

TM00605
SOLIDCAM PROGRAMMING

BUKU AJAR CAD/CAM

MULYADI

AN ONLY MAHASISWA TEKNIK MESIN UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SIDOARJO

BUKU AJAR
**CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided
Manufacturing)**

Penulis
Mulyadi,ST.,MT



Diterbitkan oleh
UMSIDA PRESS

Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo

ISBN: 978-602-5914-10-2

Copyright©2018.

Authors

All rights reserved

BUKU AJAR

CAD/CAM (*Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing*)

Penulis :

Mulyadi,ST.,MT.

ISBN :

978-602-5914-10-2

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 2018

© Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dengan suatu apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga Buku Ajar CAD/CAM (*Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing*) ini dapat disusun dengan baik dan selesai pada waktu yang telah ditentukan oleh Universitas Muhammadiyah Sidoarjo khususnya LP3iK. Buku ajar ini merupakan mata kuliah keahlian di Program Studi Teknik Mesin, khususnya di penjurusan pilihan RPM (Rekayasa Perancangan Manufaktur). Penulisan buku ajar ini ditulis dalam 6 Bab secara garis besar, diambil berdasarkan pengalaman penulis didunia kerja serta diambil dari hasil penelitian baik dari hasil penelitian mandiri maupun dari pendanaan Kemenristekdikti yang penulis dapatkan . Tak lupa kami juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Drs. Hidayatullah, M.Si selaku 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. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan untuk mengikuti penulisan buku ajar ini.
4. Edi Widodo, ST.,MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan untuk mengikuti penulisan buku ajar ini.
5. Para narasumber yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu, atas pengetahuan dan keterampilan yang diberikan dalam penyusunan penulisan buku ajar ini.

6. Mahasiswa Teknik Mesin semester 6 yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu 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 pedoman mahasiswa yang mengambil mata kuliah keahlian CAD/CAM di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Identitas Buku	ii
Prakata	iii
Daftar Isi	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 CAD (Computer Aided Design).....	1
1.1.1 Dasar CAD	1
1.1.2 Gambar 2D	1
1.1.3 Gambar 2.5D	2
1.1.4 Gambar 3D	3
1.2 CAM (Computer Aided Manufacturing).....	3
1.2.1 Dasar CAM	3
1.2.2 Software CAM	8
1.2.3 Jenis Operasi CAM	9
BAB 2 PAHAT POTONG	10
2.1 Mata Potong Tunggal	12
2.2 Mata potong Jamak	18
2.3 Jenis Mata Bor	20
2.4 Pemilihan Pahat Potong	30
BAB 3 STRATEGI PEMOTONGAN	37
3.1 Strategi Up Cutting	37
3.2 Strategi Down Cutting	38
3.3 Strategi Any Cutting	38
3.4 Pemilihan Pendingin Pemotongan	40

BAB 4 MESIN CNC.....	44
4.1 CNC Milling.....	44
4.2 CNC Bubut	52
4.3 CNC Non Konvensional.....	55
BAB 5 SOLIDCAM	60
5.1 Tutorial 2.5D Milling.....	60
5.2 Tutorial 3D Milling.....	70
5.3 Tutorial HSR Milling.....	81
5.4 Tutorial HSM Milling.....	88
5.5 Tutorial Turning.....	94
BAB 6 STUDI KASUS	108
6.1 Studi Kasus CAD.....	108
6.2 Studi Kasus CAM.....	118
DAFTAR PUSTAKA.....	131
Fungsi G dan M.....	132
BIODATA PENULIS	135

BATANG TUBUH

Fakultas	:	Teknik
Program Studi	:	Teknik Mesin
Mata Kuliah (MK)	:	CAD / CAM
Kode MK	:	TM00605
SKS	:	3 (tiga)
Semester	:	VI (enam)
Mata Kuliah Prasyarat	:	Menggambar Mesin, Proses Manufaktur, Proses Pemesinan, Dan Pemrograman NC/CNC
Standar Kompetensi (SK)	:	Mahasiswa diharapkan mampu membuat dan mengaplikasikan program CADcam dengan menggunakan bantuan software CADcam.

NO	Pokok Bahasan Dan TIU	Sub Pokok Bahasan dan TIK
BAB 1	PENDAHULUAN Mahasiswa dapat memahami CAD dan CAM	1.1 Mahasiswa dapat menjelaskan mengaplikasikan CAD (computer Aided Design) 1.2 Mahasiswa dapat menjelaskan mengaplikasikan CAM (Computer Aided Manufacturing)
BAB 2	PAHAT POTONG Mahasiswa dapat memahami dan	2.1 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan jenis mata pahat Mata Potong Tunggal

	mengaplikasikan penggunaan pahat potong	<p>2.2 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan jenis mata pahat Mata potong Jamak</p> <p>2.3 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan jenis mata bor</p> <p>2.4 Mahasiswa dapat melakukan pemilihan mata pahat potong untuk proses pemesinan</p>
BAB 3	STRATEGI PEMOTONGAN Mahasiswa dapat memahami dan mengaplikasikan pemilihan strategi pemotongan pada proses pemesinan	<p>3.1 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan strategi up cutting pada proses pemesinan</p> <p>3.2 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan strategi down cutting pada proses pemesinan</p> <p>3.3 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan strategi any cutting pada proses pemesinan</p> <p>3.4 Mahasiswa dapat menjelaskan dan mengaplikasikan pemilihan pendinginan pada proses pemesinan</p>
BAB 4	MESIN CNC Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan macam-macam mesin CNC	<p>4.1 Mahasiswa dapat menjelaskan Mesin CNC Milling</p> <p>4.2 Mahasiswa dapat menjelaskan Mesin CNC Bubut</p> <p>4.3 Mahasiswa dapat menjelaskan Mesin CNC Edm/Wire Cut</p>

<p>BAB 5</p>	<p>SOLIDCAM Mahasiswa dapat memahami, mengaplikasikan dan menggunakan program solidcam untuk pemrograman Mesin CNC</p>	<p>5.1 Mahasiswa dapat membuat program menggunakan strategi 2.D dengan menggunakan software solidcam</p> <p>5.2 Mahasiswa dapat membuat program menggunakan strategi 3D dengan menggunakan software solidcam</p> <p>5.3 Mahasiswa dapat membuat program menggunakan strategi HSR dengan menggunakan software solidcam</p> <p>5.4 Mahasiswa dapat membuat program menggunakan strategi HSM dengan menggunakan software solidcam</p> <p>5.5 Mahasiswa dapat membuat program menggunakan strategi HSS dengan menggunakan software solidcam</p> <p>5.6 Mahasiswa dapat membuat program Turning dengan menggunakan software solidcam</p>
<p>BAB 6</p>	<p>STUDI KASUS Mahasiswa dapat menyelesaikan studi kasus dengan</p>	<p>6.1 Mahasiswa dapat memahami dan menyelesaikan studi kasus CAD</p> <p>6.2 Mahasiswa dapat memahami dan menyelesaikan studi kasus CAM</p>

1.1 CAD (Computer Aided Design)

1.1.1 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: Gambar sket 2D, Gambar 2.5D/Gambar 3D dan Analisa MKM.

1.1.2 Gambar 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, Solidwork guna memudahkan proses desain, menghemat waktu dan meminimalkan kesalahan proses pembuatan desain.

1.1.3 Gambar 2.5D

Perspektif dua dan setengah dimensi (2.5D, alternatif tiga perempat dan pseudo-3D) adalah proyeksi grafik 2D dan teknik serupa yang digunakan untuk menyebabkan gambar atau adegan untuk mensimulasikan penampilan menjadi tiga dimensi (3D). Konsep 2.5 dimensi atau 2.5D menunjukkan sebuah objek atau ruang memiliki tiga dimensi geometris yang terdiri dari: kedalaman, lebar dan tinggi. Kedalaman atau tebal dalam bentuk ruang yang sama dengan model dasar sket 2D dan tidak membentuk kountur. Contoh 2.5 dimensi suatu objek / benda adalah plate mouldbase, benda spasial seperti kotak alat. Mengacu pada tiga dimensi spasial, bahwa 2.5D menunjukkan suatu titik koordinat Cartesian X, Y dan Z/tebal. Penggunaan istilah 2.5D ini dapat digunakan di berbagai bidang dan sering dikaitkan dengan hal-hal lain seperti spesifikasi kualitatif tambahan (misalnya: grafis 2.5 dimensi, 2.5D video. Gambar ini menempati ruang dimensi berkoordinat X Y dan Z/tebal. Gambar yang menempati dimensi ruang panjang lebar dan tinggi tidak berkountur bisa dikategorikan sebagai gambar 2.5 dimensi.

1.1.4 Gambar 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, cylinder, 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.

1.2 CAM (Computer Aided Manufacturing)

1.2.1 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*

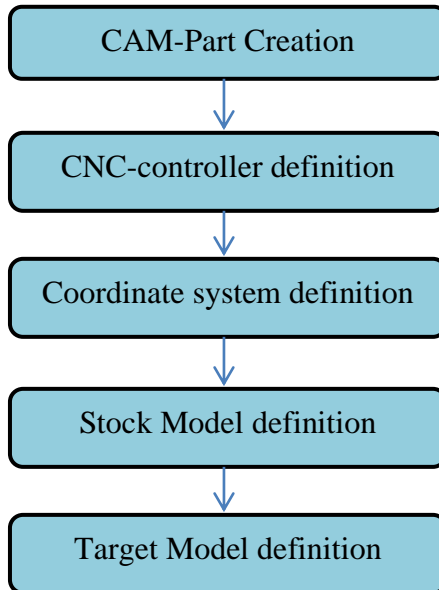
Tahap ini meliputi parameter global proyek manufaktur (*CAM-Part*). Desainer harus menetapkan koordinat sistem yang mendeskripsikan penempatan komponen pada mesin *CNC*. Desainer dapat menempatkan model *Stock* dan model *Target* yang digunakan untuk sisa penghitungan material. Model *Stock* menggambarkan 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 1.1 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 parameter.

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.

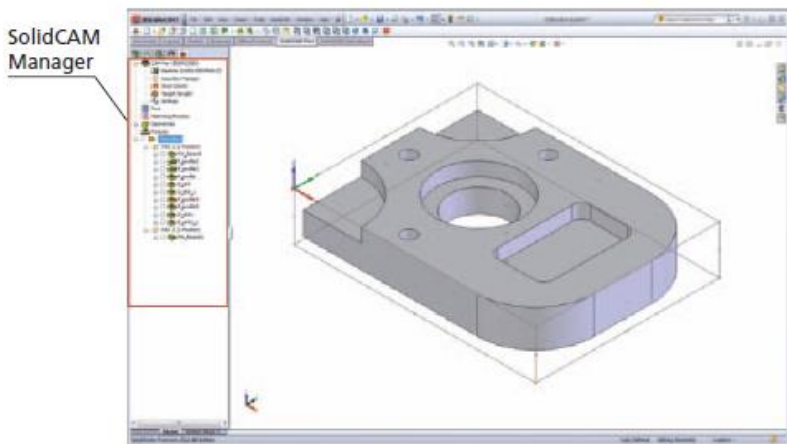


Gambar 1.1 Tahap-tahap proses penetapan *CAM-Part*
(Sumber: *E-book "SolidCAM 2011 Milling Training Course 2.5D Milling"*)

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 1.2 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 1.2 *SolidCAM Manager*

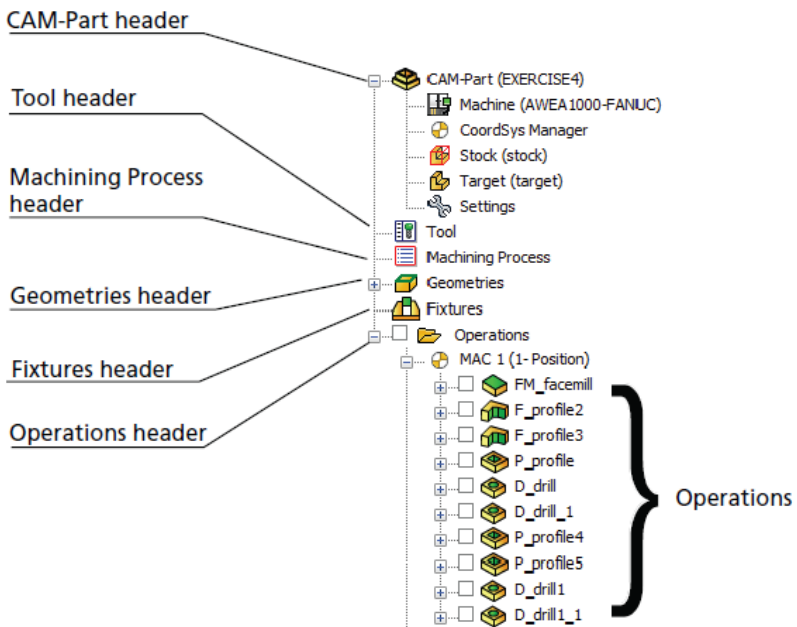
(Sumber: *E-book "SolidCAM 2011 Milling Training Course 2.5D Milling"*)

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

- 1) *Kepala CAM-Part* pada gambar 1.3. 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*.



Gambar 1.3 Pohon SolidCAM Manager

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

- 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.

1.2.2 Software CAM

Sejarahnya, Software CAM memiliki beberapa hal yang sangat penting dengan tingkatan tinggi yang dibutuhkan oleh Operator CNC. Sekarang sistem CAM mendukung berbagai jenis permesinan seperti turning (bubut), permesinan 5 axis, Wire EDM. Selain itu CAM pun sekarang sangat mudah digunakan, mempersingkat waktu penggunaan tool, untuk pemakanan dengan kecepatan tinggi tool-nya dapat dioptimalkan, umur pakai tool menjadi lebih lama, dan lain sebagainya.

Berikut ini adalah beberapa perusahaan yang mengeluarkan software CAM :

1. Dassault Systèmes dengan berbagai macam jenis software CAM nya.
2. Siemens PLM Software, mengintegrasikan CAM dengan software CAD, CAE, PDM dan digital manufacturing.
3. Delcam, merupakan salah satu perusahaan CAM terbesar di dunia yang kini sudah diakuisisi oleh Autodesk.

4. Vero Software.
5. PTC.
6. Tebis.
7. SheetCAM, CAM dengan harga yang cukup murah. Meskipun murah, tapi fiturnya terbukti cukup tangguh.

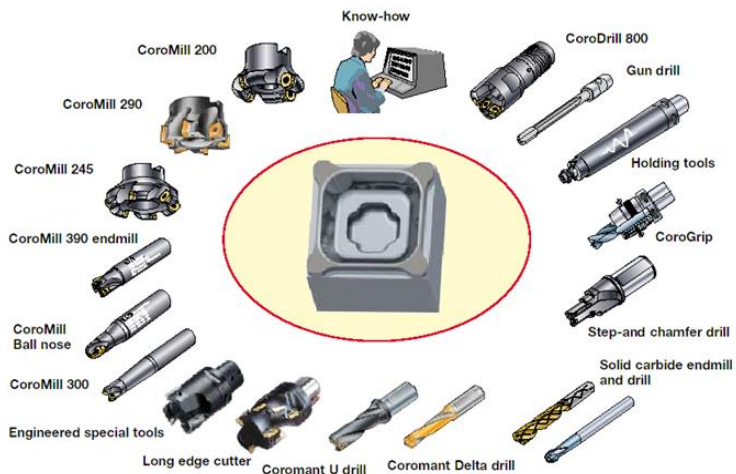
1.2.3 Jenis Operasi CAM

Software yang digunakan untuk CAM adalah *Solidcam 2011*. Operasi program CNC pada *Solidcam* terdapat beberapa operasi antara lain:

- ✓ 2.5D Milling.
- ✓ iMachining.
- ✓ Recognition.
- ✓ 3D Milling.
- ✓ HSR (High Speed Roughing).
- ✓ HSM (High Speed Machining).
- ✓ HSS (High Speed Surfacing).
- ✓ Converting HSS-HSM to Sim.
- ✓ 5 Axis Milling.
- ✓ Multi Axis Drilling.
- ✓ Sim 5-Axis Milling.
- ✓ Turnning.

BAB 2 PAHAT POTONG

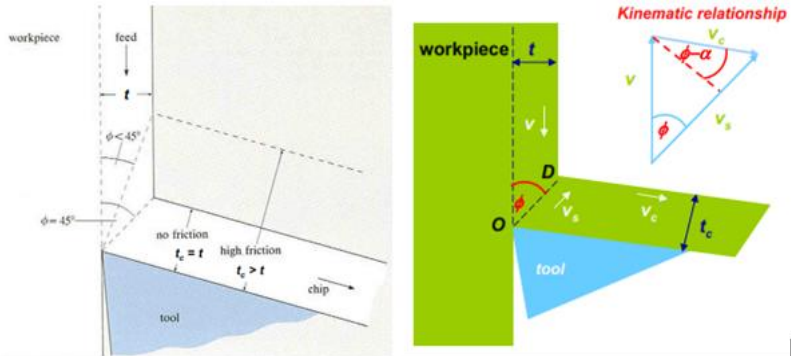
Pada proses pemesinan, mengerti tentang prinsip pemotongan dengan baik akan membantu dalam proses produksi yang ekonomis. Prinsip pemotongan banyak digunakan pada pembubutan, penyerutan, pengetaman, pengefrisan/milling maupun pengeboran. Macam-macam jenis pahat yang digunakan pada proses pemesinan milling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



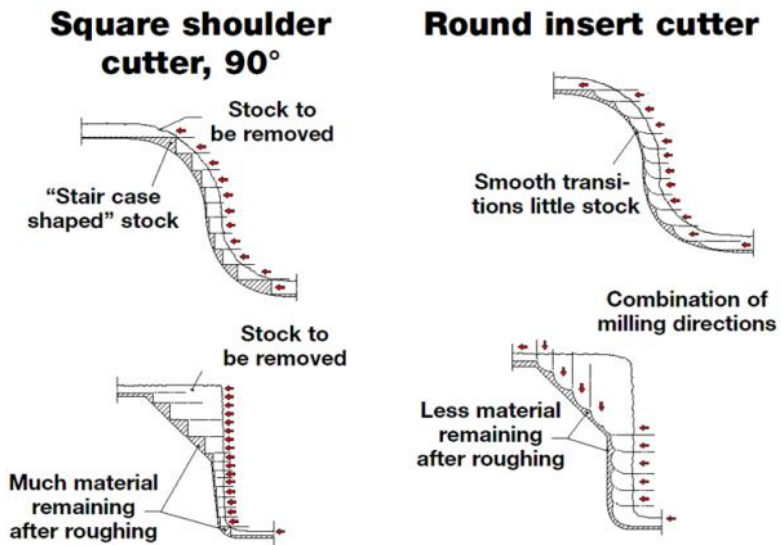
Gambar 2.1 *Coromant in Die and Mould Making(sandvik)*

Untuk menerangkan metode pemotongan dijelaskan dengan model mata pahat ortogonal seperti terlihat pada gambar 2.2 dibawah. Dalam menganalisa proses pemotongan, dianggap bahwa serpihan disobek dari benda kerja dengan gerakan menggeser melintasi bidang AB. Serpihan akan mengalami

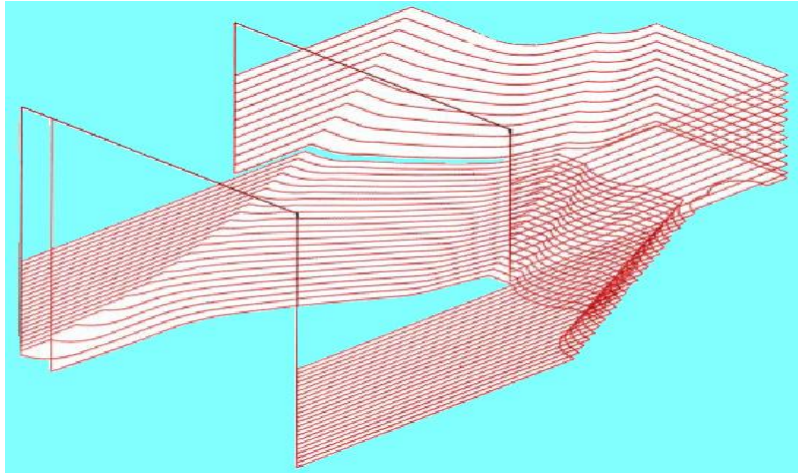
gaya gesek yang tinggi dengan permukaan pahat. Oleh sebab itu kerja untuk membuat serpihan harus bisa mengatasi gaya geser dan gaya gesek yang timbul.



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



Gambar 2.3a Aplikasi strategi pemotongan dengan tools insert

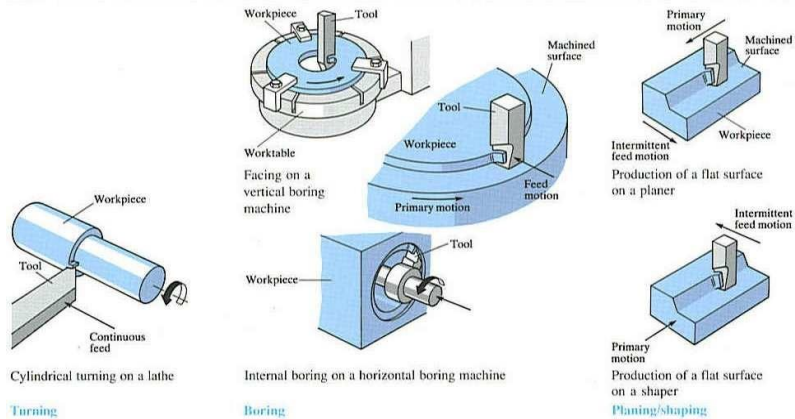


Gambar 2.3b Aplikasi strategi pemotongan dengan tools insert

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 2.3a,b diatas.

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.

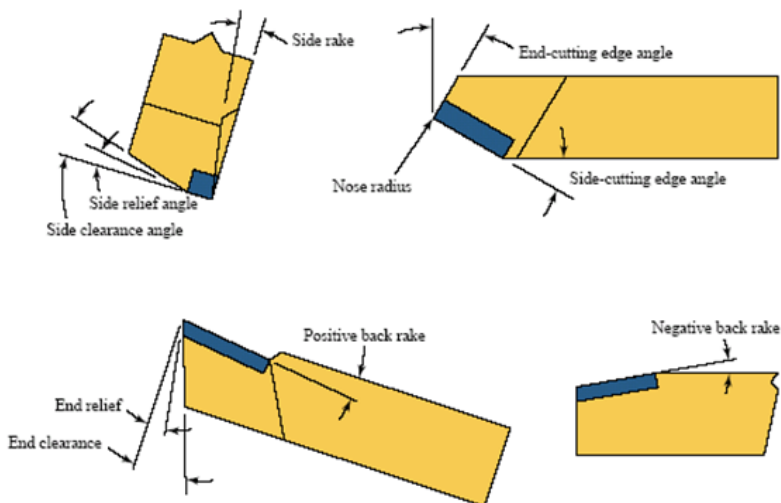


Gambar 2.4 Alat potong dengan sisi potong tunggal

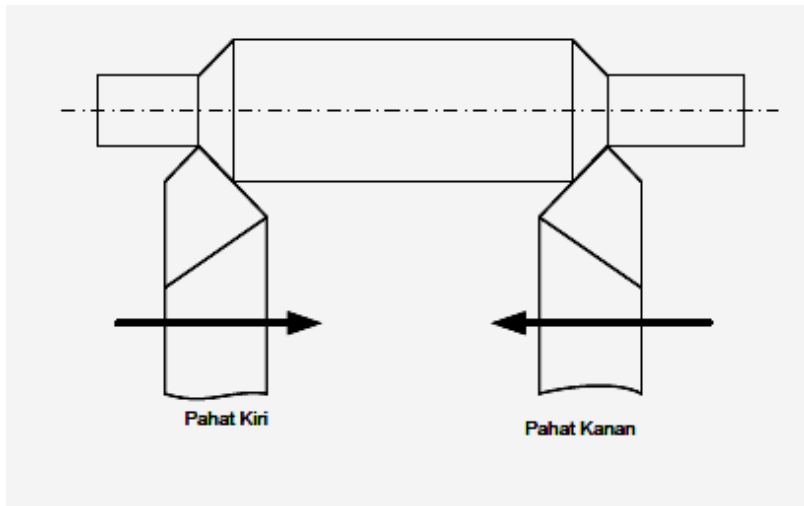
Geometri pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Terminologi standar geometri ditunjukkan pada Gambar 2.5. Untuk pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut beram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*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

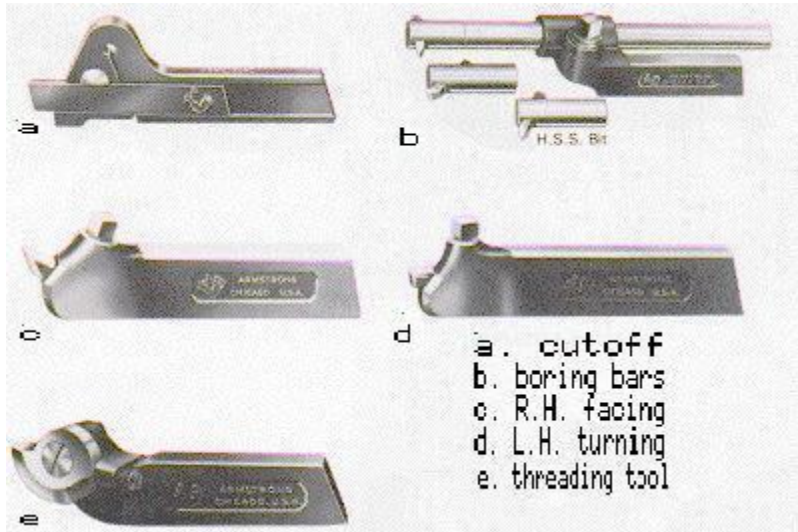


Gambar 2.6 Geometri pahat bubut sisipan (*insert*)

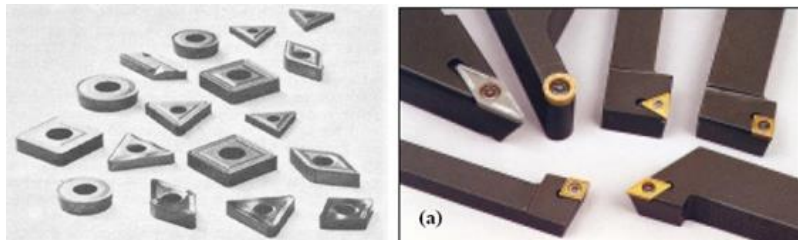


Gambar 2.7 Pahat tangan kanan dan pahat tangan kiri

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

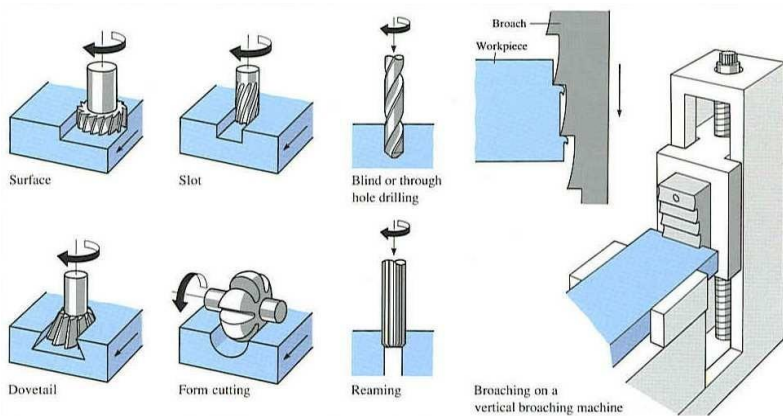


Gambar 2.9 Pahat bubut sisipan (*inserts*), dan pahat sisipan yang dipasang pada pemegang pahat (*tool holders*)

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

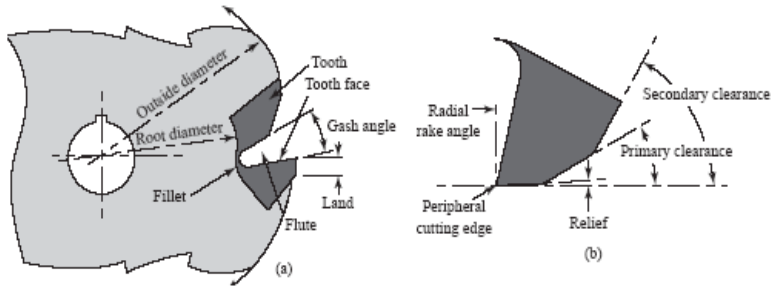
2.2 Tools Mata potong Jamak

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 dibanding 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.



