



GURU PEMBELAJAR

MODUL PELATIHAN GURU

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



Profesional :
MANAJEMEN PROYEK FABRIKASI LOGAM

Pedagogik :
PENELITIAN TINDAKAN KELAS (PTK)

MANAJEMEN PROYEK FABRIKASI LOGAM

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK PEMESINAN

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK MESIN

Penyusun:

Tim PPPPTK

BMTI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN

2015

KATA PENGANTAR

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

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

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

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

Jakarta, Desember 2015
Direktur Jenderal,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP: 195908011985031002

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi.....	2
D. Ruang Lingkup.....	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul.....	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN	5
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PENELITIAN TINDAKAN KELAS	5
A. Tujuan	5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	5
C. Uraian Materi.....	6
D. Aktivitas Pembelajaran	28
E. Rangkuman	29
F. Tes Formatif	30
KEGIATAN PEMBELAJARAN KB-2 : SISTEM CAD/CAM.....	35
A. Tujuan	35
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	35
C. Uraian Materi.....	36

D. Aktivitas Pembelajaran	74
E. Rangkuman	77
F. Tes Formatif	77
G. Kunci Jawaban.....	80
KEGIATAN PEMBELAJARAN KB-3 : PENGGUNAAN SISTEM CAD/CAM PADA PROSES BUBUT	81
A. Tujuan	81
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	81
C. Uraian Materi	82
D. Aktivitas Pembelajaran	125
E. Rangkuman	128
F. Tes formatif.....	128
G. Kunci jawaban tes formatif	129
KEGIATAN PEMBELAJARAN KB-4 : PENGGUNAAN SISTEM CAD/CAM PADA PROSES MILLING	130
A. Tujuan	130
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	130
C. Uraian Materi.....	131
D. Aktivitas Pembelajaran	205
E. Rangkuman	209
F. Tes Formatif	210
G. Jawaban Tes Formatif	211
PENUTUP	213
DAFTAR PUSTAKA.....	221
GLOSSARIUM.....	222

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Alur Penelitian Tindakan Kelas dengan 4 Tahap Kegiatan	18
Gambar 2.1. Suatu sistem CAD/CAM dalam pembuatan produk.....	37
Gambar 2.2. Pemodelan Geometri 2D dan 3D	42
Gambar 2.3. Model Wire Frame	43
Gambar 2.4. Metode pembentukan garis spline	45
Gambar 2.5. Ilustrasi kurva B-Spline dan NURBS.....	45
Gambar 2.6. Model Solid	46
Gambar 2.7. Contoh desain parametrik dan hasil perubahannya	47
Gambar 2.8. Tampilan layar sistem CAD/CAM lengkap dengan menu bantuan	51
Gambar 2.9. Bentuk sebuah Toolpath	52
Gambar 2.10. Alur kerja sistem CAD/CAM	53
Gambar 2.11. Sebuah potongan program APT	55
Gambar 2. 12. Aliran informasi data Post Processor spesifik	55
Gambar 2.13. Post processor spesifik yang tampilan huruf berwarna agar lebih mudah dibaca	56
Gambar 2.14. Simulasi berkas CL-file.....	57
Gambar 2.15. Data CL-file	58
Gambar 2.16. Berkas MCD (Machine Control Data)	58
Gambar 2.17. Toolpath proses gurdi dua buah lubang	59
Gambar 2.18. G-Code proses gurdi hasil pasca proses (a) dan setelah proses edit (b).....	60
Gambar 2.19. Proses edit program G-Code	61
Gambar 2.20. Sebuah fasilitas DNC	63
Gambar 2.21. Area jaringan lokal untuk banyak CNC.....	64
Gambar 2.22. Toolpath pada proses pembubutan.....	66
Gambar 2.23. Grafik rpm vs daya dan rpm vs torsi	73
Gambar 3. 1 Produk untuk media pembelajaran	82
Gambar 3. 2 Tampilan awal sistem untuk proses bubut	83

Gambar 3.3 Obyek latihan bubut 2.....	126
Gambar 4. 1. Produk untuk Latihan Milling CNC	131
Gambar 4. 2. Tampilan awal sistem untuk proses milling	132
Gambar 4. 3. Obyek latihan milling 2.....	236

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Format pertukaran CAD yang lazim digunakan.....	49
Tabel 2.2. Format pertukaran gambar	49
Tabel 2. 3. Strategi toolpath proses pemesinan milling	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Modul PKB level 10 “Teknik dan Sistem CAD/CAM” merupakan salah satu modul dari 10 modul yang direncanakan untuk kegiatan pembelajaran program diklat produktif. Hasil yang akan didapat setelah mempelajari modul ini Peserta diklat akan mampu baik secara pengetahuan teori maupun melakukan praktik pada sistem CAD/CAM. Selain itu juga menguasai tentang usaha untuk mengelola pendukung sistem tersebut seperti jaringan komputer, pemilihan sistem CAD/CAM yang berkesesuaian dengan kontrol mesin.

Uraian kegiatan pembelajaran Modul ini berisi tiga bahan bacaan kajian teori dan dua bahan latihan praktik. Oleh karena pelatihan praktik berdasarkan kepada kajian teori maka sebelum melaksanakan pelatihan praktik ini Peserta diklat harus sudah mengerti, memahami dan menguasai kajian teorinya dengan baik.

Waktu penyelesaian untuk modul ini adalah 200 jam pembelajaran. Namun perlu diingat bahwa pada sistem pelatihan berdasarkan kompetensi fokusnya ada pada pencapaian kompetensi bukan pada lamanya waktu. Setiap Peserta diklat mungkin membutuhkan waktu yang berbeda pula untuk menjadi kompeten dalam keterampilan tertentu. Oleh karena itu kegiatan dan waktu penyelesaian modul untuk setiap peserta diklat tidak selalu sama dan sangat tergantung dari kecepatan dan kemampuan individu peserta diklat

B. Tujuan

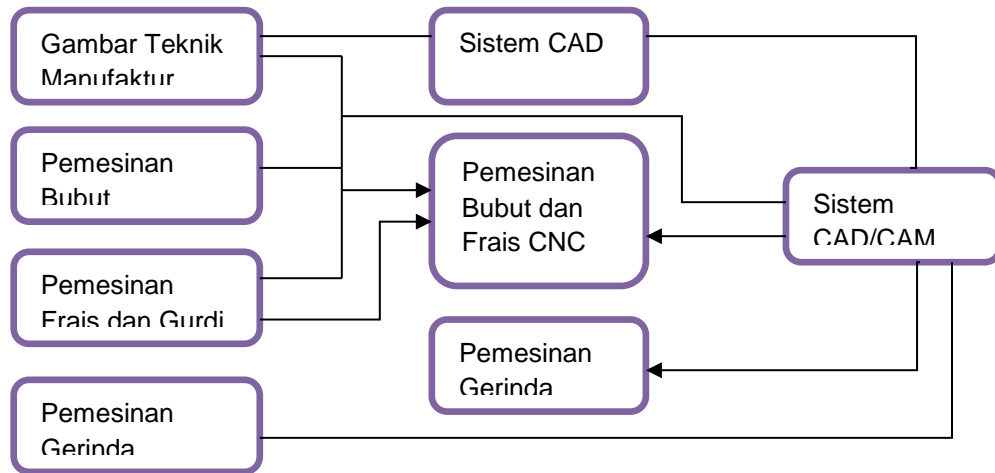
Modul ini disajikan dengan tujuan memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan pemesinan serta tata laksana kerja dalam menggunakan sistem CAD/CAM, secara rincinya adalah agar peserta diklat dapat :

1. Memahami pengertian tentang sistem CAD/CAM dalam pembuatan suatu produk manufaktur yang terintegrasi.
2. Mengetahui model citra grafis yang akan digunakan dalam pembuatan gambar produk pada suatu sistem CAD/CAM.
3. Mengetahui cara kerja sistem CAM dalam mengolah data numerik untuk mesin CNC.
4. Mengetahui beberapa istilah yang lazim digunakan dalam operasi sistem CAD/CAM.
5. Mengelola pengolahan produk mulai dari pemodelan geometri hingga menghasilkan program numerik untuk menjalankan mesin CNC.

C. Peta Kompetensi

Untuk mencapai kompetensi ini Peserta diklat harus menempuh beberapa modul PKB pada paket keahlian teknik mesin terlebih dahulu.

1. Modul PKB level 1 Teknik Gambar Manufaktur sebagai dasar untuk membuat model geometri pada perangkat lunak CAD.
2. Modul PKB level 2 hingga level 6 yang memberikan pengetahuan dasar tentang operasi pemesinan bubut, frais/milling dan gurdi. Hal ini akan mendukung cara berpikir Peserta diklat dalam menghasilkan lintasan alat potong yang optimal.
3. Modul PKB level 9 tentang Teknik Pemograman dan Penggunaan Mesin CNC yang akan menjadi obyek pelaksana perintah kerja dalam pemanfaatan sistem CAD/CAM.
4. Modul PKB level 7 dan 8 yang memberikan pengetahuan pemesinan gerinda merupakan tambahan penguasaan pengetahuan proses pemesinan karena proses pengerjaannya akan dilakukan pada mesin gerinda CNC.



Secara keilmuan sebelum sampai ke kompetensi sistem CAD/CAM maka Peserta diklat harus mempunyai dasar gambar teknik dan proses pemesinan secara *manual* lengkap dengan pengetahuan pendukungnya. Untuk pembuatan bentuk benda sederhana maka bisa langsung di rencanakan di mesin CNC karena saat ini sudah ada mesin CNC yang dilengkapi dengan paket sistem CAD pada kontrol mesinnya. Sedangkan untuk bentuk benda kompleks maka diperlukan sistem CAD/CAM untuk membantu membuat perintah ke mesin CNC.

D. Ruang Lingkup

Lingkup pembelajaran dalam Modul PKB level 10 “Teknik dan Sistem CAD/CAM” yaitu :

❖ Tentang Sistem CAD :

1. Pemodelan geometri pada CAD terintegrasi sistem CAD/CAM
2. Langkah-langkah menghasilkan data model geometri
3. Metode dan standar pertukaran format CAD
4. Penggunaan CAD yang terintegrasi sistem CAD/CAM

❖ Tentang Sistem CAM

1. Pengertian mengenai *Computer Aided Part Programming*
2. Alur kerja sistem CAM
3. Mengelola *post processor*
4. Penyesuaian data NC
5. Pengiriman data ke mesin CNC

❖ Strategi Pemotongan

Peningkatan produktivitas melalui proses untuk mendapatkan waktu pemesinan yang optimal dengan cara menggunakan beberapa metode jalur lintasan terpendek atau memilih parameter pemesinan yang sesuai ataupun memanfaatkan daya pemotongan maksimum pada mesin CNC dengan mengatur kecepatan pemakanan. Data ini akan dimasukkan ke dalam proses pengolahan pada sistem agar diketahui prestasi waktu proses pemesinannya.

❖ Penerapan Sistem CAD/CAM pada contoh produk untuk mengolah model geometrinya hingga menghasilkan program numerik memanfaatkan aplikasi perangkat lunak baik untuk mesin bubut maupun mesin milling CNC yang telah disediakan.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Agar dapat menguasai materi modul ini, maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan adalah :

1. Memahami tujuan yang hendak dicapai apabila Anda telah menyelesaikan modul ini
2. Pelajari dan kuasai serta yakinkan dari Anda bahwa Anda telah benar-benar menguasai kompetensi tersebut sebelum Anda mempelajari kompetensi selanjutnya.
3. Jika Anda mempelajari modul ini melalui maka Anda boleh bertanya dan meminta mendemonstrasikan hal-hal yang belum Anda pahami.
4. Kerjakanlah latihan/tugas/evaluasi yang diberikan setelah Anda mempelajari dan kuasai materitersebut, agar Anda dapat mengukur kemampuan Anda.
5. Untuk memberikan kebenaran dari hasil/tugas/evaluasi Anda, gunakan kunci jawaban yang disediakan
6. Untuk kegiatan praktik, gunakan format penilaian yang disediakan agar kompetensi yang diharapkan tercapai.
7. Semua tugas wajib diselesaikan oleh semua peserta pelatihan. Pengerjaan tugas yang bersifat teori ditulis pada lembaran jawaban terpisah. Pengerjaan tugas yang bersifat praktik dikerjakan di laboratorium, bengkel atau dilapangan.

BAB II

KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PENELITIAN TINDAKAN KELAS

A. Tujuan

Tujuan dari penulisan modul ini adalah:

1. melalui membaca dan menggali informasi peserta diklat dapat menjelaskan tentang pengertian refleksi hasil pembelajaran dengan benar dan percaya diri sesuai batasan modul
2. melalui diskusi kelompok peserta diklat dapat melakukan refleksi hasil pembelajaran dengan teliti
3. melalui membaca dan menggali informasi peserta diklat dapat menjelaskan tentang pengertian pengembangan pembelajaran dengan percaya diri
4. melalui latihan peserta diklat dapat mengembangkan pembelajaran dengan penuh tanggungjawab
5. melalui membaca dan menggali informasi peserta diklat dapat menjelaskan tentang pengertian penelitian tindakan kelas dengan percaya diri
6. melalui diskusi peserta diklat dapat membuat proposal penelitian tindakan kelas sesuai sistematika yang disepakati dengan percaya diri
7. melalui penugasan peserta diklat dapat melakukan penelitian tindakan kelas sesuai proposal yang dibuat dengan percaya diri

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menjelaskan pengertian refleksi hasil pembelajaran
2. Melakukan refleksi terhadap hasil pembelajaran
3. Menjelaskan pengertian pengembangan pembelajaran
4. Melakukan pengembangan pembelajaran
5. Menjelaskan pengertian penelitian tindakan kelas
6. Membuat proposal penelitian tindakan kelas
7. Melakukan penelitian tindakan kelas

C. Uraian Materi

1. Refleksi Hasil Pembelajaran

Keberhasilan suatu pembelajaran dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satunya adalah faktor guru yang melaksanakan pembelajaran. Oleh karenanya, dalam melaksanakan pembelajaran, guru harus berpijak pada prinsip-prinsip tertentu. Dimiyati dan Mudjiono (1994) mengemukakan ada tujuh prinsip pembelajaran yaitu:

1.1. Perhatian dan Motivasi

Perhatian mempunyai peranan penting dalam kegiatan belajar, bahkan tanpa adanya perhatian tak mungkin terjadi proses belajar. Perhatian terhadap pelajaran akan timbul pada peserta didik apabila bahan pelajaran sesuai dengan kebutuhannya, bahkan dapat membangkitkan motivasi belajarnya

1.2. Keaktifan

Pada dasarnya peserta didik adalah manusia aktif yang mempunyai dorongan untuk berbuat sesuatu, mempunyai kemauan dan aspirasinya sendiri. Belajar hanya mungkin terjadi apabila peserta didik aktif mengalami sendiri.

1.3. Keterlibatan Langsung/Berpengalaman

Belajar berarti mengalami. Belajar tidak bisa dilimpahkan kepada orang lain. Belajar harus dilakukan sendiri oleh peserta didik. Edgar Dale dalam "*cone of experience*"-nya mengemukakan, "belajar yang paling baik adalah belajar melalui pengalaman langsung."

1.4. Pengulangan

Menurut teori psikologi, daya belajar adalah melatih daya-daya yang ada pada jiwa manusia, seperti daya mengamati, menanggapi, mengingat, mengkhayal, merasakan dan berfikir. Melalui pengulangan, maka daya-daya tersebut akan berkembang.

1.5. Tantangan

Field Theory dari Kurt Lewin mengemukakan bahwa peserta didik dalam situasi belajar berada dalam suatu medan atau lapangan psikologis. Dalam proses belajar, peserta didik menghadapi suatu tujuan yang ingin dicapai, tetapi selalu terdapat hambatan, yaitu mempelajari bahan belajar, maka timbullah motif untuk mengatasi hambatan itu, yaitu dengan mempelajari belajar tersebut

1.6. Balikan dan Penguatan

Peserta didik akan belajar lebih bersemangat apabila mengetahui dan mendapatkan hasil yang baik. Untuk itu, guru harus melakukan penilaian hasil belajar. Hasil belajar yang baik akan balikan (feedback) yang menyenangkan dan berpengaruh baik terhadap kegiatan belajar selanjutnya.

1.7. Perbedaan Individual

Setiap peserta didik memiliki perbedaan satu dengan yang lain. Perbedaan itu terdapat pada karakteristik psikis, kepribadian dan sifat-sifatnya. Perbedaan individual ini dapat berpengaruh pada cara dan hasil belajar peserta didik.

Setelah melaksanakan proses pembelajaran, tentu guru ingin mengetahui bagaimana hasilnya. Salah satu cara yang harus dilakukan adalah dengan cara mengevaluasi diri sendiri secara jujur, objektif, dan komprehensif. Hal ini dimaksudkan agar guru dapat segera mengetahui kelemahan-kelemahan yang dilakukan dalam melaksanakan pembelajaran dan berupaya memperbaikinya untuk pembelajaran yang akan datang. Bisa saja kelemahan-kelemahan tersebut diperoleh dari orang lain atau dari peserta didik sendiri, tetapi akan lebih bijaksana bila hal tersebut dilakukan sendiri oleh guru. Mungkin kita belum terbiasa atau terlatih dengan evaluasi diri, tetapi tidak ada kata terlambat untuk memulai sesuatu yang positif dan bermakna untuk kita.

Sejalan dengan filosofi bahwa, sejatinya pendidik harus bertindak sebagai pelayan, maka perlu tindakan yang dapat memuaskan peserta didik, yaitu berupa kegiatan

dimana kedua belah pihak yang terlibat dalam proses belajar mengajar diberikan ruang untuk saling menilai. Kalau penilaian dari pendidik kepada peserta didik, itu hal biasa, namun budaya untuk menilai dari peserta didik kepada pendidik, itu hal yang luar biasa dan istimewa. Padahal kegiatan itu sangat penting untuk memberikan informasi positif tentang bagaimana pendidik melakukan tugasnya sekaligus sebagai bahan observasi untuk mengetahui sejauh mana tujuan pendidikan itu tercapai. Sekaligus dalam kegiatan tersebut akan dapat diketahui tingkat kepuasan peserta didik dalam proses belajar mengajar, sehingga dapat dijadikan wahana untuk menjalin komunikasi yang baik antara pendidik dengan peserta didik. Inilah refleksi dalam pendidikan.

Refleksi sangat penting dan seharusnya dilakukan oleh guru karena melalui instrumen refleksi yang digunakan dapat diperoleh informasi positif tentang bagaimana cara guru meningkatkan kualitas pembelajarannya sekaligus sebagai bahan observasi untuk mengetahui sejauh mana tujuan pembelajaran itu tercapai. Selain itu, melalui kegiatan ini dapat tercapai kepuasan dalam diri peserta didik yaitu memperoleh wadah yang tepat dalam menjalin komunikasi positif dengan gurunya. Jika dari refleksi diperoleh hasil baik dan disenangi oleh peserta didik, maka guru dapat mempertahankannya, tetapi jika masih kurang diminati oleh peserta didik, maka kewajiban guru yang bersangkutan adalah segera mengubah model pembelajaran dengan memadukan metode-metode atau teknik-teknik yang sesuai berdasarkan kesimpulan dari hasil refleksi yang dilakukan sebelumnya. Apapun hasil refleksi peserta didik seharusnya dihadapi dengan bijaksana dan positif thinking, karena tujuan akhir dari ini semua adalah untuk pendidikan.

Berbagai kekurangan atau kelemahan, mulai dari tahap persiapan, pelaksanaan dan evaluasi yang diperoleh dari hasil refleksi suatu proses pembelajaran, perlu segera ditindaklanjuti dengan perbaikan. Namun, semakin banyak seseorang memiliki pengalaman, maka diharapkan akan semakin sedikit kesalahan yang dilakukan. Pepatah lama mengatakan "*experiece is the best teacher*". Hal ini berdasarkan suatu pemikiran bahwa seseorang tidak akan melakukan kesalahan yang serupa pada kegiatan pembelajaran berikutnya. Oleh sebab itu, untuk mencapai suatu

kesuksesan, belajarlal dari pengalaman masa lalu sebagai bahan perbaikan. Tanpa adanya refleksi, tidak mudah bagi kita untuk mengetahui bagian-bagian atau aspek-aspek mana dari pembelajaran yang dianggap masih lemah.

Salah satu jenis penilaian yang dapat dilakukan guru dalam pembelajaran adalah penilaian diagnostik, yaitu penilaian yang berfungsi mengidentifikasi faktor-faktor Penyebab Kegagalan dan Pendukung Keberhasilan dalam Pembelajaran. Berdasarkan penilaian diagnostik ini, guru melakukan perbaikan-perbaikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Jika guru tidak mengetahui faktor-faktor Penyebab Kegagalan dan Pendukung Keberhasilan dalam Pembelajaran, maka akan sulit bagi guru untuk memperbaiki kualitas pembelajaran. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor Penyebab Kegagalan dan Pendukung Keberhasilan dalam Pembelajaran, guru dapat melakukannya secara perseorangan atau melalui teknik evaluasi diri atau dapat juga dilakukan secara kelompok, bersama gurusejawat lainnya yang mengajar bidang studi srumpun.

Untuk Mengoptimalkan Proses dan Hasil Belajar hendaknya kita berpijak pada hasil identifikasi faktor-faktor Penyebab Kegagalan dan Pendukung Keberhasilan dalam Pembelajaran, berdasarkan hasil identifikasi ini kemudian kita mencari alternatif pemecahannya, kemudian dari berbagai alternatif itu kita pilih mana yang mungkin dilaksanakan dilihat dari berbagai kesiapan guru, kesiapan peserta didik, sarana dan prasarana, dan sebagainya. Mengoptimalkan proses dan hasil belajar berarti melakukan berbagai upaya perbaikan agar proses belajar dapat berjalan dengan efektif dan hasil belajar dapat diperoleh secara optimal

Salah satu komponen penting dalam sisitem pembelajaran adalah materi. Banyak hasil penelitian menunjukan lemahnya penguasaan peserta didik terhadap materi pelajaran. Padahal dalam silabus, materi pelajaran sudah diatur sedemikian rupa, baik ruang lingkup, urutan materi maupun penempatan materi. Dalam hal tertentu, kita tidak mungkin memaksakan peserta didik untuk melanjutkan ke materi pembelajaran berikutnya.

Jika sebagian besar peserta didik belum menguasai kompetensi yang diharapkan, maka kita segera mengetahui dan mencari alternatif solusi agar peserta didik

tersebut dapat menguasai kompetensi yang diharapkan. Setelah diketahui siapa saja peserta didik yang gagal menguasai kompetensi, materi apa yang dianggap sulit, dimana letak kesulitannya, kemudian mencari alternatif pemecahan, antara lain melakukan pembelajaran remedial

Pengembangan suatu pembelajaran dapat dilakukan berdasarkan hasil refleksi. Refleksi adalah suatu kegiatan yang dilakukan dalam proses belajar mengajar berupa penilaian tertulis maupun lisan (umumnya tulisan) oleh anak didik atau supervisor kepada guru, berisi ungkapan kesan, pesan, harapan serta kritik membangun atas pembelajaran yang telah dilakukan. Bahasa yang paling sederhana dan mudah dipahami adalah refleksi ini sangat mirip dengan curhatan anak didik atau supervisor terhadap guru tentang hal-hal yang dialami dalam kelas sejak dimulai hingga berakhirnya pembelajaran.

2. Pengembangan Pembelajaran

Interaksi di bidang pendidikan dapat diwujudkan melalui interaksi siswa dengan siswa, siswa dengan guru, siswa dengan masyarakat, guru dengan guru, guru dengan masyarakat disekitar lingkungannya. Proses interaksi ini dapat dibina dan dikembangkan sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai dalam proses pembelajaran. Dengan kata lain, pengembangan pembelajaran merupakan proses yang dilakukan oleh guru dalam menata atau merancang pembelajaran sehingga dapat memenuhi tujuan pembelajaran yang telah ditentukan sebelumnya.

Pengembangan pembelajaran umumnya dilakukan berdasarkan hasil refleksi hasil pembelajaran sebelumnya dengan menerapkan model yang sesuai. Berikut beberapa model pengembangan pembelajaran yang dapat digunakan dalam mengembangkan pembelajaran.

2.1. Model ASSURE

Model ASSURE adalah jembatan antara peserta didik, materi, dan semua bentuk media. Model ini memastikan pengembangan pembelajaran dimaksudkan untuk membantu pendidik dalam pengembangan instruksi yang

sistematis dan efektif. Hal ini digunakan untuk membantu para pendidik mengatur proses belajar dan melakukan penilaian hasil belajar peserta didik. Ada enam langkah dalam pengembangan model ASSURE yaitu: *Analyze learner; State objectives; Select instructional methods, media and materials; Utilize media and materials; Require learner participation; Evaluate and revise.*

2.1.1. *Analyze learner*

Langkah pertama adalah mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik siswa yang disesuaikan dengan hasil-hasil belajar. Hal yang penting dalam menganalisis karakteristik siswa meliputi karakteristik umum dari siswa, kompetensi dasar yang harus dimiliki siswa (pengetahuan, kemampuan dan sikap), dan gaya belajar siswa

2.1.2. *State objectives*

Langkah selanjutnya adalah menyatakan standar dan tujuan pembelajaran yang spesifik mungkin. Tujuan pembelajaran dapat diperoleh dari kurikulum atau silabus, keterangan dari buku teks, atau dirumuskan sendiri oleh perancang pembelajaran.

2.1.3. *Select instructional methods, media and materials*

Tahap ini adalah memilih metode, media dan bahan ajar yang akan digunakan. Dalam memilih metode, media dan bahan ajar yang akan digunakan, terdapat beberapa pilihan, yaitu memilih media dan bahan ajar yang telah ada, memodifikasi bahan ajar, atau membuat bahan ajar yang baru.

2.1.4. *Utilize media and materials*

Tahap selanjutnya metode, media dan bahan ajar diuji coba untuk memastikan bahwa ketiga komponen tersebut dapat berfungsi efektif untuk digunakan dalam situasi sebenarnya. Untuk melakukannya melalui proses 5P, yaitu: *preview* (mengulas) metode, media dan bahan ajar; *prepare* (menyiapkan) metode, media dan bahan ajar; *prepare* (menyiapkan) lingkungan; *prepare* (menyiapkan) para pemelajar; dan *provide* (memberikan) pengalaman belajar.

2.1.5. *Require learner participation*

Keterlibatan siswa secara aktif menunjukkan apakah media yang digunakan efektif atau tidak. Pembelajaran harus didesain agar membuat aktivitas yang memungkinkan siswa menerapkan pengetahuan atau kemampuan baru dan menerima umpan balik mengenai kesesuaian usaha mereka sebelum dan sesudah pembelajaran

2.1.6. *Evaluate and revise*

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas pembelajaran dan juga hasil belajar siswa. Proses evaluasi dilakukan untuk memperoleh gambaran yang lengkap tentang kualitas sebuah pembelajaran.

Model ASSURE merupakan model desain pembelajaran yang bersifat praktis dan mudah diimplementasikan dalam mendesain aktivitas pembelajaran yang bersifat individual maupun klasikal. Dalam menganalisis karakteristik siswa sangat memudahkan untuk menentukan metode, media dan bahan ajar yang akan digunakan, sehingga dapat menciptakan aktivitas pembelajaran yang efektif, efisien dan menarik

2.2. Model ADDIE

Salah satu model desain pembelajaran yang memperlihatkan tahapan-tahapan desain yang sederhana dan mudah dipelajari adalah model ADDIE (*Analysis-Design-Develop-Implement-Evaluate*). ADDIE muncul pada tahun 1990-an yang dikembangkan oleh Reiser dan Mollenda. Salah satu fungsinya yaitu menjadi pedoman dalam membangun perangkat dan infrastruktur program pelatihan yang efektif, dinamis dan mendukung kinerja pelatihan itu sendiri. Model ini menggunakan 5 tahap pengembangan yakni :

2.2.1. *Analysis*

Analisis merupakan tahap pertama yang harus dilakukan oleh seorang pengembang pembelajaran. Kaye Shelton dan George Saltsman menyatakan ada tiga segmen yang harus dianalisis yaitu

siswa, pembelajaran, serta media untuk menyampaikan bahan ajarnya. Langkah-langkah dalam tahapan analisis ini setidaknya adalah: menganalisis siswa; menentukan materi ajar; menentukan standar kompetensi (*goal*) yang akan dicapai; dan menentukan media yang akan digunakan.

2.2.2. *Design*

Pendesainan dilakukan berdasarkan apa yang telah dirumuskan dalam tahapan analisis. Tahapan desain adalah analog dengan pembuatan silabus. Dalam silabus tersebut harus memuat informasi kontak, tujuan-tujuan pembelajaran, persyaratan kehadiran, kebijakan keterlambatan pekerjaan, jadwal pembelajaran, pengarahannya, alat bantu komunikasi, kebijakan teknologi, serta desain tatap muka untuk pembelajaran. Langkah-langkah dalam tahapan ini adalah membuat silabus yang di dalamnya termasuk: memilih standar kompetensi (*goal*) yang telah dibuat dalam tahapan analisis; menentukan kompetensi dasar (*objective*); menentukan indikator keberhasilan; memilih bentuk penilaian; menentukan sumber atau bahan-bahan belajar; menerapkan strategi pembelajaran; membuat *story board*; mendesain tatap muka.

2.2.3. *Development*

Tahapan ini merupakan tahapan produksi dimana segala sesuatu yang telah dibuat dalam tahapan desain menjadi nyata. Langkah-langkah dalam tahapan ini diantaranya adalah: membuat objek-objek belajar (*learning objects*) seperti dokumen teks, animasi, gambar, video dan sebagainya; membuat dokumen-dokumen tambahan yang mendukung

2.2.4. *Implementation*

Pada tahapan ini sistem pembelajaran sudah siap untuk digunakan oleh siswa. Kegiatan yang dilakukan dalam tahapan ini adalah mempersiapkan dan memasarkannya ke target siswa

2.2.5. *Evaluation*

Evaluasi dapat dilakukan dalam dua bentuk evaluasi yaitu formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilakukan selama dan di antara tahapan-tahapan tersebut. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk memperbaiki sistem pembelajaran yang dibuat sebelum versi terakhir diterapkan. Evaluasi sumatif dilakukan setelah versi terakhir diterapkan dan bertujuan untuk menilai keefektifan pembelajaran secara keseluruhan. Pertanyaan-pertanyaan yang dapat diajukan dalam tahapan evaluasi adalah: Apakah tujuan belajar tercapai oleh siswa?; Bagaimana perasaan siswa selama proses belajar? suka, atau tidak suka; Adakah elemen belajar yang bekerja dengan baik atau tidak baik?; Apa yang harus ditingkatkan?; Apakah informasi dan atau pesan yang disampaikan cukup jelas dan mudah untuk dimengerti?; Apakah pembelajaran menarik, penting, dan memotivasi?

2.3. Model Jerold E. Kemp

Model desain sistem pembelajaran yang dikemukakan oleh Jerold E. Kemp dkk. (2001) berbentuk lingkaran atau *Cycle*. Menurut mereka, model berbentuk lingkaran menunjukkan adanya proses kontinyu dalam menerapkan desain sistem pembelajaran. Model desain sistem pembelajaran yang dikemukakan oleh Kemp dkk. terdiri atas komponen-komponen sebagai berikut:

- 2.3.1. Mengidentifikasi masalah dan menetapkan tujuan pembelajaran yaitu menentukan tujuan pembelajaran umum dimana tujuan yang ingin dicapai dalam mengajarkan masing-masing pokok bahasan
- 2.3.2. Menentukan dan menganalisis karakteristik siswa. Analisis ini diperlukan antara lain untuk mengetahui apakah latar belakang

pedidikan dan sosial budaya siswa memungkinkan untuk mengikuti program, dan langkah apa yang perlu diambil.

- 2.3.3. Mengidentifikasi materi dan menganalisis komponen-komponen tugas belajar yang terkait dengan pencapaian tujuan pembelajaran.
- 2.3.4. Menetapkan tujuan pembelajaran khusus bagi siswa. Yaitu tujuan yang spesifik, operasional dan terukur, dengan demikian siswa akan tahu apa yang akan dipelajari, bagaimana mengerjakannya, dan apa ukurannya bahwa siswa telah berhasil. Dari segi guru rumusan itu dalam menyusun tes kemampuan dan pemilihan bahan/materi yang sesuai.
- 2.3.5. Membuat sistematika penyampaian materi pelajaran secara sistematis dan logis.
- 2.3.6. Merancang strategi pembelajaran. Kriteria umum untuk pemilihan strategi pembelajaran khusus tersebut: a) efisiensi, b) keefektifan, c) ekonomis, d) kepraktisan, peralatan, waktu, dan tenaga.
- 2.3.7. Menetapkan metode untuk menyampaikan materi pelajaran.
- 2.3.8. Mengembangkan instrument evaluasi. Yaitu untuk mengontrol dan mengkaji keberhasilan program secara keseluruhan, yaitu : a) siswa, b) program pembelajaran, c) instrumen evaluasi.
- 2.3.9. Memilih sumber-sumber yang dapat mendukung aktifitas pembelajaran.

3. Penelitian Tindakan Kelas

Penelitian tindakan kelas berasal dari istilah bahasa Inggris *Classroom Action Research*, yang berarti penelitian yang dilakukan pada sebuah kelas untuk mengetahui akibat tindakan yang diterapkan pada suatu subyek penelitian di kelas tersebut. Pertama kali penelitian tindakan kelas diperkenalkan oleh Kurt Lewin pada tahun 1946, yang selanjutnya dikembangkan oleh Stephen Kemmis, Robin Mc Taggart, John Elliot, Dave Ebbutt dan lainnya. Pada awalnya penelitian tindakan

menjadi salah satu model penelitian yang dilakukan pada bidang pekerjaan tertentu dimana peneliti melakukan pekerjaannya, baik di bidang pendidikan, kesehatan maupun pengelolaan sumber daya manusia. Salah satu contoh pekerjaan utama dalam bidang pendidikan adalah mengajar di kelas, menangani bimbingan dan konseling, dan mengelola sekolah. Dengan demikian yang menjadi subyek penelitian adalah situasi di kelas, individu siswa atau di sekolah. Para guru atau kepala sekolah dapat melakukan kegiatan penelitiannya tanpa harus pergi ke tempat lain seperti para peneliti konvensional pada umumnya.

Secara lebih luas penelitian tindakan diartikan sebagai penelitian yang berorientasi pada penerapan tindakan dengan tujuan peningkatan mutu atau pemecahan masalah pada sekelompok subyek yang diteliti dan mengamati tingkat keberhasilan atau akibat tindakannya, untuk kemudian diberikan tindakan lanjutan yang bersifat penyempurnaan tindakan atau penyesuaian dengan kondisi dan situasi sehingga diperoleh hasil yang lebih baik. Dalam konteks pekerjaan guru maka penelitian tindakan yang dilakukannya disebut Penelitian Tindakan Kelas, dengan demikian Penelitian Tindakan Kelas adalah suatu kegiatan penelitian dengan mencermati sebuah kegiatan belajar yang diberikan tindakan, yang secara sengaja dimunculkan dalam sebuah kelas, yang bertujuan memecahkan masalah atau meningkatkan mutu pembelajaran di kelas tersebut. Tindakan yang secara sengaja dimunculkan tersebut diberikan oleh guru atau berdasarkan arahan guru yang kemudian dilakukan oleh siswa.

Dalam hal ini arti Kelas tidak terikat pada pengertian ruang kelas, tetapi dalam pengertian yang lebih spesifik, yaitu kelas adalah sekelompok siswa yang dalam waktu yang sama, menerima pelajaran yang sama dari guru yang sama juga (Suharsimi: 2005).

Terdapat beberapa tujuan penelitian, diantaranya adalah untuk memecahkan masalah yang dihadapi manusia dan menemukan serta mengembangkan suatu pengetahuan. Khususnya untuk penelitian tindakan kelas memiliki tujuan untuk memperbaiki dan atau meningkatkan praktik pembelajaran secara berkesinambungan (Tim Pelatih Proyek PGSM : 1999).

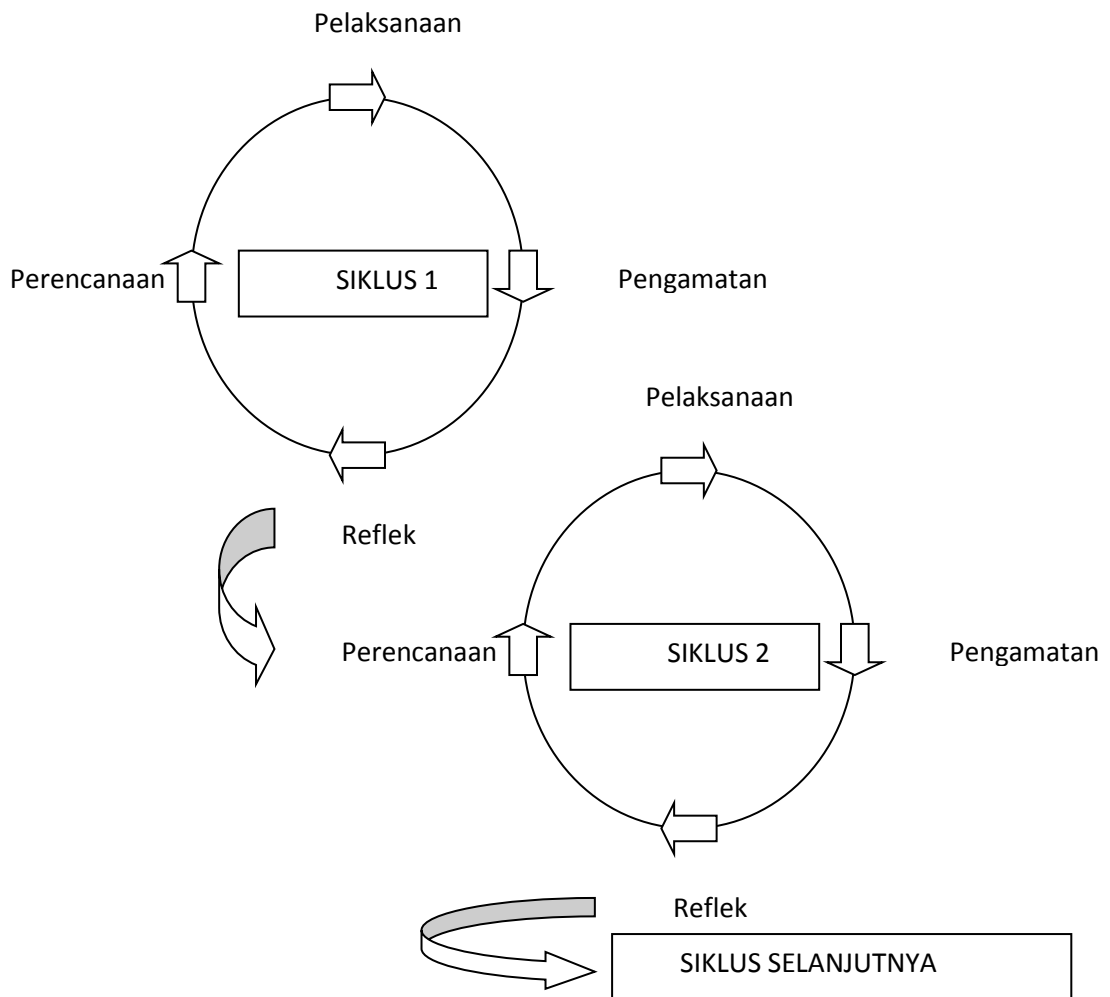
Beberapa pakar mengemukakan karakteristik penelitian tindakan kelas sebagai berikut : (1) didasarkan atas masalah yang dihadapi guru dalam pembelajaran; (2) dilakukan secara kolaboratif melalui kerja sama dengan pihak lain; (3) peneliti sekaligus sebagai praktisi yang melakukan refleksi; (4) bertujuan memecahkan masalah atau meningkatkan mutu pembelajaran; dan (5) dilaksanakan dalam rangkaian langkah yang terdiri dari beberapa siklus; (6) yang diteliti adalah tindakan yang dilakukan, meliputi efektifitas metode, teknik, atau proses pembelajaran (termasuk perencanaan, pelaksanaan dan penilaian); (7) tindakan yang dilakukan adalah tindakan yang diberikan oleh guru kepada peserta didik.

Agar peneliti memperoleh informasi atau kejelasan tetapi tidak menyalahi kaidah yang ditentukan, perlu kiranya difahami bersama prinsip-prinsip yang harus dipenuhi apabila sedang melakukan penelitian tindakan kelas. Secara umum prinsip-prinsip tersebut adalah : (1) tidak mengganggu komitmen guru sebagai pengajar; (2) metode pengumpulan data tidak menuntut waktu yang berlebihan; (3) metodologi yang digunakan harus reliable sehingga memungkinkan guru mengidentifikasi serta merumuskan hipotesis secara meyakinkan; (4) masalah berawal dari kondisi nyata di kelas yang dihadapi guru; (5) dalam penyelenggaraan penelitian, guru harus memperhatikan etika profesionalitas guru; (6) meskipun yang dilakukan adalah di kelas, tetapi harus dilihat dalam konteks sekolah secara menyeluruh; (7) tidak mengenal populasi dan sampel; (8) tidak mengenal kelompok eksperimen dan control; dan (9) tidak untuk digeneralisasikan.

3.1. Pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas

Ada beberapa ahli yang mengemukakan model penelitian tindakan kelas seperti dinyatakan sebelumnya, namun secara garis besar terdapat empat tahapan yang lazim dilalui, yaitu tahap: (1) perencanaan, (2) pelaksanaan, (3) pengamatan, dan (4) refleksi. Namun perlu diketahui bahwa tahapan pelaksanaan dan pengamatan sesungguhnya dilakukan secara bersamaan. Adapun model dan penjelasan untuk masing-masing tahap adalah sebagai berikut.

Gambar 1.1 Alur Penelitian Tindakan Kelas dengan 4 Tahap Kegiatan



Tahap 1: Perencanaan tindakan

Dalam tahap ini peneliti menjelaskan tentang apa, mengapa, kapan, di mana, oleh siapa, dan bagaimana tindakan tersebut dilakukan. Penelitian tindakan yang ideal sebetulnya dilakukan secara berpasangan antara pihak yang melakukan tindakan dan pihak yang mengamati proses jalannya tindakan (apabila dilaksanakan secara kolaboratif). Cara ini dikatakan ideal karena adanya upaya untuk mengurangi unsur subjektivitas pengamat serta mutu kecermatan amatan yang dilakukan. Bila dilaksanakan sendiri oleh guru sebagai peneliti maka instrumen pengamatan harus disiapkan disertai lembar catatan lapangan. Yang perlu diingat bahwa pengamatan yang diarahkan pada diri sendiri biasanya kurang teliti dibanding dengan pengamatan yang dilakukan terhadap hal-hal yang berada di luar diri, karena adanya unsur subjektivitas yang berpengaruh, yaitu cenderung mengunggulkan dirinya. Dalam pelaksanaan pembelajaran rencana tindakan dalam rangka penelitian dituangkan dalam bentuk Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP).

Tahap 2: Pelaksanaan Tindakan

Tahap ke-2 dari penelitian tindakan adalah pelaksanaan, yaitu implementasi atau penerapan isi rencana tindakan di kelas yang diteliti. Hal yang perlu diingat adalah bahwa dalam tahap 2 ini pelaksana guru harus ingat dan berusaha mentaati apa yang sudah dirumuskan dalam rencana tindakan, tetapi harus pula berlaku wajar, tidak kaku dan tidak dibuat-buat. Dalam refleksi, keterkaitan antara pelaksanaan dengan perencanaan perlu diperhatikan.

Tahap 3: Pengamatan terhadap tindakan

Tahap ke-3, yaitu kegiatan pengamatan yang dilakukan oleh pengamat (baik oleh orang lain maupun guru sendiri). Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa kegiatan pengamatan ini tidak terpisah dengan pelaksanaan

tindakan karena pengamatan dilakukan pada waktu tindakan sedang dilakukan. Jadi keduanya berlangsung dalam waktu yang sama. Sebutan tahap 2 dan 3 dimaksudkan untuk memberikan peluang kepada guru pelaksana yang berstatus juga sebagai pengamat, yang mana ketika guru tersebut sedang melakukan tindakan tentu tidak sempat menganalisis peristiwanya ketika sedang terjadi. Oleh karena itu kepada guru pelaksana yang berstatus sebagai pengamat ini untuk melakukan "pengamatan balik" terhadap apa yang terjadi ketika tindakan berlangsung. Sambil melakukan pengamatan balik ini guru pelaksana mencatat sedikit demi sedikit apa yang terjadi.

Tahap 4: Refleksi terhadap tindakan

Tahap ke-4 ini merupakan kegiatan untuk mengemukakan kembali apa yang sudah dilakukan. Istilah "refleksi" dari kata bahasa Inggris reflection, yang diterjemahkan dalam bahasa Indonesia pemantulan. Kegiatan refleksi ini sebetulnya lebih tepat dikenakan ketika guru pelaksana sudah selesai melakukan tindakan, kemudian berhadapan dengan peneliti untuk mendiskusikan implementasi rancangan tindakan. Inilah inti dari penelitian tindakan, yaitu ketika guru pelaku tindakan mengatakan kepada peneliti pengamat tentang hal-hal yang dirasakan sudah berjalan baik dan bagian mana yang belum. Apabila guru pelaksana juga berstatus sebagai pengamat, maka refleksi dilakukan terhadap diri sendiri. Dengan kata lain guru tersebut melihat dirinya kembali, melakukan "dialog" untuk menemukan hal-hal yang sudah dirasakan memuaskan hati karena sudah sesuai dengan rancangan dan mengenali hal-hal yang masih perlu diperbaiki. Dalam hal seperti ini maka guru melakukan "self evaluation" yang diharapkan dilakukan secara obyektif. Untuk menjaga obyektifitas tersebut seringkali hasil refleksi ini diperiksa ulang atau divalidasi oleh orang lain, misalnya guru/teman sejawat yang diminta mengamati, ketua jurusan, kepala sekolah atau nara sumber yang menguasai bidang tersebut.

Jadi pada intinya kegiatan refleksi adalah kegiatan evaluasi, analisis, pemaknaan, penjelasan, penyimpulan dan identifikasi tindak lanjut dalam perencanaan siklus selanjutnya.

Keempat tahap dalam penelitian tindakan tersebut adalah unsur untuk membentuk sebuah siklus, yaitu satu putaran kegiatan beruntun, dari tahap penyusunan rancangan sampai dengan refleksi, yang tidak lain adalah evaluasi. Apabila dikaitkan dengan "bentuk tindakan" sebagaimana disebutkan dalam uraian ini, maka yang dimaksud dengan bentuk tindakan adalah siklus tersebut. Jadi bentuk penelitian tindakan tidak pernah merupakan kegiatan tunggal tetapi selalu berupa rangkaian kegiatan yang akan kembali ke asal, yaitu dalam bentuk siklus.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Di dalam kegiatan penelitian, cara memperoleh data ini dikenal sebagai metode pengumpulan data. Metode pengumpulan data yang lazim dilakukan dalam penelitian tindakan kelas adalah metode observasi, wawancara, kuesioner, dokumentasi dan tes, yang kesemuanya merupakan bagian dari metode pengumpulan data. Seringkali orang mengartikan observasi sebagai suatu aktivitas yang sempit, yakni memperhatikan sesuatu dengan menggunakan mata. Di dalam pengertian psikologi, observasi atau yang disebut pula dengan pengamatan, meliputi kegiatan pemusatan perhatian terhadap sesuatu obyek dengan menggunakan seluruh alat indera. Jadi mengobservasi dapat dilakukan melalui penglihatan, penciuman, pendengaran, peraba dan pengecap.

3.3. Variabel dan Hipotesis

Variabel Penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya. (Sugiyono, 2007). Beberapa pakar mengatakan bahwa dalam penelitian tindakan kelas hanya

dikenal adanya variabel tunggal, yaitu variabel tindakan. Namun beberapa pakar lain menyebutkan **bahwa** terdapat dua variabel, yaitu variabel tindakan dan variabel masalah, karena tindakan yang dilakukan adalah untuk memecahkan masalah.

Tidak semua jenis penelitian mempunyai hipotesis. Hipotesis merupakan dugaan sementara yang selanjutnya diuji kebenarannya sesuai dengan model dan analisis yang cocok. Hipotesis penelitian dirumuskan atas dasar kerangka pikir yang merupakan jawaban sementara atas masalah yang dirumuskan.

3.4. Sasaran Penelitian

Sasaran atau objek dari penelitian tindakan kelas harus merupakan sesuatu yang aktif dan dapat dikenai aktivitas, bukan objek yang sedang diam dan tanpa gerak. Arikunto (2006). Beberapa pakar mengatakan bahwa dalam penelitian tindakan kelas tidak dikenal istilah populasi dan sampel, karena pada penelitian tindakan yang menjadi sasaran penelitian adalah keseluruhan siswa di sebuah kelas dan hasil penemuan serta kesimpulan penelitian hanya berlaku untuk kelas tersebut. Pakar lain menyebutkan bahwa penelitian tindakan kelas dapat dikatakan penelitian populasi karena yang diteliti adalah keseluruhan subyek penelitian. Namun yang pasti bahwa hasil temuan dan kesimpulan penelitian tidak untuk digeneralisasikan, misalnya bahwa keberhasilan sebuah metode pada sebuah kelas akan berhasil juga pada kelas lain di sekolah tersebut.

3.5. Persiapan dan Pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas

Sebelum melakukan penelitian tindakan kelas, perjelas lebih dulu latar belakang masalah, rumusan masalah dan tujuan penelitian. Yang perlu dilakukan adalah adanya kesinkronan antara masalah dan tujuan penelitian. Masalah penelitian dirumuskan dengan mendefinisikan masalah nyata di kelas, misalnya : siswa kurang aktif pada pembelajaran Fisika. Masalah kurang aktifnya siswa ini kemudian dipecahkan dengan upaya menerapkan metode pemberian tugas proyek. Gabungan dari masalah nyata di kelas dan pemecahannya selanjutnya

ditulis dalam bentuk hipotesis, yaitu : "Penerapan metode pemberian tugas proyek dalam pembelajaran mampu meningkatkan aktifitas siswa pada pembelajaran Teknik Pemesinan XI SMK Wirausaha Tahun Ajaran 2014/2015". Karena tujuan penelitian adalah memecahkan masalah maka rumusan masalah penelitian disusun dengan mempertanyakan hipotesis, yaitu : "Apakah penerapan metode pemberian tugas proyek dalam pembelajaran mampu meningkatkan aktifitas siswa pada pembelajaran Teknik Pemesinan Kelas XI SMK Wirausaha Tahun Ajaran 2008/2009?". Dengan rumusan masalah penelitian seperti itu maka tujuan penelitian yang sesuai adalah : "Untuk mengetahui keberhasilan penerapan metode pemberian tugas proyek dalam pembelajaran guna meningkatkan aktifitas siswa pada pembelajaran Teknik Pemesinan kelas XI SMK Wirausaha Tahun Ajaran 2008/2009".

Setelah jelas masalah dan tujuannya maka ditentukan Indikator Keberhasilan penerapan Metode Pemberian Tugas Proyek, yang selanjutnya juga dibuat Indikator Proses dan Urutan Kegiatan sesuai tabel kisi-kisi di atas. Urutan kegiatan itulah yang dituangkan dalam bentuk Rencana Pelaksanaan Pembelajaran. Berdasarkan urutan kegiatan tersebut dapat ditentukan instrumen yang diperlukan yakni berupa lembar pengamatan (untuk mengamati tingkah laku siswa, guru, dan penggunaan sarana pembelajaran). Bila dirasakan perlu mengorek keterangan lebih jauh maka dapat disiapkan pedoman wawancara atau bahkan disiapkan angket. Setelah instrumen penelitian disiapkan maka disiapkan segala keperluan yang akan digunakan dalam pembelajaran, misalnya lembar materi, lembar tes, alat peraga dan sebagainya. Apabila sudah siap maka dimulailah penerapan tindakan dalam kelas yang diajar oleh guru. Penerapan tindakan mungkin saja dilakukan dalam beberapa kali tatap muka. Setiap kali tatap muka maka sekaligus dilakukan pengamatan oleh rekan mitra kerja atau oleh guru sendiri. Selesai satu tindakan, selanjutnya guru melakukan refleksi pelaksanaan pembelajaran atas dasar pengamatan yang sudah dilakukan. Dalam hal ini guru mengkaji isi lembar observasi, hasil tes, catatan lapangan, atau hasil angket bila ada. Yang perlu diingat adalah, sejauh

mana penerapan tindakan tersebut telah mencapai keberhasilan sebagaimana ditunjukkan dalam Indikator Keberhasilan dan sejauh mana prosesnya telah sesuai dengan Indikator Proses yang direncanakan. Dari hasil refleksi yang berupa evaluasi pelaksanaan pembelajaran ini maka guru merencanakan tindakan lanjutan yang berupa perbaikan atas kekurangan yang terjadi dalam pelaksanaan pembelajaran sesuai dengan pemberian tindakan yang telah direncanakan. Demikian seterusnya proses berjalan siklus demi siklus sampai dirasakan bahwa tindakan yang diterapkan telah berhasil meningkatkan mutu pembelajaran.

3.6. Sistematika Proposal Penelitian

Seperti halnya pada jenis penelitian yang lain, untuk melakukan PTK pun diawali dengan pembuatan proposal yang berisi rancangan tindakan untuk mendapatkan kesepakatan/persetujuan dari pimpinan sekolah sebagai bentuk dukungan yang dapat menjadi motivasi dalam melaksanakan kegiatannya, Sistematika dari proposal PTK dapat dibuat seperti berikut.

Halaman Judul

Halaman ini minimal berisi Judul Penelitian, Nama Peneliti, dan Instansi Peneliti

Halaman Pengesahan

Halaman ini berisi pernyataan pengesahan Judul Penelitian oleh Pembimbing dan Pimpinan Instansi/Sekolah

Kata Pengantar

Halaman ini berisi ungkapan rasa syukur, ucapan terima kasih pada yang terlibat dalam penelitian, dan harapan peneliti dengan dilakukannya penelitian.

Daftar Isi

Halaman ini berisi sistematika dari isi proposal

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Halaman ini dapat berisi Dasar Hukum Pelaksanaan Pendidikan (UU, PP atau Permendikbud), Keberadaan/Kondisi Sekolah, Permasalahan yang sering terjadi di sekolah, serta harapan peneliti setelah dilakukan penelitian.

1.2 Identifikasi Masalah

Halaman ini berisi hasil identifikasi setiap alinea pada latar belakang yang dapat memunculkan masalah dalam pelaksanaan persekolahan atau pembelajaran di

kelas.

1.3 Batasan Masalah

Halaman ini berisi masalah yang dipilih untuk diteliti dari hasil identifikasi masalah

1.4 Rumusan Masalah

Halaman ini berisi ungkapan rumusan masalah yang dipilih pada batasan masalah. Biasanya diungkapkan dalam kalimat tanya. Dari rumusan masalah ini dapat menetapkan judul penelitian

1.5 Tujuan Penelitian

Halaman ini berisi ungkapan tujuan sesuai dengan rumusan masalah yang dibuat

1.6 Manfaat Penelitian

Halaman ini berisi manfaat hasil penelitian yang dapat dirinci untuk Dinas Pendidikan, Sekolah dan Guru.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Teori Pendukung

Halaman ini berisi konsep/teori dari variabel penelitian

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Halaman ini berupa kutipan hasil-hasil penelitian sejenis (ada kesamaan variabel penelitian) yang telah dilakukan.

2.3 Hipotesis Tindakan

Halaman ini berisi pernyataan hipotesis/asumsi/jawaban sementara dari tindakan yang akan dilakukan berdasarkan teori pendukung dan hasil penelitian yang relevan

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Setting

3.1.1 Tempat Penelitian

3.1.2 Waktu dan Siklus Penelitian

3.1.3 Observer

3.2 Subyek Penelitian

Halaman ini berisi jumlah siswa dan kelas berapa yang akan dijadikan obyek penelitian

3.3 Sumber Data

Halaman ini berisi jenis data yang diperlukan dalam penelitian yang diambil dari proses pembelajaran dan atau nilai siswa

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Halaman ini berisi penjelasan teknik pengumpulan data menggunakan instrumen apa (pengamatan, penilaian atau perbandingan)

3.5 Validasi Data

Halaman ini berisi ungkapan perlunya membandingkan data yang diperoleh dengan data sebelumnya yang telah dimiliki untuk keperluan validasi.

3.6 Teknik Pengolahan Data

Halaman ini berisi cara mengolah data hasil penelitian baik yang berupa pernyataan atau kualitatif maupun yang berupa angka atau kuantitatif

3.7 Indikator Kinerja

Halaman ini berisi ungkapan indikator yang dijadikan dasar untuk menentukan

kapan penelitian ini sudah mencapai tujuannya

3.8 Prosedur Penelitian

Halaman ini berisi langkah-langkah atau tahapan penelitian yang akan dilakukan dari awal sampai penyusunan laporan

3.9 Jadwal Penelitian

Halaman ini berisi rencana pelaksanaan kegiatan-kegiatan penelitian

3.10 Rencana Anggaran

Halaman ini berisi besaran dana yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan penelitian dan alat bahan bahan yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

3.7. Sistematika Laporan Penelitian

Salah satu bukti dari penelitian yang sudah dilaksanakan adalah dengan disusunnya laporan hasil penelitian. Untuk memudahkan penyusunan, dapat mengacu pada proposal yang telah dibuat sebelum penelitian dilakukan, khususnya untuk bab I dan bab II serta memodifikasi bab III nya, Secara utuh, isi dari laporan penelitian dapat dibuat seperti sistematika berikut.

Halaman Judul

Halaman Pengesahan

Abstrak

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Gambar/Tabel

I. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

1.2 Identifikasi masalah (*diidentifikasi dari setiap alinea pada latar belakang*)

1.3 Pembatasan masalah (*dipilih dari identifikasi masalah*)

1.4 Rumusan masalah (*dari pembatasan masalah*)

1.5 Tujuan penelitian (*sesuaikan dengan rumusan masalah*)

1.6 Manfaat penelitian (*bagi pribadi peneliti, teman sejawat dan sekolah*)

II. Landasan Teori

2.1 Teori yang mendukung/relevan (*variable penelitian dan keterangan yang tertulis dalam judul penelitian*)

2.2 Hasil penelitian yang relevan (*tuliskan nama peneliti, judul dan kesimpulan penelitiannya*)

2.3 Kerangka berpikir/paradigma penelitian (*alur antar variable bebas dan terikat*)

atau alur dari kondisi awal ke kondisi akhir penelitian)

2.4 Hipotesis tindakan

III. Metode Penelitian

3.1 Setting (*tempat, waktu, siklus, observer*)

3.2 Subyek Penelitian (*siswa, guru*)

3.3 Sumber Data (*melalui KBM, guru, siswa*)

3.4 Teknik Pengumpulan Data (*pengamatan, wawancara, dokumen, tes*)

3.5 Validasi Data (*Hasil belajar yang divalidasi instrumen tes dan proses pembelajaran yang divalidasi datanya*)

3.6 Teknik Analisis Data (*model interaktif dengan reduksi data atau model analisis normatif berdasarkan norma misalnya kurikulum*)

3.7 Indikator kinerja (*kondisi akhir yang diharapkan*)

3.8 Prosedur/langkah-langkah penelitian

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Deskripsi Kondisi Awal

4.2 Deskripsi Hasil Siklus I

4.2.1 Perencanaan Tindakan

4.2.2 Pelaksanaan Tindakan

4.2.3 Hasil Pengamatan

4.2.4 Refleksi

4.3 Deskripsi Hasil Siklus II

4.4 Pembahasan Tiap Siklus & Antarsiklus

4.5 Kesimpulan dari Hasil Penelitian

4.5.1 Sajikan tiap siklus (*rencana tindakan, pelaksanaan pembelajaran guru-siswa, tanggapan siswa, variabel yang diteliti, analisis dan refleksi*)

4.5.2 Siklus I

4.5.3 Siklus II

4.5.4 Pembahasan antarsiklus

V. Penutup (Simpulan dan Saran)

Daftar Pustaka

Lampiran

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang dilakukan untuk mempelajari modul ini adalah sebagai berikut:

Aktivitas 1: Membacaisi materi (Mengamati)

Bacalah materi pembelajaran yang terdapat dalam modul ini, kemudian catatlah hal-hal yang belum Anda pahami dari hasil membaca tersebut.

