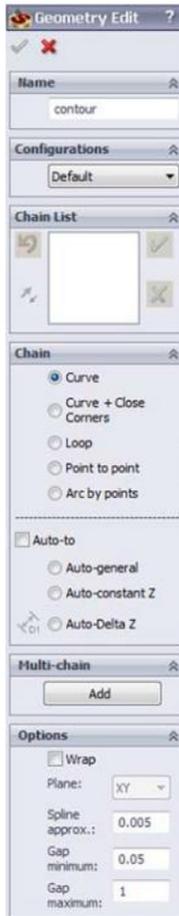
b. Menentukan the Geometry

Tahap pertama pada definisi setiap operasi adalah bagian Geometry. Pada tahap ini penentuan Geometry digunakan untuk operasi Profile terhadap solid model

geometry. Klik  di halaman the Geometry pada kotak dialog Profile Operation.

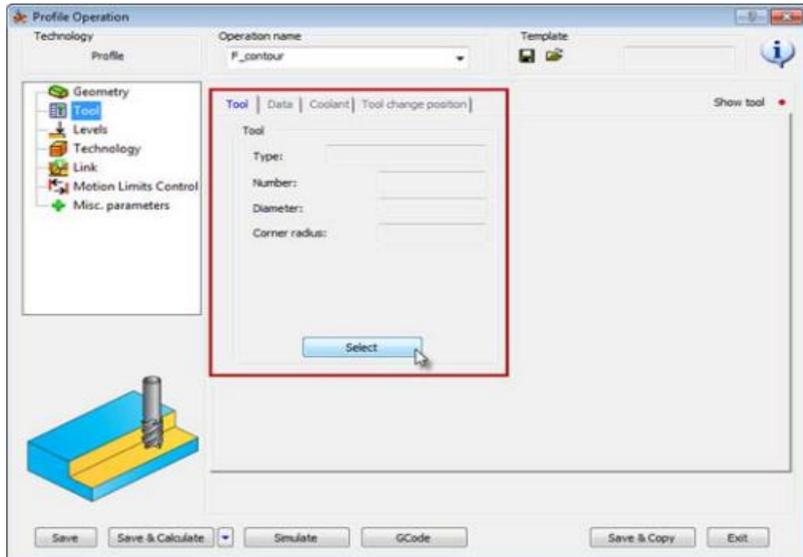


The Geometry Edit dialog box is displayed in the SolidWorks Property Manager area. This dialog box enables you to add and edit geometry chains. When this dialog box is displayed, you can select solid model entities for the Geometry definition.

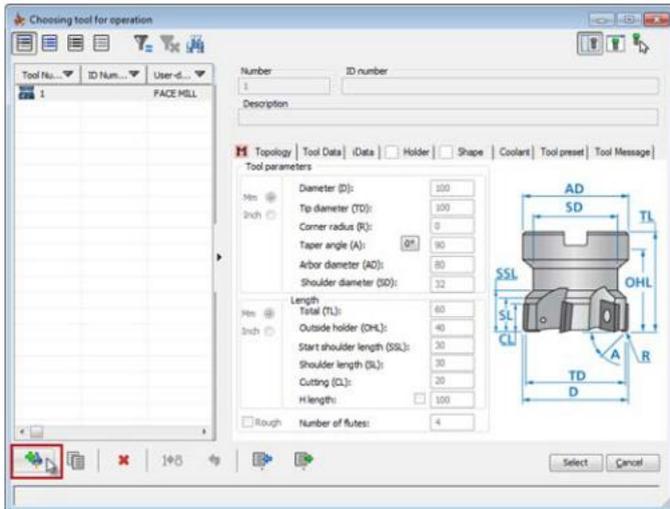


c. Define the Tool

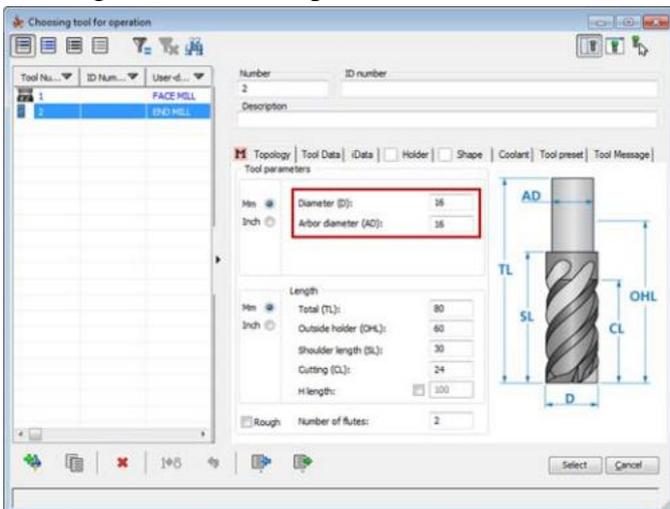
Tekan Tool page pada kotak dialog Profile Operation dan klik tombol Select.



Klik tombol Add Milling Tool () untuk memilih jenis tool. Pada program Profile gunakan End mill dengan $\text{Ø}16$.

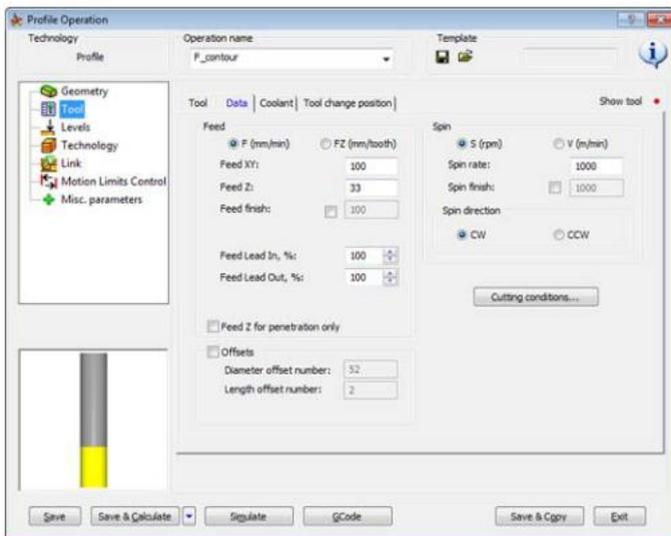


Klik End Mill untuk program ini, lalu pada Topology, setting nilai Diameter 16. Klik tombol Select untuk mengkonfirmasi tool parameters.

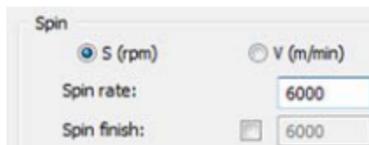


d. Menentukan the Feed and Spin parameters

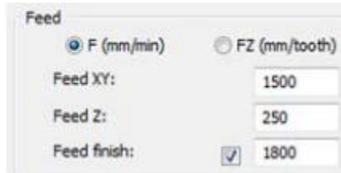
Pilih Data tab dalam bagian Tool pada kotak dialog Profile Operation.



Setting Spin rate (used in rough milling) dengan nilai 6000. The Spin finish (used in finish milling) secara otomatis nilainya menjadi 6000.

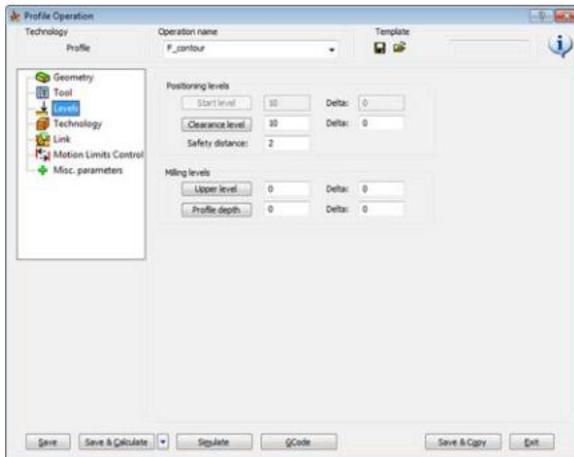


Setting Feed XY (feed rate for XY movements) dengan nilai 1500 dan the Feed Z (feed rate for Z movements) dengan nilai 250. Pilih check box dekat Feed finish (feed rate for finish milling) parameter dan setting dengan nilai 1800.



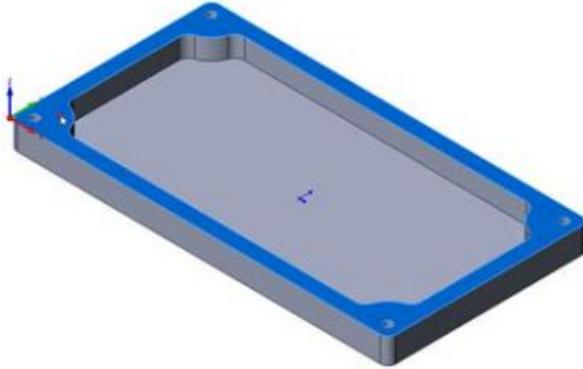
e. Menentukan the Milling Levels

Pilih halaman Levels padakotak dialog Profile Operation.



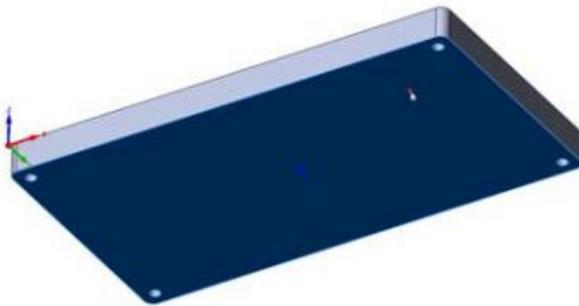
Klik tombol Upper level button dalam level area Milling. The Pick Upper level dialog box is displayed.

The Upper Level value (0) is determined and displayed in the Pick Upper level dialog box. Confirm this dialog box by clicking  the button.