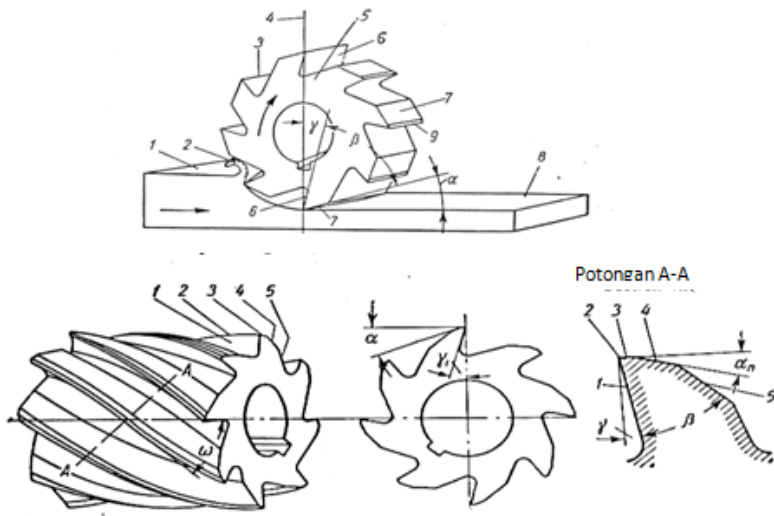
Gambar 2.11 Alat potong dengan sisi potong banyak

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

2.2 Jenis Mata Bor

Mata bor merupakan suatu alat yang berfungsi untuk membuat lubang pada kayu, plastik, dinding, besi, logam dan kaca. Banyak sekali jenis dan ukuran lubang yang dapat dibuat dengan mesin bor, beda jenis beda pula fungsinya. Maka dari itu kita perlu menggunakan mata bor yang tidak hanya bagus tetapi bisa melubangi dasar apapun baik itu besi, kayu, beton dengan cepat dan mudah.

Berikut ini jenis-jenis mata bor dan fungsinya:

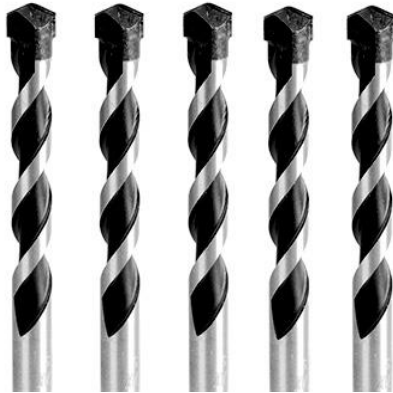
1. Twist Bits



Gambar 2.14 Mata bor Twist Bits

Mata bor twist bits gambar 2.14 merupakan mata bor yang paling banyak digunakan. Mata bor ini dapat digunakan pada mesin bor tangan dan mesin bor dudu, baik itu secara horizontal maupun vertikal. Mata bor twist bits digunakan untuk membuat lubang pada kayu, plastik dan logam. Ukuran yang tersedia yaitu 4 – 12 mm.

2. Masonry Bits



Gambar 2.15 Mata bor Masonry Bits

Mata bor Masonry Bits gambar 2.15 digunakan untuk membuat lubang pada tembok, beton dan batu. Pada ujung mata bor terdapat mata pisau. Mata bor ini terbuat dari bahan yang mempunyai karakteristik sangat keras, sebab penggunaan mata bor Masonry Bits ini selain berputar namun juga memukul. Tersedia dalam ukuran 4-15 mm.

3. Spur Bits

Mata bor Spur Bits gambar 2.16 dikenal dengan sebutan mata bor kayu. Pada bagian ujung mata bor ini terdapat bor runcing , dan pada bagian kelilingnya terdapat pisau pengiris. Ujung runcing pada mata bor ini berfungsi untuk menjaga mata bor supaya tetap lurus sehingga lubang yang dihasilkan presisi. Ukuran yang tersedia ialah 6-15 mm.



Gambar 2.16 Mata bor Spur Bits

4. Countersink Bits



Gambar 2.17 Mata bor Spur Bits

Mata bor Countersink bits gambar 2.17 digunakan untuk membuat lubang pada kayu untuk kepala sekrup supaya permukaan sama rata. Pada bagian ujung mata bor ini bersudut 90 derajat yang berfungsi untuk membuat lubang 45 derajat terhadap permukaan kayu.

5. Forster Bit



Gambar 2.18 Mata bor Forster Bits

Mata bor Forster Bit gambar 2.18 digunakan untuk membuat lubang engsel sendok. Mata bor ini sebaiknya dioperasikan dengan mesin bor duduk supaya lebih stabil. Jika dioperasikan dengan mesin bor tangan maka akan sangat sulit mengendalikan kestabilan posisi mata bor dan lubang yang dihasilkan pun kurang berkualitas.

Jual Mata Bor

6. Hole Saw Bits



Gambar 2.19 Mata bor Hole Saw Bits

Mata bor Hole Saw Bits gambar 2.18 disebut pula sebagai gergaji lubang sebab bentuk mata bor ini seperti gergaji dengan diameter yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Berdiameter sekitar 25-60mm.

7. Mata Bor Metal Standar



Gambar 2.20 Mata bor Metal Standar

Mata bor gambar 2.20 ini digunakan untuk mengebor plat besi, kuningan, aluminium, dan akrilik. Terdapat dua jenis yang tersedia di pasaran yaitu High Speed Steel (HSS) dan HSS-Co (Cobalt). HSS-Co lebih keras dari HSS, sehingga dalam penggunaannya lebih awet, dari segi harga tentu lebih mahal dari HSS.

8. Auger Bit

Mata bor gambar 2.21 ini digunakan untuk mengebor aneka jenis kayu ataupun material lunak lainnya. Diameternya lebih besar dari mata bor kayu standar. Mata bor ini berbentuk ulir tunggal atau single flute dan digunakan untuk mesin bor dengan putaran rendah.



Gambar 2.21 Mata bor Auger Bits

9. Flat Bit



Gambar 2.21 Mata bor Flat Bits

Mata bor gambar 2.21 ini sama seperti Mata Bor Auger Bit digunakan untuk pengeboran aneka jenis kayu dan material lunak lainnya. Hanya saja mata bor ini berbentuk pipih rata (flat). Mata bor Flat Bit biasa dioperasikan dengan bor tangan manual dengan putaran mesin sangat rendah, tidak disarankan menggunakan bor tangan listrik.

10. Hinge Boring Bit



Gambar 2.22 Mata bor Hinge Boring Bits

Mata bor pada gambar 2.22 ini digunakan untuk membuat lubang pada kayu atau material lunak lainnya. digunakan untuk membuat lubang dengan diameter cukup besar yang mana sudah tidak ada lagi kurang diameter pada mata bor kayu standar.

11. Chisel Bit



Gambar 2.23 Mata bor Chisel Bits

Mata bor Chisel Bit pada gambar 2.23 digunakan untuk membuat lubang berbentuk kotak pada material kayu. dioperasikan pada mesin Hollow Chisel Mortiser.

12. Mortiser Bit



Gambar 2.24 Mata bor Mortiser Bits

Mata bor Mortiser Bit pada gambar 2.24 digunakan untuk membuat lubang geser pada kayu, dioperasikan pada mesin Mortising.

13. Router Bit



Gambar 2.25 Mata bor Router Bits

Mata bor Router Bit pada gambar 2.25 digunakan untuk membuat aneka bentuk profile pada kayu atau material lunak lainnya, mata bor ini dioperasikan pada mesin Router atau Trimmer.

14. Mata Bor Kaca



Gambar 2.26 Mata bor Kaca

Mata bor pada gambar 2.26 ini digunakan untuk melubangi kaca. Bentuknya seperti tombak sehingga mata bor ini sering disebut sebagai mata bor tombak.

15. Hole Saw Metal

Mata bor Hole Saw Metal pada gambar 2.27 digunakan untuk membuat lubang pada metal dengan diameter tertentu, biasanya untuk diameter yang cukup besar.



Gambar 2.27 Mata bor Hole saw metal

16. Core Drill Bit



Gambar 2.28 Mata bor Hole saw metal

Mata bor Core Drill Bit pada gambar 2.28 serupa dengan mata bor Core Drill Bit, hanya saja digunakan untuk membuat lubang pada beton, dinding, marmer, granit dan jenis batuan lainnya dengan diameter tertentu, biasanya untuk diameter yang cukup besar.

2.3 Pemilihan Pahat Potong

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 pemuat utamanya. Unsur pemuat 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.

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:

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

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:

$$V_f = F_z \cdot N \cdot Z_n$$

Dimana:

- V_f = kecepatan pemakanan (mm/min)
 F_z = Kecepatan pemakanan pergigi (mm/tooth)
 Z_n = jumlah mata potong

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot V_f}{1000}$$

Dimana:

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

Contoh Cutting Data Tools

1. 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.

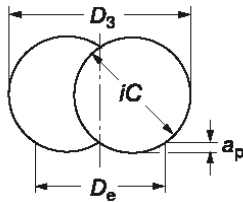
2. TEST pemesinan milling/frais

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

3. Calculation of true cutting speed in HSM applications



CoroMill 300

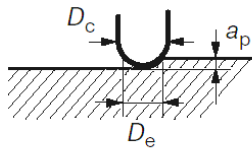
$$D_e = D_c - iC + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$$

CoroMill Ball nose

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

Effective cutting speed (v_e)

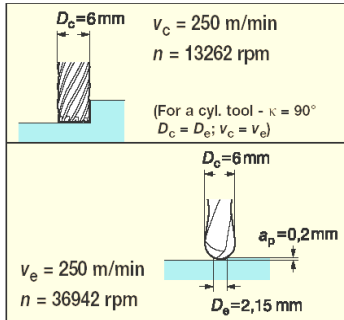
$$v_e = \frac{\pi \times n \times D_e}{1000} \quad \text{m/min}$$



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

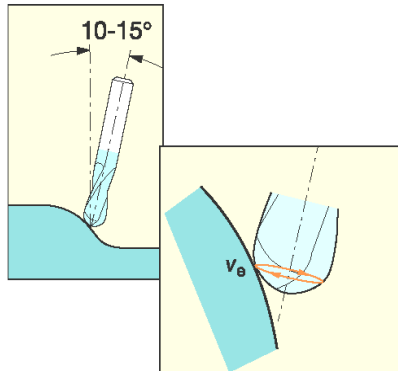
4. Calculation of true cutting data in die milling

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

5. 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)

6. Scallop Height w/Ball Nosed on an Incline

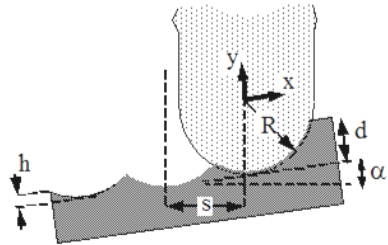
Edge of cutter described by

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

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 $y_1 = y_2 = y$

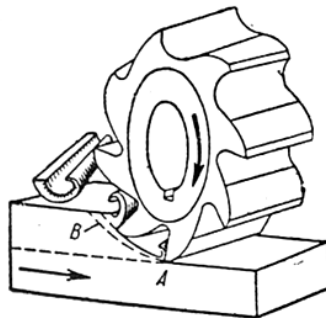


$$x = -\left(\frac{s}{2 \cdot \cos(\alpha)}\right) \quad y = -\sqrt{R^2 - \left(\frac{s}{2 \cdot \cos(\alpha)}\right)^2}$$

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

3.1 Strategi Up Cutting

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pahat pada gambar 3.1 berikut ini.

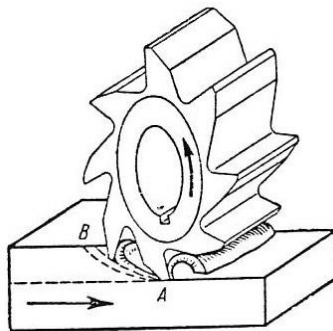


Gambar 3.1 Proses up cutting pada mesin frais

Frais naik biasanya disebut frais konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pahat berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais konvensional/ manual, karena pada mesin konvensional *backlash* ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi *backlash compensation*.

3.2 Strategi Down Cutting

Proses frais turun pada gambar 3.2 dinamakan juga *climb milling/down cutting*. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat kekanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi *backlash compensation*. Untuk mesin frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin frais akan tertekan dan ditarik oleh pahat.

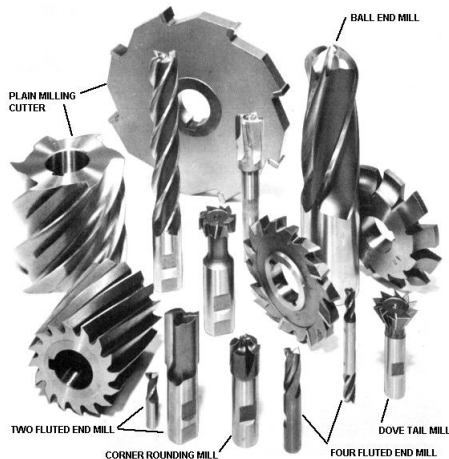


Gambar 3.2 Proses down cutting pada mesin frais

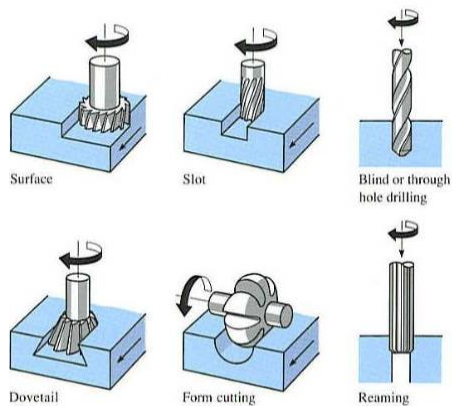
3.3 Strategi Any Cutting

Proses pemesinan dengan mesin frais merupakan proses penyayatan benda kerja yang sangat efektif, karena pahat frais memiliki sisi potong jamak. Apabila dibandingkan dengan pahat bubut, maka pahat frais analog dengan beberapa buah pahat bubut gambar 3.3. Pahat frais dapat melakukan penyayatan berbagai bentuk benda kerja, sesuai dengan pahat yang

digunakan. Proses meratakan bidang, membuat alur lebar sampai dengan membentuk alur tipis bisa dilakukan dengan mesin frais. Proses pengefraisan yang dilakukan pahat memotong kanan kiri atau *slotting* disebut juga *any cutting* pada gambar 3.4.



Gambar 3.3 Macam tools pada mesin frais



Gambar 3.4 Proses any cutting/slotting

3.4 Pemilihan Pendingin Pemotongan

Cairan pendingin digunakan pada pemotongan logam atau proses pemesinan untuk beberapa alasan, antara lain : untuk memperpanjang umur pahat, mengurangi deformasi benda kerja karena panas, meningkatkan kualitas permukaan hasil pemesinan, dan membersihkan beram dari permukaan potong. Cairan pendingin yang digunakan dapat dikategorikan dalam empat jenis :

1. Straight Oils (Minyak murni)
2. Soluble Oils
3. Semisynthetic fluids (Cairan semi sintetis)
4. Synthetic fluids (Cairan sintetis)

Minyak murni (Straight Oils) adalah minyak yang tidak dapat diemulsikan dan digunakan pada proses pemesinan dalam bentuk sudah diencerkan. Minyak ini terdiri dari bahan minyak mineral dasar atau minyak bumi, dan kadang mengandung pelumas yang lain seperti lemak, minyak tumbuhan, dan ester. Selain itu bisa juga ditambahkan aditif tekanan tinggi seperti Chlorine, Sulphur dan Phosporus. Minyak murni menghasilkan pelumasan terbaik , akan tetapi sifat pendinginannya paling jelek diantara cairan pendingin yang lain.

Minyak sintetik (Synthetic Fluids) tidak mengandung minyak bumi atau minyak mineral dan sebagai gantinya dibuat dari campuran organik dan inorganik alkaline bersama-sama dengan bahan penambah (additive) untuk penangkal korosi. Minyak ini biasanya digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya dengan rasio 3 sampai 10%). Minyak sintetik menghasilkan unjuk kerja pendinginan terbaik diantara semua cairan pendingin.

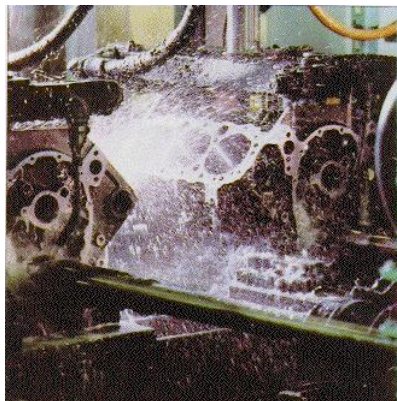
Soluble Oil akan membentuk emulsi ketika dicampur dengan air. Konsentrat mengandung minyak mineral dasar dan

pengemulsi untuk menstabilkan emulsi. Minyak ini digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya = 3 sampai 10%) dan unjuk kerja pelumasan dan penghantaran panasnya bagus. Minyak ini digunakan luas oleh industri pemesinan dan harganya lebih murah diantara cairan pendingin yang lain.

Cairan semi sintetis (Semi-synthetic fluids) adalah kombinasi antara minyak sintetis dan soluble Oil dan memiliki karakteristik kedua minyak pembentuknya. Harga dan unjuk kerja penghantaran panasnya terletak antara dua buah cairan pembentuknya tersebut.

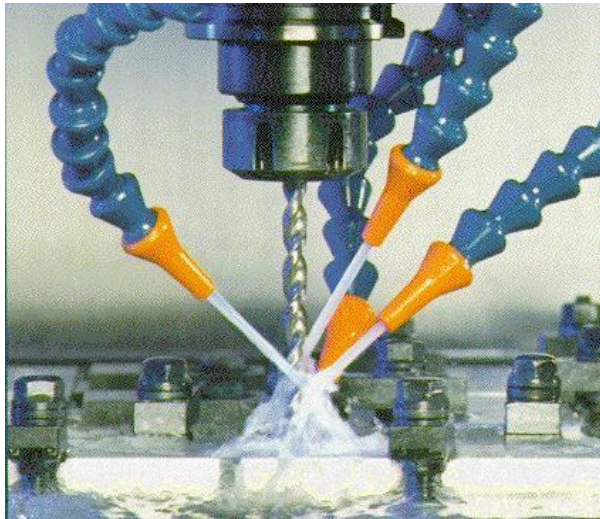
Cara pemberian cairan pendingin pada proses pemesinan adalah sebagai berikut :

1. Dibanjirkan ke benda kerja (Flood Application of Fluid), pada pemberian cairan pendingin ini seluruh benda kerja di sekitar proses pemotongan dibanjiri dengan cairan pendingin melalui saluran cairan pendingin yang jumlahnya lebih dari satu gambar 3.5.



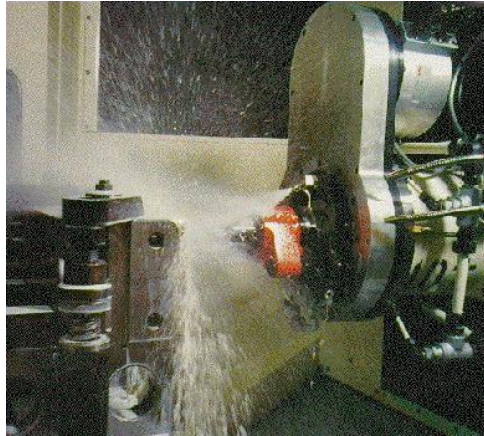
Gambar 3.5 Pemberian cairan pendingin dengan cara dibanjiri cairan pendingin pada benda kerja.

2. Disemprotkan (Jet Application of Fluid), pada proses pendinginan dengan cara ini cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan (pertemuan antara pahat dan benda kerja yang terpotong). Sistem pendinginan benda kerja adalah dengan cara menampung cairan pendingin dalam suatu tangki yang dilengkapi dengan pompa yang dilengkapi filter pada pipa penyedotnya. Pipa keluar pompa disalurkan melalui pipa/selang yang berakhir di beberapa selang keluaran yang fleksibel gambar 3.6. Cairan pendingin yang sudah digunakan disaring dengan filter pada meja mesin kemudian dialirkan ke tangki penampung.



Gambar 3.6 Cara pendinginan dengan cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan pada proses pembuatan lubang.

3. Dikabutkan (Mist Application of Fluid), pemberian cairan pendingin dengan cara ini cairan pendingin dikabutkan dengan menggunakan semprotan udara dan kabutnya langsung diarahkan ke daerah pemotongan gambar 3.7.



Gambar 3.7 Pemberian cairan pendingin dengan cara mengabutkan cairan pendingin.

4.1 CNC Milling

CNC merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem mekanik dan kontrol berbasis komputer pada gambar 4.1 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.



Gambar 4.1 Mesin CNC Milling

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 Servomechanism MIT.

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 dudukkan 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:

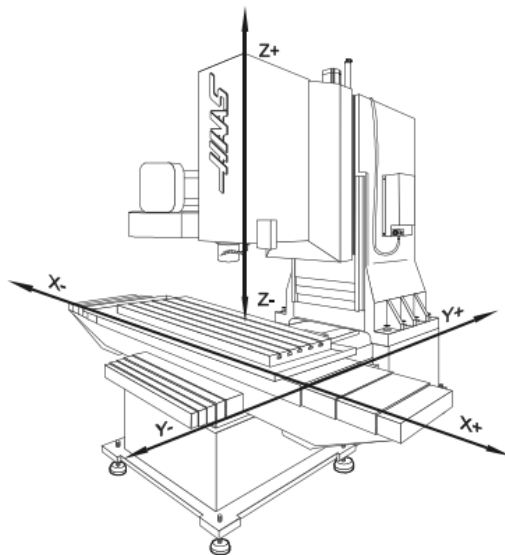
- a. Mesin *CNC 2A* yaitu mesin *CNC* 2 aksis, karena gerak pahatnya hanya pada arah dua sumbu koordinat (aksis)

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 ke arah sumbu koordinat X, Y, dan Z, atau dikenal dengan mesin frais *CNC*.
- c. Mesin *CNC* kombinasi, yaitu mesin *CNC* yang mampu mengerjakan pekerjaan bubut dan frais 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).