Aktivitas 2 :Tanya Jawab tentang materi (Menanya)

Dari hasil membaca materi pada kegiatan sebelumnya lakukan tanya jawab dengan teman sekelompok ataupun dengan instruktur/widyaiswara dari hal-hal yang belum Anda mengerti dari konsep yang sudah dipelajari

Aktivitas 3 :Mengumpulkan informasi tentangmateri (Mencoba)

Carilah informasi berkenaan dengan materi yang dipelajari. Informasi bisa didapat dari sumber lain selain modul misalnya dari *internet* atau dari hasil wawancara dengan narasumber yang dianggap mampu menjawab persoalan pada aktivitas 2

Aktivitas 4: Menganalisis informasi berkaitan dengan materi(Menalar)

Lakukan analisis terhadap informasi yang didapat pada aktivitas 3, kemudian olah informasi tersebut sehingga diperoleh jawaban yang tepat terhadap persoalan yang diberikan

Aktivitas 5: Mengkomunikasikan hasil diskusi (Mengomunikasikan)

Lakukan presentasi di depan kelas dan mintalah masukan dari teman-teman Anda kemudian dari hasil masukan tersebut lakukan perbaikan terhadap permasalahan yang telah dibuat sebelumnya

E. Rangkuman

1. 7 (tujuh) prinsip pembelajaran mencakup (1) perhatian dan motivasi; (2) keaktifan; (3) keterlibatan langsung; (4) pengulangan; (5) tantangan; (6) balikan dan penguatan; dan (7) perbedaan individual.
2. Refleksi adalah suatu kegiatan yang dilakukan dalam proses belajar mengajar berupa penilaian tertulis maupun lisan oleh anak didik atau supervisor kepada guru, berisi ungkapan kesan, pesan, harapan serta kritik membangun atas pembelajaran yang telah dilakukan.
3. Faktor yang perlu direfleksi mencakup tahap persiapan (setting kelas, fasilitas, bahan belajar dan RPP), pelaksanaan (keterlaksanaan RPP, ketepatan model/strategi/teknik pembelajaran, keterlibatan siswa, kecukupan waktu dan variasi guru mengelola kelas) serta evaluasi (kesesuaian soal dengan tujuan pembelajaran, teknik evaluasi dan tindak lanjut yang dibuat).
4. Pengembangan pembelajaran merupakan proses yang dilakukan oleh guru dalam menata atau merancang pembelajaran sehingga dapat memenuhi tujuan pembelajaran yang telah ditentukan sebelumnya.
5. Model pembelajaran ASSURE mencakup *Analyze learner; State objectives; Select instructional methods, media and materials; Utilize media and materials; Require learner participation; Evaluate and revise.*
6. Model pembelajaran ADDIE mencakup kegiatan *Analysis, Design-Develop, Implement, dan Evaluate.*
7. Model pembelajaran yang dikemukakan oleh Jerold E. Kemp dkk. berbentuk lingkaran atau Cycle. yang menunjukkan adanya proses kontinyu dalam menerapkan desain sistem pembelajaran.
8. Penelitian tindakan kelas diartikan sebagai penelitian yang berorientasi pada penerapan tindakan dengan tujuan peningkatan mutu atau pemecahan masalah pada sekelompok subyek yang diteliti dan mengamati tingkat keberhasilan atau akibat tindakannya, untuk kemudian diberikan tindakan lanjutan yang bersifat penyempurnaan tindakan atau penyesuaian dengan kondisi dan situasi sehingga diperoleh hasil yang lebih baik.

9. Pelaksanaan penelitian tindakan minimal dilakukan dalam dua siklus yang setiap siklus terdiri (1) perencanaan, (2) pelaksanaan, (3) pengamatan, dan (4) refleksi.

F. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang tepat dari soal berikut !

1. Perencanaan pembelajaran merupakan langkah awal bila guru akan melakukan peningkatan kualitas pembelajaran. Kegiatan yang paling penting dalam perencanaan adalah....
 - A. mengidentifikasi masalah yang akan timbul
 - B. menyiapkan rubrik penilaian dan post test
 - C. merancang secara rinci kegiatan yang akan dilakukan
 - D. memilih bahan ajar yang mengandung permasalahan
2. Refleksi merupakan kegiatan yang sangat penting dalam kegiatan pembelajaran, karena akan menentukan
 - A. apakah tindakan yang dilakukan mencapai tujuan
 - B. apakah siswa menunjukkan aktivitas yang lebih baik
 - C. apakah guru sudah jujur menilai proses pembelajaran
 - D. apakah aktivitas belajar mengajar sesuai jadwal
3. Refleksi hasil pembelajaran yang paling tepat dilakukan guru adalah
 - A. menyempurnakan rencana pelaksanaan pembelajarannya
 - B. melakukan wawancara dengan siswa tentang hasil pembelajaran
 - C. berdiskusi dengan guru lain yang mengajar di kelas yang sama
 - D. menerapkan strategi pembelajaran berbeda
4. Penelitian Tindakan Kelas (PTK) wajib dilakukan oleh guru di dalam kelas dengan fokus pada pembelajaran, karena tujuan utamanya adalah meningkatkan....
 - A. aktivitas guru dalam mengajar
 - B. partisipasi siswa dalam belajar
 - C. salah satu syarat kenaikan pangkat guru
 - D. kualitas praktik pembelajaran di kelas

5. Langkah awal yang perlu disadari oleh semua guru yang akan melakukan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) adalah....
 - A. menuliskan judul penelitian
 - B. merumuskan tujuan penelitian
 - C. menyadari adanya masalah
 - D. menemukan metode yang sesuai
6. Manakah diantara judul penelitian berikut yang menggambarkan penelitian tindakan kelas....
 - A. Peningkatan keterampilan menulis siswa SMP kelas VIII melalui metode tugas terstruktur
 - B. Peranan wali kelas dalam meningkatkan aktivitas siswa kelas VII SMP Negeri Y.
 - C. Usaha guru dalam meningkatkan keterampilan sosial siswa pada mata pelajaran IPS kelas VII SMP YY.
 - D. Hubungan antara tingkat sosial ekonomi orangtua siswa dengan hasil belajar siswa kelas X SMP Negeri Y
7. Menginventarisir berbagai masalah yang muncul di sekolah tempat guru mengajar dapat dikategorikan ke dalam kegiatan....
 - A. merumuskan masalah
 - B. membatasi masalah
 - C. Identifikasi masalah
 - D. Penjelasan masalah
8. Hasil nyata dari penelitian tindakan kelas dalam proses pembelajaran adalah....
 - A. tersusunnya laporan penelitian kelas
 - B. meningkatnya hasil belajar siswa
 - C. aktivitas belajar mengajar semakin meningkat
 - D. tingginya aktivitas guru dalam mengajar
9. Dalam melakukan penelitian tindakan kelas guru seringkali berbuat kesalahan berikut ini, kecuali...
 - A. Mengganti metode pada siklus berikutnya

- B. Tiap siklus menggunakan kelas yang berbeda
 - C. Materi pelajaran di ulang-ulang pada tiap siklus
 - D. Kondisi siswa dalam setting belajar yang alami
10. Tindakan yang akan dilakukan oleh guru dalam PTK untuk memperbaiki proses pembelajaran atau hasil belajar yang ingin dicapai siswa seharusnya berbasis....
- A. Perijinan dan dana yang dimiliki oleh guru
 - B. Waktu dan materi yang dialokasikan dalam kurikulum
 - C. Rendahnya hasil dan kesulitan belajar siswadi kelas
 - D. Besarnya angka kredit yang ingin dicapai oleh guru
11. Bab II berisi tentang tinjauan pustaka yang memuat berbagai teori yang akan menjadi fondasi dalam pemecahan masalah, karena itu harus berisi....
- A. Filosofi tentang hakikat pendidikan
 - B. Konsep-konsep yang terkait dengan judul
 - C. Berbagai model dan metode pembelajaran
 - D. Materi pembelajaran yang akan diajarkan
12. Perencanaan pembelajaran merupakan langkah awal bila guru akan melakukan tindakan kelas, kegiatan yang paling penting dalam perencanaan adalah....
- A. Mengidentifikasi masalah yang akan timbul
 - B. Menyiapkan rubrik penilaian dan post test
 - C. Memilih bahan ajar yang mengandung permasalahan
 - D. Merancang secara rinci kegiatan yang akan dilakukan
13. Refleksi merupakan kegiatan yang sangat penting dalam kegiatan penelitian tindakan kelas, karena akan menentukan
- A. apakah tindakan yang dilakukan mencapai tujuan
 - B. apakah siswa menunjukkan aktivitas yang lebih baik
 - C. apakah guru sudah jujur menilai proses pembelajaran
 - D. apakah aktivits belajar mengajar sesuai jadual
14. Penelitian tindakan kelas tidak mengganggu proses belajar mengajar yang rutin dilakukan oleh guru, karena penelitian tindakan kelas
- A. komprehensif antara metode dengan media

- B. integrasi dengan belajar mengajar sehari-hari
 - C. mengikuti etika akademis
 - D. mempergunakan post dan pretest design
15. Langkah-langkah manakah yang sistematis dalam melaksanakan penelitian tindakan kelas (PTK)
- A. Perencanaan-Tindakan- Pengamatan-Evaluasi dan Refleksi
 - B. Perencanaan- Pengamatan-Tindakan-Evaluasi dan Refleksi
 - C. Perencanaan-Tindakan-Evaluasi dan Refleksi- Pengamatan
 - D. Perencanaan-Pengamatan-Evaluasi dan Refleksi-Tindakan

G. Kunci Jawaban

1. C
2. A
3. B
4. D
5. C
6. A
7. C
8. B
9. D
10. C
11. B
12. D
13. A
14. B
15. A

KEGIATAN PEMBELAJARAN KB-2 : SISTEM CAD/CAM

A. Tujuan

Modul kegiatan pembelajaran ini disajikan dengan tujuan memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan serta tata laksana kerja khususnya padamateri pembelajaran tentang dasar-dasar cara mengoperasikan sistem CAD/CAM. Dengan mempelajari materi yang diberikan diharapkan peserta diklat nantinya dapat menggunakan aplikasi perangkat lunak pada saat melakukan latihan pemakaian pada kegiatan pembelajaran berikutnya.

PRASYARAT : Agar memahami modul ini dengan baik maka diharapkan para peserta diklat telah menguasai kompetensi keahlian bubut dan frais, teknik pemograman dan penggunaan mesin CNC dan teknik gambar mesin menggunakan AutoCAD pada program keahlian/mapel teknik mesin. Hal ini dikarenakan pada operasi sistem CAD/CAM akan memanfaatkan semua pengetahuan Anda tentang proses pemesinan mulai dari cara kerja mesin perkakas, menggambar menggunakan aplikasi komputer dan mengoperasikan mesin CNC.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini para peserta akan :

1. Memahami pengertian tentang sistem CAD/CAM dalam pembuatan suatu produk manufaktur yang terintegrasi.
2. Mengetahui model citra grafis yang akan digunakan dalam pembuatan gambar produk pada suatu sistem CAD/CAM.
3. Mengetahui cara kerja sistem CAM dalam mengolah data numerik untuk mesin CNC.
4. Mengetahui beberapa istilah yang lazim digunakan dalam operasi sistem CAD/CAM.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 : Sistem CAD/CAM

Dalam beberapa tahun terakhir ini teknologi interaktif grafis CAD/CAM telah berdampak secara signifikan pada metode menggambar teknik mesin, desain dan manufaktur suatu produk. Hal ini sangat dipengaruhi oleh permintaan pasar atas produk manufaktur yang sangat cepat berubah sehingga perlu diimbangi oleh para produsen dengan memanfaatkan metode produksi yang mutakhir. Salah satunya adalah teknologi CAD/CAM yang sangat mempengaruhi teknik pembuatan cetakan baik untuk injeksi plastik (*mould*) , tempa (*forging dies*) dan pembentukan pelat (*forming dies*). Diperlukan suatu cara yang mudah dan cepat untuk dapat menghasilkan suatu bentuk produk yang rumit karena alasan tren model masa kini tetapi diperlukan waktu penyelesaian yang cepat dengan alasan persaingan masuk ke pasar. Saat ini telah tersedia suatu sistem CAD/CAM yang terintegrasi misal untuk pembuatan cetakan injeksi plastik mulai dari desain produk, desain cetakan lengkap dengan analisis rekayasanya, gambar teknik hingga membuat perintah untuk menjalankan mesin CNC hanya dalam satu buah aplikasi perangkat lunak.

1.1. Apa itu Sistem CAD/CAM

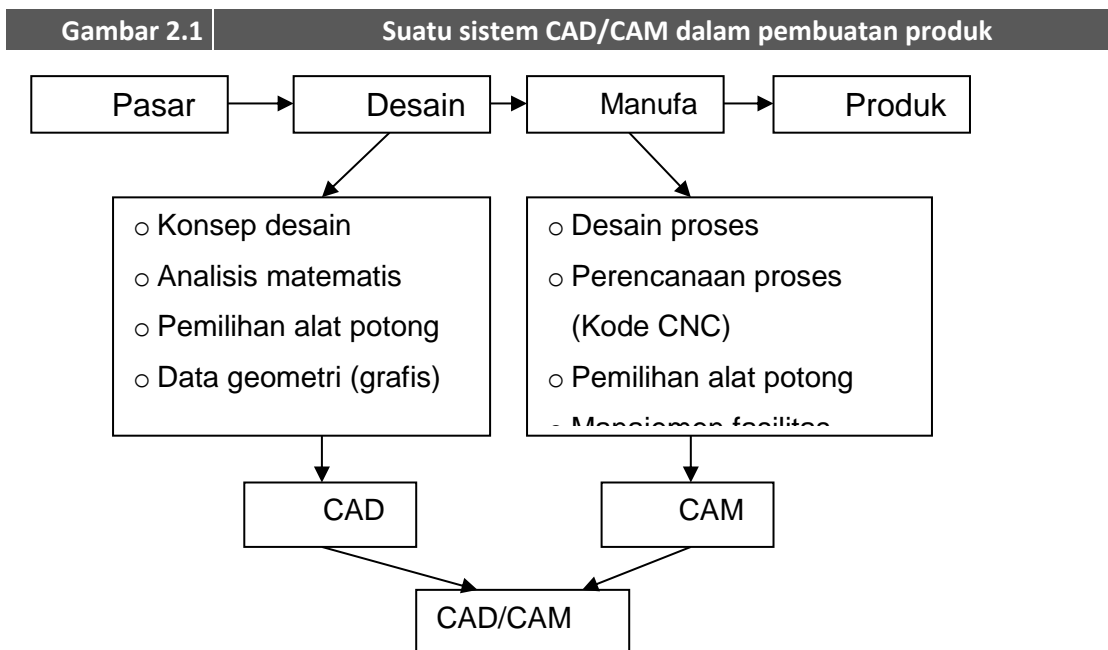
Banyak sekali kesimpang siuran pernyataan tentang CAD, CAM dan CAD/CAM yang sebenarnya masing-masing pernyataan mempunyai pengertian yang sama. Untuk menyeragamkan pengertian maka modul pembelajaran ini akan menjelaskan tentang pengertian CAD dan CAM secara mandiri dan bagaimana keterkaitan keduanya.

CAD (*Computer Aided Design*) merupakan aplikasi perangkat lunak komputer yang memberikan kemudahan kepada seorang perancang untuk mendesain gambar rekayasa dengan mentransformasikan gambar geometris secara cepat. Sedangkan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) adalah sistem manufaktur yang mengoptimalkan kemampuan aplikasi perangkat lunak komputer untuk menterjemahkan desain rekayasa yang dibuat oleh CAD sehingga dapat mengontrol mesin CNC (*Computer Numerical Controlled Machines*). Sistem CAD/CAM sendiri terjadi apabila spesifikasi disain secara langsung ditransfer/diterjemahkan ke dalam spesifikasi manufaktur, jadi CAD/CAM merupakan penggabungan disain rekayasa dan instruksi manufaktur. Sedangkan mesin

CNC adalah mesin yang peralatannya dapat dikontrol oleh komputer yang mempunyai sistem CAD/CAM.

Untuk orang awam CAD/CAM dianggap alat gambar elektronik saja yang dapat mempercepat proses menggambar, tetapi kenyataannya kemampuan CAD/CAM jauh melebihi anggapan tersebut dimana CAD/CAM mempunyai fungsi utama dalam disain, analisa, optimasi dan manufaktur. CAD/CAM biasa melakukan analisa elemen hingga (*finite element analysis*), analisa transfer panas (*heat transfer analysis*), analisa tekanan (*stress analysis*), simulasi dinamis dari mekanik (*dynamic simulation of mechanisms*), analisa cairan dinamis (*fluid dynamic analysis*) dan lain-lain.

Sebagai suatu sistem yang terintegrasi maka CAD/CAM dapat dilihat pada gambar 2.1 yang menggambar suatu keterkaitan aktifitas produksi.



Pemanfaatan sistem CAD/CAM secara praktis akan berbeda setiap orangnya, beberapa aplikasi teknologi yang dapat dilakukan adalah :

- Membuat dokumen desain dan gambar
- Visualisasi hasil penggambaran dan memeragakan animasi
- Analisis rekayasa tentang suatu model geometrik (analisis *finite element*, analisis kinematika dll).
- Perencanaan proses dan membangun program CNC

Beberapa keuntungan bila kita menggunakan sistem CAD/CAM, dapat diuraikan sebagai berikut :

1. **Disain manufaktur yang lebih** fleksibel. Secara tradisional proses produksi dilakukan dengan 2 macam mesin yaitu *General Purpose Machine* untuk produksi batch dan *Dedicated Machine* untuk produksi masal. Produksi *batch* memungkinkan fleksibilitas yang tinggi, tetapi mengakibatkan biaya produksi per unit yang tinggi untuk operasi. Sedangkan produksi masal menyebabkan biaya produksi per unit lebih murah tetapi menghilangkan fleksibilitas. Dengan CAD/CAM dan *Flexible Manufacturing*, perusahaan akan memperoleh keduanya yaitu fleksibilitas desain produk dan biaya produksi per unit yang lebih murah seperti pada produksi masal.
2. **Dapat mengurangi kesalahan manusia (*human error*)**, karena pekerjaan yang dilakukan oleh komputer akan lebih konsisten. Akibatnya adalah dapat mengurangi ongkos produksi akibat kesalahan proses.
3. **Meningkatkan mutu produk dan menurunkan biaya produksi per unit.** Mutu dan kehandalan produk akan ditingkatkan secara tajam dengan teknologi CAD/CAM, apalagi dengan dikembangkannya "*Solid Modelling*" dan "*Parametric Design*" didalam CAD/CAM. Hasil akhir dari proses produksi lebih rapi, lebih ergonomis, meningkatkan kepercayaan terhadap kekuatan struktur bangunan dan lain-lain. Dan juga membuat produk akhir menjadi lebih ringan, kompak, hemat energi, kinerja yang tinggi dan mekanisme mesin yang lebih sederhana sehingga dapat menurunkan biaya produksi per unit dalam jangka panjang.

4. **Lead time produk akan lebih cepat.** Perusahaan-perusahaan banyak kehilangan order karena keterlambatan pengiriman. Oleh karena itu teknologi CAD/CAM dapat dimanfaatkan untuk mempercepat proses disain dan siklus manufaktur. Biasanya keterlambatan bersumber pada pembuatan gambar yang lama, uji prototipe, proses pemberitahuan perubahan produk dan lain-lain, dalam hal ini kita dapat mengandalkan CAD/CAM untuk mempercepatnya. Sebagai contoh, jika ada sebuah uji prototipe/produk yang menjadi masalah kritis maka CAD dapat mempercepatnya dengan membuat simulasi komputer karena waktu proses desain konseptual ke produk nyata semakin pendek.
5. **Mengurangi kebutuhan untuk membuat prototipe fisik.** Perusahaan-perusahaan biasanya mendesain dan membuat suatu produk berulang kali agar memperoleh pengalaman berproduksi agar dapat menghasilkan produk yang memuaskan. Seringkali dalam memproses pembuatan produk dilakukan pembuatan prototipe fisik sampai puluhan kali, juga kadang-kadang pelanggan diperbolehkan untuk melakukan beberapa *test* produk. Produk seperti bangunan, jembatan, satelit, pemacu jantung dan lain-lain harus dibuat secara benar dan sempurna pada waktu pertama kali, seperti kapal terbang akan sangat mahal jika dibuat prototipe fisiknya. Tetapi tetap kebutuhan terhadap prototipe tidak dapat dihilangkan, hanyalah prototipe yang dibutuhkan berkurang jauh sebelum produksi penuh dilaksanakan, sehingga menghemat waktu dan biaya

Banyak teknologi proses manufaktur dan teknik produksi yang telah memanfaatkan sistem CAD/CAM, sebagiannya dapat diuraikan dibawah ini,

1. Pemograman untuk kontrol numerik dan robot industri
2. Perancangan cetakan plastik dan aluminium yang analisis penyusutan dapat dilakukan secara langsung
3. Perancangan cetakan pembentukan logam dengan tingkat kerumitan tinggi seperti pembentukan pelat dan cetakan progresif
4. Perancangan alat potong dan alat penepat serta pembuatan elektroda proses EDM.

5. Kontrol kualitas dan inspeksi yang memanfaatkan pemrograman pada alat *coordinate measuring machine* (CMM)

1.2. Sistem CAD

Computer Aided Design (CAD) merupakan sebuah sistem desain/rancang bangun menggunakan perangkat keras komputer dan perangkat lunak desain tertentu, yang memungkinkan para insinyur merencanakan, memodelkan, dan mengevaluasi suatu model produk/ barang dengan akurat sebelum diproduksi. CAD akan melibatkan komputer untuk membuat gambar desain dan model produk. CAD akan pula selalu terkait dengan kemampuan komputer untuk memperagakan grafis yang interaktif sehingga aktifitas ini disebut pula sistem CAD. Sistem ini sangat baik untuk membuat suatu desain komponen maupun produk lengkap dengan pemodelan geometriaknya.

Dalam teknik menggambar menggunakan sistem CAD, sebuah model geometri dapat di tampilkan dalam bentuk 3D maupun 2D. Perbedaan mendasar dari tampilan bentuk 3D dengan tampilan bentuk 2D adalah masalah ketebalan / ketinggian suatu produk, apabila dalam tampilan 2D hanya terdiri dari panjang dan lebar, kalau tampilan berbentuk 3D selain panjang, lebar juga dapat langsung terlihat ketinggian produk tersebut. Dengan demikian para desainer dapat dengan mudah menuangkan konsep desainnya yang tampilannya dapat dilihat dilayar komputer dan dapat dengan mudah mengubahnya dengan cepat apabila ada perubahan desain. Beberapa aplikasi perangkat lunak CAD ini telah dilengkapi dengan analisis rekayasa untuk mendeteksi problema defleksi, beban dan kasus penyesuaian benda terakit. Hal ini kesemuanya memerlukan kelengkapan basis data mengenai material, spesifikasi dan instruksi manufaktur yang ada didalam aplikasinya.

1.3. Pertukaran dan Penyesuaian Spesifikasi Data Gambar

Banyak sekali pemasok aplikasi sistem CAD/CAM yang beredar di seluruh dunia dan masing-masing pemasok akan menawarkan kelebihan nya di bandingkan dengan yang lain. Akibatnya akan timbul kesulitan ketika satu *file* desain pemasok tertentu dibaca

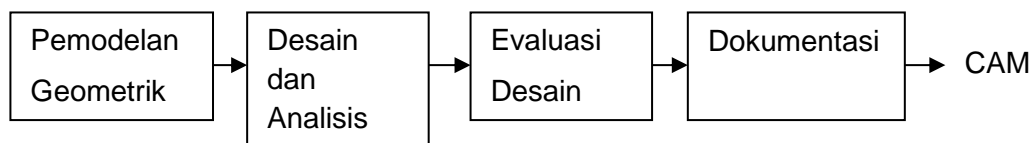
oleh yang lainnya karena ada perbedaan karakter cara penyampaian datanya. Beberapa problema dalam pertukaran data gambar antar pemasok aplikasi seperti:

- Solusi kepemilikan (sistem CAD tanpa antarmuka/*interface* untuk pemasok lainnya)
- Perbedaan konsep dan arsitektur sistem
- Kekurangan fungsi-fungsi standar
- Metodologi yang salah karena kesulitan dalam memahami fungsi/tombol baru dan kebutuhan akan pertukaran data

Pada modul ini dijelaskan tentang permasalahan tersebut secara dasar melalui penjelasan sekilas tentang geometri CAD dan konsep pemodelan solid serta pertukaran dan penyesuaian format CAM (STEP, IGES, DXF, SET).

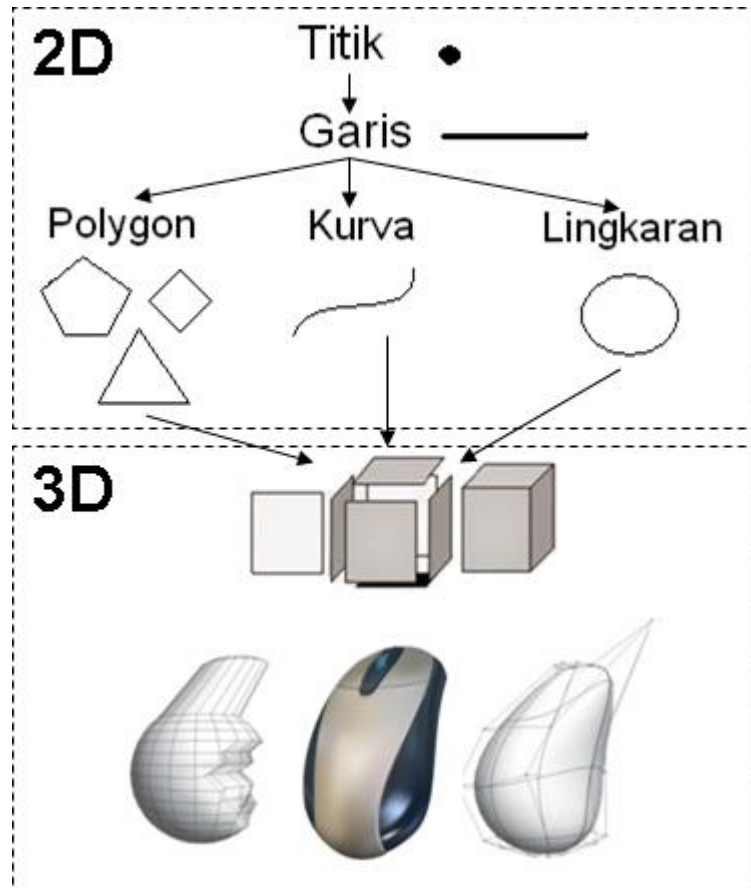
1.4. Elemen Sistem CAD

Proses mendesain pada sistem CAD terdiri dari empat langkah:



1.4.1. Pemodelan Geometrik

Model geometri yang optimal digunakan oleh sistem CAD/CAM adalah model 3D meskipun demikian model 2D dapat pula digunakan pada sistem ini. Suatu model 3D akan mewakili objek 3D dengan menggunakan koleksi titik-titik kontrol dalam ruang 3D yang dihubungkan dengan berbagai entitas geometris seperti segitiga, garis, permukaan lengkung, dan lainnya. Untuk mengkoleksi data (titik-titik dan informasi lainnya) ini, model 3D dapat dibuat dengan tangan, *algorithmically* (model prosedural), atau *scan*. Langkah yang akan dilakukan adalah data-data objek ataupun bentuk tertentu tadi dikoleksi lalu digambarkan secara matematis dalam bentuk *garis*, *surface*, *solid*, ukuran dan teks. Kemudian gambar ini secara lengkap dan akurat diperlihatkan dalam bentuk dua atau tiga dimensi. Hasilnya dapat dilihat pada layar dan dapat diperbesar, diperkecil atau digeser-geser.



Model geometri dalam sistim CAD dapat disajikan dalam tiga pilihan :

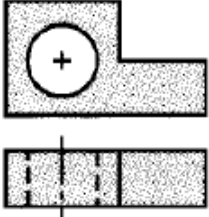
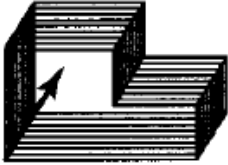
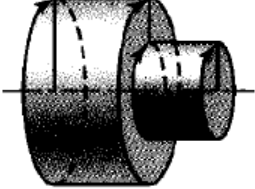
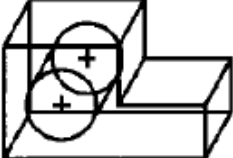
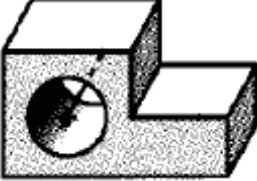

a. *Line representation (Wire-Frame)*

Semua pandangan pada produk hanya berbentuk garis. Biasanya bentuk ini terlihat meragukan dan sulit dibayangkan terutama untuk benda bentuk kompleks.

Ada beberapa jenis tampilan secara *wire-frame*, baik dalam dua, dua setengah atau tiga dimensi.

Gambar 2.3

Model Wire Frame

 <p>(a)</p>	<p>Model lateral 2D</p>
 <p>(b)</p>	<p>Bentuk profil 2½ D</p>
 <p>(c)</p>	<p>Bentuk rotasi 2½ D</p>
 <p>(d)</p>	<p>Model wire-frame 3D</p>
 <p>(e)</p>	<p>Model surface 3D</p>
 <p>(f)</p>	<p>Model volume 3D</p>

b. Model Surface (Surface Model)

Dalam model surface, seluruh permukaan yang terlihat akan ditampilkan. Model surface mendefinisikan fitur permukaan dan sudut objek. Program CAD masa kini menggunakan kurva Bezier, *B-splines*, atau *non uniform rational B-splines* (NURBS) untuk pemodelan permukaannya. Pada setiap pendekatan ini menggunakan titik kontrol untuk menentukan kurva polinomial atau permukaan.

Dalam gambar suatu vektor yang merupakan sebuah gambar digital yang berbasis persamaan matematis. Gambar Vektor terdiri dari penggabungan koordinat-koordinat titik menjadi garis atau kurva untuk kemudian menjadi sebuah objek, sehingga gambar tidak menjadi pecah walaupun diperbesar atau diperkecil, kurva Bézier digunakan untuk memodelkan kurva mulus yang dapat diperbesar dan diperkecil dengan tidak terbatas (gambar 2.5.a.). Kurva Bezier dibentuk oleh 4 buah titik 1 titik berfungsi sebagai titik awal (x_0, y_0) , 1 sebagai titik akhir (x_3, y_3) . dan 2 titik yang lain, yaitu (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) berfungsi sebagai titik control.

Cara lain untuk membuat kurva ialah dengan menggunakan metode kurva *B-Splines* yang merupakan perkembangan dari kurva Bezier. Pada kurva *B-Splines* titik kontrol, tidak terbatas hanya 4 buah melainkan banyak titik kontrol. Kurva *B-Splines* juga lebih fleksibel, karena perubahan yang dilakukan pada titik kontrol tertentu hanya akan mempengaruhi bentuk kurva pada segmen didekat titik kontrol tersebut. Hal ini dikarenakan segmen kurva pada *B-Splines* hanya dipengaruhi oleh beberapa titik kontrol yang ada di dekatnya (gambar 2.4).

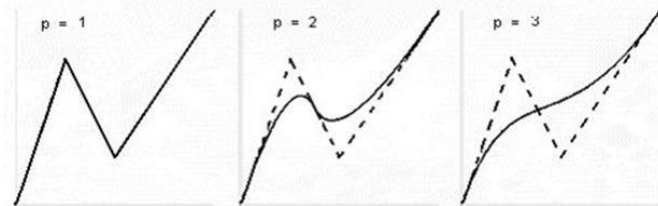
Contoh metode *spline* yang digunakan Bezier untuk menggambar permukaan :

Garis putus-putus menunjukkan garis poligon yang terbentuk dari 4 titik kontrol kurva yang ada, sedangkan garis lurus adalah kurva *B-splines*. Dapat dilihat bahwa kurva *B-splines* yang terbentuk berada pada *convex hull* dari titik kontrol. Pada gambar 2.4, sebelah kiri menunjukkan kurva *B-splines*

yang memiliki titik kontrol awal dan akhir yang sama, yaitu pada pojok kiri bawah. Kurva B-splines pada sebelah kanan memiliki titik kontrol awal dan akhir yang sama tetapi pada bagian tengah bawah.

Gambar 2.4

Metode pembentukan garis spline

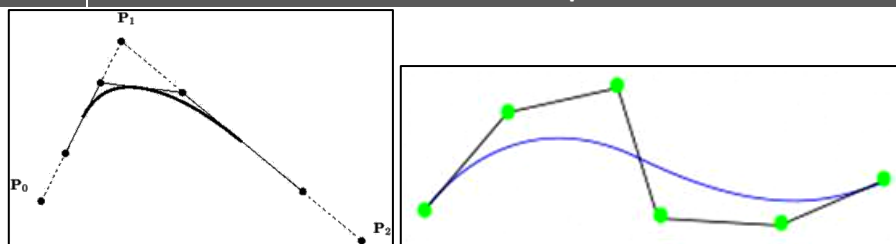


Contoh kurva B-splines dengan derajat yang berbeda-beda dan titik kontrol awal dan akhir yang berhimpit dan berada di bagian tengah bawah.

Kurva NURBS (*Non-uniform rational B-spline*) didefinisikan berdasarkan urutan yang terdiri atas satu set titik kontrol, dan vektor. Kurva NURBS dan permukaan adalah generalisasi dari kurva serta permukaan B-splines dan Bezier, perbedaan utama adalah nilai bobot dari kontrol poin lebih banyak yang secara perhitungan matematis lebih rinci (gambar 2.5), sehingga membuat kurva NURBS lebih rasional (non-rasional B-splines adalah kasus khusus dari rasional B-splines)

Gambar 2.5

Ilustrasi kurva B-Spline dan NURBS



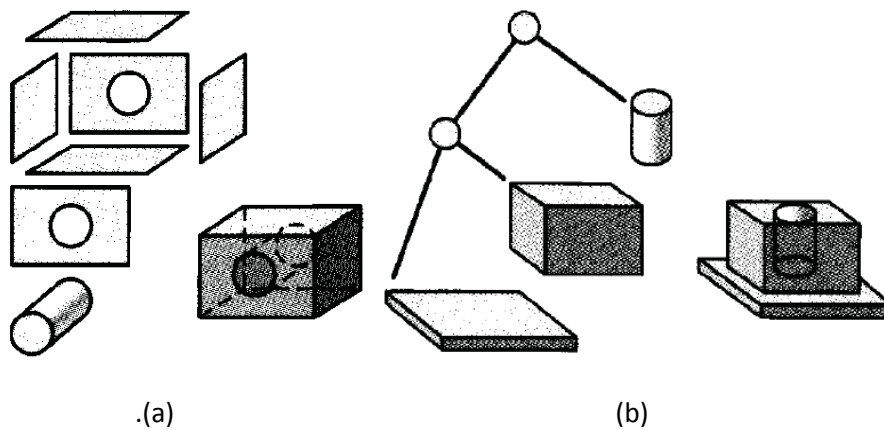
(a.) Kurva B-Spline

(b) Kurva NURBS

c. **Model Solid (Solid Model)**

Pada model solid semua permukaan yang akan ditampilkan, namun data-datanya akan menggambarkan volume bagian dalam. Beberapa contoh bentuk solid dapat dilihat pada gambar 2.6.,

Gambar 2.6 Model Solid



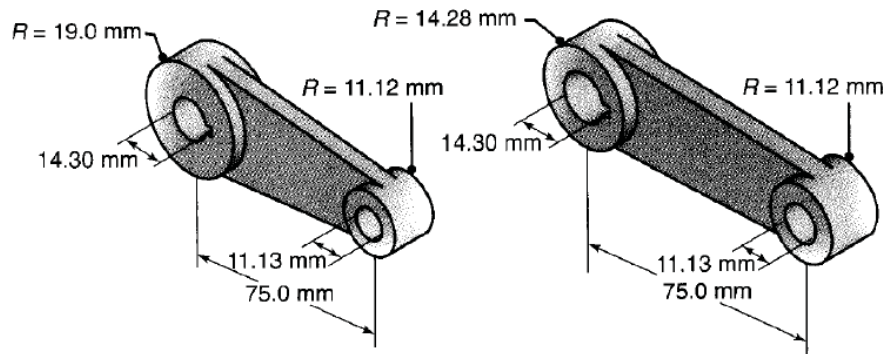
Solid model dapat dibangun melalui metode *wire frame* yang diproses menjadi bentuk solid seperti terlihat pada gambar 2.2.b dan c, atau pada gambar 2.6. Pada metode **boundry representation (B-rep)**, permukaannya digabungkan untuk mengembangkan model solid (gambar 2.6.a). Pada **constructive solid geometry (CSG)**, bentuk sederhana seperti bola, kubus, balok, silinder, dan kerucut (disebut solid primitif) digabungkan untuk mengembangkan model solid (gambar 2.6.b).

Program komputer memungkinkan pengguna untuk memilih kombinasi dari bentuk primitif maupun ukurannya dan menggabungkannya ke dalam model solid diinginkan.

Jenis khusus model solid adalah **model parametrik**, di mana bagian gambar disimpan tidak hanya dalam definisi **B-rep** dan **CSG**, tetapi berasal dari ukuran dan tingkat kesulitan yang ada dalam fitur (Gambar 2.7) itu sendiri. Setiap kali perubahan dibuat, maka seluruh definisi akan dibuat ulang. Fitur ini memungkinkan untuk melakukan perbaharuan gambar dengan

sederhana dan mudah dan tanpa harus memeriksa bagian pada model gambar yang tidak mengalami perubahan.

Gambar 2.7 Contoh desain parametrik dan hasil perubahannya



1.4.2. Desain dan Analisis

Pada perangkat lunak CAD/CAM tingkat tinggi biasanya dilengkapi dengan fungsi analisis rekayasa, sehingga bentuk produk yang telah selesai dibuat akan dilakukan pengujian. Misalnya pada produk cetakan injeksi plastik akan diuji apakah ukuran dan bentuk yang dibuat dapat mengalirkan cairan plastik dengan baik sesuai rancangan, atau pada produk cetakan pelat progresif apakah konstruksi desain yang telah dibuat dapat membentuk benda sesuai dengan standar yang telah dipersyaratkan, misal sudut bengkok produk, tingkat ketebalan produk pada satu sudut tertentu.

1.4.3. Evaluasi Desain

Tahap yang penting proses desain adalah ulasan dan evaluasi desain yang digunakan untuk memeriksa adanya kesalahan atau kelebihan jarak antar komponen. Evaluasi ini dilakukan untuk menghindari kesulitan baik selama perakitan atau adanya kesalahan kinematik saat operasi konstruksi yang dirancang. Perangkat lunak yang tersedia mempunyai kemampuan animasi untuk mengidentifikasi potensi masalah dengan kinematika gerak komponen dan situasi dinamis lainnya.

1.4.4. Dokumentasi

Pada langkah ini setiap perangkat lunak sistem CAD/CAM mempunyai kemampuan simpannya masing-masing serta karakteristik tatacara penyimpanan datanya. Data yang disimpan tidak hanya hasil gambar produk yang dibuat tetapi data pendukung lain yang diperlukan seperti baut dan roda gigi, baik komponen standar yang diproduksi secara massal sesuai dengan spesifikasi desain yang diberikan atau yang identik dengan suku cadang yang digunakan dalam desain sebelumnya. Sistem CAD memiliki sistem manajemen pusat data terpadu yang memungkinkan desainer dapat mencari, melihat, dan mengadopsi bagian dari perpustakaan data pendukung tersebut. Bagian ini dapat dimodelkan secara parametrik yang memungkinkan memperbaharui bagian geometri secara efektif.

1.5. Metoda dan Standar Pertukaran format CAD

Pemasok CAD/CAM biasanya mempunyai format-format khusus dalam memanfaatkan metode penggambaran seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Mereka berusaha untuk meyakinkan pemakai bahwa produknya yang terbaik. Namun pemakai biasanya akan menekankan kepada biaya pengadaan perangkat lunak sehingga kemungkinan ada beberapa pemasok aplikasi CAD yang digunakan. Kesulitan yang timbul adalah bagaimana kita dapat menggunakan bermacam-macam pemasok perangkat lunak tetapi masing-masing dapat membaca format *file* yang sama. Dapat diduga bagi perangkat lunak dengan tingkat kecermatan tinggi tidak dapat dibaca langsung oleh yang tingkatannya lebih rendah. Meskipun hal ini dapat saja dilakukan bila kita menggunakan format yang ada dengan metodologi yang baik. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem standar yang bisa dibaca oleh kedua belah pihak.

Format pertukaran CAD (Tabel 2.1) harus digunakan untuk pertukaran model CAD saat ada keperluan untuk mengakses geometri yang sesuai. Untuk keperluan tujuan visualisasi dan verifikasi model, format Graphics (Tabel 2.2) mungkin lebih berguna dan lebih mudah ditangani. Terutama untuk kasus Gambar 2D, yang sering dipertukarkan

hanya untuk visualisasi pemeriksaan gambar. Sebuah format seperti HPGL akan lebih sesuai daripada format pertukaran CAD seperti IGES atau DXF.

Tabel 2.1 Format pertukaran CAD yang lazim digunakan

Format	Penjelasan	Penggunaan
IGES	Initial Graphics Exchange Specification	Wireframe, Surfaces, and Gambar
DXF	Drawing Exchange Format from Autodesk	Gambar dan Wireframe
SET	<i>Standart d'Exchange et Transfert</i>	Wireframe, Surfaces, gambar, solids
ACIS SET	ACIS Solid Exchange Format	Model ACIS (Autocad, Microstation dll.)
VDA-FS	VDA, Flächen Schnittstelle	Geometri Surface
STEP AP203	ISO 10303-203 Configuration Controlled Design	Model CAD 3D dan data produk

Tabel 2.2 Format pertukaran gambar

Format	Keterangan
VRML(Virtual Reality Modeling Language)	Standar untuk melihat objek 3D melalui Web dengan cepat
Wavefront, Inventor, 3DS, Flight	Grafis 3D format standar untuk memperbaiki model B-rep
SLA - format Stereolithography	Dipergunakan untuk proses <i>rapid prototyping</i>
HPGL, Postscript	Biasanya digunakan untuk plottern namun baik untuk pertukaran gambar

STEP, Standard for the Exchange of Product Model Data, merupakan format pertukaran lain yang memberikan gambaran bahwa selain Informasi produk, mekanisme yang diperlukan juga ikut disertakan dan definisi ini memungkinkan data produk dapat dipertukarkan antara aplikasi dan proses yang berbeda.

Setelah membahas tentang proses yang terjadi di CAD maka langkah selanjutnya adalah bagaimana sistem CAD/CAM ini bekerja hingga dapat mengoperasikan mesin CNC. Oleh karena itu kita perlu membangun kode-kode numerik (*NC code*) yang berasal dari sistem CAD lalu diolah melalui sistem CAM agar diketahui dan dimengerti oleh bahasa mesin. Untuk itu dalam membangun *NC code* memerlukan pemahaman tentang :

- Geometri benda (*Part Geometry*)
- Alat potong
- Perencanaan proses
- Toleransi
- *Fixture*

Bahan Bacaan 2 : Sistem CAM

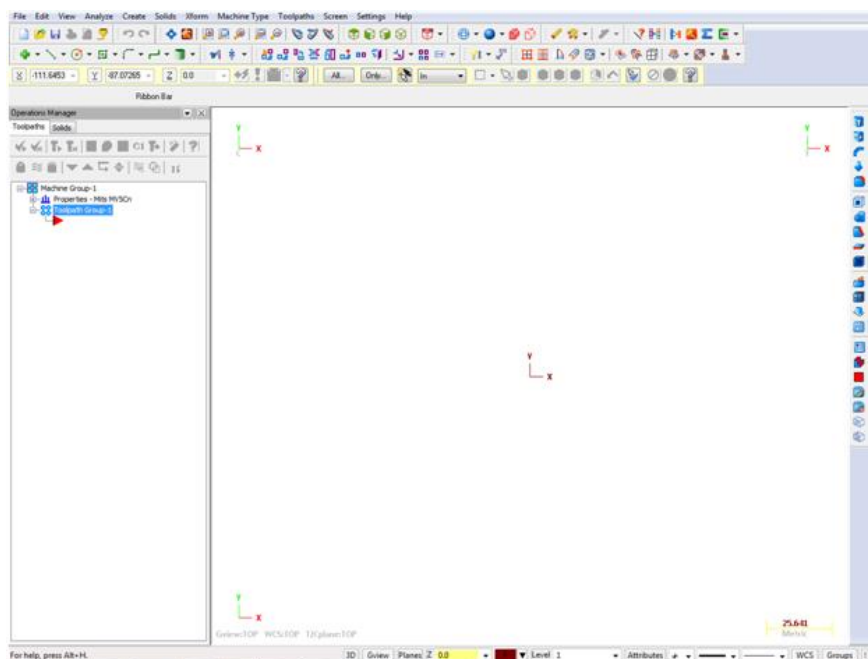
CAM (*Computer Aided Manufacturing*) merupakan suatu proses manufaktur yang dibantu oleh komputer dan berhubungan erat dengan peralatan menggunakan NC (*Numerical Control*). NC adalah suatu *interface* (antarmuka) yang memungkinkan suatu mesin beroperasi dengan pergerakan yang diatur oleh sebuah bahasa program. Biasanya antarmuka ini diterapkan pada mesin-mesin produksi, seperti mesin Proses Bubut (*Turning*), Proses Gurdi (*Drilling*), Proses *Freis* (*Milling*), Proses Gerinda Rata (*Surface Grinding*), Proses Gerinda Silindrik (*Cylindrical Grinding*). Dengan adanya antarmuka NC, kita dapat membuat kalimat-kalimat (dalam bahasa program) yang berisi kumpulan perintah yang akan dipatuhi oleh mesin tersebut. Sebelum ada program CAM, kita akan membuat kalimat program tersebut dengan mengetikannya secara manual. Namun dengan adanya program CAM, kendala tersebut bisa teratasi, karena pembuatan program NC menjadi sangat sederhana dan akurat.

2.1. Computer Aided Part Programming

Pada saat persiapan membuat *part* program manual CNC, seorang pemrogram akan diperlukan untuk mendefinisikan gerakan mesin atau alat dalam bentuk kode-kode numerik. Namun Jika geometri yang dimaksud adalah permukaan 3D yang rumit maka hal ini tidak dapat dibuat program secara manual. Dapat dibayangkan berapa jumlah titik kontrol pada suatu kurva NURBS untuk bentuk permukaan botol akan didefinisikan secara manual titik per titik.

Untuk membantu pembuatan bentuk geometrik 3D yang rumit maka telah dikembangkan suatu upaya untuk menghasilkan program *part* secara otomatis. Sistem CAD/CAM termasuk salah satu pengembangannya melalui integrasi sistem grafis dengan mesin CNC. Perangkat lunak berbasis grafis ini dikembangkan dengan metode menu bantuan (gambar 2.8) sehingga mempermudah pengguna.

Gambar 2.8 Tampilan layar sistem CAD/CAM lengkap dengan menu bantuan

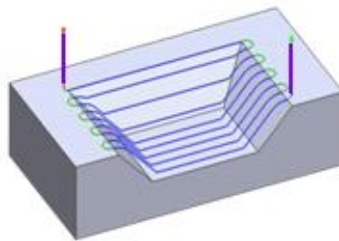


Seorang pemrogram dapat membuat model geometris secara langsung dalam aplikasi paket CAM yang tersedia atau mengekstrak/mengambil model geometris dari pusat

data CAD / CAM. Perintah-perintah gerakan yang tersedia dalam sistem dapat dapat menuntun pemrogram untuk menghasilkan *tool path*. *Tool path* adalah suatu jalur lintasan pergerakan alat potong untuk menghasilkan suatu bentuk produk sesuai dengan bentuk geometrinya. Selanjutnya pemrogram dapat memverifikasi *tool path* melalui tampilan animasi dilayar sistem, dan hal ini sangat meningkatkan kecepatan untuk menghasilkan suatu program untuk mesin CNC.

Gambar 2.9

Bentuk sebuah Toolpath



2.2. Alur Kerja Sistem CAD/CAM

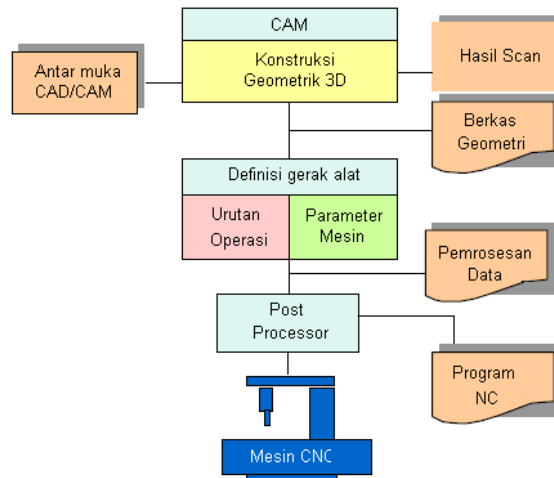
Berbagai macam sistem CAD/CAM telah digunakan oleh industri yang memerlukannya, tetapi pada dasarnya alur kerja sistemnya hampir sama, yaitu:

- a. Model Geometrik atau antar muka CAD
(dibuat langsung di sistem atau mengambil dari sumber lain)
- b. Definisi pergerakan alat potong
- c. Pemrosesan data
- d. *Post Processor*
- e. Pengiriman data (transmisi data)

Bila dalam bentuk diagram dapat diperlihatkan sebagai berikut (gambar 2.10),

Gambar 2.10

Alur kerja sistem CAD/CAM



2.1.1. Model Geometri atau Antar muka CAD

Bentuk Geometri benda kerja dapat didefinisikan dari elemen geometris dasar seperti titik, garis, busur, *spline* atau *surface*. Elemen geometri dalam bentuk dua atau tiga dimensi tersebut disimpan dalam memori komputer berbentuk model matematika. Model matematika dapat menjadi sebuah model wire frame, model surface, atau model solid. Selain itu, model geometri dapat diimpor dari CAD / CAM sistem lainnya melalui standar format antarmuka CAD / CAM seperti *Initial Graphic Exchange (IGES)*. IGES adalah standar pertukaran grafis yang dikembangkan bersama oleh industri dan *National Bureau of Standards* dengan dukungan Angkatan Udara AS. IGES menyediakan kemampuan pengiriman data geometri tiga dimensi antara sistem yang berbeda. Melalui sistem ini, unsur-unsur geometris dari satu sistem dapat diterjemahkan ke dalam standar berkas yang netral dan kemudian dari standar netral ini diubah ke bentuk lainnya.

2.1.2. Mendefinisikan Pergerakan Alat Potong

Setelah pemodelan geometris, dilakukan proses memasukan data mesin ke dalam komputer seperti *setup* pekerjaan, *setup* operasi dan definisi gerak untuk menghasilkan suatu berkas penting yang disebut berkas lokasi

pemotongan (*Cutting Location-CL file*) atau (*Center Line-CL file*) untuk memproses benda kerja di mesin CNC.

- a. **Setup pekerjaan** – langkah ini adalah memasukan data *datum* mesin, posisi *home* mesin dan diameter alat potong untuk *CL-file*
- b. **Setup operasi** - langkah ini adalah untuk memberi masukan parameter operasi ke dalam sistem seperti *feed rate*, toleransi, dan *approach / retract* pada suatu bidang, kecepatan *spindle*, ON / OFF fungsi pendingin, *stock offset* dan pemilihan alat potong, dll.
- c. **Definisi gerak** - perintah mesin terpadu yang digunakan untuk mengontrol gerak alat potong terhadap mesin CNC. Termasuk proses pembuatan lubang, pemesinan profil, *pocketing*, pemesinan permukaan, pemeriksaan *gouge*, dll.

2.1.3. Pemrosesan Data

Ketika *toolpath* telah selesai di proses, Anda dapat menggunakannya untuk membuat data dengan format ASCII *Cutter Location (CL-file)*. Kemudian Anda dapat mengirimkan data pasca-proses yang berupa data *CL-file* tadi menjadi berkas data kontrol mesin tertentu (*MCD-machine control data*) menggunakan *post-processor*.

Data dimasukan dan diterjemahkan ke dalam format komputer sehingga dapat digunakan. Komputer akan memproses bagian permukaan yang diinginkan, *offset* pemotong terhadap permukaan yang dipotong dan akhirnya menghitung data berkas jalur lintasan pemotongan (*toolpath*) yang dikenal sebagai *CL-file* atau *CL data*.

Kebanyakan sistem CAM menghasilkan satu atau lebih jenis *file* bahasa netral yang berisi instruksi untuk mesin CNC, baik dalam format biner disebut *CL-file* atau format ASCII yang mudah dibaca dan *CL-file* adalah *syntax* bahasa APT. APT adalah singkatan dari "*Automatically Programmed Tools*," perangkat lunak yang menerima simbol geometri dan petunjuk manufaktur, dan menghasilkan *CLfile* yang menggambarkan operasi manufaktur secara absolut.

Gambar 2.11

Sebuah potongan program APT

```

PARTNO example
C1=CIRCLE/0,0,0,1      $$ create a circle centered at 0,0,0 with radius 1
L1=LINE/XAXIS        $$ create a line on the xaxis
$$$More geometry statements...
CUTTER/0.25           $$ define a tool
FROM/0,0,0            $$ start point of the tool
INDIRV/0,1,0          $$ direction the tool initially moves
GO/TO,C1              $$ direct the motion of the tool to c1
$$$More motion and geometry statements...
FINI                  $$end of program
    
```

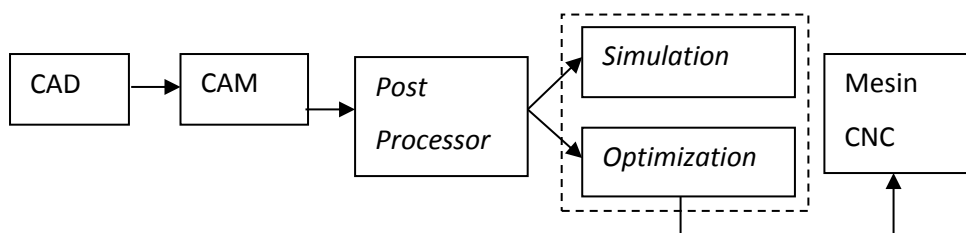
Toolpath biasanya dapat dilihat secara animasi grafis pada layar untuk tujuan verifikasi . Selanjutnya, data perencanaan produksi seperti daftar alat, lembar setup, dan waktu mesin juga dihitung sebagai referensi pengguna.

2.1.4. Post Processor

Setiap mesin CNC memiliki fitur dan kemampuan yang berbeda, demikian pula dengan format program CNC nya dapat bervariasi antara satu sama lain. Oleh karena itu diperlukan sebuah proses untuk mengubah petunjuk yang bersifat umum dari *CL-file* ke bentuk format tertentu pada mesin tertentu dan proses ini disebut *post processing* atau pasca proses. Secara umum dapat diartikan bahwa *post processor* adalah media untuk menterjemahkan *toolpath* menjadi kode numerik (*G-code*).

Gambar 2.12

Aliran informasi data Post Processor spesifik

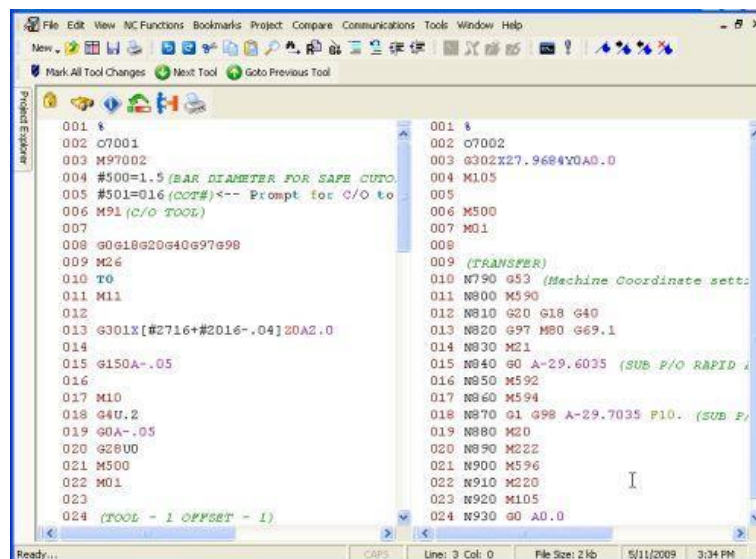


Post Processor adalah perangkat lunak komputer yang mengubah data *CL-file* ke format mesin pengontrol agar dapat ditafsirkan dengan benar. Secara umum, ada dua jenis *post processor*:

a. *Post Processor* spesifik

Perangkat lunak ini dibuat secara khusus (*tailor made*) yang akan menghasilkan luaran berupa kode spesifik mesin CNC yang akurat. Pengguna tidak perlu mengubah program apapun. Pada umumnya *post processor* ini digunakan oleh mesin CNC 3 axis karena sumbu utama X,Y,Z tetap, sehingga ketika menterjemahkan *tool path* benda kerja akan mempunyai acuan sumbu yang sama untuk setiap pemasok mesin CNC.

Gambar 2.13 Post processor spesifik yang tampilan huruf berwarna agar lebih mudah dibaca



b. *Post Processor* generik (universal)

Post processor inidisusun dalam bentuk aturan umum karena pengguna membutuhkannya untuk menyesuaikan ke format yang memenuhi persyaratan mesin CNC tertentu. Hal ini disebabkan oleh persaingan dunia industri dimana setiap pemasok mesin akan membuat fungsi khusus untuk

memudahkan pengguna. Misalnya satu mesin akan menyediakan fungsi untuk kemudahan interpolasi heliks, maka akan diperlukan satu kode khusus untuk fungsi ini. Tentunya kode tadi akan sulit dimengerti oleh mesin-mesin yang lebih tua umurnya.

Langkah Pembuatan dan Pasca Proses (Post Processing) Data CL-file

1. *Post processing*

- Data CL *file* dihasilkan dari *toolpath*
- Post processing data CL-*file* ke dalam kode spesifik mesin
- Kode spesifik mesin digunakan untuk mengontrol mesin

2. Metode *post processing*

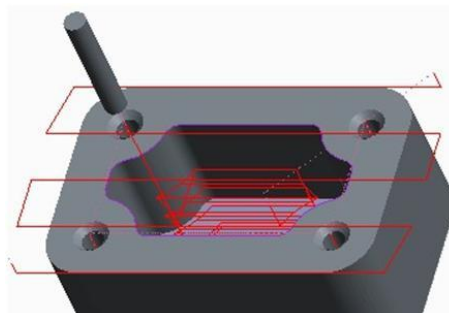
- Urutan proses secara kode numerik (NC) telah lengkap
- Buatlah data CL-*file*
 - dari beberapa atau semua urutan NC
 - dalam format ASCII
 - nama berkas .ncl.
- Post process data CL-*file*
 - Membuat berkas MCD
 - Nama berkas .tap.

3. Diinginkan perubahan urutan NC

- Membuat ulang berkas CL-*file* dan berkas MCD

Gambar 2.14

Simulasi berkas CL-file



Gambar 2.15	Data CL-file
7	PPRINT / NC SEQUENCE NAME : FACE_TOP
8	PPRINT / TOOL NAME : 30_FEM
9	PPRINT / TOOL POSITION NUMBER : 1
10	LOADTL / 1
11	SS-> CUTTER / 30.000000
12	SS-> CSYS / 1.0000000000, 0.0000000000, 0.0000000000, 0.0000000000, \$
13	0.0000000000, 1.0000000000, 0.0000000000, 0.0000000000, \$
14	0.0000000000, 0.0000000000, 1.0000000000, 0.0000000000
15	SPINDL / RPM, 1000.000000, CLW
16	COOLNT / ON
17	RAPID
18	GOTO / -158.7218896867, 0.0000000000, 10.0000000000

Gambar 2.16	Berkas MCD (Machine Control Data)
	%
	O1001
	N1 (PRO/NC TOOL PATH : OP010)
	N2 (PARTNO : POST)
	N3 G90 G80 G40 G17 G0
	N4 (NC SEQUENCE NAME : FACE_TOP)
	N5 (TOOL NAME : 30_FEM)
	N6 (TOOL POSITION NUMBER : 1)
	N7 G90 G80 G40 G17 G0
	N8 T1 M6
	N9 S1000 M3
	N10 G0 G90 X-158.722 Y0.
	N11 G43 H1 Z10. M8
	N12 Z7.

