



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013



AIRCRAFT COMPONENT CNC MACHINING



XI
SEMESTER 4

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. BukuSiswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA



iOS segera hadir

Unduh buku lainnya melalui aplikasi. Gratis.

Buku BSE dilengkapi dengan daftar isi untuk memudahkan navigasi. Tersedia juga majalah, tabloid, buku dan koran yang lebih hemat hingga 80% dibanding edisi cetak.

Unduh aplikasi myedisi reader gratis
myedisi.com/reader



Buku BSE terbaru belum tersedia di myedisi? Sampaikan melalui email bse@myedisi.com

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPULI

HALAMAN FRANCISII

KATA PENGANTARIII

DAFTAR ISIIV

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJARVIII

GLOSARIUMIX

BAB I PENDAHULUAN1

- A. Deskripsi1
- B. Prasyarat 1
- C. Petunjuk Penggunaan 1
 - 1. Petunjuk Bagi Guru1
 - 2. Petunjuk Bagi Siswa 2
- D. Tujuan Akhir 2
- E. Kompetensi Inti Dan Kompetensi Dasar 2
- F. Cek Kemampuan Awal 3

BAB II PEMBELAJARAN4

- A. Deskripsi4
- B. Kegiatan Belajar 5
 - 1. Instruksi Kerja Pada Mesin Frais CNC5
 - a. Tujuan Pembelajaran 5
 - b. Uraian Materi 5
 - 1) Instruksi Kerja Mesin Frais CNC 5
 - a) Gambar Kerja 5
 - b) Dokumen Kerja 8
 - c) Prosedur Operasi Standar 9
 - d) Persiapan Awal 10
 - e) Urutan Kerja Mengoprasikan Mesin Frais CNC 10
 - f) Pemeriksaan Alat Keselamatan Kerja 11
 - c. Rangkuman 11
 - d. Tugas 12
 - e. Tes Formatif 13
 - f. Kunci Jawaban Test Formatif 14
 - g. Lembar Kerja Peserta Didik 15
 - 2. Pengenalan Mesin Frais CNC 15
 - a. Tujuan Pembelajaran 15
 - b. Uraian Materi 16
 - 1) Pengenalan Mesin CNC 16
 - a) Perkembangan Mesin CNC 16
 - b) Pengertian Mesin CNC 16
 - (1)Mesin Frais CNC 17

- (2)Mesin Bubut CNC 19
 - (3)Mesin Bubut Dan Frais CNC 20
 - c) Cara Kerja Sistem Pengendali Pada Mesin CNC 23
 - 2) Nama-nama Bagian Utama Mesin Frais CNC 26
 - a) Bagian Utama Mekanik Mesin 26
 - b) Bagian Pengendali Atau Kontrol 28
 - c. Rangkuman 34
 - d. Tugas 36
 - e. Test Formatif 36
 - f. Kunci Jawaban Test Formatif 38
 - g. Lembaran Kerja Peserta Didik 38
3. Penggunaan Mesin Frais CNC 39
- a. Tujuan Pembelajaran 39
 - b. Uraian Materi 40
 - 1) Pengoperasian Pelayanan Manual Mesin Frais CNC 40
 - 2) Pengoperasian Mesin Menggunakan Pelayanan Manual 42
 - a) Menjalankan Eretan 42
 - b) Menghentikan Aliran Arus Listrik Pada Motor Asutan 43
 - c) Menentukan Posisi Pisau frais Untuk Persiapan Latihan Pemrograman 44
 - 3) Pengoperasian Pengendali / Pelayanan Program CNC 47
 - 4) Data Teknologis 50
 - c. Rangkuman 52
 - d. Tugas 53
 - e. Test Formatif 54
 - f. Kunci Jawaban Test Formatif 56
 - g. Lembaran Kerja Peserta Didik 57
4. Pengoperasian Mesin Frais CNC 161
- a. Tujuan Pembelajaran 61
 - b. Uraian Materi 61
 - 1) Lembaran Program Mesin Frais CNC61
 - a) Blok 62
 - b) Kata-kata 62
 - c) Kata 62
 - (1)Kata ke 1 (N) 62
 - (2)Kata ke 2 (G) 63
 - (3)Kata ke 3 (M)63
 - (4)Kata ke 4 (X, Y, Z)63
 - (5)Kata ke 5 (F)63
 - (6)Kata ke 6 (H)64
 - (7)Kata ke 7 (I, J, K)64
 - (8)Kata ke 8 (L)64
 - (9)Kata 9 (T)64
 - (10) Kata ke 10 (D)65
 - (11) Kata ke 11 (S)65
 - d) Fungsi-fungsi penjalan 66

- 2) Sistem Koordinat Pada Mesin Frais CNC67
 - a) Metode Pemrograman 69
 - b) Informasi Geometris (ukuran)70
 - c) Metode Pemrograman 71
 - d) G90- Pemrograman Harga Absolut 73
 - e) G91- Pemrograman Harga Inkremental 74
 - f) G92- Pencatatan Penetapan 75
 - 3) Pelengkap Pemrograman 77
 - a) G 04 – Waktu Tinggal Diam 77
 - b) G 21 – Blok Kosong 77
 - c) Fungsi Pengatur dan Fungsi Tambahan (Fungsi M) 78
 - d) Kecepatan Asutan (F) 80
 - c. Rangkuman 80
 - d. Tugas 83
 - e. Test Formati 84
 - f. Kunci Jawaban Test Formatif 87
 - g. Lembaran Kerja Peserta Didik 88
5. Pengoperasikan Mesin Frais CNC 294
- a. Tujuan Pembelajaran 94
 - b. Uraian Materi 94
 - 1) Mengefrais lurus, miring, radius, kantong dan lubang presisi 94
 - a) G00- Pengaturan Posisi Dengan Gerak Cepat 94
 - b) G01- Interpolasi Linier 98
 - (1)Pengefraisan lurus, miring 100
 - Pengefraisan alur100
 - Pengefraisan muka rata 105
 - Pengefraisan permukaan bertingkat 107
 - Pengefraisan kantong109
 - Pengefraisan segi banyak 112
 - (2)Pemrograman Gometri 121
 - c) Pengefraisan Radius134
 - (1)Pemrograman Melingkar Seperempat Lingkaran Atau 90° 136
 - (2)Pemrograman Busur Lingkaran Kurang Dari 90° 144
 - d) Kompensasi radius pisau frais sejajar sumbu 152
 - (1)G45 Penambahan radius pisau frais 153
 - (2)G46 Pengurangan radius pisau frais 153
 - (3)G47 Penambahan dua kali radius pisau frais157
 - (4)G48 Pengurangan dua kali radius pisau frais 159
 - e) G72 Siklus Pengefraisan Kantong 164
 - f) G73 Siklus Pemboran Dengan Pemutusan Tatal 167
 - g) G81 Siklus Pemboran 168
 - h) G82 Siklus Pemboran Dengan Tinggal Diam 168
 - i) G83 Siklus Pemboran Dengan Penarikan 169
 - j) G85 Siklus Pereameran 169

- k) G89 Siklus Pereameran Dengan Tinggal Diam 170
 - c. Rangkuman 170
 - d. Tugas 175
 - e. Test Formatif 177
 - f. Kunci Jawaban Test Formatif 179
 - g. Lembaran Kerja Peserta Didik 180

- 6. Pemeriksaan Proses Pemesinan CNC Pada Pembuatan Komponen Pesawat Udara 1186
 - a. Tujuan Pembelajaran 186
 - b. Uraian Materi 186
 - 1) Teknik Pengerjaan Benda Kerja 186
 - a) G 25 – Pemanggilan Sub Program 189
 - (1) Pemanggilan satu Sub Program 190
 - (2) Pemanggilan Sub Prodrum Yang Diulang 190
 - (3) Pemanggilan Sub Program Yang Berbeda 194
 - (4) Pemanggilan Sebagian Sub Program 196
 - (5) Pemanggilan Dari Sub Program Ke Sub Program Yang Lain 199
 - b) G 27 - Perintah Melompat 199
 - c) Mengatur Posisi Pisau Frais 201
 - 2) Mengerjakan Benda Kerja Pada Mesin Frais CNC 204
 - a) Mengetest Program (Uji Jalan) 204
 - b) Pelayanan Blok Tunggal 205
 - c) Pelayanan Otomatis 206
 - d) Penggagalan Jalanya Program 207
 - e) Menghentikan Sementara 207
 - f) Menghapus Program 208
 - c. Rangkuman 208
 - d. Tugas 210
 - e. Test Formatif 210
 - f. Kunci Jawaban Test Formatif 212
 - g. Lembaran Kerja Peserta Didik 213

- 7. Pemeriksaan Proses Pemesinan CNC Pada Pembuatan Komponen Pesawat Udara 2217
 - a. Tujuan Pembelajaran 217
 - b. Uraian Materi 217
 - 1) Mengidentifikasi Kesalahan Dan Mengatasi Masalah 217
 - a) Kesalahan Pemrograman 218
 - b) Kesalahan Gerakan Program 220
 - c) Kesalahan Selama Pengerjaan 220
 - (1) Kelonggaran Mesin 220
 - (2) Keausan Pisau Frais 221
 - Pisau Tunggal 221
 - Pisau Lebih Dari Satu 222

- Kompensasi alat Potong 222
- c. Rangkuman 231
- d. Tugas 232
- e. Test Formatif 233
- f. Kunci Jawaban Test Formatif 233
- g. Lembaran Kerja Peserta Didik 234

BAB III EVALUASI 238

- A. Kognitif Skills 238
- B. Attitude Skills 252
- C. Psikomotorik Skills 252
- D. Pengolahan Nilai 255

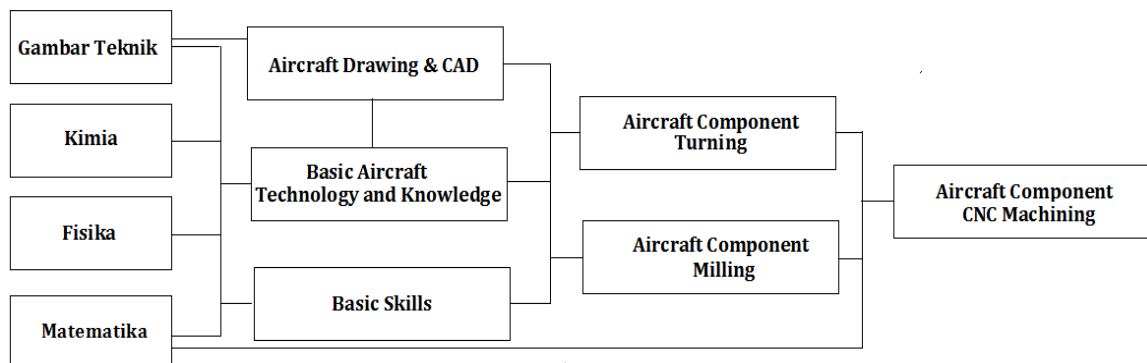
BAB IV PENUTUP 256

DAFTAR PUSTAKA 257

KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Untuk mencapai bahan ajar ini peserta didik harus menempuh beberapa mata pelajaran.

- Mata pelajaran Gambar teknik, kimia, fisika dan matematika sebagai dasar untuk belajar mata pelajaran Basic Aircraft technology and Knowledge dan basic Skills.
- Sedangkan Gambar teknik untuk mendukung dan dasar Aircraft Drawing & CAD.
- Mata pelajaran Aircraft Drawing & CAD, Basic Aircraft Technology and Knowledge dan Basic Skills untuk mendukung Aircraft Component Turning dan Aircraft Component Milling.
- Mata pelajaran Aircraft Component Turning dan Aircraft Component Milling sebagai dasar mata pelajaran Aircraft Component CNC Machining dan didukung oleh mata pelajaran matematika.



GLOSARIUM

- NC (*Numerically Control*) : suatu sistem pengendali otomatis yang bekerjanya menggunakan kode-kode huruf
- CNC (*Computer Numerically Control*) : suatu sistem pengendali otomatis yang bekerja menggunakan kode huruf dan angka, yang didalamnya terdapat sistem komputer
- Mesin ANC (*Adaptive Numerically Controlled*) : mesin yang mempunyai sistem kendali yang dapat menyesuaikan diri dengan kondisi kerja.
- Mesin DNC (*Direct Numerically Controlled*) : mesin yang dapat dimasuki program secara langsung melalui elektronik kabel.
- Mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*) : mesin yang dikendalikan oleh komputer dengan menggunakan angka-angka.
- Titik referen : suatu titik yang dijadikan patokan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Modul ini merupakan panduan siswa untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk mencapai kompetensi dalam bidang Aircraft Component CNC Machining. Kompetensi ini terdiri dari beberapa kompetensi dasar yaitu :

1. Menerapkan Instruksi kerja mesin frais CNC.
2. Mencoba mesin frais CNC
3. Menganalisis pemrograman mesin CNC
4. Menalar komponen pesawat udara menggunakan mesin CNC
5. Menganalisis pengerjaan benda kerja
6. Menalar benda kerja

Dari kompetensi dasar tersebut dijabarkan menjadi beberapa materi pokok yaitu :

1. Instruksi kerja pada mesin frais CNC
2. Pengenalan mesin frais CNC
3. Penggunaan mesin frais CNC
4. Pengoperasian mesin frais CNC
5. Proses pemesinan CNC pada pembuatan komponen pesawat udara
6. Pemeriksaan proses pemesinan CNC pada pembuatan komponen pesawat udara

Dari materi pokok di atas disajikan dalam bentuk teori dan tugas serta latihan-latihan yang dilaksanakan didalam kegiatan praktek.

Dengan modul ini ingin mengantarkan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan yaitu kompetensi Aircraft Component CNC Machining dapat tercapai.

B. Prasyarat

Untuk mempelajari modul ini peserta didik terlebih dahulu memiliki pengetahuan dan keterampilan tentang :

1. Membaca gambar teknik
2. Memiliki Basic skills
3. Menguasai matematika tentang koordinat, trigonometri, pitagoras dll.
4. Mengoperasikan mesin konvensional.

C. Petunjuk Penggunaan

1. Petunjuk Bagi Guru
 - a. Ciptakanlah suasana kelas yang nyaman untuk memulai pelajaran
 - b. Siapkanlah peralatan yang diperlukan
 - c. Jelaskanlah tugas-tugas yang harus dilaksanakan oleh siswa
 - d. Awasi kegiatan dan bantulah siswa yang mengalami kesulitan
 - e. Berilah test kepada siswa pada setiap akhir kegiatan belajar
 - f. Berikanlah umpan balik kepada siswa berdasarkan hasil testnya
 - g. Buatlah catatan yang diperlukan untuk penyempurnaan modul.

2. Petunjuk Bagi Siswa
 - a. Teliti kelengkapan halaman modul, jika tidak lengkap konfirmasi kepada guru
 - b. Pelajari modul ini, dimulai dengan membaca kegiatan belajar 1 terlebih dulu. Apabila menemui kesulitan dalam memahaminya bertanyalah kepada guru.
 - c. Cocokkan modul dengan mesin frais CNC
 - d. Kerjakanlah tugas-tugas yang ada dalam modul, sampai anda yakin bahwa tugas tersebut telah diselesaikan dan dipahami dengan baik dan benar.
 - e. Jangan berpindah kekegiatan belajar berikutnya jika satu kegiatan belajar belum dikuasai dengan baik
 - f. Bertanyalah kepada guru apabila anda mengalami kesulitan dalam memahami modul ini.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan peserta didik memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam pembuatan komponen pesawat udara menggunakan mesin CNC.

E. Kompetensi Inti Dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
KI-1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin CNC
	1.2 Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin CNC
KI-2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin CNC
	2.2 Menghargai kerja sama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dan cara melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin CNC .
KI-3 Memahami, menerapkan dan	3.1 Membandingkan instruksi kerja mesin CNC

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.2 Menyusun pemrograman mesin CNC
	3.3 Memonitor pengerjaan benda kerja
	4.1 Menggunakan mesin CNC
KI-4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.2 Membuat komponen pesawat udara menggunakan mesin CNC
	4.3 Mengukur benda kerja

F. Cek Kemampuan Awal

Berilah tanda (V) pada kolom Ya atau Tidak untuk menjawab pernyataan kompetensi dengan jujur.

Pernyataan Kompetensi	Saya dapat melakukan pekerjaan ini dengan kompeten		Jika ya kerjakan soal formatip
	Ya	Tidak	
Saya telah mengenal mesin frais CNC			2
Saya pernah membuat program CNC			3
Saya pernah mengoperasikan mesin frais CNC			4
Saya pernah membuat benda kerja dimesin frais CNC			5

BAB II Pembelajaran

A. Deskripsi

Pengertian Mesin Frais CNC

Mesin otomatis dengan elektronik program, pertama kali sukses dibuat oleh proyek gabungan antara Massachusetts Institute of Technology (MIT) dan US Air Force pada pertengahan tahun 1950. Mesin itu adalah mesin 3 axis (milling mesin) yang dikontrol oleh perangkat Tabung Vakum Elektronik. Meskipun mesin ini tidak handal, namun mesin ini merupakan satu langkah ke arah mesin modern. Kontroler tersebut dinamakan Numerical Control atau NC. The Electronics Industry Association (EIA) mendefinisikan NC sebagai "Sebuah sistem dimana gerakan-gerakan mesin di kontrol dengan cara memasukkan langsung data numerik di beberapa titik"

Disebut kontrol numerik (NC = Numerical Control) karena pemrograman yang digunakan menggunakan kode alfanumerik (terdiri dari alfabet/huruf dan numerik/bilangan), yang digunakan untuk menuliskan instruksi-instruksi beserta posisi relatif tool dengan benda kerjanya. Mesin NC dikontrol secara elektronis, tanpa menggunakan computer.

Disebut Mesin Frais CNC, singkatan dari Computer Numerical Control, adalah perangkat yang mampu menjadikan suatu mesin perkakas dapat beroperasi secara otomatis menggunakan komputer sebagai pengendali gerakannya.

Pada tahun 1980 an, banyak pabrik mesin yang mengembangkan teknologi PC (Personal Computer), untuk meningkatkan kehandalan dan menurunkan biaya dari model sebelumnya. Dalam perkembangannya Mesin Frais CNC semakin modern, kemampuannya mesin makin meningkat, semakin sederhana dan rapih bentuknya namun semakin mudah cara pengoperasiannya.

Mesin Frais CNC secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua bagian, yaitu Mesin Frais CNC Training Unit (CNC TU3A) dan Mesin Frais CNC Production Unit (CNC PU3A).

Kedua Mesin Frais CNC tersebut mempunyai prinsip kerja yang sama, akan tetapi yang membedakan kedua tipe mesin tersebut adalah penggunaannya dilapangan. Mesin Frais CNC TU3A dipergunakan untuk pelatihan dasar pemograman dan pengoperasian CNC yang dilengkapi dengan EPS (External Programing System). Mesin Frais CNC jenis Training Unit hanya mampu dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan dengan bahan yang relatif lunak.

Sedangkan Mesin Frais CNC PU3A dipergunakan untuk produksi massal, sehingga mesin ini dilengkapi dengan asesoris tambahan seperti sistem pembuka otomatis yang menerapkan prinsip kerja hidrolis, pembuangan tatal dan sebagainya

B. Kegiatan Belajar

1. Instruksi Kerja Pada Mesin Frais CNC

a. Tujuan Pembelajaran

Melalui diskusi kelompok dan praktik, peserta didik dapat :

- 1) Menyadari sepenuhnya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 2) Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 3) Menyadari dan meyakini bahwa melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC adalah merupakan salah satu bentuk pengamalan perintah Tuhan yang harus dilakukan secara sungguh-sungguh.
- 4) Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 5) Menghargai kerja sama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dan cara melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 6) Menunjukkan perilaku santun, peduli, tanggung jawab, kerja sama, responsif dan proaktif dalam melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan menggunakan mesin frais CNC.
- 7) Memahami prosedur operasi standar pada mesin frais CNC
- 8) Memahami persiapan awal sebelum bekerja pada mesin frais CNC
- 9) Menerapkan instruksi kerja yang digunakan pada mesin frais CNC

b. Uraian Materi

1) Instruksi Kerja Mesin Frais CNC

Instruksi kerja adalah perintah kerja yang dapat dijadikan arahan, petunjuk dan prosedur selama kita bekerja. Didalam instruksi kerja mesin frais CNC terdapat beberapa dokumen kerja, diantaranya :

a) Gambar Kerja

Gambar kerja merupakan alat komunikasi utama dalam proses pembuatan benda kerja, oleh karena itu gambar kerja harus akurat dan dibuat berdasarkan beberapa pertimbangan- pertimbangan tertentu diantaranya :

- (1) Dapat dikerjakan dibengkel pemesinan (diproduksi).
- (2) Dapat dipasang dibagian lain (diasembling).
- (3) Dapat berfungsi dengan baik
- (4) Presisi
- (5) Presentatif

Gambar kerja dianggap baik, apabila gambar tersebut memiliki beberapa kelengkapan diantaranya sebagai berikut:

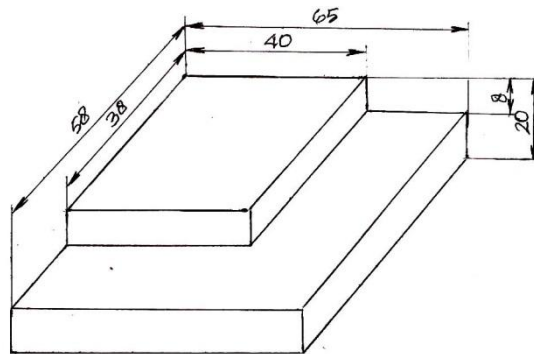
- (1) Penunjuk ukuran
- (2) Toleransi
- (3) Tanda pengerjaan
- (4) Tingkat kehalusan

(1) Penunjuk Ukuran.