Berikut adalah komponen – komponen mesin cnc milling:

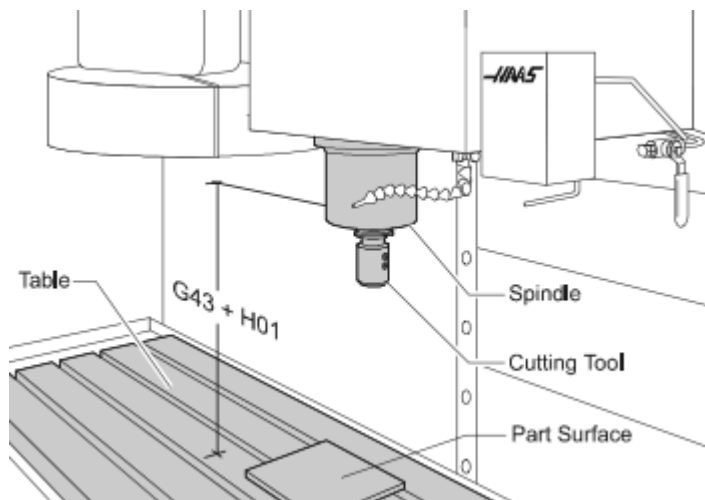
1. Meja Mesin



Gambar 4.2 Meja Mesin CNC Milling

Mesin *milling* CNC bisa bergerak dalam 2 sumbu yaitu sumbu X dan sumbu Y pada gambar 4.2. 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 4.3 *Spindle* mesin

Spindle mesin pada gambar 4.3 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 4.4 *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 4.4 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 4.5 Monitor

Pada bagian depan mesin terdapat monitor pada gambar 4.5 yang menampilkan data-data mesin mulai dari setting parameter, posisi koordinat benda, pesan error, dan lain-lain.

5. *Panel Control*



Gambar 4.6 Panel control

Panel control pada gambar 4.6 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 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Coolant house

7. Tombol pada panel kontrol

Panel kontrol pada gambar 4.8 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



Gambar 4.8 Panel Kontrol

4.2 CNC Bubut

Mesin Bubut CNC pada gambar 4.9 merupakan salah satu dari dua jenis mesin CNC, disamping mesin frais CNC. Mesin CNC (Computer Numerically Controlled) mulai dikembangkan pada tahun 1952 oleh seorang profesor dari Institut Teknologi Massachusetts yang bernama John Pearson atas nama Angkatan Udara Amerika Serikat. Proyek mesin CNC tersebut semula dipergunakan untuk membuat benda kerja khusus yang rumit. Awalnya masih sedikit perusahaan yang berani berinvestasi untuk menggunakan teknologi ini karena mesin CNC membutuhkan biaya dan volume pengendali yang tinggi. Baru mulai tahun 1975 produksi mesin CNC berkembang cukup pesat setelah dipacu

dengan mikroprosesor yang membuat volume unit pengendali menjadi lebih ringkas.



Gambar 4.9 Mesin CNC Bubut

Mesin Bubut CNC merupakan sistem otomatisasi mesin bubut yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram melalui software secara abstrak dan disimpan di media penyimpanan atau storage. Beda dari mesin bubut biasa, mesin bubut CNC memiliki perangkat tambahan motor yang akan menggerakkan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukkan ke dalam sistem oleh perekam kertas. Perpaduan antara servo motor dan mekanis yang digantikan dengan sistem analog dan kemudian sistem digital menciptakan mesin bubut modern berbasis CNC.

4.2.1 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC

1. Program CNC dibuat oleh programmer sesuai dengan produk yang akan dibuat dengan cara manual atau pengetikan langsung pada mesin CNC maupun dengan

menggunakan komputer yang telah diinstall software pemrograman CNC.

2. Program CNC yang telah dibuat dikenal dengan nama G-Code, akan dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin bubut CNC sehingga menghasilkan pengaturan motor servo pada mesin untuk menggerakkan alat pahat melalui proses permesinan sampai menghasilkan benda kerja sesuai program.

4.2.2 Pemrograman Mesin CNC

Pemrograman adalah suatu urutan perintah yang disusun secara rinci tiap blok per blok untuk memberikan masukan mesin perkakas CNC tentang apa yang harus dikerjakan. Untuk menyusun pemrograman pada mesin CNC diperlukan hal-hal berikut. Metode Pemrograman. Metode pemrograman dalam mesin CNC ada dua, yaitu:

1) Metode Incremental

Adalah suatu metode pemrograman dimana titik referensinya selalu berubah, yaitu titik terakhir yang dituju menjadi titik referensi baru untuk ukuran berikutnya. Sebelum mempelajari sistem penyusunan program terlebih dahulu harus memahami betul sistem persumbuan mesin bubut CNC-TU2A. Ilustrasi Gambar di bawah ini adalah skema eretan melintang dan eretan memanjang, di mana mesin dapat diperintah bergerak sesuai program.

2) Metode Absolut

Adalah suatu metode pemrograman di mana titik referensinya selalu tetap yaitu satu titik / tempat dijadikan referensi untuk semua ukuran.

4.2.3 Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman adalah format perintah dalam satu blok dengan menggunakan kode huruf, angka, dan simbol. Di

dalam mesin perkakas CNC terdapat perangkat komputer yang disebut dengan Machine Control Unit (MCU). MCU ini berfungsi menterjemahkan bahasa kode ke dalam bentuk-bentuk gerakan persumbuan sesuai bentuk benda kerja. Kode-kode bahasa dalam mesin perkakas CNC dikenal dengan kode G dan M, di mana kode-kode tersebut sudah distandarkan oleh ISO atau badan Internasional lainnya. Dalam aplikasi kode huruf, angka, dan simbol pada mesin perkakas CNC bermacam-macam tergantung sistem kontrol dan tipe mesin yang dipakai, tetapi secara prinsip sama.

Sehingga untuk pengoperasian mesin perkakas CNC dengan tipe yang berbeda tidak akan ada perbedaan yang berarti. Misal: mesin perkakas CNC dengan sistem kontrol EMCO, kode-kodenya dimasukkan ke dalam standar DIN. Dengan bahasa kode ini dapat berfungsi sebagai media komunikasi antarmesin dan operator, yakni untuk memberikan operasi data kepada mesin untuk dipahami. Untuk memasukkan data program ke dalam memori mesin dapat dilakukan dengan keyboard atau perangkat lain (disket, kaset, dan melalui kabel RS-232).

4.3 CNC Non Konvensional Machining

4.3.1 CNC Mesin Wire Cut

Proses permesinan wire cut pada gambar 4.10 merupakan proses permesinan dengan menggunakan proses erosi yang dihasilkan dari perbedaan potensial lewat sebuah kawat. Elektrodanya adalah sebuah kawat gulungan yang terus berputar dan berganti selama proses permesinan berlangsung. Selama proses erosi, kawat selalu berganti dan berputar agar pada setiap erosi kawat yang digunakan selalu baru dan tidak putus. Kawat yang digunakan bisa terbuat dari tembaga, brass, zink, dll.



Gambar 4.10 Mesin Wire Cut

Terdapat 5 fungsi gerakan pada mesin wire cut, yaitu :

1. Fungsi central control.

Fungsi ini mengatur komunikasi antara operator dengan mesin serta berbagai macam elemen pada mesin/cabinet. Fungsi ini terdiri dari :

- ✓ Central unit
- ✓ Central memori
- ✓ Disk drive
- ✓ Keyboard dan screen
- ✓ Pilihan komunikasi
- ✓ Power supply mesin
- ✓ Remote penggerak axis

2. Fungsi dielektrikum

Yaitu sebagai media terjadinya proses lompatan listrik akibat perbedaan potensial.

3. Fungsi posisi

Fungsi ini mengatur pergerakan mesin baik secara manual maupun otomatis. Terdapat 5 axis, yaitu : X, Y, Z, U, dan V.

4. Fungsi pergerakan kawat

Fungsi ini berhubungan dengan gerakan kawat pada saat proses machining.

5. Fungsi erosi

Fungsi erosi adalah fungsi primer dari mesin Wire Cut. Fungsi ini memberikan lompatan bunga api yang diperlukan proses machining. Secara visual terdiri dari :

- ✓ Panel yang mengontrol generator
- ✓ Kabel pensuplai arus pada kawat
- ✓ Kabel head yang terletak pada cabinet
- ✓ Kabel ground
- ✓ Upper and Lower Contact

4.3.2 CNC EDM (Electric Discharge Machine)

EDM pada gambar 4.11 adalah proses erosi dengan menggunakan elektroda yang berprofil, yang diinginkan umumnya adalah bentukan benda kerja sesuai dengan bentukan elektrodanya, walaupun berbeda halnya jika diterapkan dengan system planetar. Elektroda yang digunakan bermacam-macam, bisa dari tembaga dan juga dari grafit. Proses permesinannya, elektroda bergerak seakan-akan masuk atau menekan kedalam benda kerja.

Dalam proses EDM dikenal juga proses roughing dan finishing serta elektrodanya. Karena dalam kenyataannya, setiap pemakanan yang terjadi akan mengurangi benda kerja itu sendiri,

begitu juga dengan elektrodanya juga akan ikut berkurang. Ukuran elektroda yang digunakan lebih kecil dari yang diinginkan. Misalnya, untuk \varnothing 5, digunakan elektroda yang \varnothing 4,8. kemudian dimasukkan kedalam parameter.



Gambar 4.11 Mesin Edm

Keuntungan EDM:

- ✓ Baja yang sudah dikeraskan tidak dapat dikerjakan dengan pekerjaan biasa, dapat dikerjakan dengan mesin EDM
- ✓ Jika parameter-parameter ditentukan dengan tepat, ratio pengambilan material pada benda kerja mencapai 99,5%, sedangkan keausanelektroda hanya 0,5%.

Pada mesin EDM, dielektrikurnya adalah oli encer, karena tingkat erosi dan perbedaan potensialnya jauh lebih tinggi dari pada mesin wire cut. Dielektrikum pada EDM hendaknya memenuhi beberapa syarat :

- ✓ Aman terhadap operator, tidak merusak kulit, tidak menghasilkan asap, ataupun bau.
- ✓ Tidak mengganggu kinerja mesin
- ✓ Mendukung pemakanan material banyak, dan tingkat keausan elektroda kecil
- ✓ Dapat disaring
- ✓ Awet (mutunya tidak mudah turun)

Produk yang dianjurkan oleh Dieter-Hansen adalah Dielektrikum IM-E 82 dari Firma Oelheld, Stuttgart; karena memenuhi semua persyaratan yang dituntut diatas. Sejumlah dielektrikum akan menguap, namun uap tersebut bersifat netral. Mereka tidak menjamin optimalisasi kinerja proses jika tidak menggunakan dielektrikum tersebut.

Erosi Planetar EDM, keuntungannya :

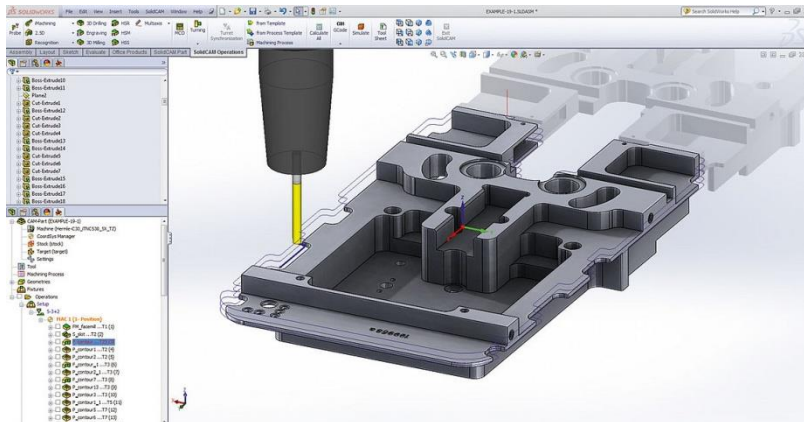
- ✓ Kontur elektroda menjadi sederhana
- ✓ Penghematan elektroda
- ✓ Ada kemungkinan koreksi jika elektroda tidak tepat ukurannya
- ✓ Pembersihan celah buna api dapat dilakukan dengan lebih baik
- ✓ Memungkinkan pembuatan ulir dan undercut dalam
- ✓ Memungkinkan erosi linear 3 dimensi

5.1 Solidcam 2.5D Milling

SolidCAM diciptakan untuk mempermudah pemrograman 2.5D, tepat pada sistem CAD. Penampilan *SolidCAM* terlihat mirip dengan sistem CAD pada *SolidWorks*. Pemrograman 2.5D *SolidCAM* memiliki fitur *profiling*, *pocketing* dan *drilling* yang sangat dominan, selain itu *2.5D Milling* juga memiliki fitur:

- Pemilihan geometri yang sederhana menggunakan sketsa CAD, pengenalan fitur otomatis dan fungsi berantai (*offsetting*, *trimming*, *extension*) mempermudah pengeditan geometri tanpa merubah model CAD
- Bekerja secara langsung pada **part**, **assembly** dan sketsa geometri untuk *menentukan* operasi mesin CNC
- **Chamfering**, menggunakan geometri yang sama pada operasi *Profil* atau *Pocket*
- Operasi **Thread Milling** (ulir) untuk machining internal dan eksternal
- Operasi Khusus untuk slot sisi pemesinan dengan undercut oleh **T-slot**
- **3D Contouring** untuk menggerakkan tool sepanjang kurva 3D, memotong bagian dalam yang berbeda
- Kemampuan lebih mudah memprogram 2.5D secara komprehensif dan grafi yang intensif.

Proses simulasi pemesinan 2.5D Milling dapat dilihat pada **Gambar 5.1** berikut ini.

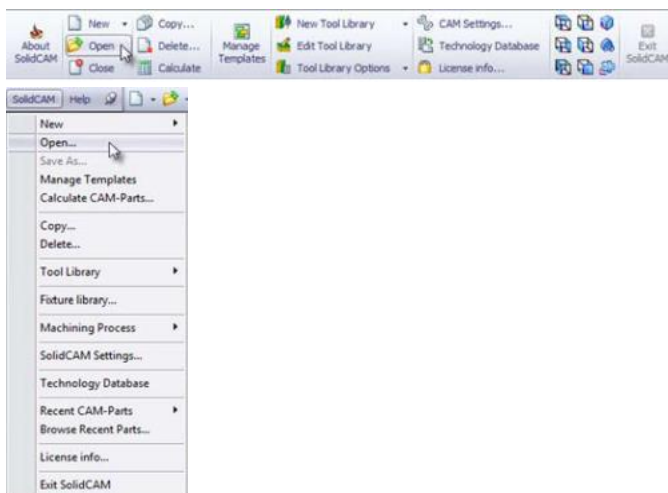


Gambar 5.1 View program 2.5D milling

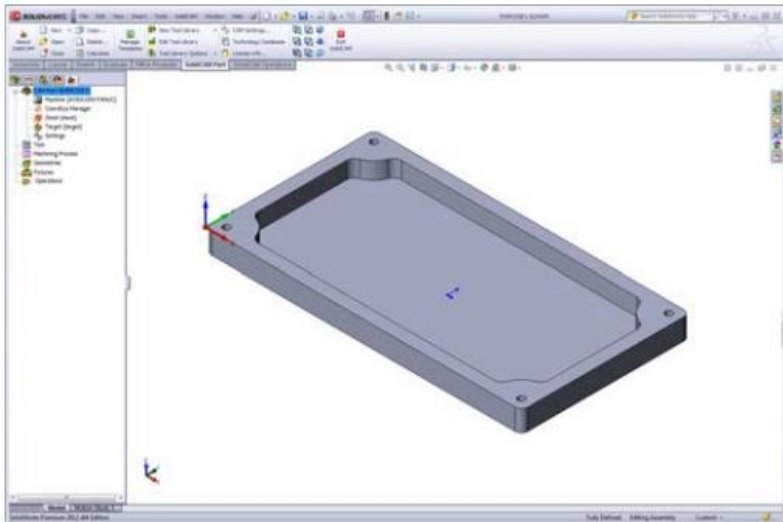
Pemrograman ini dicontohkan dengan menggunakan CAM-Part dengan nama Cover Machining. Operasi 2.5D yang digunakan adalah face milling. Langkah-langkah proses yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Open the CAM-Part

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

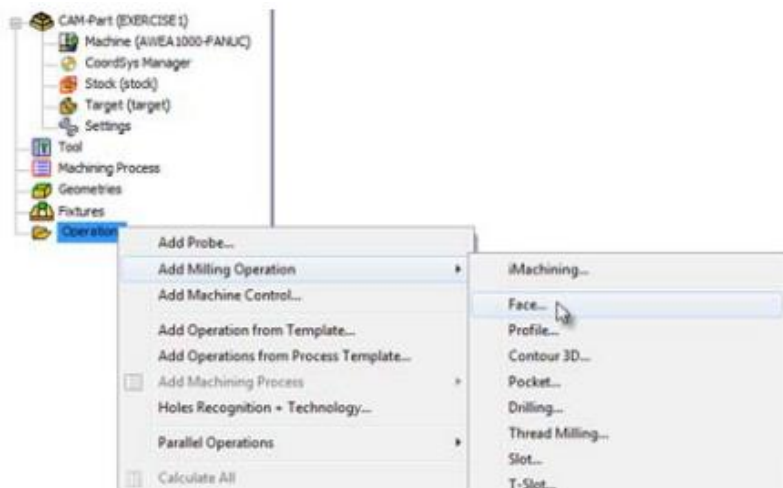


Pada browser window, pilih Exercise1–the CAM-Part prepared in the previous exercise. The CAM-Part is loaded.

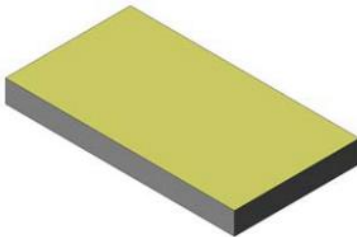
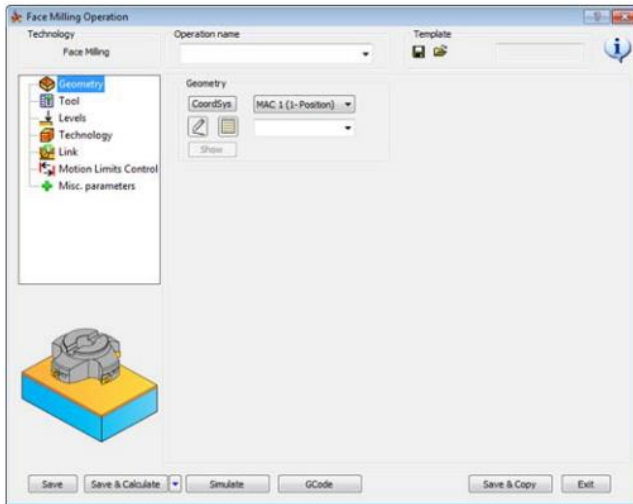


b. Operasi Face Milling

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

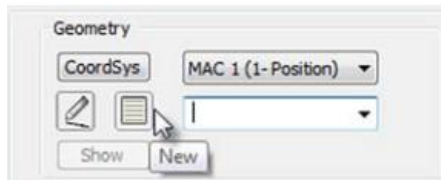


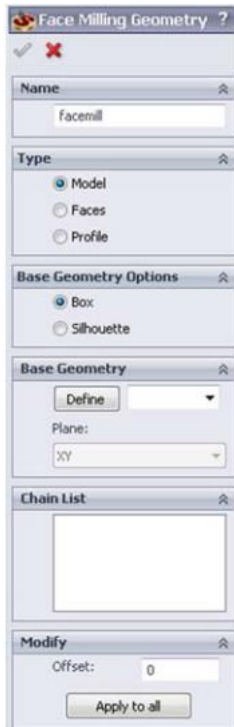
Kemudian muncul tampilan kotak dialog The Face Milling Operation. Pengoperasiannya pada permukaan atas benda kerja.



c. Geometri Face Milling

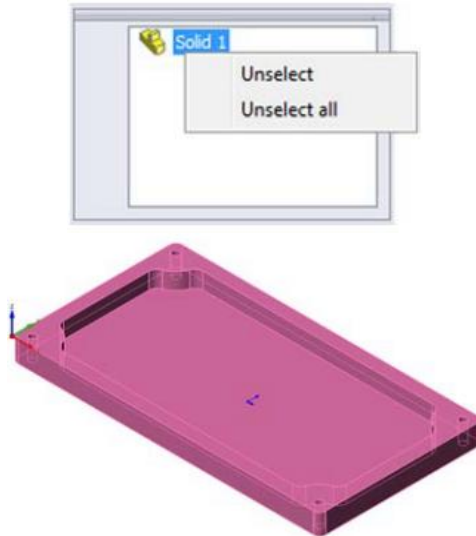
Klik tombol New (📄) pada Geometry. Kemudian muncul kotak dialog The Face Milling Geometry.





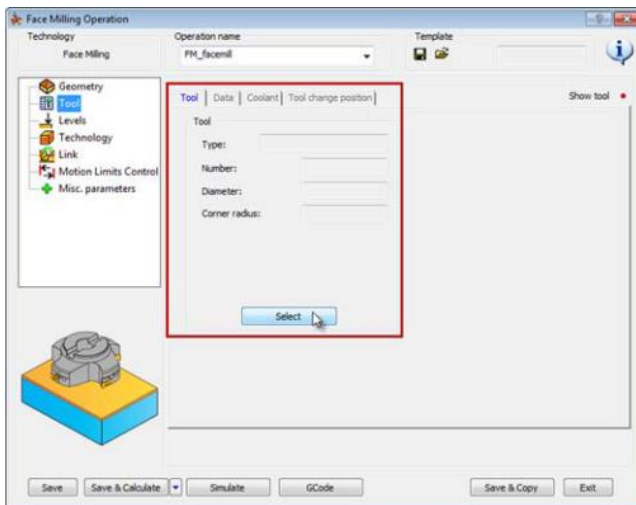
Pada bagian Type, gunakan opsi Model untuk menentukan geometri Face Milling. Klik tombol Define. Kemudian muncul kotak dialog The 3D Geometry.

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

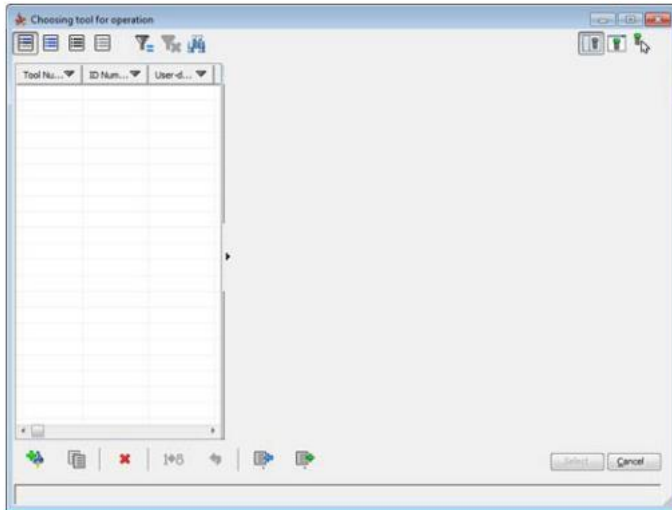



d. Jenis Alat (Tool)

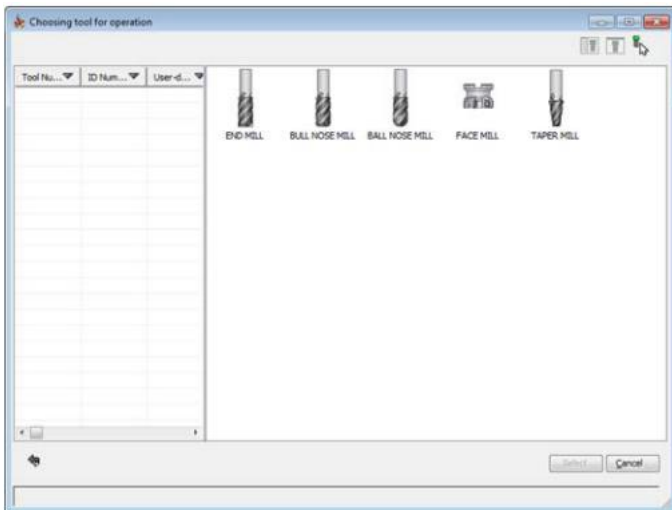
Pilih Tool pada kotak dialog Face Milling Operation. Mulai mendefinisikan tool tekan tombol Select.



Pilih Tool for operasi simulasi.



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

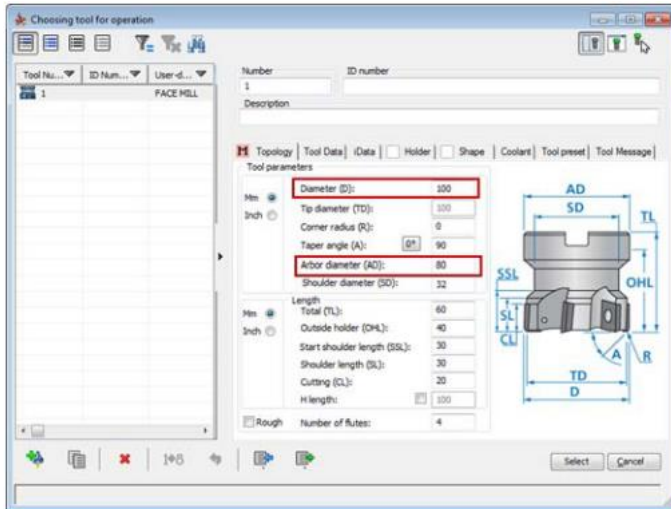


Pilih tool Face mill.