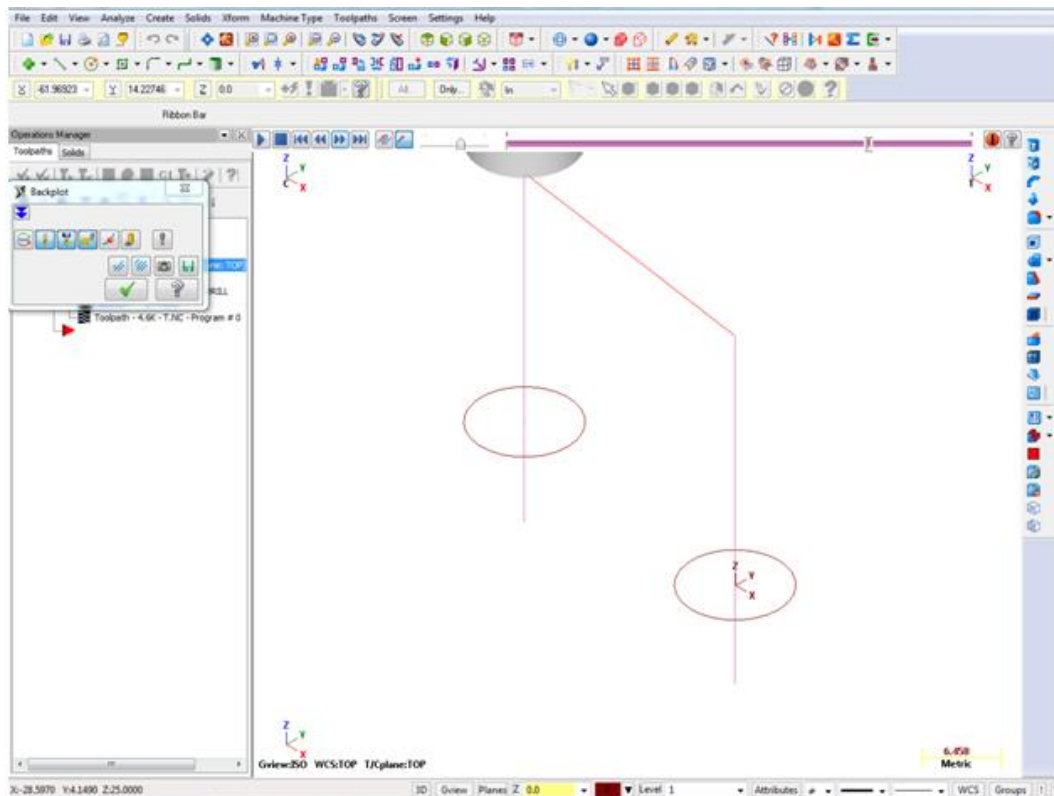
Melakukan Perubahan (*Editing*) Kode Numerik

Pada era kini dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat maka fungsi-fungsi pada sistem CAD/CAM semakin banyak. Hal ini memberikan alternatif kepada operator program untuk dapat membuat program yang semakin mempercepat proses produksi. Strategi pemotongan dan logika urutan proses pun semakin bervariasi, sehingga program kode numerik atau G-Code semakin panjang. Namun perkembangan perangkat keras dan perangkat lunak kontrol mesin tidak mengikuti kecepatan perkembangan sistem CAD/CAM, selain itu di negara berkembang seperti Indonesia masih banyak digunakan mesin CNC produksi lama, sehingga terkadang program

G-Code tidak bisa diterima oleh kontrol mesin karena terlalu panjang atau tidak diterima karena tidak dimengerti oleh kontrol mesin tersebut.

Oleh karena itu perlu langkah untuk melakukan penyesuaian (*Edit*) pada program G-Code yang dihasilkan agar **bisa** dibaca kontrol mesin. *Edit* ini dapat dilakukan saat masih dalam proses pembuatannya di sistem CAD/CAM ataupun dilakukan pada kontrol mesin CNC. Salah satu langkah yang akan dicontohkan adalah *edit* program G-Code di sistem CAD/CAM pada suatu proses gurdi. Dibawah ini diperlihatkan toolpath proses gurdi tersebut (gambar 2.17).

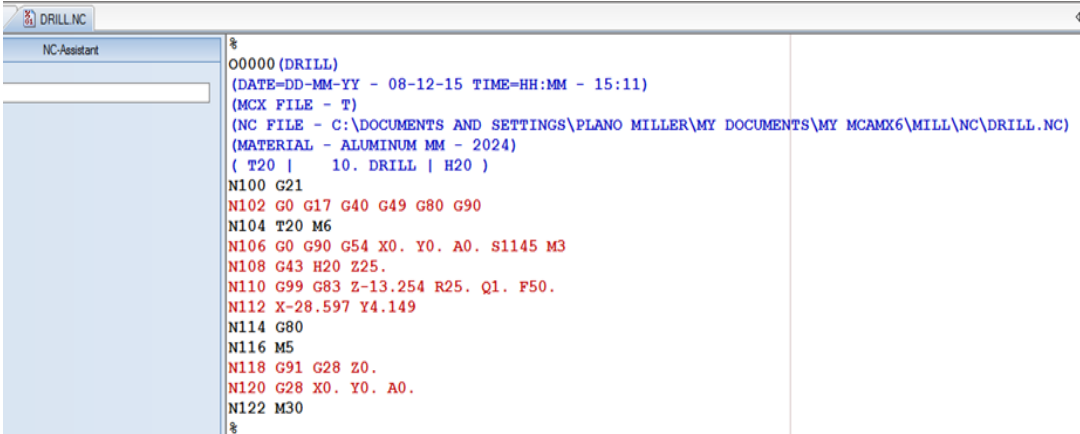
Gambar 2.17 Toolpath proses gurdi dua buah lubang



Setelah **program** model geometri dilakukan pasca proses pada suatu sistem CAD/CAM, maka berikutnya akan dihasilkan program G-Code seperti pada gambar 2.18. Lalu beberapa urutan G-Code dihapus karena tidak perlukan, dan menambahkan beberapa G-Code yang diperlukan sesuai dengan fitur

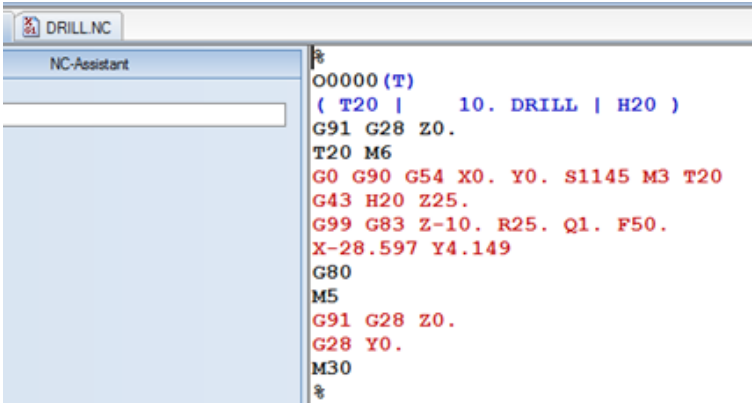
yang diinginkan oleh kontrol mesin. Mesin yang digunakan adalah Mitsubishi M-V5CN dengan kontrol Fanuc 18i.

Gambar 2.18 G-Code proses gurdi hasil pasca proses (a) dan setelah proses edit (b)



```
O0000 (DRILL)
(DATE=DD-MM-YY - 08-12-15 TIME=HH:MM - 15:11)
(MCX FILE - T)
(NC FILE - C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\PLANO MILLER\MY DOCUMENTS\MY MCAMX6\MILL\NC\DRILL.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
( T20 | 10. DRILL | H20 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T20 M6
N106 G0 G90 G54 X0. Y0. A0. S1145 M3
N108 G43 H20 Z25.
N110 G99 G83 Z-13.254 R25. Q1. F50.
N112 X-28.597 Y4.149
N114 G80
N116 M5
N118 G91 G28 Z0.
N120 G28 X0. Y0. A0.
N122 M30
```

(a)



```
O0000 (T)
( T20 | 10. DRILL | H20 )
G91 G28 Z0.
T20 M6
G0 G90 G54 X0. Y0. S1145 M3 T20
G43 H20 Z25.
G99 G83 Z-10. R25. Q1. F50.
X-28.597 Y4.149
G80
M5
G91 G28 Z0.
G28 Y0.
M30
```

(b)

Proses edit di atas dilakukan pada suatu aplikasi komputer yang dibuat untuk mengevaluasi **program** G-Code. Langkah-langkah yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2.19.

```

%
O0000 (DRILL)
  (DATE-DD-MM-YY - 08-12-15 TIME-HH:MM - 15:11)
  (MCX FILE - T)
  (NC FILE - C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\PLANO MILLER\MY DOCUMENTS\
  (MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
  ( T20 | 10. DRILL | H20 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T20 M6
N106 G0 G90 G54 X0. Y0. A0. S1145 M3
N108 G43 H20 Z25.
N110 G99 G83 Z-13.254 R25. Q1. F50.
N112 X-28.597 Y4.149
N114 G80
N116 M5
N118 G91 G28 Z0.
N120 G28 X0. Y0. A0.
N122 M30
%

%
O0000 (T)
  ( T20 | 10. DRILL | H20 )
G91 G28 Z0.
T20 M6
G0 G90 G54 X0. Y0. S1145 M3 T20
G43 H20 Z25.
G99 G83 Z-10. R25. Q1. F50.
X-28.597 Y4.149
G80
M5
G91 G28 Z0.
G28
M30
%

```

Penjelasan **langkah** penyesuaian dengan cara menghapus pernyataan yang tertera di layar tersebut adalah sebagai berikut:

```

  (DATE-DD-MM-YY - 08-12-15 TIME-HH:MM - 15:11)
  (MCX FILE - T)
  (NC FILE - C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\PLANO MILLER\MY DOCUMENTS\
  (MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)

```

- Deret informasi indentitas proses pada sistem CAD/CAM yang tidak diperlukan oleh kontrol mesin, sehingga bisa dihilangkan dengan cara sorot lalu *delete*.

```

N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90

```

- Beberapa perintah G-Code tidak diperlukan, dan apabila dipertahankan terkadang ada kontrol mesin yang tidak bisa membacanya. Misalnya G17 merupakan petunjuk tentang bidang X-Y mesin (2D), padahal mesin ini 3 *axis* dan sudah bekerja pada bidang X-Y sehingga memperpanjang program serta akan menambah jumlah memori pada kontrol mesin. G40 tidak diperlukan karena merupakan petunjuk kompensasi alat potong, sedangkan proses gurdi tidak memerlukan kompensasi alat potong.

```


A0. S1145 M3

```

- A0 adalah salah satu sumbu rotasi pada mesin CNC 4 *axis*, namun mesin yang digunakan adalah 3 *axis* sehingga karakter ini bisa dihilangkan.

X0. Y0. A0.

- Proses ini adalah proses gurdi sehingga pergerakan ke posisi *home* hanya satu yaitu Y0, sedangkan X0 dan A0 dapat dihapus.

<pre>N106 G0 G90 G54 X0. Y0. A0. S1145 M3 N108 G43 H20 Z25. N110 G99 G83 Z-13.254 R25. Q1. F50. N112 X-28.597 Y4.149 N114 G80</pre>		<pre>G0 G90 G54 X0. Y0. S1145 M3 T20 G43 H20 Z25. G99 G83 Z-10. R25. Q1. F50. X-28.597 Y4.149 G80</pre>
---	---	---

- Nomor urutan G-Code dihapus karena ada batasan karakter pada kontrol mesin sehingga secara otomatis nantinya kontrol mesin akan menulis nomor urutnya sendiri.

2.1.5. Pengiriman/Transmisi Data

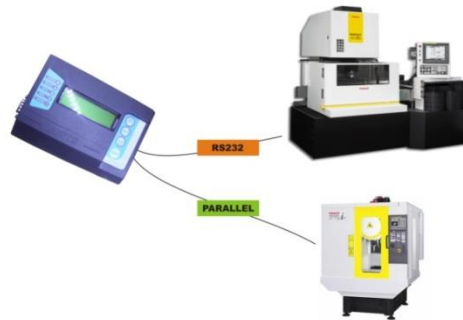
Setelah *post processor*, program CNC dapat dikirimkan ke mesin CNC, baik melalui cara *off line* atau *on line*.

a. Proses *off line*

Media pemindah data yang digunakan untuk memindahkan program CNC yang telah dibuat ke mesin CNC dalam bentuk *compact flash* (CF card) atau *flash disk*. Ada beberapa mesin tua yang masih berfungsi dan memanfaatkan floppy disk sebagai medianya.

b. Proses *online*.

Proses *online* umumnya digunakan pada suatu operasi DNC dan ditransfer baik data serial atau paralel menggunakan kabel data.



Direct numerical control (DNC), yang dikenal juga sebagai *distributed numerical control* (DNC), adalah istilah umum manufaktur untuk jaringan beberapa mesin CNC terintegrasi komputer. Pada beberapa pengendali mesin CNC, memori yang tersedia terlalu kecil untuk menyimpan program di mesin (misalnya pembuatan permukaan kompleks), sehingga dalam hal ini program disimpan dalam komputer yang terpisah dan dikirim langsung ke mesin, per blok program per satuan waktu. Jika komputer terhubung ke sejumlah mesin, DNC dapat mendistribusikan program untuk mesin yang berbeda sesuai keperluan. Biasanya, produsen kontrol CNC menyediakan perangkat lunak DNC yang sesuai. Tersedia pula perangkat lunak DNC yang bersifat universal, dan dapat disesuaikan dengan keperluan mesin. Jaringan DNC atau komunikasi DNC selalu diperlukan ketika program CAM berlangsung pada beberapa kontrol mesin CNC.

Transmisi Serial

Transmisi asynchronous serial paling banyak digunakan dalam proses transmisi data dan RS232C adalah *asynchronous* standar yang paling populer. RS232C mempunyai port serial (9 pin atau 25 pin) dan tersedia di banyak komputer. Harga RS232C murah; mudah program dan dengan *baud rate* (pengiriman pulsa per detik) hingga 38400. Namun, jarak kirimnya terbatas hingga 15 meter.

Transmisi Paralel

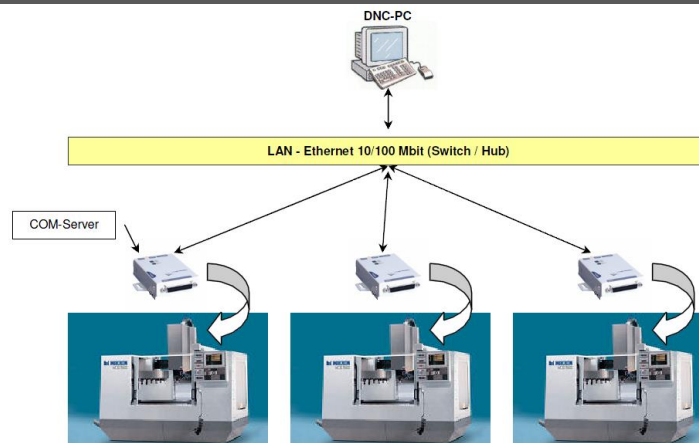
Transmisi paralel umumnya digunakan dalam transmisi data antara komputer dan perangkat eksternal seperti sensor, *programmable logic controller* (PLC) atau aktuator. Salah satu yang umum digunakan adalah standar IEEE488. Ini berisi 24 baris koneksi yaitu 8 untuk data, 8 untuk kontrol dan 8 untuk ground. Media ini dapat mentransfer data hingga 1 Mbps untuk kabel 20 meter.

Local Area Networks

Untuk mengaktifkan fasilitas CAD / CAM agar berjalan lancar, akan sangat baik apabila fasilitas tersebut dihubungkan bersama. Pada jaringan area lokal, terminal dapat mengakses komputer manapun dalam satu jaringan atau perangkat lainnya lantai pabrik tanpa kabel dengan kecepatan hingga 300 megabit per detik. Misalnya, Ethernet berjalan pada 100Mbps akan jauh lebih cepat daripada komunikasi serial RS232 (115.2kbps).

Gambar 2.21

Area jaringan lokal untuk banyak CNC



Sebuah LAN terdiri dari perangkat lunak dan komputer untuk desain, yang diatur oleh seperangkat aturan yang disebut protokol. Sistem CAD/CAM akan mengaktifkan kontrol *data handling* dan penanganan *error*, sementara komputer menghasilkan dan menerima sinyal, dan media yang membawa

sinyal. Protokol mendefinisikan logika, kelistrikan, dan spesifikasi fisik jaringan. Protokol yang sama harus diikuti agar dalam jaringan terjadi komunikasi yang efektif antara satu sama lainnya.

Bahan Bacaan 3 : Strategi Pemotongan pada Sistem CAM

3.1. Toolpath

Salah satu keuntungan dari sistem CAD/CAM adalah mempercepat *lead time* proses sehingga waktu penyelesaian pembuatan suatu produk akan lebih cepat. Oleh karena itu pendefinisian dari lintasan alat potong menjadi sangat penting, untuk mencapai waktu penyelesaian cepat diperlukan jarak lintasan alat potong yang optimal. Apalagi saat ini bentuk permukaan produk menjadi semakin rumit karena faktor visual keindahan produk yang memerlukan detail permukaan dengan bentuk geometri yang kompleks.

Aplikasi sistem CAD/CAM telah menyediakan pilihan-pilihan strategi *toolpath* untuk mendapatkan solusi dari permasalahan ini. Operator tinggal memilih jenis *toolpath* mana yang cocok untuk produk yang dibuat sehingga menghasilkan waktu proses penyelesaian yang paling cepat. Selain waktu penyelesaian perlu juga mempertimbangkan daya dan gaya potong yang rendah agar hemat energi serta kecepatan pemakanan yang sesuai hingga tidak terjadi getaran pada saat memotong agar tidak merusak capaian kekekasaran permukaan yang ditetapkan.

Begitu banyak sekali pilihan *toolpath* yang tersedia pada sistem CAD/CAM di berbagai pemasok dengan segala kelebihanannya, sebagai pengetahuan dasar akan disampaikan beberapa strategi *toolpath*, seperti :

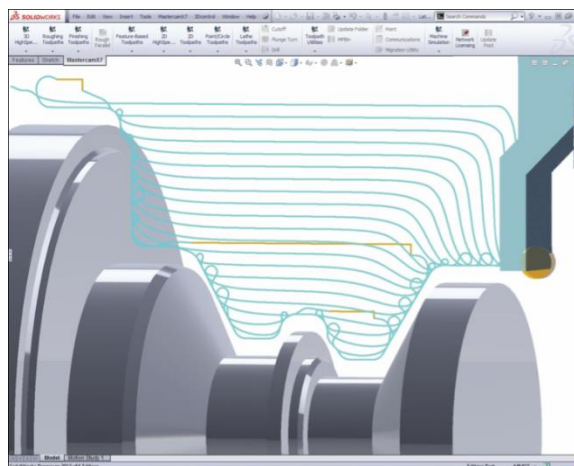
Strategi Toolpath pada Proses Pembubutan

Variasi strategi *toolpath* untuk proses pembubutan tidak begitu banyak karena pergerakan alat potong sejajar dengan sumbu benda kerja. Oleh karena itu pada strategi *toolpath* proses pembubutan kebanyakan adalah pemanfaatan metode pemotongan *roughing* dan *finishing*. Contoh gerakan dapat dilihat pada gambar 2.22., dan semua pilihan dibawah ini pergerakannya dapat di ilustrasikan seperti pada gambar tersebut, beberapa diantaranya adalah :

- **Dynamic Motion Roughing**, dirancang untuk digunakan saat memotong material yang sangat keras menggunakan alat potong karbida sisipan. Apabila menggunakan pilihan ini maka secara otomatis pemotongan *roughing* akan dilakukan secara bertahap hingga menyisakan ketebalan untuk *finishing*.
- **Finish and Canned Finish**, *canned* merupakan pola standar untuk *toolpath* pemotongan arah memanjang proses pembubutan. Dengan menggunakan pilihan ini maka secara otomatis akan membuat lintasan pemotongan finishing mengikuti kontur yang diinginkan sesuai dengan kondisi mesin bubut CNC yang akan dipakai.
- **Groove and Canned Groove**, pilihan ini dapat melakukan pemotongan berbagai jenis alur hanya berdasarkan lokasi titik sudut atau titik saja; ini memungkinkan *toolpath* dapat membuat alur tanpa harus membuat bentuk geometri alurnya.
- **Point**, suatu waktu Anda perlu memposisikan alat potong pada titik tertentu atau mengikuti serangkaian titik-titik untuk menghindari *fixture* atau pencekam, atau untuk memposisikan alat potong masuk ke dalam atau keluar dari daerah sempit atau berbentuk tanggung. Pilihan ini akan membantu menempatkan alat potong tersebut pada titik di sekitar bagian geometri dimana alat potong diinginkan untuk mulai bergerak.

Gambar 2.22

Toolpath pada proses pembubutan



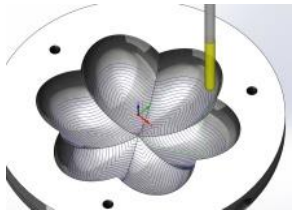
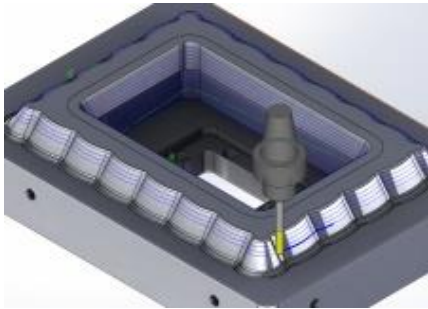
Strategi *Toolpath* pada Proses Milling

Pada proses milling sumbu alat potongnya akan tegak lurus atau membentuk sudut terhadap permukaan material yang dipotong dengan kemungkinan posisi titik pertemuan sumbu dan permukaan dapat berada dimana saja. Oleh karena itu variasi *toolpath* nya akan lebih banyak dari proses pembubutan sehingga pendekatan masalah pada program CAM paling canggih mengasumsikan bahwa beberapa strategi khusus *toolpath* dapat digunakan untuk menghasilkan produk seefisien mungkin. Misalnya, dapat menggunakan strategi untuk *roughing* berupa *plunge roughing* lalu diikuti *intermediate roughing* seperti *zig-zag* dan diakhiri dengan strategi *toolpath* untuk proses *finishing*. Dengan demikian pada strategi pemotongan untuk proses milling akan terdiri dari beberapa tahapan pemotongan hingga tercapainya bentuk produk yang dimaksud.

Strategi *toolpath* ini juga dijadikan acuan oleh para pemasok sistem CAD/CAM sebagai aspek pembeda dari masing-masing aplikasi dengan harapan akan meningkatkan daya kompetitifnya. Beberapa *toolpath* yang lazim digunakan pada proses milling adalah :

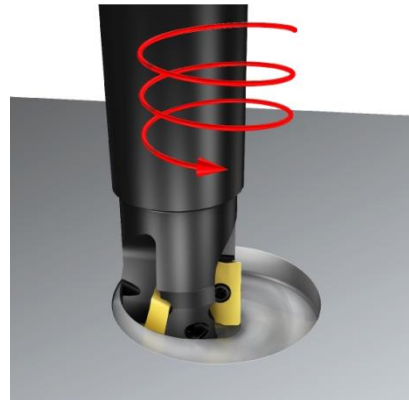
Tabel 2.3

Strategi *toolpath* proses pemesinan milling

<p><i>Constant Stepper</i></p> <p>Sebuah lintasan pahat dimana alat mengikuti bentuk <i>pocket</i> menggunakan jalur paralel yang dipisahkan oleh <i>stepper</i> konstan</p>	
<p><i>Constant "Z" Machining</i></p> <p>Sebuah strategi biasa digunakan untuk proses finishing di mana trek lintasan alat potong sekitar profil yang sedang dipotong pada arah sumbu Z adalah konstan. Hal ini biasanya digunakan untuk sisi yang curam</p>	

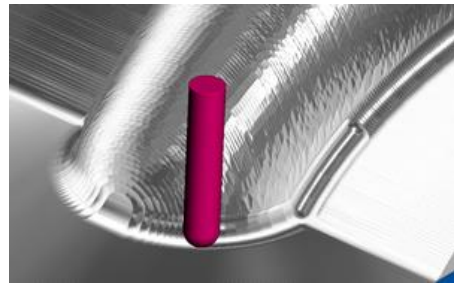
Helix Ramping

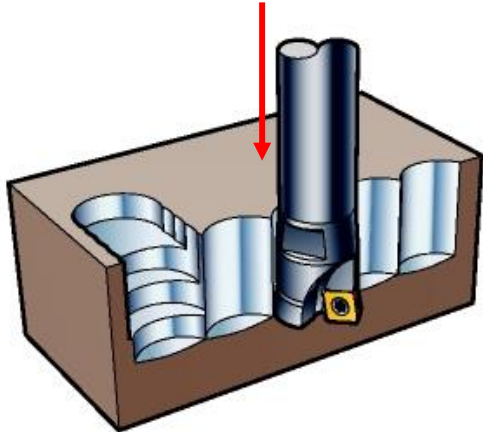
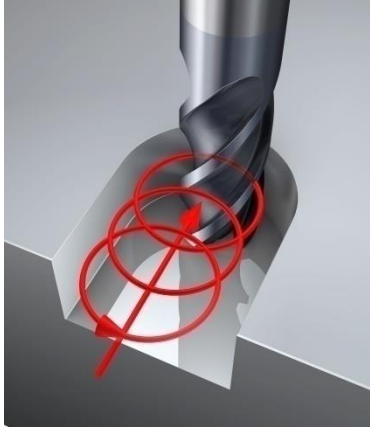
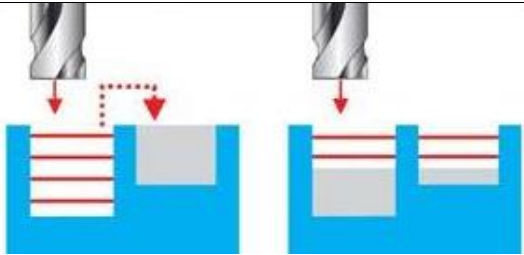
Langkah untuk membuat sebuah bentuk kolom secara langsung menggunakan *endmill* tanpa harus menggunakan langkah pembuatan lubang dengan proses gurdi. Alat potong berputar dan pergerakan *toolpath* arah sumbu Z konstan diikuti gerakan melingkar sebesar ukuran diameter produk yang dipotong.



Pencil Milling

Sebuah teknik *finishing* terutama ditujukan untuk mengatasi daerah sudut dan cekungan yang tidak bisa ditangani oleh strategi lintasan pahat sebelumnya. *Pencil Milling* memungkinkan lintasan pahat di mana diameter *cutter* adalah sama dengan diameter fitur yang akan digiling.



<p>Plunge Roughing</p> <p>Sebuah teknik <i>roughing</i> di mana pemotongan terjadi melalui gerakan hanya arah Z-sumbu, seperti langkah proses gurdi secara berulang kali ke daerah benda kerja yang ingin dipotong. Hal ini dimungkinkan karena kebanyakan mesin jauh lebih kaku pada arah sumbu Z sehingga dapat menggunakan <i>feeding</i> tinggi dan diameter alat potong yang lebih besar.</p>	 <p>The diagram shows a large cylindrical drill bit being used to machine a rectangular block. A red arrow points downwards from the top of the drill bit, indicating the direction of the cutting motion along the Z-axis. The workpiece has several parallel grooves machined into its top surface.</p>
<p>Trochoidal Machining</p> <p>Sebuah teknik pemesinan untuk mengontrol daerah pemotongan dengan serangkaian gerakan alat secara melingkar sambil melangkah maju secara perlahan-lahan dengan kedalaman pemotongan besar. Hal ini menyebabkan alat untuk selalu bergerak konstan sepanjang kurva radius sehingga nilai <i>feeding</i> dapat dioptimalkan agar pemotongan dapat lebih mudah.</p>	 <p>The diagram illustrates a drill bit cutting into a workpiece. Red circular paths are overlaid on the workpiece, showing the trochoidal (cycloidal) movement of the tool. A red arrow indicates the direction of the tool's feed along the Z-axis.</p>
<p>Raceline Machining</p> <p>Salah satu paten <i>toolpath</i> sistem CAD/CAM yaitu langkah membuat dua bentuk kolam yang dikerjakan secara bersamaan agar</p>	 <p>The diagram shows two cross-sectional views of a workpiece being machined. In the first view, a drill bit is shown cutting a groove. In the second view, the groove is deeper, and a second groove is being machined on the opposite side of the workpiece, demonstrating simultaneous machining of two features.</p>

mendapatkan waktu proses yang lebih cepat dan mengurangi tingkat keausan pahat	
--	--

3.2. Penggunaan Daya Potong Optimal

Untuk meningkatkan produktivitas dan menurunkan ongkos produksi maka beberapa metode proses pemesinan bisa digunakan, misalkan mengurangi waktu proses melalui optimalisasi laju pemakanan. Rumusan umum waktu proses pemesinan (t_m) adalah:

$$t_m = \frac{n \cdot L}{V_f} \quad (1)$$

L = panjang lintasan sekali potong (*single pass*), mm

V_f = laju pemakanan, mm/menit

n = banyaknya langkah pemotongan (*multipass*)

Pada proses pembubutan, laju pemakanan (V_f) dapat di definisikan sebagai kecepatan pemakanan (*feeding*) berbanding lurus dengan kecepatan putar spindle mesin,

$$V_f = f \cdot N \quad (2)$$

$$N = \frac{V_c}{\pi \cdot D} \quad (3)$$

f = kecepatan pemakanan (*feeding*), mm/putaran

N = kecepatan putar *spindle* mesin, rpm

D = Diameter benda kerja

Pada proses milling dan gurdi, laju pemakanan akan bergantung pada jumlah mata pemotongnya,

$$V_f = f_z \cdot Z \cdot N \quad (4)$$

f_z = Kecepatan pemakanan per gigi pemotong, mm/gigi

z = jumlah gigi pemotong

Daya potong pada proses pemesinan dapat diketahui melalui dua pilihan perhitungan yaitu menggunakan nilai daya potong spesifik atau menggunakan kecepatan potong spesifik. Kali ini yang akan digunakan adalah rumusan daya pemotongan teoritik (P_c , watt) secara umum dengan menggunakan nilai daya potong spesifik,

$$P_c = K \cdot MRR \quad (5)$$

K = daya pemotongan spesifik (Watt.detik/mm³)

MRR = volume hasil pemotongan (mm³/menit)

Metal removal rate (MRR) adalah volume material yang dihasilkan dari proses pemotongan per menit dan dapat dituliskan sebagai,

$$MRR = V_c \cdot d \cdot f \quad (6)$$

d = kedalaman pemakanan (mm)

Torsi pada *spindle* mesin juga akan mempengaruhi proses optimalisasi daya pemotongan, oleh karena itu perlu juga untuk mengetahui rumusan torsi (Nm),

$$T = \frac{P_m}{2 \cdot \pi \cdot N} \quad (7)$$

P_m = Daya motor *spindle*

Contoh persoalan:

Proses pembubutan dilakukan pada sebuah batang besi tuang dengan diameter 200 mm dengan kedalaman pemotongan $d = 1,25$ mm. Mesin bubut dilengkapi motor listrik berkekuatan 12 kW dengan efisiensi mekanik 80%. Kecepatan *spindle* diketahui 500 rpm. Hitunglah, berapa maksimum kecepatan pemakanan pada proses ini sebelum motor berhenti?

Persoalan ini menggambarkan bahwa untuk mempercepat waktu proses pemotongan kita bisa mengambil alternatif dengan mempercepat kecepatan pemakanan dengan konsekuensi kekuatan motor dipaksa pada kondisi maksimum.

Diameter rata-rata untuk perhitungan ini adalah $D_{rat} = 198,75$ mm. Berdasarkan data motor listrik dan efisiensi mekaniknya, maka daya potong yang bisa dimanfaatkan adalah $(12) (0,8) = 9,6$ kW. Untuk material besi tuang pada persoalan ini dapat diketahui dari tabel energi spesifik pemotongan adalah $K = 3,3$ W.det/mm³.

$$MRR = \frac{(9,6) \cdot (1000) W}{3,3 \frac{W \cdot \text{det}}{\text{mm}^3}} = 2909 \text{ mm}^3/\text{detik}$$

Rumus lain untuk MRR pada proses pembubutan adalah,

$$MRR = \pi \cdot D_{rat} \cdot d \cdot f \cdot N \quad (8)$$

sehingga maksimum kecepatan pemotongan adalah,

$$f = \frac{MRR}{\pi \cdot D_{rat} \cdot d \cdot N}$$

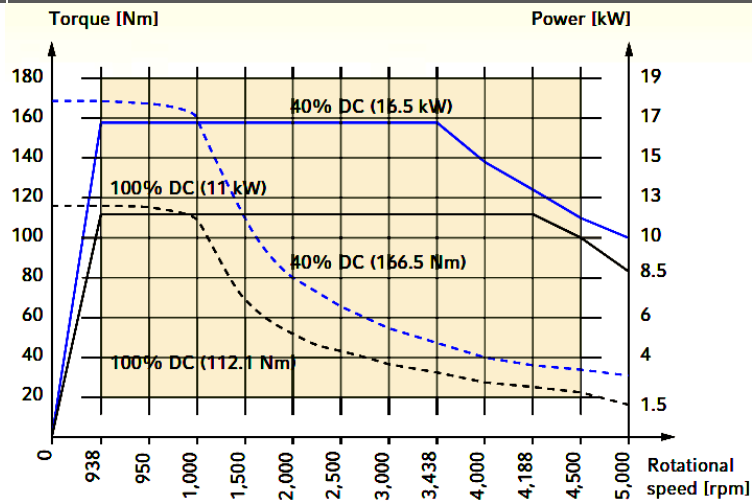
$$f = \frac{(2909) \cdot (60)}{\pi \cdot (198,75) \cdot (1,25) \cdot (500)} = 0,45 \text{ mm/putaran}$$

Dapat diartikan apabila kita menggunakan nilai kecepatan potong lebih kecil dari 0,45 mm/putaran maka motor listrik masih dapat berfungsi dan menghasilkan waktu proses pemesinan yang lebih cepat.

Namun pada mesin CNC nilai kekuatan motor *spindle* tidak ditunjukkan secara tunggal misal 12 kW seperti contoh di atas tetapi akan disampaikan dalam bentuk grafik antara rpm dan daya motor serta rpm dan torsi yang dikeluarkan pabrikan motor (Gambar 2.23)

Gambar 2.23

Grafik rpm vs daya dan rpm vs torsi



Nilai yang berlaku adalah yang berada dibawah garis kurva, bila suatu proses pemesinan dengan parameter tertentu menggunakan kecepatan putar 2000 rpm maka hasil perhitungan berupa daya pemotongan yang dikonversi ke daya motor sebesar 10 kW masih bisa dilakukan di mesin ini. Bila perhitungan berada di atas kurva maka motor akan rusak. Namun perhitungan ini masih harus diuji oleh nilai torsi nya, apakah melebihi batas atau tidak, bila nilai torsi nya adalah 40 Nm maka strategi pemotongan ini masih bisa dilakukan.

Langkah tersebut di atas merupakan sebuah metode yang lazim digunakan pada proses *roughing* suatu pemotongan di mesin CNC memanfaatkan laju pemakanan tinggi yang dikenal dengan *High Feed Machining*.

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

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

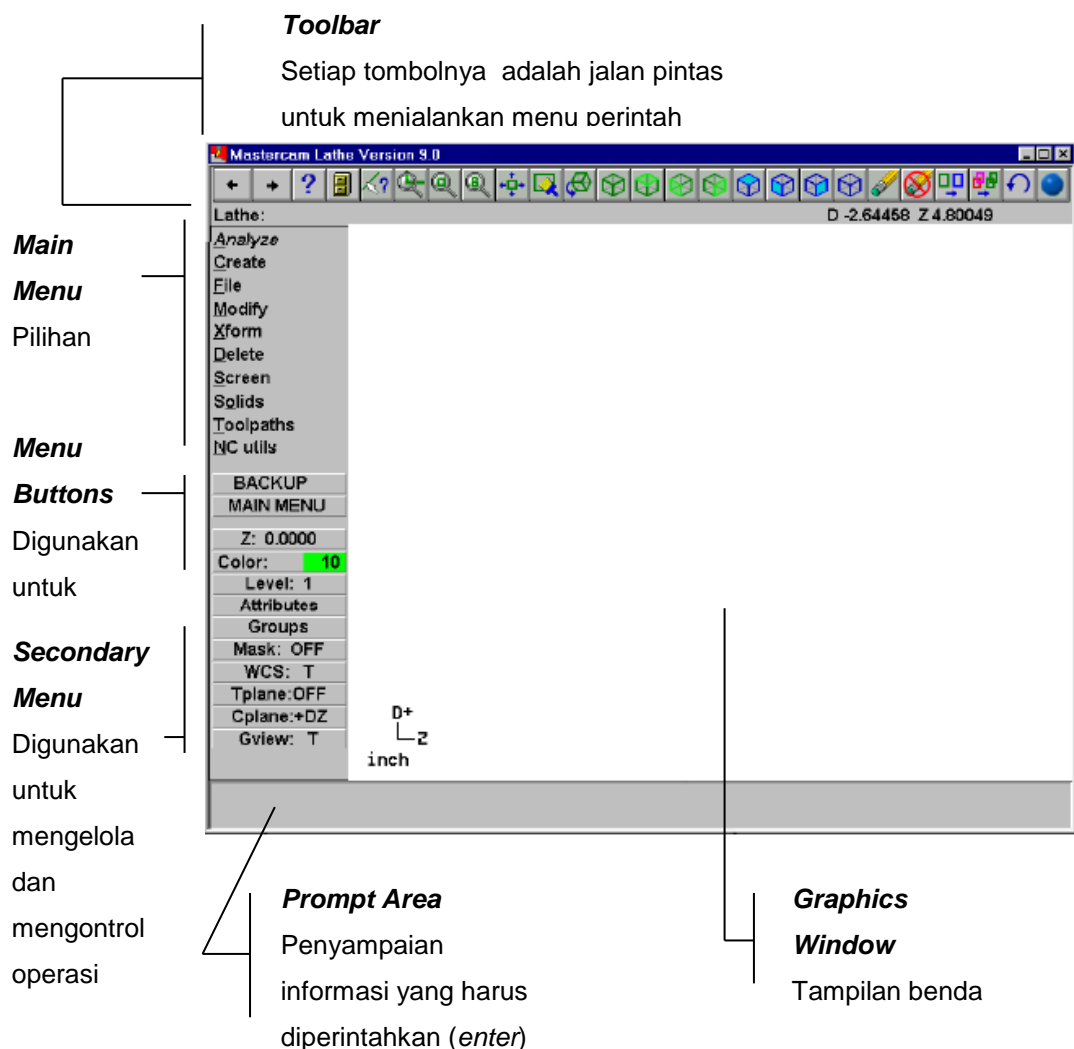
1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Teknik dan Sistem CAD/CAM ? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus di unjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Aktivitas 1: Mempelajari Tampilan Utama pada Ruang Kerja Sistem

CAD/CAM

Bagilah ke dalam beberapa kelompok kerja dan selanjutnya saudara diminta untuk mempelajari tampilan utama pada ruang kerja sistem CAD/CAM yang telah disediakan. Sebagai pembandingan akan diperlihatkan bagian-bagian tampilan utama pada suatu sistem CAD/CAM versi terdahulu. Perhatikanlah mana bagian yang disebutkan dibawah ini lalu bandingkan dengan sistem CAD/CAM yang disediakan dan gambarkan pada lembar kerja yang disediakan. Dilakukan secara berkelompok dengan waktu 1 JP dan lembar jawaban gunakan LK-01.



Aktivitas 2: Menyiapkan Mesin CNC yang akan digunakan

Peserta diklat diminta untuk membagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama akan mempersiapkan mesin bubut CNC dan kelompok kedua menyiapkan mesin milling CNC. Pilihlah mesin perkakas yang akan digunakan sebagai tempat ujicoba.

Beberapa persiapan yang akan dilakukan berkaitan dengan kegiatan pembelajaran berikutnya. Perhatikan dan catat beberapa keperluan tersebut :

1. Metode pengecaman benda kerja apa saja yang bisa dilakukan pada mesin tersebut? (misal mesin bubut menggunakan kolet, *face plate* dll.)
2. Tuliskan ukuran maksimum benda kerja yang mungkin dicekam pada mesin tersebut. (misal mesin milling meja X =mm, Y =...mm dan Z = ...mm)
3. Perhatikan cara pengecaman alat potong, tuliskan metode pengecaman alat potong yang mungkin digunakan. (misal pada mesin milling menggunakan metode *strap and screw*)
4. Tuliskan pula variasi ukuran alat potong yang dapat dicekam pada mesin tersebut.
5. Mintalah kepada operator mesin / penyelia bengkel untuk dapat memperlihatkan tabel atau diagram daya dan torsi maksimum yang dapat diterima oleh motor *spindle* mesin. Alangkah lebih baik apabila yang dapat ditunjukkan adalah diagram rpm vs daya dan rpm vs torsi.
6. Perhatikan kontrol mesin yang digunakan, catatlah merek kontrol tersebut.
7. Bagaimanakah cara pemindahan kode numerik dari komputer ke kontrol mesin, apakah *offline* atau *online*?
8. Apabila *offline*, metode penyimpanan data apa yang akan digunakan? (misal menggunakan *floppy disk*)
9. Apabila *online*, bagaimanakah cara pemindahan data yang digunakan dan parameter apa saja yang diperlukan? (misal nilai *baud ratenya*)
10. Carilah dimana posisi *emergency stop* (tombol darurat).

E. Rangkuman

CAD (*Computer Aided Design*) adalah program komputer yang memungkinkan seorang perancang (*designer*) untuk mendesain gambar rekayasa (*design engineering*) dengan mentransformasikan gambar geometris secara cepat. Sedangkan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) adalah sistem manufaktur yang mengoptimalkan kemampuan program komputer untuk menterjemahkan desain rekayasa yang dibuat oleh CAD sehingga dapat mengontrol mesin NC (*Numerical Controlled Machines*). Sistem CAD/CAM sendiri terjadi apabila spesifikasi desain secara langsung ditransfer/diterjemahkan ke dalam spesifikasi manufaktur, jadi CAD/CAM merupakan penggabungan desain rekayasa dan instruksi manufaktur. Sedangkan mesin NC sendiri adalah mesin yang peralatannya dikontrol oleh komputer dengan sistem CAD/CAM.

Pemanfaatan sistem CAD/CAM diharapkan tidak hanya sebagai visualisasi atau simulasi *toolpath* saja, tetapi akan lebih bermanfaat apabila dapat dijadikan alat untuk melakukan optimalisasi pemotongan. Dengan menyesuaikan parameter pemotongan serta perhitungan daya dan torsi pemotongan lalu di masukan sebagai data yang akan diolah oleh sistem sehingga akan dihasilkan nilai waktu proses optimal.

F. Tes Formatif

Pilihlah salah satu jawaban yang dianggap benar.

1. Komputer yang digunakan untuk mengontrol proses suatu operasi produksi adalah:
 - a. CAD
 - b. CAE
 - c. CAM
 - d. CAQ
2. IGES adalah singkatan dari
 - a. Initial Graphics Exchange System
 - b. Initial Graphics Exchange Software
 - c. Initial Graphic Exchange Solution

- d. Initial Graphics Exchange Specification
- 3. CAD/CAM sangat berguna bagi industri bidang,
 - a. Gambar animasi
 - b. Manufaktur otomotif
 - c. Jasa boga
 - d. Retail
- 4. Komputer yang berguna untuk menghasilkan gambar dan model produk dengan memanfaatkan komputer grafis secara interaktif adalah:
 - a. CAD
 - b. CAE
 - c. Sistem CAD
 - d. Sistem CAM
- 5. Model Parametrik adalah
 - a. Gabungan bentuk-bentuk primitif
 - b. Suatu perubahan dengan pendefinisian ulang
 - c. Model garis dengan empat titik kontrol
 - d. Pengertian yang sama dengan *wireframe*
- 6. Format pertukaran CAD pada sistem CAD/CAM
 - a. NCI
 - b. STEP
 - c. G-Code
 - d. IGES
- 7. *Tool path* adalah
 - a. Jalur lintasan pergerakan alat potong
 - b. Garis penunjukan posisi cutter
 - c. Kode numerik yang dihasilkan sistem CAM
 - d. Nama alat potong
- 8. Keuntungan menggunakan CAD/CAM
 - a. *Lead time* produk akan lebih cepat
 - b. Mengurangi kebutuhan untuk membuat prototipe fisik

- c. Disain manufaktur yang lebih fleksibel
 - d. Semua jawaban benar
9. Apakah *Post Processor* itu?
- a. Perangkat lunak yang menghubungkan komputer dengan mesin
 - b. Perangkat lunak pengubah model geometrik menjadi tool path
 - c. Perangkat lunak pengubah CL-file ke format mesin
 - d. Perangkat lunak perantara antara komputer dan mesin CNC
10. Apakah yang dimaksud dengan *Ramping*
- a. Metode pemotongan sesuai dengan bentuk tubuh manusia
 - b. Metode pemotongan dengan kecepatan pemotongan tinggi
 - c. Metode pemotongan gerak arah Z dan X, Y bersamaan
 - d. Metode pemotongan turun perlahan-lahan

Jawablah persoalan dibawah ini :

Proses pembubutan dilakukan pada sebuah batang baja dengan diameter 100 mm dengan kedalaman pemotongan $d = 1$ mm. Mesin bubut CNC dilengkapi motor servo dengan karakteristik pada gambar 3.2 dengan efisiensi mekanik 90%. Kecepatan spindle diketahui 1000 rpm dengan *feeding* 1 mm/put. Untuk material pada persoalan ini dapat diketahui dari tabel energi spesifik pemotongan adalah $K = 4 \text{ W}\cdot\text{det}/\text{mm}^3$. Apakah dengan parameter ini mesin CNC masih dapat memotong ?, karena bila berlebihan motor *servo* akan rusak dan ongkos perbaikan akan cukup mahal dengan waktu perbaikan yang lama. Bagaimana solusinya ?

G. Kunci Jawaban

Pilihan Berganda :

1. c
2. d
3. b
4. d
5. b
6. a,d
7. a
8. d
9. c
10. c

Soal Essay :

Tidak mungkin menggunakan parameter tersebut karena nilai daya pemotongan hingga 46,3 kW, dan torsi hingga 220 Nm sedangkan pada grafik tertera untuk 1000 rpm mempunyai batas daya motor 11 kW dan torsi motor 112 Nm.

Solusi :

Ubahlah feeding menjadi 0,4 mm/putaran maka keperluan daya motor menjadi 9,2 kW dan torsi motor 88 Nm, nilai ini berada dibawah batas maksimum kurva yang diijinkan.

KEGIATAN PEMBELAJARAN KB-3 : PENGGUNAAN SISTEM CAD/CAM PADA PROSES BUBUT

A. Tujuan

Pada kegiatan pembelajaran ini Anda akan membuat model geometri untuk proses bubut dan akan membangun sebuah *toolpath* serta menghasilkan program G-Code yang akan dipakai pada mesin CNC. Pengetahuan dasar yang akan diberikan mengenai :

- Pemotongan permukaan (*Facing*)
- Pemotongan pengasaran (*Roughing*)
- Pemotongan akhir (*Finishing*)
- *Cut off*

Untuk proses pemindahan data dari sistem CAD/CAM ke mesin CNC akan dilakukan pada aktifitas pembelajaran sesuai dengan mesin CNC yang akan digunakan.

Ilustrasi produk yang akan diproses menggunakan sistem CAD/CAM (gambar kerja dapat dilihat di lampiran 1)

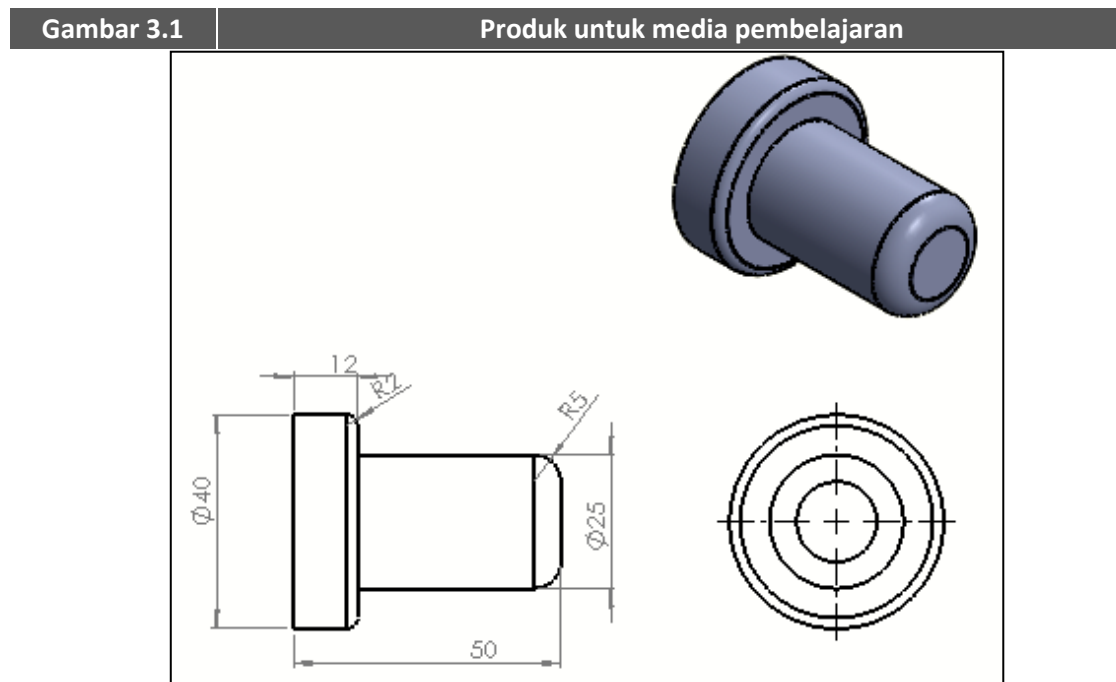
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Membuat gambar kerja dengan CAM
2. Mengkonversi dan memodifikasi *toolpath* ke kode ASCII (*post processor*)
3. Menganalisis *post processor*, sesuai keperluan
4. Mengganti *postprocessor* sesuai kebutuhan
5. Melakukan *post processing* sesuai SOP
6. Melakukan pengeditan program G Code dan M Code dari CAM
7. Melakukan *setting* mesin CNC sesuai dengan program CAM
8. Mengoperasikan mesin CNC untuk membuat benda kerja sesuai dengan program CAM

C. Uraian Materi

a. Membuat Model Geometri

Ilustrasi produk yang akan diproses menggunakan sistem CAD/CAM dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



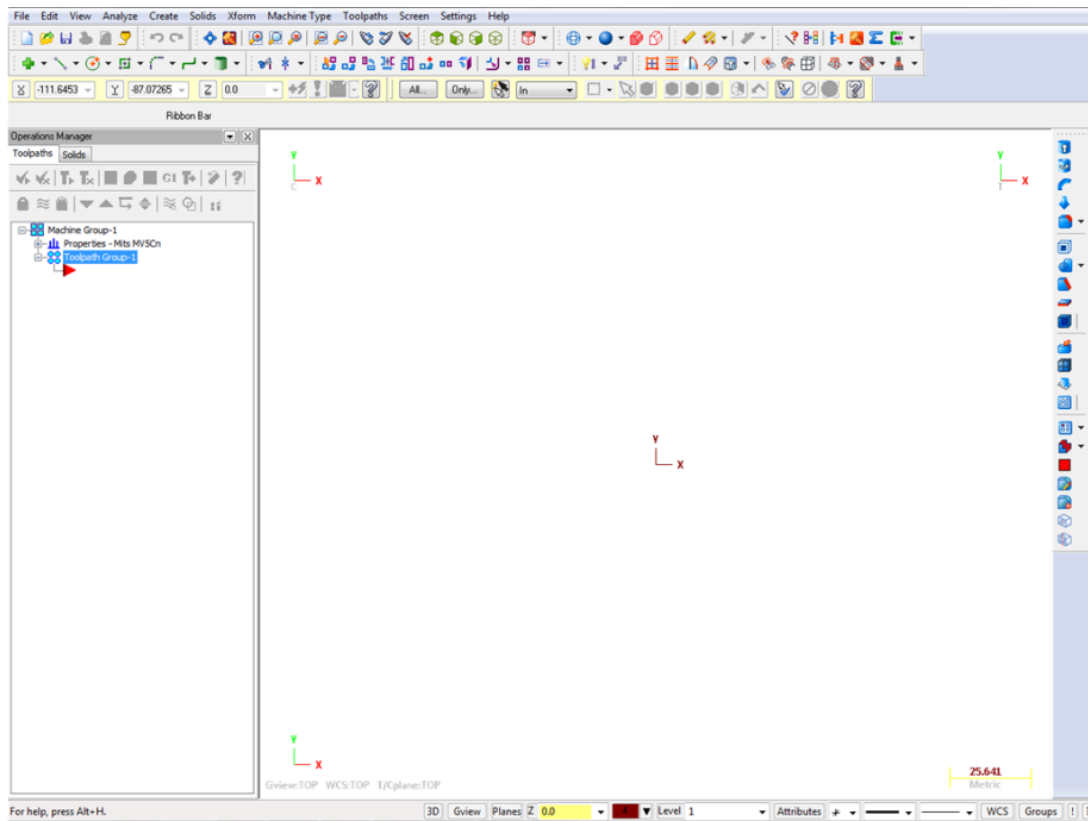
Langkah 1 Pengaturan Antarmuka Sistem CAD

Sebelum memulai pembuatan bentuk geometri Anda harus mengatur *grid* dan tombol yang di tulis pada bagian **Setting the Environment** pada awal aktifitasnya:

1. Atur *grid*. Hal ini akan membantu indentifikasi lokasi titik mula (*origin*)
2. Ubah dan sesuaikan tombol untuk proses bubut
3. Lakukan pengaturan awal jenis mesin bubut

Gambar 3.2

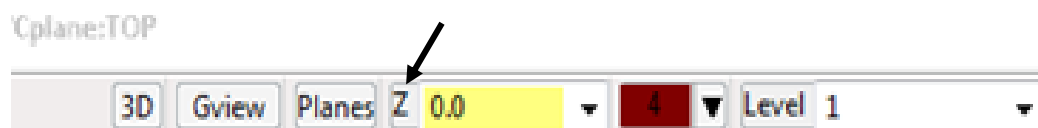
Tampilan awal sistem untuk proses bubut



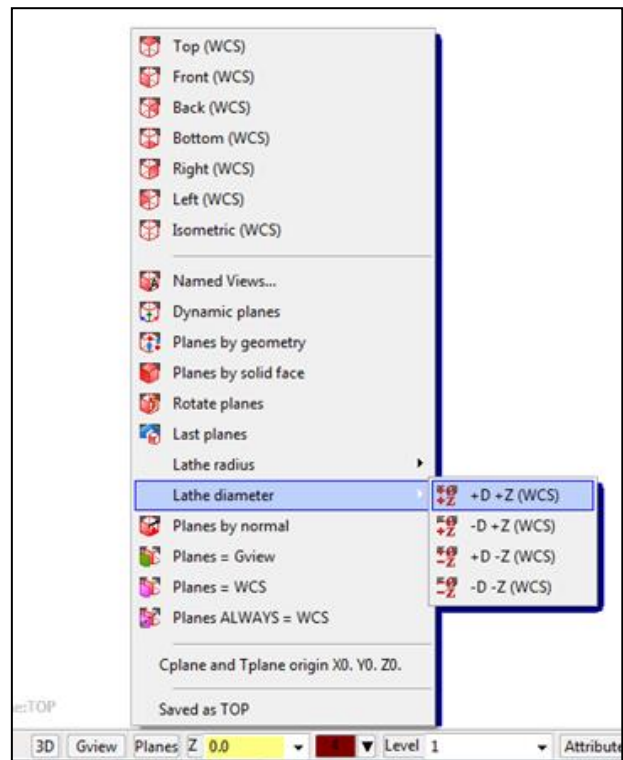
Langkah 2 Pengaturan Bidang Konstruksi

➤ Atur bidang (*Planes*) konstruksi ke diameter +D +Z (WCS)

1. Klik tombol *plane* dibagian bawah layar:



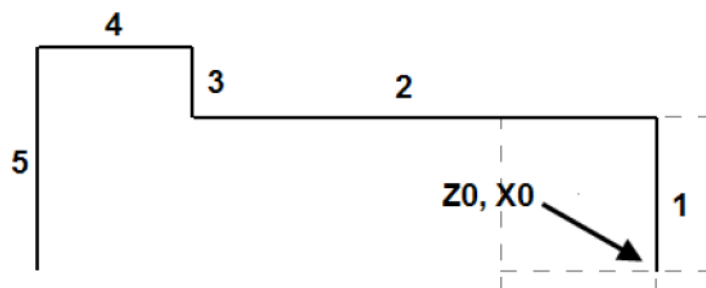
2. Klik pada *Lathe Diameter* > +D +Z (WCS)



Langkah 3 Membuat Geometri

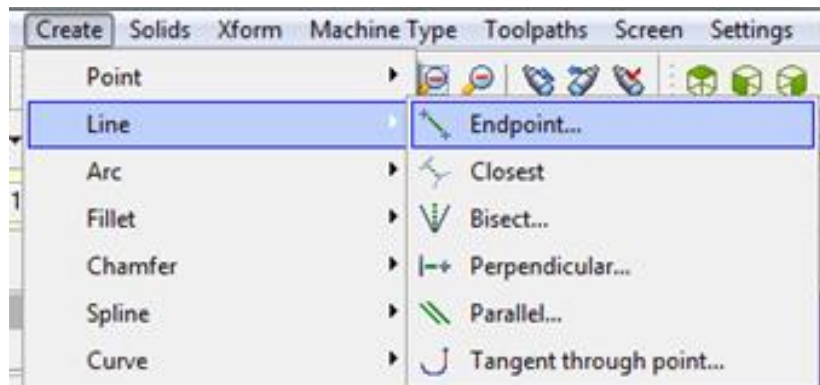
Permukaan sebelah kanan adalah Z0

- Pada aktifitas ini akan dijelaskan bagaimana membuat geometri benda latihan. Untuk membuat benda cukup membuat setengah bentuk di atas garis titik pusat.
- Langkah nomor 1 sampai dengan nomor 5 dibuat terlebih dahulu setelah itu dibuat bentuk radius dan bagian *chamfer* nya.




➤ **Membuat garis # 1**

1. Pilih dari menu **Create>Line>Endpoint**

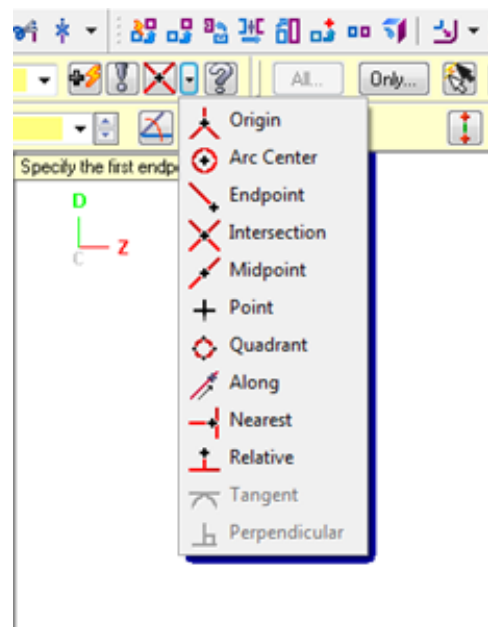


2. Akan terlihat tampilan kumpulan tombol **Line ribbon**




3. Gerakan *cursor* menuju tanda  dan Anda akan mendapatkan kemunculan suatu isyarat. Klik tanda tersebut menggunakan tombol kiri *mouse*.

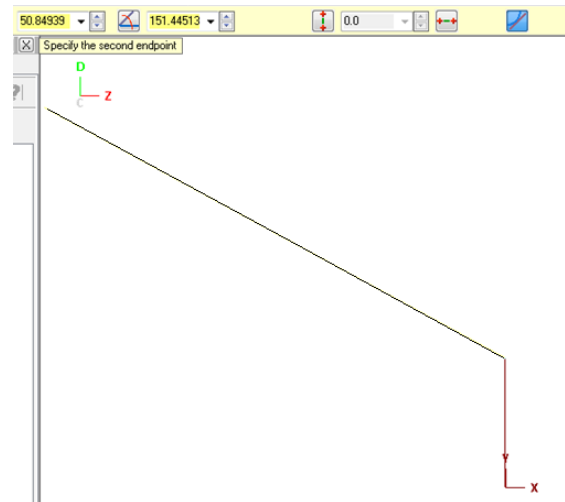
➤ Beberapa maksud isyarat yang tersedia pada sistem CAD/CAM ini:





4. Selanjutnya kita akan membuat ujung titik pertama yang berjarak dari titik pusat sebesar 25 mm (lihat gambar latihan). Klik dan isi pada ruang D dengan nilai 25 mm lalu isi Z dengan 0 dan isi Y dengan 0.




5. Klik tanda 
6. Terlihat garis vertikal sebagai berikut :

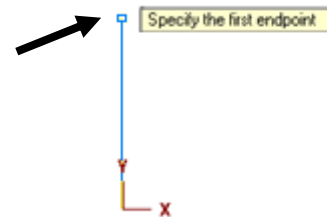


Catatan: Jika ada kesalahan pembuatan garis, klik pada tombol terima  klik pada tombol *undo*  lalu *redo* garisnya.

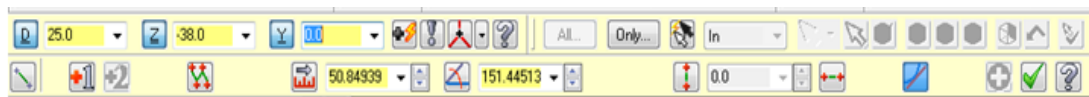
➤ **Membuat garis # 2**


1. Klik pada ujung akhir garis seperti gambar dibawah ini dengan mendekatkan *cursor*

ke titik tersebut dan akan muncul sebuah isyarat 



2. Selanjutnya kita akan membuat ujung titik kedua dan Klik dan isi pada ruang D dengan nilai 25 mm lalu isi Z dengan -38 dan isi Y dengan 0, lalu tekan tombol enter pada *keyboard* komputer untuk menetapkan garis.



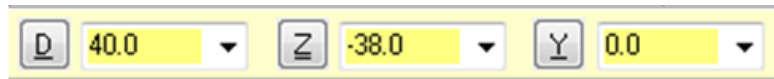
3. Klik pada tombol terima 


➤ **Membuat garis # 3**

1. Tentukan titik garis akhir sebelumnya dan klik pada ujung akhir garis tersebut



2. Selanjutnya akan membuat ujung titik selanjutnya dan dan Klik dan isi pada ruang D dengan nilai 40 mm lalu isi Z dengan -38 dan isi Y dengan 0, lalu tekan tombol enter pada *keyboard* komputer untuk menetapkan garis.