Klik bagian bawah Profile dalam level area Milling. The Pick Lower level dialog box is displayed. Pick the bottom edge of the model as shown.

The Lower level value (-10) is determined and displayed in the Pick Lower level dialog box. Confirm this dialog box with the button.

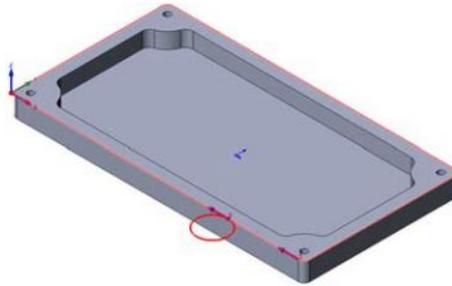


Setting Delta depth dengan nilai -1.

Positioning levels			
Start level	10	Delta:	0
Clearance level	10	Delta:	0
Safety distance:	2		
Milling levels			
Upper level	0	Delta:	0
Profile depth	10	Delta:	-1

f. Menentukan the Technological Parameters
Pilih the Technology pada halaman Profile Operation.

In this case, the default Left option meets the requirements of climb milling. Click the Geometry button to check the tool position.



Setting Step down dengan nilai 5. SolidCAM performs two cuts at the following Z-levels: -5, -10; the last cut is performed at the Z-level defined by Profile depth.



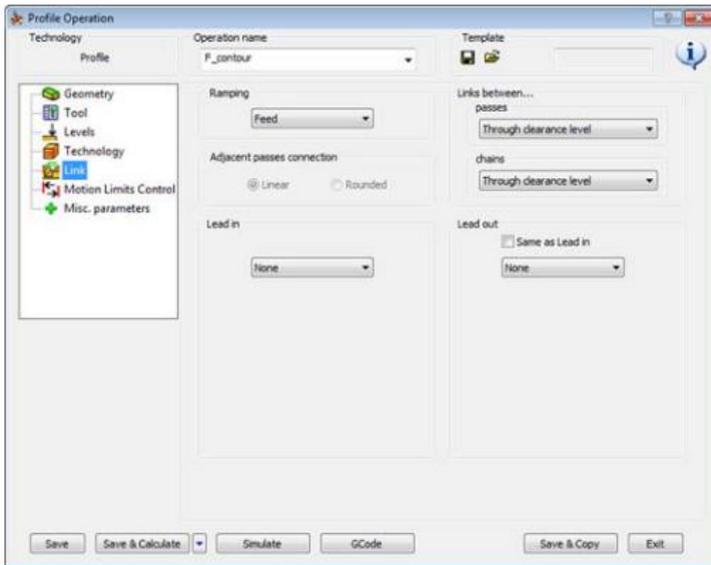
Pada bagian Offsets setting Wall offset dengan nilai 0.5.



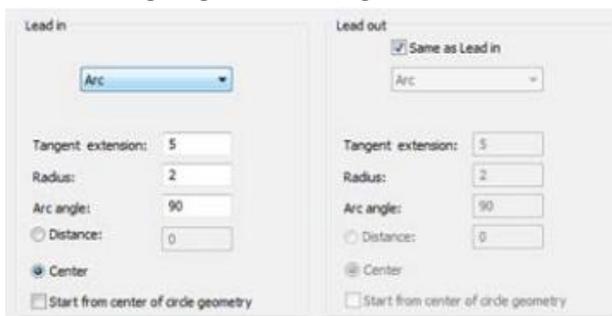
Pilih Finish



- g. Menentukan Lead in and Lead out
Pilih halaman Link pada kotak dialog Profile Operation.



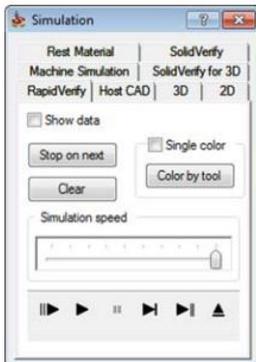
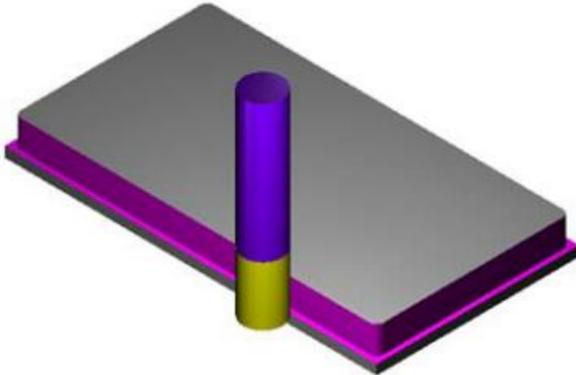
Setting sesuai dengan gambar sebagai berikut.



- h. Calculate the Tool path
Klik tombol Save & Calculate. Data operasi simulasi The Profile sudah tersimpan dan program siap untuk dijalankan.

.Simulate the Operation

Klik tombol Simulate pada kotak dialog Profile Operation. Pilih halaman SolidVerify dan mulai proses simulasi dengan menekan tombol Play .



j. G Code

Setelah selesai run simulasi maka tahap terakhir adalah output G Code yang merupakan kode digunakan untuk mentransfer program k mesin CNC. Program G Code dari proses profile milling adalah sebagai berikut.

_____ %

```

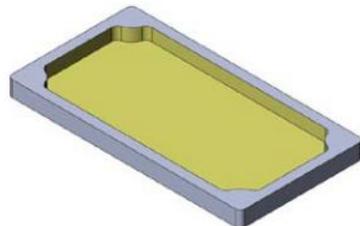
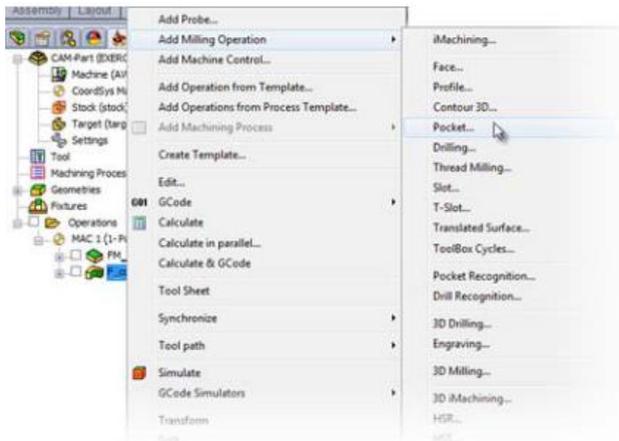
:5000 (F_CONTOUR.TAP)
(AWEA AV-1000)
  G90 G10 L2 P1 X0 Y0 Z0
G90 G17
G54
N10 T2 M6
T2
M01
(*TOOL 2 - DIA 16.0*)
G90 G0 M3 S6000 X28.5 Y-43.
M8
G43 H2 Z50.
M98 P5003 (F-contour)
M9
G91 G30 Z0 M19
G90 G53 X500. Y0
G90
M30
:5003
(-----)
(F-CONTOUR - PROFILE)
(-----)
G0 X28.5 Y-43. Z10.
  Z2.
G1 Z-4.333 F250
M98 P5004
G0 X18.5 Y-43. Z10.
  X28.5
  Z-2.333
G1 Z-8.667 F250
M98 P5004
G0 X18.5 Y-43. Z10.
-
-
-
G8 P0
G40 D2 G1 X18.5
M99
:5002
(-----)
(- CHANGE TOOL -)
(-----)

```

```
M9  
M5  
G91 G30 Z0. M19  
M1  
G90  
M99  
%
```

3. Operasi Pocket Milling

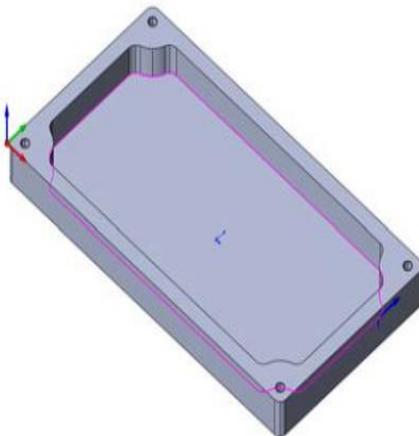
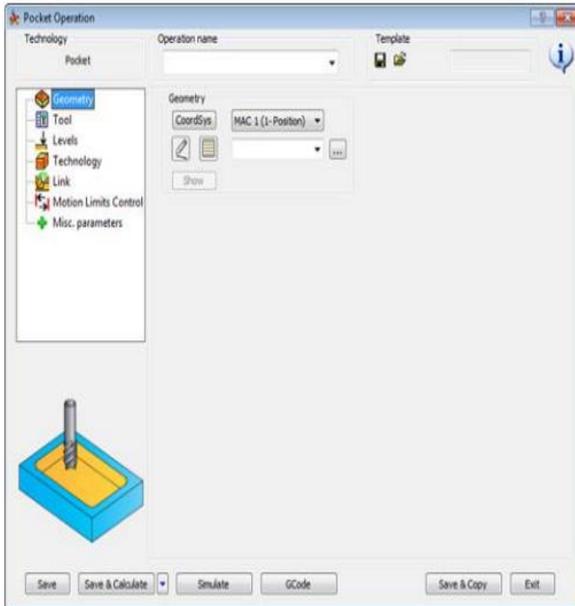
Simulasi The Pocket digunakan untuk proses CNC internal pocket. Klik kanan pada menu Profile dan pilih Pocket dari menu Add Milling Operation.



The Pocket Operation dialog box is displayed.