Dalam new pane, tentukan ukuran parameters:

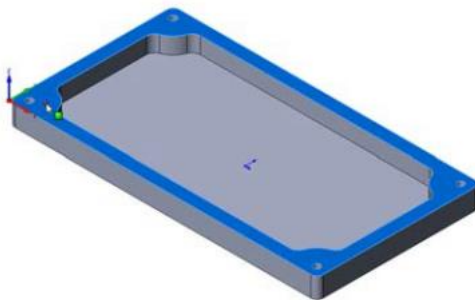
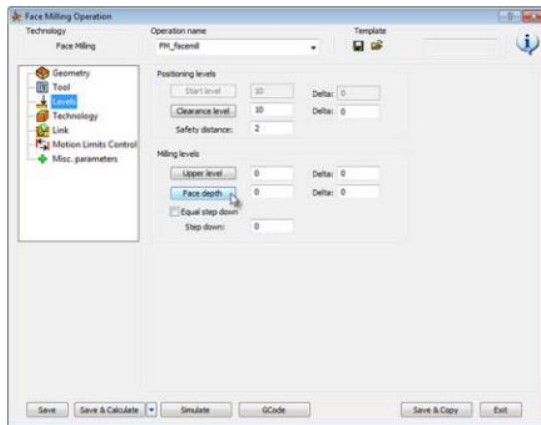
- Set the Diameter to 80;
- Set the Arbor Diameter to 100.

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

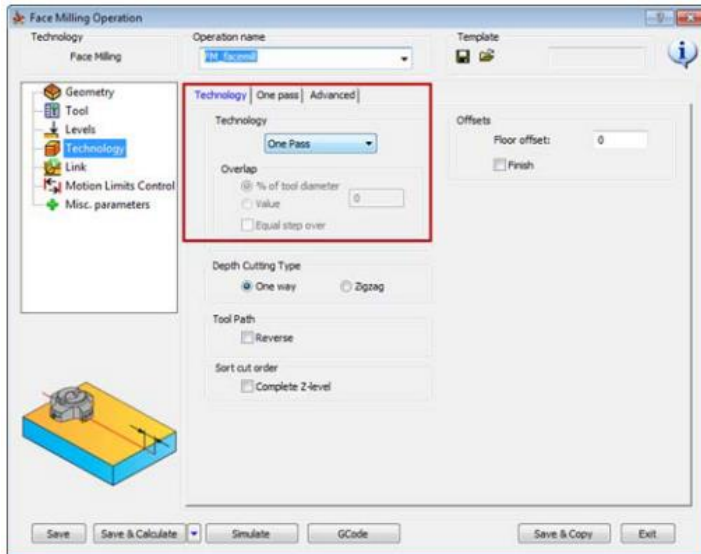


e. Menentukan the Face depth (Kedalaman Pemakanan)

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.

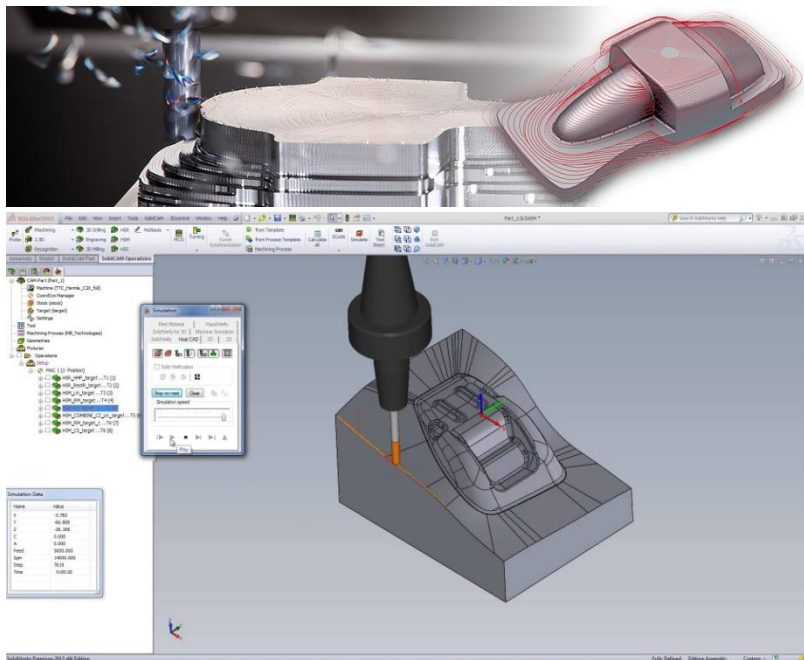
h. Simulate

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.

5.2 Tutorial 3D Milling


3D Milling dalam *SolidCAM* memungkinkan pengguna untuk dapat menyelesaikan proses pemesinan benda 3D secara mudah dan efisien menggunakan satu jenis operasi saja. Pengguna dapat menggunakan Operasi *3D Milling* untuk mengerjakan benda kerja dengan tingkat ketinggian permukaan yang bervariasi. Contoh benda 3D yang dapat disimulasikan dengan *3D Milling* dapat dilihat pada **Gambar 5.2**

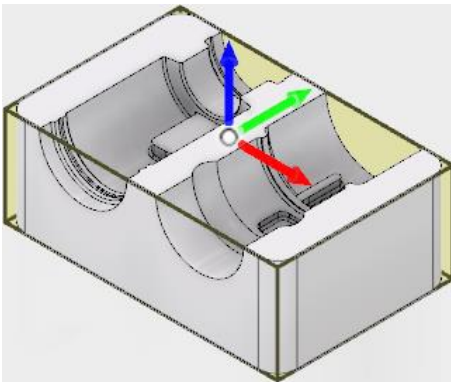
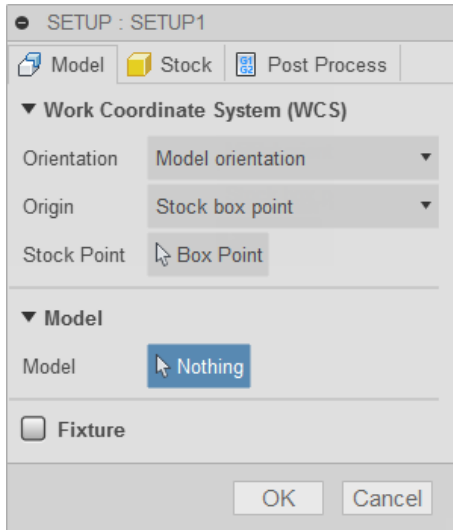


Gambar 5.2 View program 3D milling

Begin the tutorial by creating a *Setup*. A setup defines a number of general properties for a set of machining operations - including the Work Coordinate System (WCS), the stock geometry, fixtures, and the machining surfaces. Remember that if you do not

create a setup manually before adding your first operation, a setup with default parameters is created for you automatically.

1. Click CAM workspace ► Setup panel ► New Setup  to display the **Setup** dialog box.

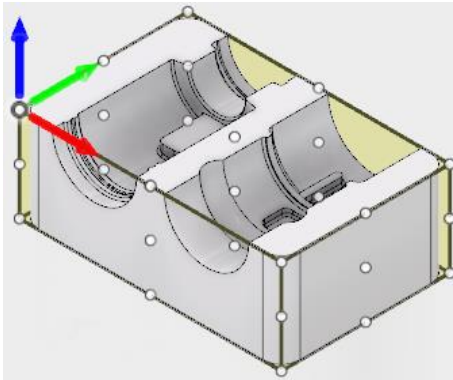


The **Setup** operations dialog box appears with the **Model** tab active

Set the Work Coordinate System (WCS) Origin

In the graphics window, the stock material is created automatically around the bounding box of the part. The model orientation is shown by the WCS at the top of the part. The XYZ orientation is correct, but the WCS origin needs to be redefined.

1. In the **Work Coordinate System (WCS)** group, select *Stock box point* from the **Origin** drop-down menu.
2. Click the **Stock Point** button and select the point (represented by a white dot) at the lower-left corner at the top of the stock.

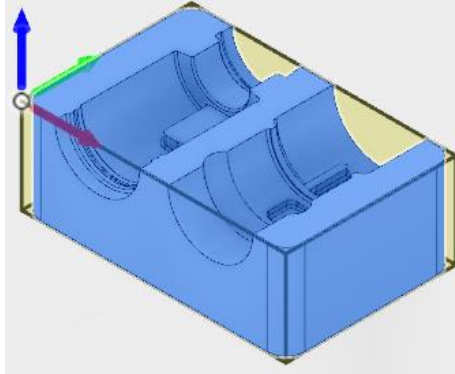


The WCS is located on the **Stock Point** at the lower-left corner at the top of the stock

Define the Model Surfaces

Although defining the machining surfaces is not strictly necessary, we do it here as an exercise for more complicated setups.

1. In the **Model** group, click the **Model** button.
2. Click the model within the stock, to select the part as the machining surfaces.



Selecting the model within the bounding box


Define the Stock

Defining the stock on a simple example like this is not strictly necessary since CAM can use the *Relative size box* mode default settings as the bounding box of the model. Defining the stock to match that actually used on the machine does, however, make the stock simulation more accurate.

Important: On machining assemblies with multiple parts and/or fixtures in the assembly, this exercise will prove useful.

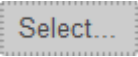
1. Click the **Stock** tab.
2. From the **Mode** drop down menu, select *Relative size box*.
3. From the **Stock Offset Mode** drop down menu, select *Add stock to sides and top-bottom*.
4. Change **Stock Side Offset** to: 0 mm
5. Change **Stock Top Offset** to: 1 mm
6. Change **Stock Bottom Offset** to: 1 mm
7. Finally, click **OK** at the bottom of the **Setup** dialog box, or right-click in the graphics window and select **OK** from the marking menu, to exit the setup procedure.

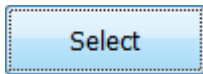
Start with a facing operation to clear the top face of the stock.
The machining begins with a facing operation to clear the top face of the stock and ensure that it is completely flat.

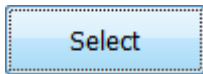
1. On the ribbon, click CAM workspace > 2D panel > Face 



Tool tab

1. On the **Tool** tab, click .
2. From the **Sample Libraries > Tutorial** tool library, select tool #1 - **Ø50 mm face**.



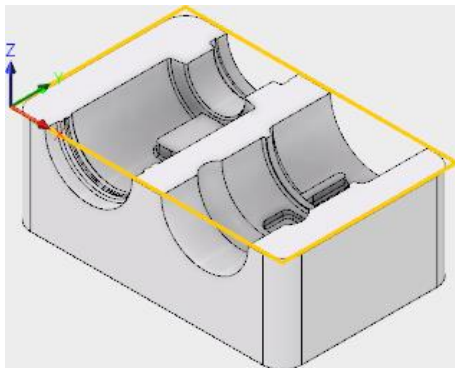
3. Click  to close the **Tool Library** dialog.



Geometry tab

1. Click the **Geometry** tab.

The **Face** strategy automatically detects the size of the stock as defined in the Setup. The stock profile is shown as an orange outline on the part.



Automatically detected stock size



Passes tab

The parameters on the **Passes** tab control how the actual facing toolpath is laid out. When the 50 mm tool was selected, the **Stepover** and **Pass Extension** parameters were automatically updated to reflect the new tool diameter.

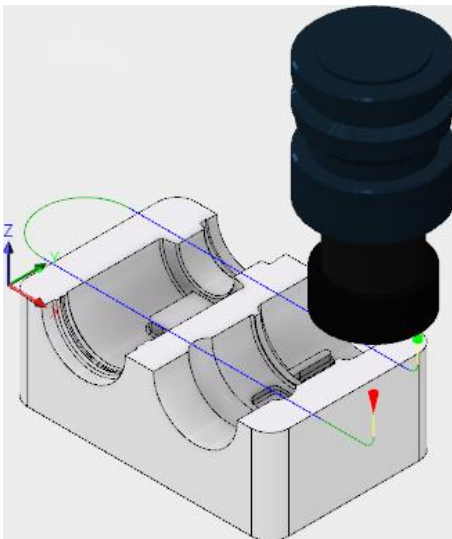
Leave the parameters at their defaults, except the **Pass Extension** value which can be increased. This parameter specifies the distance to extend the passes beyond the machining boundary.

1. Click the **Passes** tab.
2. Change **Pass Extension** to: 5 mm

Start the Calculation

1. Click **OK** at the bottom of the **Operation** dialog box, or right-click in the graphics window and select **OK** from the marking menu, to automatically start calculating the toolpath.

The toolpath is now calculated and a preview appears in the graphics window.



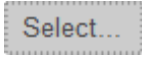
Run a contouring toolpath along the outer edges.

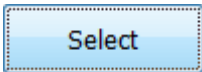
Next, run a contouring toolpath along the outer edges of the part to create the rounded corners and to finish the walls properly.

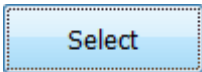
1. On the ribbon, click CAM workspace ► 2D panel ► 2D Contour



Tool tab

1. On the **Tool** tab, click the  button to open the **Tool Library** dialog box.
2. From the **Sample Libraries > Tutorial** tool library, select tool #2 - **Ø16 mm flat**.



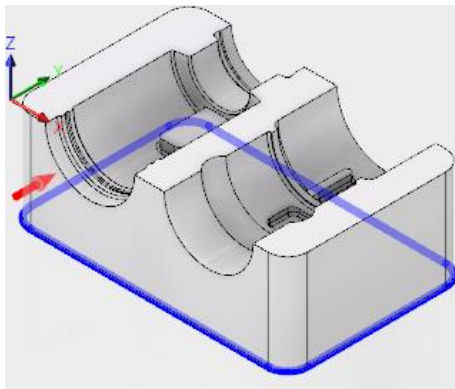
3. Click  to close the **Tool Library** dialog.



Geometry tab

To machine around the outside profile of the part, select a chain of edges from the model.

1. Click the **Geometry** tab. The **Contour Selections** button should be active.
2. Select the bottom front edge on the model. Notice that CAM automatically creates a chain around the part.



3. If the direction arrow does not appear as shown, click the arrow to reverse the toolpath direction.



Heights tab

Since the setup stock is set to have a 1 mm Z offset, the contouring toolpath must go below the height of the selected geometry.

1. Click the **Heights** tab. A preview of the heights is shown.
2. From the **Bottom Height** drop-down menu, choose *Selected contour(s)*.
3. Change **Offset:** to: -2 mm

Notice that the preview plane moves in the graphics window.

Tip: Observe that the various heights can also be adjusted using the mini-toolbar. Simply click the heights plane you wish to change and dynamically drag the arrow manipulator to the value you want. You can also enter the value directly in the mini-toolbar text field.




Passes tab

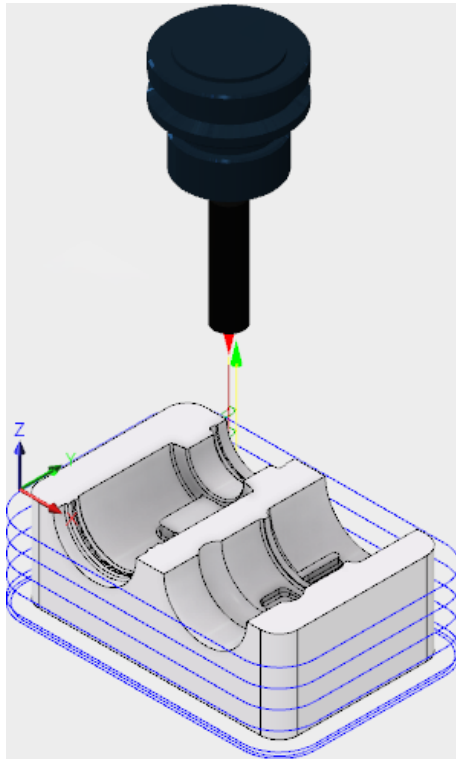
To machine the contour in steps of 10 mm, set these parameters:

1. Click the **Passes** tab.
2. Enable the **Roughing Passes** check box.
3. Enable the **Multiple Depths** check box.
4. Change **Maximum Roughing Stepdown** to: 10 mm
5. Enable the **Finish Only at Final Depth** check box.

Start the Calculation

1. Click  at the bottom of the **Operation** dialog box, or right-click in the graphics window and select **OK** from the marking menu, to automatically start calculating the toolpath.

The toolpath is now calculated and a preview appears in the graphics window.



Use the **Adaptive Clearing** strategy to rough out the bulk of material. Adaptive clearing is a modern HSM (High Speed Machining) strategy designed for roughing on modern machines capable of running complex NC files at high speeds.

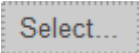
The defining parameters in **Adaptive Clearing** are the **Optimal Load** and **Stepdown** settings. Traditional roughing strategies require you to set the load (or stepover) and stepdown for the worst case scenario. Adaptive clearing allows you to use the recommended maximum values provided by your tool vendor. This is possible since the specified *Maximum Load* is guaranteed not to be exceeded.

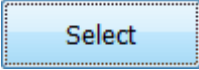
Note: The Maximum Load is the Optimal Load + the Load Deviation.

1. On the ribbon, click CAM workspace ► 3D panel ► Adaptive

Clearing  .

Tool tab


1. Click  to open the **Tool Library**.
2. From the **Sample Libraries > Tutorial** tool library, select **#11 - Ø10 R1 mm bullnose**.

3. Click  to close the **Tool Library** dialog.

Geometry tab

By default, the **Adaptive Clearing** strategy does rest machining from the setup stock. Some of the stock has been removed from the previous operations; so to avoid having the adaptive clearing strategy remove the same material, we need to specify that rest machining should take the previous operations into account.

1. Click the **Geometry** tab.
2. From the **Source** drop-down menu in the **Rest Machining** group, select *From previous operation(s)*.

3. Leave the other settings on this tab unchanged.  **Passes tab.**

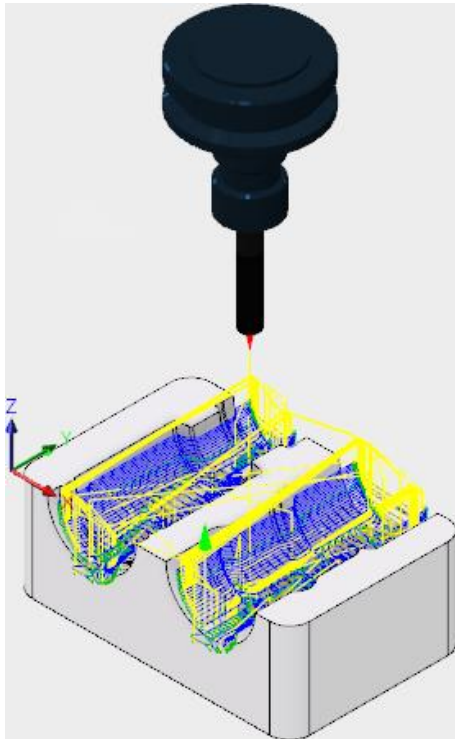
The parameters in this group control the adaptive clearing passes. In this exercise, the default parameters work well. Generally, however, you will need to look up the values for the stepdown and load parameters in your tool catalog.

The **Stock to Leave** parameter controls the amount of material to leave in the radial (XY-plane) and axial (along the Z-

axis) directions. The default values of 0.5 mm are suitable for this example, so leave them unchanged.

Start the Calculation


1. Click **OK**, or right-click in the graphics window and select **OK** from the marking menu, to exit **Adaptive Clearing** and create the toolpath.



Post process all toolpaths to make the NC-code.

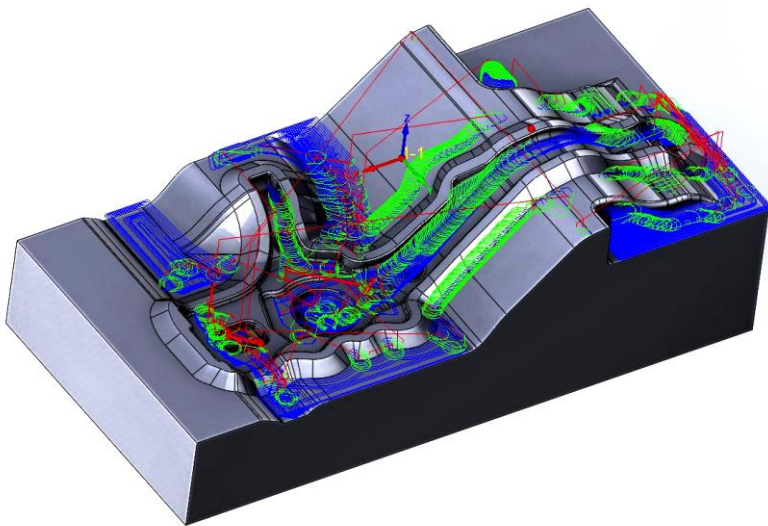
You can now post process all toolpaths to make the NC-code used by the machine tool.

1. Right-click on **Setup1** at the top of the **CAM Browser**.

2. Select **Post Process** from the pop-up context menu to open the **Post Process** dialog box.
3. As you did in previous tutorials, select the desired post processor configuration, program name/number, and location.
4. When you have finished making your selections, click the  button to generate the CNC program file. By default, **NC Editor** opens where you can view and edit the program code.

5.3 Tutorial HSR Milling

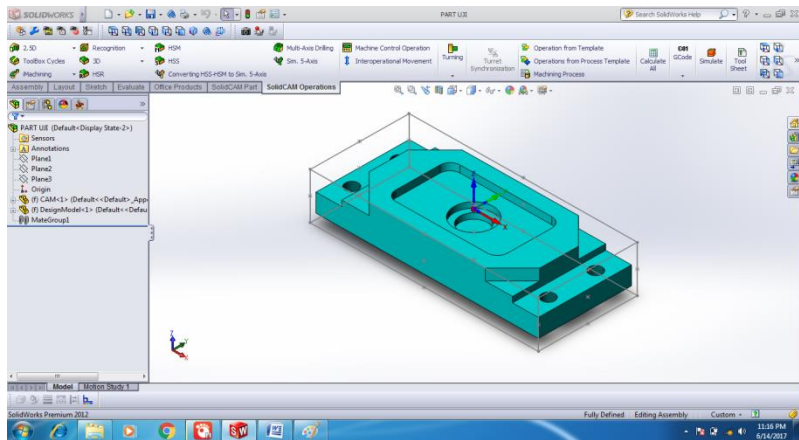
Berbeda dengan *software CAM* lainnya, untuk melakukan proses pemesinan benda kerja dengan bentuk kontur yang detail dan rumit *SolidCAM* menyediakan fitur *HSR (High Speed Roughing) Milling*. Dengan menggunakan sistem operasi *HSR Milling*, proses *roughing* benda kerja dapat disimulasikan dengan sangat detail sebelum melakukan proses *finishing* seperti yang ditunjukkan pada



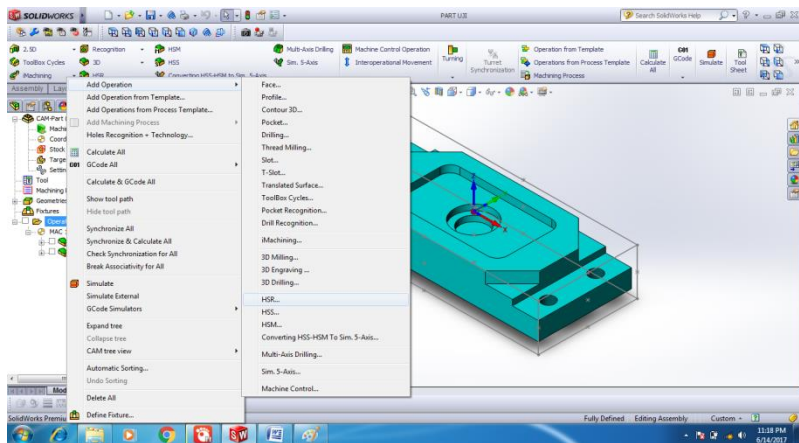
Gambar5.3 View program HSR milling

Langkah-langkah Program HSR SolidCAM :

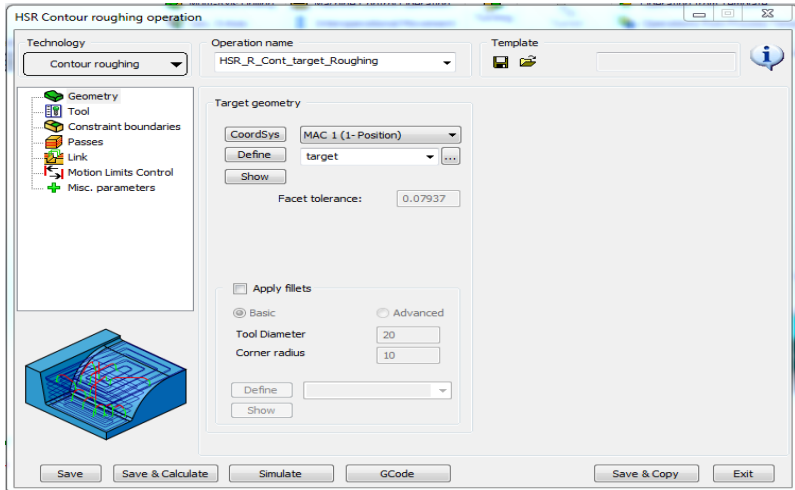
1. Jalankan program simulasi CNC dengan benda kerjanya pada SolidWorks.