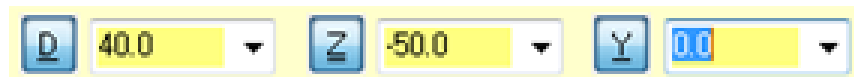
3. Klik pada tombol terima 

➤ **Membuat garis # 4**

1. Tentukan titik garis akhir sebelumnya dan klik pada ujung akhir garis tersebut



2. Selanjutnya akan membuat ujung titik selanjutnya dan dan Klik dan isi pada ruang D dengan nilai 40 mm lalu isi Z dengan -50 dan isi Y dengan 0, lalu tekan tombol enter pada *keyboard* komputer untuk menetapkan garis.



3. Klik pada tombol terima 
4. Sesuaikan tampilan gambar pada layar menggunakan tombol **Fit toScreen**

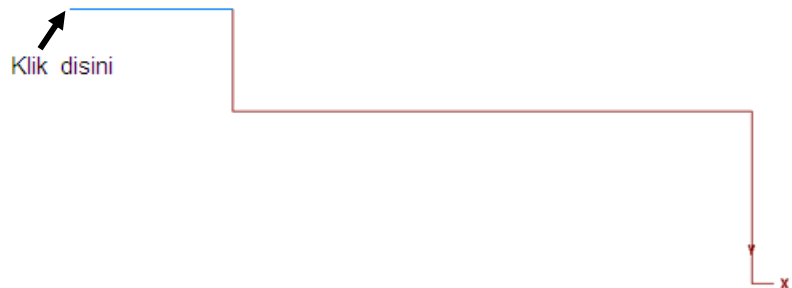


5. Lalu klik tombol **Un Zoom**

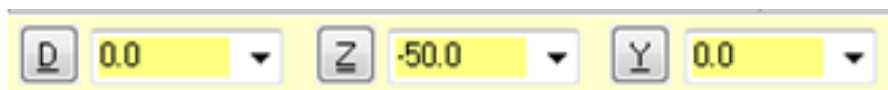



➤ **Membuat garis # 5**

1. Tentukan titik garis akhir sebelumnya dan klik pada ujung akhir garis tersebut



2. Selanjutnya akan membuat ujung titik selanjutnya dan dan Klik dan isi pada ruang D dengan nilai 0 mm lalu isi Z dengan -50 dan isi Y dengan 0, lalu tekan tombol enter pada *keyboard* komputer untuk menetapkan garis.



4. Klik tanda **OK**  untuk mengakhiri tampilan ini
5. Sesuaikan tampilan gambar pada layar menggunakan tombol **Fit toScreen**

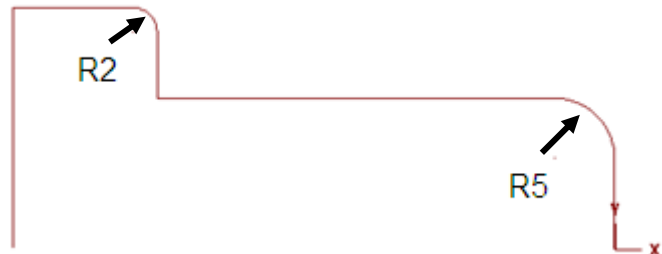


6. Akan terlihat geometri yang telah anda buat :



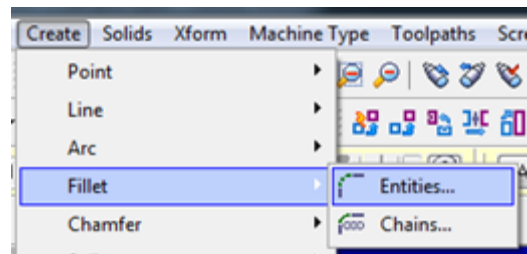
Langkah 4

Membuat Bentuk Radius (*Fillet*)

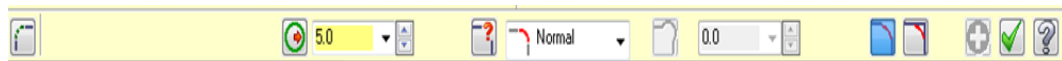


➤ Membuat *fillet* radius 5 mm

1. Pilih menu **Create>Fillet>Entities**



2. Bila di klik akan muncul menu *Fillet* dan selanjutnya anda akan menentukan entitas *Fillet* tersebut.

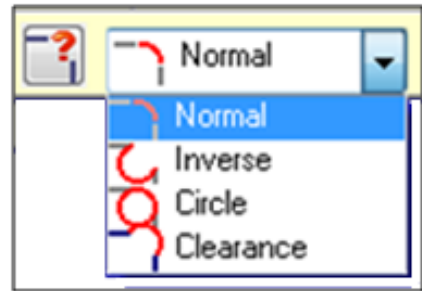


3. Klik ruang untuk mengisi ukuran radius lalu masukan ukuran radius 5 mm dan tekan tombol tab di *keyboard* komputer.



4. Sekarang anda berada dalam lingkungan kerja *Fillet* dan yakinkan bahwa anda memilih **Normal**.






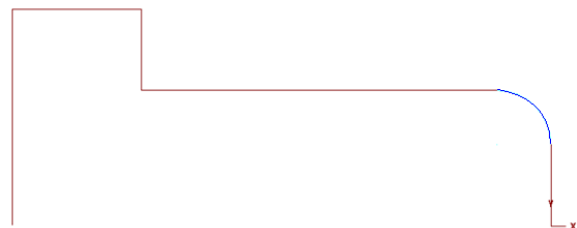
5. Yakinkan pula bahwa pilihan **Trim** pada menu dalam keadaan aktif, seperti yang terlihat pada gambar ini,



6. Klik pada garis 1 lalu klik garis 2 seperti pada gambar dibawah ini,

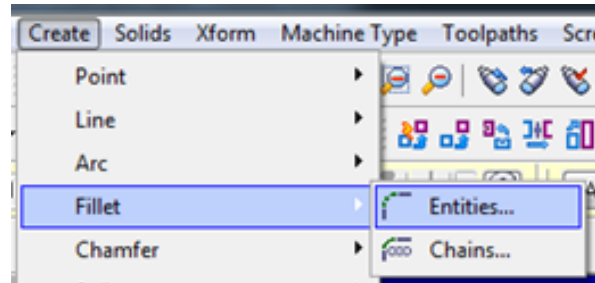


7. Klik tanda **OK**  untuk mengakhiri tampilan ini



➤ Membuat *fillet* radius 2 mm

1. Pilih menu **Create>Fillet>Entities**



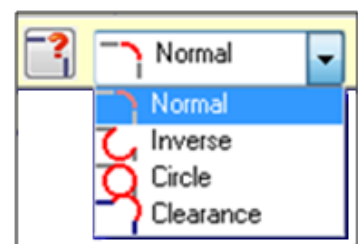
2. Bila di klik akan muncul menu *Fillet* dan selanjutnya anda akan menentukan entitas *Fillet* tersebut.



3. Klik ruang untuk mengisi ukuran radius lalu masukan ukuran radius 5 mm dan tekan tombol tab di *keyboard* komputer.



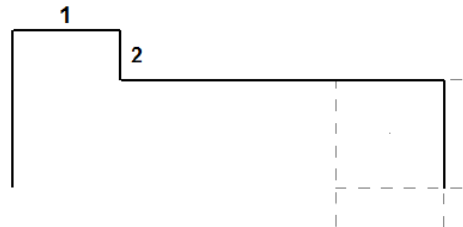
4. Sekarang anda berada dalam lingkungan kerja *Fillet* dan yakinkan bahwa anda memilih **Normal**.




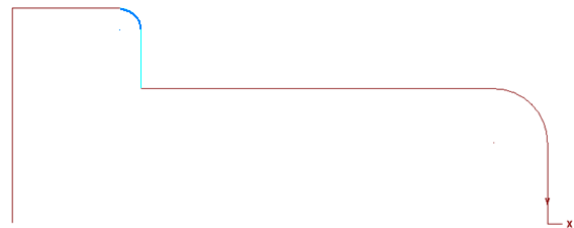
5. Yakinkan pula bahwa pilihan **Trim** pada menu dalam keadaan aktif, seperti yang terlihat pada gambar ini,



6. Klik pada garis 1 lalu klik garis 2 seperti pada gambar dibawah ini,



7. Klik tanda OK  untuk mengakhiri tampilan ini



Langkah 5 **Rekam (Save) Gambar**

1. Pilih menu *File*
2. Pilih *Save as*
3. Pada kotak "*File name*", tulis *Latihan Bubut 1*
4. Tentukan pada tempat yang diinginkan
5. Tekan tombol *save* untuk merekam gambar.

b. Menghasilkan *Toolpath*

Langkah 6 Menentukan *Stock* & Parameter Cekam Cak

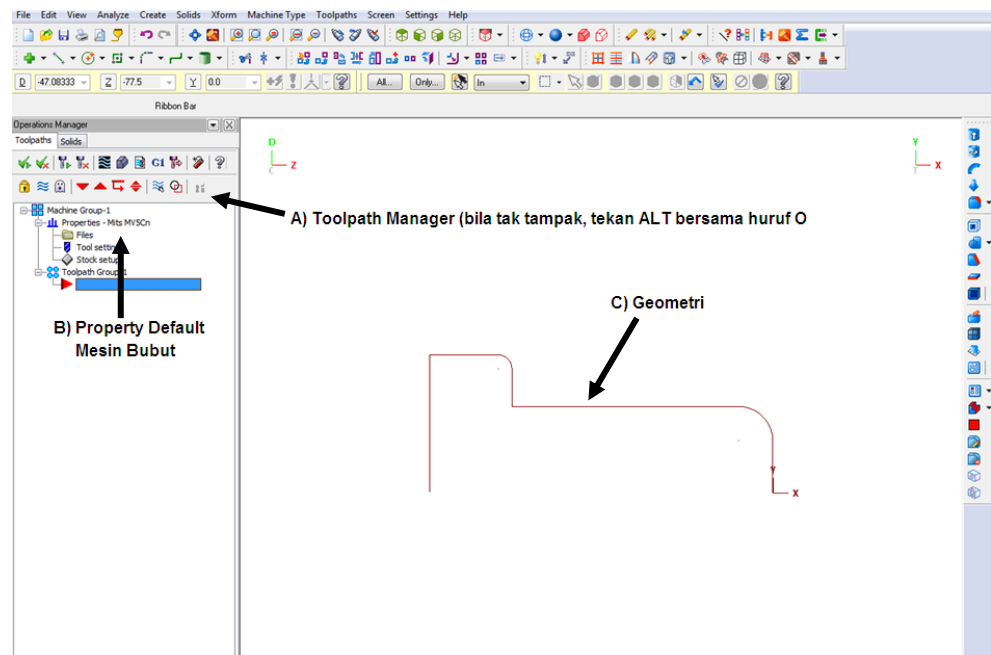
1. Pilih tombol Screen fit agar gambar tampak sempurna di layar



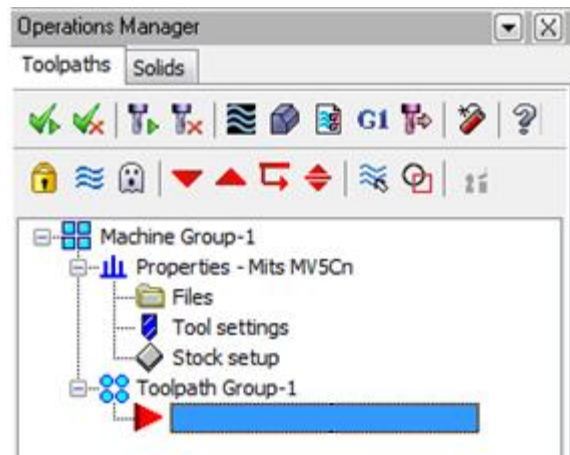
2. Pilih tombol Unzoom Previous



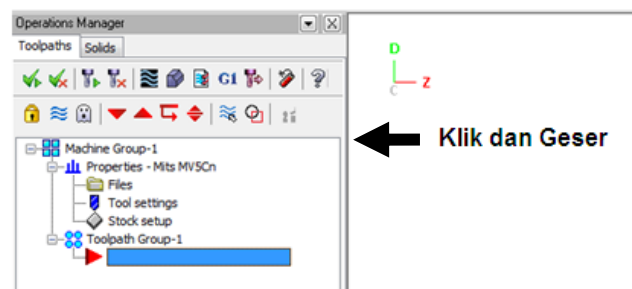
3. Perhatikan layar agar sesuai dengan gambar dibawah ini



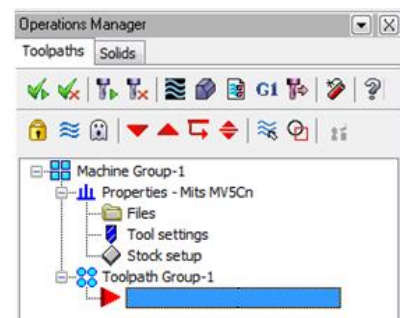
- Pilih tanda tambah didepan *Properties* untuk mengembangkan isinya



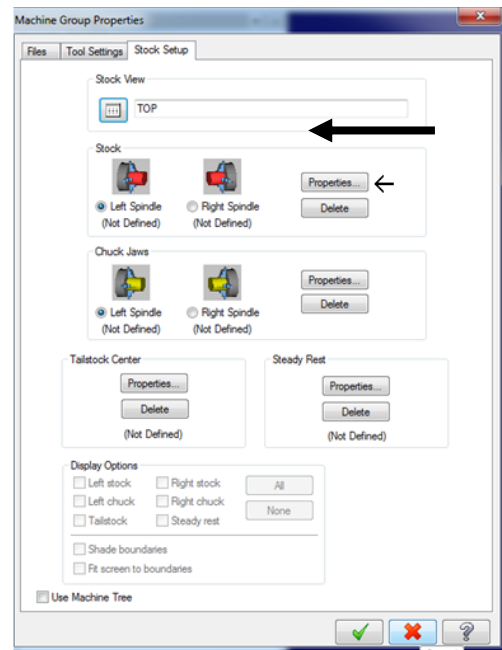
- Catatan tambahan – untuk memperbesar jendela *toolpath manager*, klik bagian luar jendela dengan tombol kiri *mouse* ditekan sambil menggesernya ke kanan.



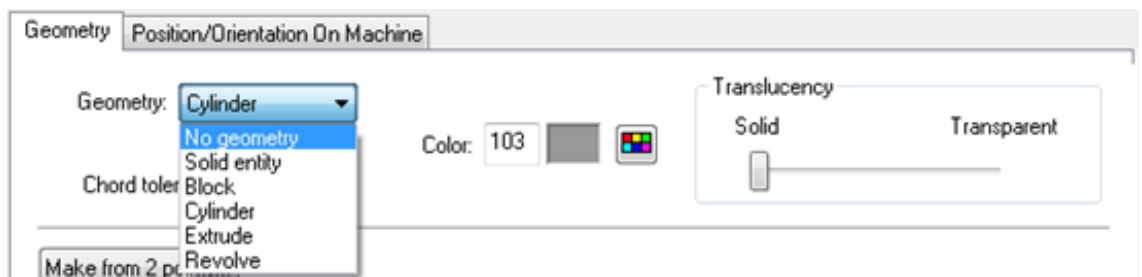
- Pilih *Stock set up* pada jendela *Toolpath manager*



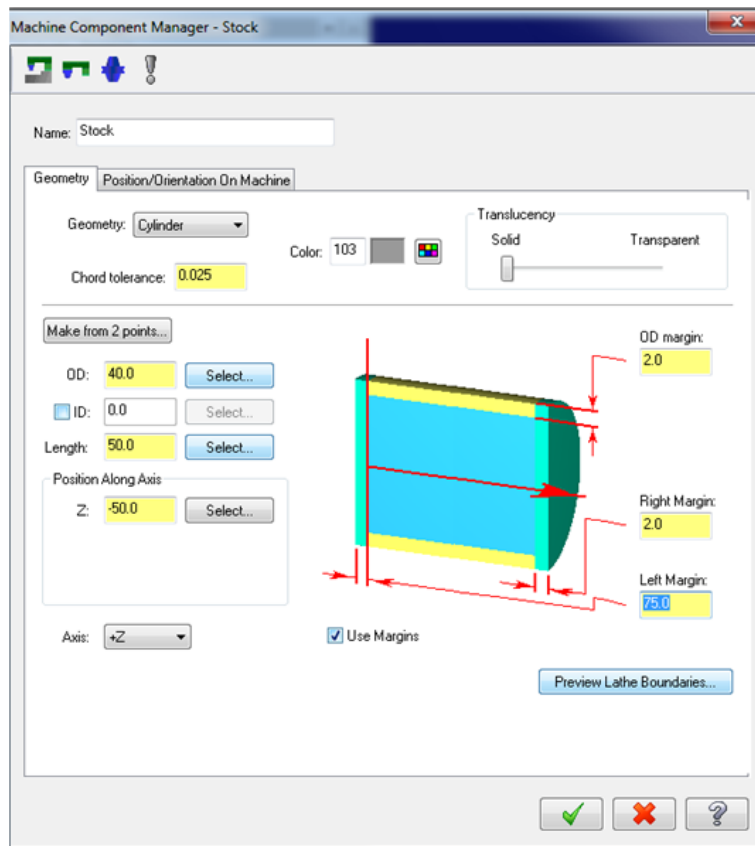
7. Pilih tombol *Stock properties* pada *Stock setup*, seperti terlihat dibawah ini,




8. Pada jendela *Machine Component Manager-Stock* klik tombol *Geometri* dan pilih silinder, seperti terlihat dibawah ini :

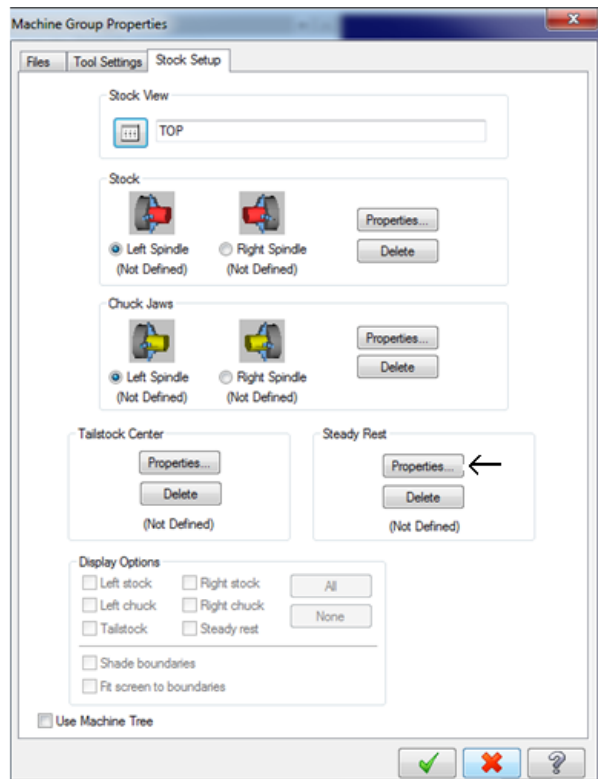


9. Pada *Stocksetup* diatur nilai sebagai berikut :

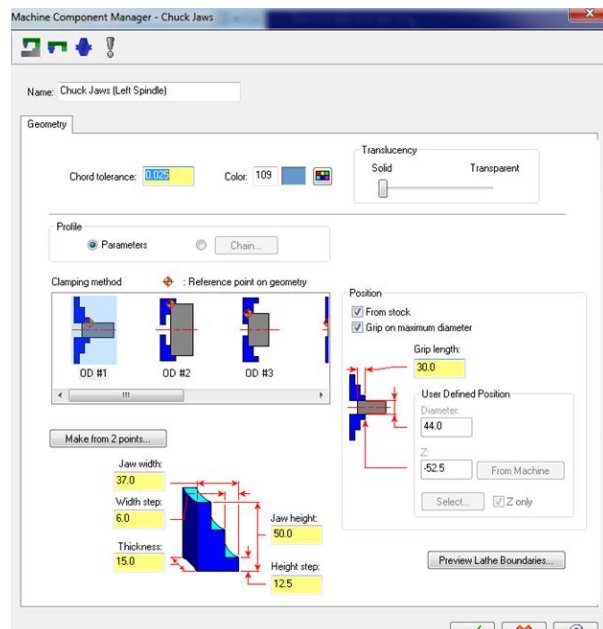



10. Klik tanda **OK**  untuk mengakhiri tampilan ini

11. Pilih tombol *Chuck Properties* pada , seperti terlihat dibawah ini:

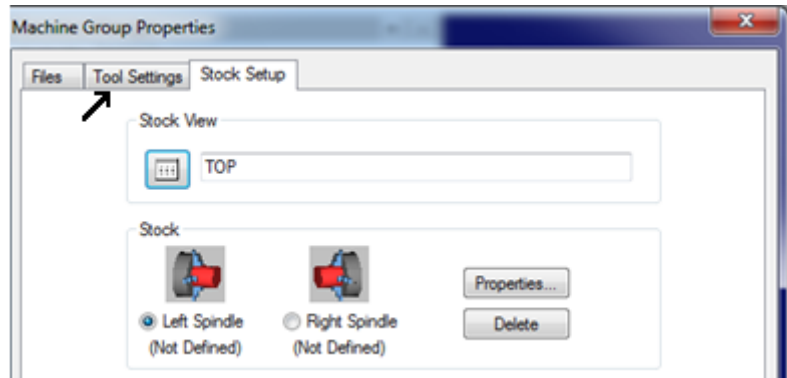


12. Pada *setup Chuck Jaws* diisi nilai-nilai sebagai berikut :

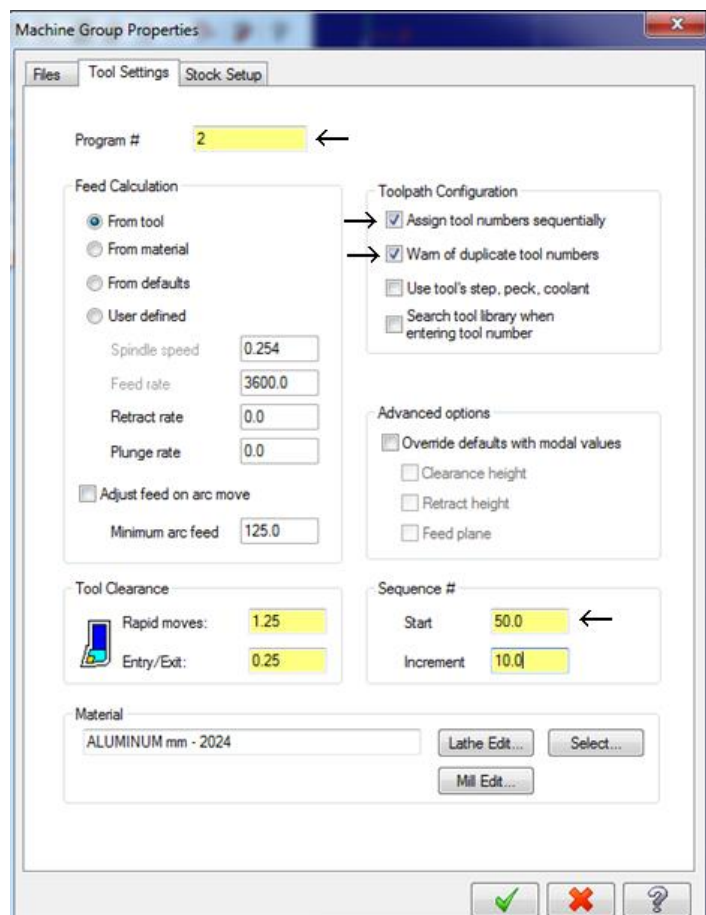


13. Klik tanda **OK**  untuk mengakhiri tampilan ini

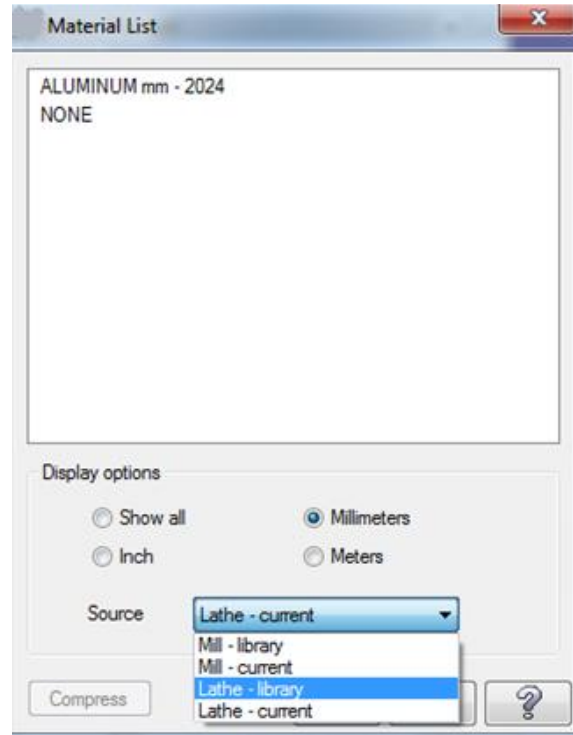
14. Klik menu *Tool Settings* :



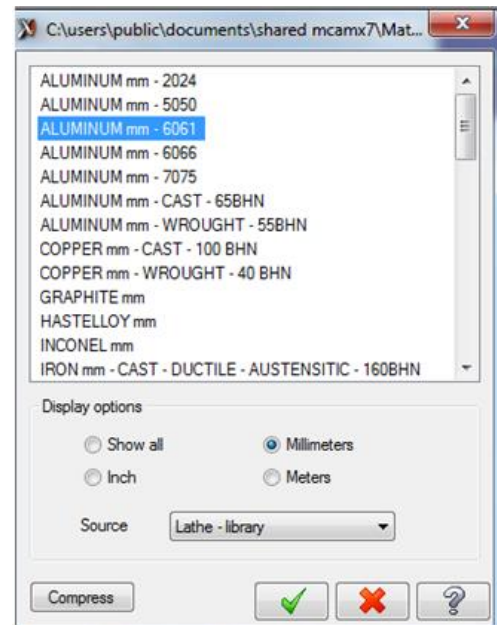
15. Ubahlah sesuai gambar dibawah ini dan setelah itu klik tombol *Select* :




16. Pilih *Lathe – library* dari pilihan pada kotak *Material List* seperti yang terlihat dibawah ini :



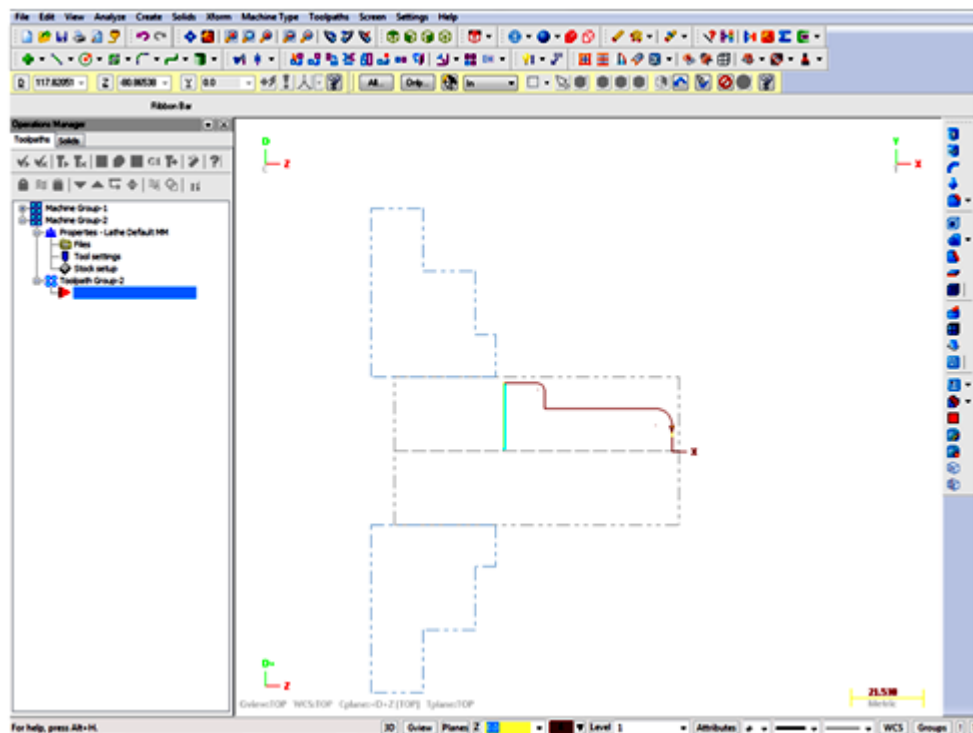
17. Pilih ALUMINIUM mm – 6061 dari pilihan daftar material



18. Klik tanda OK 

19. Klik tanda OK  untuk menyempurnakan fungsi *Stock setup*

20. Pilih tombol *Unzoom Previous*



Langkah 7 Pemotongan Permukaan Depan

➤ Pada aktifitas ini anda akan melakukan proses *Facing* dengan menggunakan alat potong dengan sekali pemotongan.

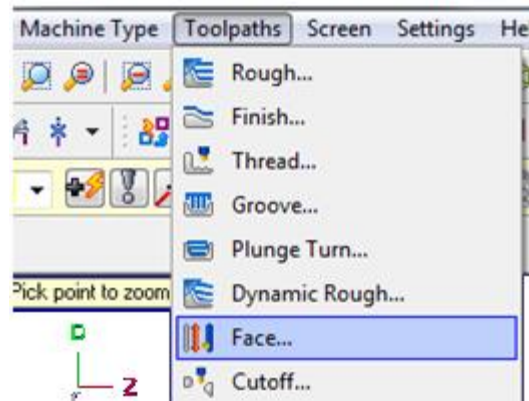
1. Sesuaikan tampilan gambar pada layar menggunakan tombol *Fit toScreen*




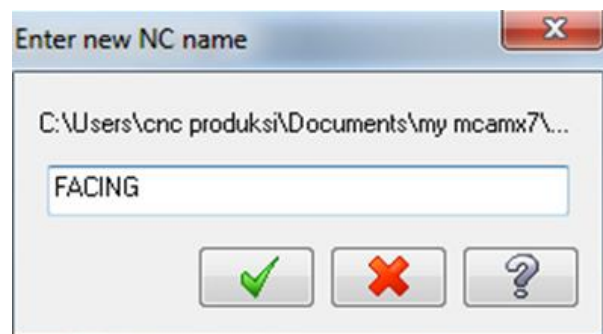
2. Lalu klik tombol **Un Zoom**



3. Pada menu pilih *Toolpaths>Face*

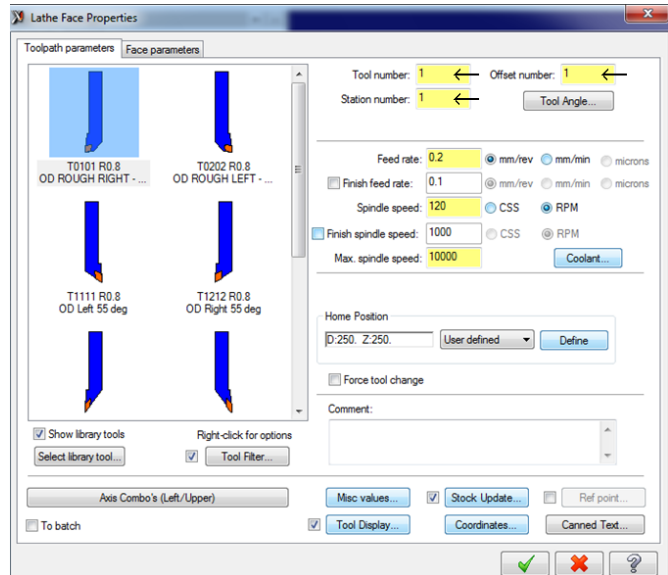


4. Anda akan diarahkan untuk mengisi "*Enter new NC name*", isi dengan nama *Facing*, lalu Klik tanda OK .

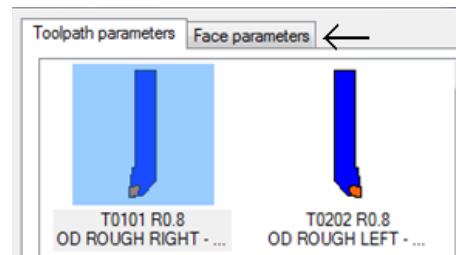


- Setelah memilih tombol OK, maka Anda akan dihadapkan pada halaman *Toolpath* parameter, Tugas awal adalah memilih *Tool #1 an OD Rough- Right – 80 deg'*.

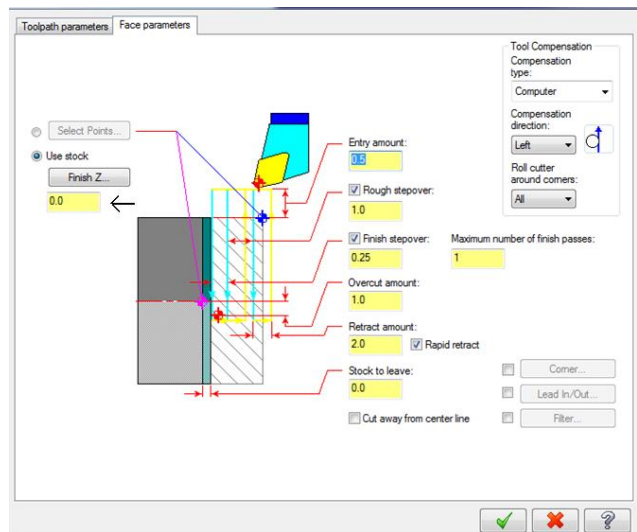
5. Klik *Tool #1 OD ROUGHRIGHT* dan buat perubahan pada halaman parameter *Toolpath*, seperti gambar dibawah ini:




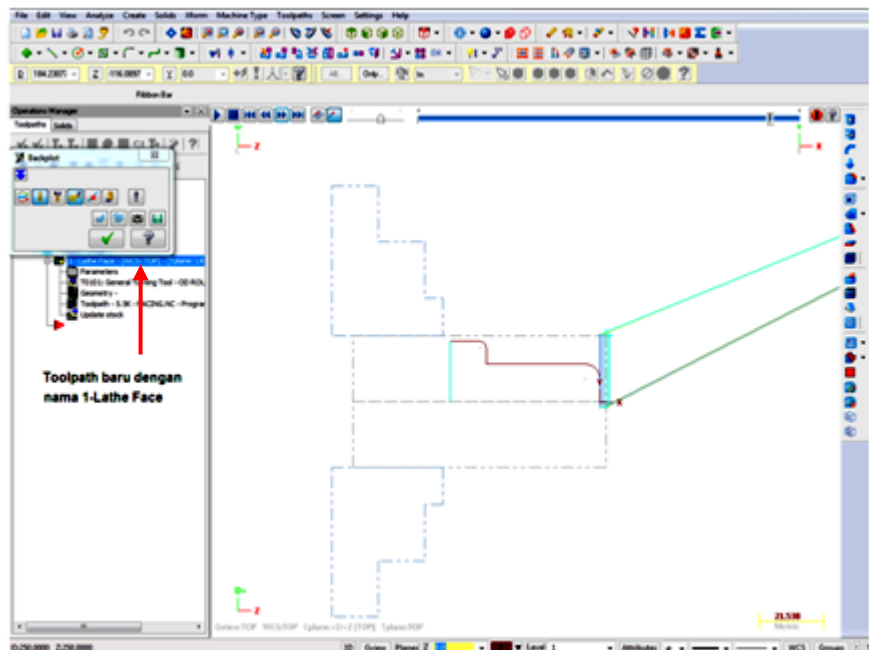
6. Pilih parameter Face seperti yang terlihat dibawah ini:



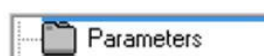
7. Buatlah beberapa perubahan, seperti yang terlihat dibawah ini:



8. Klik tanda **OK**  untuk mengakhiri proses pemotongan *Face*.
9. Pada layar akan terlihat susunan gambar seperti ini:



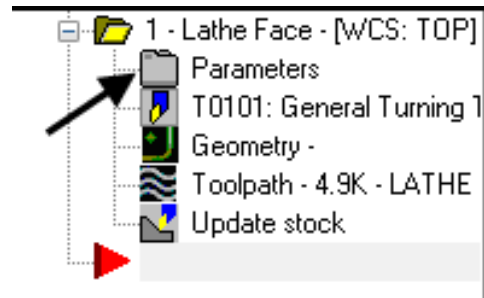
- Catatan: *Toolpath* baru dinamakan *1-LatheFace*, dimana semua informasi ada didalamnya. Jika ada perubahan data *toolpath* maka klik tombol parameter



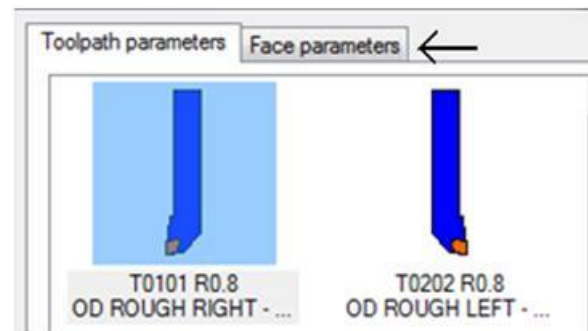
, maka langkah 5 dan 7 akan terlihat dilayar. Kemudian ini

digunakan bila ada kesalahan setting parameter *toolpath* atau ada modifikasi yang diperlukan.

10. Sebagai latihan, maka kita tekan tombol Parameter



11. Klik tombol parameter *Toolpath* atau parameter *Face* seperti yang terlihat dibawah ini :



➤ Anda akan melihat, semua setting *toolpath* (parameters) adapat diubah atau hanya untuk keperluan koreksi.

12. Klik tanda **OK**  untuk kembali ke layar utama

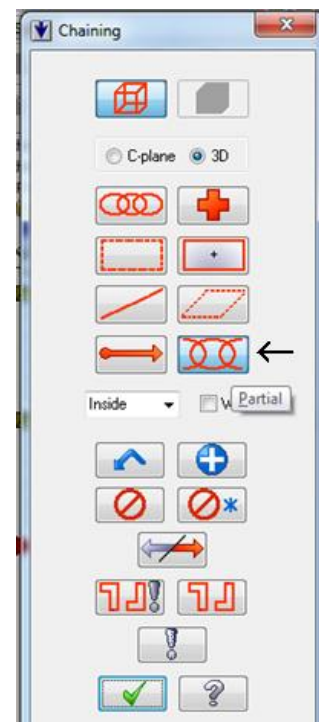
Langkah 8 Pemoangan Kasar Diameter Luar

➤ Pada aktifitas ini, Anda akan menggunakan alat potong yang sama yaitu *Tool #1 OD Rough- Right – 80 deg'*

1. Dari menu pilih tombol *Toolpaths>Rough*



2. Pada jendela Chaining pilih mode Chaining dan di atur menjadi *Partial* sesuai default.

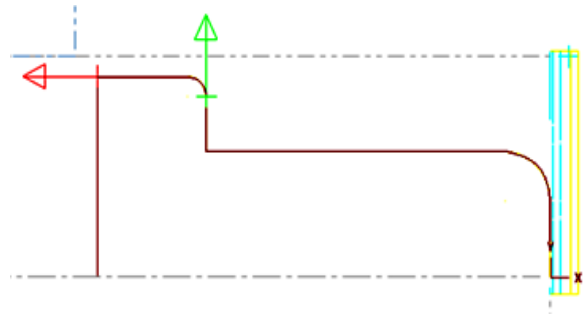



3. Pilih *Arc 1* sebagai awalan dari *Partial chain*

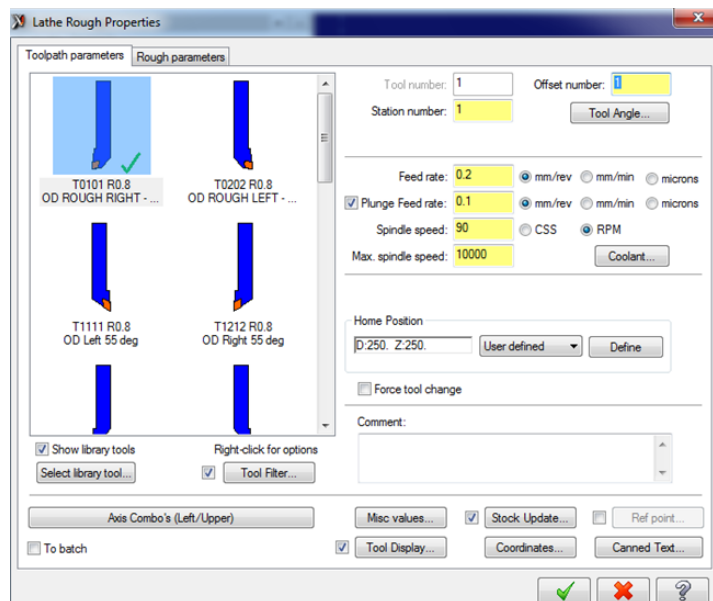
Setelah Anda memilih garis, perhatikan bahwa tanda panah menunjukkan arah atas, seperti yang terlihat pada gambar. Bila tidak ada maka pilih tombol kebalikan pada

tombol kotak *Chaining*. 

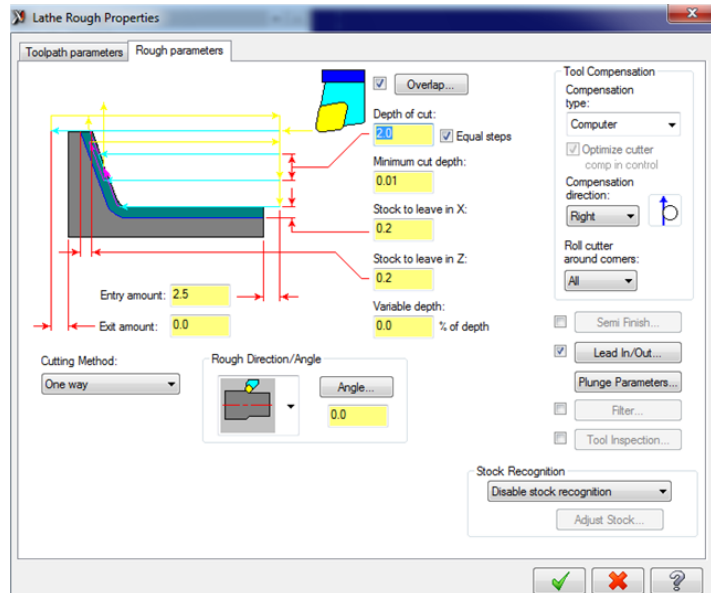
4. Lalu pilih garis 2 sebagai ujung akhir entitas Chain ini.



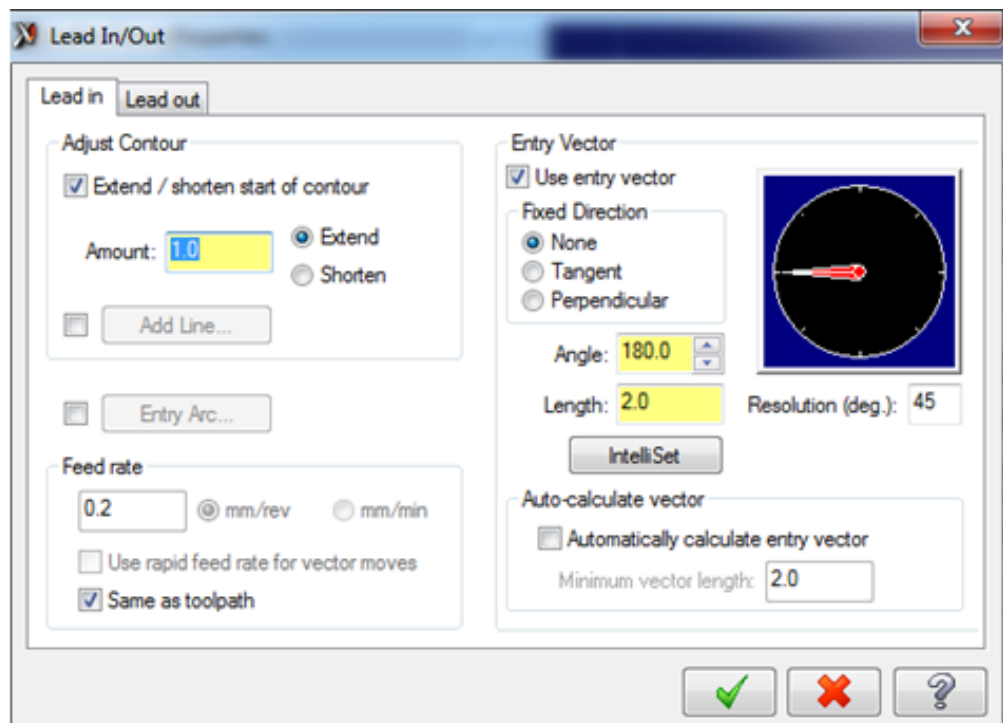
5. Klik tanda OK  untuk keluar dari jendela kerja *Chaining*
6. Pada halaman parameter *Toolpath*, pilih alat potong yang sama dengan pemotongan *Face* yaitu *Tool #1 OD ROUGHRIGHT* dan pastikan hasilnya sesuai dengan gambar dibawah ini:





- Pilih halaman parameter pengasaran-*Rough* dan lakukan perubahan seperti yang terlihat dibawah ini:



- Pada tombol *Lead In/Out* pilih halaman Lead out dan ubah kontur menjadi 1 seperti yang terlihat dibawah ini:

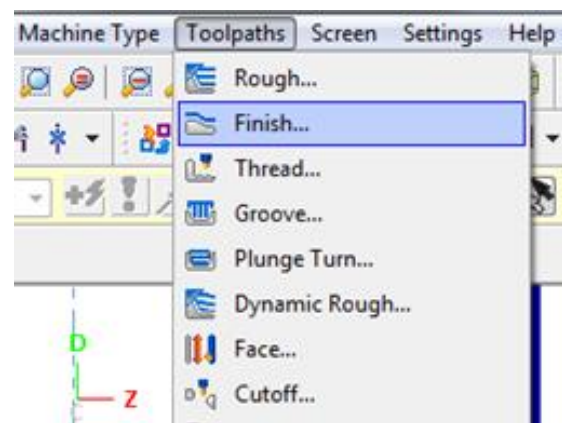


9. Klik tanda **OK**  untuk keluar fungsi ini.
10. Klik tanda **OK**  untuk keluar parameter pengasaran-*Rough*.

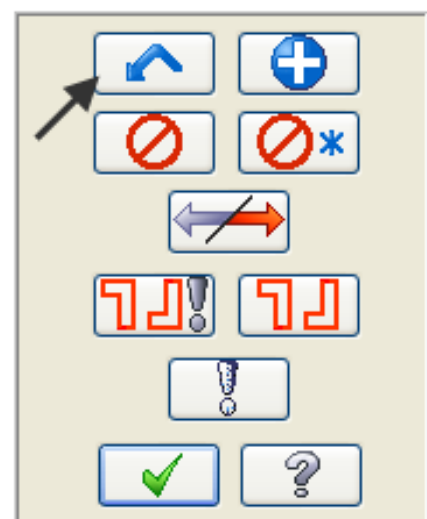
Langkah 9 Pemotongan Akhir Diameter Luar


➤ Pada aktifitas ini Anda akan melakukan proses akhir-Finish diameter luar benda kerja menggunakan alat potong *Tool #1 an OD Rough- Right – 80 deg.*

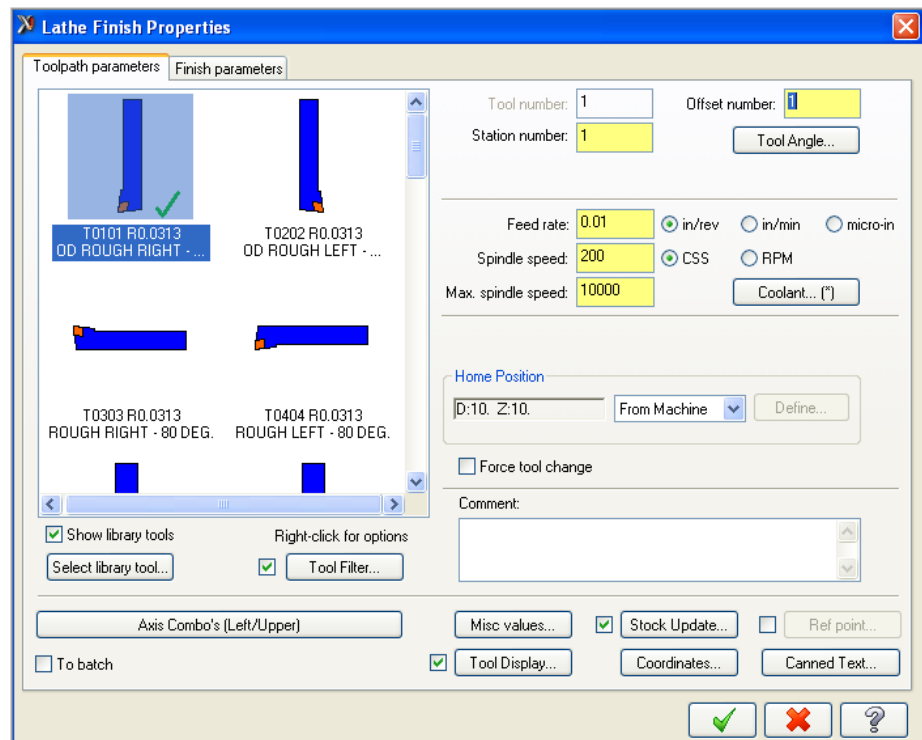
1. Dari menu pilih *Toolpaths>Finish*



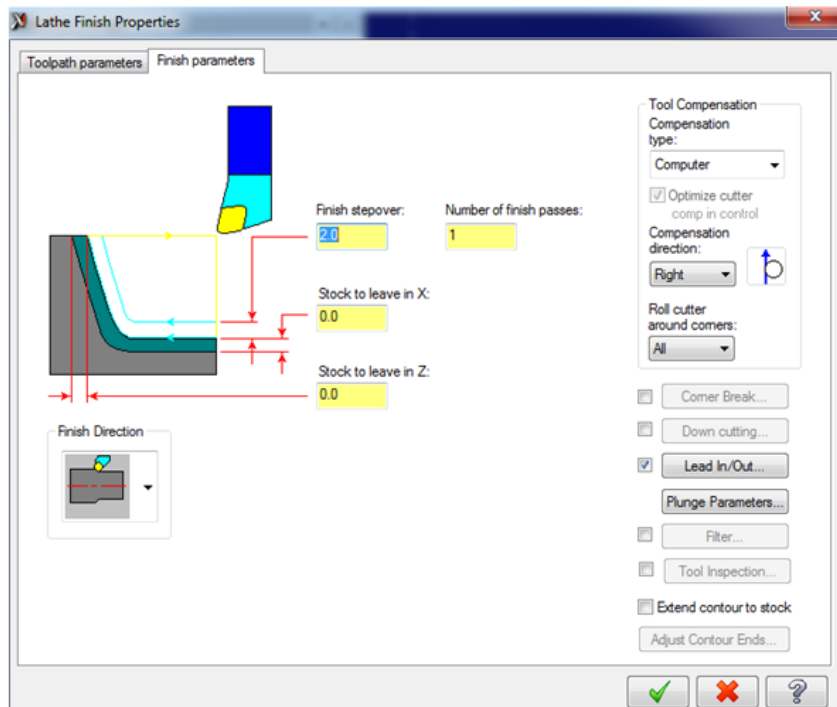
2. Pilih pada kotak dialog Chaining.



3. Pilih tombol OK  untuk mengakhiri pilihan.
4. Pilih alat potong yang sama dengan saat; *Tool #1 OD RoughRight* dari daftar alat potong dan lakukan perubahan seperti terlihat dibawah ini:

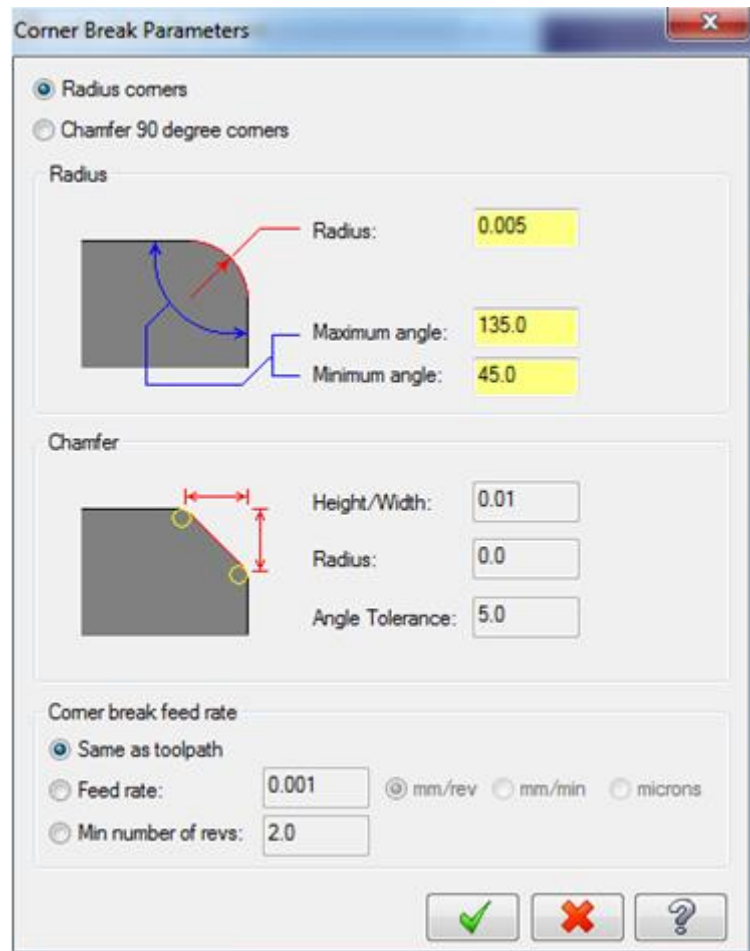


Pilih parameter akhir pemotongan pada halaman Finish parameters dan lakukan perubahan seperti yang terlihat dibawah ini:



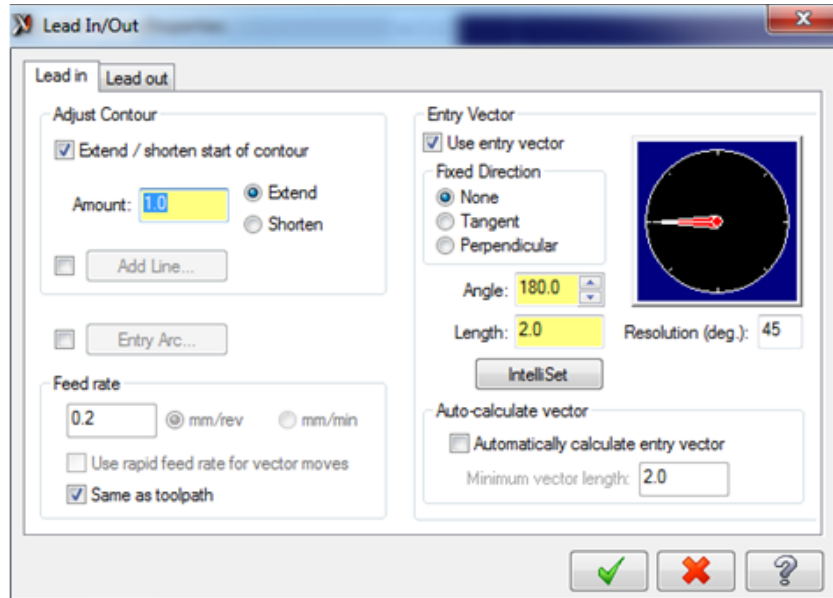
Pembuatan ujung radius-Corner Break: Pilih kotak periksa yang akan mengubah radius atau *chamfer* secara otomatis untuk semua ujung luar dari *toolpath*. Klik tombol untuk mengubah setting Corner Break.



5. Pilih tombol Corner Break dan lakukan perubahan seperti yang terlihat dibawah ini:



6. Pilih tombol OK  untuk mengakhiri pilihan.

7. Pada tombol *Lead In/Out* pilih halaman *Lead out* dan ubah kontur menjadi 1 seperti yang terlihat dibawah ini:

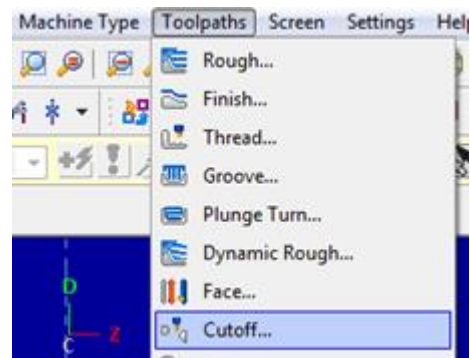


8. Klik tanda OK  untuk keluar fungsi ini.
9. Klik tanda OK  untuk keluar parameter proses akhir-Finishing.

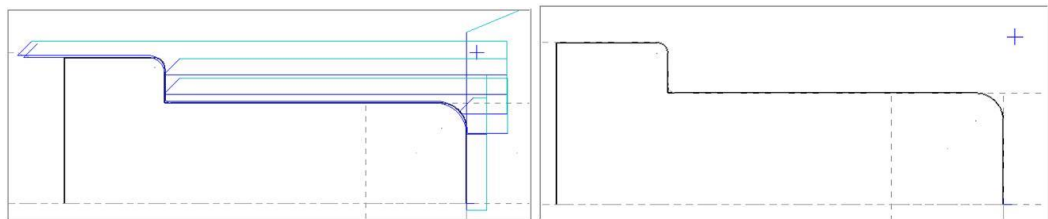
Langkah 10 *Cut Off* Benda Kerja

- Pada aktifitas ini Anda akan melakukan pemotongan *cutoff* menggunakan sebuah pahat alur potong dengan lebar 1.85.

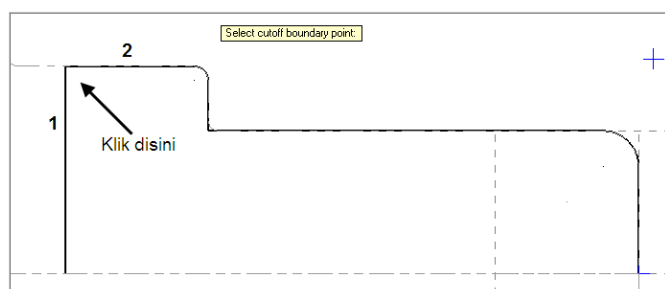
1. Dari menu pilih *Toolpaths>Cutoff*




2. Pilih tekan tombol ALT dan huruf T pada *keyboard* komputer untuk menyembunyikan garis *toolpath*.



3. Gerakan kursor menuju ujung (pertemuan garis 1 dan 2) hingga akan tampak tanda isyarat untuk tampilan ujung-*End point* dan klik pada titik ini seperti yang digambarkan dibawah ini:



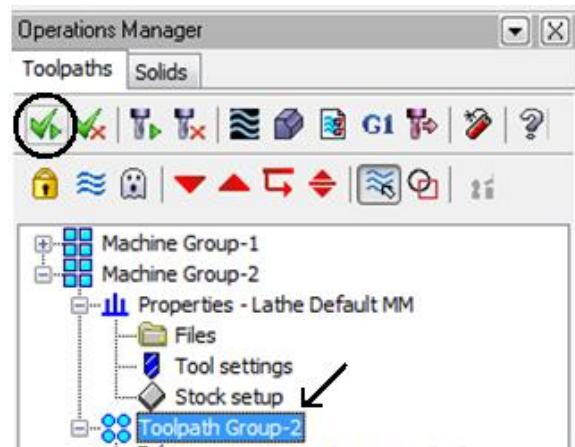
6. Klik tanda **OK**  untuk keluar fungsi parameter *Cutoff*.

Langkah 11 **Membuat *Backplot* pada *Toolpath***

- Pada aktifitas ini Anda akan menggunakan fungsi untuk melihat jalur lintasan-path alat potong saat memotong benda kerja ini.
 - *Backplot* akan membantu Anda untuk memeriksa pergerakan proses pemotongan dan mengidentifikasi setiap permasalahan pada proses pemotongan tersebut.
 - Pada saat saat *Backplot* berlangsung, sistem akan memperlihatkan semua informasi *toolpath* pada bagian kanan layar. Informasi tersebut seperti posisi alat potong pada koordinat X dan Z.
1. Untuk mengalihkan seluruh operasi pemotongan ke *backplot*, tekan tombol *SelectAll*



yang diberi tanda lingkaran dibawah ini:



- Metode lain untuk *Selectall* operasi pemotongan adalah dengan klik pada *Toolpath* Group-2 pada *ToolpathsManager* seperti yang ditunjukkan panah di atas.

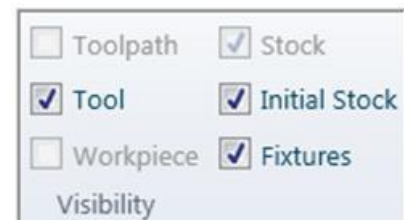
- Langkah selanjutnya adalah memilih tombol *Backplot* untuk operasi pemotongan yang ingin dipilih, seperti yang terlihat dibawah ini:



- Perbesar jendela *Backplot/Verify* jika diperlukan
- Pilih tombol Isometrik pada layar bagian atas dan pilih Fit



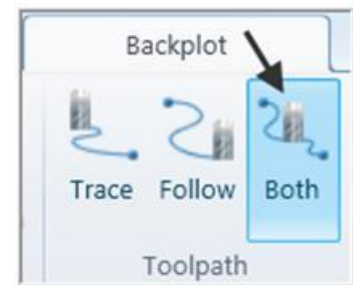
- Aktifkan pilihan dibawah ini pada bagian *Visibility* dari Home tab.