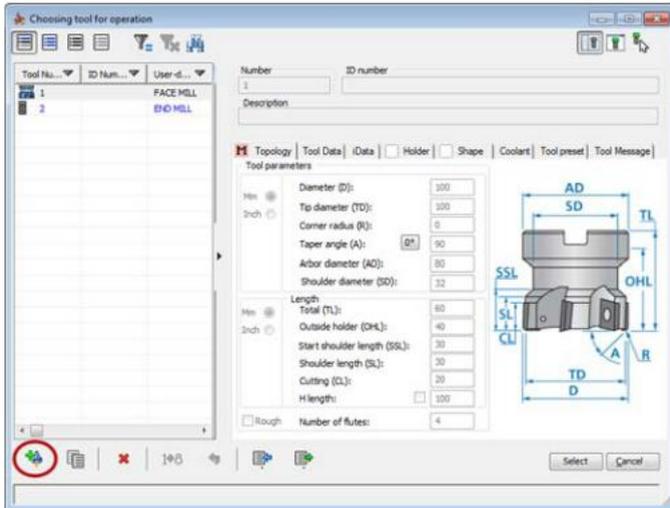
a. Menentukan the Geometry

Klik tombol  di halaman Geometry untuk menentukan geometry. Gunakan opsi Loop, kemudian akan muncul garis atau chain. Konfirmasi geometry dengan klik tombol  .

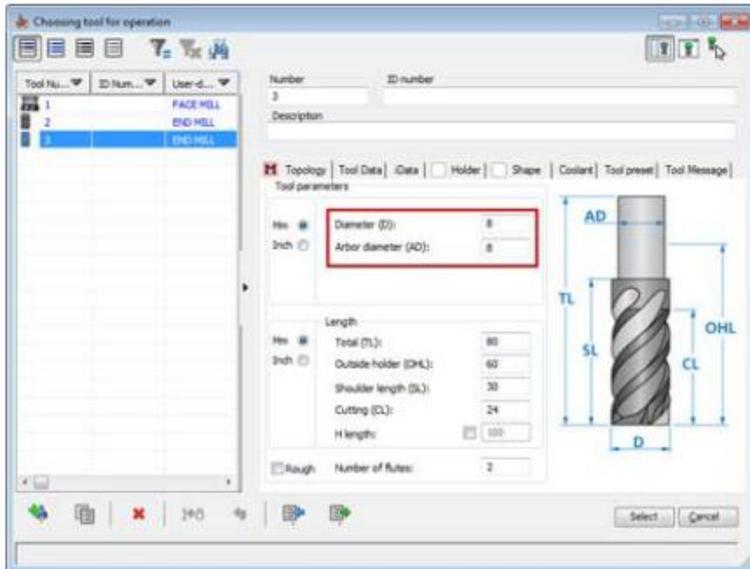


b. Menentukan the Tool

Pilih halaman Tool dan klik tombol Select



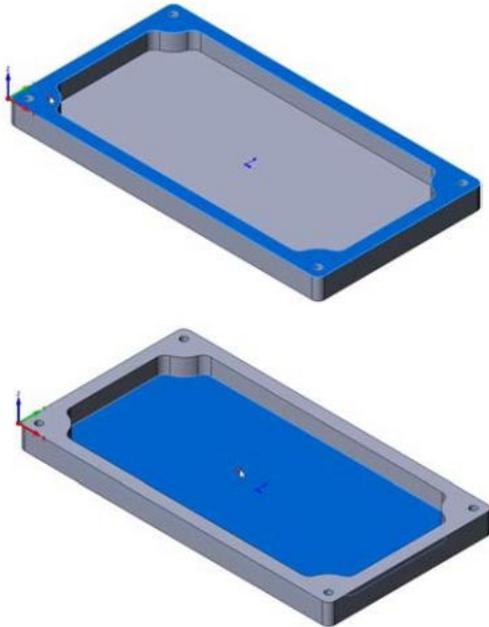
Klik  untuk memilih jenis alatnya. Pada Profile operation, gunakan End mill dengan diameter $\varnothing 8$.



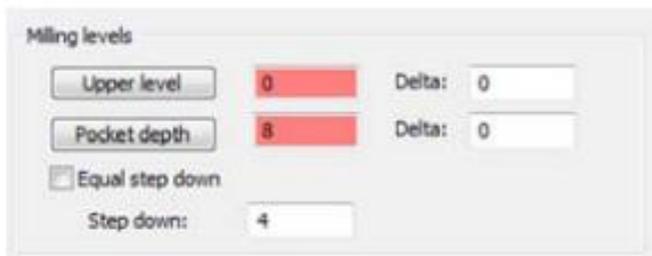
Pada halaman Topology setting nilai diameter dengan 8.
Klik tombol Select button untuk konfirmasi tool parameters dan untuk proses simulasi.

c. Define the Milling levels

Pilih halaman Levels pada kotak dialog Pocket Operation dan tentukan level upper dan lower di model simulasi. Nilai untuk level Upper adalah (0).



Setting Milling level seperti gambar dibawah ini



d. Define the technological parameters

Pilih kotak dialog Technology pada Pocket Operation. Setting parameter Offset seperti gambar dibawah ini.

Offsets

Wall offset:	<input type="text" value="0.2"/>
Island offset:	<input type="text" value="0"/>
Floor offset:	<input type="text" value="0.2"/>

Untuk parameter Finish

Finish

Wall Floor

Wall finish

On

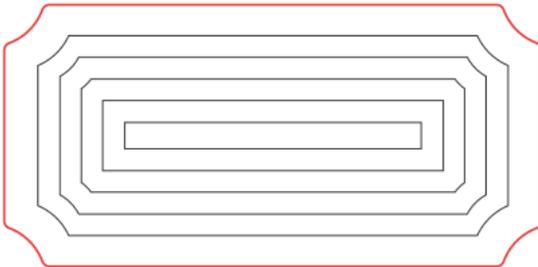
Geometry Offset

Depth

Total depth Each step down

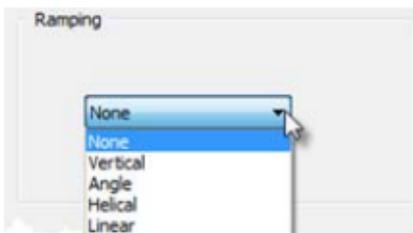
Wall finish only

Pilih Contour unuk menentukan alur pemotongan

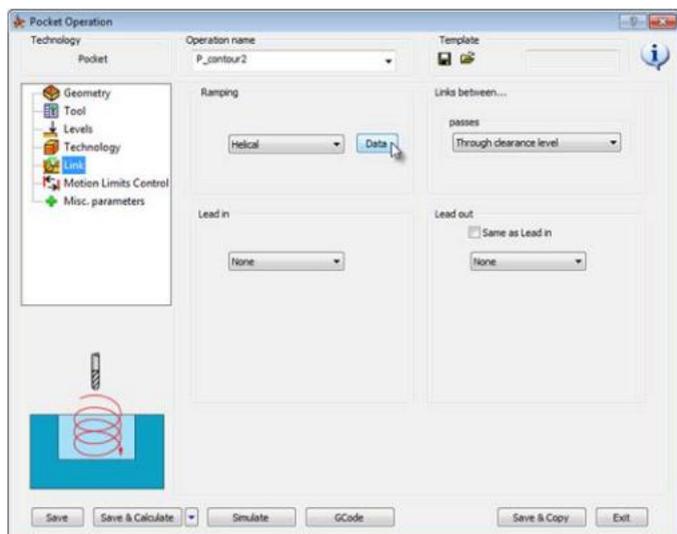


e. Define the Ramping strategy

Pilih halaman Link pada kotak dialog Pocket Operation. Untuk menentukan strategi proses simulasi.



Pilih opsi Helical dan klik tombol Data.



Kemudian klik tombol  untuk mengakhiri program.

f. Define the Lead in and Lead out

Setting posisi Lead in dan out seperti gambar dibawah ini.

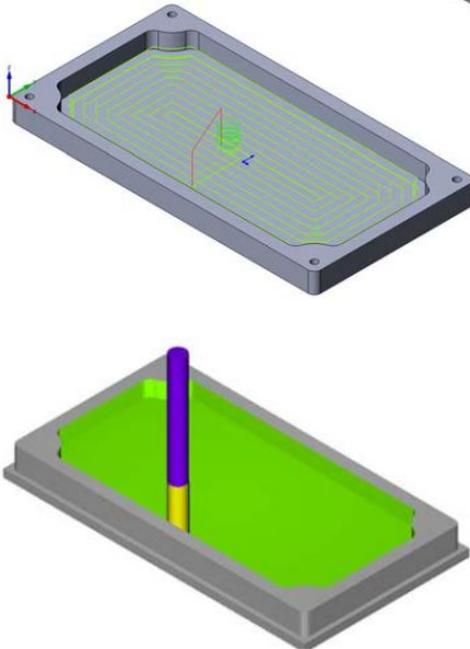


g. Calculate the Tool path

Klik tombol Save & Calculate untuk menyimpan data proses simulasi dan program siap untuk dijalankan.

h. Simulasi Program

Simulate the operation in the SolidVerify and Host CAD simulation modes.



k. G Code

Setelah selesai run simulasi maka tahap terakhir adalah output G Code yang merupakan kode digunakan untuk mentransfer program k mesin CNC. Program G Code dari proses pocket milling adalah sebagai berikut.

```
%  
:5000 (P_CONTOUR2.TAP)  
(AWEA AV-1000)  
G90 G10 L2 P1 X0 Y0 Z0  
G90 G17  
G54  
N10 T6 M6  
T6  
M01  
(*TOOL 6 - DIA 8.0*)  
G90 G0 M3 S3000 X0. Y0.9
```