Penunjuk ukuran yang digunakan pada gambar kerja ada beberapa sistem yaitu :

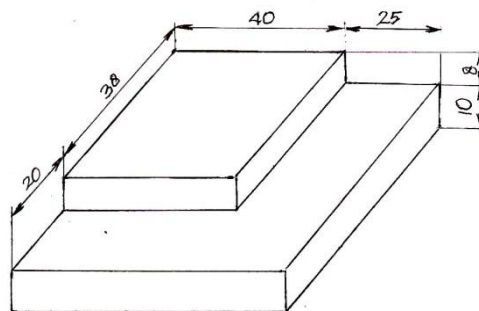
(a) Sistem Ukuran Paralel (Absolut)

Pada sistem ini semua ukuran berbasis atau berpedoman pada satu bidang atau pada satu titik, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Ukuran panjang berbasis pada bidang sebelah kiri, dan ukuran lebar berbasis pada bidang sebelah depan, sedangkan ukuran tebal berbasis pada bidang sebelah atas, sehingga penempatan ukurannya berbentuk sejajar atau paralel.



(b) Sistem Ukuran Seri (Incremental)

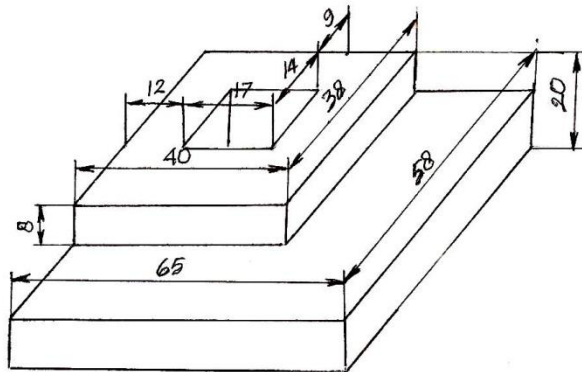
Pada sistem ini setiap ukuran berbasis pada bidang ukuran sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Ukuran panjang berbasis pada sebelumnya dari sebelah kiri, ukuran panjang berbasis pada ukuran sebelumnya dari sebelah depan, sedangkan ukuran tebal berbasis pada ukuran sebelumnya dari sebelah atas, dengan demikian penempatan ukuran berderet atau seri.



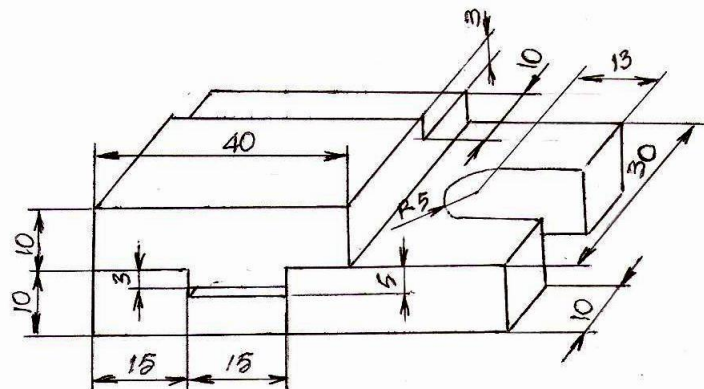
(c) Sistem Ukuran Campuran

Sistem ukuran ini merupakan perpaduan antara paralel (absolut) dan seri (inkrimental) seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Sistem ukuran ini termasuk sistem ukuran yang cukup rumit dan sulit untuk diterapkan pada proses pengerjaan bendakerja. Ukuran panjang 65 dan 40 ukuran paralel, sedangkan ukuran jarak lubang 12 dan panjang lubang 17 merupakan ukuran seri, begitu pula ukuran lebar 58

dan 38 merupakan ukuran paralel, sedangkan ukuran jarak lubang 9 dan lebar lubang 14 merupakan ukuran seri



Penentuan sistem ukuran pada gambar kerja dibuat berdasarkan fungsi dari benda kerja tersebut. Suatu benda akan berpasangan dengan benda lain, maka sistem ukuran benda tersebut harus menyesuaikan dengan sistem ukuran pada benda kerja pasangannya, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Proses pengerjaan dan pengukuran benda kerja juga harus mengikuti penunjuk ukuran pada gambar kerja. Jika gambar kerja menunjukkan ukuran paralel maka pengerjaannya menggunakan ukuran paralel begitu juga cara pengukurannya. Sedangkan jika gambar kerja menunjukkan ukuran seri maka pengerjaannya menggunakan ukuran seri begitu juga cara pengukurannya. Dengan kata lain apabila benda kerja yang dibuat dengan ukuran paralel maka tidak dapat dipakai untuk memenuhi perintah gambar dengan sistem ukuranseri.

(2) Toleransi.

Toleransi adalah batas penyimpangan yang diijinkan. Batas yang dimaksud adalah batas atas dan batas bawah, batas atas dan bawah boleh berada di atas maupun di bawah ukuran nominal.

Contoh ukuran 20 batas atas berada di atas ukuran nominal dan batas bawah berada dibawah ukuran nominal, ukuran 25 batas atas

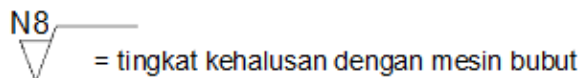
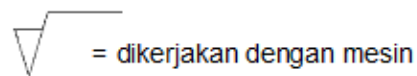
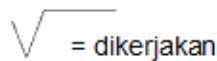
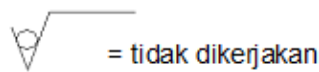
berada di atas ukuran nominal sedangkan batas bawah tepat dengan ukuran nominal, ukuran 30 batas atas tepat dengan ukuran nominal sedangkan batas bawah berada di bawah ukuran nominal, ukuran 35 batas atas berada di atas ukuran nominal dan batas bawah juga berada di atas ukuran nominal, ukuran 40 batas atas berada di bawah ukuran nominal dan batas bawah juga berada di bawah ukuran nominal.

$$\begin{array}{ccccc}
 \begin{array}{c} +0,05 \\ 20 \\ -0,05 \end{array} &
 \begin{array}{c} +0,05 \\ 25 \\ -0 \end{array} &
 \begin{array}{c} +0 \\ 30 \\ -0,05 \end{array} &
 \begin{array}{c} +0,05 \\ 35 \\ +0,01 \end{array} &
 \begin{array}{c} -0,01 \\ 40 \\ -0,05 \end{array}
 \end{array}$$

(3) Tanda Pengerjaan.

Tanda pengerjaan pada gambar kerja merupakan perintah proses pengerjaan benda kerja, baik yang menggunakan mesin maupun perkakas tangan. Proses ini akan menghasilkan kualitas dan tingkat kekasaran permukaan tertentu.

Contoh :



b) Dokumen Kerja

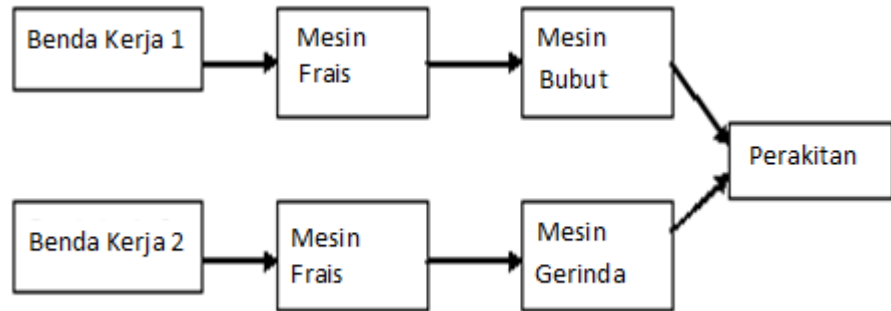
Dokumen kerja merupakan catatan tentang perintah proses pengerjaan. Dokumen kerja terdiri dari :

- Alur kerja
- Gambar kerja
- Langkah kerja

(1) Alur Kerja.

Alur kerja adalah proses pengaturan penempatan pengerjaan benda kerja pada tempat kerja.

Contoh :



Ada dua benda kerja yang harus dikerjakan menggunakan mesin, benda tersebut akan dirakit dalam waktu yang bersamaan, maka proses pengerjaannya harus diatur menggunakan mesin yang berbeda agar pada akhirnya dapat dirakit pada waktu yang bersamaan.

- (2) Gambar Kerja telah diuraikan di atas
- (3) Langkah Kerja

Langkah kerja merupakan analisa urutan proses pengerjaan benda kerja. Untuk menentukan urutan kerja kita harus mempertimbangkan faktor keselamatan kerja dan pendistribusian kerja serta penggunaan mesin. Urutan proses pengerjaan adakalanya dapat dilakukan secara bebas, tetapi adakalanya harus berurutan. Ada suatu proses pengerjaan yang harus menunggu proses pengerjaan tertentu, sebagai contoh apabila kita mau mengetap maka harus menunggu dibor terlebih dahulu.

c) Prosedur Operasi Standar

Prosedur operasi standar adalah Serangkaian perintah pengoperasian yang terstandarisasi. Prosedur ini ada yang bersifat umum dan bersifat khusus.

(1) Prosedur Operasi Standar yang bersifat umum.

Prosedur ini dapat dipakai di semua mesin.

Contoh :

- (a) Sebelum mengoperasikan mesin harus dipastikan di sekeliling mesin dalam keadaan aman.
- (b) Periksa sistem pelumasan dan sistem kelistrikan.
- (c) Selesai mengoperasikan mesin bersihkan dan lumasi bagian yang tidak dicat.

(2) Prosedur Operasi Standar yang bersifat khusus.

Prosedur ini setiap mesin mempunyai prosedur yang berbeda.

Contoh :

Prosedur operasi standar mesin frais CNC TU 3A

- (a) Hidupkan saklar stabiliser (PLN)
- (b) Hidupkan kunci kontak mesin
- (c) Tekan tombol HC untuk pengoperasian manual atau CNC
- (d) Untuk mematikan putar kunci kontak mesin
- (e) Matikan saklar stabiliser (PLN)

d) Persiapan Awal

Persiapan awal sangat penting untuk dilaksanakan karena hal ini sangat berpengaruh terhadap kelancaran dan keselamatan dalam bekerja.

- Persiapan yang perlu dilakukan antara lain :
- (1) Memeriksa kelengkapan dokumen meliputi :
 - (a) Alur kerja
 - (b) Gambar kerja
 - (c) Langkah kerja
 - (2) Memeriksa kelengkapan mesin meliputi :
 - (a) Sistem pelumasan
 - (b) Sistem kelistrikan
 - (c) Kelengkapan Acesoris mesin
 - (d) Gerakan mesin (manual dan otomatis)
 - (3) Memeriksa alat potong meliputi :
 - (a) Ketajaman pisau frais
 - (b) Jenis pisau frais
 - (c) Jumlah pisau frais
 - (4) Memeriksa alat ukur meliputi :
 - (a) Jenis alat ukur
 - (b) Kapasitas alat ukur
 - (c) Akurasi alat ukur (kepresisian)
 - (5) Memeriksa bahan kerja meliputi :
 - (a) Jenis bahan
 - (b) Ukuran bahan
 - (c) Jumlah bahan
- e) Urutan Kerja Mengoperasikan Mesin Frais CNC terdiri atas :
- (1) Masukkan program CNC mesin frais
Memasukkan program CNC sederhana untuk mesin frais CNC dilakukan pemasukan secara manual, yaitu program langsung dituliskan (diketik) pada mesin menggunakan tombol-tombol pemasukan program.
 - (2) Periksa kemungkinan terjadi kesalahan ketik dan kesalahan format/ bahasa pemrograman
Pemeriksaan kesalahan ketik, format dan bahasa pemrograman dilakukan dengan tes jalan program.
 - (3) Periksa arah gerakan dan tipe gerakan pahat
Pemeriksaan arah dan tipe gerakan pahat dilakukan dengan uji lintasan pisau frais. Pasang ploter untuk mengetahui /mendeteksi lintasan pisau frais.
 - (4) Pasang benda kerja
Pemasangan benda kerja dilakukan sesuai standar pemasangan dan mengikuti tata letak yang telah ditetapkan. Perhatikan titik atau bidang datum pemasangan benda kerja.
 - (5) Tempatkan pisau frais pada posisi awal jalan
Penempatan pisau frais pada posisi awal jalan harus sesuai dengan jarak yang ditetapkan pada G 92.
 - (6) Jalankan program

Gerakan pisau frais selama program berjalan harus terus diperhatikan dan segera hentikan jalan program dengan menekan tombol "INP"+"FWD" bersamaan jika ada hal yang mengkhawatirkan.

- f) Pemeriksaan Alat Keselamatan Kerja.
Pemeriksaan alat keselamatan kerja meliputi :
- (1) Pemeriksaan tempat kerja yaitu :
 - (a) Ventilasi ruangan
 - (b) Penerangan ruangan
 - (c) Keadaan lantai
 - (2) Pemeriksaan alat keselamatan kerja yaitu :
 - (a) Kaca pelindung mesin
 - (b) Baju praktek
 - (c) Sepatu pengaman
 - (d) Kaca mata bening
 - (e) Kuas
 - (f) Penarik bram
 - (g) Majun .

Semua kelengkapan kerja dan kelengkapan keselamatan kerja harus dipergunakan dengan sebaik-baiknya agar keselamatan kerja dapat terwujud.

c. Rangkuman

1) Instruksi Kerja Mesin Frais CNC

Instruksi kerja adalah perintah kerja yang dapat dijadikan arahan, petunjuk dan prosedur selama kita bekerja. Didalam instruksi kerja mesin frais CNC terdapat beberapa dokumen kerja, diantaranya :

- a) Gambar Kerja merupakan alat komunikasi utama dalam proses pembuatan benda kerja.
 - (1) Penunjuk Ukuran.
 - (a) Sistem ukuran paralel (Absolut) semua ukuran berbasis atau berpedoman pada satu bidang atau pada satu titik.
 - (b) Sistem ukuran seri (Incrimental) setiap ukuran berbasis pada bidang ukuran sebelumnya.
 - (c) Sistem ukuran campuran merupakan perpaduan antara paralel dan seri.
 - (2) Toleransi adalah batas penyimpangan yang diijinkan
 - (3) Tanda Pengerjaan pada gambar kerja merupakan perintah proses pengerjaan benda kerja
 - (4) Dokumen Kerjamerupakan catatan tentang perintah proses pengerjaan.
 - (5) Alur Kerja adalah proses pengaturan penempatan pengerjaan benda kerja pada tempat kerja.
 - (6) Gambar Kerja merupakan alat komunikasi.
 - (7) Langkah Kerja merupakan analisa urutan proses pengerjaan benda kerja.
- b) Prosedur Operasi Standar adalah Serangkaian perintah pengoperasian yang terstandarisasi.
 - (1) Prosedur operasi standar yang bersifat umum.
 - (2) Prosedur operasi standar yang bersifat khusus.

- c) Persiapan Awal sangat penting untuk dilaksanakan karena hal ini sangat berpengaruh terhadap kelancaran dan keselamatan dalam bekerja.
- d) Urutan Kerja Mengoperasikan Mesin Frais CNC terdiri dari urutan perintah sebagai berikut :
 - (1) Memasukkan program
 - (2) Memeriksa kebenaran program
 - (3) Memeriksa kebenaran lintasan pahat
 - (4) Memasang benda kerja
 - (5) Menempatkan pisau frais pada posisi awal jalan
 - (6) Menjalankan program
 Pemeriksaan alat keselamatan kerja sangat diperlukan, hal ini dilakukan untuk membantu terciptanya keselamatan kerja.

d. Tugas

- 1) Carilah gambar kerja dan kumpulkan !

Ketentuan :

- a) Berupa gambar perintah pembuatan benda kerja
- b) Dicari dari internet, buku, orang tua, kakak kelas, dibuat sendiri dsb.
- c) Berupa gambar asli, foto copy, print out dll.

- 2) Cari dan buatlah prosedur operasi standar umum dan khusus.

Ketentuan :

- a) Prosedur operasi standar dari suatu produk mesin atau peralatan rumah tangga.
- b) Disalin sesuai aslinya.

- 3) Buatlah persiapan awal untuk pembuatan suatu produk.

Ketentuan :

- a) Dibuat lengkap dan detil.
- b) Produk berupa makanan, mainan, suku cadang dll.

- 4) Buatlah langkah kerja untuk pembuatan suatu produk.

Ketentuan :

- a) Dibuat lengkap dan detil.
- b) Produk berupa makanan, mainan, suku cadang dll.

e. Tes Formatif

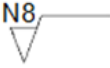
Pilihlah jawaban yang paling benar pada soal dibawah ini

- 1) Alat komunikasi utama dalam proses pembuatan benda kerja disebut ...

- a) Instruksi kerja
- b) Gambar kerja
- c) Dokumen kerja
- d) Prosedur oprerasi standar
- e) Keselamatan kerja

- 2) Perintah kerja yang dapat dijadikan arahan dan petunjuk selama kita bekerja ... disebut

- a) Instruksi kerja
- b) Gambar kerja
- c) Dokumen kerja
- d) Prosedur operasi standar
- e) Keselamatan kerja

- 3) Gambar kerja dianggap baik apabila memiliki kelengkapan seperti dibawah ini, kecuali :
- Penunjuk ukuran
 - Toleransi
 - Tanda pengerjaan
 - Tingkat kehalusan
 - Penggunaan bengkel
- 4) Salah satu pertimbangan yang harus diperhatikan dalam membuat gambar kerja adalah ...
- Mudah dijual
 - Mudah dibawa
 - Dapat berfungsi dengan baik
 - Mendapatkan keuntungan yang besar
 - Mudah mengerjakanya
- 5) Sistem ukuran pada gambar kerja yang berbasis pada bidang ukuran sebelumnya disebut ...
- Sistem ukuran absolut
 - Sistem ukuran paralel
 - Sistem ukuran seri
 - Sistem ukuran campuran
 - Sistem ukuran ISO
- 6) Suatu gambar terdapat ukuran seri dan paralel, hal ini diperbolehkan karena sistem ini dinamakan ...
- Sistem ukuran absolut
 - Sistem ukuran paralel
 - Sistem ukuran seri
 - Sistem ukuran campuran
 - Sistem ukuran ISO
- 7) Suatu benda kerja mempunyai ukuran $35^{+0,05}_{+0,01}$ yang berarti ukuran yang diperbolehkan adalah ...
- 35,05 sampai 35,01
 - 35,05 sampai 34,99
 - 34,95 sampai 34,99
 - 35,00 sampai 35,05
 - 35,01 sampai 35,00
- 8) Tanda pengerjaan seperti ini  mempunyai arti ...
- Dikerjakan
 - Tidak dikerjakan
 - Tingkat kehalusan dengan mesin bubut
 - Dikerjakan dengan mesin
 - Dikerjakan dengan mesin gerinda
- 9) Urutan kerja yang benar pada proses pembuatan lubang ulir adalah ...
- Persing, ngetap, membor, senter bor.
 - Membor, senter bor, persing, ngetap
 - Senter bor, persing, membor, ngetap
 - Senter bor, membor, ngetap, persing
 - Sente bor, membor, persing, ngetap
- 10) Alat keselamatan kerja yang tepat dipakai pada kerja bubut adalah ...

- a) Kacamata bening
 - b) Kacamata hitam
 - c) Penutup telinga
 - d) Sarung tangan
 - e) Sabuk pengaman
- f. Kunci jawaban tes formatif
- 1) B
 - 2) A
 - 3) E
 - 4) C
 - 5) C
 - 6) D
 - 7) A
 - 8) C
 - 9) E
 - 10) A
- g. Lembar Kerja Peserta Didik
- 1) Buatlah urutan kerja pada proses kerja mesin frais konvensional dan proses kerja mesin frais CNC. Bandingkan kedua urutan kerja tersebut dan buatlah kesimpulanya !
 - 2) Buatlah laporan hasil pengamatan di tempat kerja anda.
Tentang :
 - a) Keadaan ruangan berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja
 - b) Kelengkapan alat-alat keselamatan kerja.

Contoh format hasil pengamatan

No.	Bagian yang diamati	Baik	Sedang	Kurang
1.	Lantai bengkel	✓		
2.			
3.			

2. Pengenalan Mesin Frais CNC

a. Tujuan Pembelajaran

Melalui diskusi kelompok dan praktik, peserta didik dapat:

- 1) Menyadari sepenuhnya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 2) Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 3) Menyadari dan meyakini bahwa melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC adalah merupakan salah satu bentuk pengamalan perintah Tuhan yang harus dilakukan secara sungguh-sungguh.