- Klick tombol *Backplot* pada bagian kiri atas layar



7. Aktifkan pilihan *Both* pada tombol *Backplot* di bagian *Toolpath*.



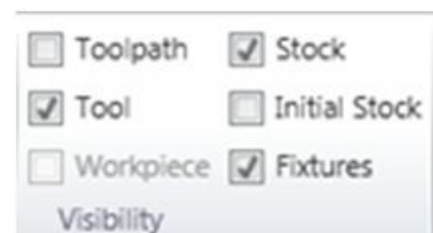
8. Kecepatan proses dapat diturunkan dengan menggeser-geser tombol pada bagian bawah layar, seperti yang terlihat dibawah ini:




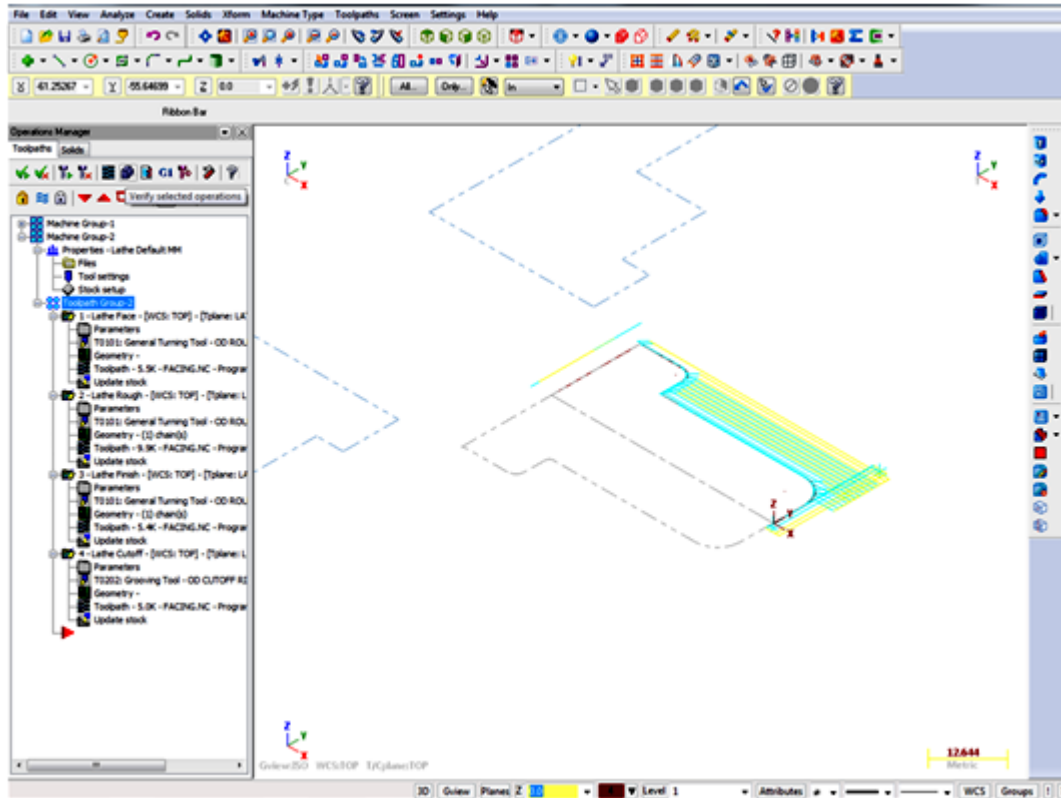
9. Pada langkah ini, tombol simulasi pemotongan dapat dijalankan untuk dapat memeriksa *toolpath* yang dibuat.



10. Coba tekan tombol rewind untuk mengontrol pergerakan mundur ke posisi start.
11. Pilih tombol Home dan aktifkan pilihan pada bagian *Visibility* yaitu *Tool* dan *Fixtures*.



12. Setelah memeriksa *Backplot* dari *toolpath* yang dibuat, pilih tombol Close  untuk keluar dari *Backplot*.



Langkah 12 Verifikasi *Toolpath*

- Utilitas *Verify* pada sistem CAD/CAM dapat menggunakan model solid untuk membuat simulasi pemesinannya.
- Hal ini dapat mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan program sebelum masuk ke bengkel pemesinan.
- *Backplot* dan *Verify* adalah sama. Perbedaan antara kedua fungsi ini bahwa *Backplot* menghasilkan pilihan simulasi tingkat dasar. Sedangkan *Verify* menghasilkan material removal, pemeriksaan *collision* dan mengontrol kepresisian.

1. Pada *ToolpathsManager* lakukan operasi *verify* dengan memilih tombol *SelectAll*



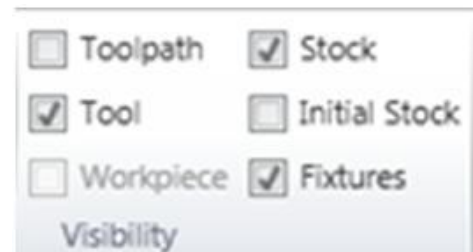
2. Pilih *Verify* dari tombol operasi yang diinginkan, seperti yang terlihat dibawah ini:



3. Perbesar jendela *Backplot/Verify* jika diperlukan
4. Pilih tombol Isometrik pada layar bagian atas dan pilih Fit



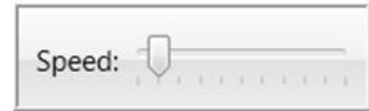
5. Aktifkan pilihan dibawah ini pada bagian *Visibility* dari *Home tab*. Initial Stock jangan diaktifkan.



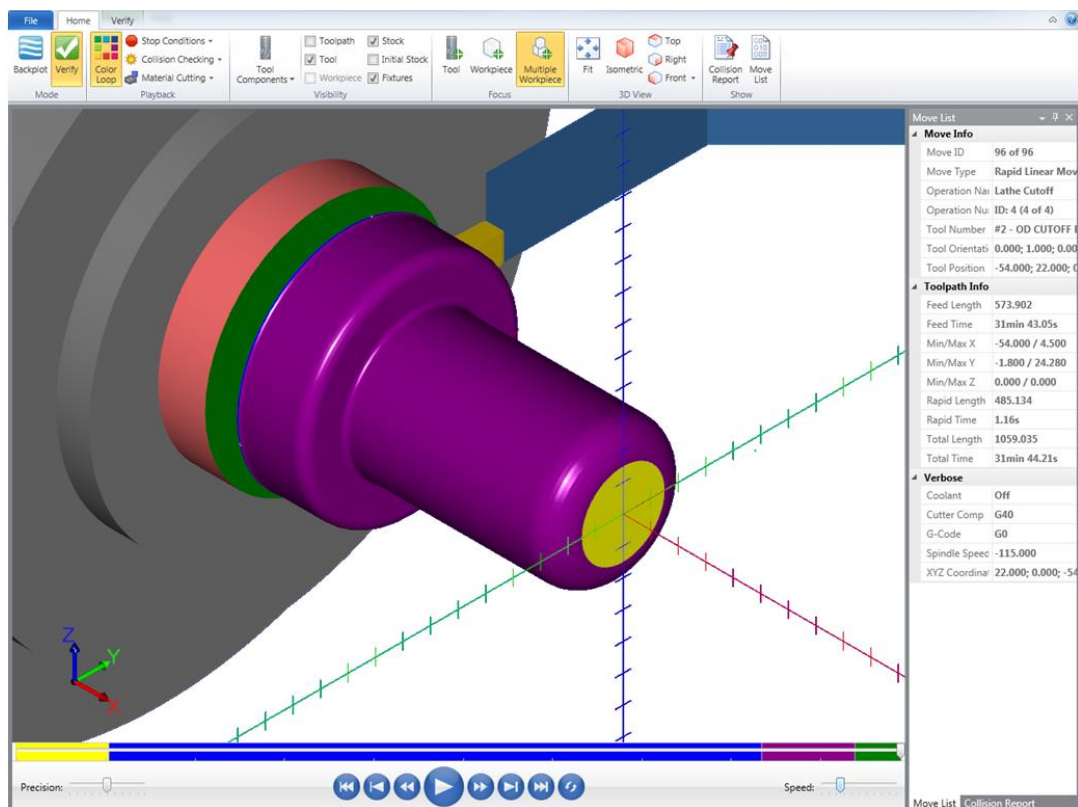
6. Aktifkan *Color Loop* untuk mengubah warna alat potong dan hasil *verify* benda kerja.




7. Kecepatan proses dapat diturunkan dengan menggeser-geser tombol pada bagian bawah layar, seperti yang terlihat dibawah ini:



8. Pada langkah ini, tombol simulasi pemotongan dapat dijalankan untuk dapat memeriksa *toolpath* yang dibuat.



9. Setelah memeriksa *Verify* dari *toolpath* yang dibuat, pilih tombol Close  untuk keluar dari *Verify*.

Langkah 13 Simpan dan Memperbaharui Sistem

1. Pilih tombol rekam-Save

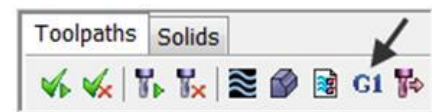


Langkah 14 Post dan Menghasilkan Kode Mesin CNC

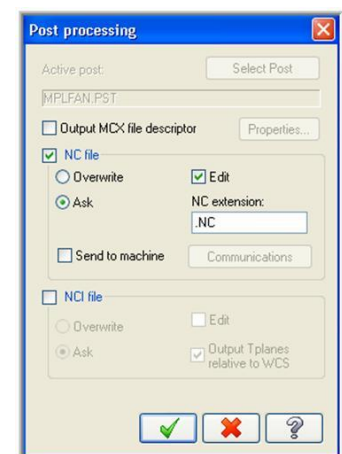
1. Semua operasi yang terpilih diambil melalui tombol *Select All* icon yang ada pada *Toolpathsmanager*



2. Pilih *Post* pada tombol operasi yang terpilih yang ada pada *Toolpaths manager*

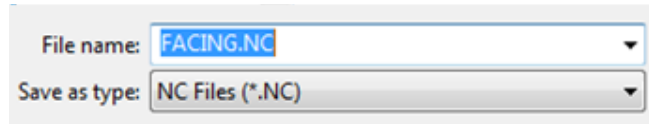


3. Pada jendela *Post processing*, buatlah beberapa penyesuaian seperti yang terlihat dibawah ini:

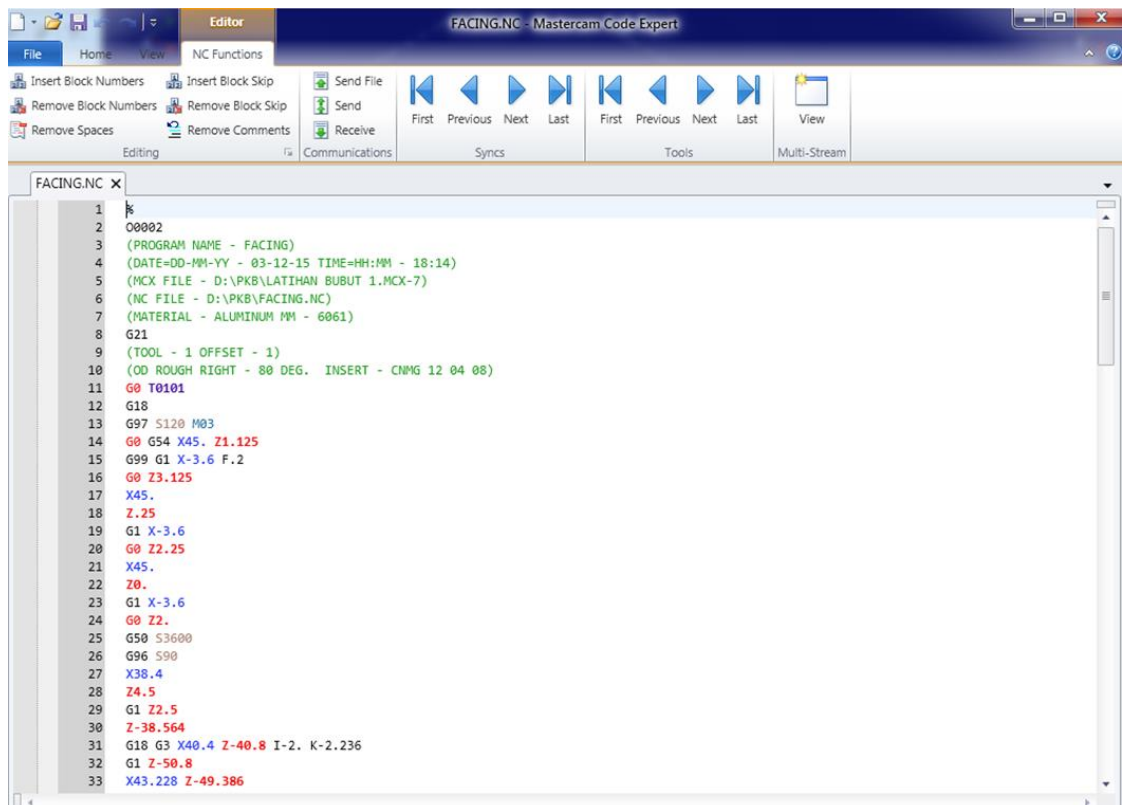



4. Klik tanda **OK**  untuk melanjutkan

5. Nama yang ditampilkan pada berkas NC akan sama dengan nama berkas benda pada sistem CAD/CAM, seperti yang terlihat dibawah ini:



6. Pilih tombol Save
7. Berkas kode CNC akan terlihat pada layar Editor.



8. Pada sudut kanan atas pilih tombol keluar editor CNC 
9. Latihan penggunaan sistem CAD/CAM pada proses bubut telah selesai

c. Edit Program pada Sistem CAM

Kode numerik yang dihasilkan sistem CAD/CAM atau biasa dikenal dengan program G-Code merupakan luaran yang bersifat umum. Untuk itu perlu penyesuaian dengan lingkungan kontrol mesin yang dituju.

Luaran hasil *post processing* :



```
O0002
(PROGRAM NAME - LATIHAN BUBUT)
(DATE=DD-MM-YY - 23-12-15 TIME=HH:MM - 15:21)
(MCX FILE - D:\PKB\LATIHAN BUBUT 1.MCX-7)
(NC FILE - D:\PKB\LATIHAN BUBUT.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 6061)
N110 G21
N112 (TOOL - 1 OFFSET - 1)
N114 (OD ROUGH RIGHT - 80 DEG. INSERT - CNMG 12 04 08)
N116 G0 T0101
N118 G18
N120 G97 S120 M03
N122 G0 G54 X45. Z1.125
N124 G99 G1 X-3.6 F.2
N126 G0 Z3.125
N128 X45.
N130 Z.25
N132 G1 X-3.6
N134 G0 Z2.25
N136 X45.
N138 Z0.
N140 G1 X-3.6
N142 G0 Z2.
N144 G50 S3600
N146 G96 S90
N148 X38.4
N150 Z4.5
N152 G1 Z2.5
N154 Z-38.564
N156 G18 G3 X40.4 Z-40.8 I-2. K-2.236
N158 G1 Z-50.8
N160 X43.228 Z-49.386
N162 G0 Z4.5
N164 X36.4
N166 G1 Z2.5
N168 Z-37.972
N170 G3 X38.8 Z-38.761 I-1. K-2.828
N172 G1 X41.628 Z-37.346
N174 G0 Z4.5
N176 X34.4
N178 G1 Z2.5
N180 Z-37.8
N182 G3 X36.8 Z-38.051 K-3.
```

```
O0002 (LATIHAN BUBUT)
G0 T0101 M06
G97 S120 M03
G0 G54 X45. Z1.125
G99 G1 X-3.6 F.2
G0 Z3.125
X45.
Z.25
G1 X-3.6
G0 Z2.25
X45.
Z0.
G1 X-3.6
G0 Z2.
G50 S3600
G96 S90
X38.4
Z4.5
G1 Z2.5
Z-38.564
G18 G3 X40.4 Z-40.8 I-2. K-2.236
G1 Z-50.8
X43.228 Z-49.386
G0 Z4.5
X36.4
G1 Z2.5
Z-37.972
G3 X38.8 Z-38.761 I-1. K-2.828
G1 X41.628 Z-37.346
G0 Z4.5
X34.4
G1 Z2.5
Z-37.8
G3 X36.8 Z-38.051 K-3.
G1 X39.628 Z-36.636
G0 Z4.5
X32.4
G1 Z2.5
Z-37.8
X34.4
G3 X34.8 Z-37.807 K-3.
G1 X37.628 Z-36.392
G0 Z4.5
```

Hasil *edit* program disesuaikan dengan lingkungan kontrol mesin Fanuc:

Perubahan yang dilakukan adalah :

1. Header yang memuat tanggal pembuatan program, nama program dan lokasi *file* dihilangkan dengan tujuan mengurangi besar *file* yang akan di transfer
2. Nomor program dihilangkan dengan tujuan menghilangkan batasan nomor yang ada pada Kontrol Fanuc (pada kontrol Fanuc nomor program tidak bisa lebih dari 5 digit)
3. Penalaran *tool change* hanya menggunakan M06 (kode untuk perintah penggantian alat, panjang alat, radius pahat)

```

N302 X34.4
N304 G3 X40. Z-40.8 K-2.8
N306 G1 Z-50.
N308 X42.828 Z-48.586
N310 G28 U0. V0. W0. M05
N312 T0100
N314 M01
N316 (TOOL - 2 OFFSET - 2)
N318 (OD CUTOFF RIGHT INSERT - NONE)
N320 G0 T0202
N322 G18
N324 G97 S754 M03
N326 G0 G54 X48.56 Z-54.
N328 G50 S3600

```

```

X34.4
G3 X40. Z-40.8 K-2.8
G1 Z-50.
X42.828 Z-48.586
G0 T0202 M06
G97 S754 M03
G0 G54 X48.56 Z-54.
G50 S3600
G96 S115
G1 X44.56 F.1

```

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Pemanfaatan sistem CAD/CAM pada mesin bubut CNC ? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus di unjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

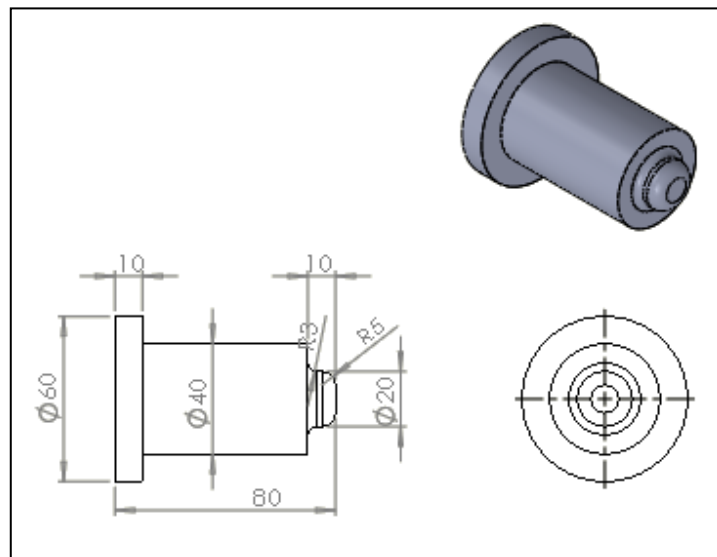
Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-00. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas 1: Membuat Model Geometri Untuk Benda Silindris

Saudara diminta untuk menggambar sebuah produk silindris seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini (Gambar 3.3) dengan menggunakan CAD pada sistem CAD/CAM yang disediakan. Model geometri ini akan digunakan pada sistem CAD/CAM untuk menghasilkan kode numerik perintah mesin.

Gambar 3.3

Obyek latihan bubut 2

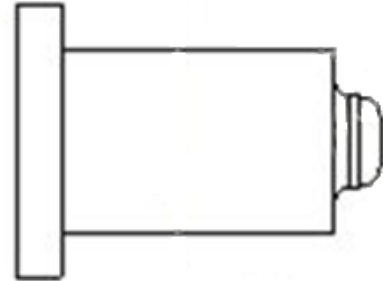


Langkah Membuat Model Geometri

Gunakan beberapa perintah untuk menghasilkan model geometri:

1. Atur lingkungan kerja pada jendela kerja
2. Atur bidang konstruksi kerja
3. Atur geometri benda dan buatlah bentuk $\frac{1}{2}$ geometri terlebih dahulu
4. Buat garis vertikal dan horisontal
5. *Edit Trim/Break*
6. Lakukan *fillet* entitas
7. Rekam gambar dan beri nama

Bentuk benda yang dimaksud adalah:



Aktivitas 2: Membuat Toolpath Untuk Mesin Bubut CNC

Tentukan Material *Stock* dan Parameter Cak

- Tentukan ukuran *Stock*
- Atur konfigurasi cak
- Tentukan material yang digunakan
- Hitung dan tentukan *feeding*

Menghasilkan Toolpath bubut dua dimensi

- Bubut bagian permukaan (*facing*)
- Bubut *roughing*
- Bubut *finishing*
- Bubut *cut off*

Aktivitas 3: Membuat Kode NC Untuk Mesin Bubut CNC

Buatlah sebuah format kode NC yang dihasilkan dari proses *post processor* untuk bentuk model geometri yang sebelumnya telah dibuat. Gunakan sistem CAD/CAM yang disediakan. Lakukan perubahan pada format kode NC nya yang disesuaikan dengan fitur kontrol mesin bubut CNC yang disediakan. Bandingkan hasil perubahan kode NC bila dilakukan pada komputer dan pada saat setelah data tersebut dikirim ke mesin.

E. Rangkuman

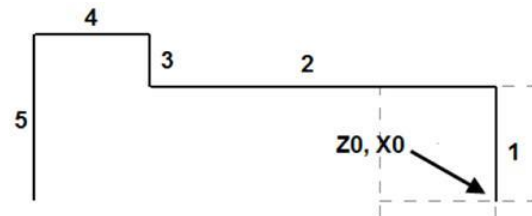
Pada latihan pemanfaatan sistem CAD/CAM pada mesin bubut CNC ini telah disampaikan tata cara untuk menghasilkan gambar 2D berupa garis dan *fillets*. Menentukan data material (*stock*) dan pengaturan pencekaman berupa ukuran material awal dan akhir, konfigurasi pencekaman, dan *feeding* yang digunakan. Setelah itu dijelaskan pula tata cara menghasilkan *tool path* 2 dimensi untuk keperluan *facing*, *roughing*, *finishing* dan *cut off*. Langkah terakhir adalah memverifikasi *tool path* dan *backplot* serta menghasilkan *G-code*.

F. Tes formatif

1. Dimanakah titik origin benda? Gambarkan!
2. Langkah apa saja yang dilakukan untuk menghasilkan fillet R5 ?
3. Data apa saja yang perlu dimasukkan pada langkah mengatur *Chuck Jaws*?
4. Apa yang dimaksud dengan *Cut Off*?
5. Bagaimana cara mengubah atau memodifikasi *tool path* yang telah dibuat?

G. Kunci jawaban tes formatif

1. Permukaan sebelah kanan adalah Z0



2. Pilih menu Create>Fillet>Entities
masukan ukuran radius 5 mm
pilih bentuk fillet normal
pilihan Trim pada menu dalam keadaan aktif
klik pada dua garis bersilangan yang akan membentuk fillet
klik tanda OK
3. Arah posisi cak
Metode pencekaman
Lebar pemegangan benda
Lebar gigi cak
Tebal cak
Lebar step
Tinggi gigi cak
Tinggi step
4. Memotong benda menjadi dua bagian menggunakan pahat alur dengan lebar tertentu. Berfungsi untuk memisahkan benda hasil proses dengan *raw material*.
5. Tentukan lingkungan kontrol mesin yang akan digunakan.
Pada bagian kepala program, hapuslah data yang tidak diperlukan hingga dimulainya data pemotongan dan hanya menyisakan nomor program (misal O0002) .
Setelah nomor program sisipkan pengaturan awal program sesuai dengan spesifikasi kontrol mesin, untuk Fanuc :
G0 T0101 M06
G97 S600 M03

KEGIATAN PEMBELAJARAN KB-4 : PENGGUNAAN SISTEM CAD/CAM PADA PROSES *MILLING*

A. Tujuan

Pada kegiatan pembelajaran ini Anda akan membuat model geometri untuk proses milling dan akan membangun sebuah *toolpath* serta menghasilkan program G-Code yang akan dipakai pada mesin CNC. Pengetahuan dasar yang akan diberikan mengenai :

- Menggambar dengan model 2D pada sistem CAD/CAM
- Menghasilkan *toolpath* benda latihan melalui dua pengecaman
- Mensimulasikan *toolpath* melalui Verifikasi dan Backplot sistem CAD/CAM

Untuk proses pemindahan data dari sistem CAD/CAM ke mesin CNC akan dilakukan pada aktifitas pembelajaran sesuai dengan mesin CNC yang akan digunakan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Membuat gambar kerja dengan CAM
2. Mengkonversi dan memodifikasi toolpath ke kode ASCII (post processor)
3. Menganalisis post processor, sesuai keperluan
4. Mengganti postprocessor sesuai kebutuhan
5. Melakukan post processing sesuai SOP
6. Melakukan pengeditan program G Code dan M Code dari CAM
7. Melakukan setting mesin CNC sesuai dengan program CAM
8. Mengoperasikan mesin CNC untuk membuat benda kerja sesuai dengan program CAM

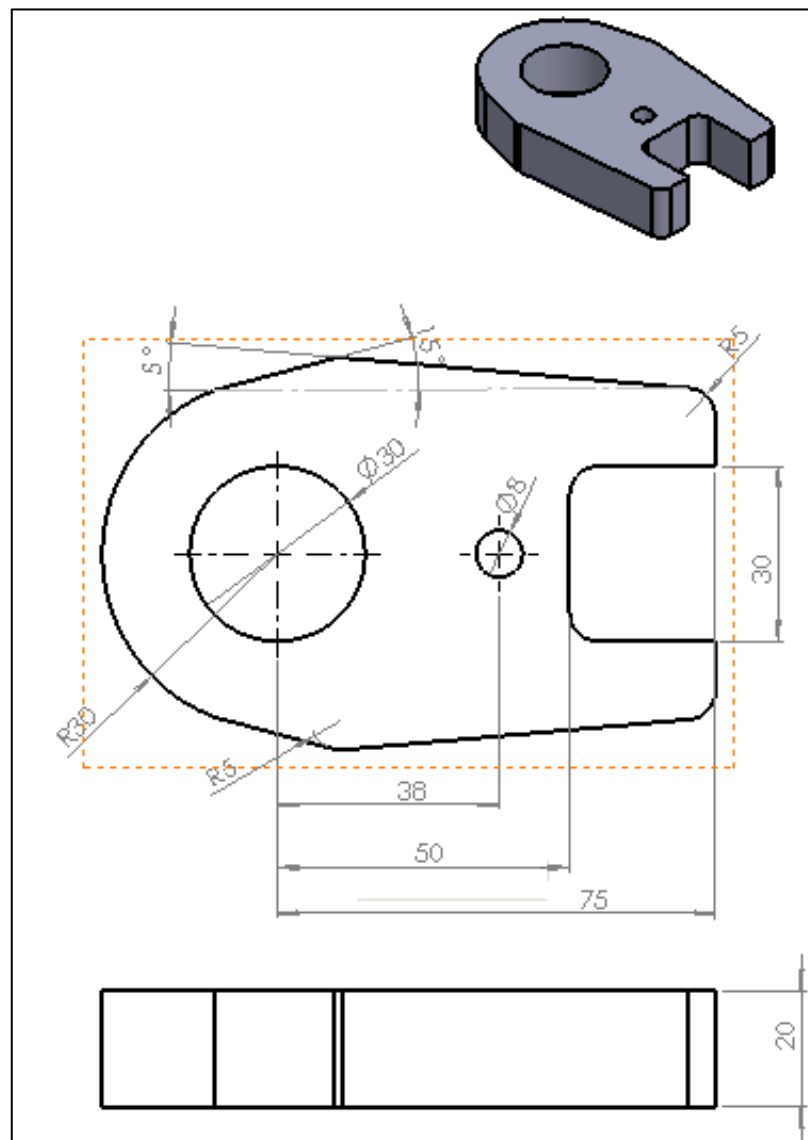
C. Uraian Materi

1. Membuat Model Geometri

Ilustrasi produk yang akan diproses menggunakan sistem CAD/CAM dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Gambar 4.1


Produk untuk Latihan Milling CNC



Langkah 1 Pengaturan Antarmuka Sistem CAD

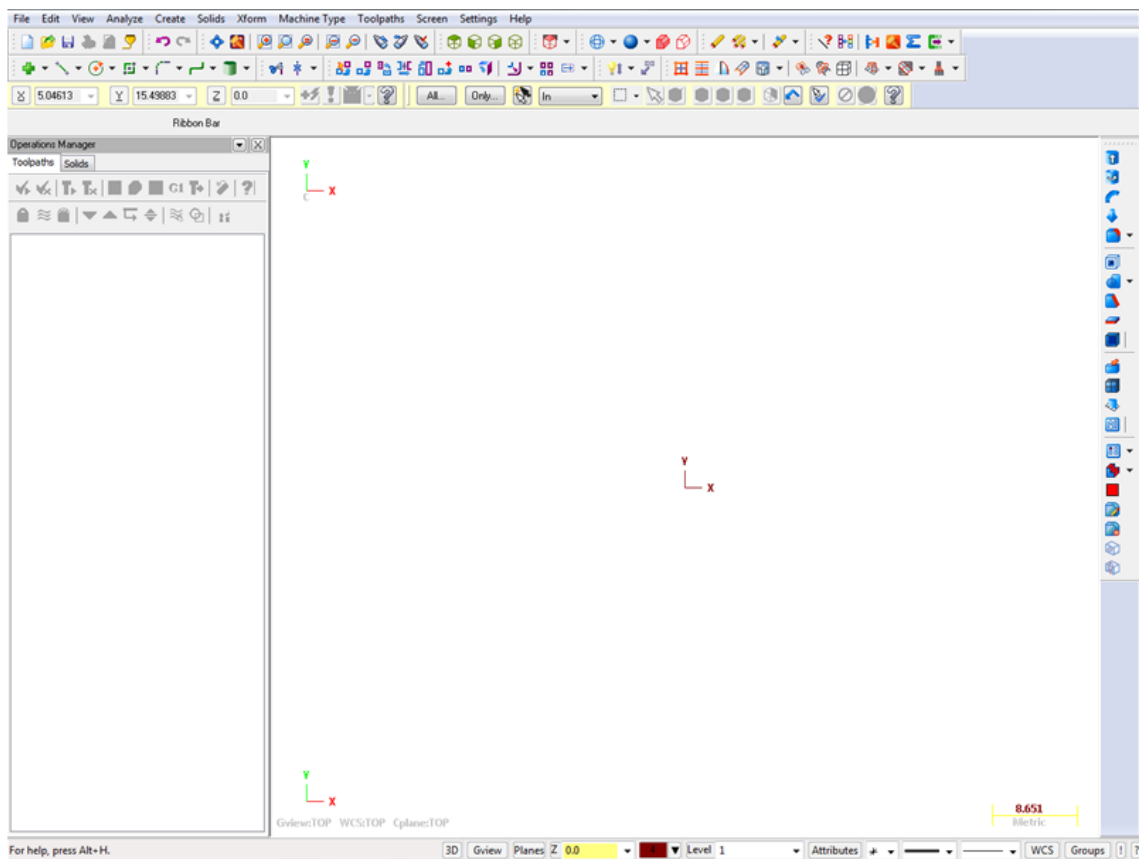
Sebelum memulai membuat geometri, kita harus mengatur *toolbar* yang sesuai untuk menghasilkan geometri dan proses mesin produk 2D.



Yakinkan bahwa tanda sumbu pusat tampak . Hal ini menunjukkan pusat benda yang akan dibuat.

Kita akan membuat $\frac{1}{2}$ bentuk geometri terlebih dahulu.

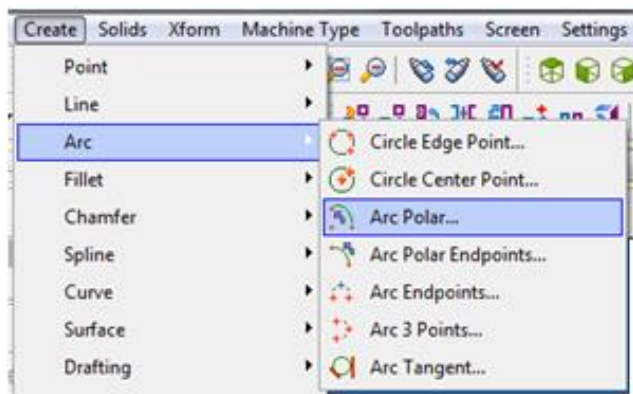
Gambar 4.2 Tampilan awal sistem untuk proses milling



Langkah 2 Membuat *Arcs Polar*

Pada langkah ini kita akan mempelajari bagaimana membuat bidang lengkung – *ARCS POLAR*. Untuk menghasilkan bidang lengkung, Anda harus menentukan titik senter, radius, titik mulai atau sudut dan titik akhir atau sudut.

- Membuat lengkungan *arc* pada diameter 30

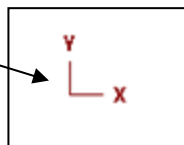


Buatlah

- *Arc*



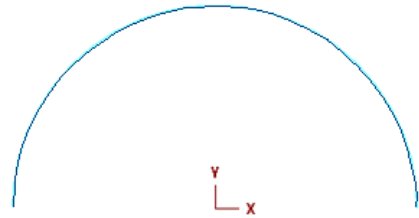
- Pilih **Origin**






- Masukkan beberapa nilai seperti yang terlihat dibawah ini :




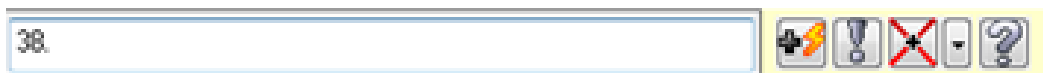
- Akan terlihat gambar hasil proses ini :



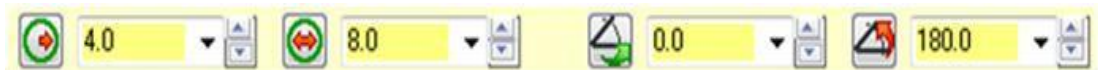
- Pilihlah tombol penambahan garis untuk melanjutkan proses .

Catatan: Apabila ada kesalahan pada langkah pembuatan di atas, gunakan langkah *Undo*  dan *Redo* . Apabila ada bentuk garis yang tidak diinginkan, pilih garis tersebut terlebih dahulu dan setelah itu tekan delete pada keyboard komputer.

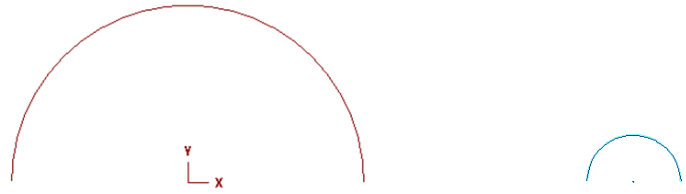
- Pilih tanda tombol *Fast Point* dari *ribbon bar* kursor otomatis .
- Masukkan nilai **38** lalu tekan *enter* untuk menempatkan titik pusat *Arc* yang baru



- Masukkan beberapa nilai seperti yang terlihat dibawah ini :



- Akan terlihat gambar hasil proses ini :




- Pilihlah tombol penambahan garis untuk melanjutkan proses .


- Pilih *origin* sebagai titik pusat lengkungan baru



- Akan terlihat gambar hasil proses ini :

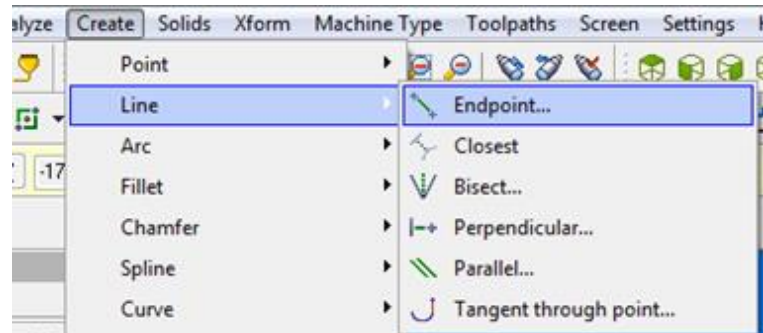



- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *ArcPolar* .

- Gunakan tombol *Fit*  untuk menyesuaikan ukuran gambar terhadap layar.


Langkah 3

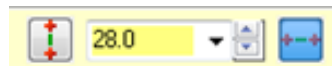
Membuat Garis Lurus Horizontal



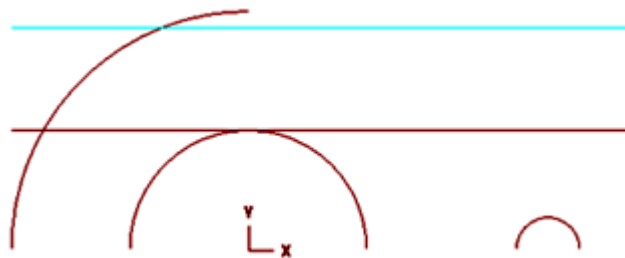
- Pilih tombol Horizontal 
- Pilih titik sebelah kiri lingkaran besar. Pilih titik lainnya pada sebelah kanan lingkaran kecil untuk membentuk sebuah garis lurus. Masukan nilai Y seperti dibawah ini:



- Pilih tombol pakai untuk melanjutkan 
- Lakukan hal yang sama untuk ukuran Y yang lain:

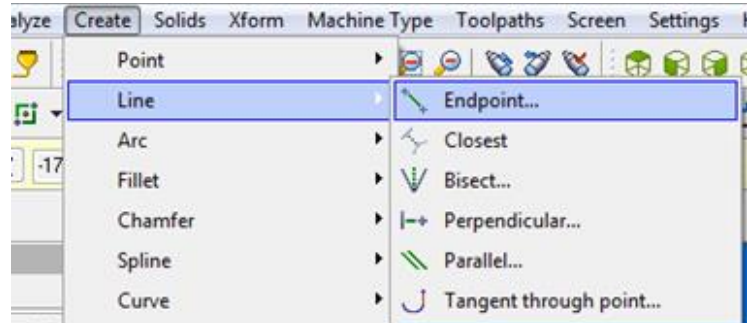



- Gambar yang dibuat akan tampak seperti ini:




Langkah 4

Membuat Garis Lurus Vertikal





- Pilih tombol vertikal 
- Pilih titik sebelah kiri lingkaran besar. Pilih titik lainnya pada sebelah kanan lingkaran kecil untuk membentuk sebuah garis lurus. Masukan nilai X seperti dibawah ini:

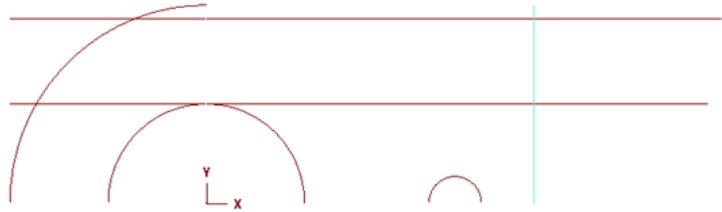


- Pilih tombol pakai untuk melanjutkan 
- Lakukan hal yang sama untuk ukuran X yang lain:



- Pilih tombol OK untuk menyelesaikan 
- Gunakan tombol *Fit*  untuk menyesuaikan ukuran gambar terhadap layar.



- Gambar yang dibuat akan tampak seperti ini:

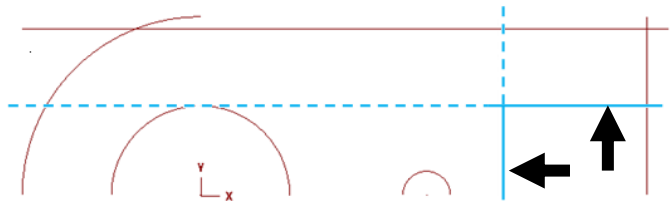


Langkah 5 *Trim Dua Entitas*

Tombol *Edit*

- *Trim/Break*
- *Trim/Break/Extend*

- Pilih perintah *trim* 2 entitas  dan yakinkan bahwa pilihan *Trim* menyala 
- Pilih dua garis



- Ulangi untuk garis yang lainnya,



- Gambar yang dibuat akan tampak seperti ini:





Langkah 6 *Trim* Garis Terhadap Titik

Tombol *Edit*


- *Trim/Break*



- *Trim/Break/Extend*

- Pilih perintah *trim* 2 entitas  dan yakinkan bahwa pilihan *Trim* menyala 
- Pilih garis seperti yang ditunjukkan gambar dan pilih *origin* sebagai titik acuan *trim*



- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *trim* 

Langkah 7

Membuat Ujung Garis (*Line Endpoint*)

Tombol *Create*

- *Line*

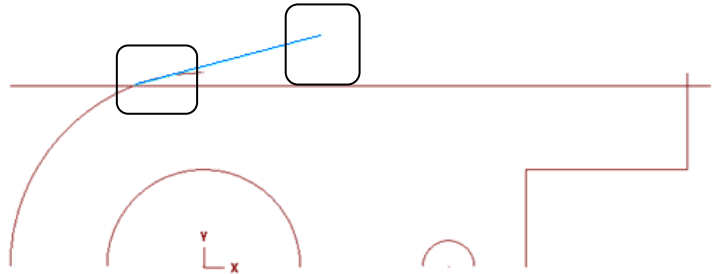


- *Endpoint*

- Pilih titik persilangan sebagai titik pertama *Endpoint*

Catatan: Pastikan tombol vertikal dan horisontal tidak menyala

- Ambil titik kedua garis *Endpoint* didaerah luar seperti yang digambarkan:

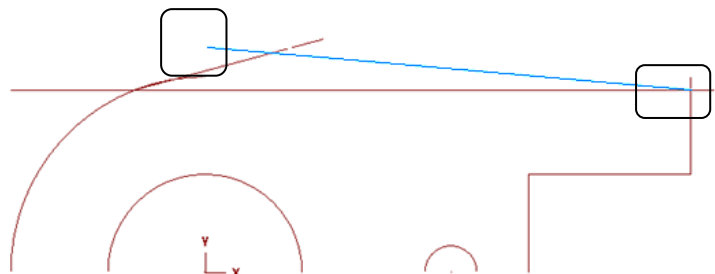


- Ubah nilai panjang menjadi 30 dan besar sudut 15



- Pilih tombol pakai setelah nilai dimasukkan
- Pilih titik persilangan yang lain untuk membuat garis berikutnya

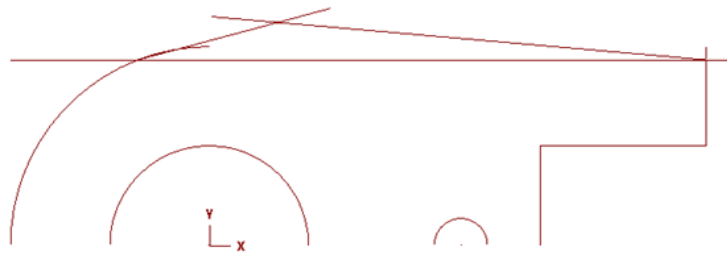
- Ambil titik kedua garis *Endpoint* didaerah luar seperti yang digambarkan:



- Ubah nilai panjang menjadi 75 dan besar sudut 175

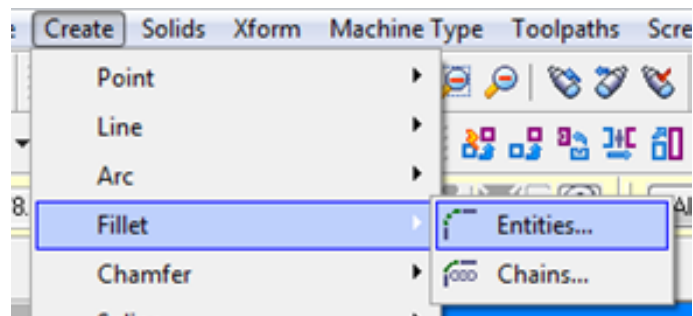


- Gambar yang dibuat akan tampak seperti ini:

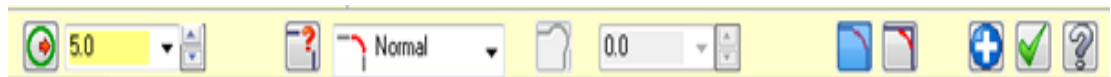


Langkah 8 Membuat *Fillet*

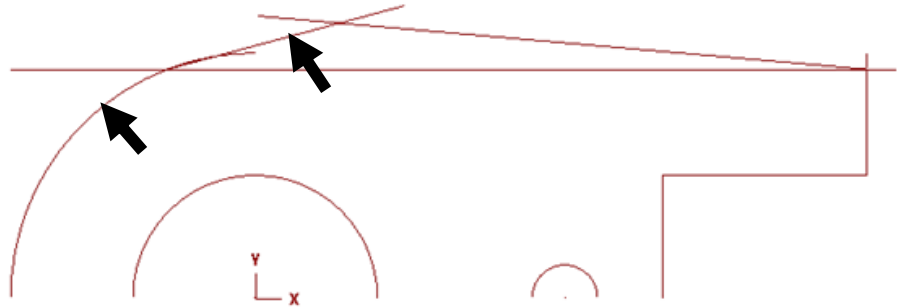
Catatan: *Fillet* digunakan untuk mengubah ujung tajam



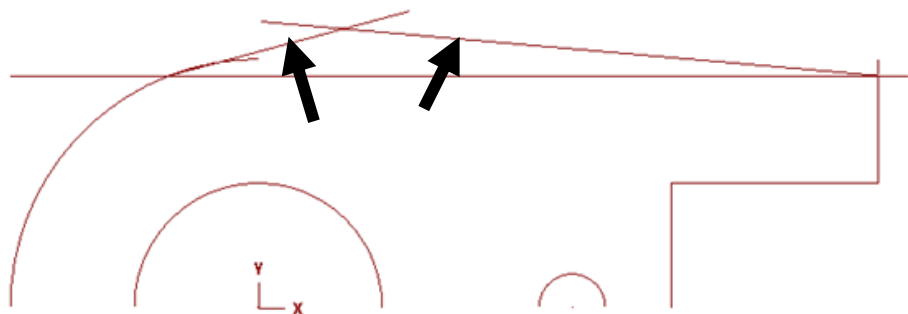
- Masukkan nilai radius *Fillet* 5 . Pastikan jenis *fillet* diatur normal dan tombol *trim* menyala



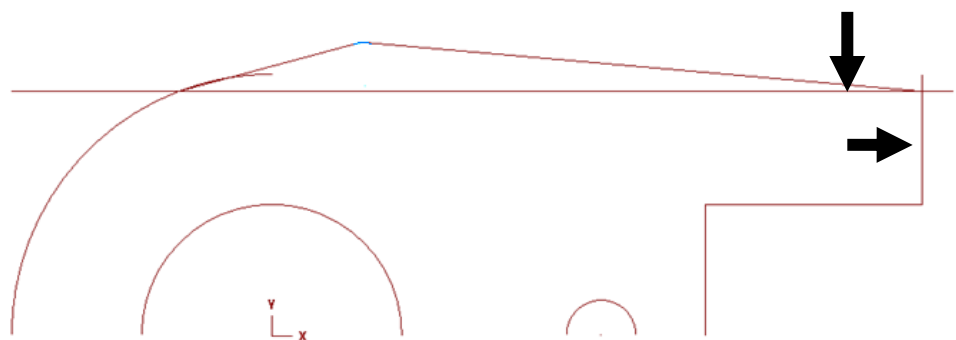
- Pilih lengkungan dan garis



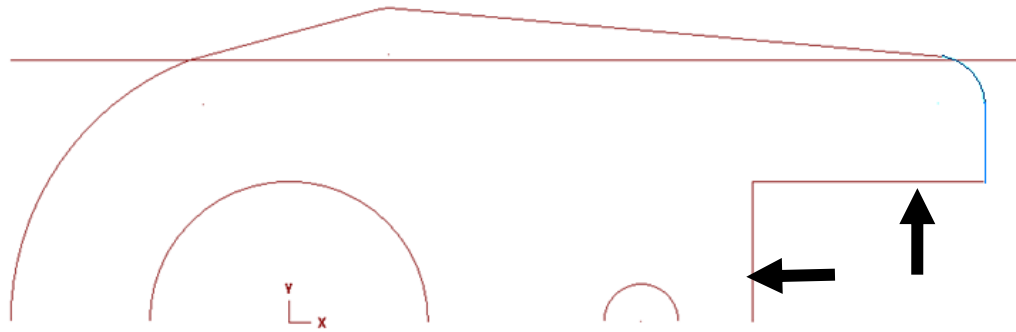
- Pilih dua garis dua garis yang bertemu secara menyudut



- Pilih garis bersudut dan garis vertikal



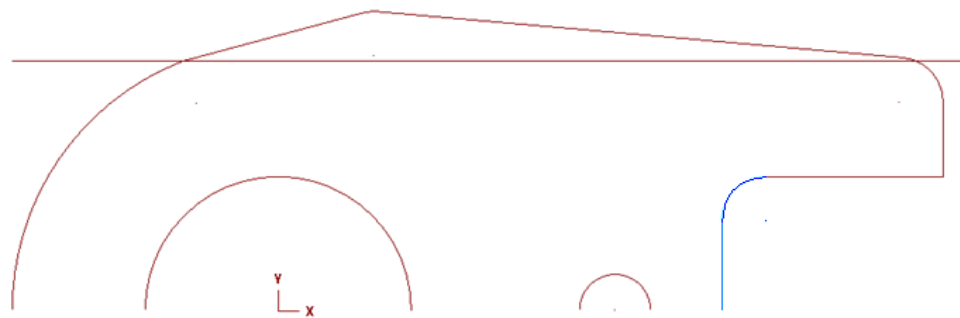
- Pilih dua garis lainnya



- Pilih tombol pakai



- Gambar yang dibuat akan tampak seperti ini:

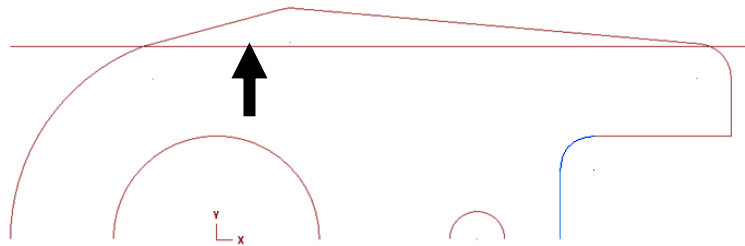


- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *trim*



Langkah 9 Menghapus Konstruksi Garis

- Pilih garis seperti yang ditunjukkan

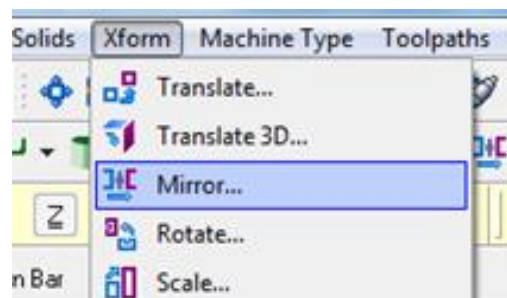


- Gunakan tombol *Delete* untuk menghapus garis



Langkah 10 Pencerminan Bentuk

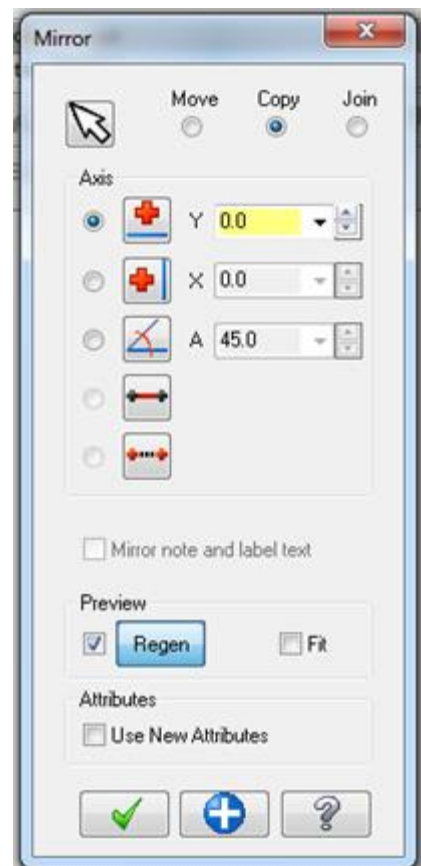
Catatan : pencerminan adalah refleksi bentuk yang simetri terhadap satu sumbu atau garis.




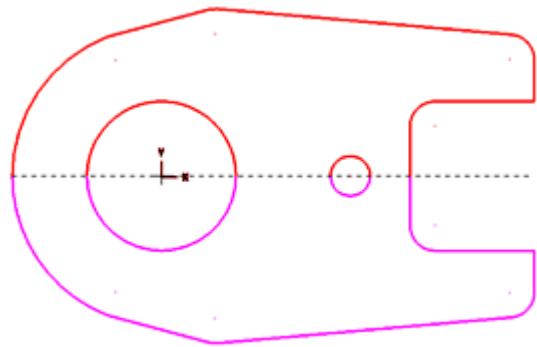
- Buat bentuk kotak sekeliling benda. Klik dan tahan tombol kiri *mouse*, drag *mouse* ke arah kiri bawah area benda dan klik sekali lagi.



- Pilih tombol *End Selection*
- Setelah kotak dialog pencerminan muncul, aktifkan *Copy* dan pilih untuk pencerminan terhadap sumbu X.



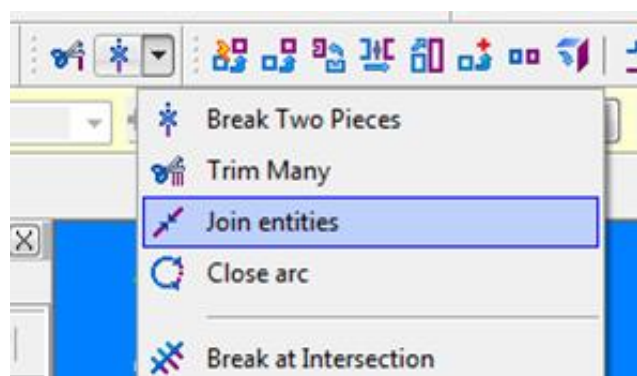
- Pilih tombol OK untuk keluar dari kotak dialog *Mirror* 
- Gambar yang dibuat akan tampak seperti ini:



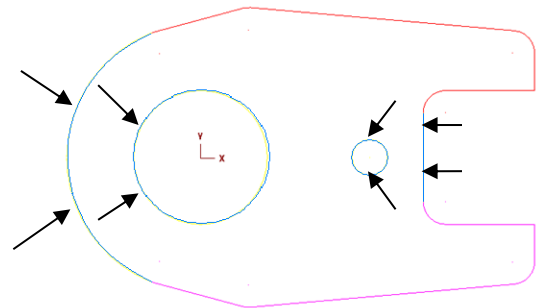
Langkah 11 Menggabungkan Entitas

Catatan : tidak ada contoh gambar yang ditampilkan karena bentuknya sama, hanya pada proses ini semua garis yang telah dihasilkan akan dijadikan satu entitas.

Tanda bahwa benda tadi satu entitas adalah saat cursor Anda gerakan ke benda tersebut maka hanya ada satu warna garis.



- Pilih entitas seperti yang digambarkan

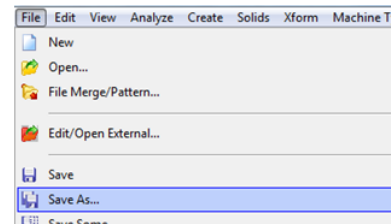


- Pilih tombol End Selection

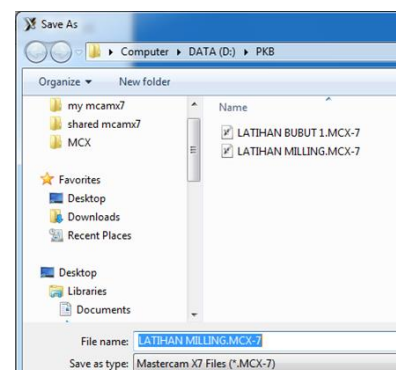


Langkah 12 Rekam (Save) Berkas

- Lakukan hal berikut ini:



- Beri nama file tersebut:

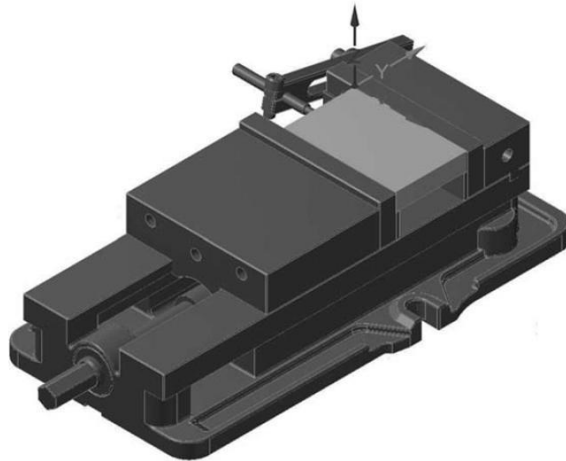


- Pilih tombol OK untuk merekam berkas produk ini




2. Menghasilkan *Toolpath*

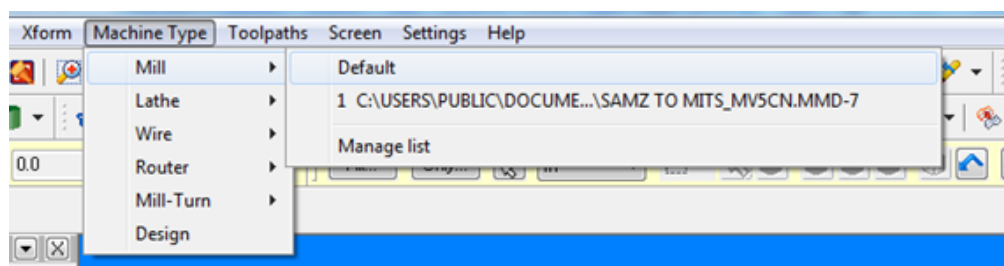
METODE PENCEKAMAN 1, UNTUK MEMBUAT PROFIL BAGIAN DALAM.



Langkah 13 Pengaturan Mesin dan Material Benda Kerja

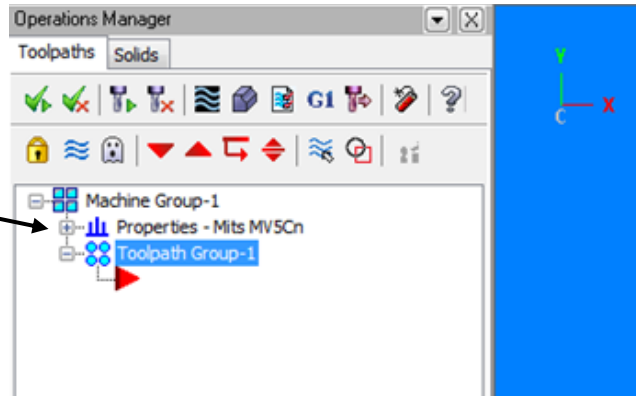
Catatan: Untuk keperluan latihan maka kita akan menggunakan mode *default* mesin.

- Untuk melihat pengelolaan operasi, tekan ALT+ huruf O
- Gunakan tombol *Fit*  untuk menyesuaikan ukuran gambar terhadap layar.

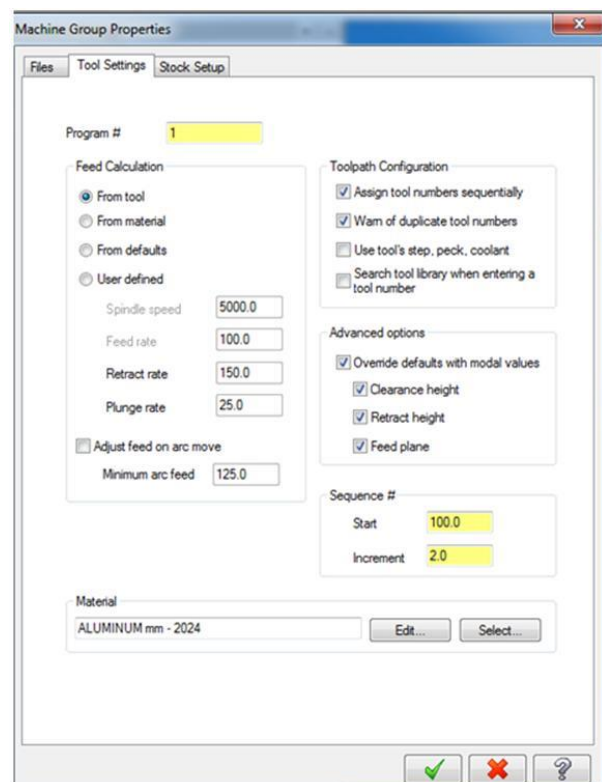


- Pilih tanda tambah didepan *Properties* pada menu *Operations Manager* untuk membuka fasilitas *Group Properties Toolpath*.