M8
G43 H6 Z50.
M98 P5003 (P-contour2)
M9
G91 G30 Z0 M19
G90 G53 X500. Y0
G90
M30
:5003
(-----)
(P-CONTOUR2 - POCKET)
(-----)
G0 X0. Y0.9 Z10.
Z2.
G1 X-0.558 Y0.86 Z1.951 F260
X-1.104 Y0.741 Z1.902
X-1.628 Y0.546 Z1.853
X-2.119 Y0.278 Z1.804
X-2.567 Y-0.057 Z1.755
X-2.963 Y-0.453 Z1.706
X-3.298 Y-0.901 Z1.657
X-3.566 Y-1.392 Z1.608
X-3.761 Y-1.916 Z1.559
X-3.88 Y-2.462 Z1.51
X-3.92 Y-3.02 Z1.461
X-3.88 Y-3.578 Z1.412
X-3.761 Y-4.124 Z1.363
X-3.566 Y-4.648 Z1.314
X-3.298 Y-5.139 Z1.265
X-2.963 Y-5.587 Z1.216
X-2.567 Y-5.983 Z1.167
X-2.119 Y-6.318 Z1.118
X-1.628 Y-6.586 Z1.069
X-1.104 Y-6.781 Z1.021
X-0.558 Y-6.9 Z0.972
-
-
-
G2 X-38. Y13.718
G1 Y-13.718
G2 X-31.218 Y-20.5
G1 X31.218

```

G2 X38. Y-13.718
G1 Y13.718
G2 X31.218 Y20.5
G1 X-6.
G3 X-8. Y18.5
G1 X-6.
M99
:5002
(-----)
(- CHANGE TOOL -)
(-----)
M9
M5
G91 G30 Z0. M19
M1
G90
M99

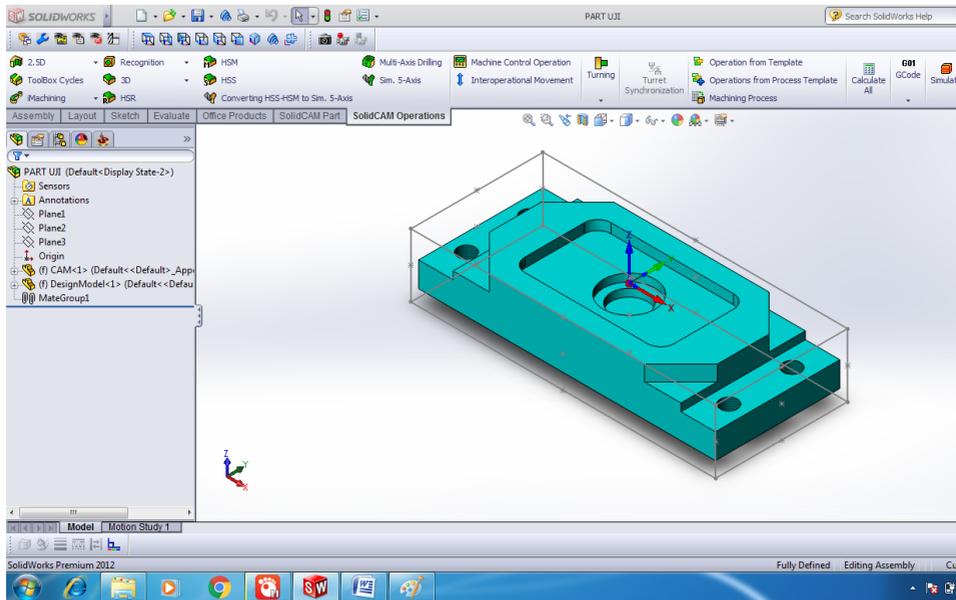
```

4.2.3 HSR (*Hight Speed Roughing*)

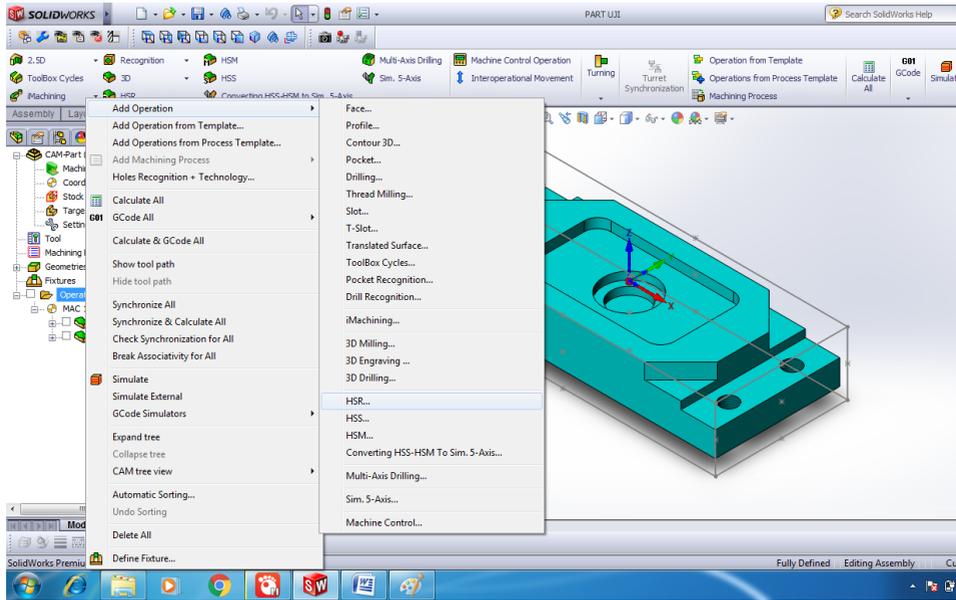
HSR merupakan program pada SolidCAM yang berfungsi sebagai program awal dalam pembentukan benda kerja dengan toleransi. Dimensi benda kerja masih dalam toleransi yang digunakan untuk proses finishing. HSR digunakan apabila benda kerja mempunyai bentuk yang kompleks sehingga dapat mempercepat proses manufaktur khususnya CNC.

Langkah-langkah Program HSR SolidCAM :

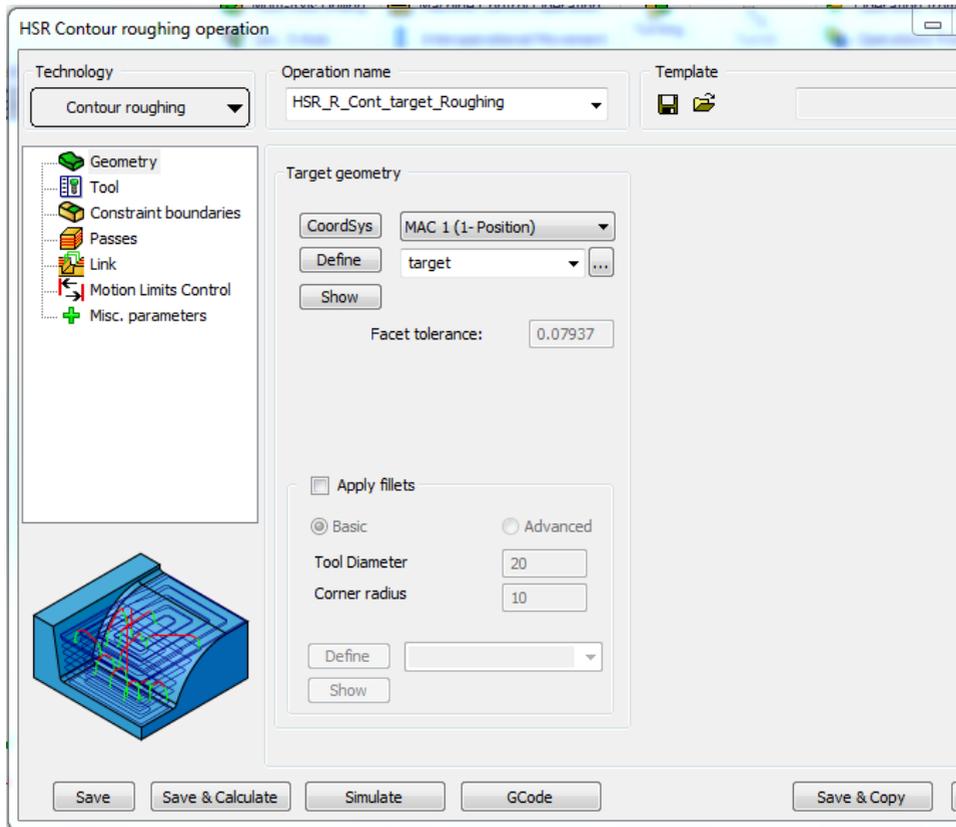
- 1 Jalankan program simulasi CNC dengan benda kerjanya pada SolidWorks.



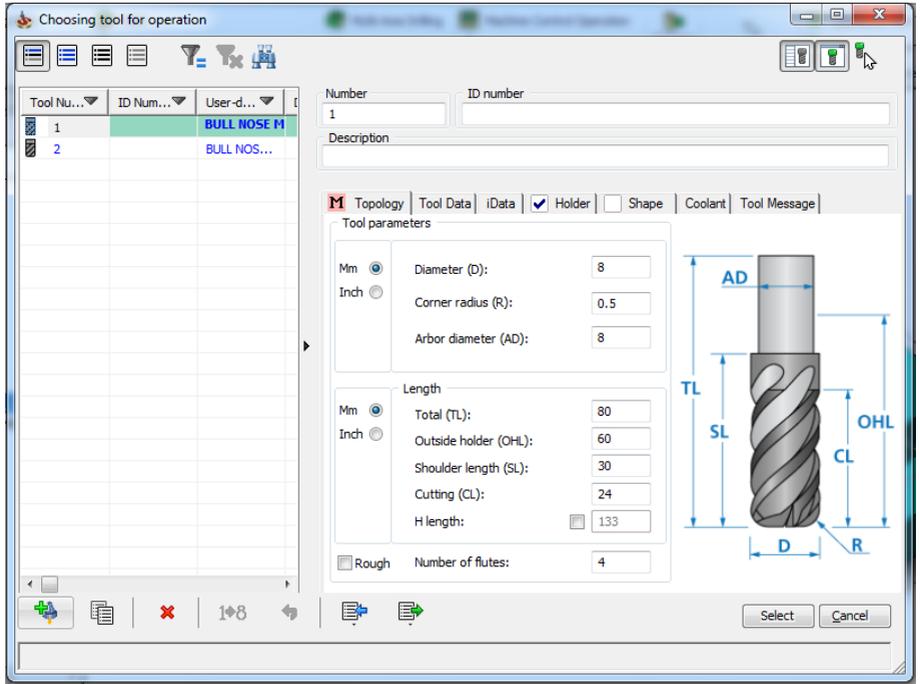
- 2 Klik kanan menu **Operations** pilih **Add Operations** lalu **HSR**.