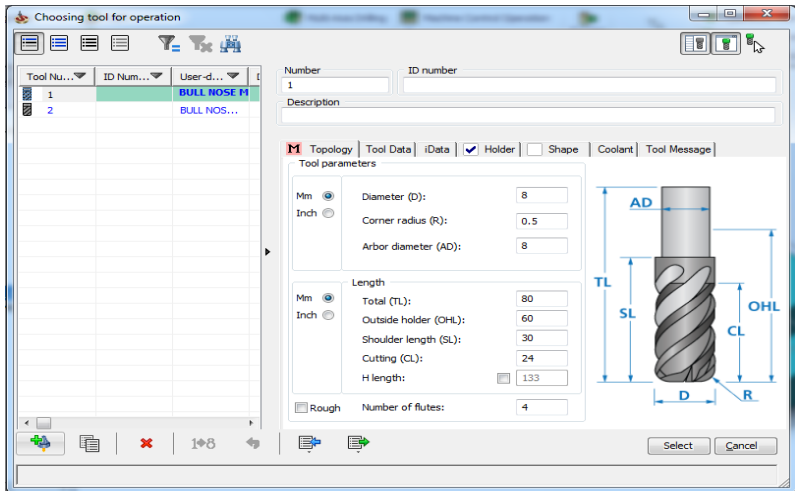
2. Klik kanan menu **Operations** pilih **Add Operations** lalu **HSR**.



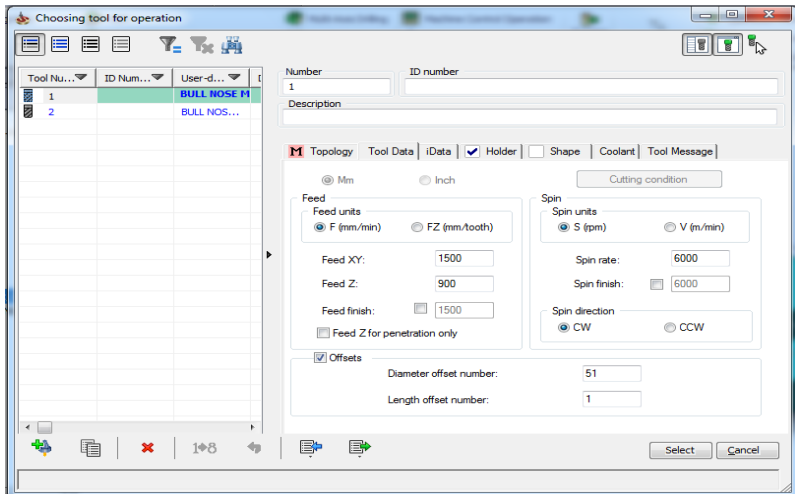
3. Pada menu **Technology** pilih **Countour roughing**, secara otomatis program sudah tersetting.



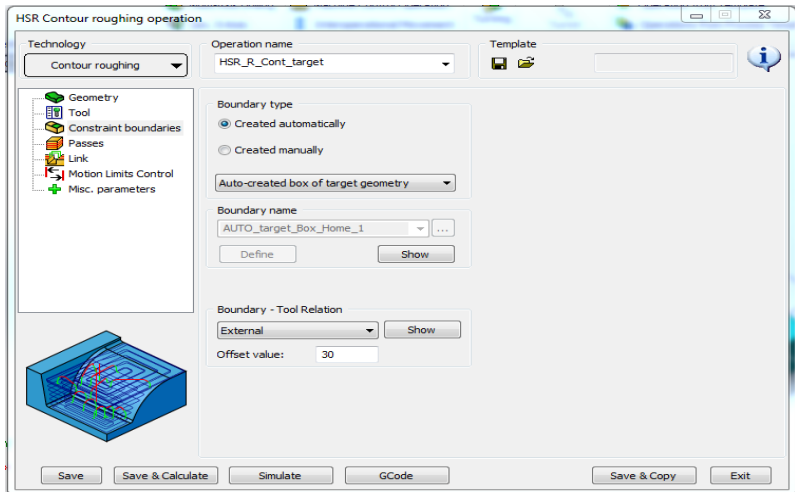
4. Pada menu **Technology** pilih **Tool** lalu klik **select**, kemudian muncul kotak dialog **Choosing tool for operation** klik **Add milling tool** pilih Endmill jenis Bull Nose lalu setting parameternya.



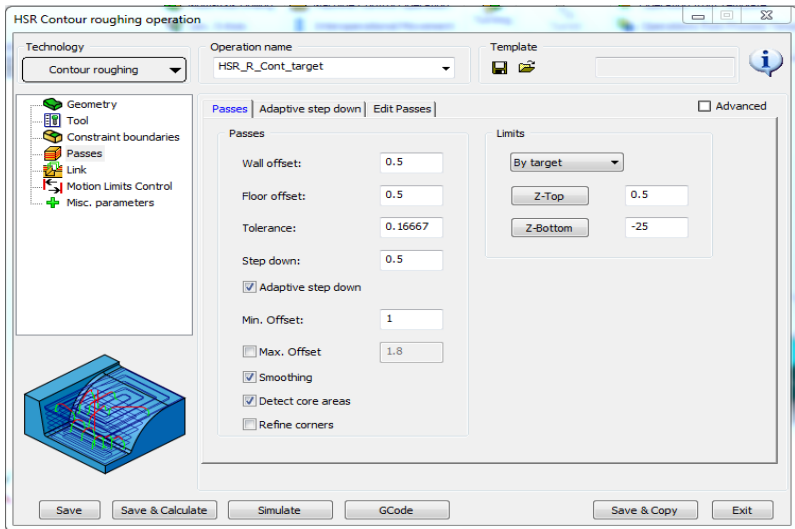
- Setting parameter **Spin rate 6000 rpm, Feed XY 1500 mm/min, Feed Z 900 mm/min.**



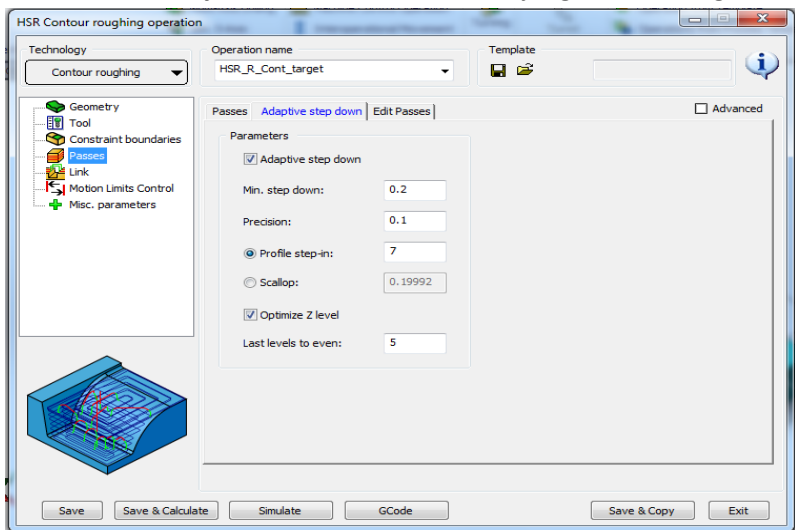
- Pada menu **Technology** klik **constraints boundaries**, di boundary type klik **Created automacally** pilih **Auto created box of target geometry**. Pada **boundary-tool relations** pilih **External**, masukkan nilai 30 di menu **offset value**.



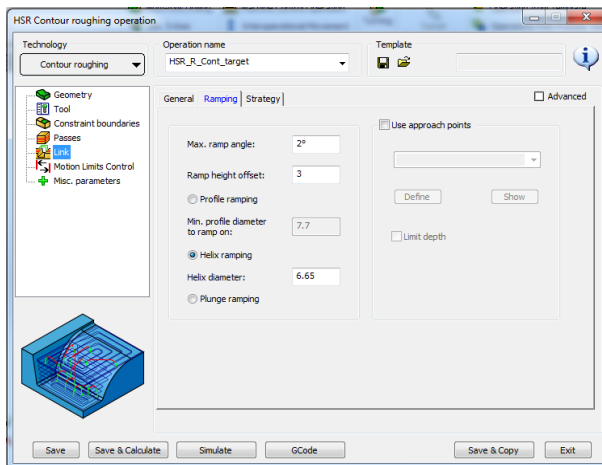
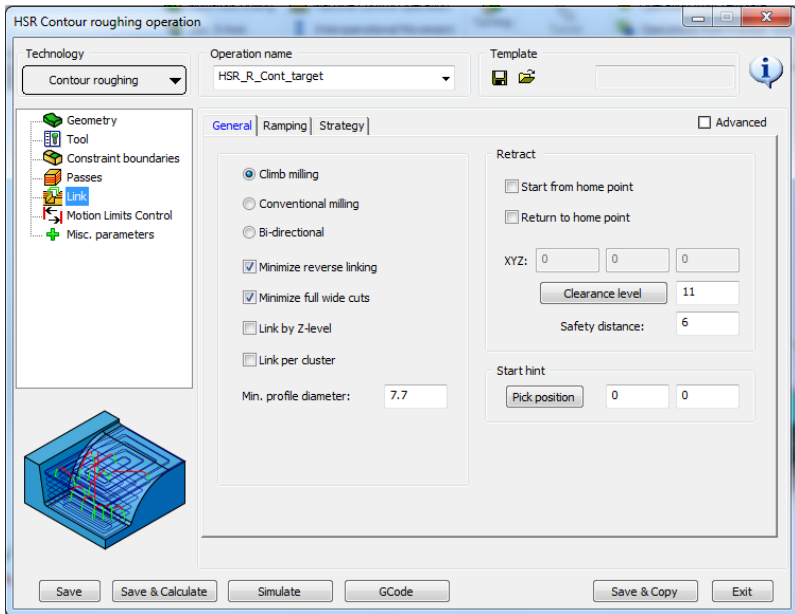
7. Pada menu **Technology** klik **Passes**, pilih menu **Passes** masukkan nilai seperti gambar dibawah ini.



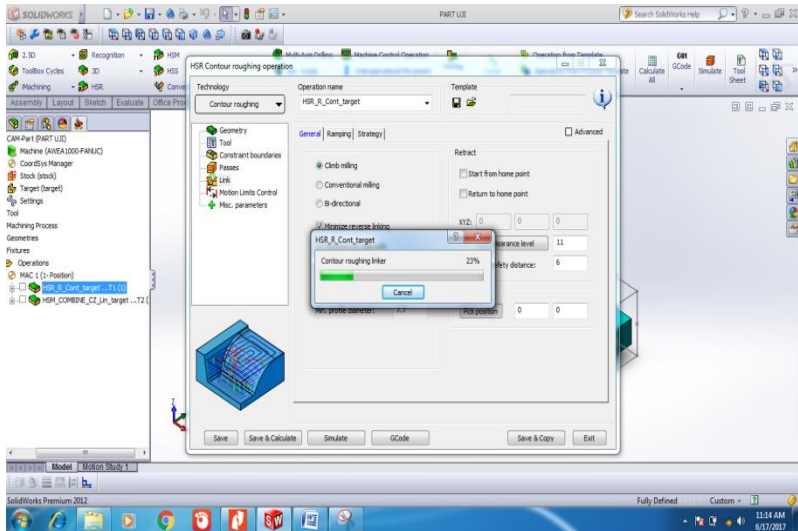
8. Klik menu **Adaptive step down**, isikan nilainya pada **Parameternya**. Pada menu Edit Passes jangan dicentang.



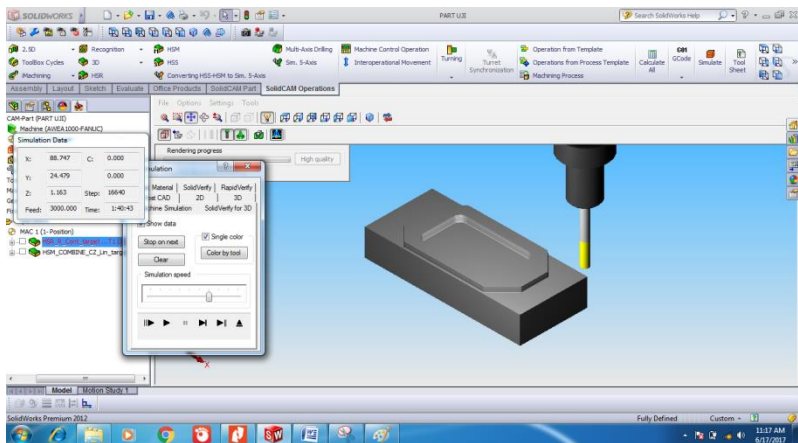
9. Pada menu **Technology** klik **Link**, lalu isikan nilai parameternya pada menu **General**, **Ramping** dan **Strategy**.



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

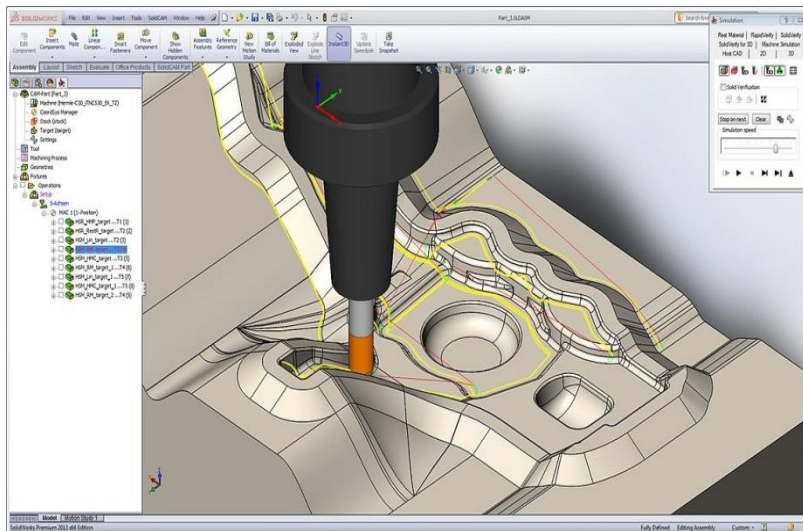


11. Proses simulasi CNC dengan SolidCAM



5.4 Tutorial HSM Milling

Sejenis dengan HSR, *HSM (High Speed Machining) Milling* merupakan fitur operasi yang digunakan untuk proses *finishing* benda kerja dengan kecepatan tinggi. Kemungkinan untuk mengerjakan sudut sempit, mencapai lengkungan benda yang detail dan mengurangi waktu pengerjaan, lebih mudah dikerjakan menggunakan fitur *High Speed Machining*. Proses simulasi *HSM Milling* dapat dilihat pada **Gambar 5.4**

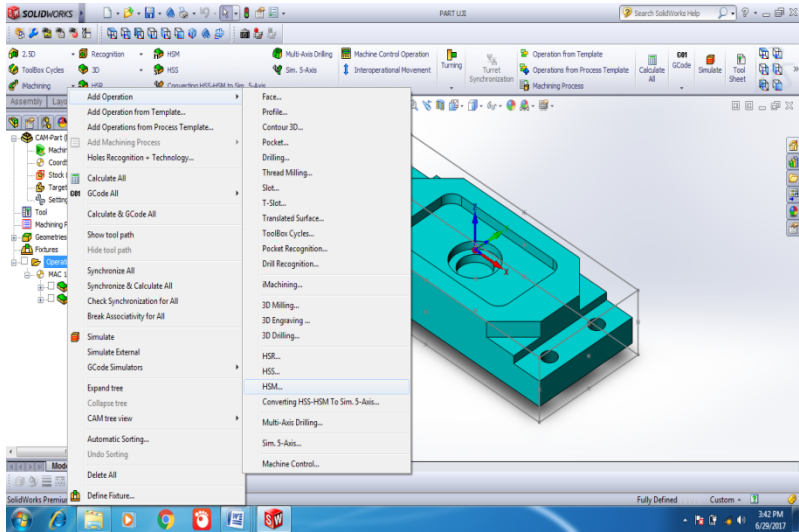


Gambar 5.4 View program HSM milling

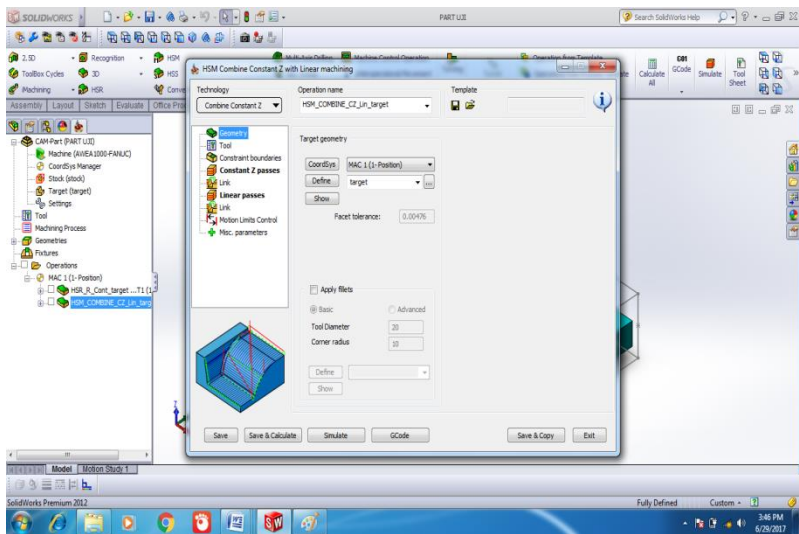
SolidCAM HSM adalah program simulasi CNC dengan kecepatan tinggi, digunakan untuk proses pembuatan mold, tools, dies dan part 3D yang berbentuk kompleks.

Langkah – langkah SolidCAM HSM :

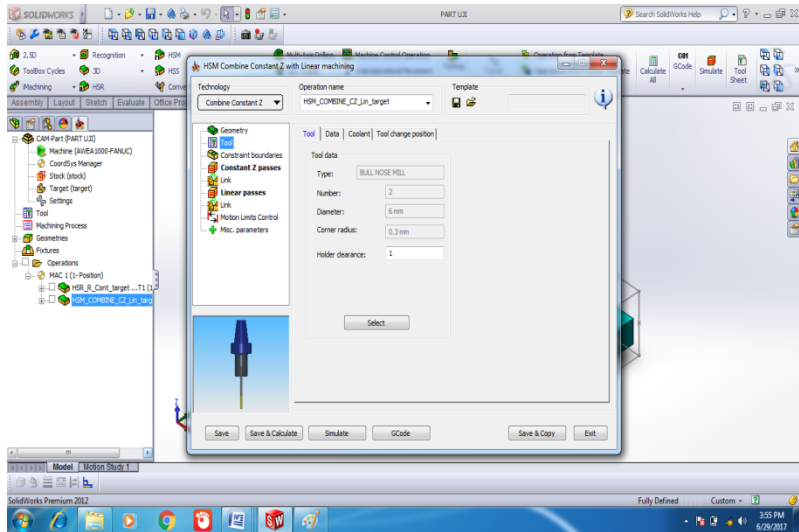
1. Klik kanan pada menu **Operation** pilih **Add Operation** lalu **HSM**,



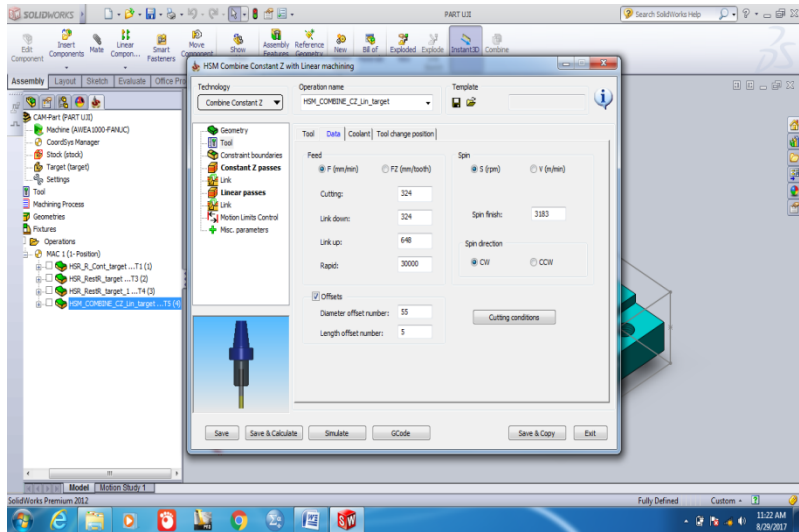
2. Pilih **Combine constans Z** pada menu Technology, maka secara otomatis **Define > target** yang terdapat dimenu **Geometry** akan muncul.



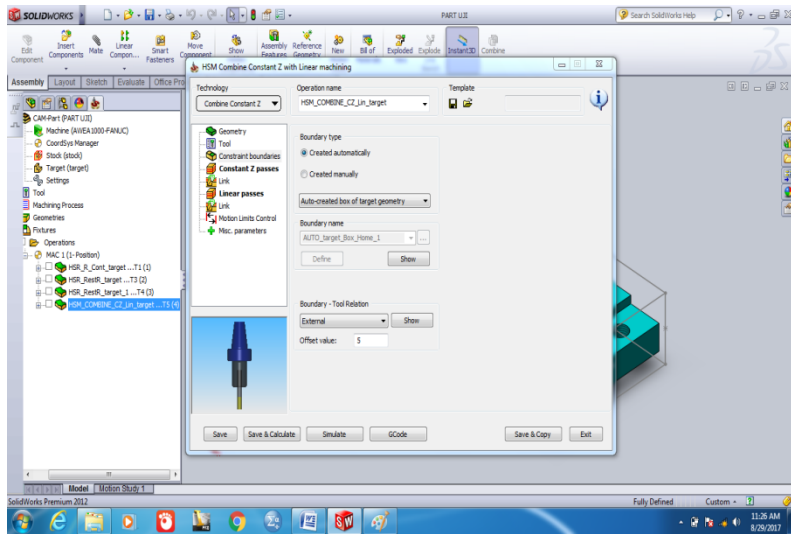
3. Pilih Tool lalu klik Select



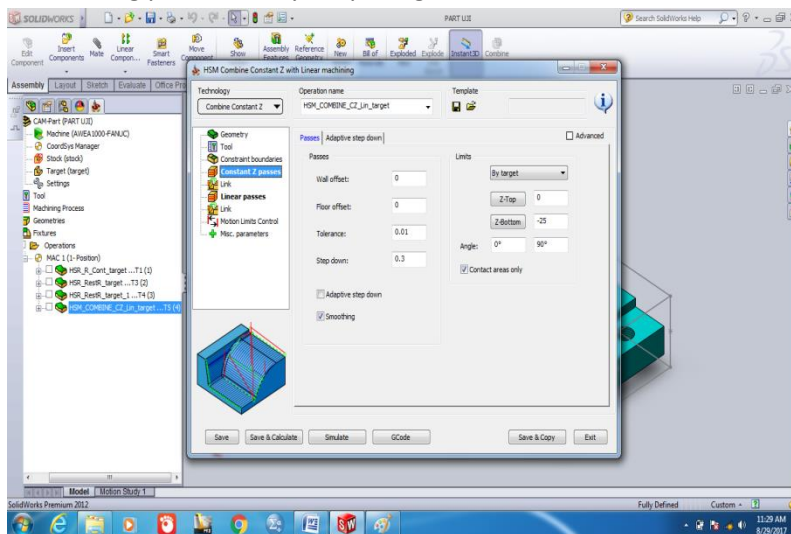
4. Setting tab Data seperti gambar dibawah ini



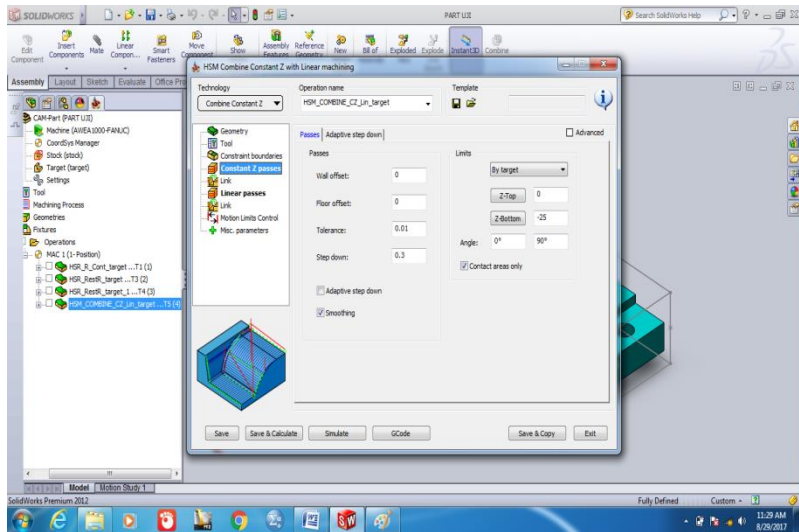
5. Pada menu **Technology** pilih **Constraint Boundaries**, lalu setting seperti gambar dibawah ini.