Pilih tanda tambah



- Pilih *Tool Setting* untuk mengatur parameter alat potong
- Ubahlah parameter sesuai yang ditampilkan pada gambar dibawah ini:



Catatan:

Program # digunakan untuk mengisi nilai angka jika mesin CNC memerlukan nomor sebagai nama program.

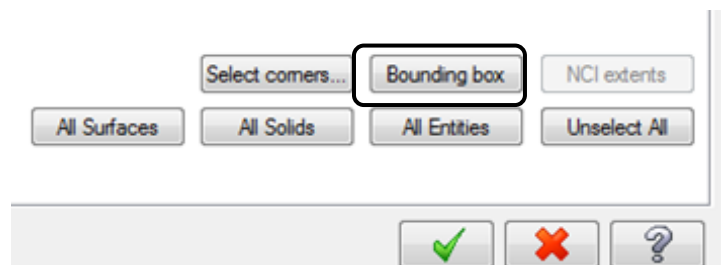
Assign tool numbers sequentially membolehkan Anda untuk menghapus nomor alat potong dari daftar dengan nomor selanjutnya (alat potong operasi pertama nomor 1; alat potong operasi pertama nomor 2, dsl).

Warn of duplicate tool numbers akan memberikan peringatan apabila ada dua alat potong menggunakan nomor yang sama.

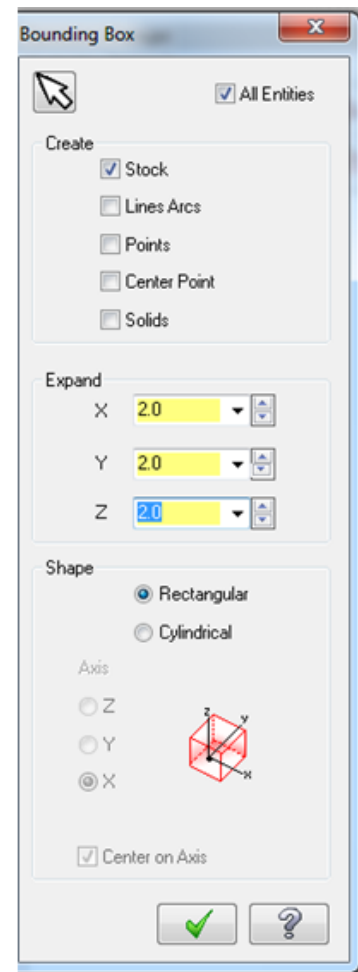
Override defaults with modal values memberi kemungkinan kepada sistem untuk menjaga nilai-nilai yang Anda masukan.


Feed Calculation-From tool menggunakan feedrate, plunge rate, retract rate dan kecepatan spindle dari definisi alat potong.

- Pilih tombol *Stock Setup* untuk mendefinisikan material benda kerja
- Pilih tombol *Bounding Box* pada halaman *Stock Setup*



- Pada kotak dialog *Bounding Box* ini diisikan beberapa nilai sebagai berikut:



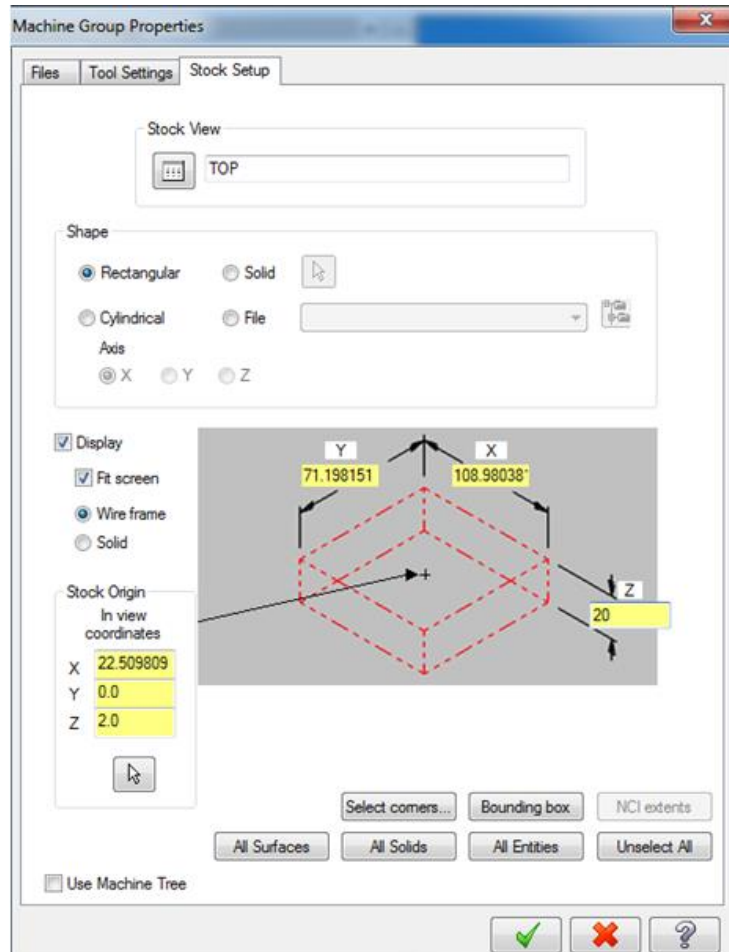
- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Bounding Box* 


- Masukkan nilai ketebalan model material benda kerja.

Catatan :

Model material yang dibuat akan dapat dilihat bersama model geometri benda saat melihat berkas atau *toolpath* atau selama *backplot* atau sedang verifikasi *toolpath*.

Pada gambar dapat dilihat bahwa tanda plus adalah titik *origin* material. Posisi defaultnya tepat berada ditengah material. Kliklah pada salah satu sudut benda kerja yang akan dijadikan titik *origin* material.

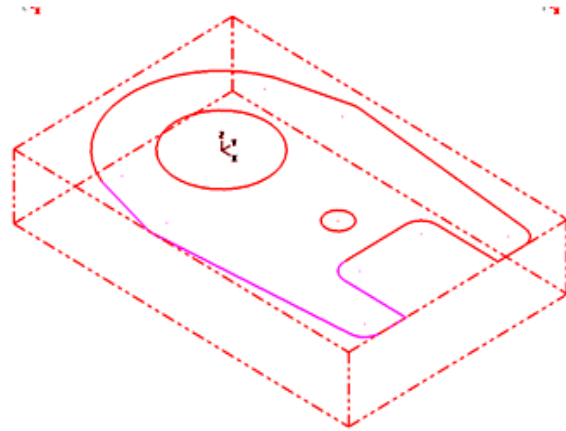


- Pilih tombol OK untuk keluar dari *Machine Groups Properties* 
- Pilih pandangan Isometrik pada tombol pandangan grafis untuk melihat material



- Gunakan tombol *Fit*  untuk menyesuaikan ukuran gambar terhadap layar.

- Model material akan tampak seperti gambar berikut ini:

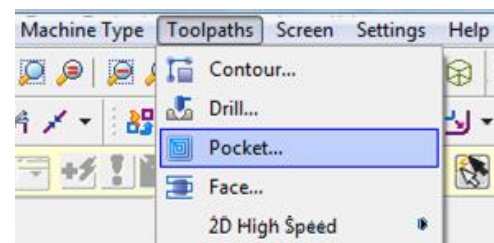


- Pilih pandangan Top view dari tombol pandangan untuk melihat benda dari atas

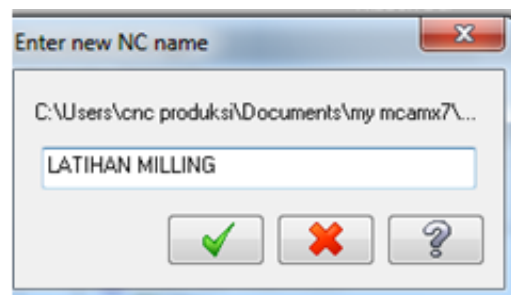


LANGKAH 14

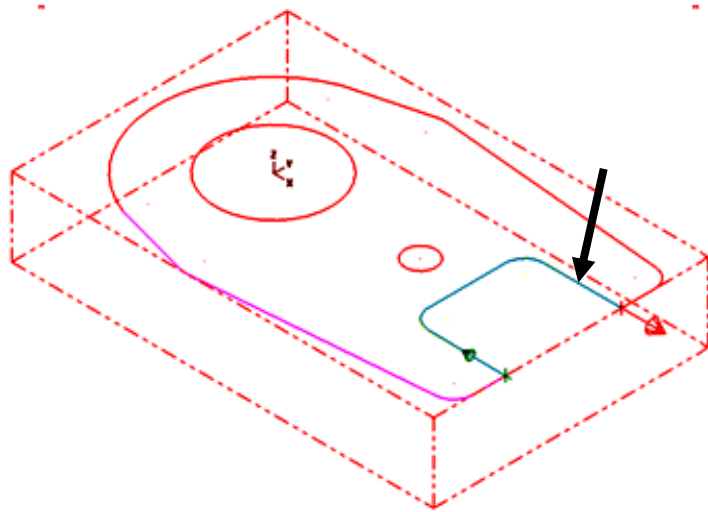
OPEN POCKET




- Isilah tabel dengan menuliskan nama baru berkas NC. Lalu pilih tombol OK untuk menyetujui *default*.



- Pilih entitas kedua

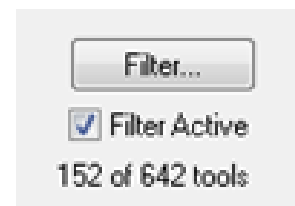


- Pilih tombol OK untuk keluar dari kotak dialog *Chaining* 
- Pada halaman jenis *Toolpath* , dipilih tombol *Pocket*

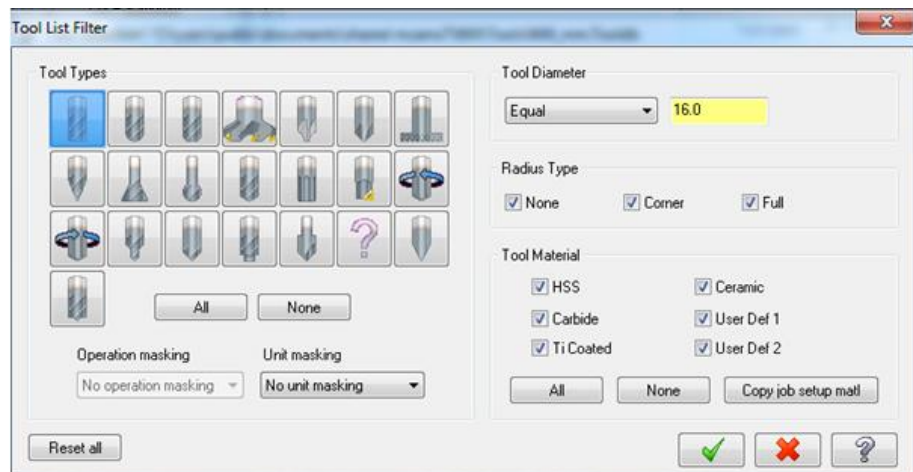



MEMILIH CUTTER FLAT ENDMILL

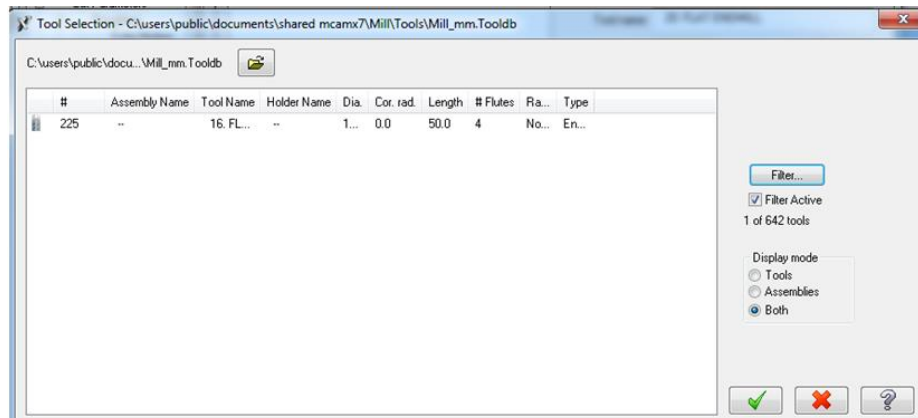
- Pilih cutter *Flat endmill* dari perpustakaan alat potong dan atur parameternya.
- Pilih alat potong dari daftar – *Library Tool*
- Klik tombol *Select Library Tool*
- Klik pada *Filter*




- Pilih tombol *None* dan dibawah *Tool Types* pilih lambang *Flat Endmill*
- Dibawah tool diameter pilih *Equal* dan masukan ukuran diameter cutter dengan nilai 16.

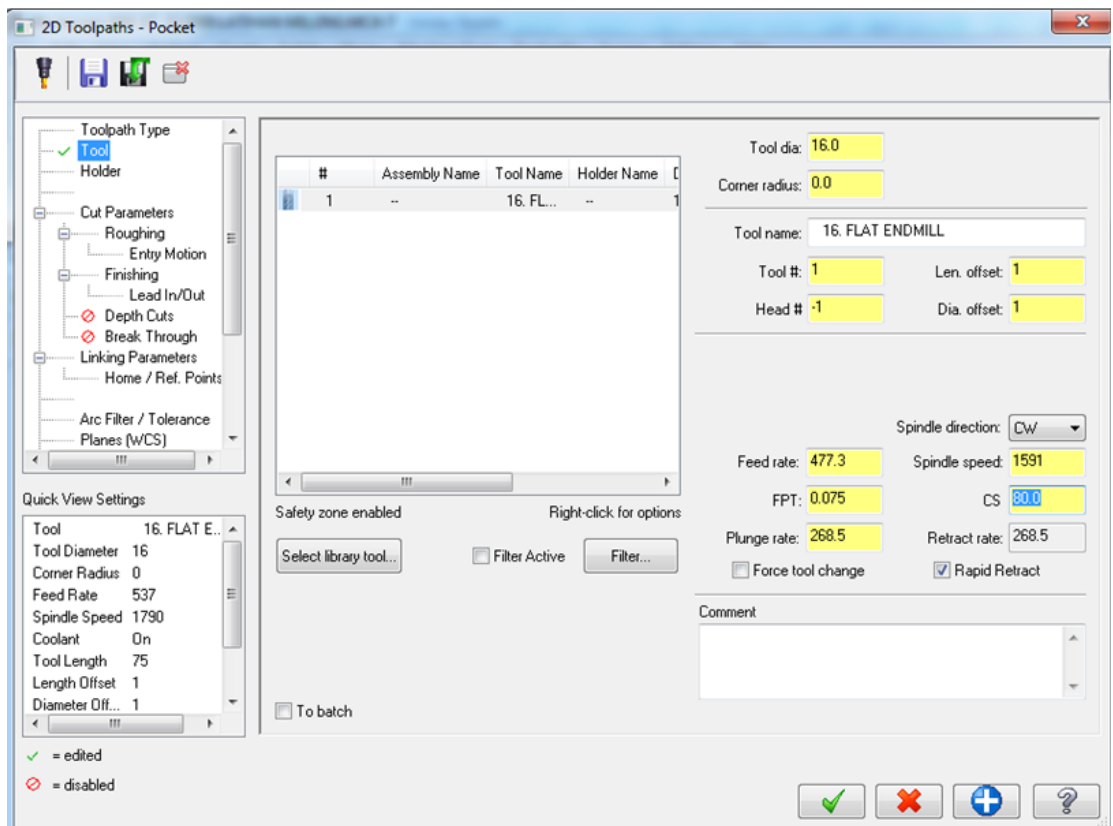


- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Tool List Filter* 
- Pada kotak dialog *Tool Selection* , akan terlihat *Flat Endmill* 16 mm dalam daftar.



- Pilih *Flat Endmill* 16 mm, lalu tekan tombol OK untuk keluar 

- Lakukan beberapa perubahan:



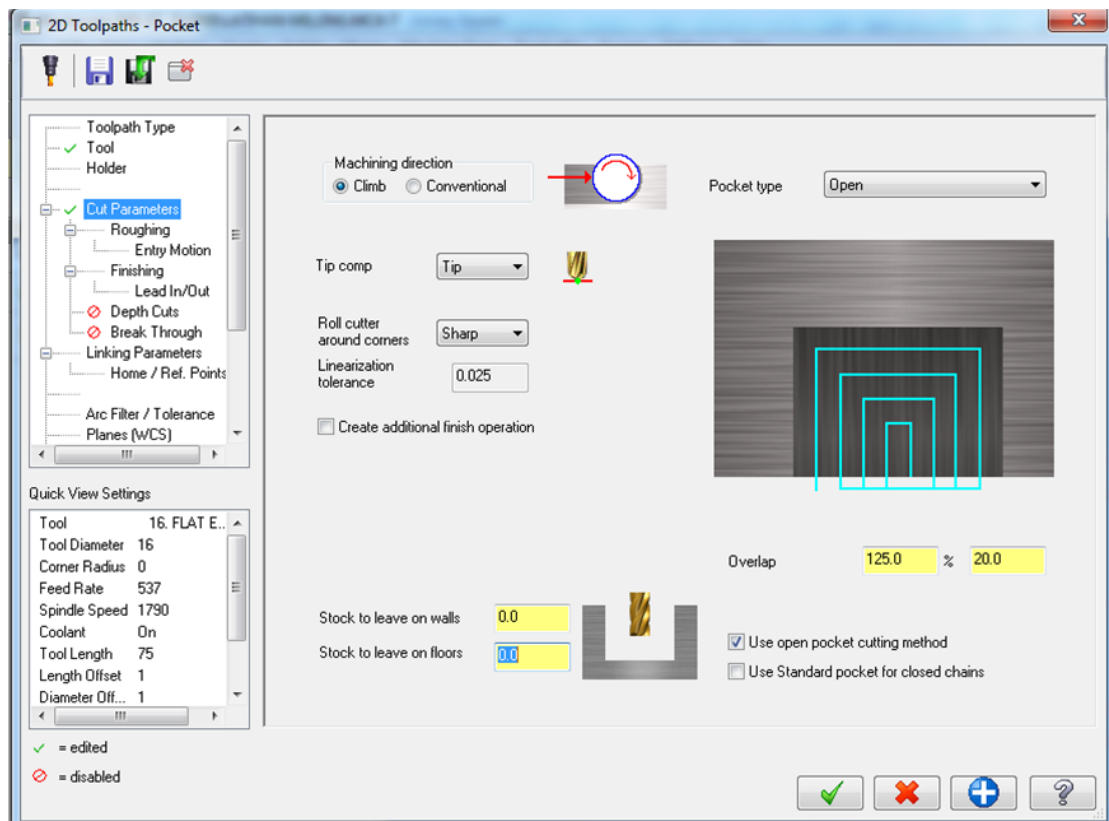
Penjelasan :

Data *Feed rate*, *Plunge rate*, *Retract rate* dan kecepatan *Spindle* secara garis besar diambil dari material benda berupa aluminium dan bahan alat potong HSS. Anda bisa mengubah hal ini tergantung dari material benda dan alat potong yang digunakan

Kolom *Comment* dapat diisi catatan yang bisa membantu indentifikasi lintasan alat potong pada *Toolpaths/Operations Manager*, misal pemotongan alur terbuka.

PARAMETER PEMOTONGAN

- Pilih parameter pemotongan dan buat perubahan seperlunya.



Penjelasan :

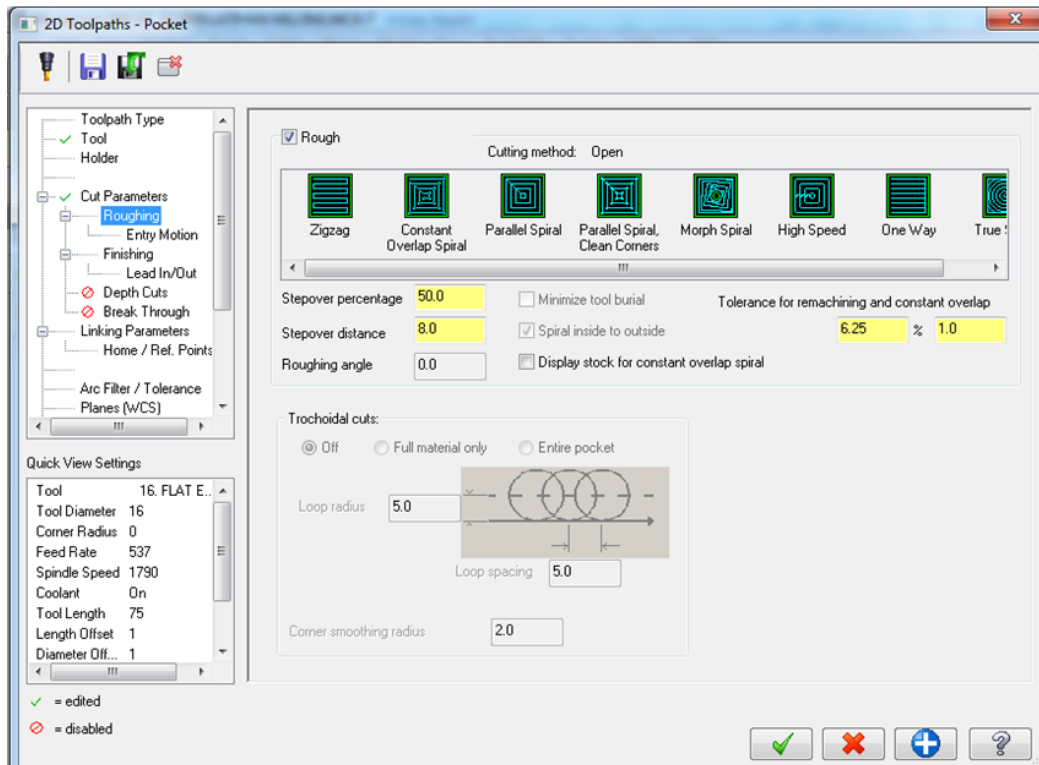
Pocket Type, silakan Anda memilih dari beberapa daftar jenis *pocketing* berdasarkan bentuk yang diinginkan.

Open Pocket, sistem CAD/CAM akan secara otomatis melakukan operasi *pocket* dari mana arah cutter masuk dan keluar.

Open pocket cutting method, arah lintasan pemotongan mulai dari bidang terbuka dan memotong dari dalam keluar.

ROUGHING

- Pilih proses pemotongan *Roughing* dan buat perubahan seperlunya sesuai dengan gambar dibawah ini.

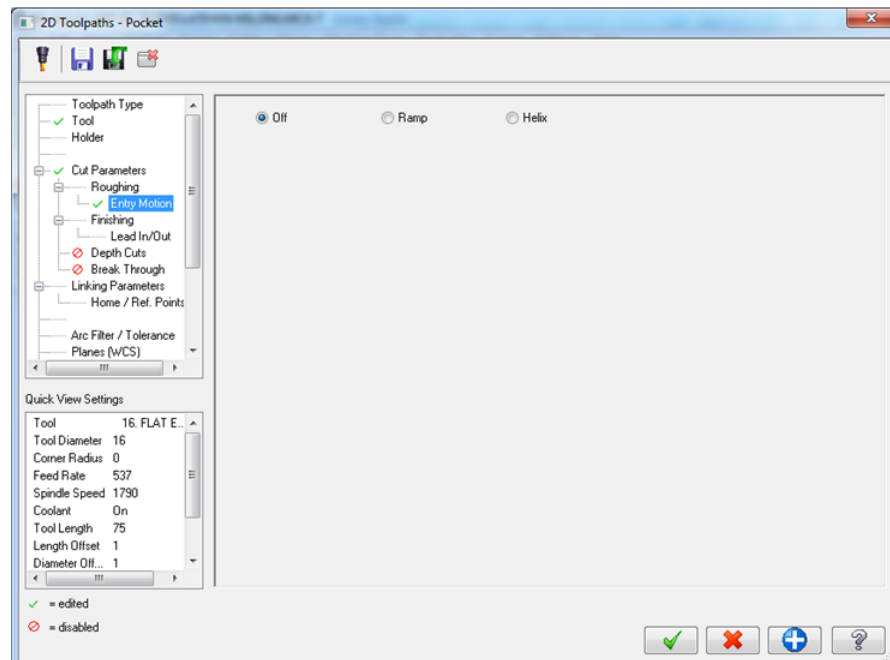


ENTRY MOTION

- Pilih *Entry Motion* dan pilih *Off*.

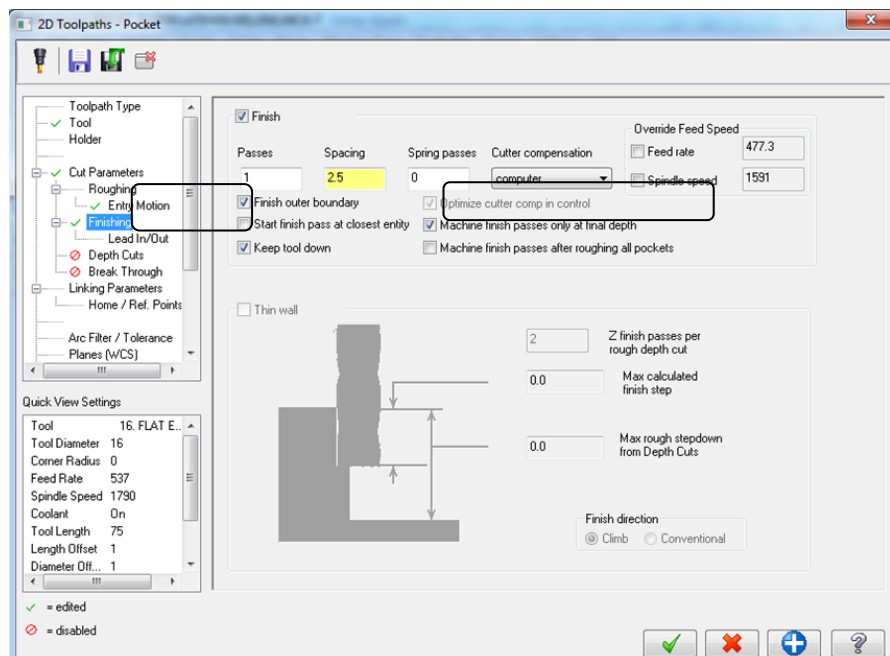
Penjelasan:

Entry motion-adalah gerakan awal masuk cutter ke dalam benda kerja. Pada metode pemotongan modern ada beberapa alternatif untuk menggerakkan cutter mulai memotong benda kerja seperti *Plunge*, *Ramping* ataupun *Helical Ramping*.



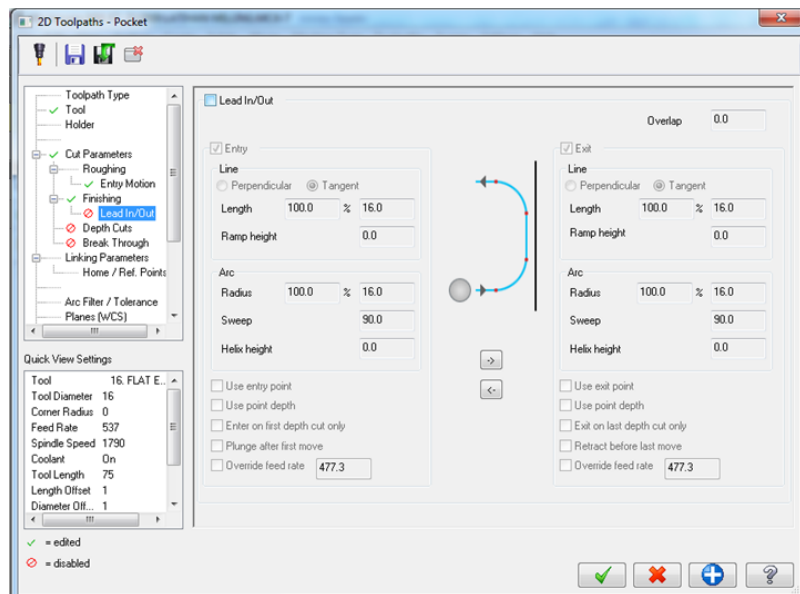
FINISHING

- Pilih *Finishing* dan buat perubahan seperlunya



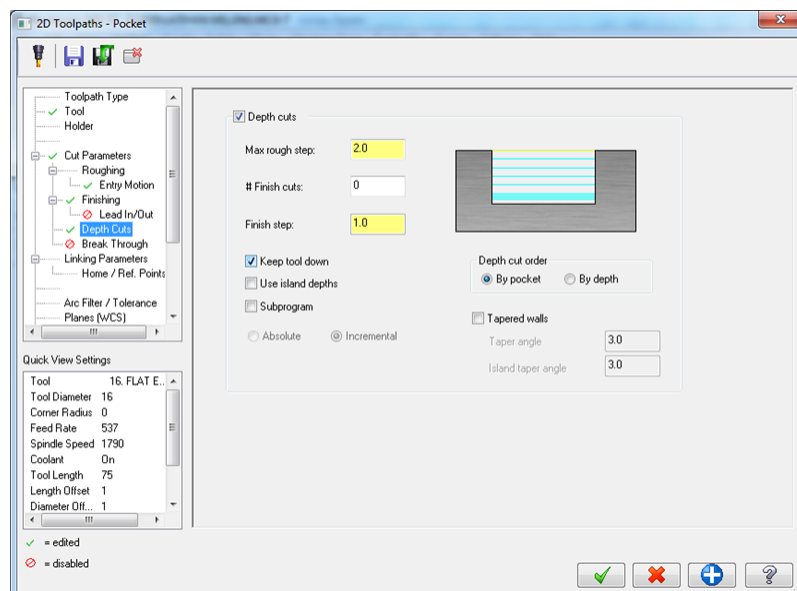
LEAD IN/OUT

- Pilih *lead in/out* dan buat perubahan seperlunya



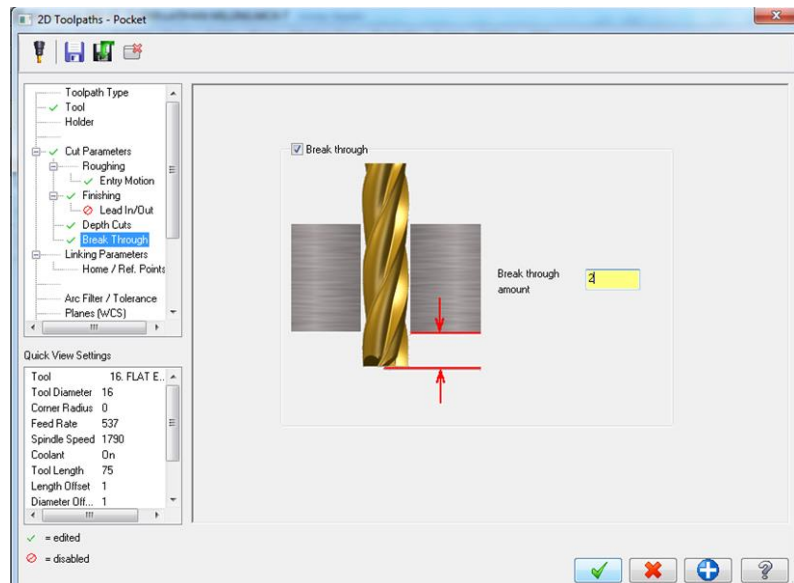
KEDALAMAN PEMOTONGAN (DEPTH OF CUT)

- Pilih *depth cut* dan fungsikan. Masukkan nilai maksimum kedalaman pemotongan per langkah sebesar 2.
- Fungsikan pula pilihan *Keep tool down*



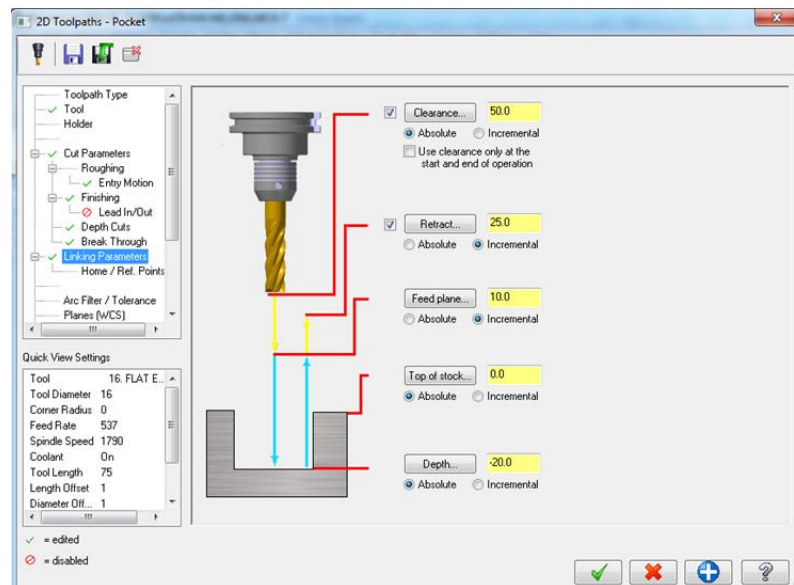
BREAK THROUGH

- Pilih *Break Through* dari daftar . Fungsikan pilihan ini dan masukan nilai sebesar 2



LINKING PARAMETER

- Pilih Parameters dari daftar dan lakukan perubahan seperlunya, seperti yang terlihat pada gambar:



- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Pocket Parameters*





Langkah 15 *Backplot* Lintasan Potong

Penjelasan :

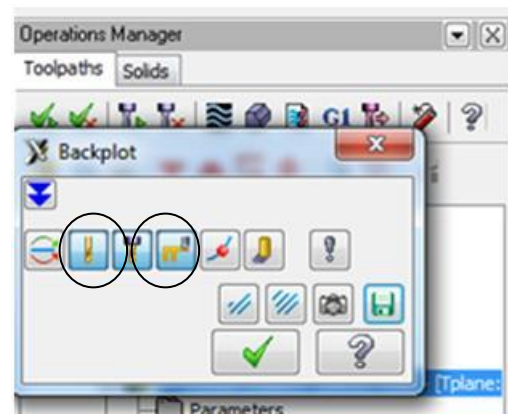
Backplot adalah proses sistem CAD/CAM memperlihatkan lintasan alat potong memotong benda kerja pada layar. Tampilan ini dapat memberikan masukan kepada operator bahwa ada kesalahan pada proses pemesinannya.

- Pastikan bahwa toolpath telah dipilih (ada perubahan warna pada lambang *folder*).

Bila belum terjadi, pilihlah melalui tombol Select All Operations 

- Pilihlah pada tombol Backplot 

- Pastikan tombol-tombol dalam keadaan berfungsi, untuk dapat melihat pergerakan alat potong.




- Pilih pandangan Isometrik pada tombol pandangan grafis untuk melihat material




- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah Backplot 

Langkah 16

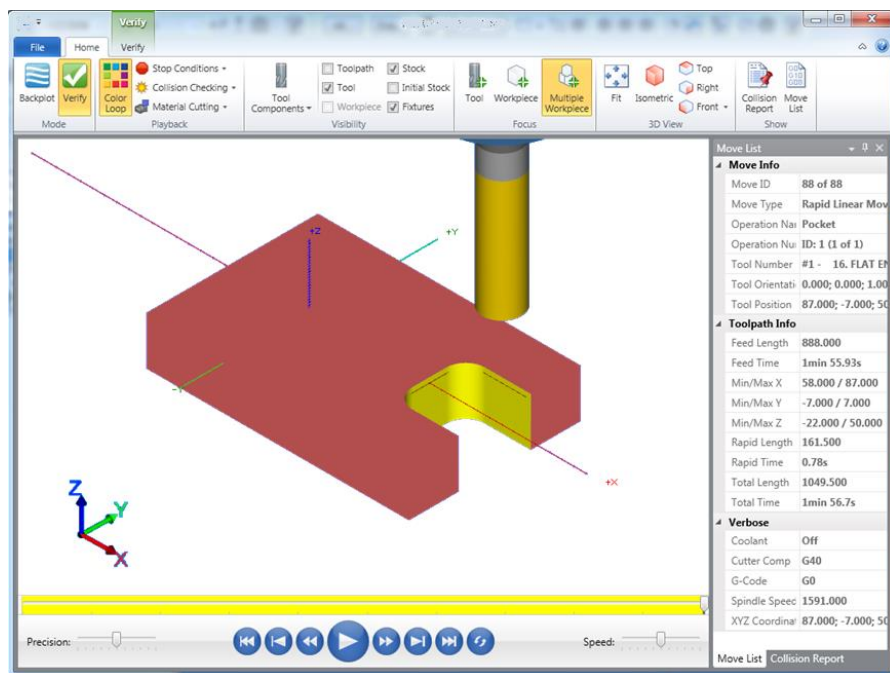
Pengaturan Mesin Dan Material Benda Kerja

- Pada halaman Operation Manager kedua operasi harus terpilih. Bila belum terjadi, pilihlah melalui tombol Select All Operations 

- Pilihlah operasi yang akan dilakukan verifikasi dari lambang  yang ada pada halaman Operations Manager.

- Kecepatan verifikasi bisa diatur pada pengatur kecepatan

- Pilih tombol *Play*  untuk memulai simulasi



Langkah 17

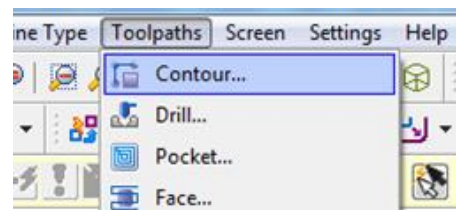
Pemesinan Ulang Bidang *Pocket* (*Contour Remachine*)

Penjelasan:

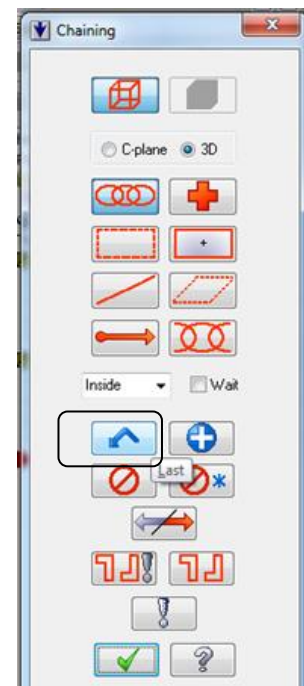
Apabila bentuk awal pemotongan dikhawatirkan belum sesuai dengan keinginan, maka dapat dilakukan proses pemesinan ulang.


PEMILIHAN RANTAI (CHAIN)

Lintasan Potong > *Contour*



- Pilih kembali geometri chain yang sudah dibuat pada toolpath sebelumnya melalui tombol kotak dialog chain.

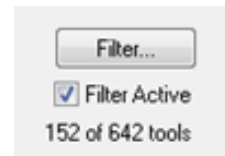


- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah Chaining 
- Pada halaman jenis *toolpath*, pilihlah tombol *Contour* yang diinginkan.

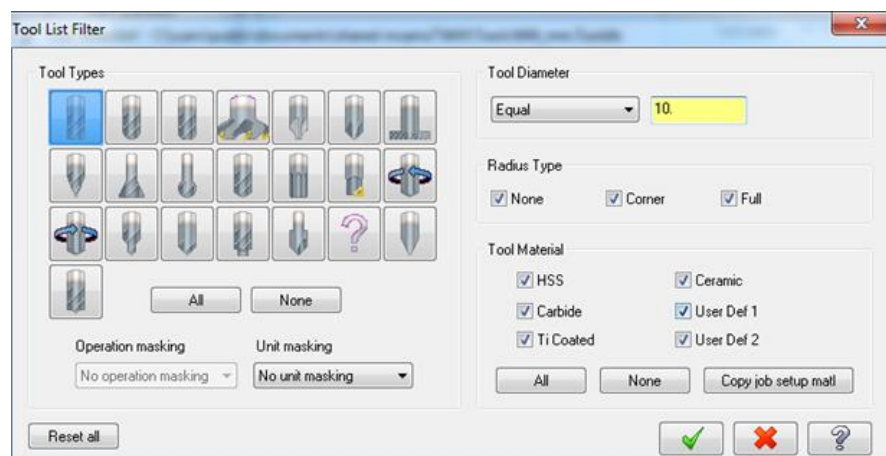



MEMILIH CUTTER FLAT ENDMILL

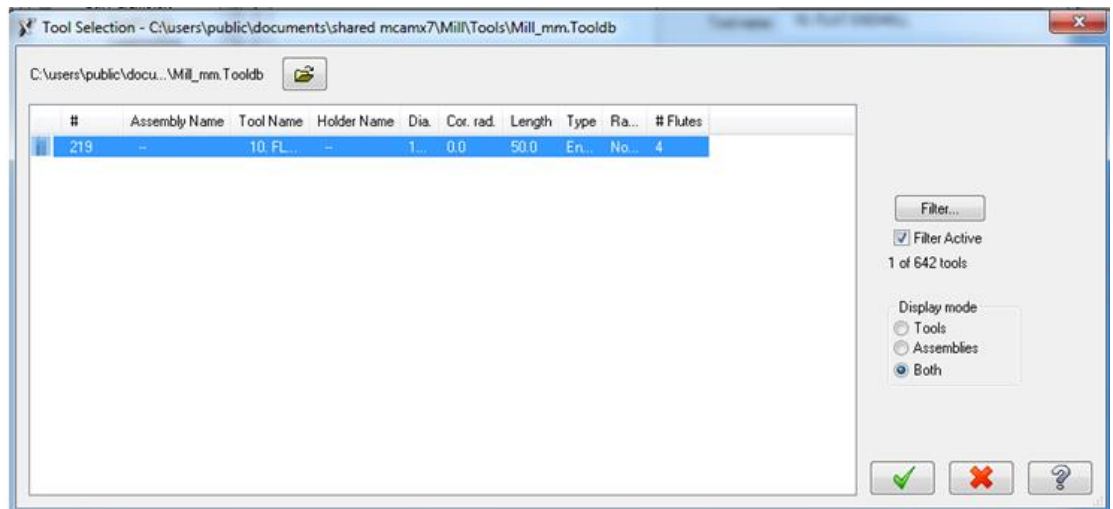
- Pilih cutter *Flat endmill* dari perpustakaan alat potong dan atur parameternya.
- Pilih alat potong dari daftar – *Library Tool*
- Klik tombol *Select Library Tool*
- Klik pada *Filter*




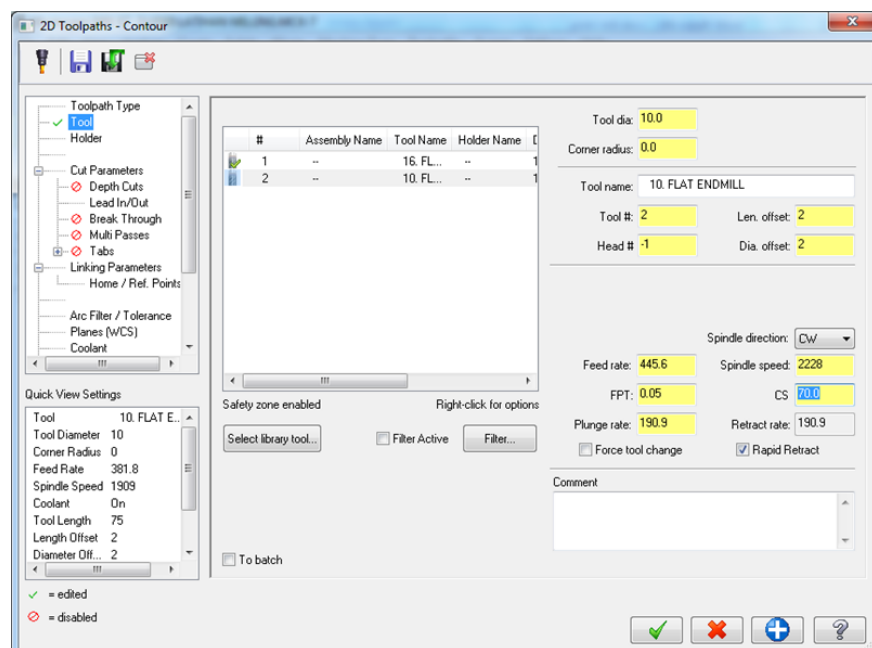
- Pilih tombol *None* dan dibawah *Tool Types* pilih lambang *Flat Endmill*
- Dibawah tool diameter pilih *Equal* dan masukan ukuran diameter cutter dengan nilai 10.



- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Tool List Filter* 
- Pada kotak dialog *Tool Selection* , akan terlihat *Flat Endmill* 10 mm dalam daftar.

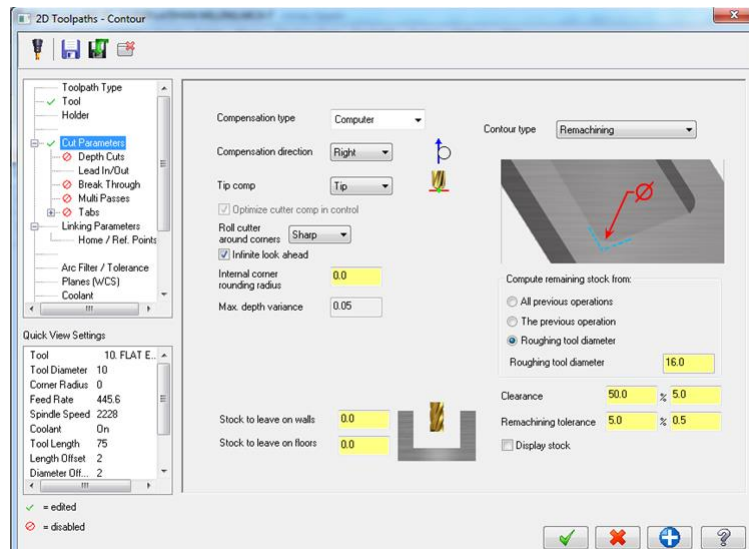


- Pilih *Flat Endmill* 10 mm, lalu tekan tombol OK untuk keluar 
- Lakukan beberapa perubahan:



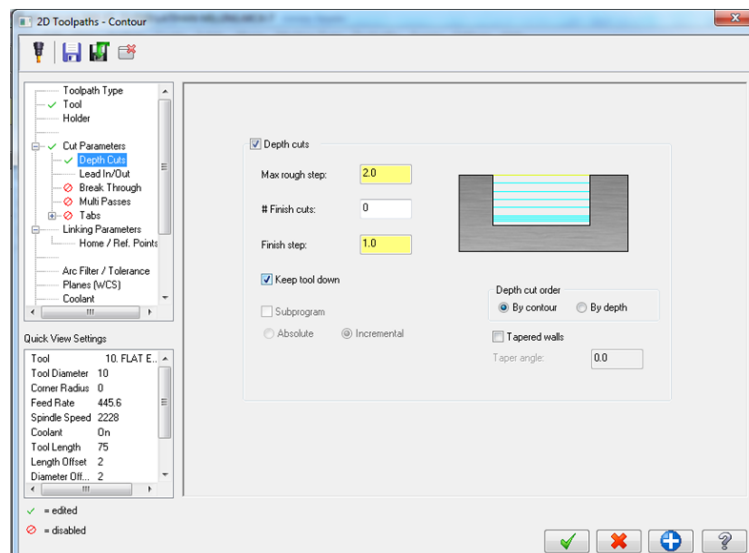
PARAMETER PEMOTONGAN

- Pilih parameter pemotongan dan buat perubahan seperlunya.



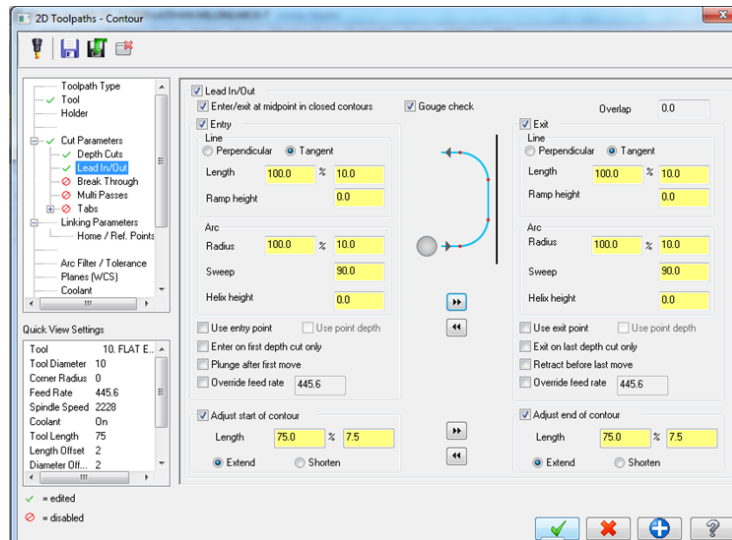
KEDALAMAN PEMOTONGAN (DEPTH OF CUT)

- Pilih *depth cut* dan fungsikan. Masukkan nilai maksimum kedalaman pemotongan per langkah sebesar 2.
- Fungsikan pula pilihan *Keep tool down*



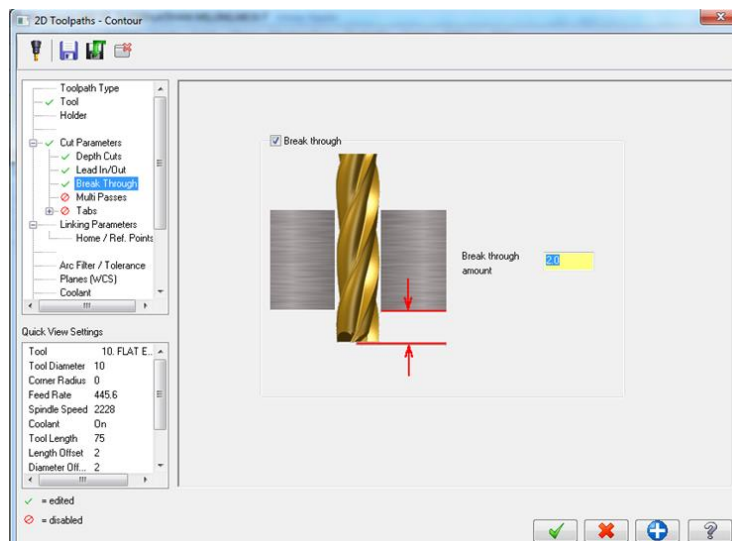
LEAD IN/OUT

- Pilih *Lead In/Out* dari daftar. Non fungsikan pilihan untuk masuk/keluar dari titik tengah kontur. Masukan pada nilai radius 0.0%. Aktifkan pilihan untuk dapat mengatur awal kontur pada 100% dan pilih *Extend*. Pilih tombol copy untuk menggandakan jumlah parameter dari mulai masuk hingga keluar.



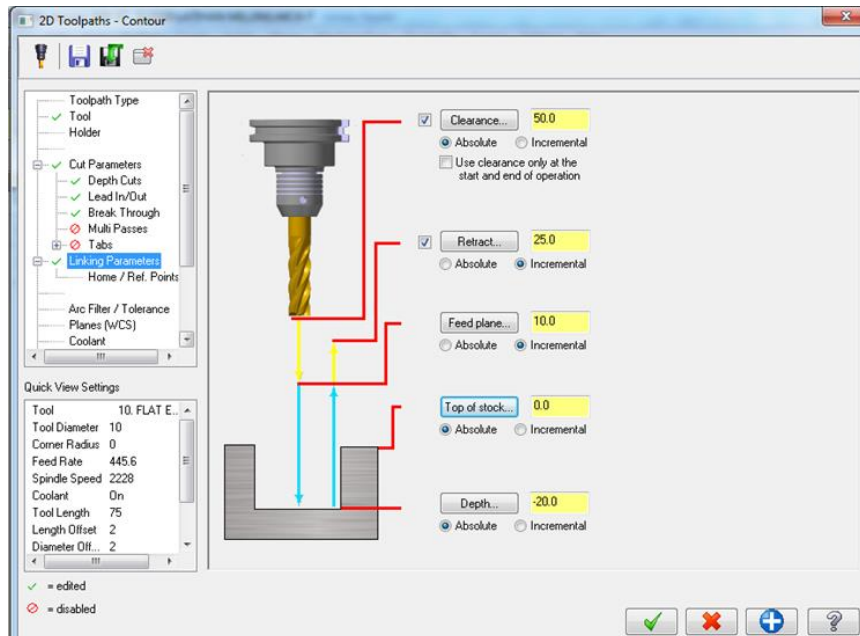
BREAK THROUGH


- Pilih *Break Through* dari daftar . Fungsikan pilihan ini dan masukan nilai sebesar 2



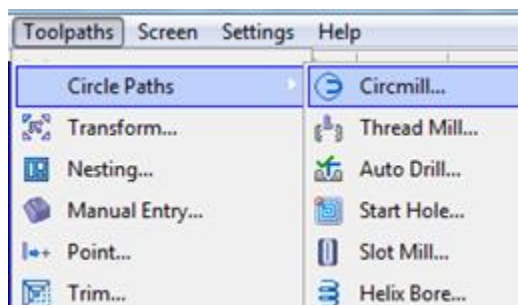
LINKING PARAMETER

- Pilih Parameters dari daftar dan lakukan perubahan seperlunya, seperti yang terlihat pada gambar:



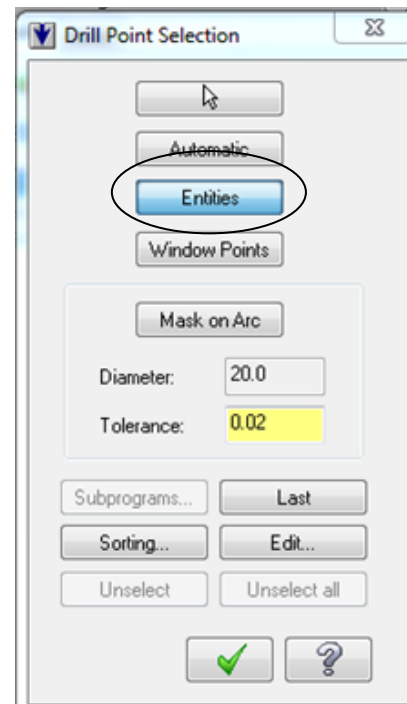
- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Pocket Parameters* 

Langkah 18 Membuat Lingkaran Untuk Bentuk Lubang

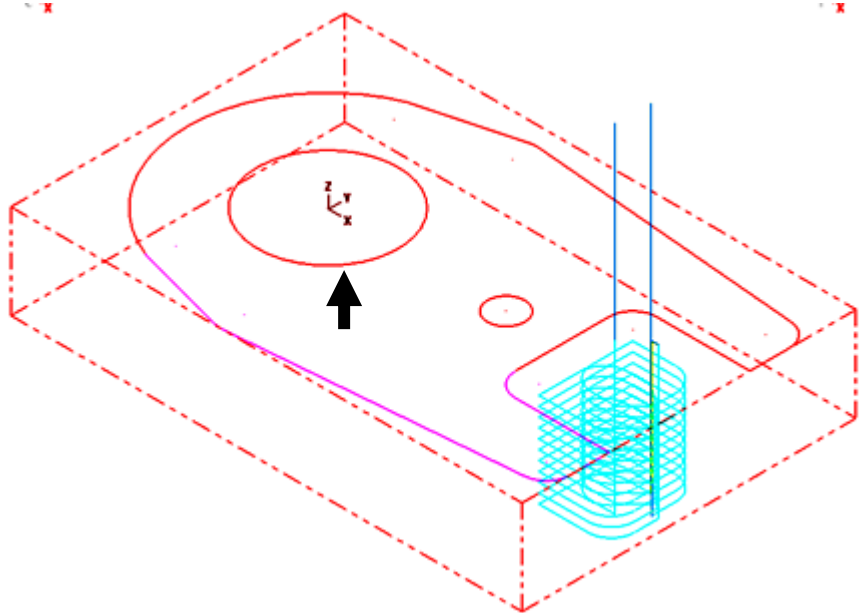


PEMILIHAN GEOMETRI

- Pilih entitas pada kotak dialog *Drill Point Selection*



- Pilih lengkungan

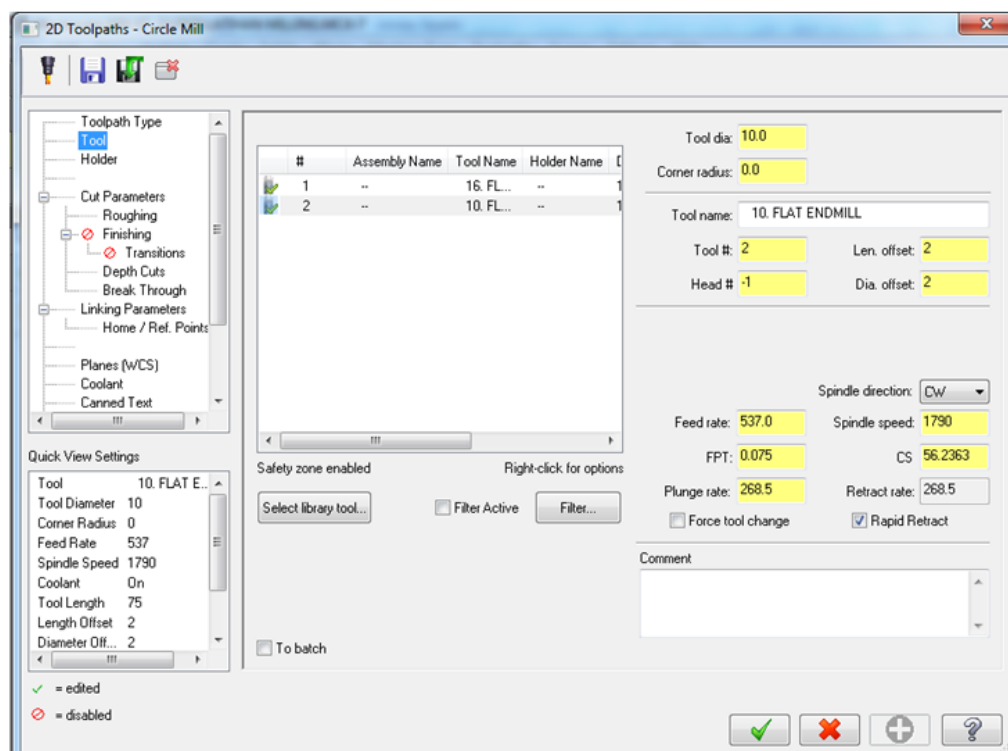


- Pilih tombol OK setelah lengkungan terpilih 

- Salah satu jenis toolpath pada halaman milling lingkaran dapat digunakan.

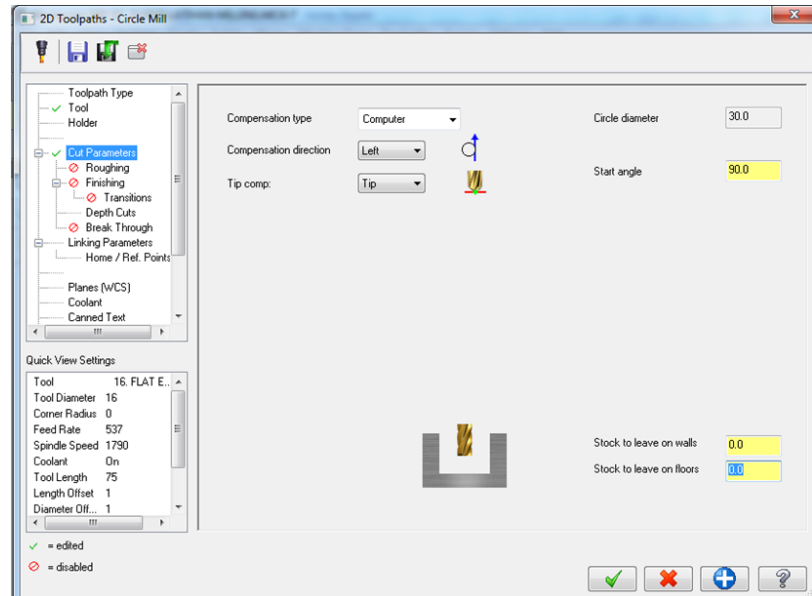


PEMILIHAN ALAT POTONG 10mm



PARAMETER PEMOTONGAN

- Pilih parameter pemotongan dan buat perubahan seperlunya.

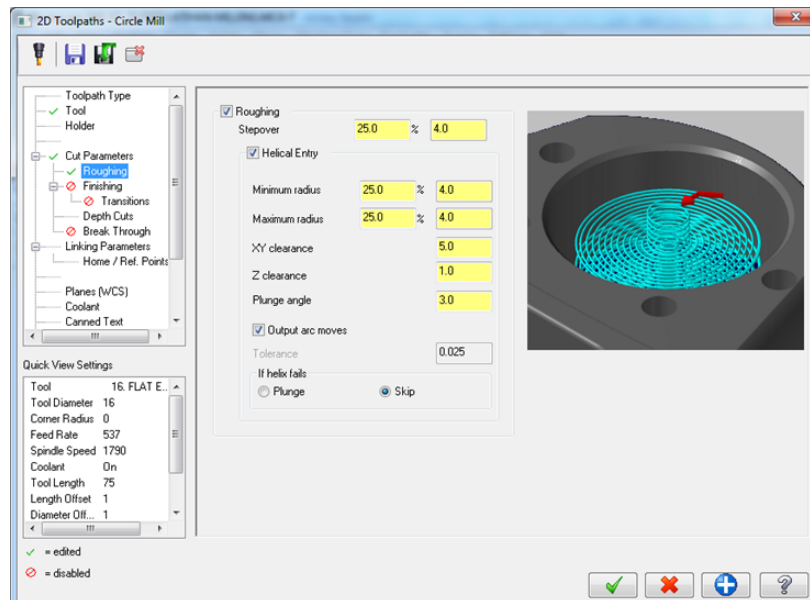


Penjelasan :

Start Angle mengatur sudut saat *toolpath* proses gudi dimulai.