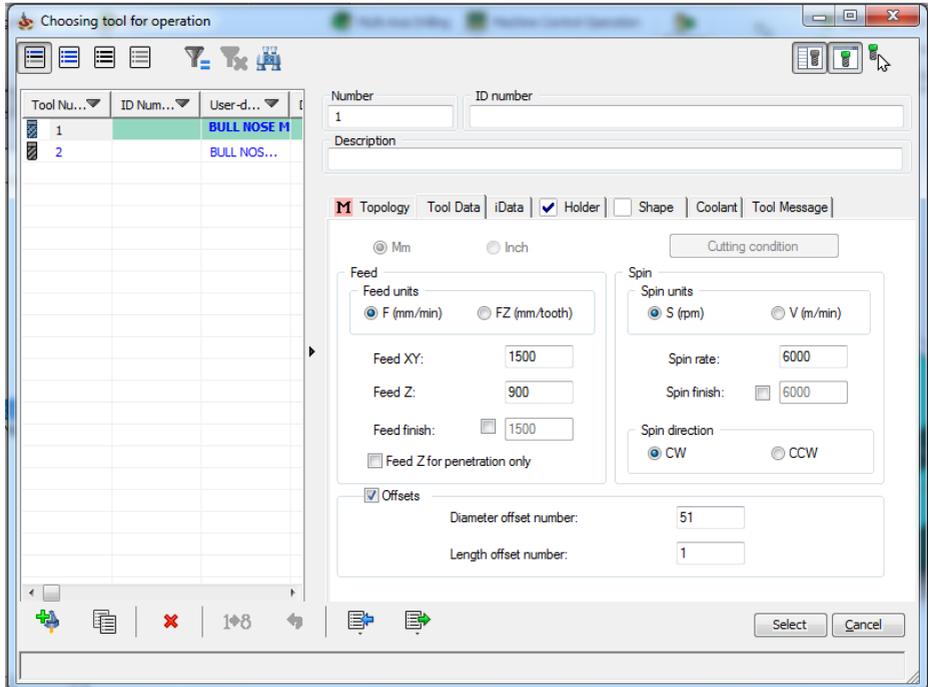
3 Pada menu **Technology** pilih **Countour roughing**, secara otomatis program sudah tersetting.



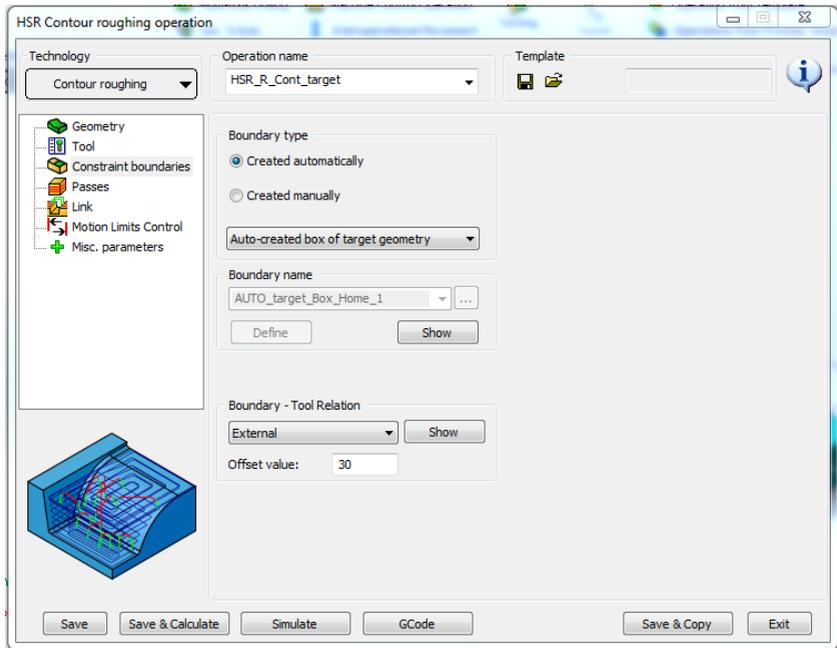
- 4 Pada menu **Technology** pilih **Tool** lalu klik **select**, kemudian muncul kotak dialog **Choosing tool for operation** klik **Add milling tool** pilih Endmill jenis Bull Nose lalu setting parameternya.



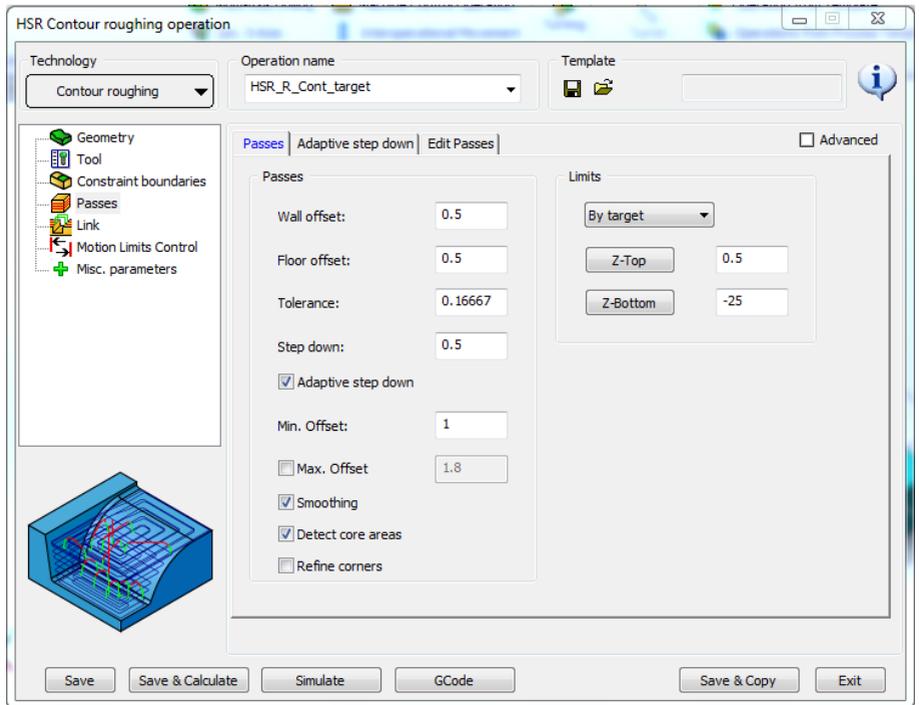
- 5 Setting parameter **Spin rate 6000 rpm, Feed XY 1500 mm/min, Feed Z 900 mm/min.**



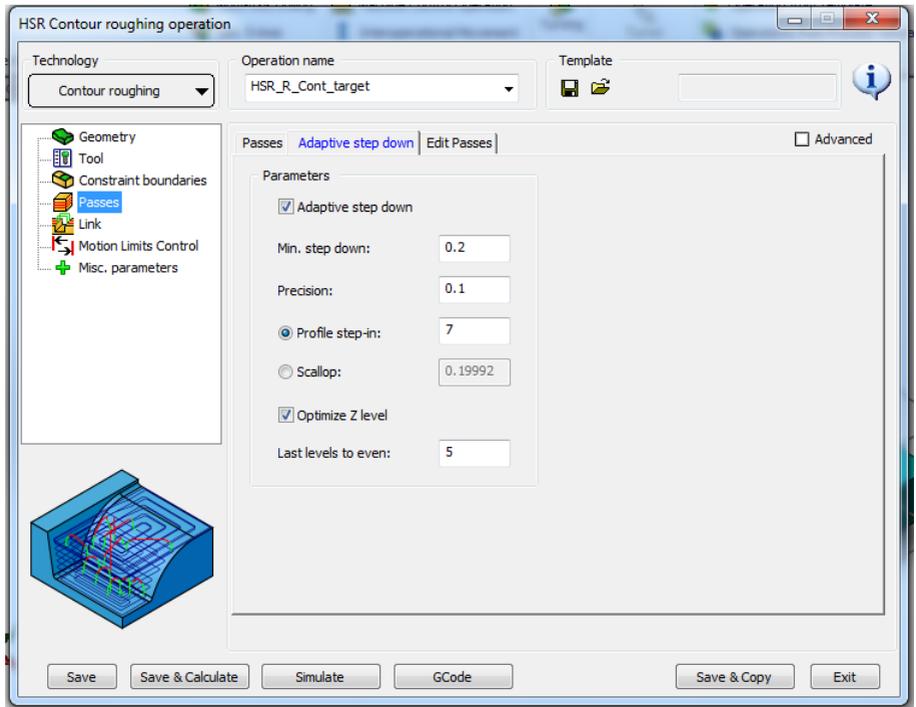
- 6 Pada menu **Technology** klik **conunstrains boundaries**, di boundary type klik **Created automacally** pilih **Auto created box of target geometry**. Pada **boundary-tool relations** pilih **External**, masukkan nilai 30 di menu **offset value**.