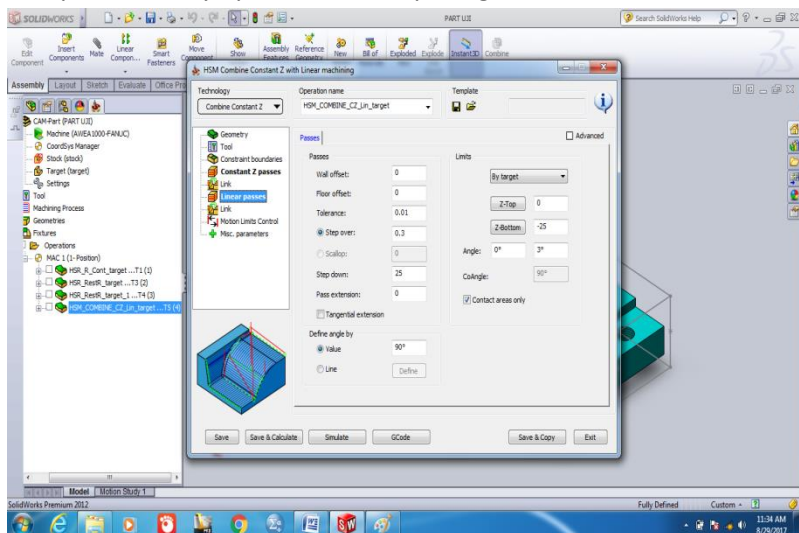
6. Pilih **Constant Z passes** pada menu **Technology** kemudian setting parameternya seperti gambar dibawah ini.



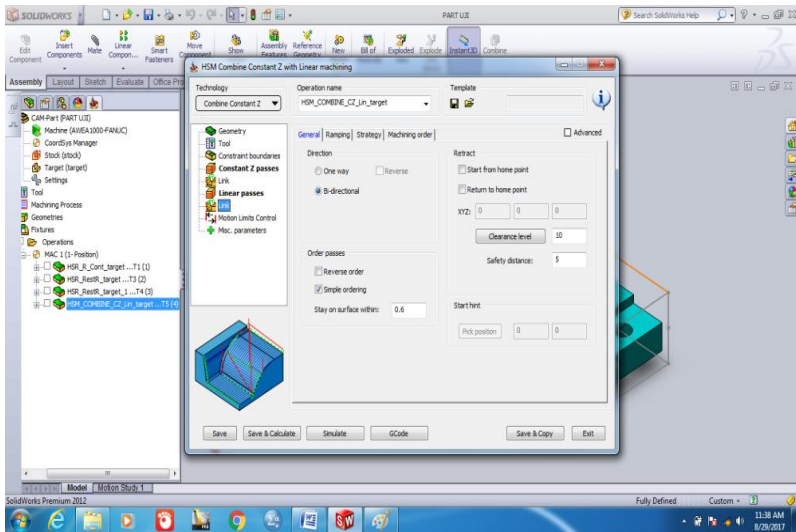
7. Klik menu **Link** pada **Technology**, lakukan penyetingan parameternya seperti gambar dibawah ini.



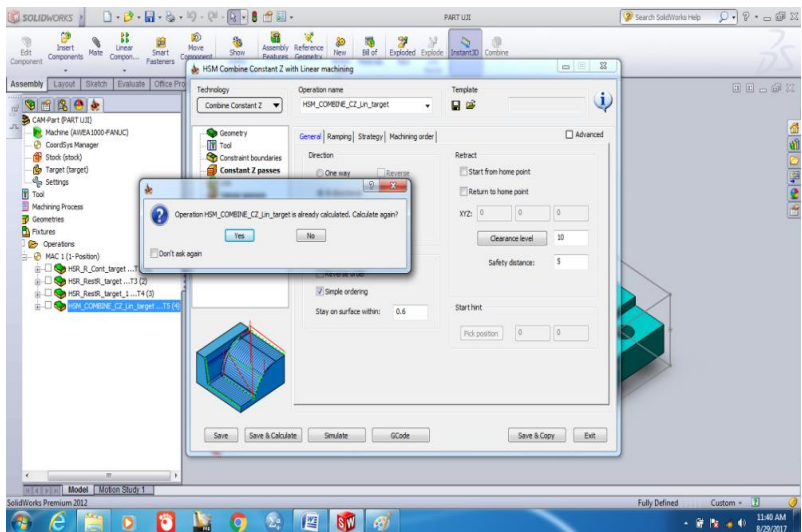
8. Select menu **Linier Passes**, lakukan penyetingan parameternya pada **Passes** seperti gambar dibawah ini.



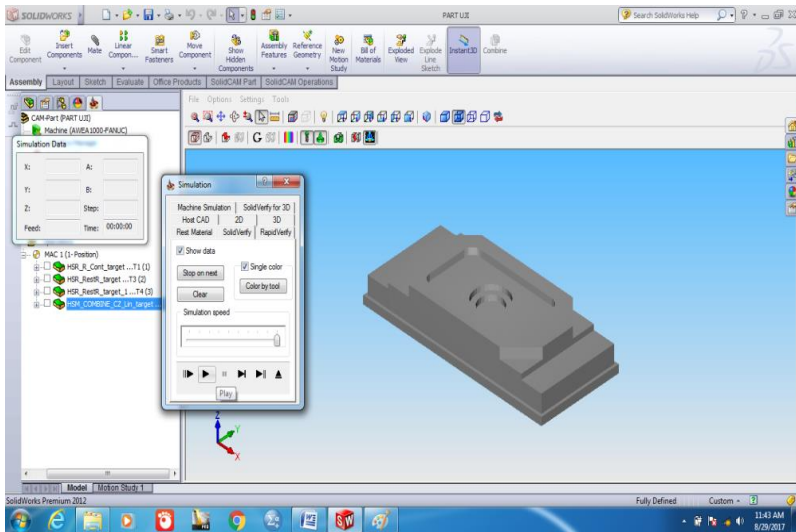
9. Klik **Link** yang kedua pada menu **Technology** kemudian setting parameternya seperti gambar dibawah ini.



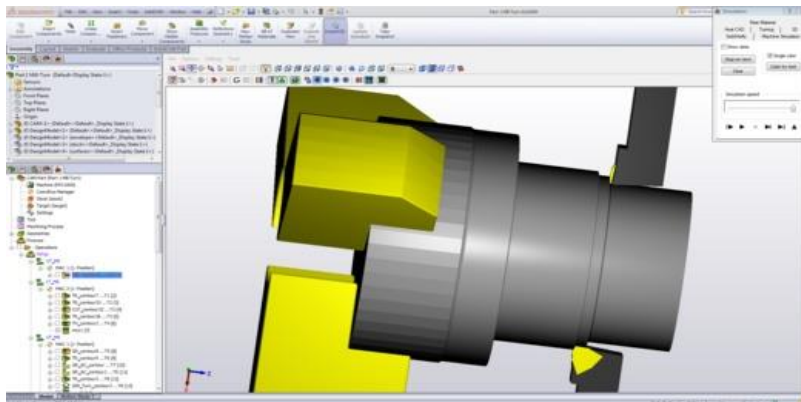
10. Klik tombol **Save & Calculate** untuk menyimpan data parameter dan program sudah siap dijalankan.



11. Klik tombol **Simulate** sehingga program simulasi HSM telah mulai. Pilih menu **Solid Verify** kemudian klik tombol **Play**.



5.6 Tutorial Turning



Gambar 5.6 View program Turning

SolidCAM menyediakan program simulasi pembubutan benda kerja dengan jalur pemakanan yang kuat serta teknik

pembubutan yang cepat dan efisien. *SolidCAM Turning* dapat menghasilkan proses *roughing* dan *finishing* bersamaan dengan proses *facing* (bubut muka), *threading* (bubut ulir) dan *drilling* (pengeboran). *SolidCAM Turning* juga dapat mensimulasikan tool mesin dengan jarak yang paling lebar, termasuk pembubutan 2-Axis, proses bubut dengan *sub-spindle* bahkan proses frais-bubut yang paling kompleks. Contoh proses simulasi Turning pada **Gambar 5.6** diatas.

Langkah-langkah proses yang dilakukan untuk membuat program turning:

1. PART DESIGN

For the correct elaboration of this exercise, the piece must be made according to the Annex Plan (1). However, it is recommended to make the sketch of revolution in the floor plan and take into account the interior cavity of the piece.

2. PART PREPARATION

Located in Solid Works, we will create a rectangle in the elevation plane as shown in Figure 1. This rectangle represents the starting material of the machining; therefore, there must be a space between the piece, the top and side of the rectangle, and the lower edge must pass through the center of the piece.

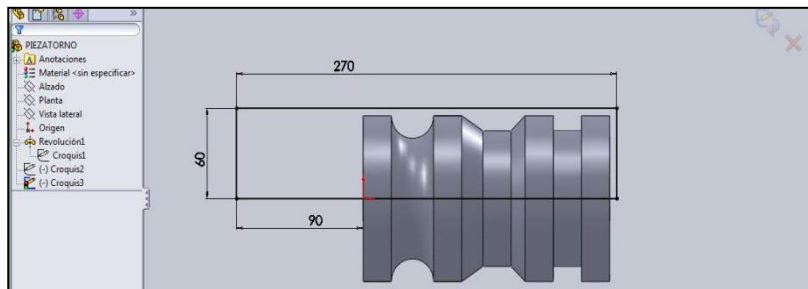


Figure 1.

Then a sketch will be made that acts as the spindle that holds the piece (See Groover). For this, another sketch is opened in the raised plane and the spindle shape is realized, see Figure 3.

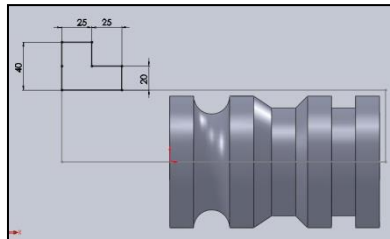


Figure 2.

Once the sketches mentioned in the previous paragraph have been made, the piece is saved. Now we go to the SOLIDCAM tab to perform the machining.

3. SELECT THE TOOL:

Given the work piece SOLIDCAM allows to perform some operations such as Strawberry, Lathe and Erosion wire. For this case, log in to Solid Works → Solid Cam Tab → New → Turning.

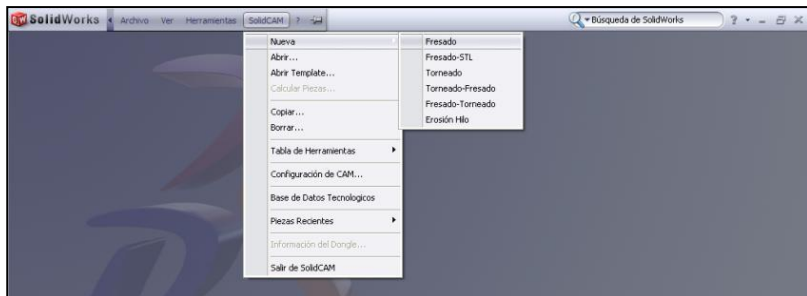


Figure 3.

Another way to enter the Solid Cam program is from the Solid Works screen (With the piece open), go to → New → Turning. See Figure 4.

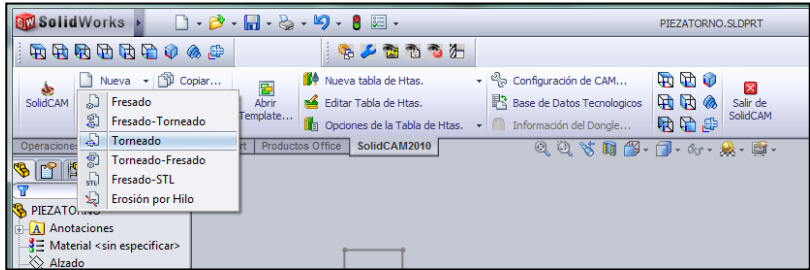


Figure 4.

For either of the two procedures the program requests to enter the name of the piece and then click on accept.



Figure 5.

4. DEFINE COORDINATES OF START OF THE TOOL (ZERO)

Once the previously constructed piece is called. The program shows a "Zero" box that allows defining the coordinate system in relation to the start of the tool. Followed this is entered by pressing "Set zero".

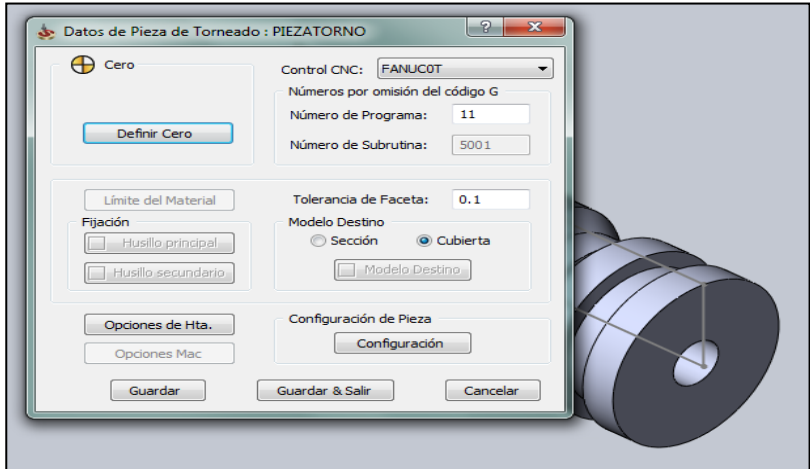


Figure 6.

Following the previously given instruction, proceed to choose in "Origin Options": Select Surface → Choose face → in "Put the origin of the zero in": Center of the rev.

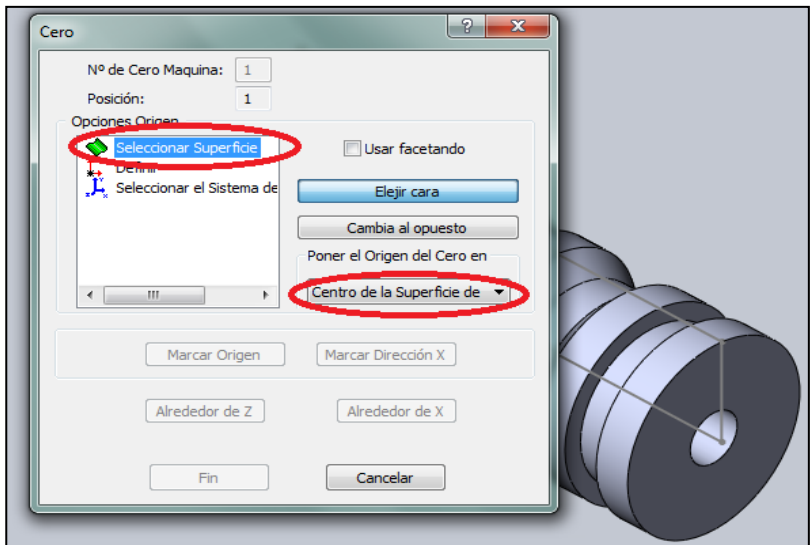


Figure 7.

However, until now we have only selected the respective options, which would make it convenient to select the surface of revolution as shown in Figure 8.

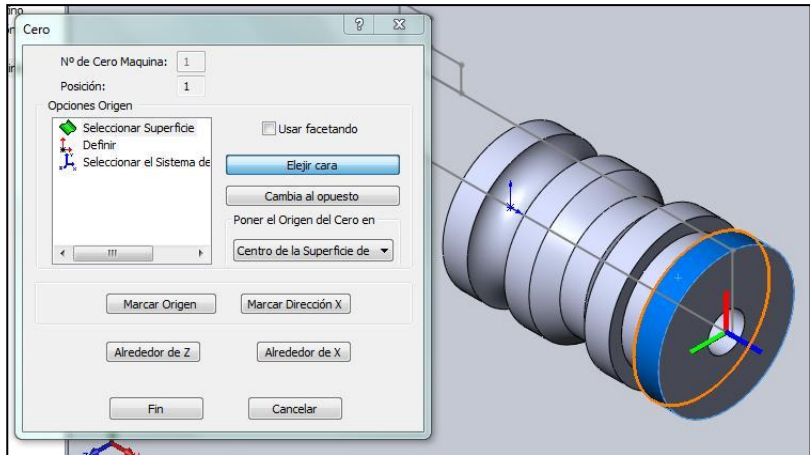


Figure 8.

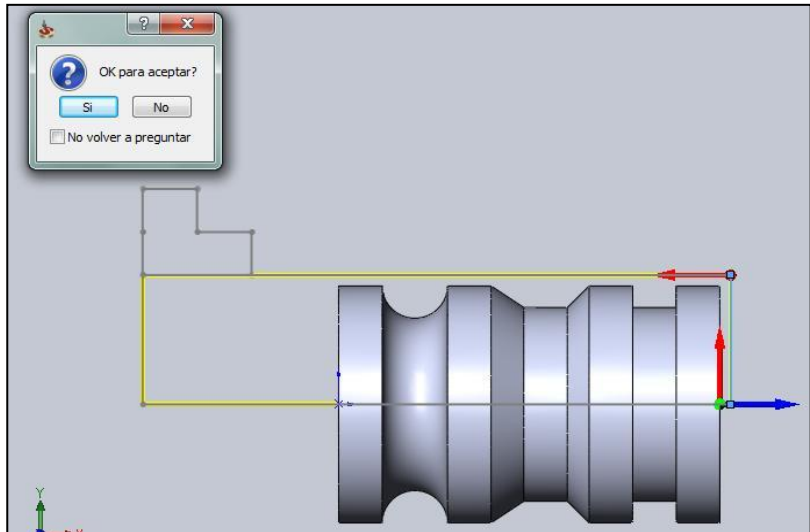


Figure 9.

With the previous option, the coordinate axis appears at the beginning (0, 0, 0), which indicates that the surface was selected. Following this we click on the "End" option. With this option we return to the Data Table shown in Figure 6.

Now we go to "Material limits". Select "2D limit" and click on "Define", with what we proceed to choose the option "Define chain", where we choose the four edges of the rectangle as shown in Figure 9.

Always select the edges in the order indicated by the red arrow. Once the chain is finished, a window appears, click on YES and then Until returning to the "Data Table" of Figure 6. In the "Data table" of Figure 6 we click on "main spindle", then on "Define chain". In this part we choose the option "Point by Point" and select the corners of the figure in L (previously designed the sketch) until the chain is yellow.

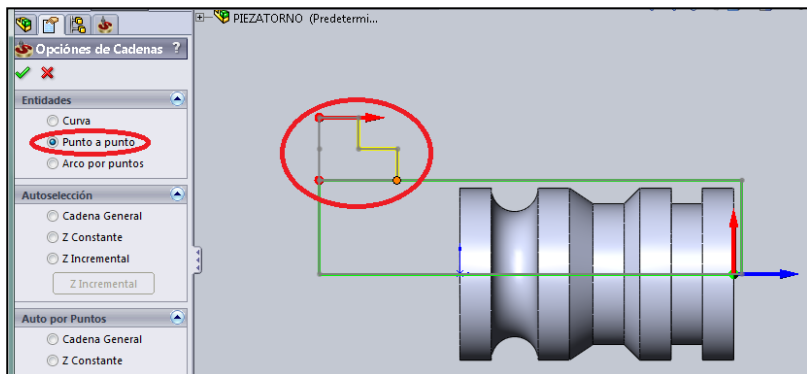


Figure 10.

When the selection of the figure in L is finished (See Figure 10) it will take an orange color, with which we will proceed to click on. We return to the "Table of data "in which we select the option of "Cover".

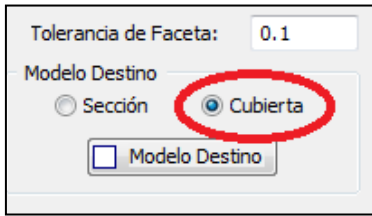


Figure 11.

To enter the "Destination Model" it is required to click on that option. Where you will enter the option "Define 3D model", in this option is selected in "Types" the option of both and proceeds to indicate the geometry of the model, which will appear "Solid 1" in the box of the geometry and the image will change to a yellow color; to then we will click on.

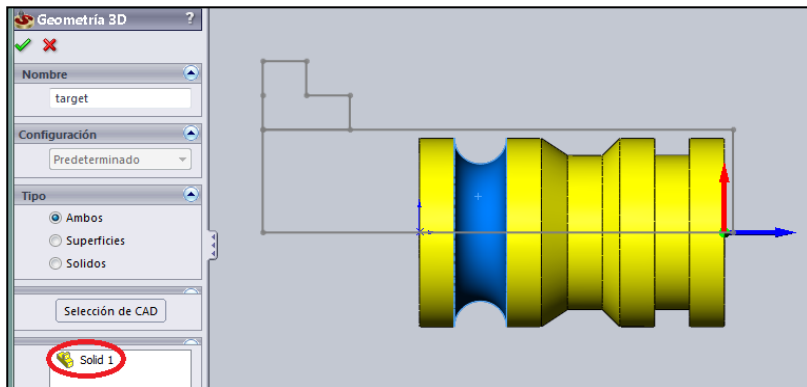


Figure 12.

With the previous operation it is possible to observe that a sketch appears around the cross section of the piece, with a dialogue box of the "Target material" to the which we proceed to click on. This procedure takes us to the "Data Table" of Figure 6, to which we click on "save and exit".

5. PERFORM OPERATIONS OR TASKS

Now we will use several types of tasks to facilitate machining, where each type of task fulfills a different function.

EXTERIOR DRESSING

This operation allows a good surface finish, in relation to the piece that is received from the supplier versus the one to be reprocessed to deliver to the Final Client.

1. CROQUIZE

To perform the first operation go to the sketch tab below the toolbar, follow this procedure according to Figure 13.

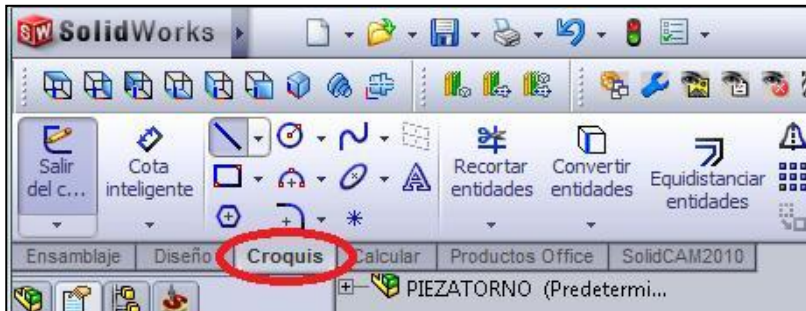


Figure 13.

Then select the line option, then click on the construction line, and with this a plane selection message will appear. We display the option of Pieza torno and other options will appear, including the planes of "elevation", "floor" and "right" with the names of Planes 1, 2 and 3 respectively; we select the Plan 1. (See Figure 14).

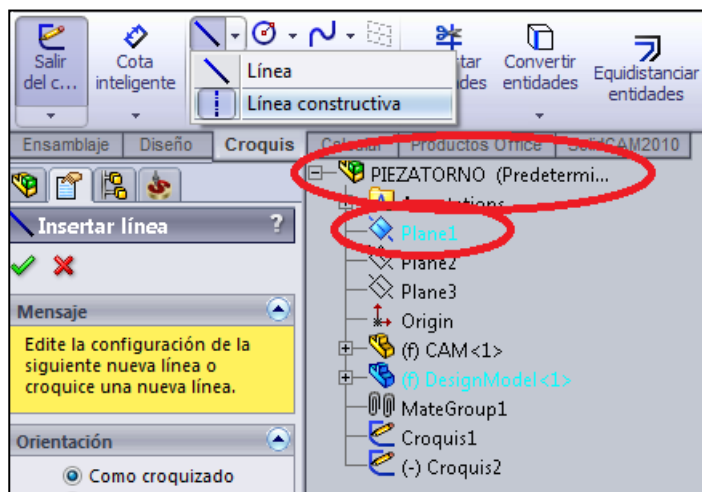


Figure 14.

At this point it is possible to work on the raised plane, in which two construction lines will be drawn at the beginning and at the end of the piece; This will be called Extensions. See Figure 15.

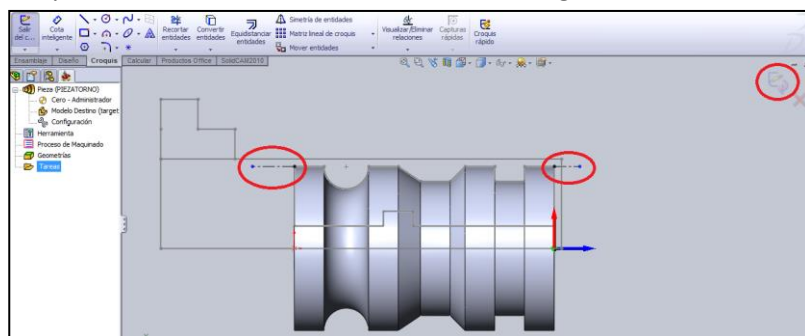


Figure 15.

2. SELECTION OPERATION

Then proceeds to add the Turning task for this must be clicked right to "Tasks" → "Add" → "Turning".

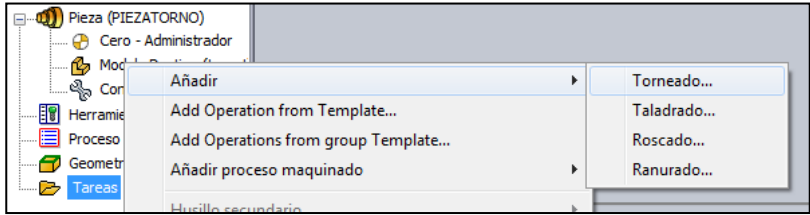


Figure 16.

3. OPERATION CONFIGURATION

At this moment, the table of "Winch Task" appears as shown in Figure 17.