ROUGHING

- Pilih proses pemotongan *Roughing* dan buat perubahan seperlunya sesuai dengan gambar dibawah ini.



Penjelasan :

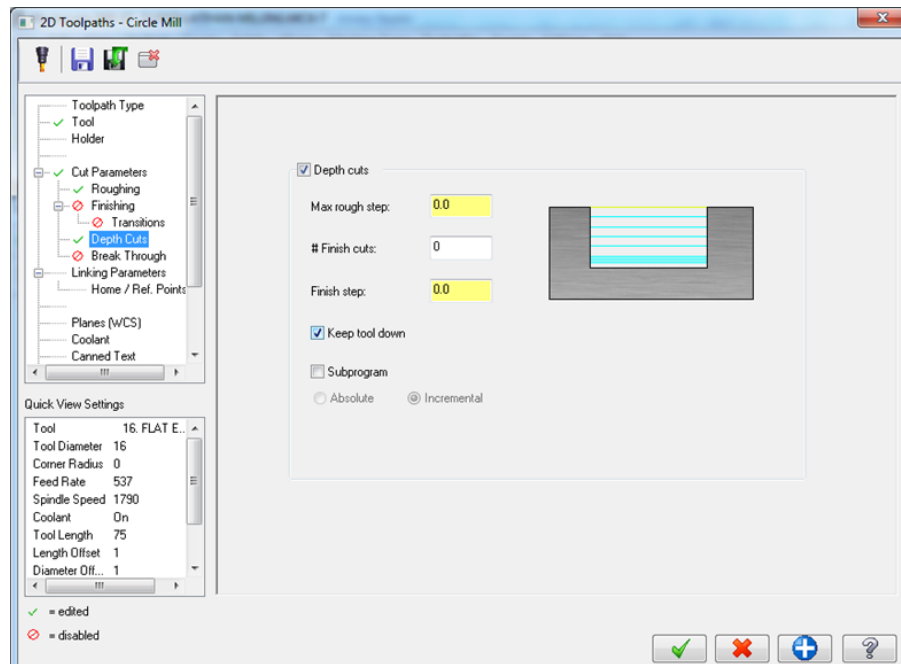
Roughing adalah pemilihan berapa banyak *roughing* dilakukan dan berapa besar per pemotongan yang toolpathnya bergerak secara heliks.

Helical entry memerintahkan gerakan heliks mulai dari titik tengah lingkaran untuk memulai pemotongannya.

Output arc moves akan menuliskan bentuk gerakan heliks dalam berkas program NC. Pilihan ini akan membuat penulisan program NC menjadi lebih pendek. Jika pilihan ini di non aktifkan maka dianggap sebagai bentuk linier.

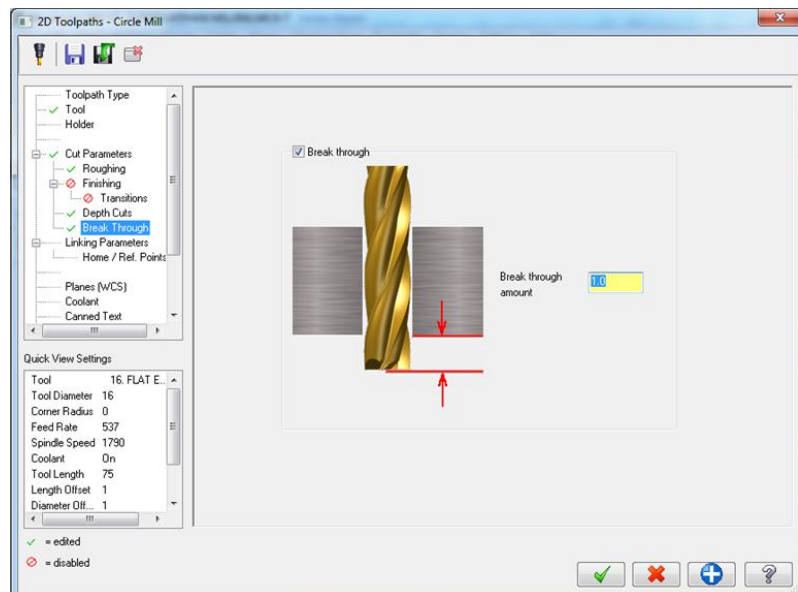
KEDALAMAN PEMOTONGAN (DEPTH OF CUT)

- Pilih *depth cut* dan fungsikan. Masukkan nilai maksimum kedalaman pemotongan per langkah sebesar 2.
- Fungsikan pula pilihan *Keep tool down*



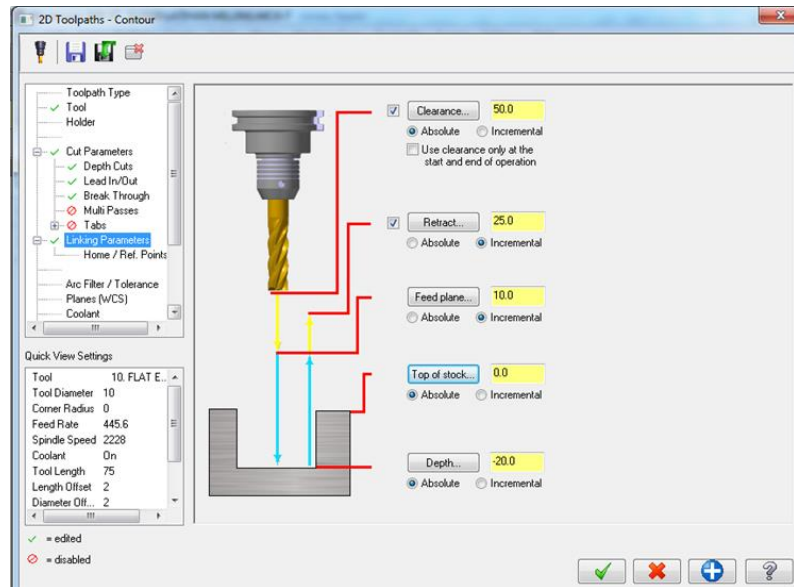
BREAK THROUGH


- Pilih *Break Through* dari daftar . Fungsikan pilihan ini dan masukan nilai sebesar 1

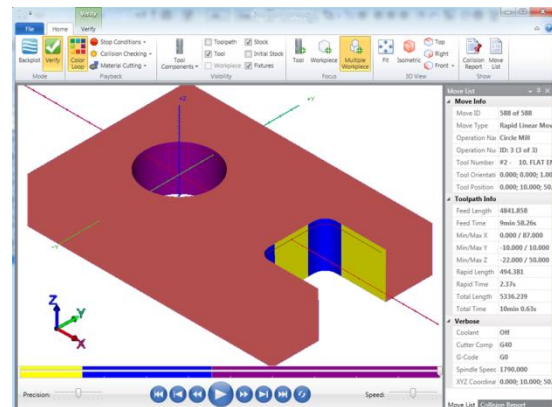


LINKING PARAMETER

- Pilih Parameter dari daftar dan lakukan perubahan seperlunya, seperti yang terlihat pada gambar:



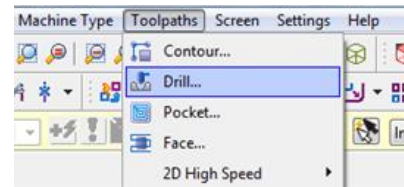
- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Circle Mill Parameters* 
- Jika ingin melakukan *Backplot* gunakan langkah yang telah dijelaskan sebelumnya.



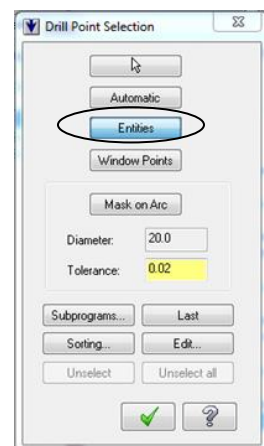
Langkah 19

Spot Drill – Proses Center Drill

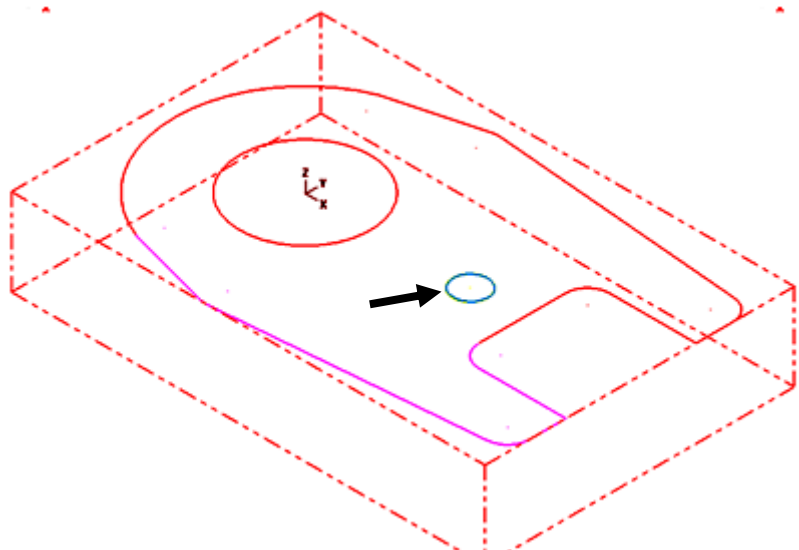
- *Toolpaths>Drill*




- Pada kotak dialog *Drill Point* pilih Entities.



- Pilih garis lengkungan terkecil

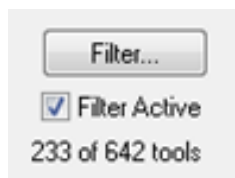


- Pilih tombol OK pada kotak dialog *Drill Point Selection* 
- Salah satu jenis toolpathlingkaran dapat digunakan.

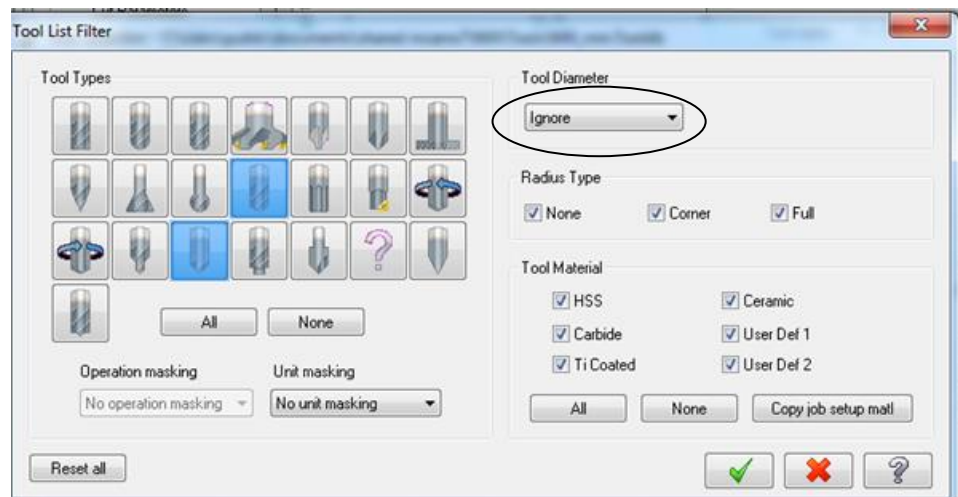



MEMILIH SPOT DRILL DAN MENGATUR PARAMETER

- Pilih alat potong *spot drill* dari daftar – *Library Tool* dan atur parameternya
- Klik tombol *Select Library Tool*
- Klik pada *Filter*

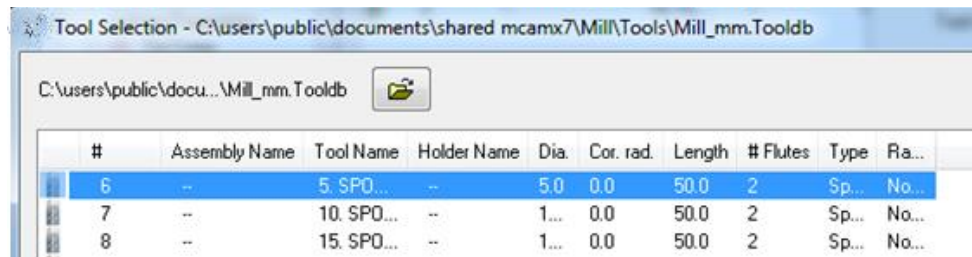


- Pilih tombol *None* dan dibawah *Radius Type* pilih lambang *Spot Drill*. Untuk lainnya ikuti gambar dibawah ini:



- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Tool List Filter* 
- Pada langkah ini akan dilakukan proses *center drill*

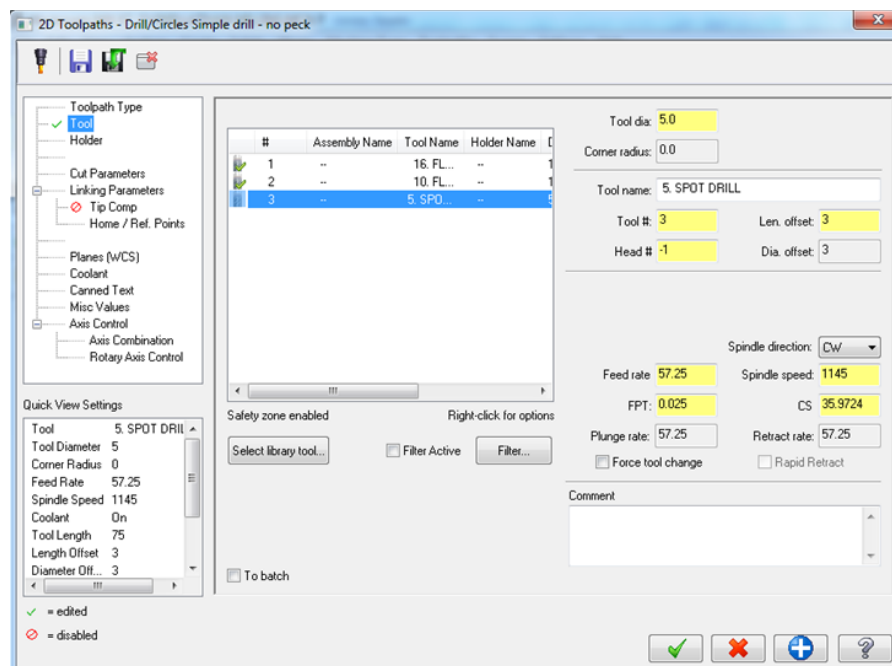
- Pada kotak dialog *Tool Selection* , akan terlihat *spot drill* 5 mm dalam daftar.



- Pilih alat potong pada halaman Tool Selection dan Pilih tombol OK untuk keluar

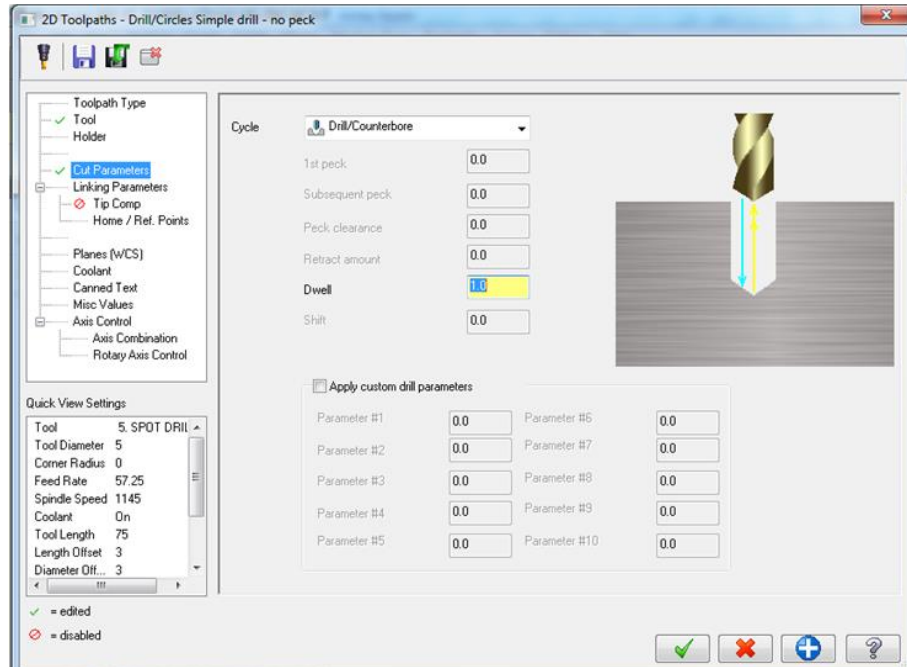


- Lakukan beberapa perubahan pada halaman Tool



PARAMETER PEMOTONGAN

- Pilih parameter pemotongan dan buat perubahan seperlunya.



Penjelasan :

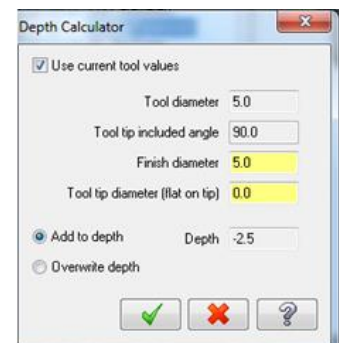
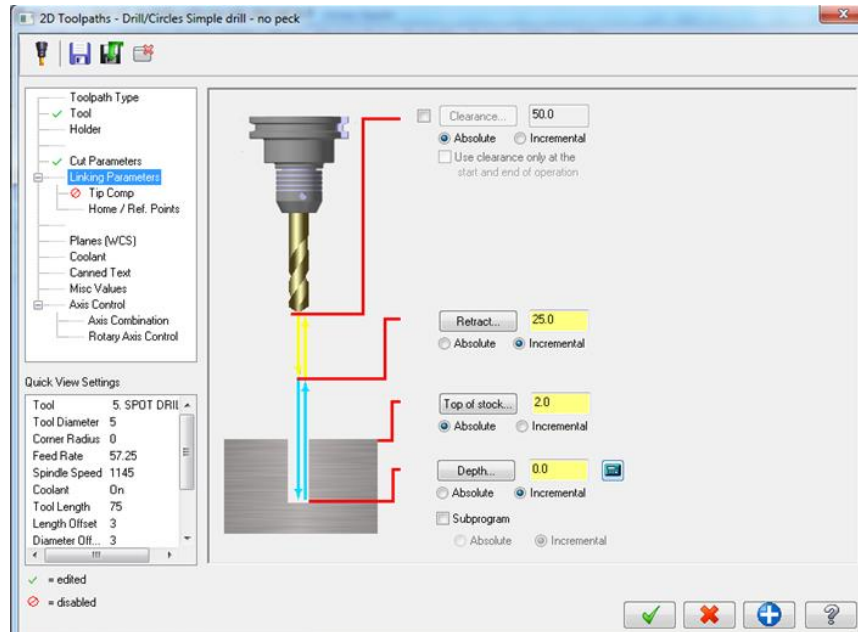
Drill/Counterbore direkomendasikan untuk membuat lubang dengan kedalaman lebih kecil dari tiga kali diameter alat potong.

Dwell sets sejumlah waktu dalam detik yang diperlukan oleh alat potong untuk melakukan proses pemotongan sebelum kedalaman pemotongan tercapai.

LINKING PARAMETER

- Pilih Parameters dari daftar, pastikan *clearance* aktif dan atur *Top of stock to zero*.

- Untuk memasukkan data kedalaman, pilih lambang kalkulator



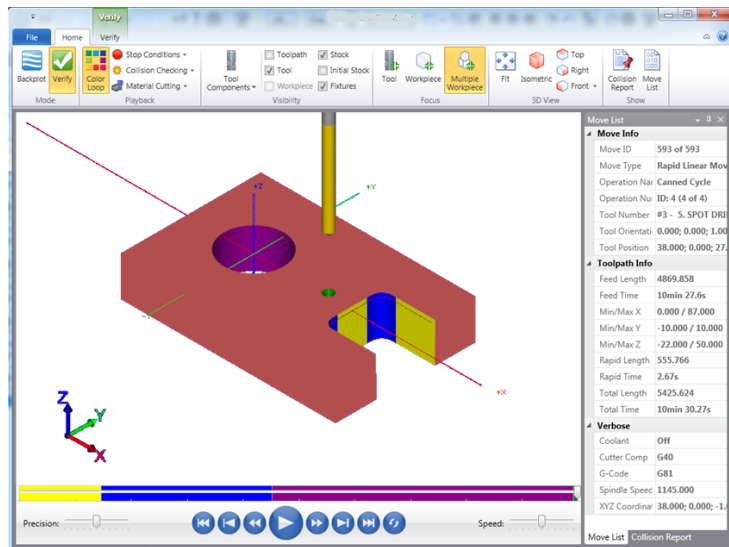
- Data hasil perhitungan kalkulator yaitu Finish diameter 5 lalu **enter** untuk menghitung kedalamannya.

- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Depth Calculator*

- Anda dapat melihat hasil perhitungan untuk *spot drill-senter drill* pada nilai kedalamannya

- Pilih tombol OK untuk keluar dari parameter *Drill/Counterbore*

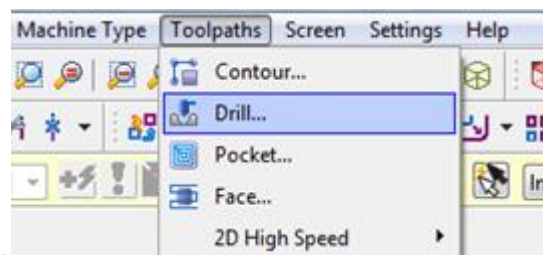
- Jika ingin melakukan Backplot gunakan langkah yang telah dijelaskan sebelumnya.



Langkah 20

Proses Pembuatan Lubang


- *Toolpaths>Drill*



- Pada kotak dialog *Drill Point Selection*, pilih *Last*



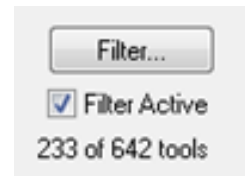
- Secara otomatis akan memilih lubang berdasarkan kepada operasi pembuatan lubang sebelumnya.

- Pilih tombol OK pada kotak dialog *Drill Point Selection* 
- Salah satu jenis *toolpath* lingkaran dapat digunakan

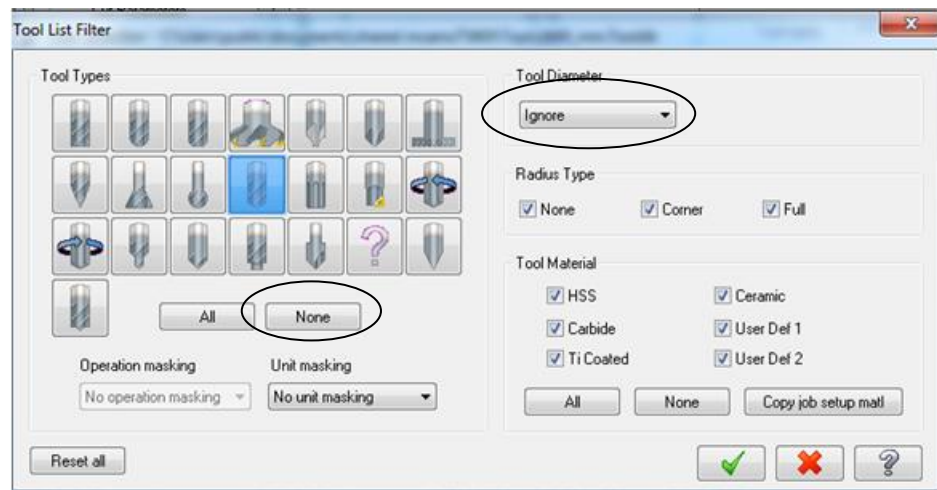



MEMILIH DRILL DAN MENGATUR PARAMETER

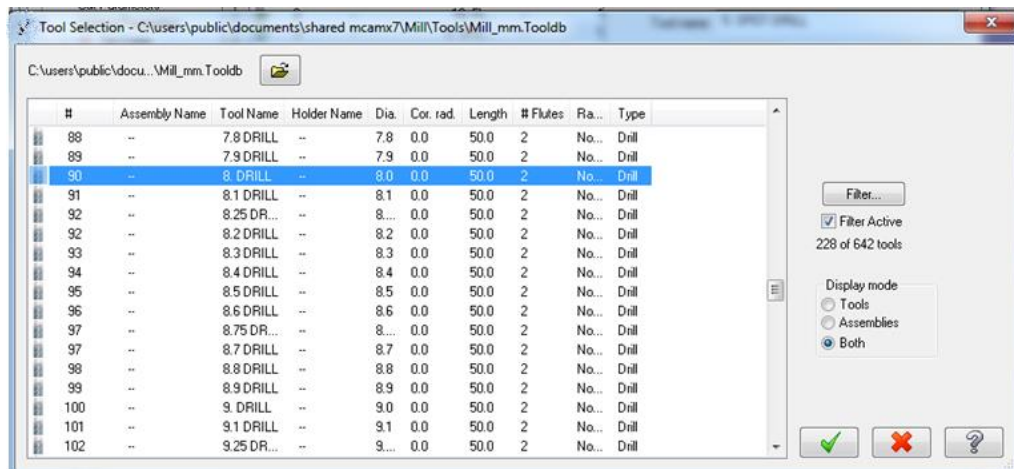
- Pilih alat potong *drill* dari daftar – *Library Tool* dan atur parameternya
- Klik tombol *Select Library Tool*
- Klik pada *Filter*



- Pilih tombol *None* dan dibawah *Tool Type* pilih lambang *Drill*. Untuk lainnya ikuti gambar dibawah ini:



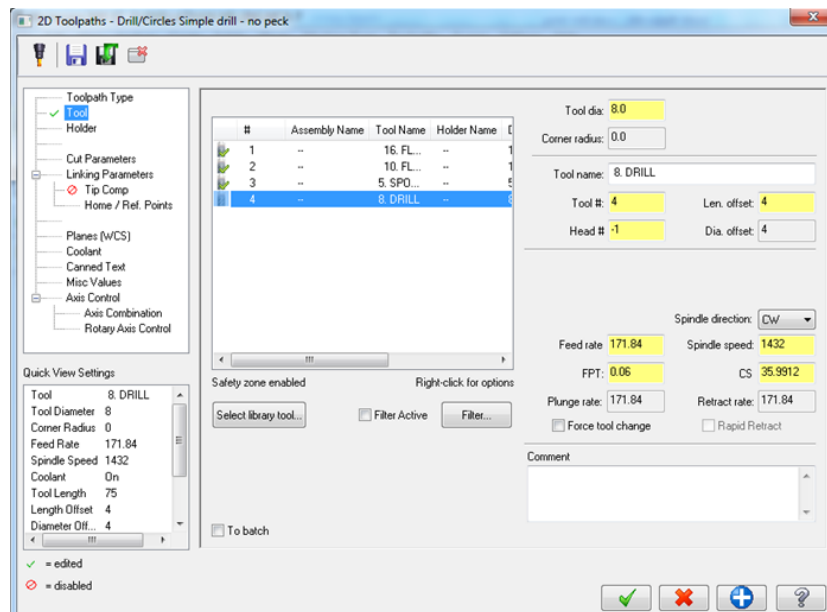
- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Tool List Filter* 
- Pilihan *drill* ada pada daftar, seperti yang terlihat dibawah ini



- Pilih alat potong pada halaman *Tool Selection* dan Pilih tombol OK untuk keluar

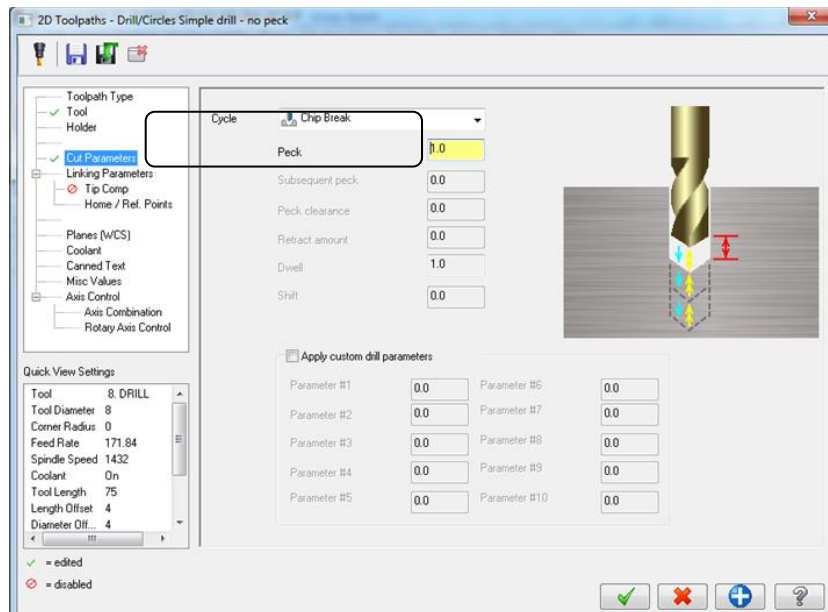


- Lakukan beberapa perubahan pada halaman *Tool*



PARAMETER PEMOTONGAN

- Pilih parameter pemotongan dan buat perubahan seperlunya.



Penjelasan :

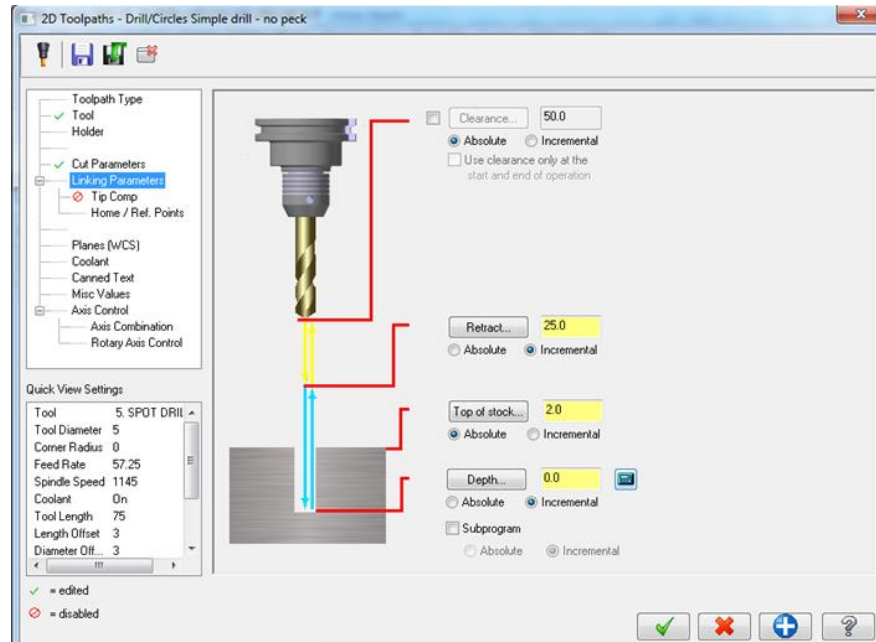
Chip Break direkomendasikan untuk membuat lubang dengan kedalaman lebih kecil dari tiga kali diameter alat potong. Gerakan naik turun secara parsial berguna untuk mematahkan *chip*.

1st peck pengaturan kedalaman pemotongan dengan gerakan naik turun berirama dalam waktu pendek berguna untuk membersihkan dan mematahkan *chip*.

LINKING PARAMETER

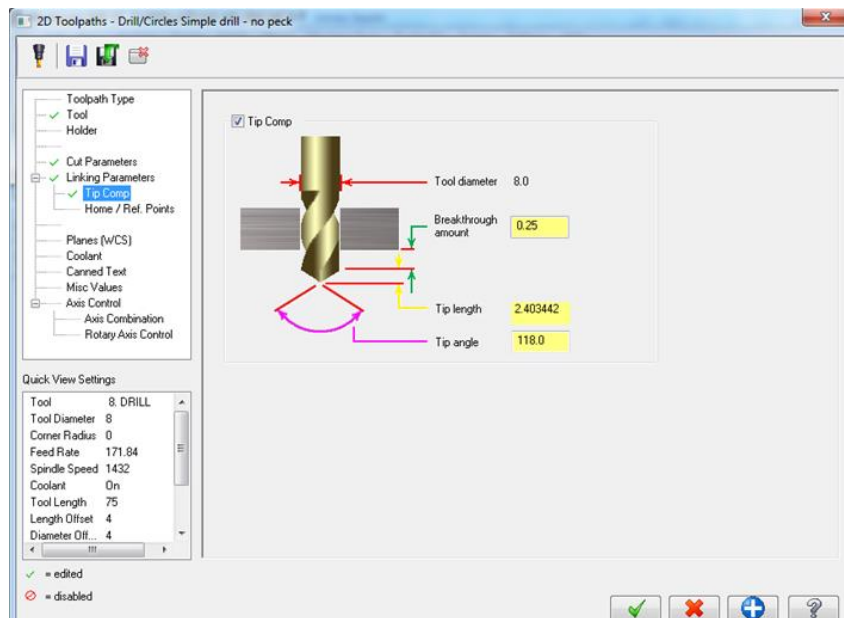
- Pilih Parameters dari daftar, pastikan *clearance* aktif dan atur *Top of stock to zero*.


- Untuk memasukkan data kedalaman, pilih lambang kalkulator

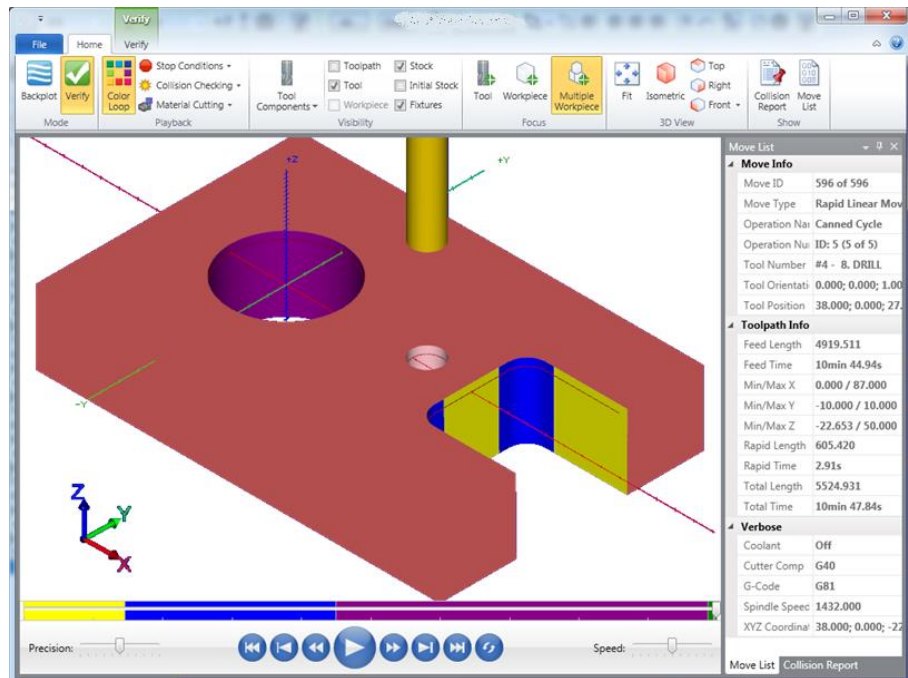


TIP COMP

- Pilih *Tip Comp* dan masukan *Break through* sebesar 0.25

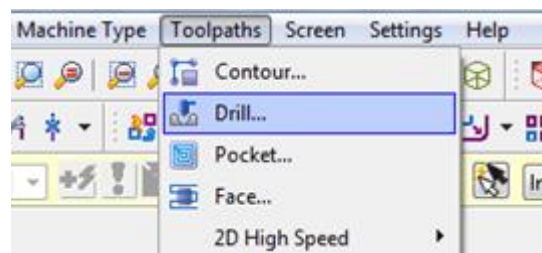


- Pilih tombol OK untuk keluar dari parameter *Drill/Counterbore* 
- Jika ingin melakukan *Backplot* gunakan langkah yang telah dijelaskan sebelumnya.

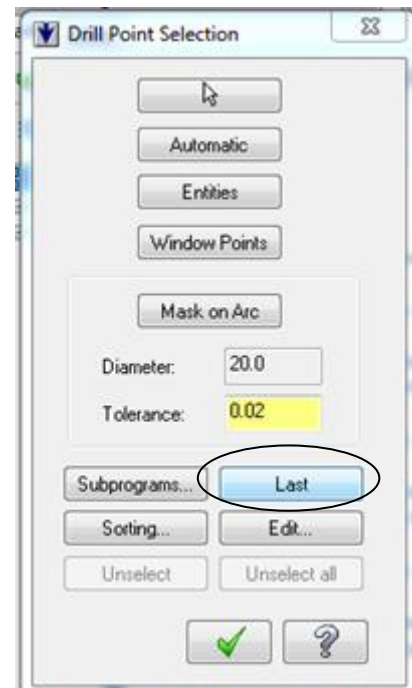



Langkah 21 Proses Pembuatan Ulir Dengan Tap

- *Toolpaths>Drill*



- Pada kotak dialog *Drill Point Selection*, pilih *Last*



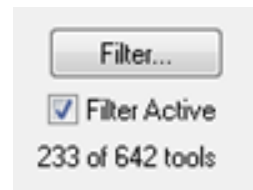
- Secara otomatis akan memilih lubang berdasarkan kepada operasi pembuatan lubang sebelumnya.
- Pilih tombol OK pada kotak dialog *Drill Point Selection* 
- Salah satu jenis *toolpath* lingkaran dapat digunakan



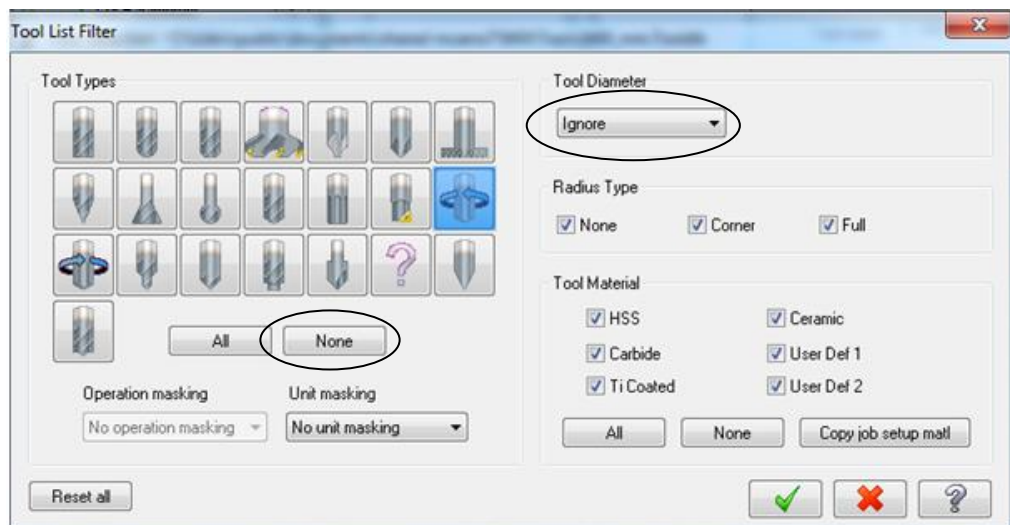
MEMILIH DRILL DAN MENGATUR PARAMETER


- Pilih alat potong *drill* dari daftar – *Library Tool* dan atur parameternya
- Klik tombol *Select Library Tool*

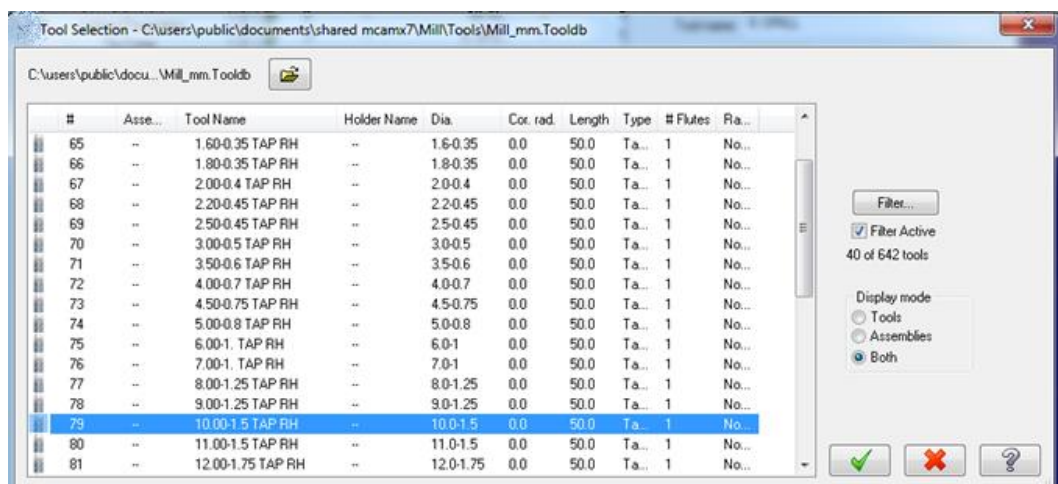
- Klik pada *Filter*



- Pilih tombol *None* dan dibawah *Tool Type* pilih lambang Tap. Untuk lainnya ikuti gambar dibawah ini:



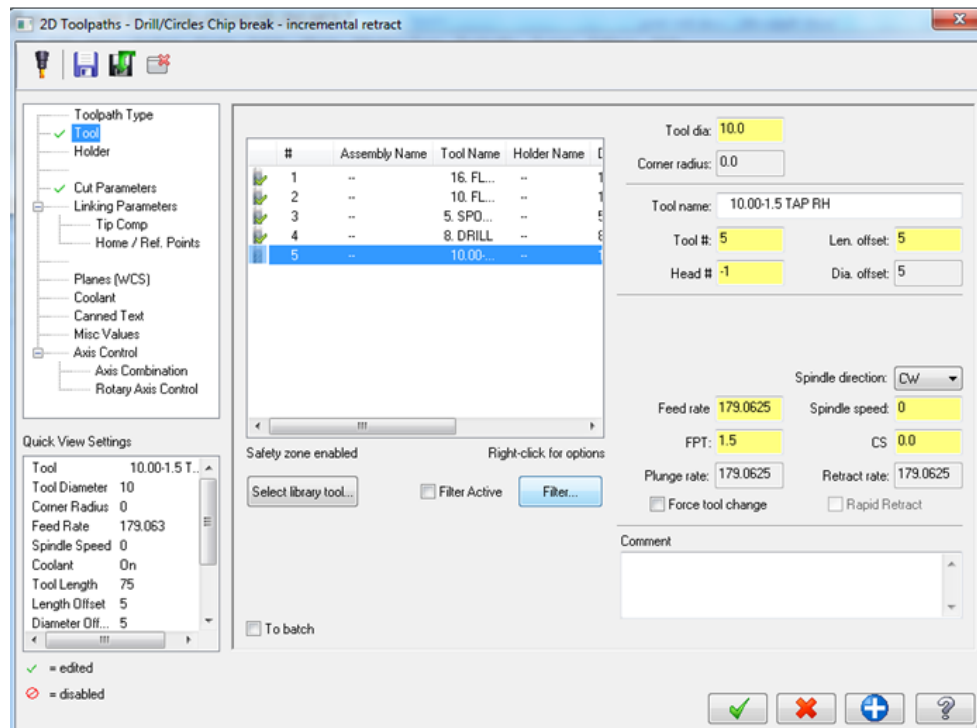
- Pilih tombol OK untuk keluar dari perintah *Tool List Filter* 
- Pilihan *drill* ada pada daftar, seperti yang terlihat dibawah ini



- Pilih alat potong pada halaman Tool Selection dan Pilih tombol OK untuk keluar

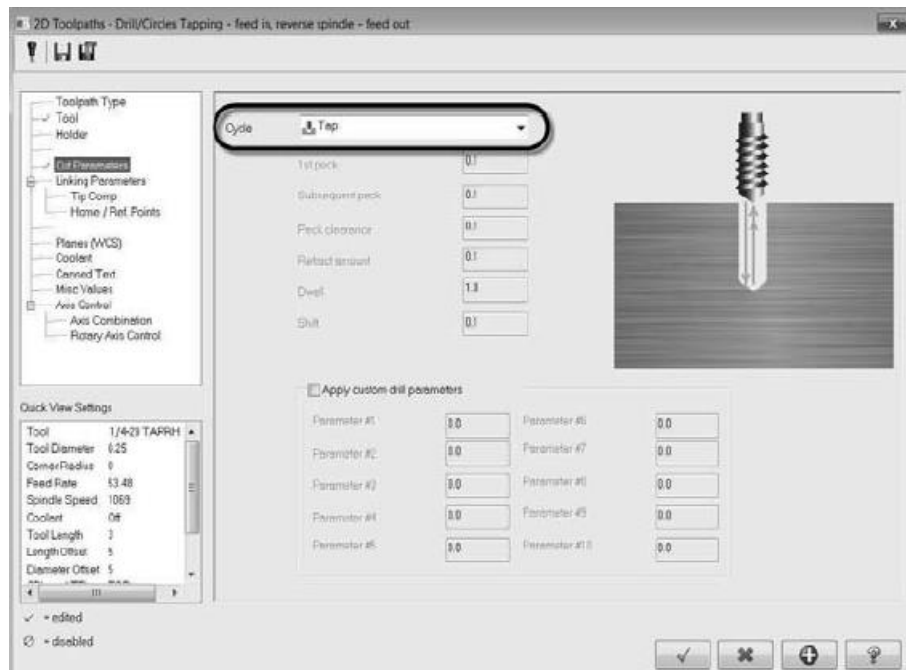


- Lakukan beberapa perubahan pada halaman Tool



PARAMETER PEMOTONGAN

- Pilih parameter pemotongan , siklus *Drill* ke Tap.




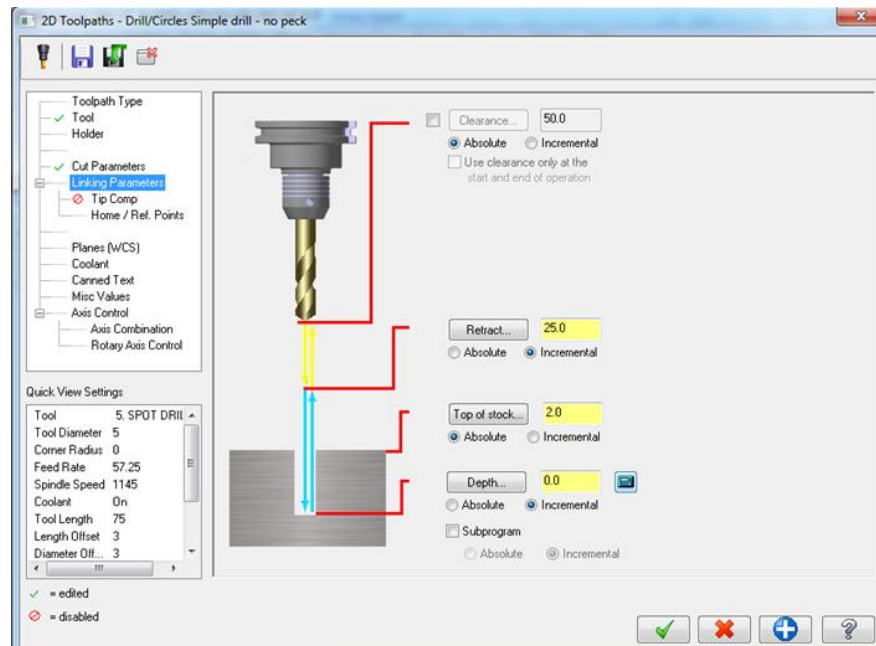
Penjelasan :

Tap Cycle adalah pembuatan ulir dalam baik kanan maupun kiri .

LINKING PARAMETER

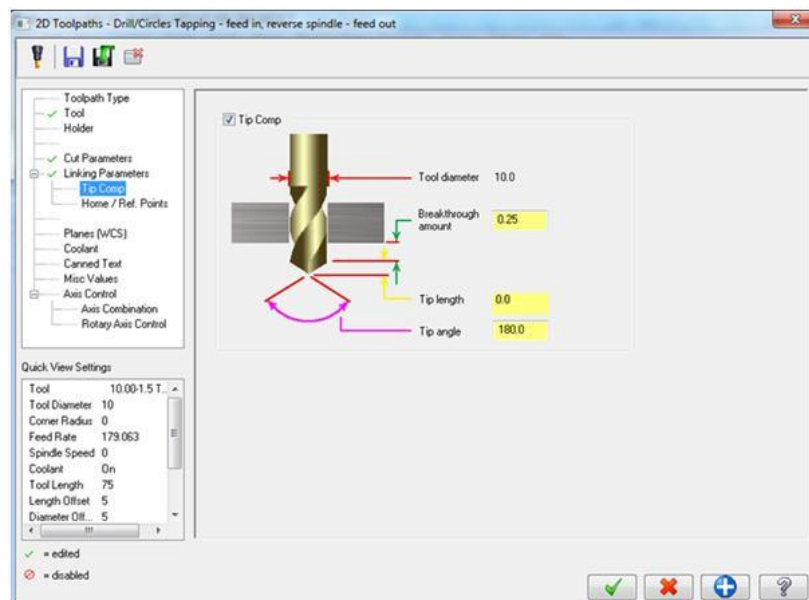
- Pilih Parameters dari daftar, pastikan *clearance* aktif dan atur *Top of stock to zero*.


- Untuk memasukkan data kedalaman, pilih lambang kalkulator 

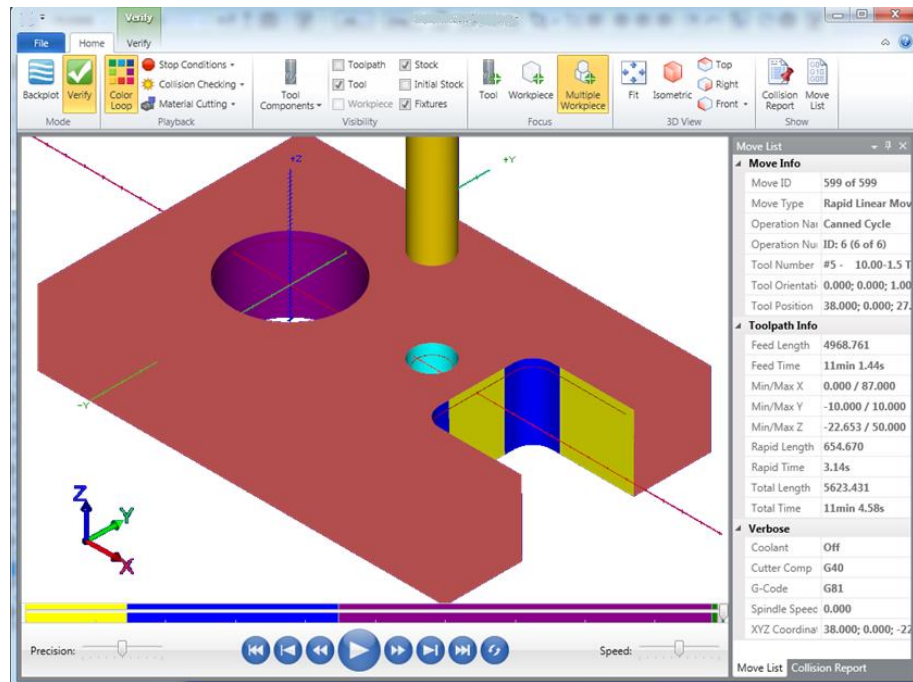


TIP COMP

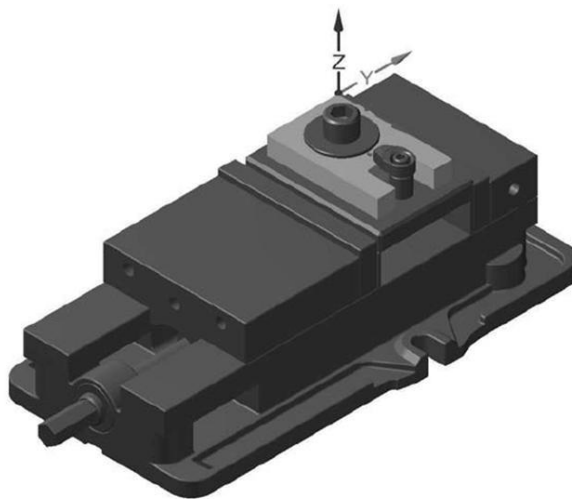
- Pilih Tip Comp danmasukan *Break through* sebesar 0.25



- Pilih tombol OK untuk keluar dari parameter *Drill/Counterbore* 
- Jika ingin melakukan Backplot gunakan langkah yang telah dijelaskan sebelumnya.



METODE PENCEKAMAN 2, UNTUK MEMBUAT PROFIL BAGIAN LUAR.

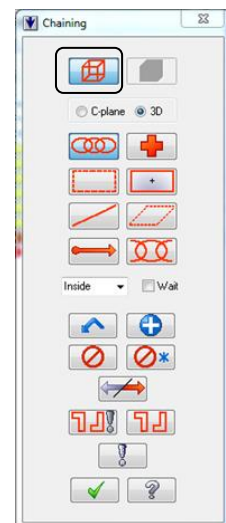


Langkah 22

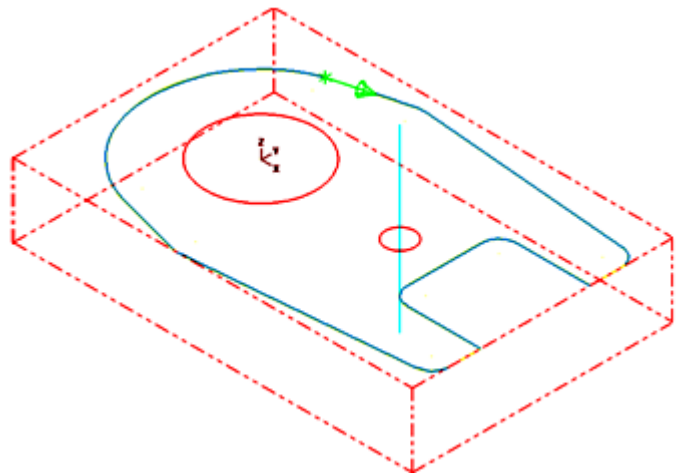
Kontur Lintasan Alat Potong




- Atur *default* kotak dialog *Chaining* seperti gambar dibawah ini:

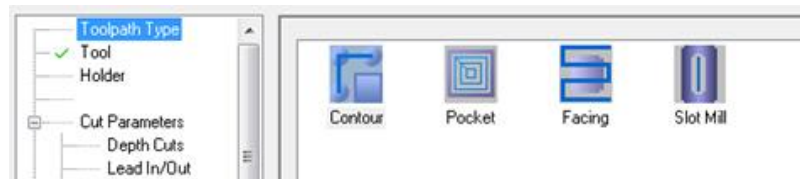


- Pilih *chain* dan pastikan setiap arah pilihan *chain* sama.



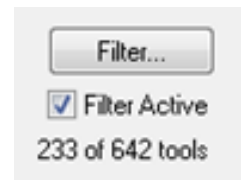
- Pilih tombol OK untuk keluar dari kotak dialog Chaining 


- Pada halaman jenis Toolpath, pilihlah kontur lintasannya.

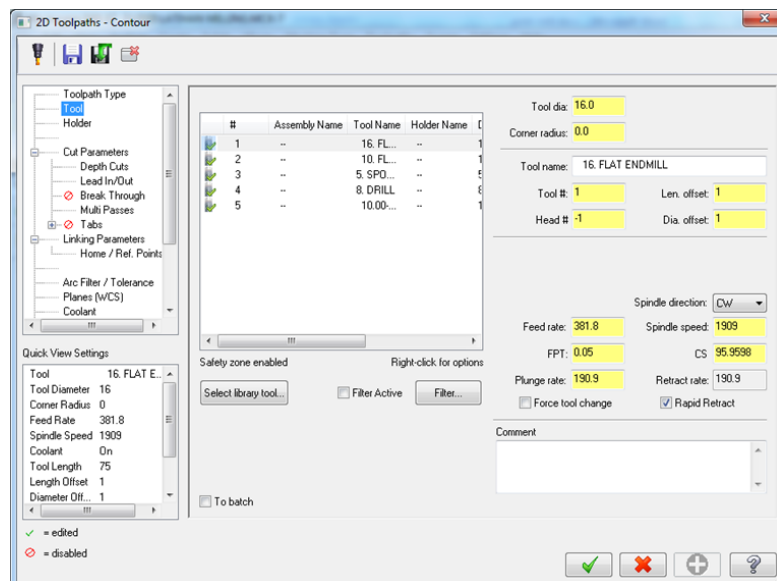


PEMILIHAN ALAT POTONG DAN MENGATUR PARAMETER

- Pilih alat potong *drill* dari daftar – *Library Tool* dan atur parameternya
- Klik tombol *Select Library Tool*
- Klik pada *Filter*

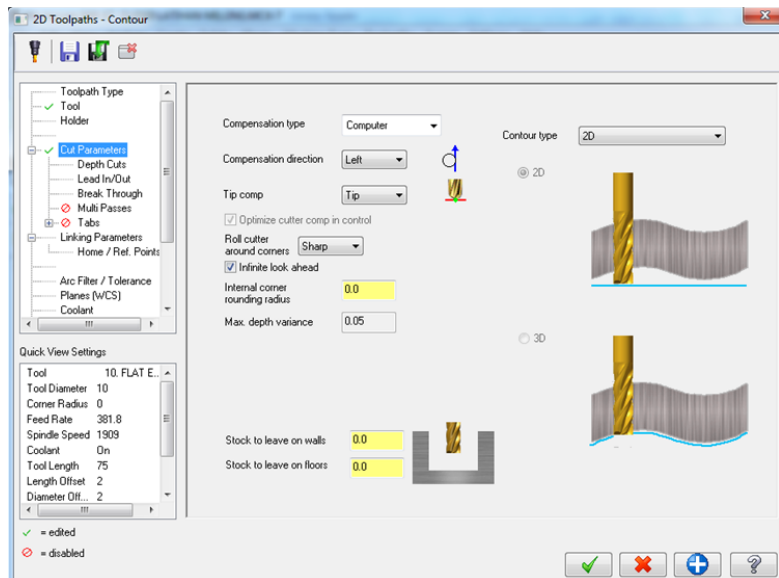


- Gunakan *Flat Endmill* diameter 16
- Pilih alat potong pada halaman *Tool Selection* dan Pilih tombol OK untuk keluar 
- Buatlah perubahan sesuai yang diperlukan



PARAMETER PEMOTONGAN

- Pilih pada halaman *Cut Parameters* dan buatlah perubahan sesuai yang diperlukan.



Penjelasan :

Roll cutter around corners menggunakan gerakan melingkar pada daerah sudut di lintasannya.

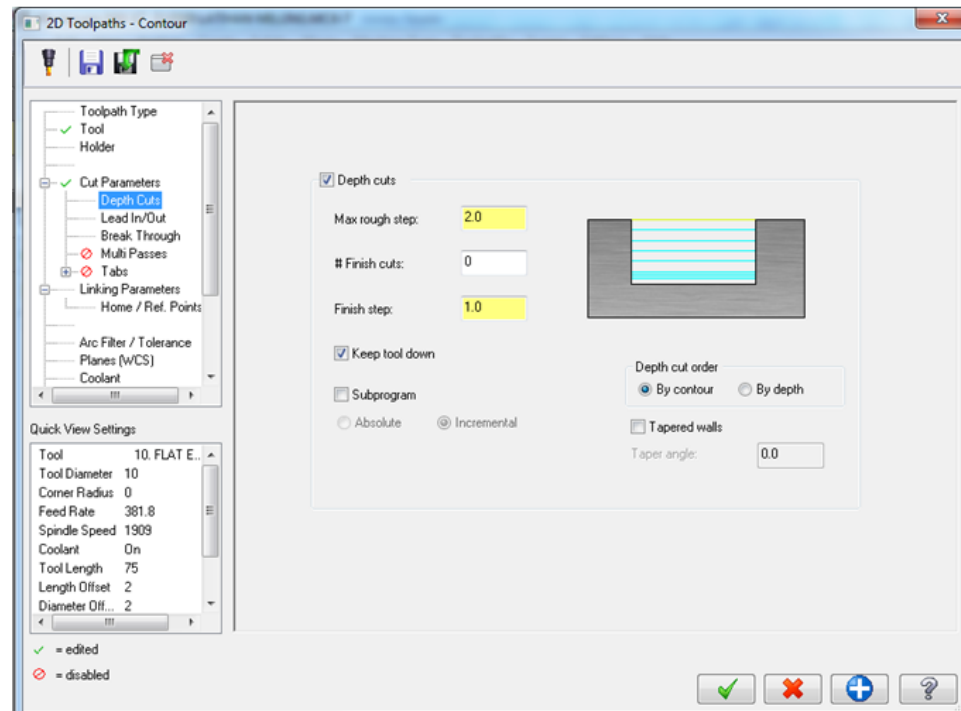
None dilakukan pada semua sudut tajam

Sharp rolls alat potong bergerak sekitar sudut tajam (135 derajat atau kurang)

All rolls alat potong bergerak ke seluruh sudut dan melakukan gerakan secara halus.