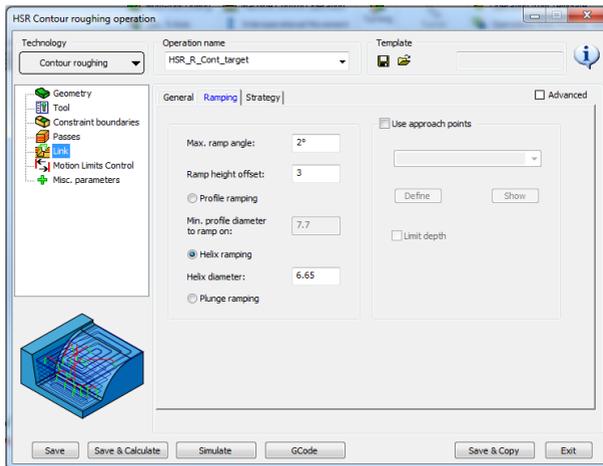
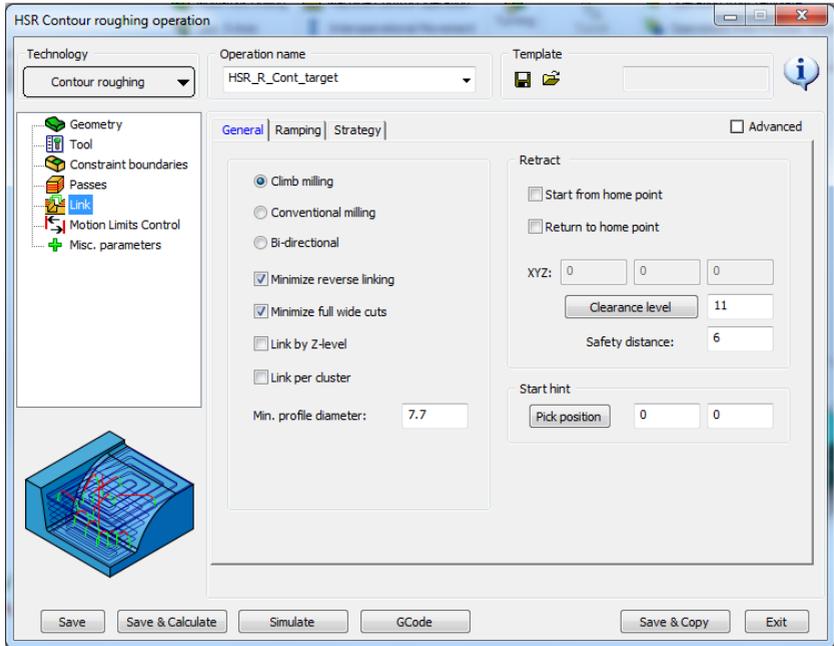
- 7 Pada menu **Technology** klik **Passes**, pilih menu **Passes** masukkan nilai seperti gambar dibawah ini.

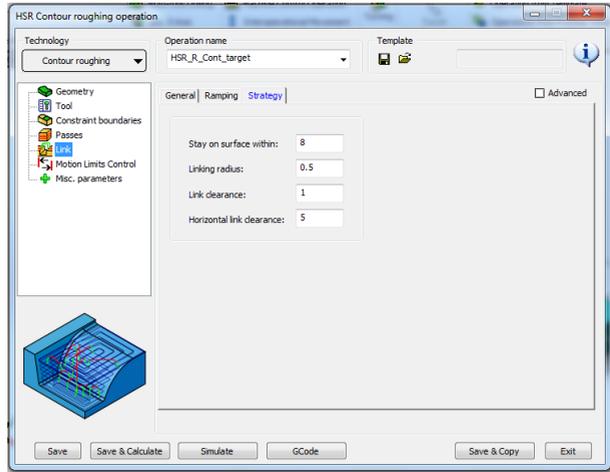


- 8 Klik menu **Adaptive step down**, isikan nilainya pada **Parameternya**.
Pada menu Edit Passes jangan dicentang.

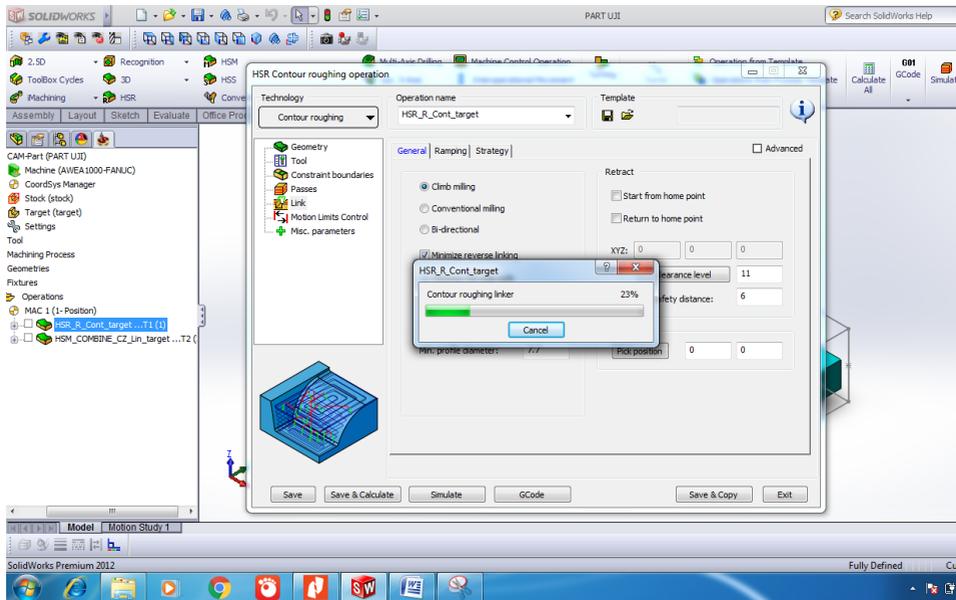


- 9 Pada menu **Technology** klik **Link**, lalu isikan nilai parameternya pada menu **General**, **Ramping** dan **Strategy**.

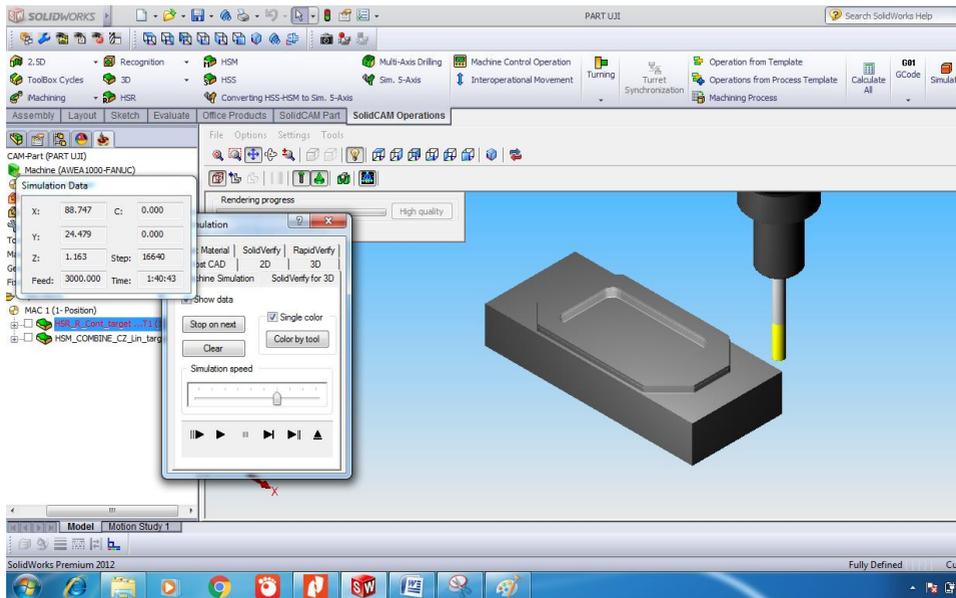




10 Untuk menjalankan simulasi CNC klik tombol **Save & Calculate**, tunggu samapi proses analisa selesai, lalu pilih **Solid Verity for 3D**.



11 Proses simulasi CNC dengan SolidCAM



12 G Code

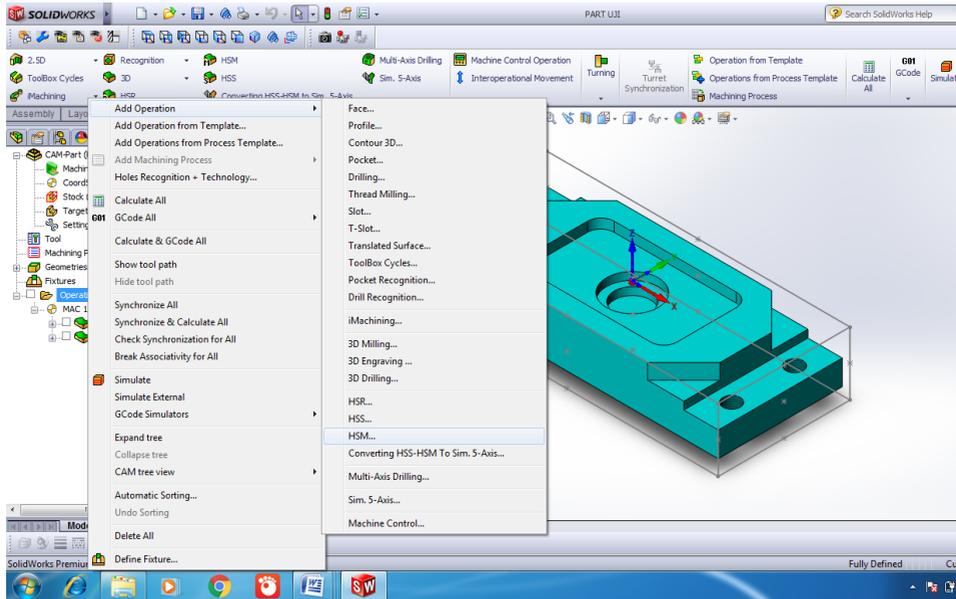
Setelah selesai run simulasi maka tahap terakhir adalah output G Code yang merupakan kode digunakan untuk mentransfer program k mesin CNC.