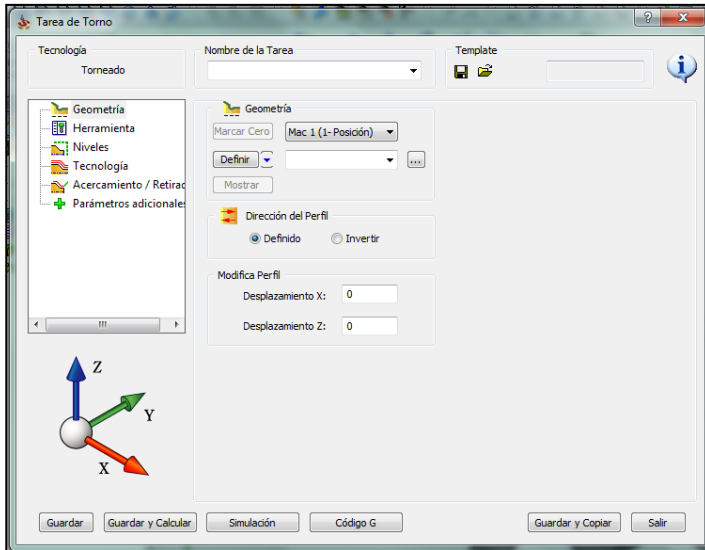


Figure 16.

a. GEOMETRY OF OPERATION

As shown in Figure 17, this Task is composed of several items: Geometry, Tool, Levels, Technology and Approach / Withdrawal. We click on "Geometry" "Define".The "Point to Point"

option must be selected, followed by the two ends of the Extensions, and then we click on.

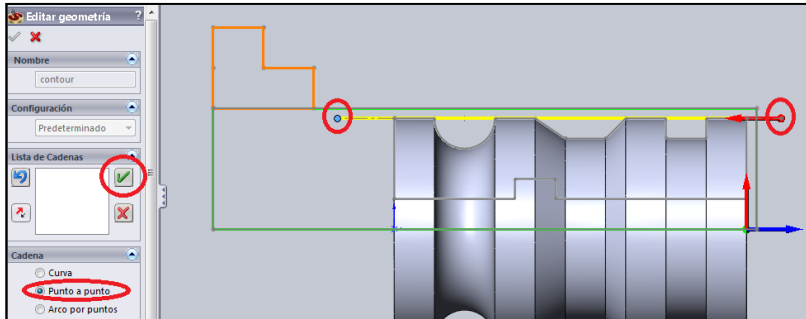


Figure 17.

Once the above is done; in the "string list" the first string should appear, the which is represented purple in the piece. We click on accept to finish the geometry selection.

b. TOOLS

We return to the task table of Lathe, then proceed to select "Tools" → "Define" and "Add". This brings up the toolbox, from which the external roughing tool is selected. (See Figure 19). Click on "OK" and with this the "Turning task table" is returned.



Figure 18.

c. TECHNOLOGY

The parameters of the machining are selected according to the indicated ones:

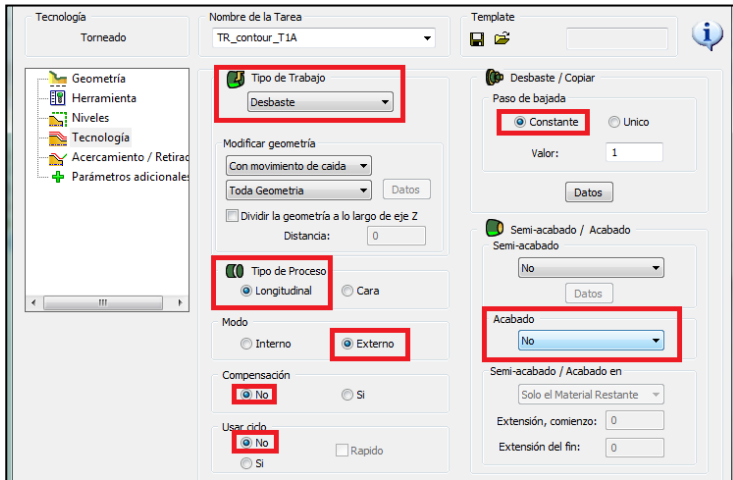


Figure 19.

Note that the type of process is "Longitudinal" and "External", which means that a cylinder is being produced. It is also worth mentioning that because it is the first pass it is a type of "roughing" job, which explains that in the finishing option "No" is selected. Another parameter to take into account is the step of descent we leave it in "constant" with a value of 1.

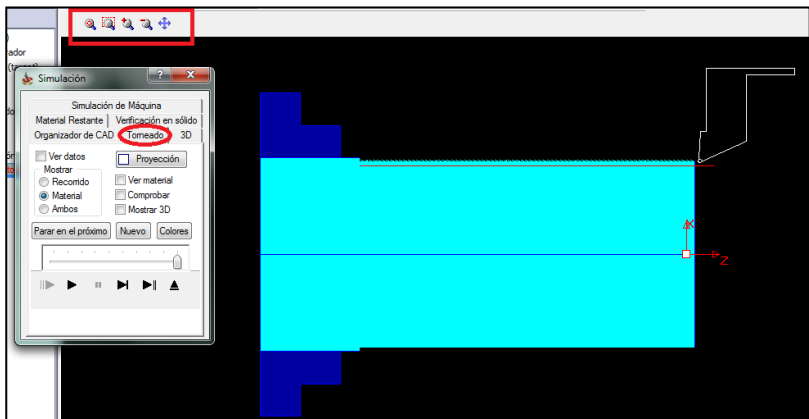


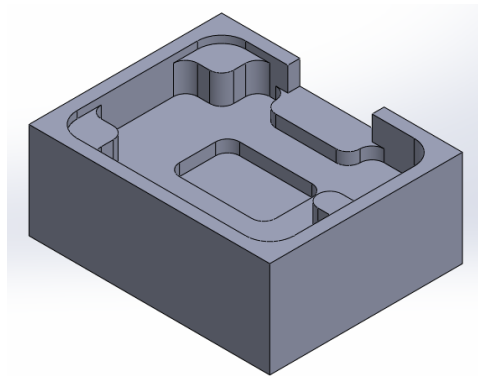
Figure 21

d. SIMULATION

At this moment we give "Save and calculate". Then "Simulate", with this the different simulation options will appear, for this operation we choose the "Turning" tab. Untuk memvisualisasikan bagian lebih mudah kita memiliki tombol zoom dan untuk memindahkan potongan. Sekarang kami memberi dan kami melihat bagaimana alat ini maju membuat roughing dari bahan awal. Seperti yang Anda lihat, bahan awal direpresentasikan dalam warna air laut dan sekrup pendukung berwarna biru. (See Figure 21)

6.1 Studi Kasus CAD

Buat desain model 2.5D pada gambar 6.1 dengan menggunakan software solidwork.

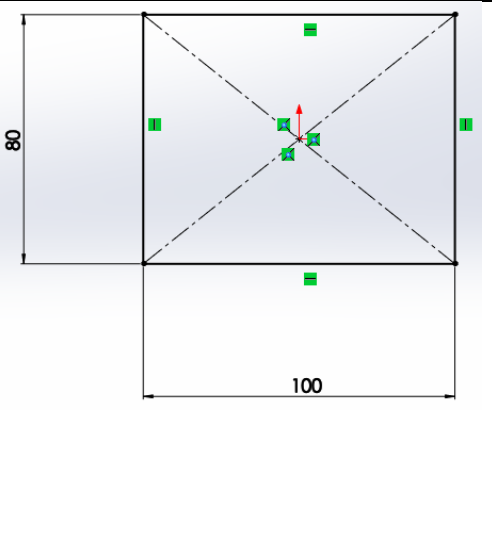
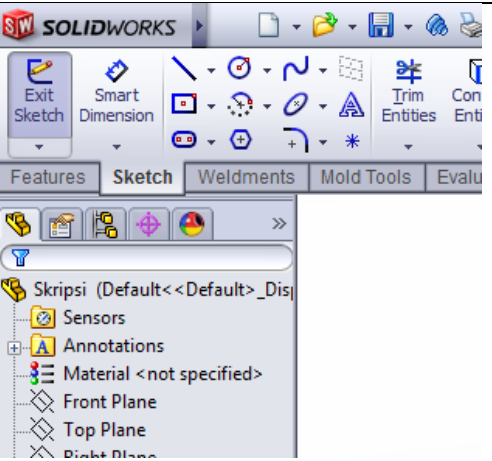
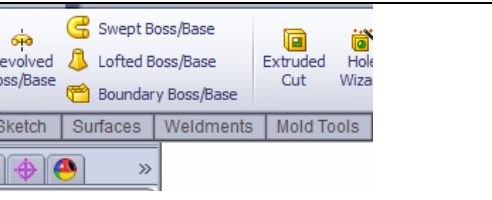


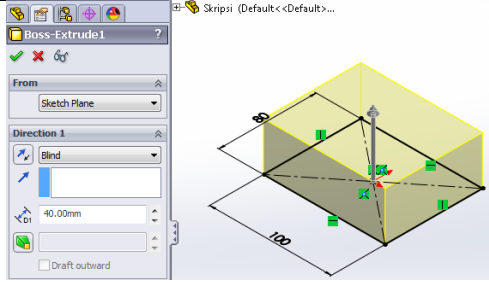
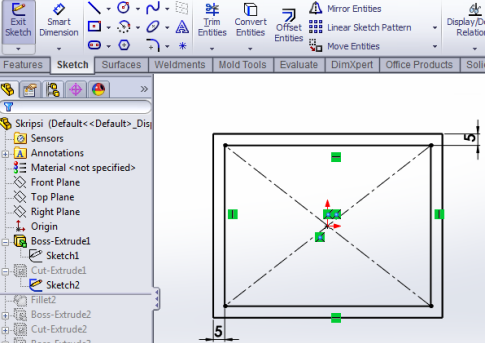
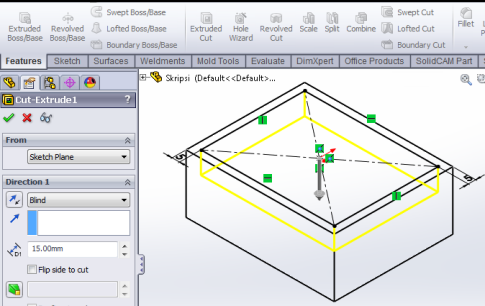
Gambar 6.1 Desain model 2.5D

Penyelesaian:

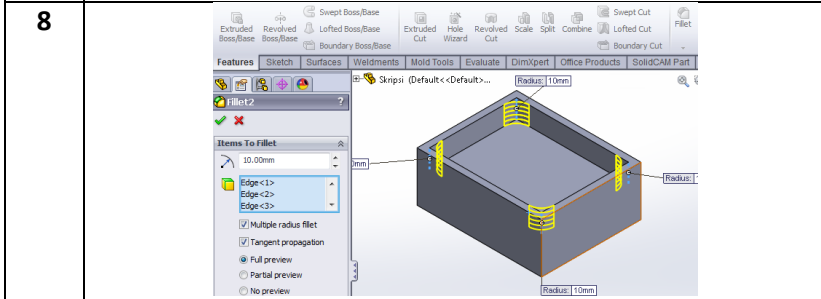
Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

No	Perintah	Tampilan Komputer
1	Mulai aplikasi <i>SolidWorks</i> dan buka <i>new part</i> .	

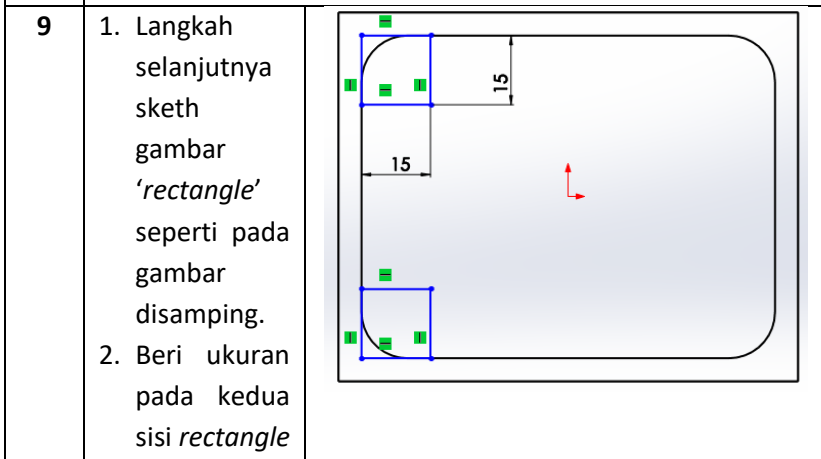
<p>2</p> <p>Pilih <i>Top Plane</i> dan buatlah <i>sketch</i> seperti gambar disamping.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gambar <i>center rectangle</i> dari <i>origin</i>. 2. Beri ukuran pada <i>sketch</i>. 	
<p>3</p> <p>Klik pada “Exit Sketch” pada <i>CommandManager</i> untuk mengakhiri perintah “sketch”.</p>	
<p>4</p>	

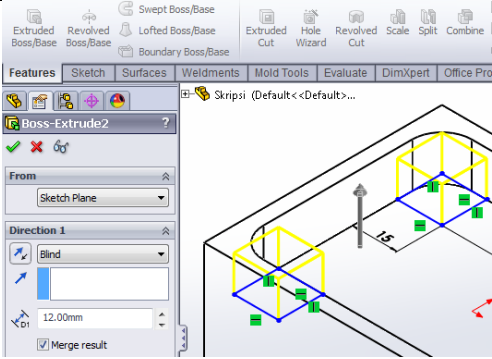
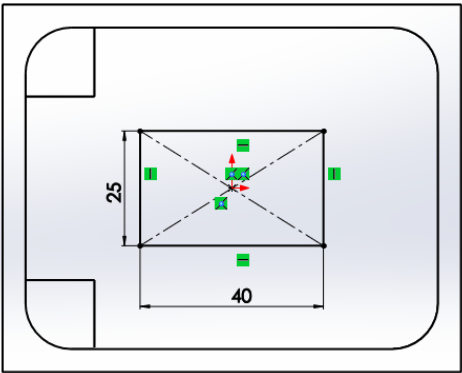
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Klik <i>Features</i> pada <i>CommandManager</i> 2. Klik pada <i>Extruded Boss/Base</i>. Hal ini berguna untuk membuat benda 3D dengan menambah tinggi benda.
<p>5</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada <i>Direction 1</i> pilih "<i>Blind</i>". 2. Masukkan tinggi benda 40 mm. 3. Klik OK 
<p>6</p>	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Kemudian klik '<i>Sketch</i>' pada posisi TOP benda kerja. 2. Gambarkan garis '<i>center rectangle</i>' dengan ukuran seperti gambar disamping. 3. <i>Exit Sketch</i>.
<p>7</p>	

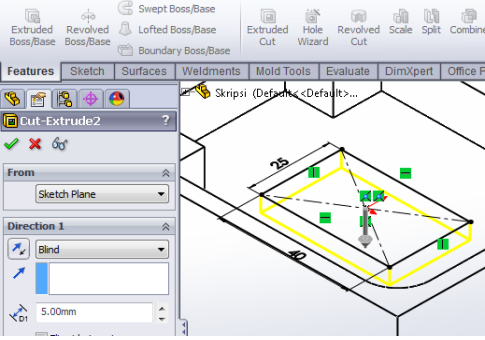
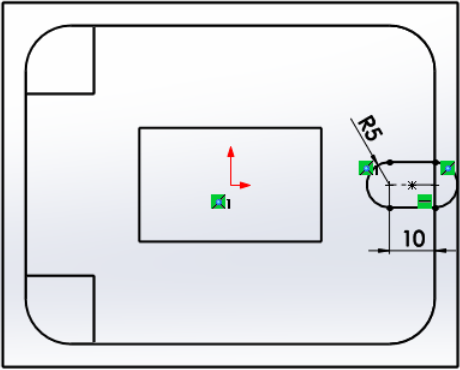
1. Pada menu 'Features' klik 'Extruded Cut'. Sehingga muncul kotak
2. perintah 'Cut-Extrude1'.
3. Pada Direction 1 pilih 'Blind'.
4. Isi 15 mm untuk memotong benda kerja ke arah bawah. Klik OK

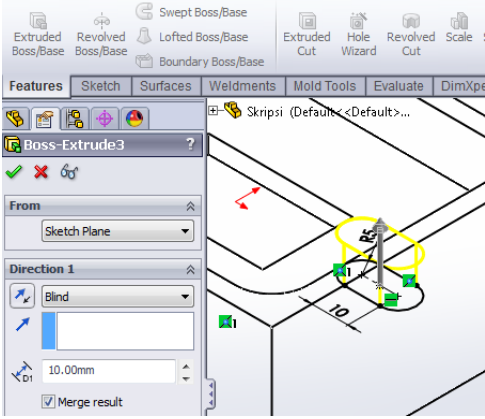
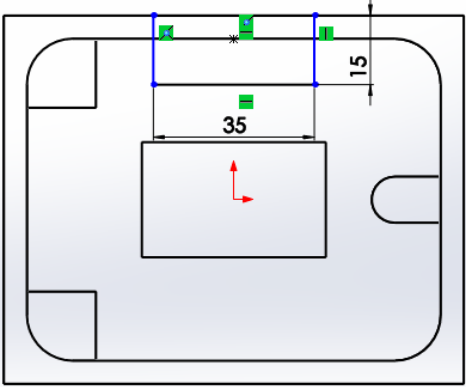


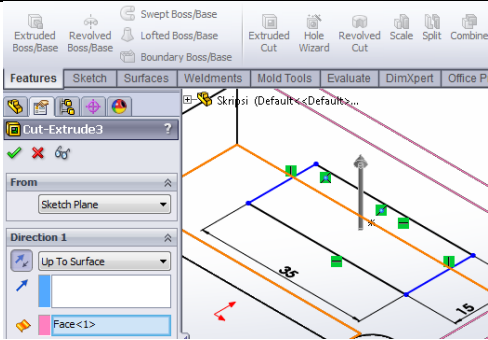
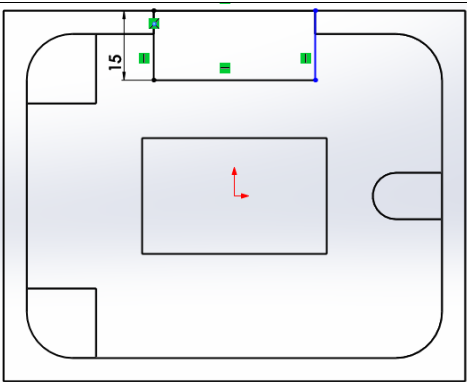
1. Setelah mendapat hasil gambar seperti disamping klik perintah 'Fillet'.
2. Pada kotak *Items To Fillet* isi angka 10 mm sebagai ukuran *fillet*.
3. Klik pada masing-masing sudut yang akan dibuat *fillet*. Klik OK.

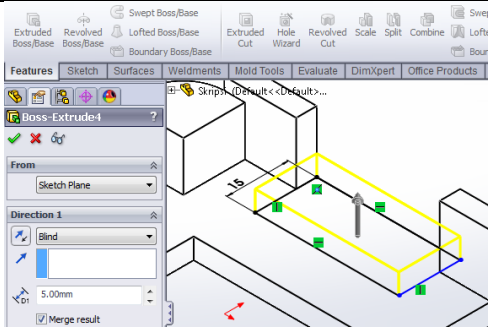
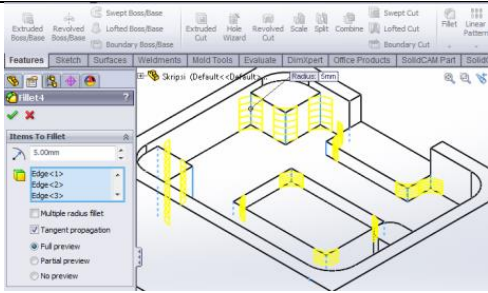


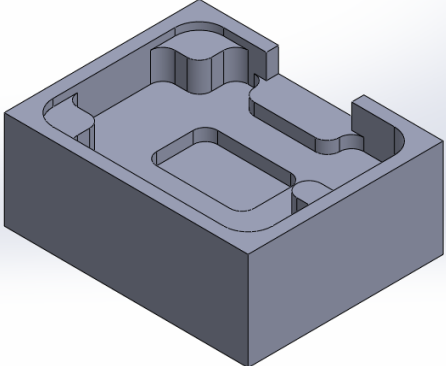
	<p>sebesar 15 mm.</p> <p>3. <i>Exit Sketch</i>.</p>	
<p>10</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Klik '<i>Extruded Boss/Base</i>' pada '<i>Features</i>'. 2. Setelah muncul perintah '<i>Boss-Extrude2</i>' isi sebesar 12 mm sebagai tingginya. 3. Klik OK 	
<p>11</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Sketch</i> sebuah kotak tepat pada origin menggunakan '<i>center rectangle</i>'. 2. Beri ukuran sesuai gambar disamping. 3. <i>Exit Sketch</i>. 	


<p>12</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada menu 'Features' klik 'Extrude Cut'. 2. Pada kotak perintah 'Cut-Extruded2' isi kedalaman pemotongan sebesar 5 mm. 3. Klik OK
<p>13</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Sketch</i> pada benda dan buatlah gambar 'Straight Slot'. 2. Beri ukuran seperti gambar disamping. 3. <i>Exit Sketch</i>. 

<p>14</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada menu <i>'Features'</i> klik <i>'Extruded Boss/Base'</i>. 2. Setelah muncul kotak perintah <i>'Boss-Extrude3'</i> isi ukuran sebesar 10 mm sebagai tinggi benda. 3. Klik OK 	
<p>15</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>'Sketch'</i> pada benda dan buatlah sebuah <i>'rectangle'</i> dengan ukuran seperti gambar disamping. 2. <i>Exit Sketch.</i> 	

<p>16</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada menu '<i>Features</i>' klik '<i>Extruded Cut</i>'. 2. Setelah muncul kotak perintah 3. '<i>Cut-Extruded3</i>'. Pilih '<i>Up To Surface</i>' pada bagian '<i>Direction 1</i>'. Sehingga memotong benda ke atas sampai posisi permukaan. <p>Klik OK</p>
<p>17</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Sketch</i> benda kerja kembali dengan ukuran yang sama pada langkah sebelumnya. 2. <i>Exit Sketch</i>. 

<p>18</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada menu '<i>Features</i>' klik '<i>Extruded Boss/Base</i>'. 2. Setelah muncul kotak perintah 3. '<i>Boss-Extruded4</i>' isi ukuran sebesar 5 mm sebagai tinggi benda. <p>Klik OK</p>
<p>19</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada menu '<i>Features</i>' klik perintah '<i>Fillet</i>'. 2. Setelah muncul kotak dialog '<i>Fillet</i>' isi 3. ukuran Fillet sebesar 5 mm. 4. Klik pada masing-masing sudut yang akan diberi '<i>Fillet</i>'. <p>Klik OK.</p>

<p>20</p>	<p>Berikut bentuk hasil akhir benda kerja yang digunakan sebagai model pada penelitian ini.</p>	
------------------	---	---

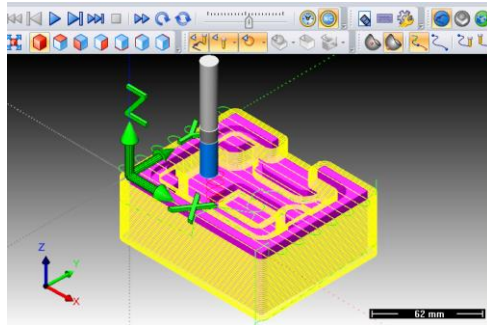
<p>21</p>	
------------------	---

Sedangkan untuk menampilkan model pewarnaan benda kerja dapat dilakukan pewarnaan surface dengan cara

1. Klik kanan surface yang akan diberi warna-klik appearance (bola warna-warni) face.
2. Kemudian disebelah kiri akan muncul kotak dialog warna dan pilih sesuai keinginan.

6.2 Studi Kasus CAM

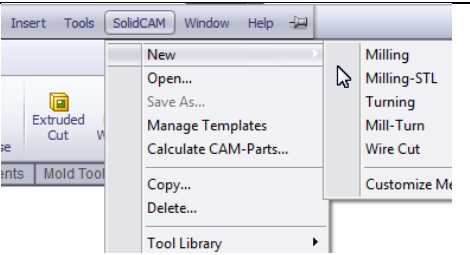
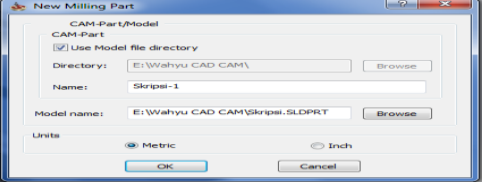
Buat program 2.5D milling untuk penyelesaian pada gambar 6.1 dengan menggunakan software solidcam.