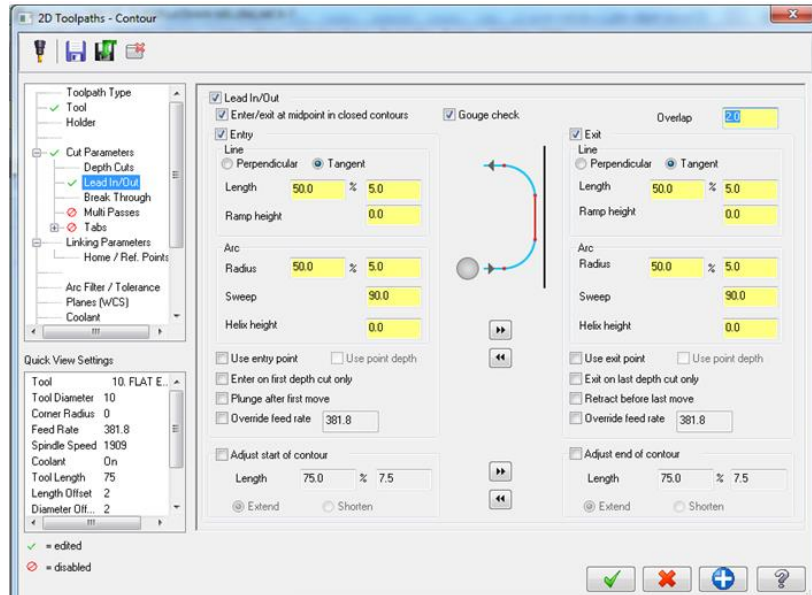
KEDALAMAN PEMOTONGAN

- Pilih *Depth Cuts* dan aktifkan. Isi untuk maksimum pemakanan *rough 2* and pilih juga *Keep tool down*



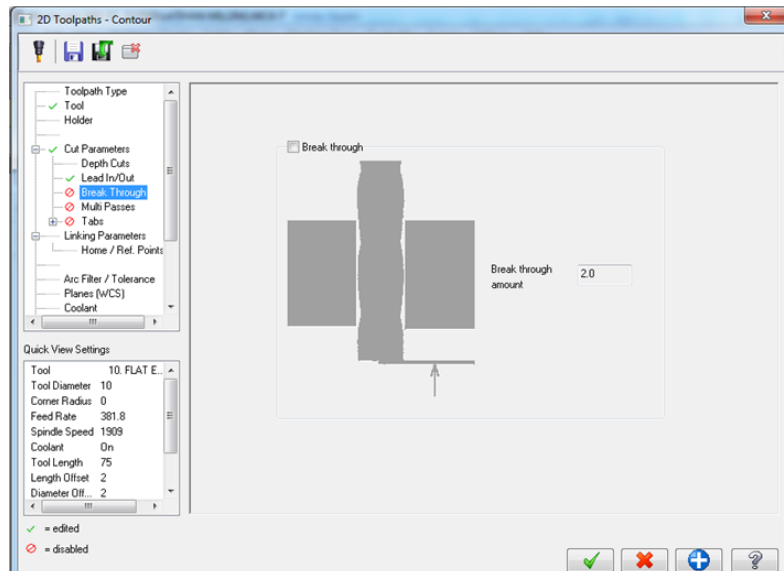
LEAD IN/OUT

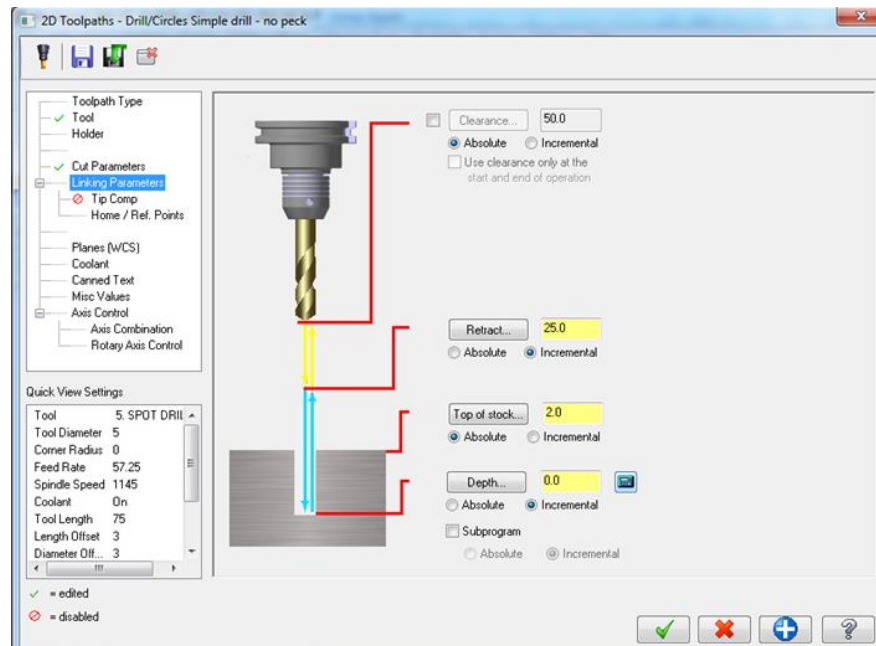
- Pilih *Lead In/Out* dan isi *Overlap value* dengan 2.
- Buatlah perubahan sesuai dengan gambar dibawah ini:




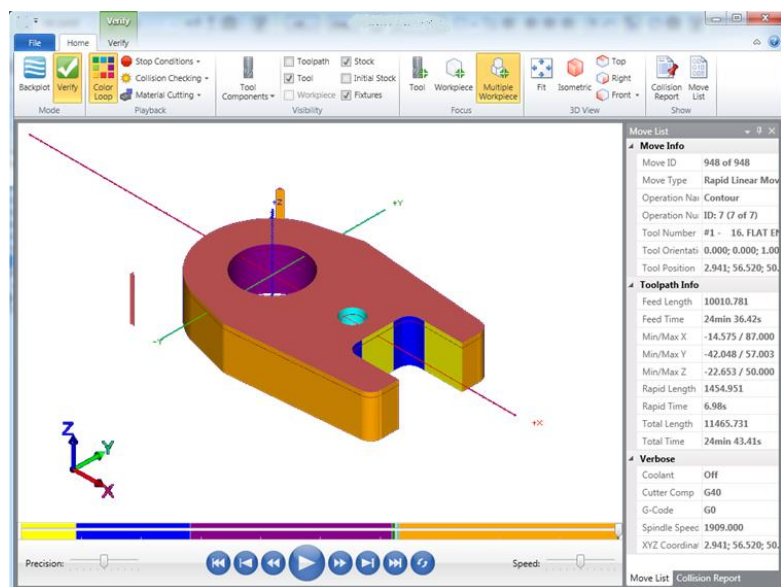
BREAK THROUGH

- Pilih *Break Through* dari daftar . Fungsikan pilihan ini dan masukan nilai sebesar 2






- Pilih tombol OK untuk keluar dari *parameter Contour* 
- Jika ingin melakukan *Backplot* gunakan langkah yang telah dijelaskan sebelumnya.



Langkah 23

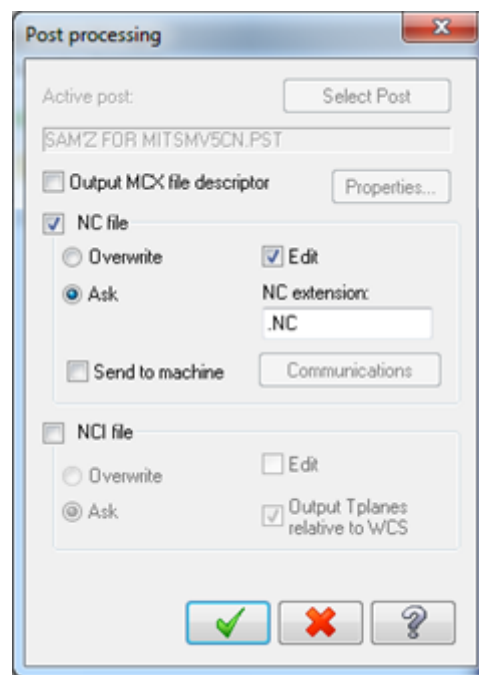
Post Processor (Pasca Proses)


- Pastikan bahwa semua operasi telah dipilih. Jika belum maka gunakan tombol *Select all operations*

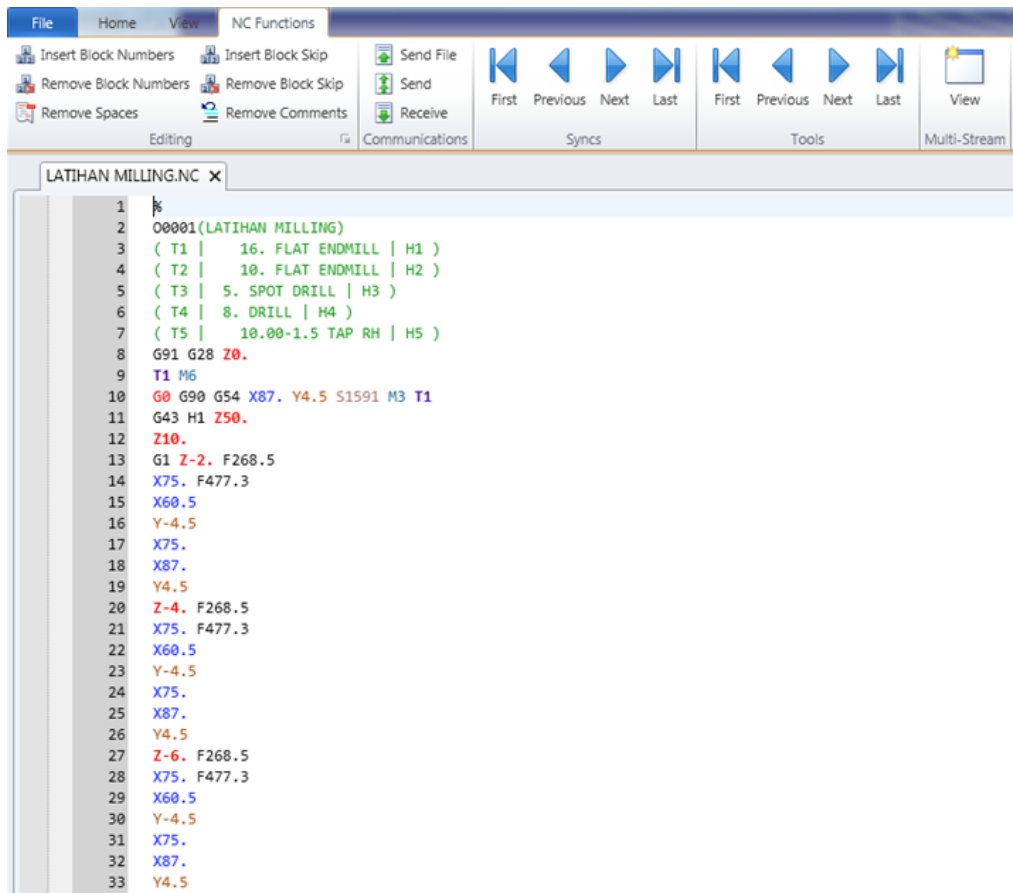
 yang ada pada *Operations Manager*.


- Pilih tombol *Post selected operations*  dari *Operations Manager*.

- Pada jendela *Post processing*, sesuaikan dengan gambar dibawah ini:



- Pilih tombol OK untuk melanjutkan 
- Pada layar akan terlihat *NC programs* yang telah dibuat.

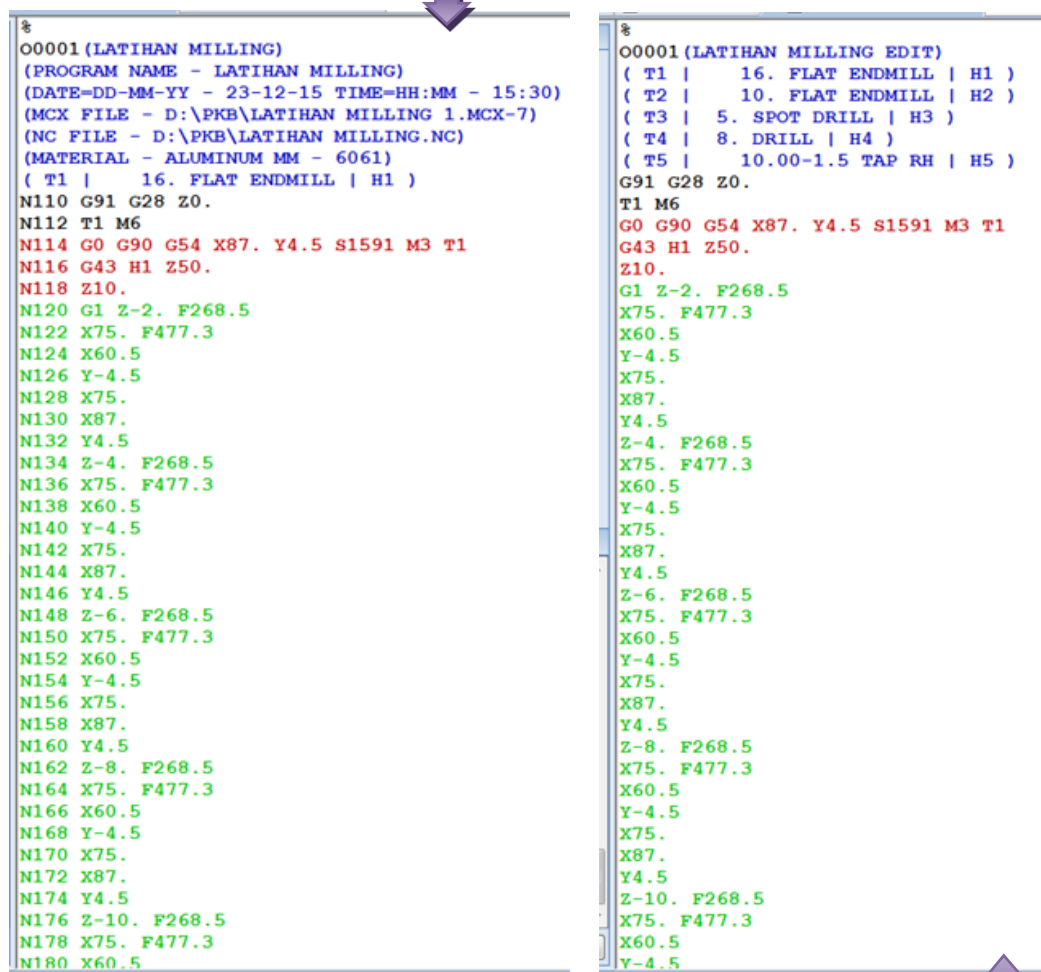


- Pada sudut kanan atas pilih tombol keluar editor CNC 
- Latihan penggunaan sistem CAD/CAM pada proses *Milling* telah selesai

3. Edit Program pada Sistem CAM

Kode numerik yang dihasilkan sistem CAD/CAM atau biasa dikenal dengan program G-Code merupakan luaran yang bersifat umum. Untuk itu perlu penyesuaian dengan lingkungan kontrol mesin yang dituju.

Luaran hasil post processing



```
O0001 (LATIHAN MILLING)
(PROGRAM NAME - LATIHAN MILLING)
( DATE=DD-MM-YY - 23-12-15 TIME=HH:MM - 15:30)
(MCX FILE - D:\PKB\LATIHAN MILLING 1.MCX-7)
(NC FILE - D:\PKB\LATIHAN MILLING.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 6061)
( T1 | 16. FLAT ENDMILL | H1 )
N110 G91 G28 Z0.
N112 T1 M6
N114 G0 G90 G54 X87. Y4.5 S1591 M3 T1
N116 G43 H1 Z50.
N118 Z10.
N120 G1 Z-2. F268.5
N122 X75. F477.3
N124 X60.5
N126 Y-4.5
N128 X75.
N130 X87.
N132 Y4.5
N134 Z-4. F268.5
N136 X75. F477.3
N138 X60.5
N140 Y-4.5
N142 X75.
N144 X87.
N146 Y4.5
N148 Z-6. F268.5
N150 X75. F477.3
N152 X60.5
N154 Y-4.5
N156 X75.
N158 X87.
N160 Y4.5
N162 Z-8. F268.5
N164 X75. F477.3
N166 X60.5
N168 Y-4.5
N170 X75.
N172 X87.
N174 Y4.5
N176 Z-10. F268.5
N178 X75. F477.3
N180 X60.5

O0001 (LATIHAN MILLING EDIT)
( T1 | 16. FLAT ENDMILL | H1 )
( T2 | 10. FLAT ENDMILL | H2 )
( T3 | 5. SPOT DRILL | H3 )
( T4 | 8. DRILL | H4 )
( T5 | 10.00-1.5 TAP RH | H5 )
G91 G28 Z0.
T1 M6
G0 G90 G54 X87. Y4.5 S1591 M3 T1
G43 H1 Z50.
Z10.
G1 Z-2. F268.5
X75. F477.3
X60.5
Y-4.5
X75.
X87.
Y4.5
Z-4. F268.5
X75. F477.3
X60.5
Y-4.5
X75.
X87.
Y4.5
Z-6. F268.5
X75. F477.3
X60.5
Y-4.5
X75.
X87.
Y4.5
Z-8. F268.5
X75. F477.3
X60.5
Y-4.5
X75.
X87.
Y4.5
Z-10. F268.5
X75. F477.3
X60.5
Y-4.5
```

Hasil edit program disesuaikan dengan lingkungan kontrol mesin Fanuc

Perubahan yang dilakukan adalah :

1. Header yang memuat tanggal pembuatan program, nama program dan lokasi file dihilangkan dengan tujuan mengurangi besar file yang akan di transfer
2. Nomor program dihilangkan dengan tujuan menghilangkan batasan nomor yang ada pada Kontrol Fanuc (pada kontrol Fanuc nomor program tidak bisa lebih dari 5 digit)
3. Penalaran nama *tool* yang digunakan di pindah ke atas tidak di tengah program saat *tool change*

```
N270 G1 Z-2. F400.0
N280 X75. F477.3
N282 X58.
N284 Y-7.
N286 X75.
N288 X87.
N290 G0 Z50.
N292 M5
N294 G91 G28 Z0.
N295 ( T2 | 10. FLAT ENDMILL | H2 )
N296 T2 M6
N298 G0 G90 G54 X65. Y-3.769 S2228 M3
N300 G43 H2 Z50.
N302 Z10.
N304 G1 Z-2. F190.9
N306 X60. F445.6
N308 G2 X55. Y1.231 I0. J5.
N310 G1 Y10.
N312 X64.165
N314 G2 X69.165 Y5. I0. J-5.
N316 G1 Y0.
N318 X65. Y-3.769
N320 Z-4. F190.9
N322 X60. F445.6
```



```
%
O0001(LATIHAN MILLING EDIT)
( T1 | 16. FLAT ENDMILL | H1 )
( T2 | 10. FLAT ENDMILL | H2 )
( T3 | 5. SPOT DRILL | H3 )
( T4 | 8. DRILL | H4 )
( T5 | 10.00-1.5 TAP RH | H5 )
G91 G28 Z0.
T1 M6
G0 G90 G54 X87. Y4.5 S1591 M3 T1
G43 H1 Z50.
Z10.
G1 Z-2. F268.5
X75. F477.3
X60.5
Y-4.5
X75.
X87.
Y4.5
Z-4. F268.5
X75. F477.3
X60.5
Y-4.5
X75.
```

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

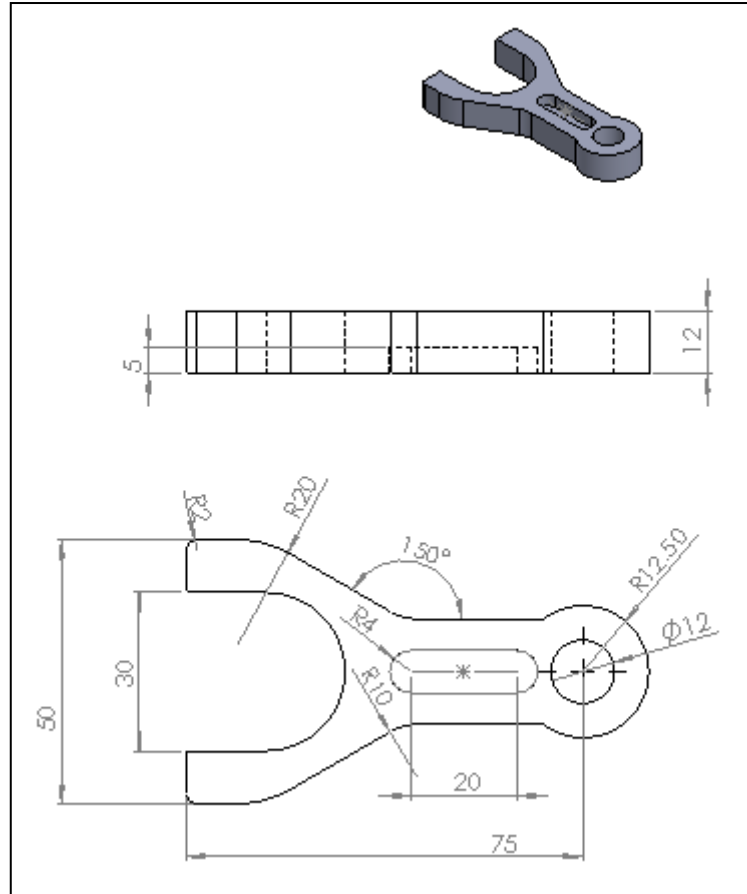
Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran penggunaan Sistem CAD/CAM pada mesin milling CNC ? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus di unjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Aktivitas 1: Membuat Model Geometri Untuk Benda Prismatik

Saudara diminta untuk menggambar sebuah produk prismatic seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini (Gambar 4.3) dengan menggunakan CAD pada sistem CAD/CAM yang disediakan. Model geometri ini akan digunakan pada sistem CAD/CAM untuk menghasilkan kode numerik perintah mesin.

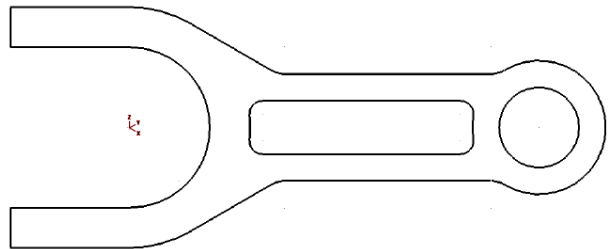


Langkah Membuat Model Geometri

Gunakan beberapa perintah untuk menghasilkan model geometri:

1. Buat bentuk $\frac{1}{2}$ geometri terlebih dahulu
2. Buatlah titik pusat lingkaran
3. Hasilkan bentuk busur lingkaran
4. Buat garis vertikal dan horisontal
5. Buat garis tangensial
6. *Edit Trim/Break* dua buah
7. Buat garis paralel
8. Lakukan *fillet* entitas

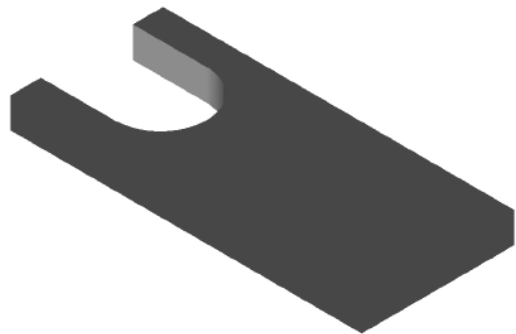
Bentuk dari model geometri yang dimaksud:



Aktivitas 2: Membuat Toolpath Untuk Mesin Milling CNC

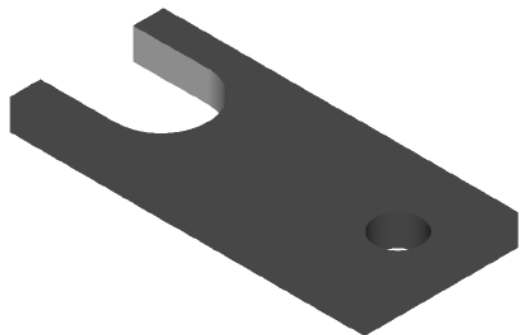
Atur mesin termasuk material Stock

- Proses material melalui *open pocket*
- Gunakan cutter endmil dia.16 mm
- Atur jenis *pocket* menjadi terbuka
- Atur metode pemotongan
- Atur *Entry Motion* menjadi *Off*
- Nyalakan *finishing* dan atur parameter yang diperlukan
- Matikan *Lead Out/In*
- Gunakan *Depths Cut*
- Matikan *Break through*
- Atur kedalaman sesuai permintaan gambar



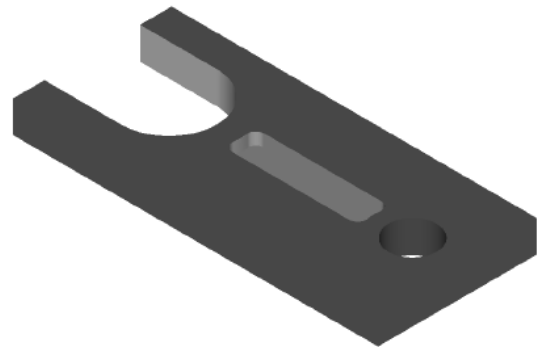
Membuat lubang dia. 12 mm

- Pilih matabor dia. 12 mm
- Atur siklus gurdi/*counterbore*
- Masukkan nilai kedalaman lubang
- Nyalakan fasilitas *Tip Comp.*



Membuat bentuk kolam

- Gunakan cutter *endmill* dia. 6 mm
- Atur fasilitas jenis *Pocket* ke standar
- Pilih metode pemotongan
- Atur *Entry Motion* menjadi *Off*
- Nyalakan *finishing* dan atur parameter yang diperlukan
- Matikan *Lead Out/In*
- Gunakan *Depths Cut*
- Matikan *Break through*
- Atur kedalaman sesuai permintaan gambar

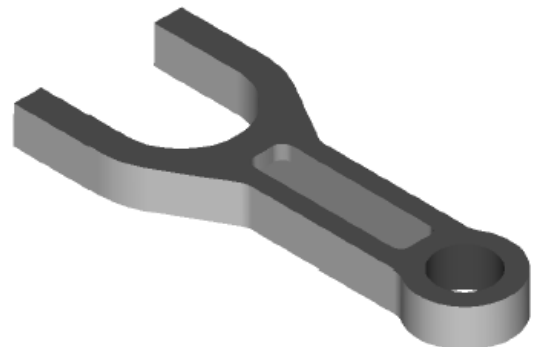


Proses Lanjut Menggunakan Metode Pencekaman Kedua

Proses Pemotongan Material Bagian

Luar (Kontur 2D)

- Pilih cutter *Endmill* dia. 16 mm
- Atur arah kompensasi sesuai arah panah *Chain* agar alat potong memotong bidang yang benar
- Aktifkan *Depth Cuts*
- Nyalakan dan atur parameter *Lead In/Out*
- Atur nilai *Break through*
- Nyalakan multi pemotongan dan



atur parameter nya

- Atur besar nilai kedalaman sesuai dengan permintaan gambar

Aktivitas 3: Membuat Kode NC Untuk Mesin Milling CNC

Buatlah sebuah format kode NC yang dihasilkan dari proses *post processor* untuk bentuk model geometri yang sebelumnya telah dibuat. Gunakan sistem CAD/CAM yang disediakan. Lakukan perubahan pada format kode NC nya yang disesuaikan dengan fitur kontrol mesin Milling CNC yang disediakan. Bandingkan hasil perubahan kode NC bila dilakukan pada komputer dan pada saat setelah data tersebut dikirim ke mesin.

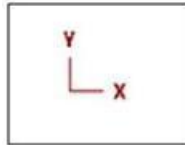
E. Rangkuman

Pada latihan pemanfaatan sistem CAD/CAM pada mesin milling CNC ini telah disampaikan tata cara untuk menghasilkan gambar 3D berupa garis lengkungan , membuat garis paralel, sudut antara garis, *fillets* dan pencerminan setengah bagian benda agar menjadi benda utuh. Melakukan pengaturan melalui dua langkah pengecaman, pada pengecaman pertama dilakukan proses open pocket dan remachine lalu proses pembuatan lubang. Pada pengecaman kedua dihasilkan bentuk kontur luar benda kerja. Setelah itu dijelaskan pula tata cara menghasilkan *tool path3* dimensi pada material benda kerja. Langkah terakhir adalah memverifikasi *tool path* dan *backplot* serta menghasilkan *G-code*.

F. Tes Formatif

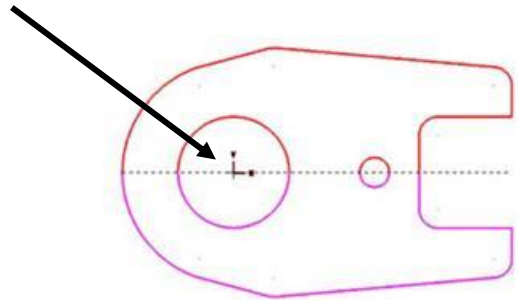
1. Dimanakah titik origin benda? Gambarkan!
2. Apa yang dimaksud dengan metode pemotongan *Open Pocket* ?
3. Mengapa dilakukan proses pemesinan ulang bentuk kontur (*Contour Remachine*) ?
4. Bagaimanakah alternatif pencekaman untuk pembuatan kontur luar, gambarkan?
5. Proses apa yang digunakan untuk dapat membuat *post processing* pada setiap program yang berbeda ?

G. Jawaban Tes Formatif

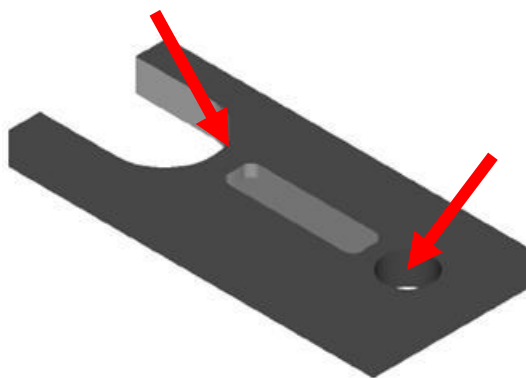


1. Titik origin ditandai dengan

Posisi pada benda kerja berada di pusat lingkaran ini



2. Proses pembuatan kolam tertutup atau terbuka dimana sistem CAD/CAM akan secara otomatis melakukan operasi pemotongan dari mana arah cutter masuk dan keluar.
3. Proses pemotongan ulang pada bentuk kolam (*pocket*) karena dimensinya belum terpenuhi akibat dari lendutan pada *cutter* atau perkiraan *cutter* yang sudah tumpul (pemakaian *cutter* pada *toolpath* yang panjang)
4. Beberapa kemungkinan dapat dilakukan dengan syarat daerah pencekaman tidak melewati *toolpath* dan ketinggian alat pencekaman tidak bertemu dengan bidang *cutter holder* (*gouging*).



5. Harus memilih dahulu proses pemesinan yang akan di kenakan *post processing* pada menu *operation manager*, agar aman perlu dilakukan operasi *backplot* terlebih dahulu pada seluruh proses yang dimaksud

BAB III PENUTUP

UJI KOMPETENSI

1. Penilaian Ranah Sikap (Kepribadian)

a. Instrumen dan Rubrik Penilaian

No	Nama Peserta	Disiplin				Jujur				Tanggung Jawab				Santun				Nilai Akhir
1.																		
2.																		
3.																		
n																		

b. Rubrik Penilaian

Peserta didik memperoleh skor:

4 = jika empat indikator terlihat

3 = jika tiga indikator terlihat

2 = jika dua indikator terlihat

1 = jika satu indikator terlihat

Indikator Penilaian Sikap:

Disiplin

- 1) Tertib mengikuti instruksi
- 2) Mengerjakan tugas tepat waktu
- 3) Tidak melakukan kegiatan yang tidak diminta
- 4) Tidak membuat kondisi kelas menjadi tidak kondusif

Jujur

- 1) Menyampaikan sesuatu berdasarkan keadaan yang sebenarnya
- 2) Tidak menutupi kesalahan yang terjadi
- 3) Tidak menyontek atau melihat data/pekerjaan orang lain
- 4) Mencantumkan sumber belajar dari yang dikutip/dipelajari

TanggungJawab

- a) Pelaksanaan tugas piket secara teratur
- b) Peran serta aktif dalam kegiatan diskusi kelompok
- c) Mengajukan usul pemecahan masalah
- d) Mengerjakan tugas sesuai yang ditugaskan

Santun

- a) Berinteraksi dengan teman secara ramah
- b) Berkomunikasi dengan bahasa yang tidak menyinggung perasaan
- c) Menggunakan bahasa tubuh yang bersahabat
- d) Berperilaku sopan

Nilai akhir sikap diperoleh berdasarkan modus (skor yang sering muncul) dari keempat aspek sikap di atas.

Kategori nilai sikap:

Sangat baik : apabila memperoleh nilai akhir 4

Baik : apabila memperoleh nilai akhir 3

Cukup : apabila memperoleh nilai akhir 2

Kurang : apabila memperoleh nilai akhir 1

2. Penilaian Ranah Pengetahuan**a. Kisi-kisi dan Soal**

KompetensiDasar	Indikator	Indikator Soal	JenisSoal
Mendeskrip-sikan Sistem CAD/CAM sebagai sistem pendukung produksi	<ol style="list-style-type: none">1. Membedakan sistem CAD dan sistem CAM berdasarkan fungsinya pada suatu sistem CAD/CAM2. Merinci sistem CAD/CAM pada suatu pendukung sistem produksi berdasarkan kegunaannya3. Menentukan fungsi dan performansi berkas kontrol numerik	<ol style="list-style-type: none">1. Peserta dapat membedakan sistem CAD dan sistem CAM berdasarkan fungsinya.2. Peserta dapat merinci langkah-langkah penting dalam menghasilkan berkas kontrol numerik3. Peserta dapat menentukan fungsi dan performansi berkas kontrol numerik	Essay

b. Instrumen dan Rubrik Penilaian

No.	Nama Peserta	Skor setiap nomor soal					Nilai
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	
1							
2							
3							

Perolehan skor peserta didik untuk setiap nomor soal, sebagai berikut:

Indikator penilaian pengetahuan

a. Sistem CAD

1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

b. Sistem CAM.

1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

c. Membuat model geometri

1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

- d. Membuat lintasan potong
1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1
- e. Menghasilkan dan mengedit G-Code
1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

Rumus pengolahan Nilai adalah $Nilai = \frac{Jumlah\ skor\ yang\ diperoleh}{20} \times 4 = \text{_____}$

3. Penilaian Ranah Keterampilan

Instrumen dan Rubrik Penilaian Keterampilan

No	Nama Siswa/Kelompok	Mengelola Sistem CAD				Mengelola Sistem CAM				Nilai
		1	2	3	4	1	2	3	4	
1.										
2.										
3.										

Rubrik Penilaian:

Peserta didik mendapat skor:

- 4 = jika empat indikator dilakukan.
- 3 = jika tiga indikator dilakukan.
- 2 = jika dua indikator dilakukan.
- 1 = jika satu indikator dilakukan.

Indikator penilaian keterampilan

- a) Mengelola Sistem CAD.
 - 1) Pembuatan model geometri yang cepat.
 - 2) Penggunaan fungsi-fungsi sistem yang efisien
 - 3) Menghasilkan gambar teknik yang lengkap
 - 4) Selama bekerja selalu menerapkan K3.

- b) Mengelola sistem CAM.
 - 1) Memilih parameter alat potong yang sesuai.
 - 2) Menentukan strategi pemotongan yang paling cepat.
 - 3) Menghasilkan toolpath dengan waktu paling cepat
 - 4) Menghasilkan berkas G-code sesuai fitur kontrol mesin CNC

Pengolahan Nilai KD- Keterampilan

Aspek/Indikator	Tes ke	Skor	Keterangan
Menggunakan sistem CAD	1	2	belum tuntas
	2	4	tuntas
Menggunakan sistem CAM	1	3	tuntas
	2		
Nilai KD – Keterampilan ditentukan berdasarkan skor rerata optimum (nilai tertinggi) dari aspek (Indikator pencapaian kompetensi) yang dinilai		$(4+3)/2=3,5$	B+

BAHAN UJI KOMPETENSI

Buatlah produk pada gambar dibawah ini menggunakan sistem CAD/CAM yang telah disediakan. Gunakanlah pengetahuan yang telah Anda miliki setelah mempelajari materi yang telah diberikan sebelumnya. Waktu yang digunakan adalah 6 JP.

Penilaian akan didasarkan atas unjuk kerja Anda pada bidang :

Sistem CAD:

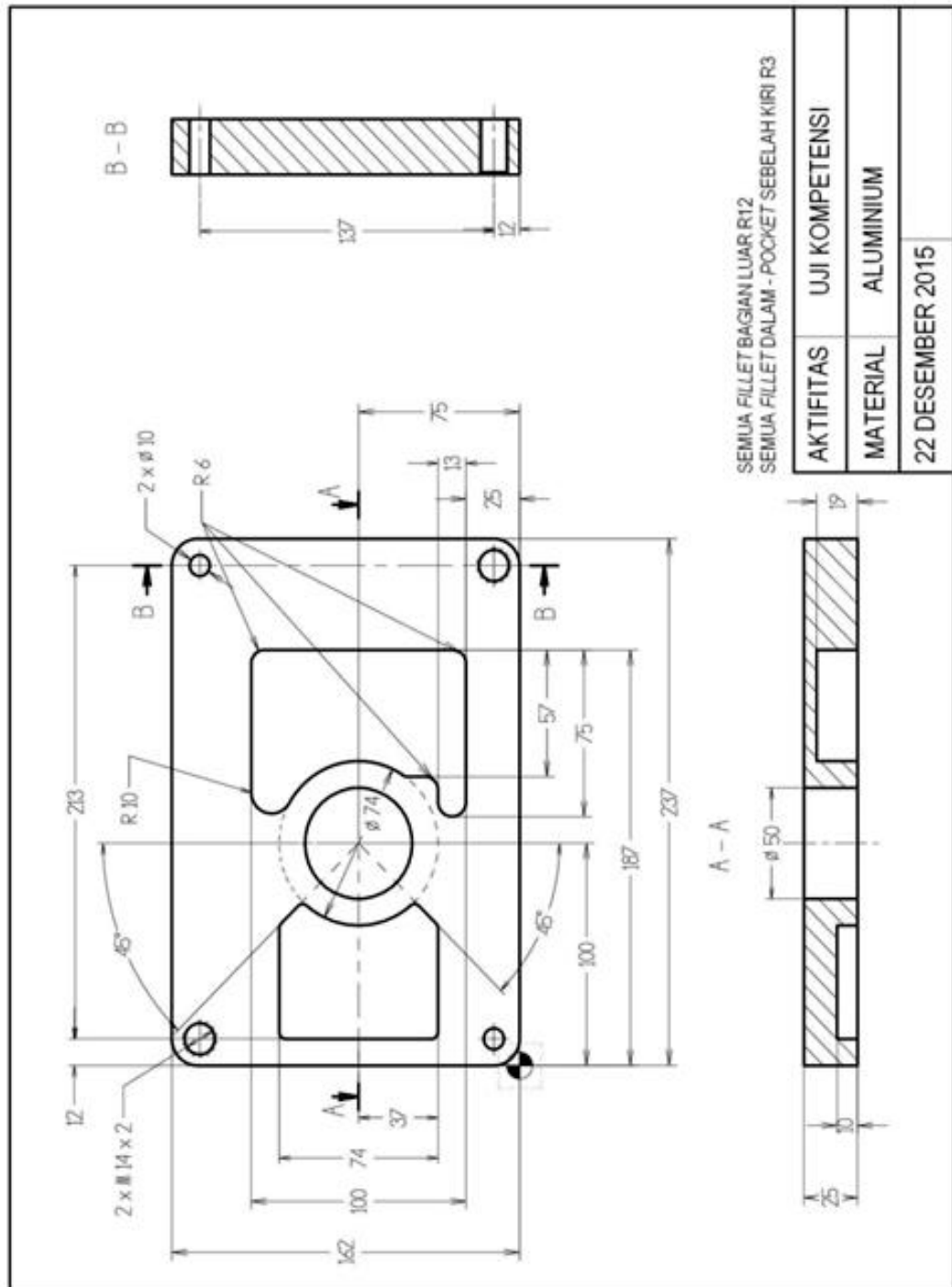
- Lama proses pembuatan model geometri
- Hasil produk berupa gambar kerja hasil cetak

Sistem CAM :

- Prestasi langkah pembuatan *toolpath*
- Hasil simulasi *G-Code*

Keduanya ditandai dengan banyak langkah proses dan lama waktu proses pemesinan yang paling cepat dengan strategi pemotongan yang rasional

- Hasil *Post processing* berupa berkas MCD yang siap dikirim ke mesin.



SEMUA FILLET BAGIAN LUAR R12
SEMUA FILLET DALAM - POCKET SEBELAH KIRI R3

AKTIFITAS	UJI KOMPETENSI
MATERIAL	ALUMINIUM
22 DESEMBER 2015	

DAFTAR PUSTAKA

- B.S. Wijanarka, D. Rahdiyanta, E. Purnomo, (2013). Penerapan Modul Pembelajaran untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa pada Pembelajaran CAD dan Pemesinan CNC di SMK, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
- Ibrahim Zeid, (2004). Mastering CAD CAM, McGraw-Hill Higher Education
- Joko Santosa, (2014). Hubungan Kompetensi Menggambar Teknik dengan Praktek Mesin CNC Guru SMK Jurusan Mesin,
<http://www.vedcmalang.com/pppstkboemlg/index.php/>
- Kalpakjian, R. Schmid, Musa (2009). Manufacturing Engineering and Technology, Prentice Hall.
- Mariana Lendel, (2010). Mastercam X5 Mill Level 1 Training Tutorial, In-House Solutions Inc.
- Mikell P. Groover (2010). Fundamental of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems, John Wiley and Sons.
- N.-J. Høimyr. CAD/CAM and the Exchange of Product Data, CERN, Geneva, Switzerland
- TC.Chang, RA.Wysk, HP. Wang (2005). Computer Aided Manufacturing, Pearson-Prentice Hall.
- _____, Reading Materials for IC Training Modules: Computer Aided Manufacturing, Industrial Center, The Hongkong Polytechnic University
- _____. Mastercam X7 Training Guide: Lathe-Lesson-1, CAM Instructor.
- _____, Mastercam Version 9 Lathe Tutorial(Metric version), 2002, CNC Software, Inc.

GLOSSARIUM

2 ½D (contour)	Sebuah lintasan pahat yang terdiri dari beberapa bagian kedalaman di mana antara bagiannya dapat bervariasi tetapi dalam satu bagian konstan.
2D (contour or plane)	Sebuah lintasan pahat atau geometri yang terletak pada satu bidang.
3D (contour, plane or space)	Sebuah lintasan pahat atau geometri yang didefinisikan dalam sumbu X, Y, dan Z secara simultan; terdiri dari garis, busur, <i>parametric splines</i> dan <i>NURBS splines</i>
A	
absolute (coordinates, dimensioning, positioning)	Pengukuran dari titik referensi tetap, biasanya 0,0,0.
arc	Kurva planar terbuka atau tertutup di mana semua posisi berada dari pusat kurva pada jarak yang tetap (radius) . Sebuah lingkaran adalah busur 360 derajat.
AutoSave	Tampilan geometri dan ukuran akan disimpan secara otomatis pada kurun waktu tertentu.
B	
backplot	Tampilan yang memperlihatkan saat lintasan alat potong bergerak memotong.
bar stock	Material dasar berbentuk silindris
blend	Sambungan permukaan yang mulus

boundary	Ujung, batas, atau limit; sebuah kurva atau sambungan yang mengindikasikan sebuah sudut
C	
canned cycle	Satu rangkaian operasi pada mesin perkakas yang dimulai dengan perintah tunggal. Misal, G81 adalah perintah untuk siklus gurdi.
canned text	Variabel pasca proses yang berarti perintah khusus, misal, berhenti secara otomatis untuk memeriksa benda saat proses pemesinan.
cartesian	Sistem koordinat bernilai X, Y, dan Z untuk menempatkan titik pada ruang kerja
chain	Memilih satu atau dua kurva (garis, busur, dan <i>atausplines</i>) yang mempunyai kaitan pada ujungnya dan seringkali adalah batas bentuk; mungkin terbuka atau tertutup. Busur dan titik dapat dikaitkan.
chain direction	Perintah untuk memilih kurva pada suatu keterkaitan mulai dari titik mula menuju titik akhir pada suatu keterkaitan terbuka. Pada keterkaitan tertutup mungkin searah atau berlawanan arah jarum jam.
collision	Terjadinya kontak antara alat potong dan material saat dilakukan perpindahan cepat.
construction plane (Cplane)	Pembentukan bidang geometri; berbeda dengan pandangan grafik (Gview). Misal: 3D, atas, depan, belakang, bawah, bagian kiri dan kanan, isometrik.
contour	Gambaran lintasan dua atau tiga sumbu. Dapat pula metode untuk menganalisis pilihan batasan atau simulasi hasil lintasan alat potong.

curve	Garis, busur, <i>spline</i> , atau kurva permukaan.
cutoff	Lintasan alat potong yang mengambil satu bagian material. Biasanya menggunakan pahat pipih.
D	
depth cuts	Pemotongan arah sumbu Z saat alat potong membuat kontur, kolam, atau permukaan untuk mencapai dasar permukaan.
dwell	Suatu program yang memperlambat atau menahan lama waktu proses.
E	
edge	<i>Topology</i> bentuk permukaan pada model solid yang bentuk dasarnya adalah kurva.
entity	Suatu rancangan bangunan bentuk. Terdapat banyak entitas geometri (mengenai data titik, garis, busur, <i>spline</i> , kurva permukaan, permukaan, solid) dan and entitas gambar (garis utama, dimensi, label, catatan).
F	
facing	Lintasan pahat yang digunakan untuk membuat permukaan datar pada bagian ujung . Sering digunakan untuk pengukuran.
feed rate	Kecepatan alat potong pada arah gerakan pemotongan; biasanya dinyatakan dalam inci per menit atau milimeter per putaran.
fillet	Sebuah kurva tangensial terhadap dua kurva non-tangensial; bentuk bulat didalam atau sudut luar.
finish	Lintasan pahat yang digunakan untuk membuat profil permukaan akhir pada benda.

flowline	Beberapa kurva sepanjang seluruh permukaan dalam satu arahan parameter yang konstan, yaitu, salah satu arah yang menghasilkan sistem permukaan.
G	
Gcode	Secara umum, sebuah program NC; khususnya, kode yang mendefinisikan bagian koordinat program.
gouge	Suatu hasil atau tindakan proses pemesinan mengambil materi yang seharusnya tidak dipotong.
graphics window	Area kerja yang memperlihatkan bentuk geometri.
H	
helix	Sebuah kurva yang menunjukkan lingkaran XY dan linier Z. Sistem memungkinkan pahat masuk secara heliks dan bergerak keluar untuk berbagai jenis lintasan pahat.
holder	Peralatan yang digunakan untuk memegang atau menyisipkan alat potong. Pemegang ini dipasang langsung ke mesin (mesin kecil), ke dalam <i>turret</i> (bubut), atau <i>magazine</i> (machining center).
home position	Posisi di mana alat potong berpindah ke posisi mula untuk mengganti pahat dan mengakhiri program.
I	
icon	Simbol yang digunakan untuk menyederhanakan akses ke program atau fungsi; kadang-kadang disebut juga tombol.
IGES	Singkatan dari <i>Initial Graphics Exchange Standard</i> , sebuah format internasional untuk bentuk netral ; digunakan untuk mentransfer geometri dari salah satu vendor sistem CAD ke sistem CAD yang lain.

incremental (coordinates, dimensioning, positioning)	Diukur sesaat dari titik sebelumnya.
insert	Bahagian dari pahat bubut yang memotong material. Kebanyakan sisipan terbuat dari karbida.
J	
job	Berisi suatu kumpulan operasi.
Job Setup	Parameter pekerjaan pemesinan, termasuk pengaturan material, konfigurasi kode numerik, dan <i>offset</i> pahat.
L	
lead	Jarak pada mur yang menunjukkan satu lingkaran ulir
line style	Penampakan sebuah garis; mungkin solid, disembunyikan, sebuah pusat, <i>phantom</i> , atau <i>Zbreak</i> .
loft surface	Permukaan terdiri dari suatu kurva mulus yang digabung dibuat melalui serangkaian kurva yang bersilangan yang disesuaikan.
M	
Main Menu	Penyajian fungsi utama: Menganalisis, Membuat, Berkas, Memodifikasi, Xform, Hapus, Layar, Solid, Keluar, dan pada Milling, Bubut, dan Wire, Lintasan pahat, dan Utilitas NC. <i>Main Menu</i> muncul di sisi kiri atau atas jendela grafik.
material library	Berisi informasi tentang bahan-bahan untuk proses pemesinan yang digunakan untuk mengatur dasar persentase untuk <i>feed rate</i> dan kecepatan spindle
N	

NC	Akronim untuk kontrol numerik, teknik untuk mengendalikan peralatan mesin atau proses oleh petunjuk beberapa kode perintah ; juga format berkas luaran dari pasca proses.
node (spline)	Titik pada <i>spline</i> parametrik.
NURBS (spline)	Kependekan dari <i>non-uniform rational b-spline</i> ; kurva dua atau tiga dimensi yang dihasilkan dari beberapa noktah dan titik kontrol.
NURBS surface	Permukaan yang secara analogi didefinisikan sebagai <i>spline</i> NURBS dengan sederet titik kontrol sehingga diperluas ke arah lain didalam kotak.
O	
offset	Untuk menggantikan suatu entitas atau rantai yang berjarak tegak lurus terhadap arah relatif bidang konstruksi. Dalam kurva, perpindahan adalah vektor arah tegak lurus terhadap setiap lokasi pada kurva.
open chain	Sebuah rantai yang ujung akhir pertama dan terakhir tidak identik, seperti garis.
origin	Titik persilangan antara sumbu koordinat.
P	
parametric surface	Permukaan dibentuk dari <i>spline</i> parametrik di mana setiap segmen kurva diperluas ke arah lain sehingga menghasilkan <i>Patch</i> .
part	Bagian yang akan dikenakan proses pemesinan.
pass	Pergerakan pahat pada sumbu X dan Y . Tidak sama dengan pemotongan.
patch	Daerah permukaan yang dibatasi oleh empat segmen kurva

	pembangkit
plunge	Pemotongan yang sejajar dengan sumbu gerak utama sisipan / pahat.
polygon	Ketidakteraturan, suatu bentuk yang ditutup dengan tiga atau lebih banyak sisi tegak.
port	Sebuah bentuk fisik koneksi pada komputer. Serial port digunakan agar terhubung ke pengontrol CNC dan diidentifikasi sebagai COM1, COM2, dll
post	Pasca proses. Biasa disebut berkas <i>post processor</i> (PST) .
post processor	Sebuah program yang menerjemahkan data NCI ke format yang dapat digunakan oleh mesin, yaitu, untuk program NC atau <i>G-code</i> .
primitive	Permukaan atau Solid dibuat menggunakan bentuk yang telah ditetapkan, seperti balok atau bola. Parameter dapat diubah secara interaktif, tetapi tetap mempertahankan bentuk aslinya. Permukaan primitif atau padat tidak didefinisikan oleh kurva geometri. Primitif pada sistem CAD/CAM termasuk silinder, kerucut balok, ekstrusi (hanya permukaan), <i>sphere</i> , dan <i>torus</i> .
prompt area	Sebuah area dua atau empat baris pada bagian antarmuka (Interface) yang digunakan untuk menampilkan data atau memasukkan nilai-nilai melalui <i>Keyboard</i> .
R	
redraw	Untuk menghapus dan memperlihatkan kembali tampilan geometri pada ruang kerja digunakan untuk membersihkan garis yang tidak diperlukan.
reference point	Titik tempat alat potong mulai bergerak sebelum memasuki

	daerah lintasan pemotongan atau setelah selesai memotong pada lintasannya.
right-click	Klik untuk melakukan sesuatu menggunakan tombol sebelah kanan mouse.
S	
stepover	Jarak yang memisahkan pemotongan yang berdekatan dengan bidang XY pada permukaan lintasan pahat
surface	Representasi dari rumusan matematika pada permukaan benda; Suatu batasan yang menyatakan permukaan luar dari model solid.
system origin	Titik referensi tetap untuk semua hasil geometri (X0, Y0, Z0).
T	
tool library	Berisi informasi mengenai alat potong mesin milling dan bubut seperti kecepatan spindle, diameter pahat, dsb.
tool origin	Titik acuan (X0, Y0, Z0) pada bidang pemotongan ; sama dengan system origin hanya hal ini ditetapkan oleh pengguna.
toolbar	Area pada layar yang berisi <i>icon</i> (tombol). Tombol disusun dan pengguna dapat menggeser atau memindahkannya.
toolpath	Basis data pergerakan pahat yang digunakan untuk memotong benda kerja.
U	
undo	Untuk membatalkan operasi yang telah dilakukan.
unzoom	Untuk kembali ke skala tampilan gambar sebelumnya atau ke ukuran sebenarnya.
W	

window (selection)	Suatu bentuk persegi atau poligon melingkupi entitas yang akan dipilih.
wireframe model	Objek tiga dimensi yang terdiri dari beberapa garis yang dihubungkan untuk membuat sebuah model; Sekumpulan batas bidang dan profil permukaan yang menghasilkan <i>surface</i> .
work coordinate system (WCS)	Sebuah sistem koordinat di mana orientasi dan titik asal mulai bergeser.
work offset	Suatu nilai jarak dari origin and sistem koordinat pada bidang potong saat menghasilkan lintasan pahat pada setiap daerah yang berbeda.
X	
X axis	Sumbu relatif horisontal terhadap origin; kearah kanan origin adalah positif; kearah kiri origin adalah negatif.
Y	
Y axis	Sumbu relatif vertikal terhadap origin; kearah atas origin adalah positif; kearah bawah origin adalah negatif.
Z	
Z axis	Perpendicular to the X and Y axis relative to the construction origin. Ketegaklurusan sumbu X dan Y relatif terhadap origin.
zoom	Untuk memperbesar bentuk geometri pada jendela kerja.

LEMBAR KERJA

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Teknik dan Sistem CAD/CAM ? Sebutkan!

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

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

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

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

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

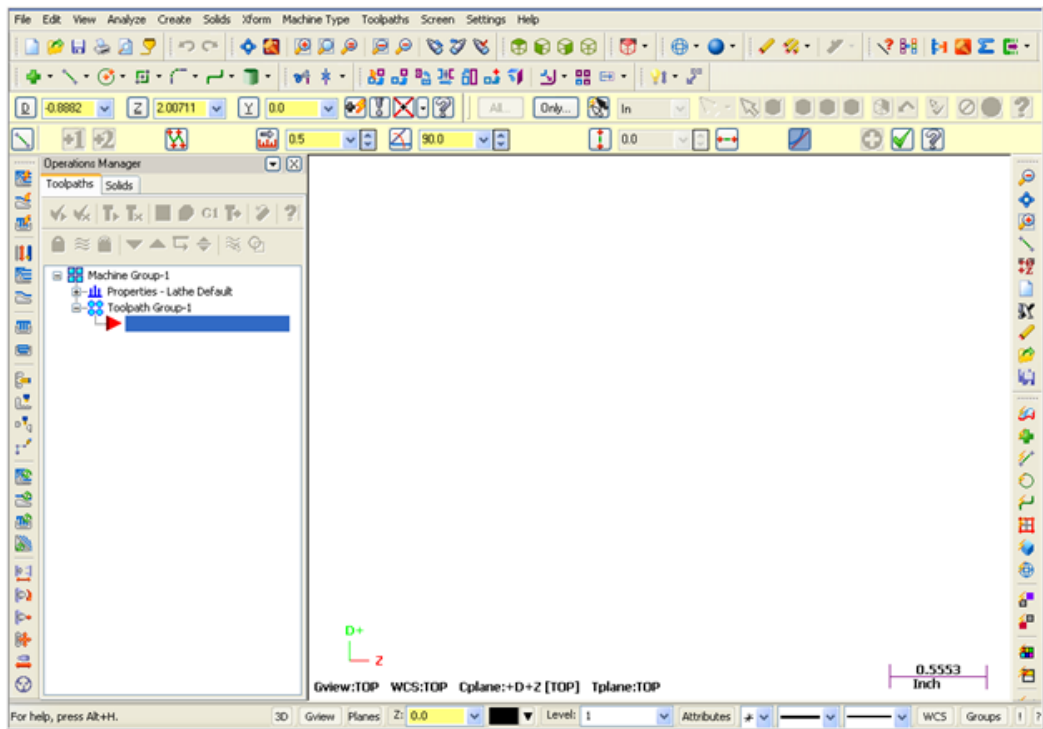
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

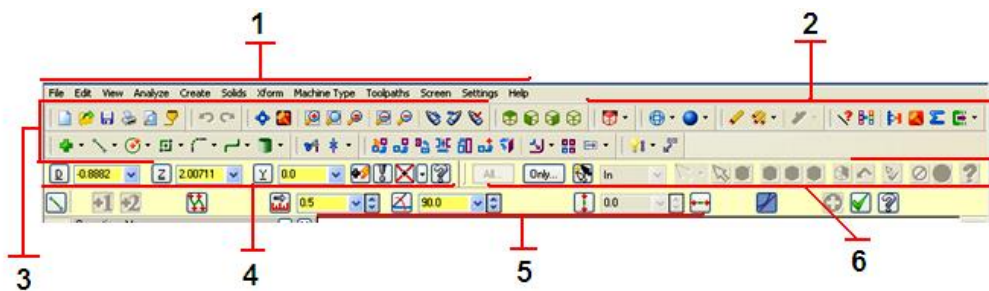
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

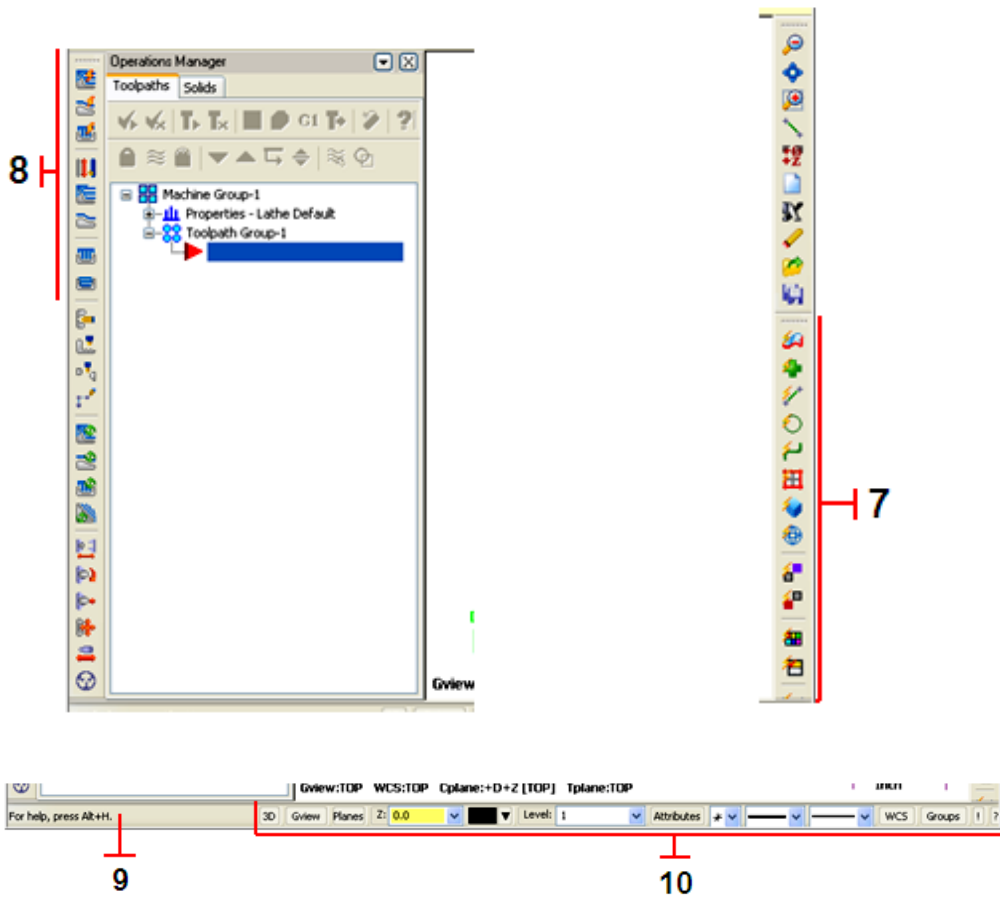
LK - 01

Perhatikanlah tampilan ruang kerja sistem CAD/CAM yang telah disediakan.



Sebutkanlah bagian-bagian yang ada pada ruang kerja tersebut sesuai dengan petunjuk bagan yang telah disediakan dibawah ini :





No.	Nama	Fungsi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

LAMPIRAN 1 : Gambar Latihan Kegiatan Pembelajaran KB 3

DIMENSIONS OF PARTS DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOOTHING TREATMENT ANGLE		PART NO.	DATE AND REVISIONS	NO. OF SHEETS AND TOTAL
DRAWN CHECKED APPROVED M.T.C. Q.A.	PART DEPARTMENT DATE	MATERIAL	WEIGHT	TITLE SHEET NO. SCALE SHEET 1 OF 1
LATIHAN			A4	