4.2.4 HSM (*Hight Speed Machine*)

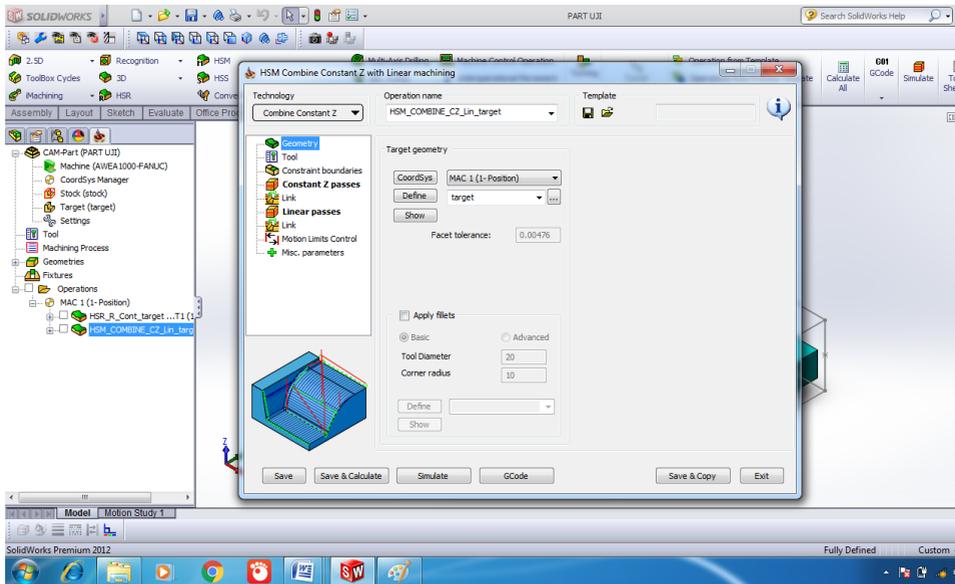
SolidCAM HSM adalah program simulasi CNC dengan kecepatan tinggi, digunakan untuk proses pembuatan mold, tools, dies dan part 3D yang berbentuk kompleks.

Langkah – langkah SolidCAM HSM :

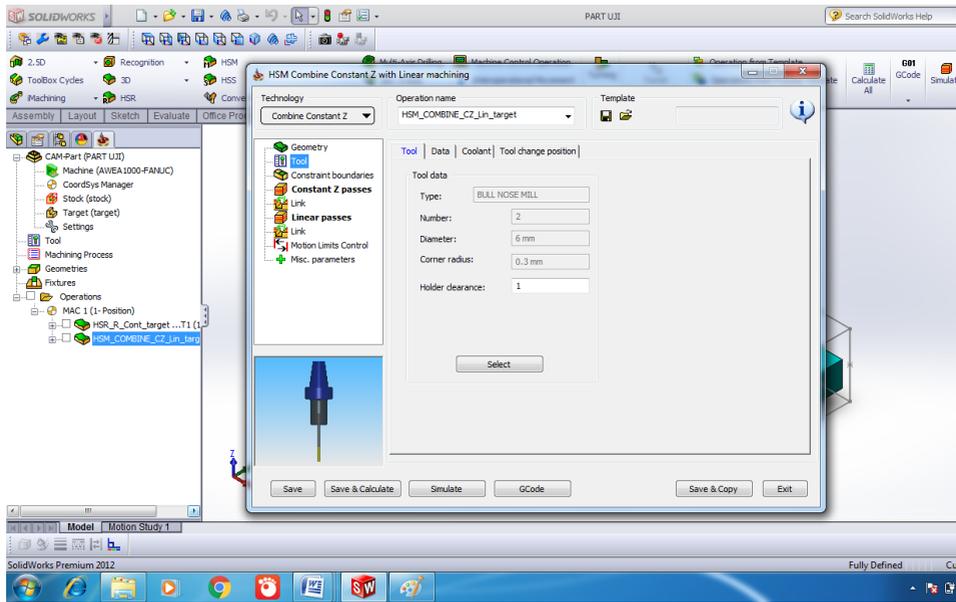
- 1 Klik kanan pada menu **Operation** pilih **Add Operation** lalu **HSM**,



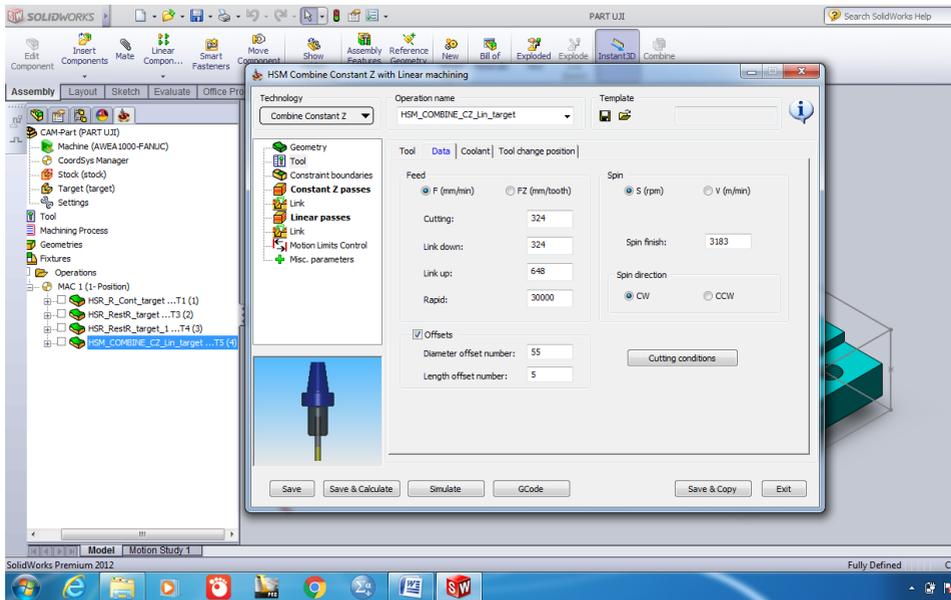
- 2 Pilih **Combine constants Z** pada menu Technology, maka secara otomatis **Define > target** yang terdapat dimenu **Geometry** akan muncul.



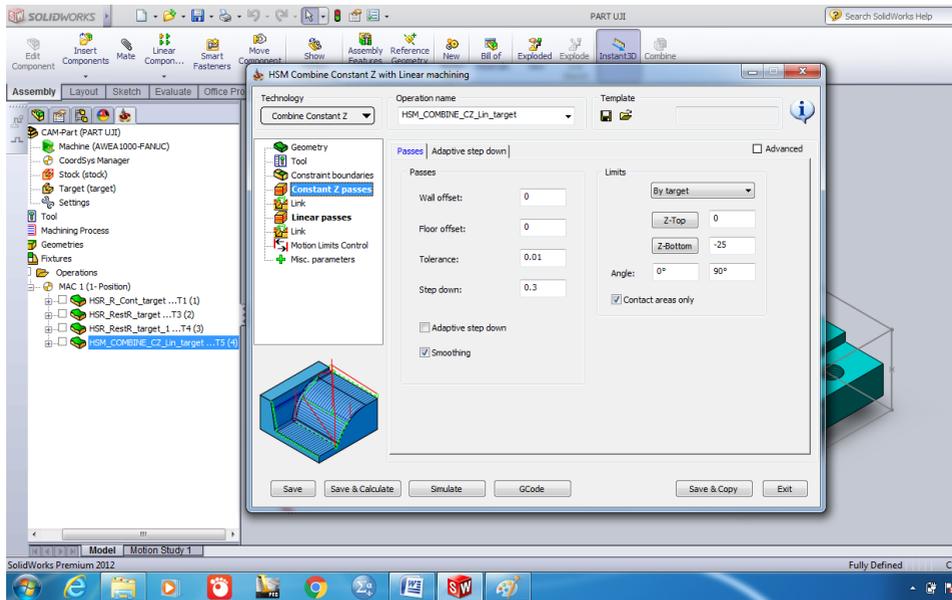
3 Pilih Tool lalu klik Select



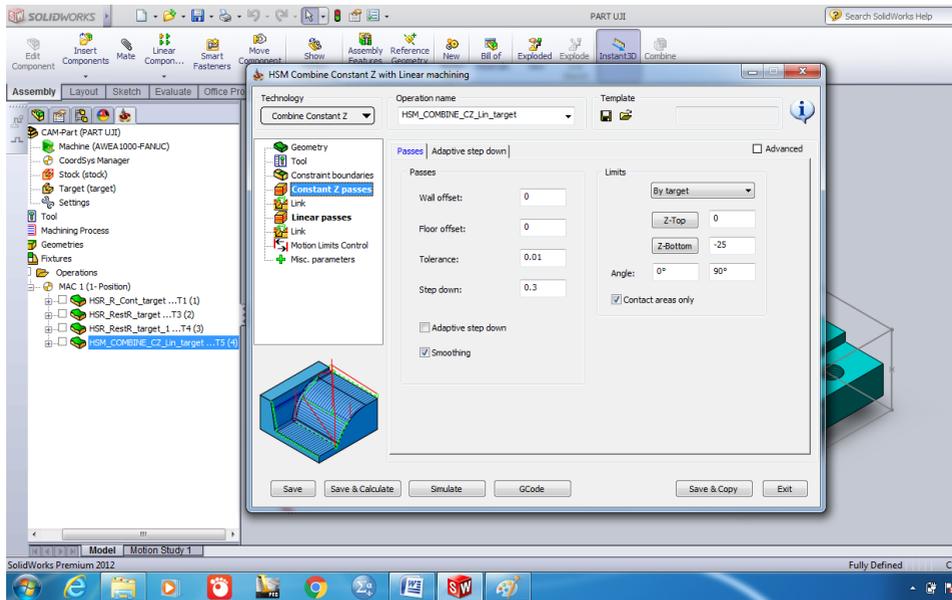
4 Setting tab **Data** seperti gambar dibawah ini