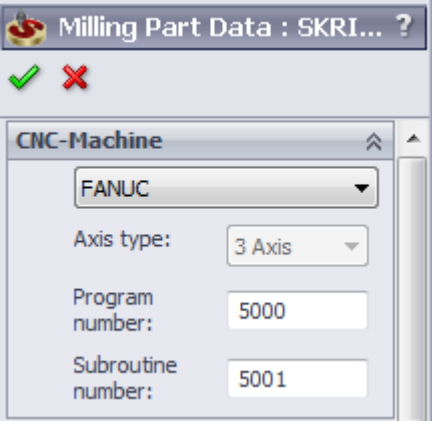
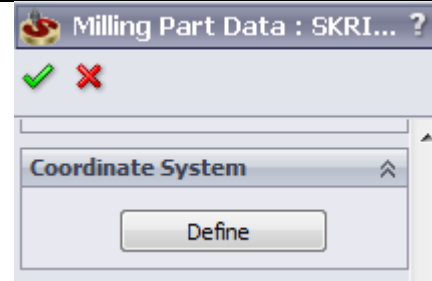


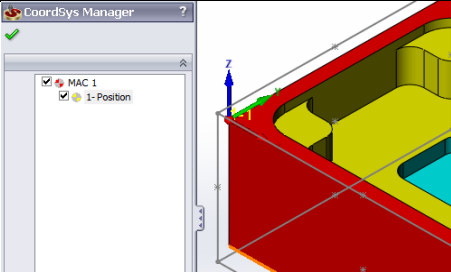
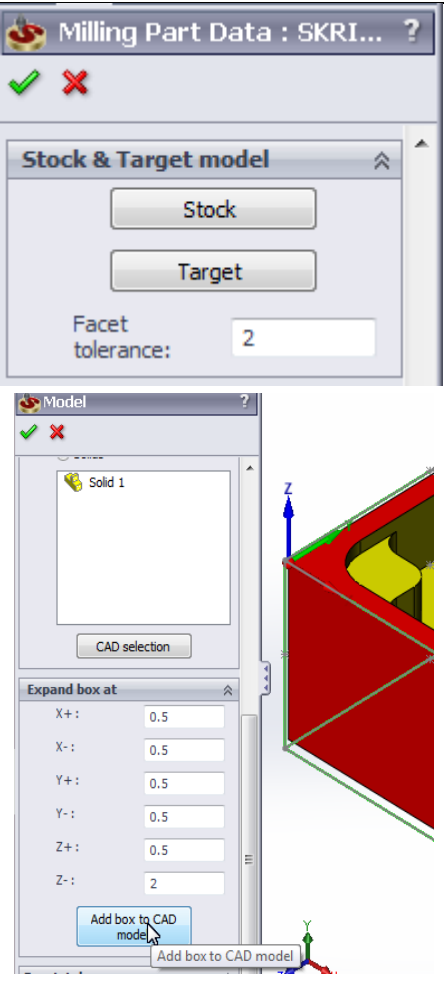
Gambar 6.1 Running toolpath program 2.5D milling

Penyelesaian:

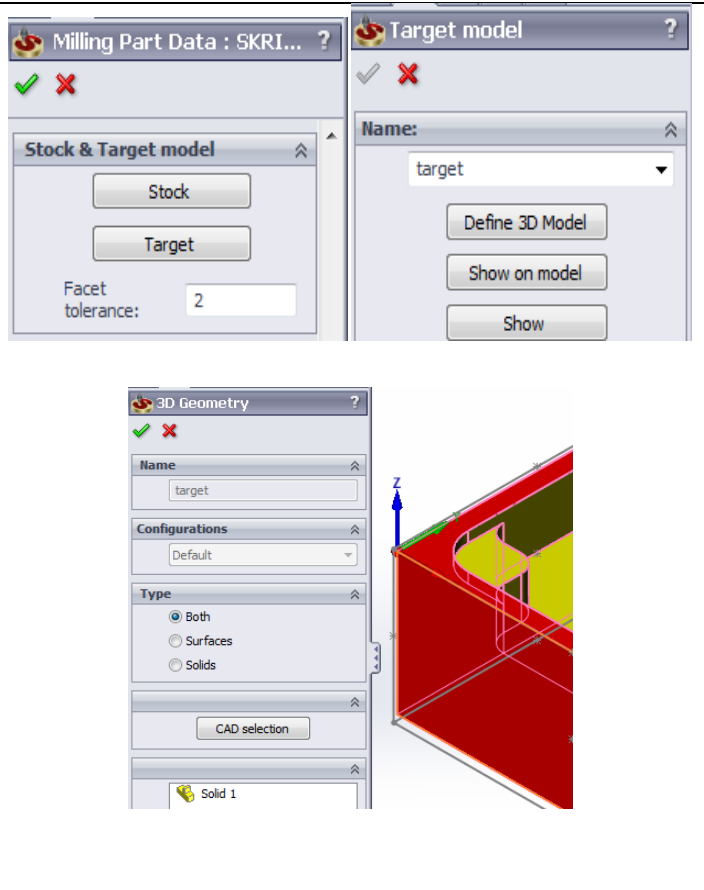
Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

No	Perintah	Tampilan Komputer
1	Memulai perintah <i>SolidCAM</i> . Klik <i>SolidCAM</i> – <i>New – Milling</i> .	
2	Sehingga muncul kotak dialog <i>SolidCAM</i> . 1. Centang <i>Use Model file directory</i> untuk menyimpan	

	<p>benda pada folder yang sama dengan 'Part'. 2. Pada bagian <i>Units</i> pilih '<i>Metric</i>'. Klik OK.</p>	
<p>3</p>	<p>Setelah itu akan muncul program <i>SolidCAM</i> dan kotak dialog <i>Milling Part Data</i>. <i>Milling Part Data</i> harus diisi sebelum memasukkan program operasi. Seperti gambar di samping isi jenis <i>CNC-Machine</i> dengan <i>FANUC</i>.</p>	
<p>4</p>	<p>Kemudian klik <i>define</i> dan klik permukaan atas benda kerja sehingga muncul <i>CoordSys Manager</i> yang menunjukkan koordinat posisi</p>	

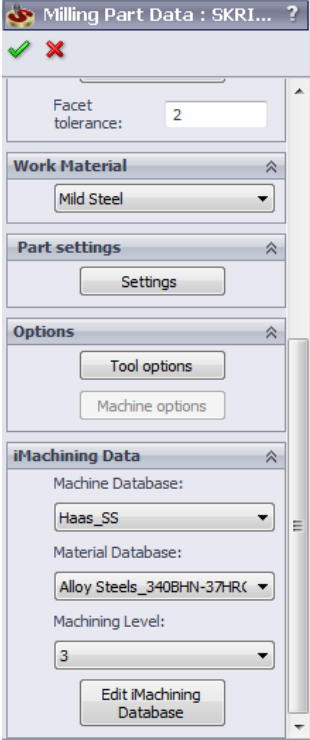
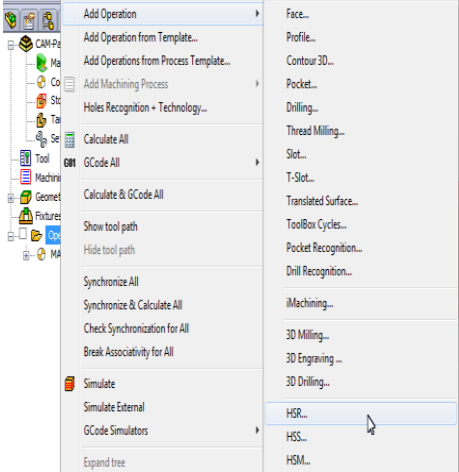
	<p>awal benda kerja saat akan dilakukan pemesinan.</p>	
<p>5</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Klik <i>Stock</i>. digunakan untuk menentukan kelebihan material (material awal) sebelum dilakukan proses pemesinan. 2. Kemudian akan muncul kotak dialog dan isi dengan setiap sumbu koordinat dengan nilai 0.5 mm sedangkan sumbu pengecaman z- isi dengan 2 mm. 	

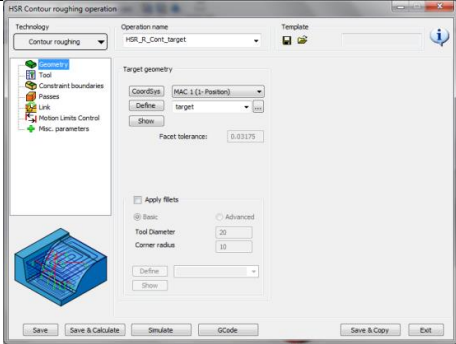
6

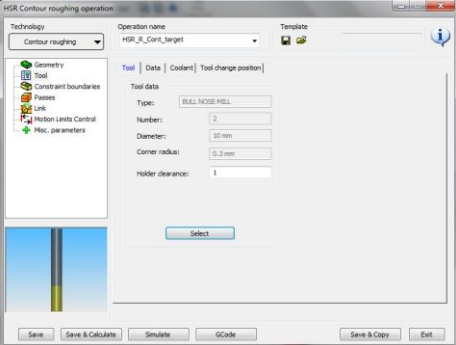


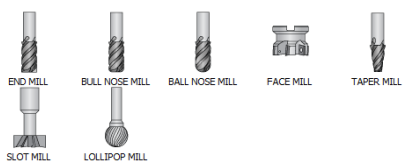
Langkah-langkah yang dilakukan dalam memilih target adalah sebagai berikut:

1. Klik *target*
Target berfungsi untuk menentukan benda mana yang akan dilaukan proses pemesinan.
2. Klik *Define 3D model*
3. Klik pada benda kerja sehingga berubah warna (pink atau ungu) dan muncul tanda "*Solid1*" pada kotak dialog *3D Geometry*.

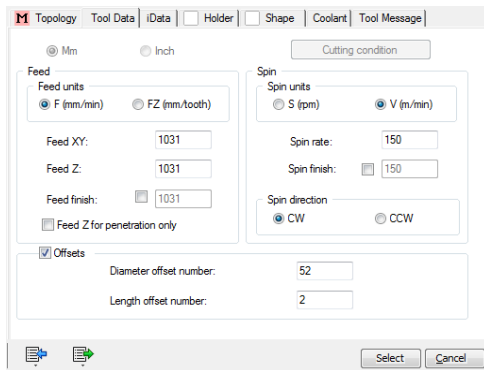
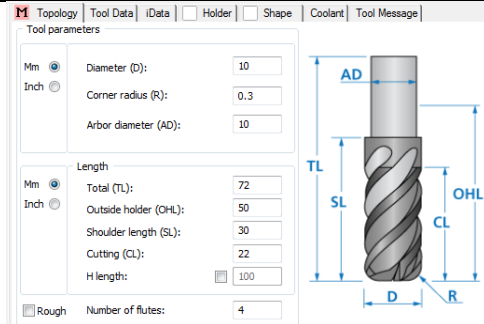
<p>7</p>	<p>1. Pada kotak <i>Work material</i> pilih <i>Mild Steel</i></p> <p>2. Pada kotak <i>iMachining Data</i> pilih:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Machine Database: Haas_SS ⇒ Material Database: Alloy Steel_340B HN-37HRC ⇒ Machining Level: 3 <p>3. Klik centang atau OK</p>	
<p>8.</p>	<p>Memilih jenis operasi HSR (High Speed Roughing)</p> <p>Setelah tahap awal selesai barulah jenis operasi milling dibuat pada benda. Caranya:</p> <p>1. Klik kanan <i>Operations-</i></p>	

	<p><i>Add Operation- HSR.</i></p> <p>2. Setelah itu akan muncul kotak dialog <i>HSR.</i></p>	
--	--	---

<p>9.</p>	<p>1. Pilih <i>Tool</i></p> <p>2. Pilih <i>Select</i></p> <p>3. Pilih <i>Bull Nose Mill</i></p>	
-----------	---	---

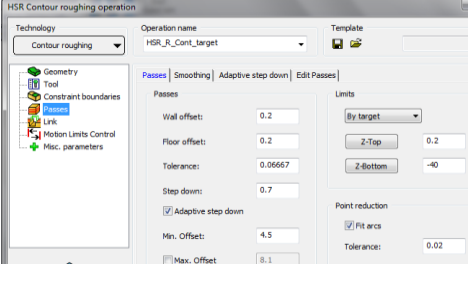
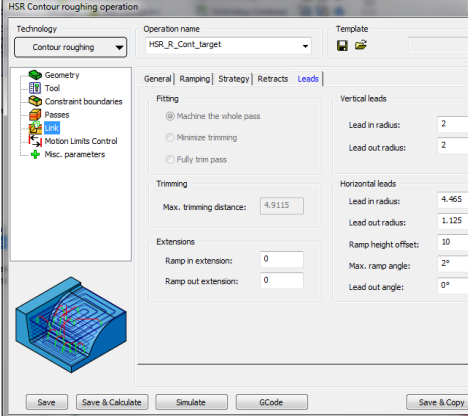
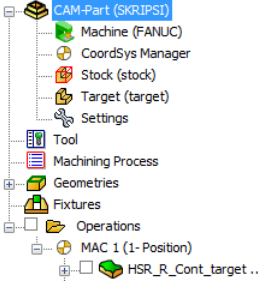


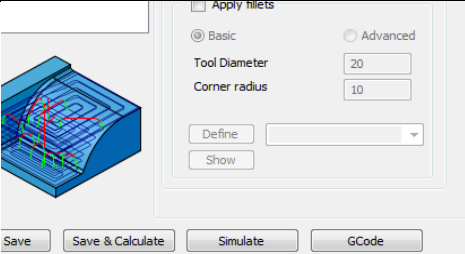
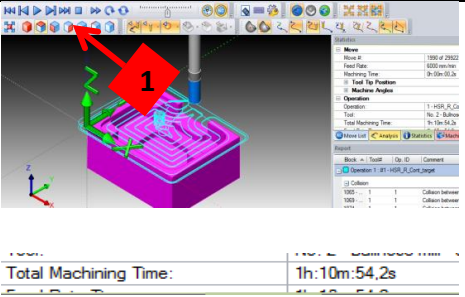
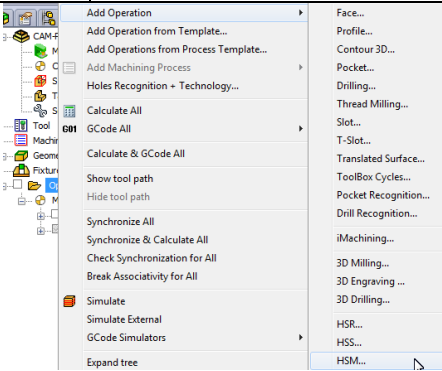
10.

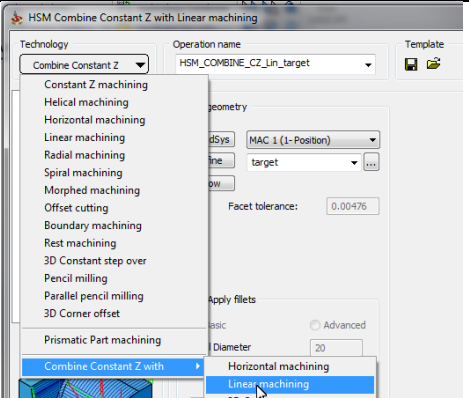
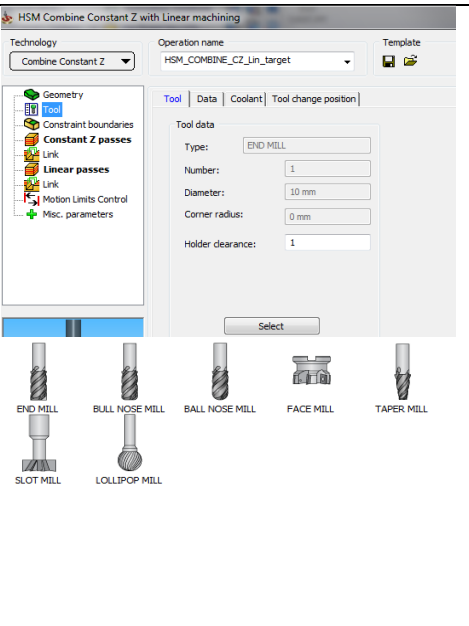


Pemilihan *Parameter Tool*

1. Isikan nilai tool sesuai dengan katalog *Widia Hanita* yang telah dipilih.
Misal isian pada *Topology*
(D) : 10 mm
(R) : 0.3 mm
(TL) : 72 mm
(OHL) : 50 mm
(SL) : 30 mm
(CL) : 22 mm
2. Flutes : 4
3. Pada *Tool Data*

	<p>F (mm/min) diisi sesuai dengan level yang dipilih. <i>Spin V</i> (m/min) juga diisi sesuai dengan level yang dipilih.</p> <p>4. Klik <i>Select</i></p>	
<p>11.</p>	<p>1. Klik <i>Passes</i></p> <p>2. Isi <i>Wall offset</i> 0.2 mm</p> <p>3. Isi <i>stepdown</i> sesuai dengan level yang dipilih</p>	
<p>12.</p>	<p>1. Klik <i>Link</i></p> <p>2. Klik <i>Leads</i></p> <p>3. Pada <i>Ramp height offset</i> isi sesuai level yang dipilih.</p> <p>4. Klik <i>Save & Calculate</i>.</p>	
<p>13.</p>	<p>Setelah itu Operasi bernama <i>HSR</i> selesai dibuat dan pada <i>SolidCAM Manager</i> muncul <i>HSR_R_Cont_tar</i></p>	

	get..	
14.	Klik <i>simulate</i> untuk melihat proses pemesinan dan memperoleh waktu pemesinan.	
15.	Klik <i>play</i> untuk memulai proses pemesinan dan di kotak dialog informasi sebelah kanan akan muncul total waktu pemesinan.	
16.		
<p>Memilih jenis operasi <i>HSM (High Speed Machining)</i> Operasi <i>HSM</i> berfungsi sebagai proses finishing benda. Caranya: Klik kanan <i>Operations-Add Operation-HSM</i>. Setelah itu akan muncul kotak dialog <i>HSM</i>.</p>		

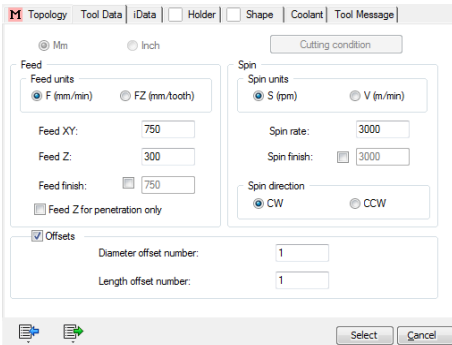
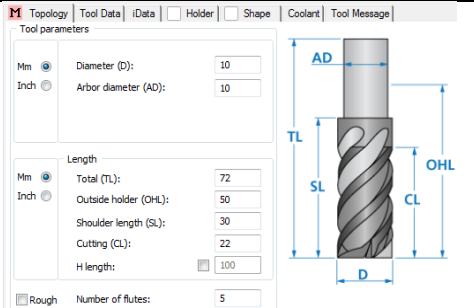
<p>17. Pada kotak dialog <i>HSM</i> bagian <i>Technology</i>, Pilih <i>Combine constant z with-Linear machining</i>. Hal ini berfungsi supaya proses <i>machining</i> menyeluruh pada bagian sisi benda kerja.</p>	
<p>18. 1. Klik <i>Tool</i> 2. Klik <i>Select</i> 3. Pilih pahat jenis <i>EndMill</i>.</p>	

19. Pemilihan

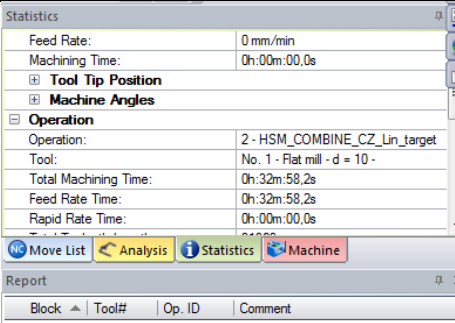
Parameter Tool

1. Isikan nilai *tool* sesuai dengan katalog *Widia Hanita* yang telah dipilih. Misal isian pada *Topology*
(D) : 10 mm
(TL) : 72 mm
(OHL) : 50 mm
(SL) : 30 mm
(CL) : 22 mm
Flutes : 5

2. Pada *Tool Data*
F (mm/min) diisi sesuai dengan level yang dipilih.
Spin V (m/min) juga diisi sesuai dengan level yang dipilih.
3. Klik *Select*



<p>20. Klik <i>Constant Z passes</i> Pada bagian <i>Passes</i> isi: <i>Wall Offset</i> = 0 <i>Step down</i> = sesuai level yang dipilih</p>		
<p>21. 1. Klik <i>link</i> 2. Klik <i>Leads</i> 3. Pada bagian <i>ramp height offset</i> isi sesuai level yang dipilih. 4.</p>		
<p>22. 1. Klik <i>Save & Calculate</i> 2. Klik <i>Simulate</i></p>		
<p>23. 1. Klik <i>Play</i> untuk melihat proses pemesinan.</p>		

24.	<p>Pada bagian kotak dialog Statistics sebelah kanan akan muncul <i>Total Machining Time</i> untuk operasi <i>HSM</i>.</p>	 <p>The screenshot shows a 'Statistics' window with the following data:</p> <table border="1" data-bbox="490 199 945 406"> <tr><td>Feed Rate:</td><td>0 mm/min</td></tr> <tr><td>Machining Time:</td><td>0h:00m:00.0s</td></tr> <tr><td>Tool Tip Position</td><td></td></tr> <tr><td>Machine Angles</td><td></td></tr> <tr><td>Operation</td><td></td></tr> <tr><td>Operation:</td><td>2 - HSM_COMBINE_CZ_Lin_target</td></tr> <tr><td>Tool:</td><td>No. 1 - Flat mill - d = 10 -</td></tr> <tr><td>Total Machining Time:</td><td>0h:32m:58.2s</td></tr> <tr><td>Feed Rate Time:</td><td>0h:32m:58.2s</td></tr> <tr><td>Rapid Rate Time:</td><td>0h:00m:00.0s</td></tr> </table> <p>Buttons: Move List, Analysis, Statistics, Machine</p> <p>Report Table:</p> <table border="1" data-bbox="490 470 945 496"> <thead> <tr> <th>Block</th> <th>Tool#</th> <th>Op. ID</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Feed Rate:	0 mm/min	Machining Time:	0h:00m:00.0s	Tool Tip Position		Machine Angles		Operation		Operation:	2 - HSM_COMBINE_CZ_Lin_target	Tool:	No. 1 - Flat mill - d = 10 -	Total Machining Time:	0h:32m:58.2s	Feed Rate Time:	0h:32m:58.2s	Rapid Rate Time:	0h:00m:00.0s	Block	Tool#	Op. ID	Comment				
Feed Rate:	0 mm/min																													
Machining Time:	0h:00m:00.0s																													
Tool Tip Position																														
Machine Angles																														
Operation																														
Operation:	2 - HSM_COMBINE_CZ_Lin_target																													
Tool:	No. 1 - Flat mill - d = 10 -																													
Total Machining Time:	0h:32m:58.2s																													
Feed Rate Time:	0h:32m:58.2s																													
Rapid Rate Time:	0h:00m:00.0s																													
Block	Tool#	Op. ID	Comment																											

DAFTAR PUSTAKA

Groover, Zimmers; *CAD/CAM, Computer Aided Design and Manufacturing*, Prentice Hall, 1984.

Koren; *Computer Control of Manufacturing Processes*, McGraw Hill, 1985.

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.

Kucukturk, G.; Cogun, C. (2010). "A New Method for Machining of Electrically Nonconductive Workpieces Using Electric Discharge Machining Technique". *Machining Science and Technology*. 14 (2): 189.

<https://news.ralali.com/jenis-jenis-mata-bor-dan-fungsinya>

<https://sujanayogi.wordpress.com/2010/03/05/cnc-milling-machine-mesin-milling-cnc>

<https://news.ralali.com/jenis-jenis-mata-bor-dan-fungsinya>

<https://sujanayogi.wordpress.com/2010/03/05/cnc-milling-machine-mesin-milling-cnc>

<https://www.solidcam.com/cam-solutions/cam-modules/25d-milling/>

<http://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/?guid=GUID7F733F24-48FB-436F-802C-51116831F616>

FUNGSI Kode G dan Kode M

NO	Kode Fungsi	Fungsi dan Kegunaan
1	G00	Perintah Gerakan cepat tanpa penyayatan.
2	G01	Perintah gerakan sayat linier lurus,melintang.
3	G02	Gerakan perintah interpolasi melingkar searah jarum jam.
4	G03	Gerakan perintah interpolasi berlawanan arah jarum jam.
5	G04	Perintah waktu tinggal diam.
6	G21	Perintah pembuatan blok kosong.
7	G24	Perintah penetapan radius.
8	G25	Perintah pemanggilan progam atau subprogram.
9	G27	Perintah melompat ke nomer blok progam.
10	G33	Perintah pemotongan ulir tunggal.
11	G64	Perintah mematikan motor atau step motor.
12	G65	Perintah pelayanan disket.
13	G66	Perintah dengan pelayanan komputer.
14	G73	Perintah siklus pengeboran dengan pemusatan tatal
15	G78	Perintah siklus penyayatan ulir
16	G81	Perintah siklus pengeboran langsung.

17	G82	Perintah siklus pengeboran dengan waktu tinggal diam.
18	G83	Perintah siklus pengeboran dengan penarikan tatal.
19	G84	Perintah siklus pembubutan memanjang.
20	G86	Perintah siklus pemotongan alur.
21	G88	Perintah siklus pembubutan melintang.
22	G90	Perintah progam absolute.
23	G91	Perintah progam ikremental.
24	G92	Perintah penetapan titik awal absolute.
25	M00	Perintah berhenti progam
26	M03	Perintah sumbu utama berputar searah jarum jam.
27	M04	Perintah sumbu utama berputar berlawanan jarum jam.
28	M05	Perintah sumbu utama berhenti terprogam.
29	M06	Perintah pergantian alat potong dengan cara terprogam.
30	M17	Perintah kembali ke progam utama.
31	M30	Perintah progam berakhir.
32	M99	Perintah parameter lingkaran.
33	A00	Salah perintah fungsi G atau M.
34	A01	Salah perintah fungsi G02 atau G03.
35	A05	Kurang perintah M30.
36	A12	Salah pengecekan.

37	A13	Pengalihan inchi atau mm dengan pelayanan pemuatan.
38	A14	Salah menetapkan satuan dimensi.
39	A17	Salah subprogam.



UMSIDA PRESS
Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo