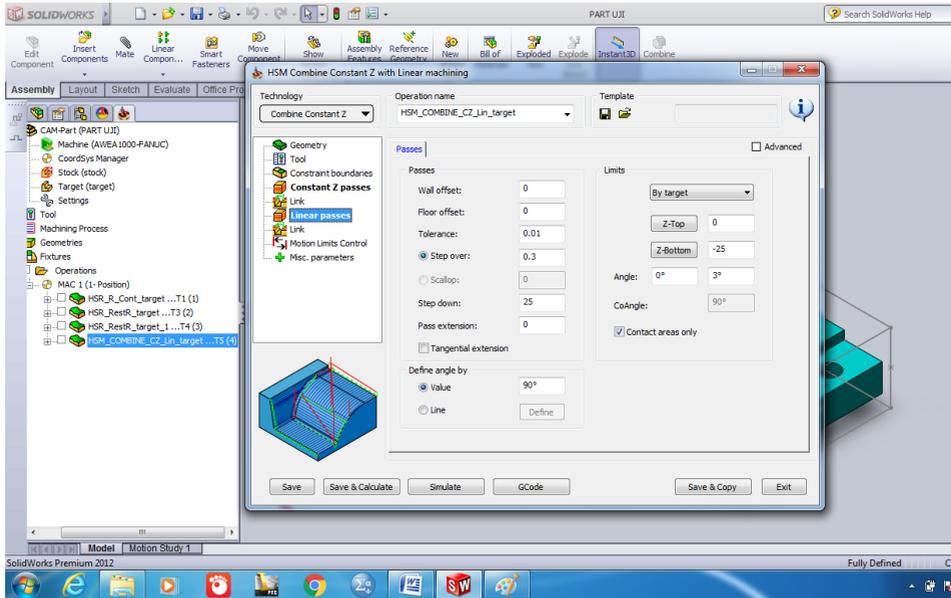
- 5 Pada menu **Technology** pilih **Constraint Boundaries**, lalu setting seperti gambar dibawah ini.



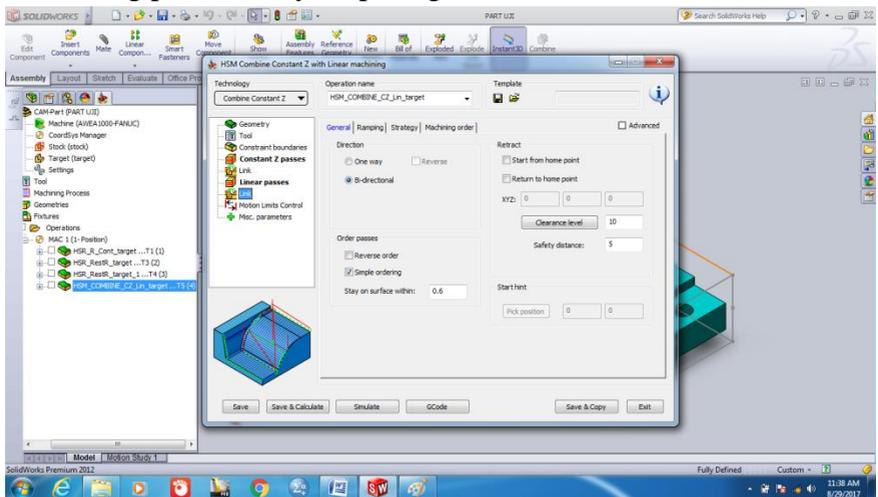
- 7 Klik menu **Link** pada **Technology**, lakukan penyetingan parameternya seperti gambar dibawah ini.



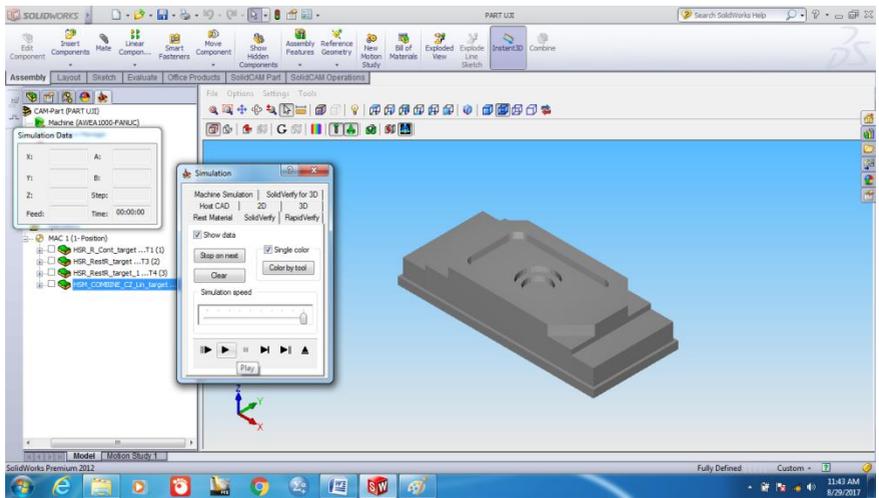
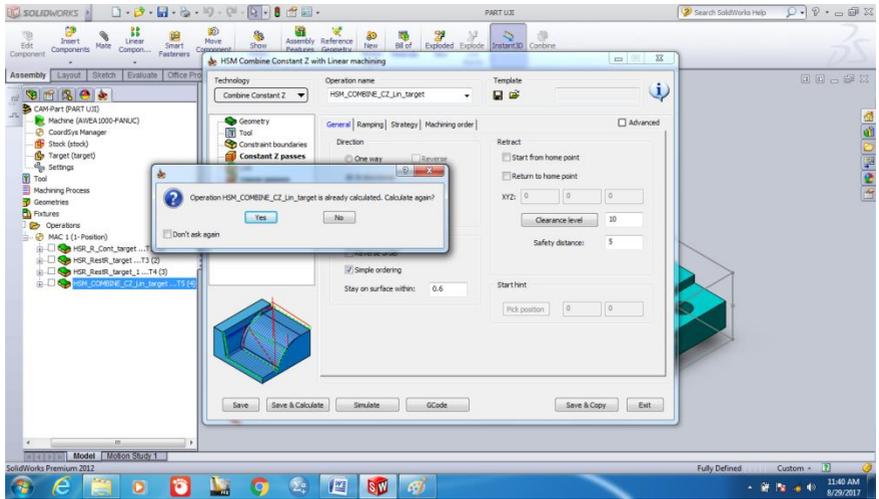
- 8 Select menu **Linier Passes**, lakukan penyetingan parameternya pada **Passes** seperti gambar dibawah ini.



9 Klik **Link** yang kedua pada menu **Technology** kemudian setting parameternya seperti gambar dibawah ini.



- 10 Klik tombol **Save & Calculate** untuk menyimpan data parameter dan program sudah siap dijalankan.
- 11 Klik tombol **Simulate** sehingga program simulasi HSM telah mulai. Pilih menu **Solid Verify** kemudian klik tombol **Play**.



DAFTAR PUSTAKA

- Rochim; *Pemograman Mesin Perkakas NC*, ITB, 1986.
- Groover, Zimmers; *CAD/CAM, Computer Aided Design and Manufacturing*, Prentice Hall, 1984.
- Koren; *Computer Control of Manufacturing Processes*, McGraw Hill, 1985.
- Makino LTD Japan; *User Manual Makino Program*.
- Vollmer, Harald; *NC Organisatie*, Technische Uitgeverij De Vey Mestdagh bv, 1987.
- James V. Valentino, Ed V. Goldberg, AAA Predator Inc .2012. *Introduction to Computer Numerical Control*.
- Jon S. Stenerson, Kelly Curran . 2006. *Computer Numerical Control: Operation and Programming* .
- Joseph, B., 2000, Corokey, 6 th Edition 269 Ti Rakau Drive, East Tamaki P.O. Box 51-154, Sandvik Coromant Inc, New Zealand.
- <http://www.sandvik.coromant.com/en-us/pages/default.aspx>
- https://www.google.com/search?q=meja+mesin+milling&client=firefox-b&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiv6K31o8XVAhULQ48KHd21DpcQ_AUICigB&biw=1525&bih=709#imgrc=67uLX3LTgKiTnM
- <https://sujanayogi.files.wordpress.com/2010/03/magasin.jpg>

PROFILLE PENULIS



MULYADI, lahir di Probolinggo, 10 Maret 1978 sebagai pengajar di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Pengalaman penelitian dan pengabdian pada masyarakat yang pernah dilakukan antara lain: (1) Rekayasa Elektroda Mild Steel (Lb-52) Dichelup Olie Sebagai Pengganti Alternatif Elektroda Besi Cor (Cia-1) Pada Pengelasan Besi Cor Kelabu Fc-30 Di Lihat Dari Segi Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan, 2016; (2) Pemantauan Beban Hidrodinamika Untuk Integritas Komponen Struktur Badan Tekan Menggunakan Model Hidroelastik Kapal Selam Berpropulsi Mandiri, 2016; (3) Rancang Bangun Jig Penyambung Pipa Multi Dimensi, 2017; (4) Ibm Pengembangan Usaha Kripik Pisang Di Desa Gelam Kec Candi Kab Sidoarjo Dalam Mendukung Terwujudnya Sidoarjo Sebagai Kota Ukm Di Indonesia, 2015; (5) Pengembangan Usaha Layanan Jasa Service Bengkel Sepeda Motor Di Desa Pateguhan-Pandaan-Pasuruan Untuk Kelancaran Transportasi Darat Mendukung Terwujudnya Pasuruan Sebagai Kota Industri, 2016. Usulan pengabdian pada masyarakat yang dilakukan tahun 2017

antara lain: (1) PKM Peningkatan Knowledge OF Mechanical Skills (Kms) Jasa Service Bengkel Sepeda Motor Di Sepanjang Jalan Tongas-Sukapura Probolinggo Untuk Kelancaran Transportasi Pariwisata Gunung Bromo Jawa Timur; (2) PPUPIK Bengkel Konstruksi Mesin Berbasis Knowledge DAN Technopark.