- 4) Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 5) Menghargai kerja sama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dan cara melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC. .
- 6) Menunjukkan perilaku santun, peduli, tanggung jawab, kerja sama, responsif dan proaktif dalam melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 7) Memahami perkembangan teknologi mesin frais CNC
- 8) Mengidentifikasi mesin frais CNC
- 9) Menyebutkan nama-nama bagian mesin frais CNC
- 10) Menjelaskan fungsi dari tiap-tiap bagian mesin frais CNC
- 11) Mencoba menggunakan tiap-tiap bagian mesin frais CNC.

b. Uraian Materi

1) Pengenalan Mesin CNC

a) Perkembangan Mesin CNC

Untuk pertama kalinya pada tahun 1952 John Pearson dan Institut teknologi massachusetts dari angkatan udara Amerika Serikat mengembangkan mesin NC, dengan tujuan untuk membuat benda kerja khusus yang bentuknya rumit. Mesin NC saat itu mempunyai Unit pengendali yang besar sehingga memakan biaya yang tinggi, pelayanan dan pemeliharanya rumit, sehingga mesin ini sangat tidak mungkin untuk digunakan secara luas. Tetapi mesin ini terus dikembangkan hingga 15 tahun kemudian perusahaan yang mempunyai keberanian memelopori investasi dalam teknologi ini.

Baru pada tahun 1975 produksi mesin NC berkembang dengan pesat, penyebab berkembangnya mesin ini karena telah ditemukan microprocessor. Perusahaan besar, menengah dan kecil mulai tertarik teknologi ini. Perbandingan harga satu unit mesin NC sekarang dibandingkan dengan harga mesin NC tahun 1968 adalah satu dibanding dua puluh lima. Kerusakan elektronik pengendali berkisar satu persen saja, maka keraguan tentang teknologi mesin NC sangat berkurang.

Dengan rendahnya harga pembelian, tingginya kapasitas pemotongan, ketelitian, kecepatan dan mudahnya pemrograman maka mesin ini akan terus berkembang dengan pesat.

b) Pengertian Mesin CNC

Teknologi komputer saat sekarang ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, Perkembangan penerapannya komputer dapat dipadukan dengan peralatan lain, misalnya dengan alat mekanik pada mesin perkakas. Hasil perpaduan antara teknologi computer dengan teknologi mekanik yang selanjutnya dikenal dengan mesin NC/CNC (Computer Numerically Controlled).

Jadi mesin CNC adalah mesin yang system pengoperasiannya menggunakan program yang dikontrol langsung oleh computer.

Mesin CNC jika dibandingkan dengan mesin konvensional mesin CNC mempunyai kelebihan antara lain lebih teliti (accurate), lebih tepat (presisi), lebih luwes (fleksible), dapat membuat benda berbentuk rumit (contour) dan sangat cocok untuk membuat benda dalam jumlah banyak (mass product).

Oleh karena itu industri banyak yang beralih menggunakan mesin CNC untuk meningkatkan kualitas dan kapasitas produksi serta untuk meningkatkan pelayanan konsumen.

Demikian juga dalam industri pesawat udara, peranan mesin NC/CNC sangat penting untuk memproduksi komponen pesawat udara.

Jadi dapat disimpulkan bahwa mesin CNC (Computer Numerically Controlled) adalah suatu mesin yang dikontrol oleh computer dengan menggunakan bahasa numeric (perintah gerakan dengan menggunakan kode angka dan huruf).

Jika ditinjau dari cara pengoperasiannya mesin NC dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

- (1) Mesin ANC (Adaptive Numerically Controlled) adalah mesin yang mempunyai sistem kendali yang dapat menyesuaikan diri dengan kondisi kerja.
- (2) Mesin DNC (Direct Numerically Controlled) adalah mesin yang dapat dimasuki program secara langsung melalui elektronik kabel.
- (3) Mesin CNC (Computer Numerically Controlled) adalah mesin yang dikendalikan oleh komputer dengan menggunakan angka-angka.

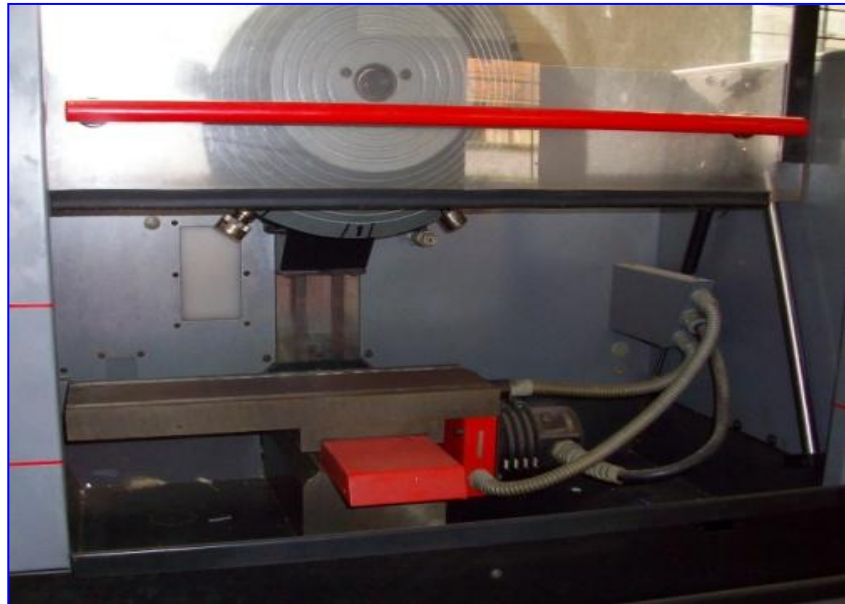
Ada berbagai macam mesin CNC namun pada industri pemesinan yang paling banyak digunakan adalah mesin bubut CNC dan mesin frais CNC atau campuran antara mesin bubut dan frais.

(1) Mesin Frais CNC

Contoh mesin Frais CNC dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini yaitu mesin frais CNC standart.



Mesin Frais CNC dengan pemasangan pisau lebih dari satu dengan penggantian alat secara otomatis menggunakan program



Mesin Frais CNC yang dilengkapi dengan penjepitan benda kerja secara otomatis menggunakan program.



(2) Mesin Bubut CNC

Contoh mesin bubut CNC dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini yaitu mesin bubut CNC standart.



Berikutnya adalah Mesin bubut CNC yang dilengkapi dengan batang pengumpan (bar feeder) , yaitu alat untuk memegang bahan benda kerja yang masih berupa batangan yang kemudian dimasukan kedalam mesin secara otomatis menggunakan program.



Ada juga mesin bubut CNC yang dilengkapi dengan turret (revolve), yaitu alat yang digunakan untuk menempatkan pahat dalam jumlah yang banyak dan dapat dipanggil menggunakan program.



(3) Mesin Bubut dan Frais CNC

Mesin bubut dan frais CNC dengan kemampuan gerakan 5 axis/ sumbu. Bisa mengerjakan pekerjaan bubut dan frais sekaligus dalam satu mesin.



- (4) Mesin Frais CNC dengan pemasangan pisau lebih dari 20 buah biasa disebut dengan Machining Center.



Contoh

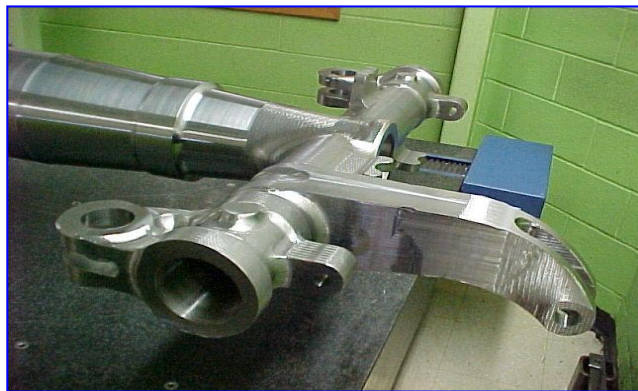
Benda kerja yang diproduksi menggunakan mesin bubut dan mesin frais CNC



Benda kerja yang diproduksi menggunakan mesin bubut 5 axis

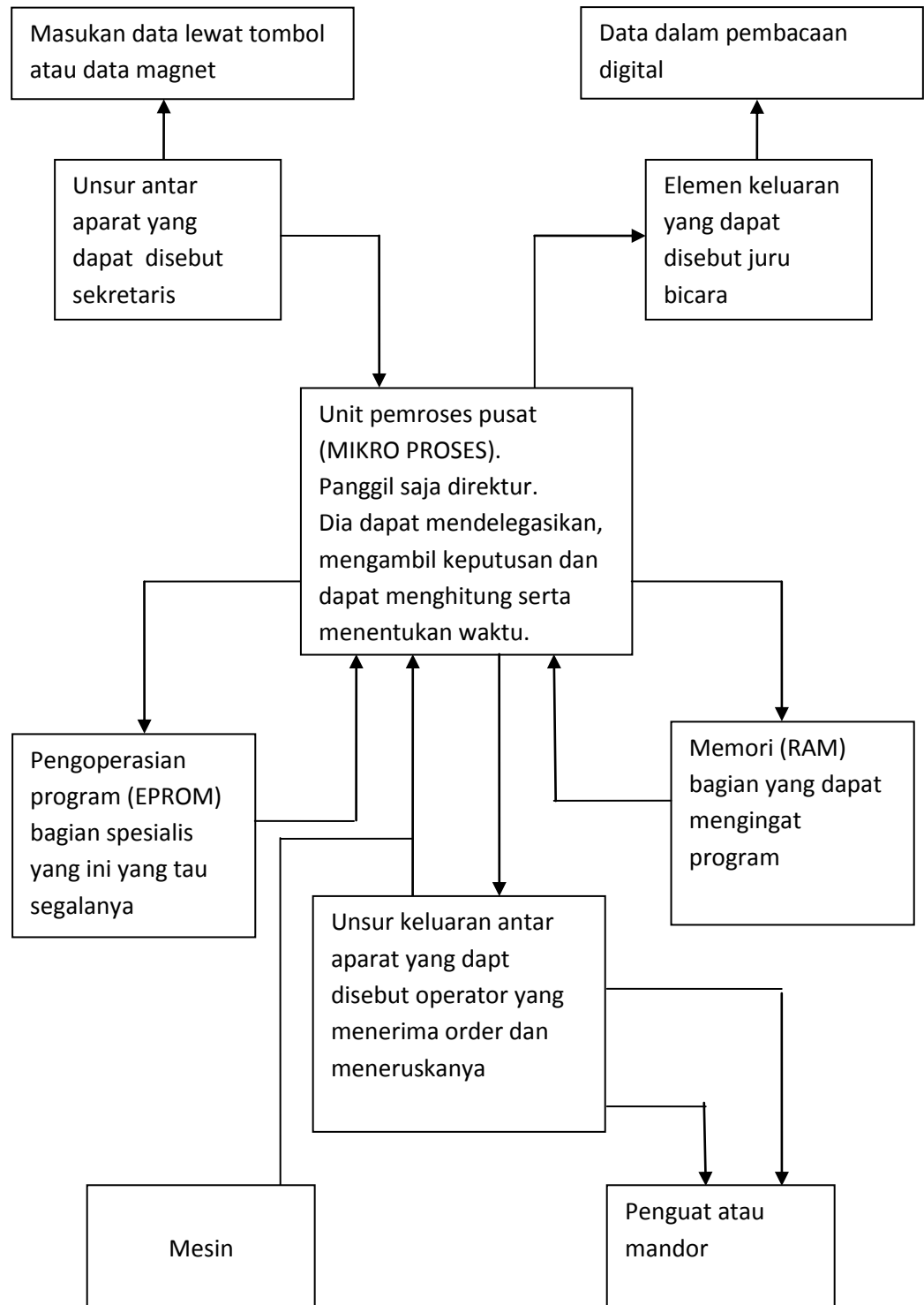


Part yang diproduksi untuk industri penerbangan



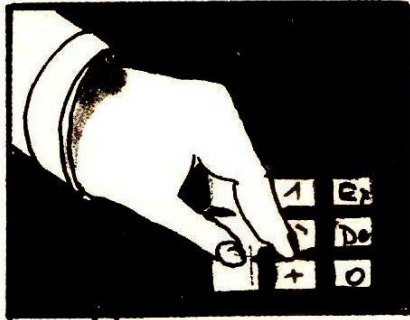
c) Cara Kerja Sistem Pengendali pada Mesin CNC

Sistem pengendali CNC dapat dijelaskan melalui diagram di bawah ini

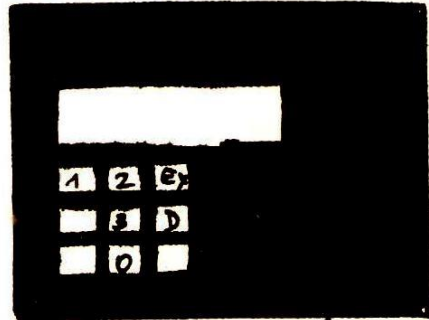


Mesin CNC - Unsur-unsur pokok

Masukan data



Pembacaan digital

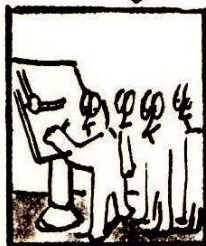


Unsur antar aparat
(sekretaris)



Unsur keluaran
(Juru bicara)

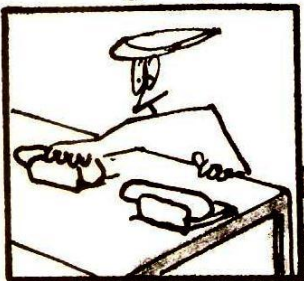
Unit pemroses pusat
= Mikro prosesor
(Direktur)



Pengoperasian program =
EPROMS (Spesialis)

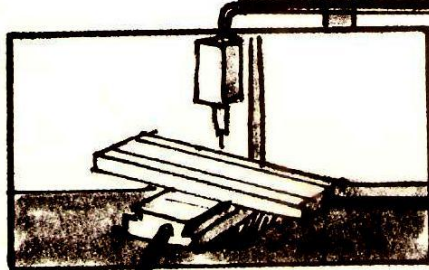


Memori = RAM

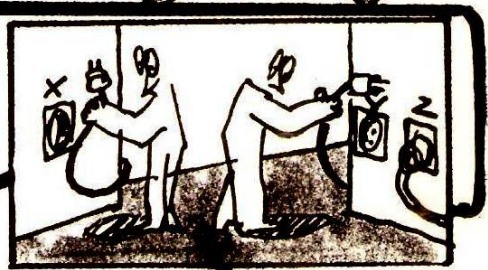


Unsur keluaran =

Penguat
(Mandor)



Anter aparat
(Kepala operator)



Bagan di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- (1) Hubungan sekretaris ke direktur. Bila tombol START ditekan maka direktur akan menanyakan kepada Memori. Sedangkan apabila ada kode M30 maka program berakhir.
- (2) Hubungan direktur ke spesialis. Bila kita akan membuat alur miring, maka bagian ini akan menghitung untuk keperluan itu.
- (3) Hubungan spesialis ke direktur. Hasil perhitungan dilaporkan ke direktur untuk diputuskan oke
- (4) Hubungan direktur ke memori. Derektur akan meminta data yang diperlukan pada memori.
- (5) Hubungan memori ke direktur. Memori akan memberikan data, misalkan eretan digerakan ke arah X,Y dan Z
- (6) Hubungan direktur ke kepala operator. Direktur menghitung dan memberikan data kepada operator untuk menentukan gerakan dan kecepatan pengerjaan
- (7) Hubungan kepala operator ke mandor. Kepala operator memerintahkan mandor untuk menggerakkan ertan ke arah tertentu dengan kecepatan tertentu
- (8) Hubungan direktur ke juru bicara. Juru bicara diperintahkan untuk memberi tahu bahwa pekerjaan telah selesai apa dapat melanjutkan pekerjaan berikutnya.

Persamaan dan perbedaan antara mesin frais konvensional dan mesin frais CNC

Persamaan Mesin Frais Konvensional dan Mesin Frais CNC dapat diperlihatkan pada tabel di bawah ini

Mesin Konvensional 	Informasi yang diperlukan	Mesin CNC 
ya	Gambar teknik	ya
ya	Perangkat Mesin bubut	ya
ya	Alat pencekam,senter dll	ya
ya	Macam-macam Pisau Frais	ya
ya	Kecepatan potong Tergantung pada : Bahan benda kerja	ya

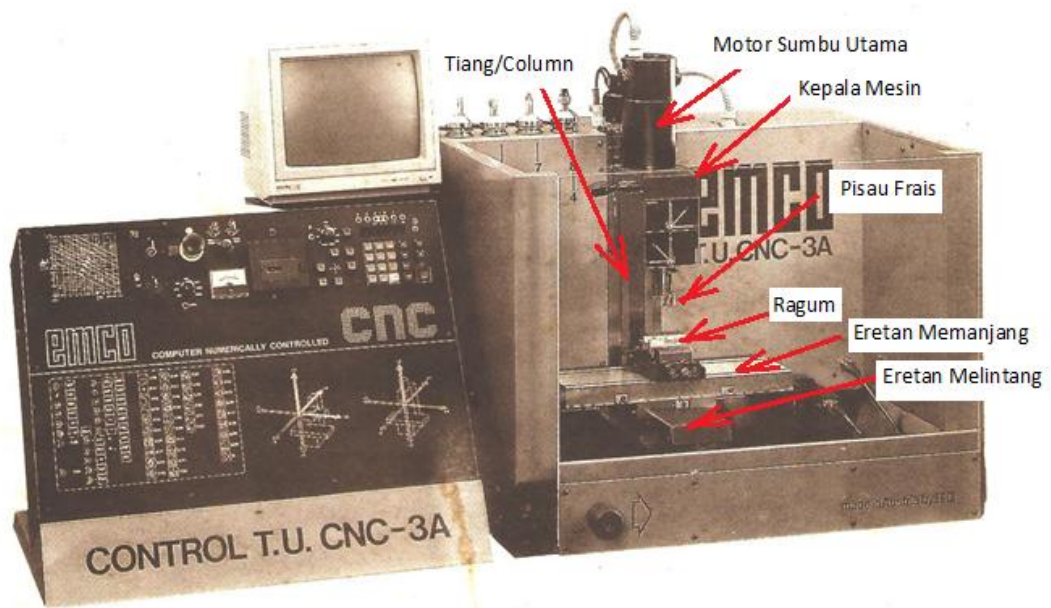
	Bahan pahat Proses pembubutanm kasar, halus, penguliran.	
ya	Besar asutan	ya
ya	Kedalaman pemotongan	ya
ya	Tenaga dan ukuran mesin	ya
ya	Pengendalian manual dengan tangan	tidak
tidak	Pengendalian manual dengan tombol	ya
tidak	Membuat program	ya

2) Nama-nama Bagian Utama Mesin frais CNC

Mesin frais CNC terdiri dari beberapa bagian yang dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu bagian utama mekanik mesin dan bagian pengendali atau kontrol.

a) Bagian Utama Mekanik Mesin

Mekanik mesin terdiri dari beberapa bagian utama yaitu:



(1) Kepala Mesin

Kepala mesin adalah bagian mesin frais yang berfungsi untuk merubah kecepatan dan arah putaran sumbu utama (spindle). Kecepatan putaran sumbu utama dapat diatur menggunakan saklar pengatur kecepatan sumbu utama, sedangkan arah putaran diatur oleh saklar layanan sumbu utama.

(2) Meja Mesin

Meja mesin adalah tempat untuk menempatkan ragam atau benda kerja, oleh karena itu meja mesin harus selalu bersih. Kerusakan permukaan meja mesin akan berakibat mempengaruhi hasil kerja.

(3) Ragum

Ragum adalah alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja pada mesin frais. Ragum dipasang pada meja mesin.

(4) Eretan Memanjang

Eretan memanjang adalah eretan yang bergerak secara memanjang atau searah dengan sumbu X. Eretan memanjang dapat bergerak secara manual maupun dengan melalui program. Spesifikasi Kecepatan gerakan eretan memanjang sebagai berikut:

- (a) kecepatan maksimum 700 mm/menit
- (b) gerak pengoperasian manual 5 - 400mm/menit
- (c) gerak pengoperasian CNC terprogram 2 - 499 mm/men

(5) Eretan Melintang

Eretan melintang adalah eretan yang bergerak secara melintang atau searah dengan sumbu Y. Spesifikasi Kecepatan gerakan eretan memanjang sebagai berikut:

- (a) kecepatan maksimum 700 mm/menit
- (b) gerak pengoperasian manual 5 - 400mm/menit
- (c) gerak pengoperasian CNC terprogram 2 - 499 mm/men

(6) Eretan Tegak

Eretan tegak adalah eretan yang bergerak secara vertikal atau searah dengan sumbu Z. Eretan tegak dapat bergerak secara manual maupun dengan melalui program. Spesifikasi Kecepatan gerakan eretan tegak sebagai berikut:

- (a) kecepatan maksimum 700 mm/menit
- (b) gerak pengoperasian manual 5 - 400mm/menit
- (c) gerak pengoperasian CNC terprogram 2 - 499 mm/men

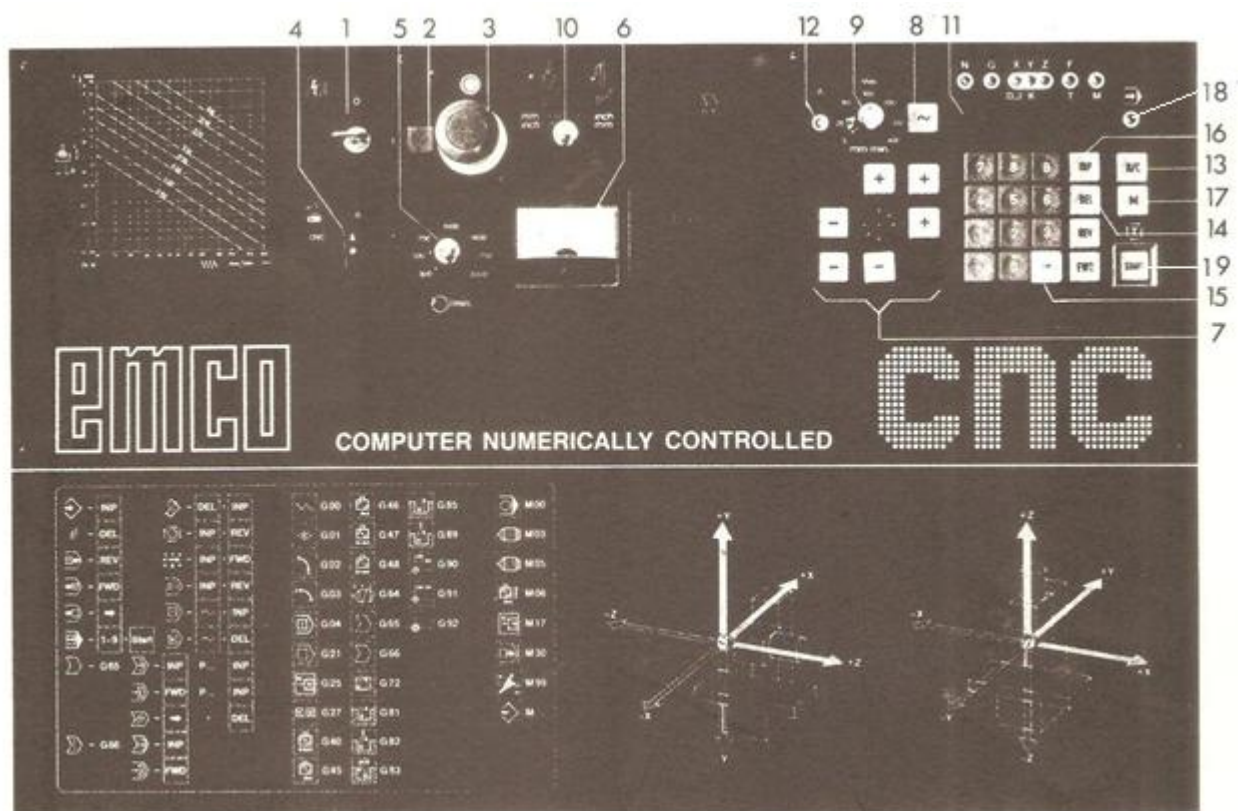
(7) Motor Pengerak Sumbu Utama

Motor penggerak sumbu utama adalah motor yang digunakan untuk menggerakkan sumbu utama (spindle). Jenis motor yang digunakan adalah motor arus searah (DC) dengan kecepatan yang dapat diatur (variabel) dan mempunyai spesifikasi sebagai berikut: Jenjang putaran dari 600 s/d 4000 putaran /menit, daya masuk 500 watt dan daya terpakai 300 watt

(8) Motor Pengerak Eretan

Motor penggerak eretan adalah motor yang digunakan untuk menggerakkan eretan, masing-masing eretan digerakkan oleh motor yang berbeda, yaitu eretan memanjang digerakkan oleh motor penggerak sumbu X, eretan melintang digerakkan oleh motor penggerak sumbu Y dan eretan tegak digerakkan oleh motor penggerak sumbu Z. Jenis motor yang digunakan adalah motor step, dengan ukuran dan spesifikasi sebagai berikut: Jumlah putaran 72 langkah(step), momen putar 0,5 Nm.

b) Bagian Pengendali atau Kontrol



Pengendali atau Kontrol terdapat beberapa Saklar, Tombol dan Indikator :

- (1) Saklar Utama (Main Switch)

Saklar utama berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan sumber tenaga listrik dari PLN dengan mesin CNC. Jika kunci diputar pada posisi 1 arus listrik masuk dan mesin CNC hidup, Apabila diputar pada posisi 0 arus listrik akan terputus dan mesin mati.



(2) Lampu Indicator

Lampu indikator berfungsi untuk mengetahui adanya aliran arus listrik. Jika lampu indikator menyala berarti ada aliran arus listrik yang masuk ke dalam mesin, tapi bila lampu mati berarti tidak ada arus listrik yang mengalir ke dalam mesin.



(3) Tombol Darurat (Emergency Button)

Tombol ini digunakan untuk mematikan mesin dalam keadaan darurat, hal ini dilakukan apabila akan terjadi tabrakan akibat kesalahan program. Cara kerja tombol ini adalah jika tombol ditekan maka listrik akan terputus dan mesin mati. Untuk menghidupkan kembali, putarlah saklar utama pada posisi 0, kemudian putar tombol darurat ke arah kanan dan selanjutnya saklar utama diputar kembali ke posisi 1 maka aliran arus listrik kembali masuk dan mesin akan hidup kembali.



(4) Saklar Layanan Sumbu Utama (Selector Switch)

Saklar ini digunakan untuk memutar sumbu utama atau spindle mesin, saklar ini dapat digunakan pada saat pengoperasian secara manual maupun CNC. Cara pengoperasiannya bila saklar diputar pada posisi 1 spindle berputar secara manual, dan jika diputar pada posisi CNC maka spindle akan berputar mengikuti besarnya putaran yang ada pada program CNC.



(5) Saklar Pengtur Putaran Spindle

Saklar ini berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran sumbu utama/spindle. Pada mesin CNC TU 2A kecepatan putar spindle dapat diatur antara 50- 3000 rpm. Jika saklar diputar kearah kanan putaran semakin tinggi dan kekiri semakin rendah.



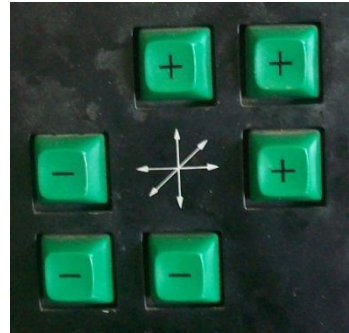
(6) Amper Meter

Amper meter digunakan untuk menunjukkan besarnya arus listrik yang digunakan oleh motor utama. Dengan demikian bila terjadi beban yang berlebihan pada motor utama maka dapat diamati dan dicegah. Besarnya arus maksimum yang diijinkan adalah 4 amper. Standar aman adalah kurang dari 2 amper.



(7) Tombol Penggerak Eretan

Tombol ini digunakan untuk menggerakkan eretan baik eretan memanjang maupun eretan melintang. Bila tombol X + ditekan maka pisau akan bergerak ke kanan, bila tombol X- ditekan maka pisau akan bergerak ke kiri. Bila tombol Y + ditekan maka pisau akan bergerak ke depan, bila tombol Y- ditekan maka pisau akan bergerak ke belakang. Bila tombol Z + ditekan maka pisau akan bergerak ke atas, bila tombol Z- ditekan maka pisau akan bergerak ke bawah.



(8) Saklar Pengatur Asutan (Feed Override)

Saklar ini berfungsi untuk mengatur kecepatan gerakan asutan eretan memanjang, eretan melintang vertical mesin pada saat pengoperasian manual. Kecepatan asutan Mesin CNC TU 3A adalah 5 – 400 mm/menit.



(9) Tombol Gerakan Cepat

Untuk menjalankan eretan memanjang dan melintang dengan gerakan secara cepat, caranya dengan menekan tombol ~ dan tombol arah secara bersama sama.



(10) Saklar Pemilih Satuan Inchi / Metric

Saklar ini digunakan untuk mengatur layanan mesin dalam satuan ukuran inchi atau ukuran milimeter. Apabila saklar pada posisi inch, maka mesin akan beroperasi dalam satuan inchi, tetapi bila pada posisi mm maka mesin akan beroperasi dalam satuan mm.



(11) Display Untuk Nilai X,Y, Z, F, H

Display ini digunakan untuk menampilkan besaran nilai sumbu X, Z, kecepatan pemakanan F dan ketebalan pemakanan. Besaran nilai nilai ini juga dapat ditampilkan di layar monitor.



(12) Lampu Control Pelayanan manual

Bila lampu kontrol ini menyala berfungsi sebagai tanda bahwa mesin dalam operasi layanan manual.



(13) Tombol Pemilih Operasi Manual/CNC

Tombol ini digunakan untuk memilih layanan operasi manual atau operasi CNC. Jika tombol HAND/CNC ditekan maka layanan akan berubah, hal ini ditandai oleh menyalnya lampu kontrol pelayanan manual ke lampu kontrol pelayanan CNC atau sebaliknya.



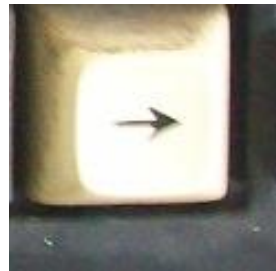
(14) Tombol Del

Tombol ini digunakan untuk menghapus nilai yang ada pada display



(15) Tombol panah

Tombol panah digunakan untuk memindahkan X ke Y ke Z dengan tanpa menggerakkan eretan



(16) Tombol INP

Tombol input digunakan untuk memasukkan data dan nilai-nilai gerakan eretan.



(17) Tombol M

Tombol M digunakan untuk memasukkan fungsi tambahan



(18) Lampu Control Pelayanan CNC

Bila lampu kontrol ini menyala berfungsi sebagai tanda bahwa mesin dalam operasi layanan CNC.



(19) Tombol Start untuk Eksekusi Program

Tombol start digunakan untuk menjalankan program atau mengeksekusi program.



c. Rangkuman

1) Pengenalan Mesin CNC

e) Perkembangan Mesin CNC

Untuk pertama kalinya pada tahun 1952 John Pearson dan Institut teknologi massachusetts dari angkatan udara Amerika Serikat mengembangkan mesin NC, dengan tujuan untuk membuat benda kerja khusus yang bentuknya rumit. Baru pada tahun 1975 produksi mesin NC berkembang dengan pesat, penyebab berkembangnya mesin ini karena telah ditemukan microprocessor. Perusahaan besar, menengah dan kecil mulai tertarik teknologi ini. Dengan rendahnya harga pembelian, tingginya kapasitas pemotongan, ketelitian, kecepatan dan mudahnya pemrograman maka mesin ini akan terus berkembang dengan pesat.

f) Pengertian Mesin CNC

Teknologi komputer saat sekarang ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, Hasil perpaduan antara teknologi computer dengan teknologi mekanik yang selanjutnya dikenal dengan mesin NC/CNC (Computer Numerically Controlled). Jadi dapat disimpulkan bahwa mesin CNC (Computer Numerically Controlled) adalah suatu mesin yang dikontrol oleh computer dengan menggunakan bahasa numeric (perintah gerakan dengan menggunakan kode angka dan huruf). Jika ditinjau dari cara pengoperasiannya mesin NC dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

(1) Mesin ANC (Adaptive Numerically Controlled)

- (2) Mesin DNC (Direct Numerically Controlled)
- (3) Mesin CNC (Computer Numerically Controlled)

Macam Mesin CNC yang paling banyak digunakan pada industri pemesinan adalah

- (1) Mesin Bubut CNC
- (2) Mesin Frais CNC
- (3) Mesin Bubut dan Frais CNC

Cara kerja sistem pengendali pada mesin CNC

Data dikirim ke mikro prosesor, prosesor mengolah data untuk memerintahkan gerakan kemesin dan melaporkan proses yang sedang berlangsung.

Persamaan dan perbedaan antara mesin frais konvensional dan mesin frais CNC.

Pada prinsipnya mesin konvensional dan mesin CNC banyak persamaannya, perbedaannya pengendalian konvensional menggunakan manual sedangkan CNC menggunakan tombol dan program

2) Nama-Nama Bagian Utama Mesin Frais CNC

Mesin frais CNC terdiri dari beberapa bagian yang dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

a) Bagian Utama Mekanik Mesin

Mekanik mesin terdiri dari beberapa bagian utama yaitu:

- (1) Kepala Mesin adalah bagian mesin frais yang berfungsi untuk merubah kecepatan dan arah putaran sumbu utama (spindle).
- (2) Meja Mesin adalah tempat untuk menempatkan ragum atau benda kerja.
- (3) Ragum adalah alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja pada mesin frais.
- (4) Eretan Memanjang adalah eretan yang bergerak secara memanjang atau searah dengan sumbu X.
- (5) Eretan Melintang adalah eretan yang bergerak secara melintang atau searah dengan sumbu Y.
- (6) Eretan Tegak adalah eretan yang bergerak secara vertikal atau searah dengan sumbu Z.
- (7) Motor Pengerak Sumbu Utama adalah motor yang digunakan untuk menggerakkan sumbu utama (spindle).
- (8) Motor Pengerak Eretan adalah motor yang digunakan untuk menggerakkan eretan, masing-masing eretan digerakkan oleh motor yang berbeda.

b) Bagian Pengendali atau Kontrol

Pengendali atau kontrol terdapat beberapa saklar, tombol dan indikator

- (1) Saklar Utama (Main Switch) berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan sumber tenaga listrik dari PLN dengan mesin CNC
- (2) Lampu Indikator berfungsi untuk mengetahui adanya aliran arus listrik.
- (3) Tombol Darurat (Emergency Button) digunakan untuk mematikan mesin dalam keadaan darurat

- (4) Display Jumlah Putaran akan menampilkan angka untuk melihat jumlah putaran spindel mesin bubut.
- (5) Saklar Layanan Sumbu Utama (Selector Switch) digunakan untuk memutar sumbu utama atau spindle mesin. CNC maka spindle akan berputar mengikuti besarnya putaran yang ada pada program CNC.
- (6) Saklar Pemilih Satuan Inchi / mm digunakan untuk mengatur layanan mesin dalam satuan ukuran inchi atau ukuran milimeter.
- (7) Amper Meter digunakan untuk menunjukkan besarnya arus listrik yang digunakan oleh motor utama.
- (8) Disk Drive / Penggerak Disket dimaksudkan untuk pelayanan pengoperasian disket.
- (9) Tombol Pemilih Operasi Manual / CNC digunakan untuk memilih layanan operasi manual atau operasi CNC.
- (10) Lampu Control Pelayanan CNC berfungsi sebagai tanda bahwa mesin dalam operasi layanan CNC.
- (11) Tombol Start untuk Eksekusi Program digunakan untuk menjalankan program atau mengeksekusi program.
- (12) Tombol Masukan untuk Pelayanan CNC digunakan untuk memasukan program, meralat program dan sebagainya.
- (13) Display Nilai X, Z, F, H digunakan untuk menampilkan besaran nilai sumbu X, Z, kecepatan pemakanan F dan ketebalan pemakanan.
- (14) Indikator Masukkan Program digunakan untuk menampilkan keberadaan kursor pada tabel program.
- (15) Saklar Pengatur Putaran Spindle berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran sumbu utama/spindle.
- (16) Saklar Pengatur Asutan (Feed Override) berfungsi untuk mengatur kecepatan gerakan asutan eretan memanjang maupun eretan melintang.
- (17) Tombol Penggerak Eretan digunakan untuk menggerakkan eretan baik eretan memanjang maupun eretan melintang.
- (18) Tombol Gerakan Cepat Untuk menjalankan eretan memanjang dan melintang dengan gerakan secara cepat

d. Tugas

- 1) Lakukan pengamatan dan buatlah laporannya, tentang :
 - a) Bagian utama mekanik mesin konvensional beserta fungsinya
 - b) Bagian utama mekanik mesin CNC beserta fungsinya
 - c) Bandingkan kedua jenis mesin tersebut.
- 2) Lakukanlah percobaan penggunaan bagian pengendali/kontrol pada mesin bubut CNC dan buatlah laporan tentang apa yang pernah dicoba.
Ketentuan :
 - a) Percobaan dilakukan dibawah pengawasan guru
 - b) Percobaan dilakukan satu persatu, lakukan dengan hati-hati dan penuh tanggung jawab

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling benar untuk menjawab pertanyaan di bawah ini :

- 1) Baru pada tahun 1975 produksi mesin NC berkembang dengan pesat, penyebab berkembangnya mesin ini karena telah ditemukannya ...

- a) Computer
 - b) Microprocessor
 - c) Transistor
 - d) Resistor
 - e) akumulator
- 2) Suatu mesin yang dikontrol oleh computer dengan menggunakan bahasa numeric (perintah gerakan dengan menggunakan kode angka dan huruf) adalah mesin ...
- a) ANC
 - b) DNC
 - c) CNC
 - d) CAD
 - e) AUTOCAD
- 3) Mesin CNC yang bisa mengerjakan pekerjaan bubut dan frais sekaligus dalam satu mesin disebut mesin CNC dengan kemampuan ...
- a) gerakan 2 axis/ sumbu
 - b) gerakan 3 axis/ sumbu
 - c) gerakan 4 axis/ sumbu
 - d) gerakan 5 axis/ sumbu
 - e) gerakan 6 axis/ sumbu
- 4) Dalam sistem pengendali CNC dapat dijelaskan bawah microprocessor dapat diumpamakan sebagai ...
- a) juru bicara
 - b) sekretaris
 - c) mandor
 - d) pengingat
 - e) direktur
- 5) Yang membedakan antara mesin bubut konvensional dan mesin bubut CNC adalah keduanya memerlukan, kecuali :
- a) Gambar teknik
 - b) Perangkat mesin bubut
 - c) Program
 - d) Tenaga listrik
 - e) Kecepatan putaran mesin
- 6) Bagian mesin bubut yang berfungsi untuk merubah kecepatan dan arah putaran sumbu utama (spindle) adalah ...
- a) Kepala lepas
 - b) Kepala tetap
 - c) Eretan memanjang
 - d) Eretan melintang
 - e) Meja mesin
- 7) Tempat untuk memasang ragam disebut ...
- a) Kepala lepas
 - b) Kepala tetap
 - c) Eretan memanjang
 - d) Eretan melintang
 - e) Meja mesin
- 8) Eretan yang bergerak secara melintang atau searah dengan sumbu Y disebut ...

- a) Kepala lepas
 - b) Kepala tetap
 - c) Eretan memanjang
 - d) Eretan melintang
 - e) Meja mesin
- 9) Tombol yang digunakan untuk mematikan mesin dalam keadaan darurat dinamakan tombol ...
- a) Pelayanan CNC
 - b) Penggerak
 - c) Eksekusi
 - d) Darurat
 - e) Gerak cepat
- 10) Alat yang digunakan untuk menunjukkan besarnya arus listrik yang digunakan oleh motor utama disebut ...
- 1) Ampermeter
 - 2) Lampu indikator
 - 3) Monitor
 - 4) Volt meter
 - 5) Mikroskop

f. Kunci jawaban tes formatif

- 1) B
- 2) C
- 3) D
- 4) E
- 5) C
- 6) B
- 7) E
- 8) D
- 9) D
- 10) A

g. Lembar Kerja Peserta didik

Contoh format hasil pengamatan

No.	Nama bagian yang diamati	Fungsi bagian yang diamati	pemahaman	
			Ya	Tidak
1	Meja mesin	Bentuk lurus, berfungsi sebagai landasan Bergeraknya eretan memanjang.	✓	
2		

3				
4				
dst				

Contoh format percobaan

No.	Nama bagian yang dicoba	Hasil / pengaruh uji coba	pemahaman	
			Ya	Tidak
1	Saklar utama	Jika diputar kekanan mesin hidup, lampu indikator menyala. Diputar kekiri mesin mati.	✓	
2		
3				
4				
5				
6				
dst				

3. Penggunaan Mesin Frais CNC

a. Tujuan Pembelajaran

Melalui diskusi kelompok dan praktik, peserta didik dapat:

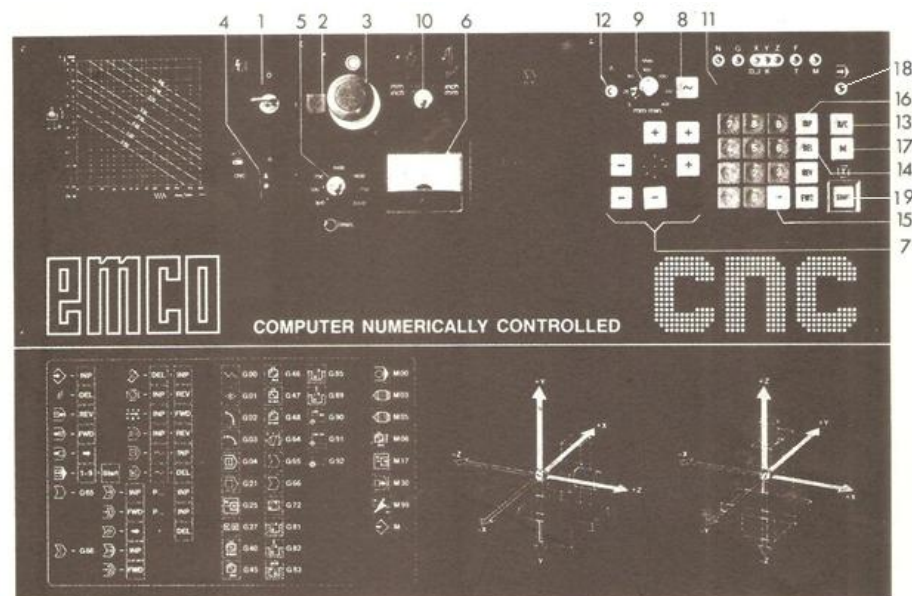
- 1) Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 2) Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 3) Menyadari dan meyakini bahwa melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC adalah merupakan salah satu bentuk pengamalan perintah Tuhan yang harus dilakukan secara sungguh-sungguh.
- 4) Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 5) Menghargai kerja sama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dan cara melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.

- 6) Menunjukkan perilaku santun, peduli, tanggung jawab, kerja sama, responsif dan proaktif dalam melakukan kegiatan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 7) Memahami pelayanan manual pada mesin frais CNC
- 8) Memahami pelayanan CNC pada mesin frais CNC
- 9) Memahami data-data teknis yang digunakan pada mesin frais CNC
- 10) Megoperasikan mesin frais CNC menggunakan pelayanan manual sesuai dengan prosedur operasi standar
- 11) Megoperasikan mesin frais CNC menggunakan pelayanan CNC sesuai dengan prosedur operasi standar

b. Uraian Materi

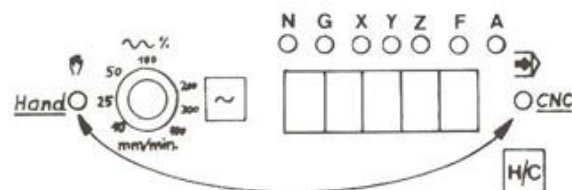
1) Pengoperasian Pelayanan Manual Mesin frais CNC

Setiap mesin cnc selalu mempunyai pelayanan manual, artinya mesin tersebut dapat dijalankan secara manual. Pelayanan manual yang dimaksud adalah pengoperasian mesin menggunakan tombol-tombol seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Pengoperasian manual mesin CNC digunakan untuk melakukan pengefraisan manual dan penyetingan pisau. Cara pengoperasiannya dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Putar kunci saklar utama (1) ke kanan, maka mesin dan pengendali akan dialiri arus.
- b) Jika mesin dan pengendali telah dialiri arus, maka lampu kontrol (2) akan menyala
- c) Jika saklar untuk penggerak sumbu utama (4) diputar kekanan maka sumbu utama akan berputar.
- d) Jika tombol untuk pengaturan putaran sumbu utama (5) diputar kekanan maka putaran sumbu utama akan semakin tinggi.
- e) Amperemeter (6) menunjukkan pemakaian arus aktual dari motor penggerak. Untuk melindungi motor terhadap beban lebih, pemakaian arus tidak boleh melebihi 2 amper, pada pengerjaan yang terus menerus . Beban dapat dikurangi dengan pengurangan dalamnya pemotongan, asutan, atau posisi sabuk.
- f) Mengalihkan pelayanan manual dan pelayanan CNC.
Jika tombol H/C (13) ditekan, maka nyala lampu akan melompat dari lampu kontrol pelayanan manual ke lampu kontrol pelayanan CNC, jika anda menekan kembali, nyala melompat kembali



- g) Lampu kontrol pelayanan manual (12) menyala sebagai tanda mesin dalam keadaan layanan manual. Eretan hanya dapat digerakan secara manual, bila lampu kontrol menyala
- h) Untuk menggerakkan eretan digunakan tombol asutan untuk gerakan arah $X \pm$, $Y \pm$ dan $Z \pm$ (7). Simbol yang ada pada eretan menunjukkan arah gerakan eretan bergerak sesuai dengan asutan yang telah ditentukan. Inching dapat dilakukan dengan hanya mencolek sedikit tombol asutan, eretan akan bergerak 0,01 mm.
- i) Jika tombol asutan dan tombol gerakan cepat (8) ditekan secara bersamaan, eretan memanjang atau melintang melaksanakan gerakan cepat.
- j) Jika tombol pengaturan asutan (9) diputar kekanan maka kecepatan asutan akan semakin tinggi. Dalam arah X (eretan memanjang) dapat mengatur kecepatan asutan variabel dari 10 – 400 mm/meni
- k) Untuk menunjukkan sajian jalannya eretan (11) dalam arah $X \pm$, $Y \pm$ dan $Z \pm$ ditampilkan angka dalam perseratus mm, sedangkan tanda minus ditunjukkan oleh tanda titik pada sajian.

$$\bullet \quad \boxed{1} \quad \boxed{5} \quad \boxed{2} \quad = \quad - \quad 1,52 \quad \text{mm}$$

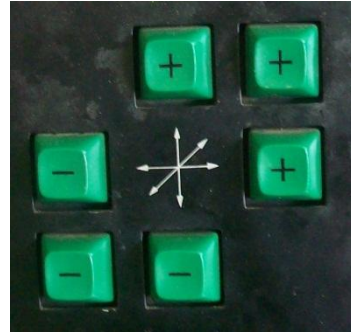
- l) Jika tombol darurat (3) ditekan, arus kemotor penggerak, motor asutan dan unit pengendali diputuskan. Melepas tombol darurat, tombol diputar kekanan, untuk menghidupkan kembali menggunakan saklar utama
- m) Untuk menghapus sajian jalannya X,Y dan Z dapat dilakukan dengan jalan menekan tombol DEL (14).
- n) Jika tombol panah (15) ditekan maka sajian yang menunjukan jalannya X melompat ke jalannya Y dan sebaliknya, sajian yang menunjukan jalannya Y melompat ke jalannya Z dan sebaliknya. Dengan demikian dapat diketahui eretan mana yang aktif.
- o) Untuk memasukan besaran harga posisi X,Y dan Z dengan jalan menekan tombol INP (16)

2) Pengoperasian Mesin Menggunakan Pelayanan Manual

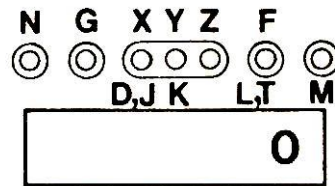
Dengan pelayanan manual, kita dapat melakukan pengefraisan kearah memanjang dan pengefraisan kearah melintang. Dalam pengoperasinya kita selalu harus memperhatikan tayangan digital yang ada pada display (sajian).

a) Menggerakkan Eretan

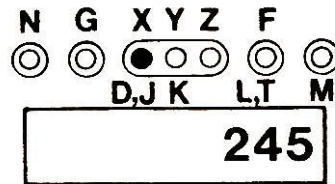
Asutan dapat diatur dengan menggunakan tombol-tombol yang ada pada gambar di bawah ini.



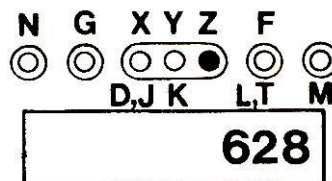
Titik awal dan referensi selalu ditunjukkan pada posisi letak eretan ketika mesin dihidupkan. Setelah mesin dihidupkan maka sajian akan menunjukkan 0, lampu-lampu X,Y dan Z menyala.



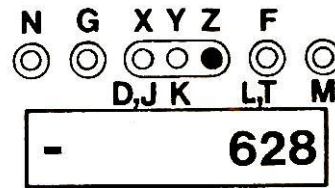
Jika kita menggerakkan eretan kearah X, maka lampu X akan menyala. Jika eretan bergerak dengan jarak 2,45 mm, dan bersamaan dengan jari melepas tombol maka sajian akan menunjukkan 245, berarti satuan yang ditunjukkan pada sajian sebesar 0,01 mm.



Jika kita menekan tombol Z+ maka nyalan lampu akan melompat kelampu Z dan jika pergerakan sumbu Z bergerak sejauh 6,28 mm maka sajian akan menunjukkan 628.



Jika tombol Z- ditekan dan eretan bergerak sejauh 6,28 mm, maka sajian akan menunjukkan -628

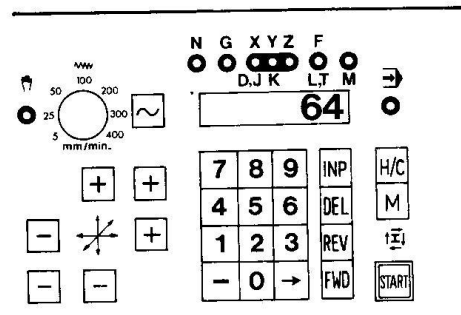


b) Menghentikan Aliran Arus Listrik pada Motor Asutan

Pada awal mesin dihidupkan, keadaan motor asutan tidak dialiri oleh arus listrik. Tetapi apabila eretan digerakan baik secara pelayanan manual maupun pelayanan CNC, maka motor asutan akan segera dialiri arus listrik. Sedangkan motor asutan akan menjadi cepat panas apabila arus listrik belum dihentikan, apalagi motor dalam keadaan diam. Maka dari itu segeralah hentikan aliran arus listrik pada motor asutan bila eretan tidak digerakan dalam waktu beberapa lama.

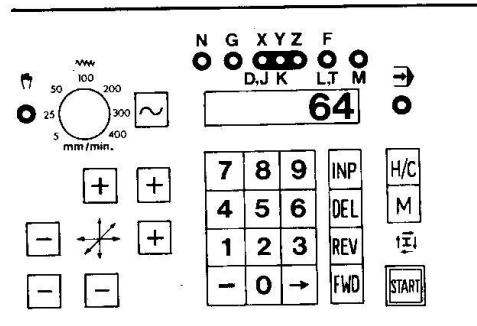
Cara menghentikan arus pada motor asutan, jika tidak ada program tersimpan sebagai berikut :

- (1) Tekan tombol H/C untuk memindahkan ke pelayanan CNC
- (2) Tekan tombol panah untuk memindahkan kursor ke kolom G
- (3) Masukkan angka 64, maka angka akan muncul pada sajian
- (4) Tekan tombol INP, maka aliran arus listrik pada motor asutan akan terhenti



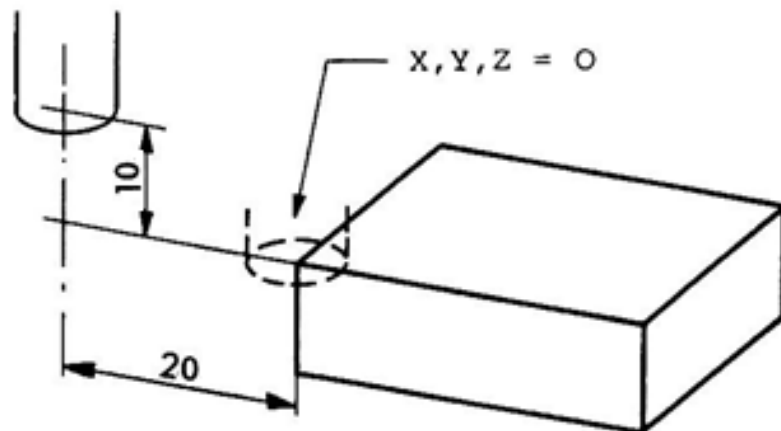
Cara menghentikan arus pada motor asutan, jika ada program tersimpan. Fungsi pengatur aslinya adalah G64 kode tersebut tidak tersimpan didalam memori. Caranya sebagai berikut :

- (1) Tekan tombol panah untuk memindahkan kursor ke kolom G
- (2) Jika ada sajian angka, maka tekan tombol DEL
- (3) Masukkan angka 64, maka angka akan muncul pada sajian
- (4) Tekan tombol INP, maka aliran arus listrik pada motor asutan akan terhenti
- (5) Setelah selesai sajian angka yang terhapus akan muncul kembali



- c) Menentukan Posisi Pisau Frais Untuk Persiapan Latihan Pemrograman
(menyeting pisau frais terhadap benda kerja)

Perlu diketahui bahwa titik awal / referensi berada pada sumbu ujung pisau frais. Pada waktu awal pemrograman posisi ujung pisau frais harus berada pada posisi titik seperti pada gambar.

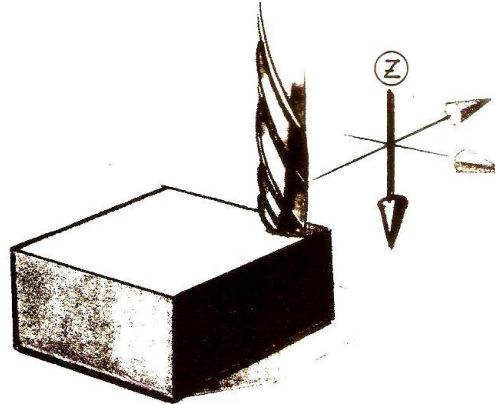


Untuk mengatur posisi tersebut dapat dilakukan dengan metode yang sangat mudah yaitu dengan jalan menyentuhkan pisau frais yang sedang berputar ke sisi atas, sisi kiri dan sisi belakang kepermukaan benda kerja.

Pengaturan Pisau frais ke Posisi Nol

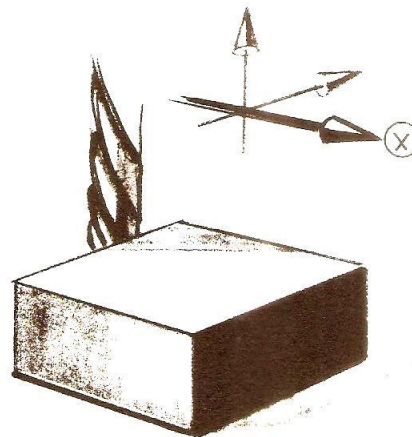
- (1) Pengaturan posisi nol pada sumbu Z

- (a) Aturlah mesin pada pelayanan manual
- (b) Atur kecepatan asutan pada kecepatan rendah / lambat
- (c) Gerakan eretan secara perlahan hingga ujung pisau frais menyentuh pada bagian sisi atas permukaan benda kerja
- (d) Tekan tombol panah untuk mengaktifkan sumbu Z
- (e) Tekan tombol DEL untuk merubah harga Z menjadi nol



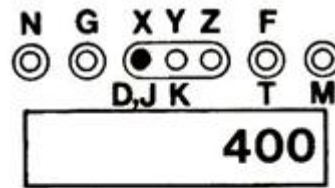
(2) Pengaturan posisi nol pada sumbu X

- (a) Gerakan eretan secara perlahan hingga pisau menyentuh pada sisi kiri permukaan benda kerja
- (b) Tekan tombol panah unruk mengaktifkan sumbu X
- (c) Tekan tombol DEL untuk merubah harga X menjadi nol

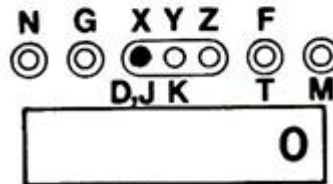


- (d) Gerakan pisau frais ke arah X+ sejauh radius pisau
- (e) Tekan tombol DEL untuk merubah harga X menjadi nol



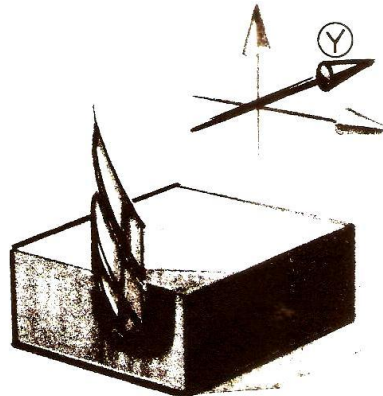


DEL

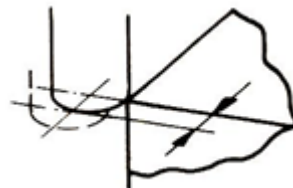


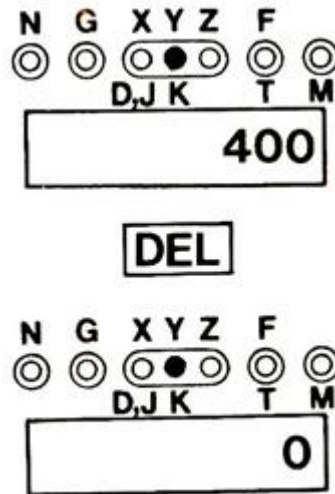
(3) Pengaturan posisi r

- (a) Gerakan eretan secara perlahan hingga pisau menyentuh pada sisi belakang permukaan benda kerja
- (b) Tekan tombol panah uncut mengaktifkan sumbu Y
- (c) Tekan tombol DEL untuk merubah harga Y menjadi nol



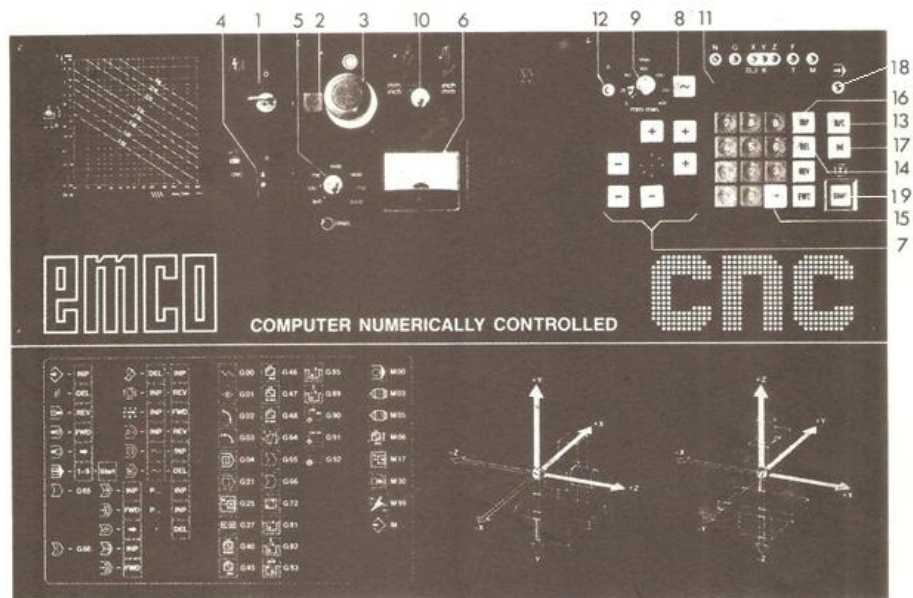
- (d) Gerakan pisau frais ke arah X+ sejauh radius pisau
- (e) Tekan tombol DEL untuk merubah harga X menjadi nol





- (4) Pengaturan pisau frais ke posisi awal program
 (a) Gerakan pisau frais sejauh 10 mm ke arah Z+.
 (b) Gerakan pisau frais sejauh 20 mm ke arah X-.

3) Pengoperasian Pengendali / Pelayanan Program CNC



Pelayanan CNC dapat dilakukan dengan melalui tombol-tombol pengendali yang ada pada papan pengendali. Pelayanan yang dapat dilakukan meliputi pembuatan program, modifikasi program, pengetesan program dan eksekusi program.

Penggunaan tombol-tombol pengendali untuk pelayanan program secara berurutan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Menghidupkan mesin dengan memutar saklar utama (1) kekanan.
- Mengontrol sumber arus listrik yang mengalir kedalam mesin dengan ditandai lampu indikator (2) menyala.
- Memilih satuan ukuran inchi atau milimeter dengan memutar saklar pemilih satuan Inchi / mm (10).
- Memilih pelayanan CNC dengan menekan tombol H/C (13).

- e) Untuk memastikan layanan CNC telah berfungsi ditandai dengan lampu indikator layanan CNC (18) dalam keadaan menyala.
- f) Memasukan program meralat program menggunakan tombol masukan pelayanan CNC (15) dengan cara sebagai berikut :
- (1) Tombol 0 sampai 9 untuk memasukan angka kedalam adres G/X/Z/F/H.
 - (2) Tombol M untuk memasukan besaran minus bila ditekan setelah memasukan harga X,Y atau Z.
 - (3) Tombol M untuk memasukan fungsi M bila ditekan kursor berada pada kolom G.
 - (4) Tombol M untuk mengecek uji jalan program bila ditekan setelah pemasukan program telah selesai (diakhiri dengan M30) dan kursor berada pada kolom N.
 - (5) Tombol INP (Input) untuk menyimpan besaran harga bila ditekan setelah memasukan harga.
 - (6) Tobol DEL untuk menghapus harga bila ditekan pada harga yang diblok maka harga tersebut akan terhapus.
 - (7) Tombol REV untuk melompat kembali ke blok sebelumnya.
 - (8) Tombol FWD untuk melompat maju keblok berikutnya.
 - (9) Tombol panah untuk melompat maju dari kata demi kata.
 - (10) Tombol START untuk menjalankan atau mengeksekusi program yang tersimpan.

Ringkasan fungsi tombol untuk memasukan program	
Tombol	Fungsi
H/C	Memindahkan fungsi manual ke fungsi CNC
INP	Memasukkan data ke memori mesin (enter)
DEL	Menghapus data satu kata untuk diganti
REV	Memindahkan cursor mundur ke blok sebelumnya
FWD	Memindahkan cursor maju ke blok berikutnya
(_)	Memasukkan harga minus
M	Memasukkan fungsi M
	Simulasi program (uji coba program)
	Memindahkan cursor kekanan dalam satu blok
~ + INP	Menyisipkan satu blok kosong

~ + DEL	Menghapus satu blok program
REV + INP	Menghapus alarm (tekan tombol REV kemudian INP)
	Menghentikan program yang sedang dijalankan
FWD + INP	Menghentikan sementara program yang sedang dijalankan
START + 1,2,3	Menjalankan program per satu blok , tekan tombol 1 kemudian start
START	Menjalankan program
DEL + INP	Menghapus seluruh program , tekan tombol DEL kemudian INP bersama sama

Ketentuan dalam pengisian lembaran program

Adres N dapat diisi nomor blok dari 000 sampai dengan 221

Adres G dapat diisi kode G dari 00 sampai dengan 95

Adres Z dapat diisi dalam satuan perseratus mili meter (1/100 mm) dari angka 00 sampai dengan 5999

Adres X dapat diisi dalam satuan perseratus mili meter (1/100 mm) dari angka 00 sampai dengan 32760

Adres Y dapat diisi dalam satuan perseratus mili meter (1/100 mm) dari angka 00 sampai dengan 5999

Adres F dapat diisi kecepatan asutan dari 2 sampai dengan 499. Untuk G94 dalam satuan mm/menit. Untuk G95 dalam satuan 1/1000 mm/menit

Adres H dapat diisi

Parameter pembagian pemotongan 1/100 mm dari 0 sampai dengan 999

Parameter lebar pahat 1/100 mm dari 10 sampai dengan 999

Parameter keluaran pulsa dari 0 sampai dengan 999

Adres M dapat diisi fungsi tambahan dari 00 sampai dengan 99

Adres I dapat diisi koordinat titik pusat lingkaran pada sumbu X 1/100 mm dari 0 sampai dengan 5999

Adres K dapat diisi koordinat titik pusat lingkaran pada sumbu Z 1/100 mm dari 0 sampai dengan 32760

Adres L dapat diisi angka nomor blok dari 00 sampai dengan 221

Adres T dapat diisi nomor pahat dari 0 sampai dengan 499

4) Data Teknologis

a) Kecepatan Potong (CS)

Kecepatan yang paling menguntungkan disebut kecepatan ekonomis. Kecepatan ini lah yang dipakai pada proses pemesinan. Kecepatan pemotongan arah memanjang atau linier disebut kecepatan potong (CS).

Kecepatan potong (CS) =

Sedangkan kecepatan pemotongan arah melingkar untuk benda bulat dapat dihitung melalui rumus

$$\text{Kecepatan potong (CS)} = (\text{m/menit})$$

Kecepatan potong maksimal yang diijinkan tergantung pada :

- (1) Bahan benda kerja
Semakin tinggi kekuatan bahan benda kerja , semakin rendah kecepatan potongnya
- (2) Bahan pisau frais
Semakin keras bahan pisau , semakin tinggi kecepatan potongnya
- (3) Besaran asutan
Semakin besar asutan , semakin rendah kecepatan potongnya
- (4) Kedalaman pemotongan
Semakin besar kedalaman pemotongannya, semakin rendah kecepatan potongnya

Pemilihan kecepatan potong untuk latihan pada mesin frais CNC TU-3A adalah

- (1) Bahan : Aluminium bebas potong
- (2) Pisau frais : HSS
- (3) Kecepatan potong pengefraisan 150- 200 m/menit
- (4) Kecapatan asutan pengefraisan 0,02 – 0,1 mm/put

b) Jumlah Putaran (S)

Jumlah putaran mesin dapat dihitung dari data kecepatan potong dan diameter benda kerja melalui rumus sebagai berikut

$$\text{Putaran mesin (S)} = (\text{put/menit})$$

c) Perhitungan Asutan

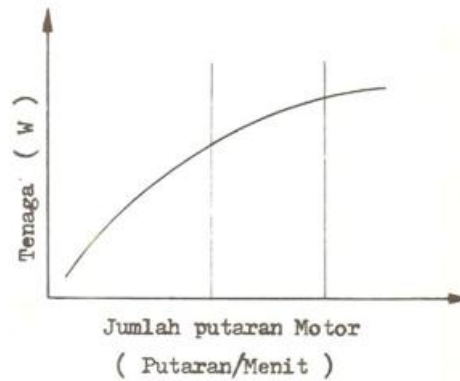
Pada mesin frais CNC TU-3A kita dapat memprogram besaran asutan dalam mm/menit

Besaran ini dapat di konversikan menjadi milimeter tiap putaran melalui rumus sebagai berikut :

$$F (\text{mm/menit}) = S (\text{put/men}) \times F$$

Pemilihan jumlah putaran mesin berdasarkan tenaga motor mesin TU-3A Motor sumbu utama pada mesin frais CNC TU-3A adalah motor arus searah (motor DC).

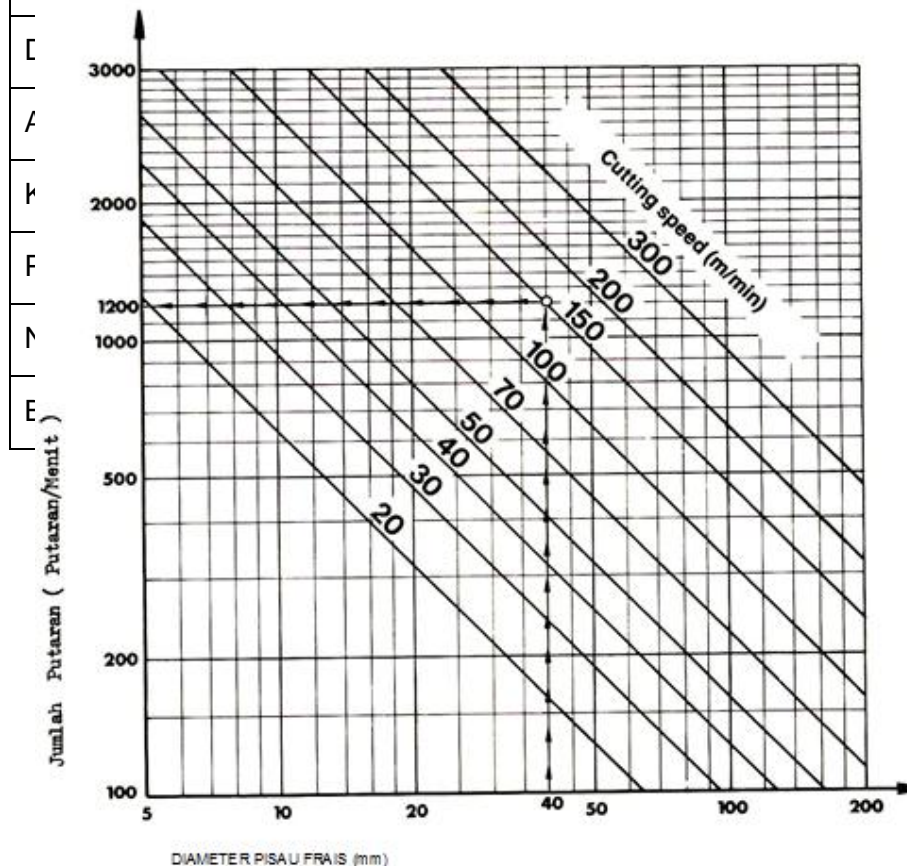
Pada motor DC besarnya tenaga motor tergantung dari jumlah putaran mesin, semakin tinggi putaran mesin makin besar tenaga motor yang dikeluarkan.



Kecepatan Potong dapat dicari melalui tabel kecepatan potong

Bahan	Pahat HSS		Pahat Karbide	
	a mm/put	CS m/men	a mm/put	CS m/men
Baja lunak A60	0,1	30	0,1	150
Baja sedang XC38	0,1	24	0,1	100
Baja keras XC55	0,05	18	0,1	70
Besi tuang FT18	0,2	30	0,2	80

Jumlah
 aran mesin
 at dicari
 lalui
 gram
 aran mesin



Contoh

Putaran mesin 1200 put/men

Kecepatan asutan sebesar 0,06 mm/put

Maka kecepatan asutan menurut tabel sebesar 70 mm/men

c. Rangkuman

1) Pengoperasian Pelayanan Manual Mesin frais CNC

Setiap mesin cnc selalu mempunyai pelayanan manual, artinya mesin tersebut dapat dijalankan secara manual.

Pengoperasian manual mesin CNC digunakan untuk melakukan pengefraisan manual dan penyetingan pisau.

2) Pengoperasian Mesin Menggunakan Pelayanan Manu

Dengan pelayanan manual, kita dapat melakukan pengefraisan kearah memanjang dan pengefraisan kearah melintang. Dalam pengoperasiannya kita selalu harus memperhatikan tayangan digital yang ada pada display (sajian).

3) Menghentikan Aliran Arus Listrik pada Motor Asutan

Pada awal mesin dihidupkan, keadaan motor asutan tidak dialiri oleh arus listrik. Tetapi apabila eretan digerakan baik secara pelayanan manual maupun pelayanan CNC, maka motor asutan akan segera dialiri arus listrik. Sedangkan motor asutan akan menjadi cepat panas apabila arus listrik belum dihentikan, apalagi motor dalam keadaan diam.

a) Menentukan Posisi Pisau Frais Untuk Persiapan Latihan Pemrograman

Perlu diketahui bahwa titik awal / referensi berada pada sumbu ujung pisau frais.

Untuk mengatur posisi tersebut dapat dilakukan dengan metode yang sangat mudah yaitu dengan jalan menyentuh pisau frais yang sedang berputar ke sisi atas, sisi kiri dan sisi belakang kepermukaan benda kerja.

b) Pengaturan Pisau frais ke Posisi Nol

- (1) Pengaturan posisi nol pada sumbu
- (2) Pengaturan posisi nol pada sumbu X
- (3) Pengaturan posisi nol pada sumbu
- (4) Pengaturan pisau frais ke posisi awal program

4) Pengoperasian Pengendali / Pelayanan Program CNC

Pelayanan CNC dapat dilakukan dengan melalui tombol-tombol pengendali yang ada pada papan pengendali. Pelayanan yang dapat dilakukan meliputi pembuatan program, modifikasi program, pengetesan program dan eksekusi program.

a) Kecepatan Potong (CS)

Kecepatan yang paling menguntungkan disebut kecepatan ekonomis. Kecepatan ini lah yang dipakai pada proses pemesinan.

- (1) Bahan pisau frais
- (2) Besaran asutan
- (3) Kedalaman pemotongan

b) Jumlah Putaran (S)

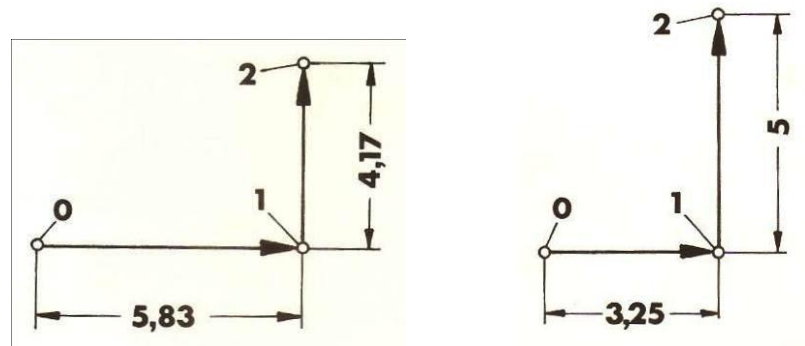
Jumlah putaran mesin dapat dihitung dari data kecepatan potong dan diameter benda kerja melalui rumus sebagai berikut

c) Perhitungan Asutan

Pada mesin frais CNC TU-3A kita dapat memprogram besaran asutan dalam mm/menit

d. Tugas

- 1) Lakukanlah pengoperasian pelayanan manual dari mulai menghidupkan mesin sampai mengatur putaran mesin sebesar 750 put/men. Catatlah urutan langkah kerjanya.
- 2) Lakukanlah pengoperasian pelayanan manual dari mulai menghidupkan mesin sampai menggerakkan eretan memanjang dan melintang. Buatlah catatan urutan kerjanya.
- 3) Buatlah gerakan seperti pada gambar di bawah ini, kumpulkan gambar hasil gerakan dari ploter.



- 3) Lakukanlah penghentian arus listrik pada motor asutan menggunakan G64. Buatlah catatan urutan kerjanya.
- 4) Lakukan pengoperasian pelayanan program dari mulai menghidupkan mesin sampai memasukan program. Buatlah catatan urutan kerjanya.
- 5) Hitunglah besarnya putaran mesin (put/men) dan tentukan besarnya kecepatan asutan (mm/put), jika bahan benda kerja dari alumunium $\varnothing 22$ mm dan bahan pahat dari HS

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling benar untuk menjawab pertanyaan di bawah ini :

- 1) Nyala lampu akan melompat dari lampu indikator pelayanan manual ke lampu kontrol pelayanan CNC, jika anda menekan tombol ...
 - a) H/C
 - b)
 - c) Start
 - d) X+
 - e) Z+

- 2) Untuk menggerakkan eretan memanjang bergerak menjauhi sumbu utama, maka kita harus menekan tombol ...
 - a) Z-
 - b) Z+
 - c) X-
 - d) X+
 - e)
- 3) Untuk mengatur kecepatan gerakan asutan, maka kita memutar tombol ...
 - a)
 - b) H/C
 - c) Pengatur asutan
 - d) DEL
 - e) INP
- 4) Memasukan harga posisi pahat dengan tidak menggerakkan eretan dapat dilakukan dengan jalan menekan tombol ...
 - a)
 - b) H/C
 - c) Pengatur asutan
 - d) DEL
 - e) INP
- 5) Untuk melakukan pembubutan manual dan penyetingan pahat. Cara pengoperasiannya dapat dilakukan dengan melalui ...
 - a) Pelayanan CNC
 - b) Pelayanan manual
 - c) Inching
 - d) Pemutar sumbu utama
 - e) Pengaturan kecepatan asutan
- 6) Memasukan angka 64 pada lembar program kolom G digunakan untuk ...
 - a) Menjalankan putaran sumbu utama
 - b) Menghentikan putaran sumbu utama
 - c) Menghidupkan gerakan asutan
 - d) Mengalirkan arus pada motor asutan
 - e) Menghentikan aliran arus listrik pada motor asutan
- 7) Untuk melakukan modifikasi program dapat dilakukan melalui ...
 - a) Pelayanan CNC
 - b) Pelayanan manual
 - c) Inching
 - d) Pemutar sumbu utama
 - e) Pengaturan kecepatan asutan
- 8) Untuk memindahkan kursor ke blok sebelumnya dengan jalan menekan tombol ...
 - a) H/C
 - b) FWD
 - c) Panah
 - d) REV
 - e) INP
- 9) Untuk mengatur pembagian pemotongan dapat dilakukan dengan jalan memasukkan parameter ke adres ...
 - a) N

- b) G
- c) F
- d) H
- e) Z

10) Untuk mengatur kecepatan asutan dapat dilakukan dengan jalan memasukan parameter ke adres ...

- a) N
- b) G
- c) F
- d) H
- e) Z

11) Parameter K adalah adres untuk mengatur besarnya ...

- a) Kisar ulir
- b) Pembagian pemotongan
- c) Nomor pahat
- d) Fungsi tambahan
- e) Koordinat titik pusat lingkaran

12) Jika kita menekan tombol ~ + INP bersamaan digunakan untuk ...

- a) Menghapus blok
- b) Menyisipkan blok
- c) Menghapus program
- d) Memindahkan kursor
- e) Maju ke blok berikutnya

13) Berapakah besarnya kecepatan potong bila bahan benda kerja dari aluminium dan bahan pahat karbide ...

- a) 18 m/menit
- b) 24 m/menit
- c) 30 m/menit
- d) 150 m/menit
- e) 100 m/menit

14) Jika CS 50 m/menit dan $\varnothing 20\text{mm}$, maka besarnya putaran sumbu utama menurut tabel kecepatan sebesar ...

- a) 500 put/menit
- b) 600 put/menit
- c) 700 put/menit
- d) 800 put/menit
- e) 900 put/menit

15) Pada motor DC besarnya tenaga motor tergantung dari jumlah putaran mesin, semakin tinggi putaran mesin maka semakin ...

- a) Tinggi tenaganya
- b) Rendah tenaganya
- c) Cepat kecepatan asutanya
- d) Lambat asutanya
- e) Cepat panas

f. Kunci jawaban tes formatif

- 1) A
- 2) B

- 3) C
- 4) E

- 5) B
- 6) E
- 7) A
- 8) D
- 9) D
- 10) C

- 11) A
- 12) B
- 13) D
- 14) D
- 15) A

g. Lembar Kerja Peserta Didik



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	JOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	------------------	--

Pendidikan : SMK negeri 12 Bandung
Bidang Keahlian : Teknologi dan Rekayasa
Program keahlian : Teknologi Pesawat Udara
Paket Keahlian : Pemesinan Pesawat Udara
Mata Pelajaran : Aircraft Component CNC Machining
Topik : Pengenalan dan Penggunaan mesin frais CNC
Kelas / Semester : XI / 2

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti PBM, siswa dapat:

- a. Memahami pelayanan manual pada mesin frais CNC
- b. Memahami pelayanan CNC pada mesin frais CNC
- c. Memahami data-data teknis yang digunakan pada mesin frais CNC
- d. Megoperasikan mesin frais CNC secara manual sesuai dengan prosedur operasi standar
- e. Megoperasikan mesin frais CNC secara pengendalian CNC sesuai dengan prosedur operasi standar

2. Petunjuk

- a. Selama bekerja gunakan selalu pakaian kerja dan peralatan keselamatan kerja

- b. Pinjamlah peralatan yang akan digunakan sebelum mulai bekerja.
 - c. Periksa kondisi dan persiapkan mesin sebelum mulai bekerja.
 - d. Gunakan peralatan sesuai dengan fungsinya.
 - e. Bekerjalah mengikuti aturan keselamatan kerja.
 - f. Simpan alat ukur pada tempat yang aman dan jangan ditumpuk dengan peralatan yang lain.
 - g. Kembalikan peralatan yang dipinjam kepada toolman setelah selesai bekerja.
 - h. Bersihkan mesin dan ruangan praktek setelah selesai bekerja.
3. Alat dan Bahan
- a. Aluminium 50 mm x 50 mm x 15 mm.
 - b. Pisau frais Ø 10 mm.
 - c. Mistar sorong ket. 0,02 mm
 - d. Kacamata kerja
4. Langkah Kerja
- a. Hitunglah besarnya putaran sumbu utama
 - b. Atur putaran mesin sesuai dengan diameter benda kerja yang akan difrais.
 - c. Atur kecepatan asutan 30 mm/menit
 - d. Pasang pisau frais pada spindel
 - e. Jepit benda kerja pada ragum..
 - f. Frais permukaan benda kerja minimal sampai rata.
 - g. Frais alur lurus tembus
 - h. Lepas benda kerja
 - i. Periksa benda kerja kepada guru.
 - j. Bersihkan mesin.
 - k. Bersihkan ruangan bengkel

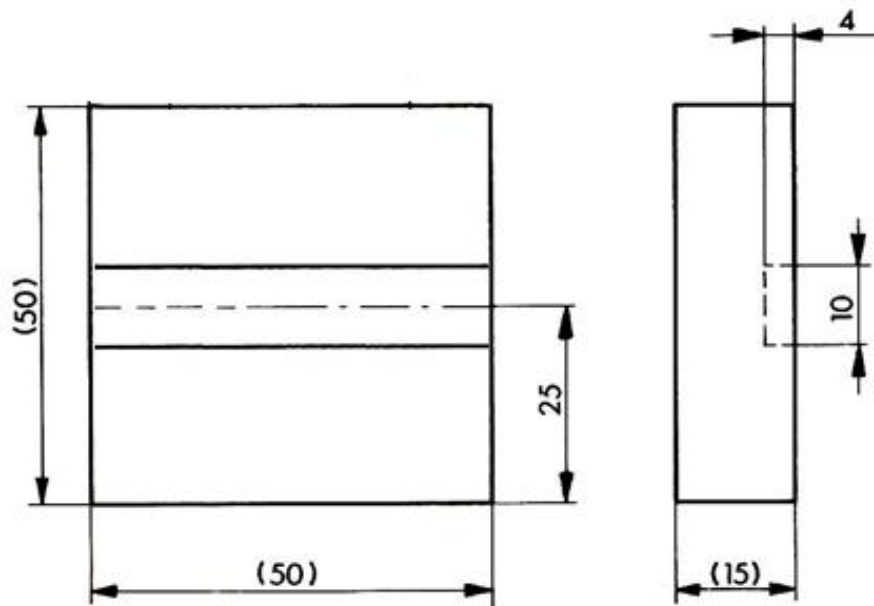


PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	JOOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------	--



PENGEFRAISAN MANUAL

	Skala : 1:1	Digambar : Sugiarto	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : XI PPU	
	Tanggal : Nov 2013	Diperiksa :	
SMKN 12 BANDUNG	MENGEFRIAS RATA & ALUR	NO. 01	



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	LEMBAR PENILAIAN	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------------	--

Nama :

Kelas :

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
METODA	Langkah Kerja	5		
	Penggunaan Alat	5		
	Keselamatan Kerja	5		
	Jumlah	15		
HASIL KETRAMPILAN	Muka rata	30		
	Alur	30		
	Penyajian	20		
	Jumlah	80		
WAKTU	Tepat	5		
	Lambat	0		
	Jumlah	5		
Jumlah Nilai		100		

4. Pengoperasian Mesin Frais CNC 1.

a. Tujuan Pembelajaran

Melalui diskusi kelompok dan praktik, peserta didik dapat:

- 1) Menyadari sepenuhnya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 2) Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 3) Menyadari dan meyakini bahwa melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC adalah merupakan salah satu bentuk pengamalan perintah Tuhan yang harus dilakukan secara sungguh-sungguh.
- 4) Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 5) Menghargai kerja sama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dan cara melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 6) Menunjukkan perilaku santun, peduli, tanggung jawab, kerja sama, responsif dan proaktif dalam melakukan kegiatan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 7) Memahami format program pada mesin frais CNC
- 8) Memahami sistem koordinat pada mesin frais CNC
- 9) Memahami pemrograman absolut pada mesin frais CNC
- 10) Memahami pemrograman Inkremental pada mesin frais CNC
- 11) Menganalisis pemrograman pada mesin frais CNC

b. Uraian Materi

1) Lembaran Program Mesin Frais CNC

Naskah program atau lembaran program digunakan untuk menulis program. Didalam lembaran program dituliskan semua data untuk pengerjaan suatu benda kerja. Pembuatan program yang demikian ini disebut pemrograman, struktur program telah distandarkan seperti contoh di bawah ini.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	00	-3000	0	0	
01	01	0	-2500	0	120
02	01	1050	0		120
03	01	0	-1680	100	120
04	03	2000	2000		120
05	00	0	550	1500	

Suatu program terdiri dari bagian-bagian program, diantaranya :

- a) Blok.

Program terdiri atas baris-baris yang disebut blok . Blok berisikan data yang diperlukan untuk proses pengerjaan (misalnya eretan lintang bergerak lurus -25 mm dengan kecepatan asutan 120 mm/menit)

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	00	-3000	0	0	
01	01	0	-2500	0	120
02	01	1050	0	0	120
03	01	0	-1680	100	120

b) Kata – kata.

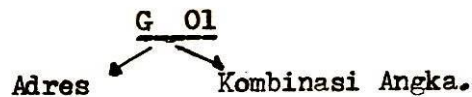
Setiap blok terdiri dari beberapa kata. Setiap kata terdiri dari huruf dan kombinasi angka yang mempunyai arti tertentu.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	00	-3000	0	0	
01	01	0	-2500	0	120
02	01	1050	0	0	120

Kata

c) Kata.

Kata terdiri dari huruf dan kombinasi angka. Hurufnya disebut adres.



Kata –kata pada pengendali TU - 3A dapat dijelaskan sebagai berikut :

(1) Kata ke 1 (N) .

Kolom pertama menunjukkan kolom nomor blok yang dapat diisi dengan angka. Huruf adres N adalah nomor blok

Contoh masukan sebagai berikut :

nomor blok untuk langkah kerja pertama

nomor blok untuk langkah kerja kedua dan seterusnya.

	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(2) Kata ke 2 (G)

Kolom ke dua menunjukkan kolom huruf adres G yang dapat diisi dengan angka. Adres N adalah nomor blok. G adalah simbol informasi gerakan.

Setiap angka pada adres G mempunyai arti gerakan tertentu.

Contoh:

01 : gerakan lurus

03 : gerakan melingkar, dan sebagainya

N	(M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(3) Kata ke 3 (M)

Kolom ke dua juga dapat diisi dengan huruf adres M dan angka.

M adalah simbol untuk informasi pengatur / informasi tambahan. Setiap angka punya fungsi tertentu.

Contoh:

M 03 sumbu utama berputar ke kanan.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(4) Kata ke 4 (X, Y dan Z)

Kolom 3, 4, 5 menunjukkan kolom huruf adres X, Y, Z yang dapat diisi dengan angka. X berarti sumbu X. Angkanya menyatakan jarak pergerakan sumbu X. Bilangannya dapat bertanda “ + “ atau “ - “

Contoh :

X + 125 berarti pergerakan pada sumbu X sejauh 1,25 mm.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	01	125			
01	M03				

(5) Kata ke 5 (F)

Kolom ke enam menunjukkan kolom huruf F yang dapat diisi dengan angka. F adalah singkatan dari kata inggris “ Feed “ yang berarti kecepatan pemakanan /asutan.

Contoh :

F 100 berarti asutan bergerak dengan kecepatan 100 mm/ menit

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(6) Kata ke 6 (H)

Kolom ke enam menunjukkan huruf adres H yang dapat diisi dengan angka. Dengan huruf adres H, pengendali diberi informasi tentang pembagian ketebalan pemotongan, pengeluaran total pada fungsi G dan M tertentu.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(7) Kata ke 7 (I, J dan K)

Pada kolom 3, 4, 5 dapat diisi huruf adres I, J, k dan angka. I adalah adres koordinat titik pusat lingkaran dalam arah sumbu X pada masukan fungsi G 02 dan G 03

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(8) Kata ke 8 (L)

Kolom ke enam juga dapat muncul huruf Adres L yang dapat diisi dengan angka. Dengan mengisi angka nomor blok pada adres L, maka blok akan melompat kemana sesuai yang dimaksud dengan fungsi G 25 dan G 27.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(9) Kata ke 9 (T)

Pada kolom ke lima juga dapat dimasukan huruf Adres T dan angka. Dengan Adres T menyatakan alat potong dan kompensasi panjang alat potong pada fungsi M 06.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(10) Kata ke 10 (D)

Pada kolom ke tiga dapat muncul adres D yang dapat diisi dengan angka. Dengan diisi angka yang untuk menyatakan besarnya radius pisau pada fungsi M06. Jika radius pisau 5 mm, maka isilah D 500.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

(11) Kata ke 11 (S)

Pada kolom ke empat dapat muncul adres S yang dapat diisi dengan angka untuk menunjukkan besarnya kecepatan putaran spindle.

N	G (M)	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)

Jika format masukan atau format Blok diisi, maka kita akan dapat melengkapi semua ketentuan perprograman. Format masukan menyatakan harga untuk setiap blok yang harus kita tuliskan kedalam lembar program dan kemudian memasukanya ke dalam komputer.

Format masukan tergantung pada fungsi G (fungsi gerakan). Jika kita melakukan penguliran, kita harus memasukan kisar dan panjang ulir. Tetapi untuk G 00 (gerakan cepat) kita hanya perlu memasukan besaran dan arah X dan Z saja.

Keterangan :

N / G / X± / Z± / F

N ...Titik titiknya tersedia untuk angka 00 sampai 95.

G ...Titik titiknya tersedia untuk angkanya.

X ± ..Empat titik tersedia untuk angka ± 0 sampai ± 39999

Y ± ..Empat titik tersedia untuk angka ± 0 sampai ± 5999

Z ± ..Lima titik tersedia untuk angka ± 0 sampai ± 5999

FTiga titik tersedia untuk angka 1 sampai 499

Fungsi – fungsi Penjalanan

Semua angka ini dipakai untuk bilangan kunci. Fungsi penjalanan ditetapkan berdasarkan DIN66025 dan ISO. Arti dari bilangan kunci tersebut akan

dibicarakan dalam bab – bab berikut :

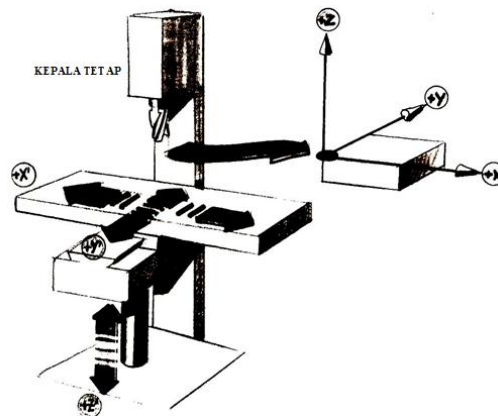
Kode G	Fungsi gerakan
G00	Gerakan cepat
G01	Interpolasi lurus
G02	Interpolasi melingkar searah jarum jam
G03	Interpolasi melingkar berlawanan arah jarum jam
G04	Lamanya tinggal diam
G21	Blok kosong
G25	Memanggil sub program
G27	Instruksi melompat
G40	Tanpa kompensasi radius pisau
G45	Penambahan radius pisau
G46	Pengurangan radius pisau
G47	Penambahan dua kali radius pisau
G48	Pengurangan dua kali radius pisau
G64	Motor asutan tanpa arus
G65	Pelayanan pita magnet
G66	Pelayanan antar aparat dengan RS 232
G72	Siklus pengefraisan kantong
G73	Siklus pemutusan tatal
G74	Siklus penguliran kiri
G81	Siklus pengeboran tetap
G82	Siklus pengeboran tetap dengan tinggal diam
G83	Siklus pengeboran tetap dengan tinggal pembuangan tatal
G84	Siklus penguliran
G85	Siklus mereamar tetap
G89	Siklus mereamer tetap dengan tinggal diam
G90	Pemrograman nilai absolut
G91	Pemrograman nilai inkremental
G92	Penggeseran titik referensi

Fungsi M	Arti fungsi tambaha
M00	diam
M03	Spindle berputar searah jarum jam
M05	Spindle mati
M06	Penggantian alat, panjang alat, radius pisau
M17	Kembali ke program pokok
M30	Program berakhir
M98	Kompensasi kelonggaran dan kekocakan otomatis
M99	Parameter interpolasi melingkar

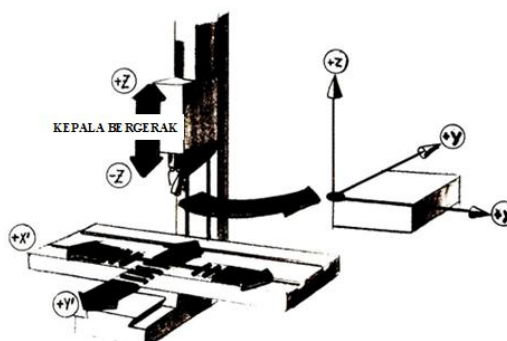
2) Sistem Koordinat pada Mesin Frais CNC

Informasi untuk menyatakan gerakan pisau frais kearah memanjang, kearah melintang dan kearah vertikal adalah merupakan informasi yang sangat panjang, jika disampaikan dengan bahasa biasa disamping itu dalam setiap bahasa akan berbeda penyampaiannya. Oleh karena itu arah-arah gerakan pada mesin CNC dinyatakan dalam sistem koordinat.

Sistem Koordinat pada Mesin Frais dapat diperlihatkan pada gambar di bawah ini yaitu pada mesin frais dengan kepala bergerak dan mesin frais dengan kepala tetap.



Pada mesin kepala bergerak, benda kerja akan bergerak memanjang dan melintang sedangkan pisau bergerak naik turun.



Pada mesin kepala tetap, benda kerja akan bergerak memanjang dan melintang serta naik turun sedangkan pisau tidak bergerak. Jika kita selalu memperhatikan gerakan eretan, maka kita akan dipusingkan oleh berbagai jenis konstruksi mesin frais.

Untuk menyatakan koordinat pada mesin frais apapun jenis konstruksinya dan gerakanya selalu dinyatakan dengan pergerakan pisau frais.

Apabila kita membuat perintah agar pisau bergerak ke arah memanjang sebesar 50 mm dengan kecepatan asutan 100 mm/menit. Kita bandingkan perintah tersebut antara perintah bahasa biasa dengan bahasa CNC, maka perintah CNC dengan sistem koordinat akan lebih mudah dan sederhana.

Contoh perintah biasa

Gerakkan pisau memanjang.

Gerakkan pisau memanjang ke arah kanan.

Gerakkan pisau memanjang ke arah kanan sejauh 50 mm.

Gerakan dengan kecepatan asutan 100 mm/men

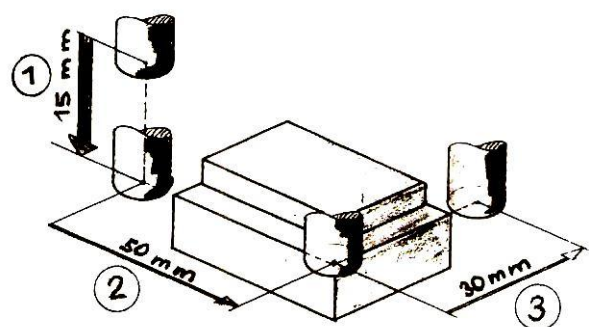
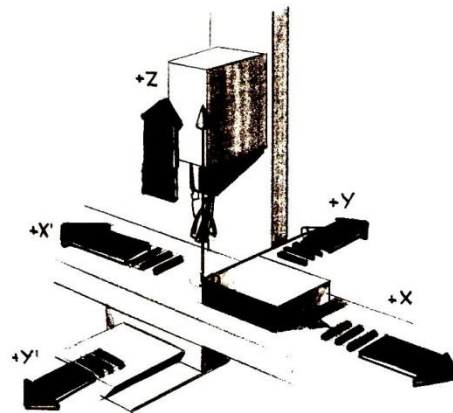
Sedangkan perintah CNC

Gerakan ke arah X.

X+ .

X 50

F 100



Instruksi yang diberikan pada gambar diatas yaitu:

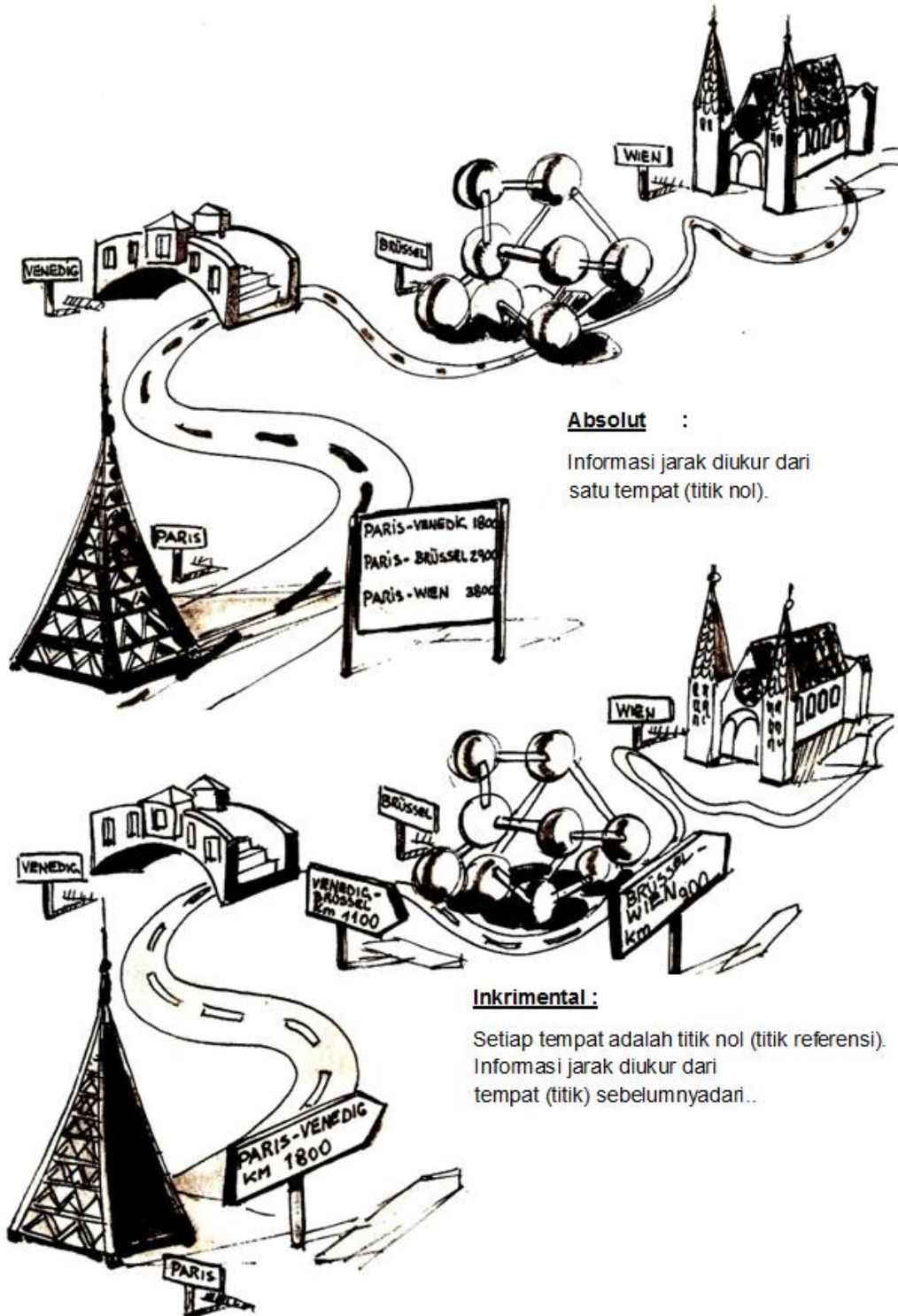
Gerakan (1) Z-15

Gerakan (2) X+50

Gerakan (3) Y-30

a) Metode Pemrograman

Pada dasarnya metode pemrograman pada mesin CNC ada dua metode yaitu absolut dan inkremental. Kedua metode itu dapat dijelaskan pada ilustrasi dibawah ini.

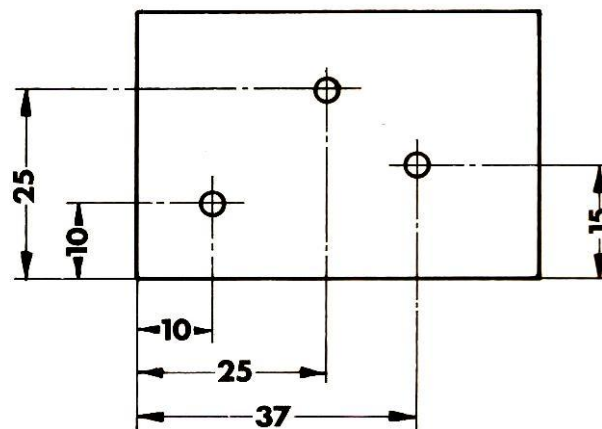


b) Informasi Geometris (Ukuran)

Informasi Geometris adalah ukuran yang ada didalam Gambar Teknik. Jenis pengukuran gambar teknik dapat dilakukan berdasarkan sistem Absolut atau Inkrimental. Dalam banyak hal dan jenis pengukuran juga dapat dilakukan dengan menggunakan sistem Campuran antara Inkrimental atau Absolut.

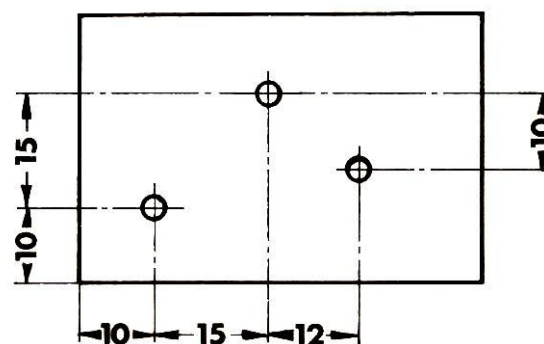
(1) Pengukuran Absolut juga dapat disebut pengukuran referensi karena gambar diukur dari satu titik.

Pengukuran absolut atau pengukuran referensi dapat diperlihatkan pada gambar di bawah ini



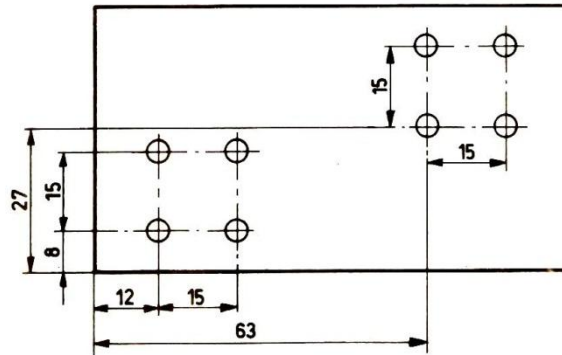
(2) Pengukuran Inkrimental dapat juga disebut pengukuran berantai. Setiap ukuran didasarkan pada ukuran sebelumnya.

Pengukuran inkrimental atau pengukuran berantai dapat diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



(3) Pengukuran Campuran

Ukuran 8, 12, 27 dan 63 adalah Absolut, berarti ukuran ini diukur dari satu titik, berantai.



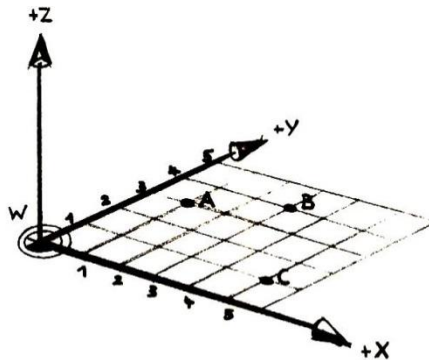
c) Metode Pemrograman

Dalam memprogram kita harus menyatakan jarak gerakan pisau frais pada setiap blok, pada dasarnya ada dua metode untuk menyatakan jarak gerakan.

(1) Pemrograman harga absolut

Pada pemrograman ini titik-titik yang akan dicapai oleh pisau frais selalu dinyatakan atau diukur dari titik 0.

Seperti dapat diperlihatkan pada gambar pisau frais akan bergerak dari titik nol menuju titik A, B sampai dengan titik C, semua koordinat titik tersebut diukur dari titik nol.

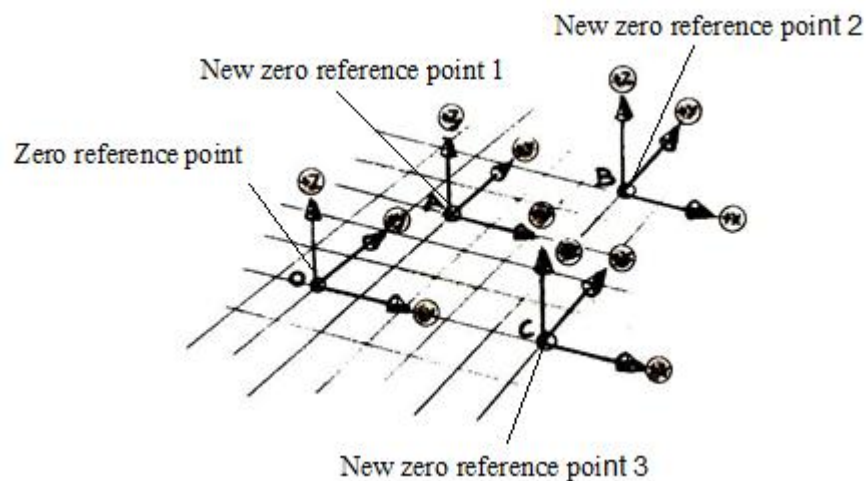


	X	Y	Z
A	1	3	0
B	3	4	0
C	5	1	0

(2) Pemrograman Harga Inkremental

Pada pemrograman harga inkremental menggunakan ukuran berantai. Titik yang akan dituju diukur dari titik sebelumnya yang dijadikan sebagai titik referensi (nol). Setiap informasi pergerakan selalu berpedoman pada posisi aktual yaitu ujung pisau frais.

Seperti yang diperlihatkan pada gambar, titik yang ditinggalkan selalu dijadikan titik referen (nol) baru.



	X	Y	Z
A	1	3	0
B	3	2	0
C	1	-5	0

Keuntungan dan Kerugian Program Absolut atau Inkremental

Untuk memudahkan dan mengurangi terjadinya kesalahan pada pemrograman, sebaiknya sebelum melakukan pemrograman berilah ukuran-ukuran bantu pada gambar kerja.

(1) Pemrograman Harga Absolut

Keuntungan :

Pemrograman harga absolut, jika kita ingin mengubah letak titik 1. Maka letak titik-titik yang lain akan tetap dan tidak berubah.

Kerugian :

Kadang-kadang sebagian orang merasa lebih sulit.

(2) Pemrograman Inkremental

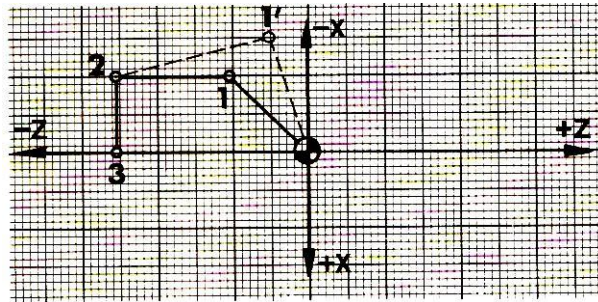
Keuntungan :

Metode pemrograman ini, dalam banyak hal lebih mudah.

Kerugian :

Jika anda harus, mengubah suatu titik, semua titik berikutnya akan ikut berubah

Lihat gambar koordinat dibawah ini.



Pada pemrograman Absolut, jika titik 1 diubah ke titik 1' maka titik 2 dan titik 3 tetap dan tidak berubah.

x	z	x	z
-1	-1	-1,5	-0,5
-1	-2,5	-1	-2,5
0	-2,5	0	-2,5

Akan tetapi pada pemrograman Inkremental, jika titik 1 diubah ke titik 1' maka titik berikutnya harus diubah juga.

x	z	x	z
-1	-1	-1,5	-0,5
0	-1,5	0,5	-2
1	0	1	0

d) G90- Pemrograman Harga Absolut

Pemrograman absolut dapat dilakukan dengan menggunakan G90, pada pemrograman ini semua titik koordinat dihitung dari titik referen atau titik nol. Didalam pemrograman G90 koordinat asli adalah posisi aktual yang berada pada ujung pisau frais.

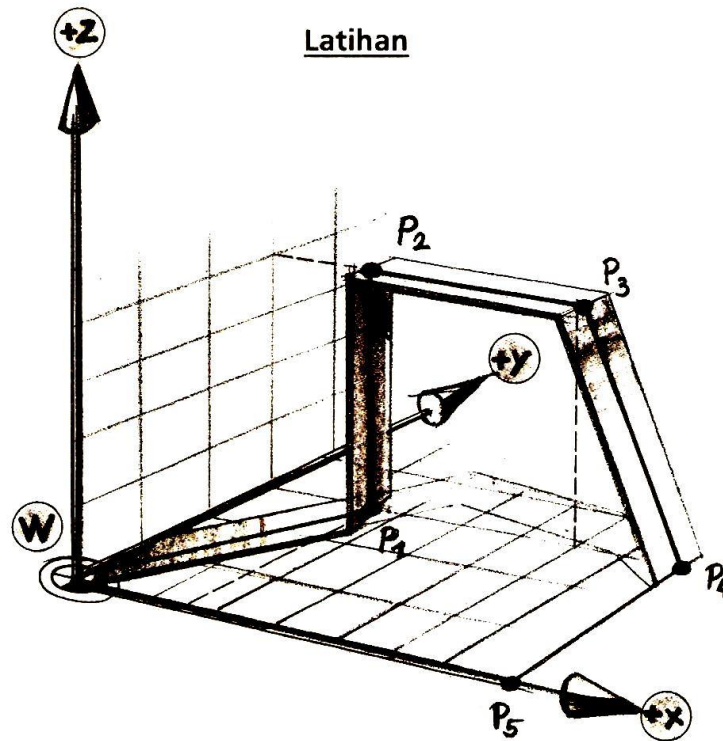
G90 dapat dibatalkan oleh G91

Untuk menetapkan titik nol pada mesin frais CNC TU-3A dapat dilakukan dengan G92.

Format untuk memasukan G90 pemrograman harga absolut

N.../G90

Latihan



Titik	X	Y	Z
P1	150	300	00
P2	150	300	400
P3	500	300	400
P4	700	300	00
P5	700	00	00

e) G91- Pemrograman Harga Inkremental

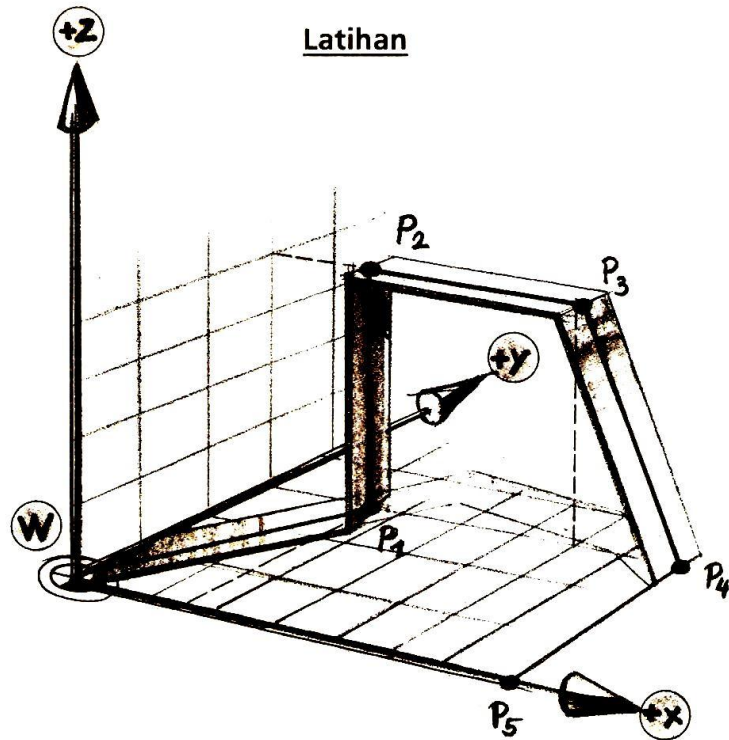
Pemrograman inkremental dapat dilakukan dengan menggunakan G91, pada pemrograman ini titik koordinat dihitung dari titik koordinat sebelumnya.

Pada mesin frais CNC TU-3A jika tidak diprogram dengan G90 maupun G91 maka semua penetapan ukuran dihitung secara inkremental.

Format untuk memasukan G91
pemrograman harga inkremental

N.../G91

Latihan



Titik	X	Y	Z
P1	150	300	00
P2	00	00	400
P3	350	00	00
P4	200	00	-400
P5	00	-300	00

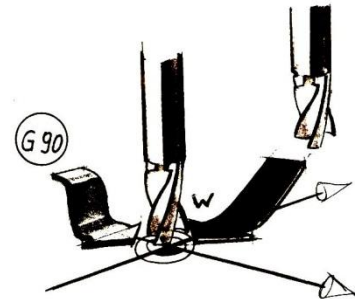
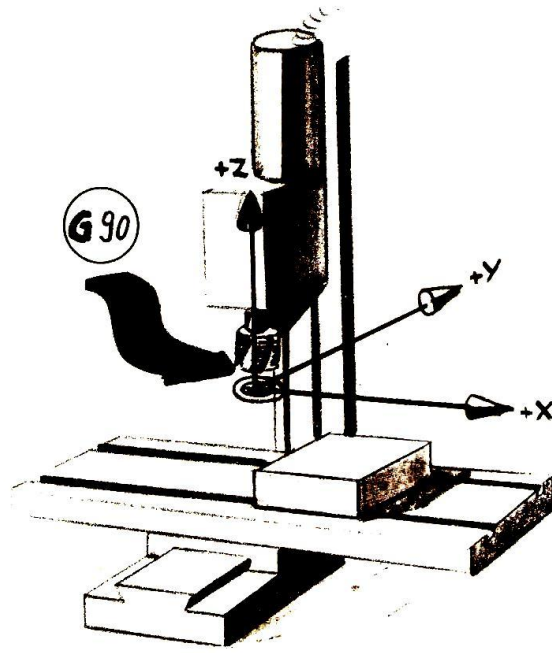
f) G92- Pencatatan Penetapan

Dengan menggunakan G92 kita dapat menentukan kedudukan titik nol ke tempat yang dikehendaki, tidak tergantung dari posisi eretan. Kita sebagai pemrogram dapat menempatkan titik nol dimana saja sesuai dengan keinginan.

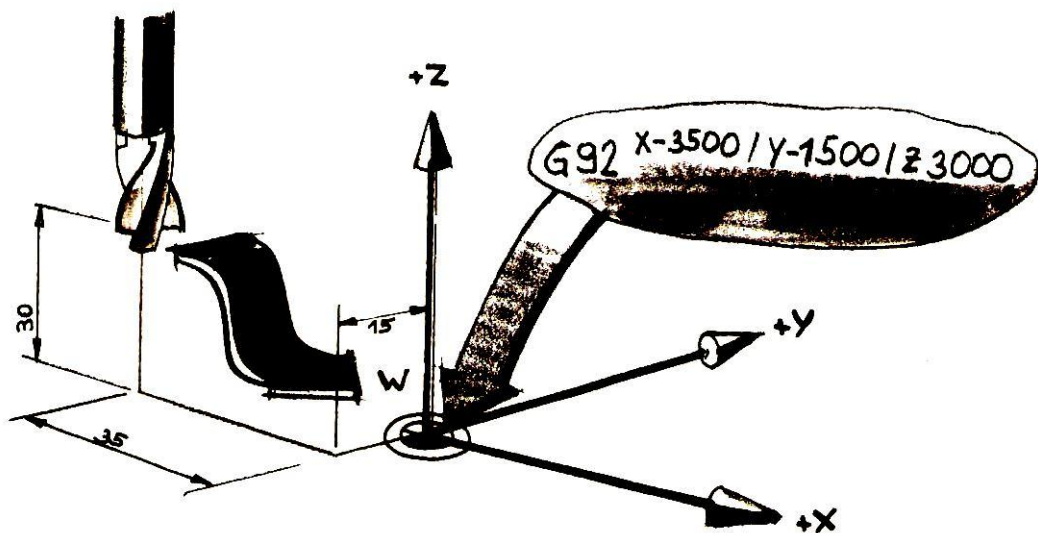
Kita dapat menyatakan sistem koordinat titik nol benda kerja sesuai dengan yang di inginkan untuk menentukan posisi pisau frais.

Kode G92 dapat dibatalkan oleh kode G91.

Seperti diperlihatkan pada gambar bahwa titik nol (W) dianggap berada pada posisi aktual yaitu tepat pada ujung pisau frais.



Seperti contoh pada gambar dibawah ini koordinat titik nol (referen) harus dipindahkan ke titik W. Maka perlu dibuat pemrograman pencatatan penetapan menggunakan G92 sebagai berikut :



3) Pelengkap Pemrograman
a) G 04 – Waktu Tinggal Diam

Waktu tinggal diam adalah menghentikan sementara dalam waktu tertentu pada salah satu blok. Penghentian sementara biasanya dilakukan pada proses pengaluran, pengeboran dan pereameran.

Format Masukan Waktu Tinggal Diam
N / G 04 / X

Untuk memprogram waktu tinggal diam, dengan jalan memasukan G04 dan memasukan angka pada kolom X untuk menentukan waktunya.
Jenjang masukan : 0 sampai 5999
Satuan masukan : 1/100 detik.

Contoh :
Waktu tinggal diam : 2 detik
N / G 04 / X 200

Sikap Mesin :
Eretan akan berhenti selama waktu tertentu secara terprogram.
Selama tinggal diam, program juga dapat digagalkan dengan INP + REV.
Selama tinggal diam, program tak dapat dihentikan sementara dengan INP + FWD. penghentian sementara dapat dilakukan pada blok berikutnya.
Penghentian sementara dengan INP + FWD akan memakan waktu lebih lama dari pada lamanya waktu tinggal diam.

Contoh Penggunaan waktu tinggal diam.

Pada proses pengeboran setelah slot drill mencapai kedalaman nol, G04 diprogram. Jika telah selesai proses pengeboran, maka segera menggerakkan slot drill kembali dengan G00, lamanya waktu berhenti tergantung pada tingkat kehalusan lubang bor yang diinginkan.

b) G 21 – Blok Kosong

Apabila kita ingin mengosongkan beberapa blok pada lembaran program, maka dapat dilakukan dengan memasukan G21. Apabila kita akan menyisipkan beberapa blok kedalam program yang sudah jadi dengan menekan tombol + INP, maka akan muncul G21. G21 adalah kode blok kosong yang dapat diganti dengan kode G yang lain.

Format Masukan : Blok Kosong
N / G 21

Bila kita memprogram blok kosong, maka kita dapat menambah blok baru dengan tanpa mengubah nomor blok-blok berikutnya.

Jika kita menghapus G21 menggunakan tombol DEL, sebagai gantinya kita dapat memasukkan fungsi G atau M yang dikehendaki.

c) Fungsi Pengatur dan Fungsi Tambahan (Fungsi M)

M berasal dari bahasa Inggris "miscellaneous" dan berarti serbaneka

(1) M 00 – Berhenti Terprogram

Format : N / M 00

Akibatnya :

Program terhenti sementara, eretan berhenti (sama seperti INP + FWD)

Kemungkinan melakukan ini untuk :

- (a) Mematikan sumbu utama
- (b) Melakukan ralat dalam program
- (c) Melakukan pengukuran benda kerja

Untuk melanjutkan program :

Tekan tombol START

(2) M 03 – Sumbu utama berputar searah jarum jam

Format : N / M 03

Sumbu utama dihidupkan oleh program dengan memasukkan M03.

Perhatikan :

M03 ini akan berlaku apabila saklar pemilih sumbu utama dipindah ke pelayanan CNC, jika tidak sumbu utama tidak dapat hidup.

(3) M 05 – Sumbu utama berhenti

Format : N / M 05

Sumbu utama dimatikan oleh program dengan memasukkan M05.

Saklar sumbu utama harus diatur ke pelayanan CNC.

(4) M 06 – Perhitungan panjang pisau / penggantian pisau

Format : N / M 06 / D / S.... / Z / T

Dengan M06 putaran spindle akan terhenti sebagai tanda dapat dilakukan pergantian alat.

Pada blok M06 dapat diisi

- (a) D 500 yang berarti kompensasi radius pisau sebesar 5 mm.
- (b) S 500 yang berarti putaran spindle sebesar 500 put/men

- (c) Z 200 Yang berarti selisih panjang alat sebesar 2 mm
- (d) T 03 Yang berarti alat tersebut alat nomor 3

Untuk melanjutkan Program tekan tombol START

(5) M 17 – Perintah Melompat Kembali

Format : N / M 17

Dengan M 17 Sub Program di tutup / Akhiri.

M 17 mengakibatkan lompatan kembali ke program utama pada nomor blok berikutnya.

Detailnya lihat sub program G 25 / M 17.

(6) M 30 – Akhir Program

Format : N / M 30

Dengan M 30 program pokok ditutup / diakhiri.

Akibatnya tidak ada penjalan program utama CNC dan sumbu utama dimatikan oleh program

Program melompat kembali ke blok N 00

(7) M 99 – Parameter Lingkaran

Format : N / M 99 / I / K

Dalam blok setelah G 02 / G 03, koordinat titik pusat busur lingkaran $\alpha \neq 90^\circ$ dengan I dan K dinyatakan dengan M 99.

Detailnya lihat G 02 / G 03.

(8) M 98 – Kompensasi Kelonggaran / Kocak Otomatis

Format : N / M 98 / X / Z

Fungsi

Pada setiap pembalikan arah eretan, ada kelonggaran balik / kocak, harga kelonggaran balik dapat diukur dengan dial indicator dan dimasukkan kedalam program.

Lewat komputer, kelonggaran tersebut dapat dikompensasi.

Masukan :

	Metrik	Inchi
Jenjang	0 – 100	0 – 100
Ukuran	mm	inchi

Masukan besaran kelonggaran tanpa tanda.

Jika dimasukan tanda minus tidak akan dihiraukan.

Sikap mesin pada kelonggaran program.

- Harga untuk kompensasi kelonggaran otomatis harus dimasukan lewat program NC.
- Pada akhirnya program NC harus dijalankan (jalan otomatis / atau uji jalan)
- Setelah proses kompensasi ini, pada pengalihan dari pelayanan CNC ke pelayanan manual atau sebaliknya tetap aktif.

Pembatalan kompensasi kelonggaran

- Matikan mesin.
- Pemrograman M 98 / X 0 / Z 0

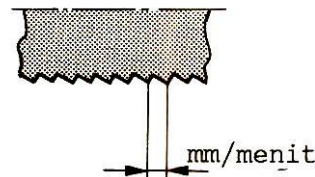
d) Kecepatan Asutan (F)

Untuk memasukan besaran asutan atau kecepatan asutan dipakai Huruf F. F adalah singkatan dari kata Inggris "Feed" dan berarti kecepatan.

Besaran Asutan

Besaran kecepatan asutan dinyatakan dalam mm/menit, yaitu pergeseran pisau frais setiap satu menit.

$F = (\text{mm/Menit})$



Satuan ini dapat dikonversi set

Kecepatan Asutan mm/Menit = Putaran sumbu utama (putaran/menit) x besaran asutan (mm/putaran)

$F (\text{mm/menit}) = S (\text{putaran/menit}) \times F (\text{mm/putaran})$

c. Rangkuman

- Lembaran Program Mesin Frais CNC . Naskah program atau lembaran program digunakan untuk menulis program. Didalam lembaran program dituliskan semua data untuk pengerjaan suatu benda kerja.
- Blok. Blok berisikan data yang diperlukan untuk proses pengerjaan (misalnya eretan lintang bergerak lurus -25 mm dengan kecepatan asutan 120 mm/menit)
- Kata – kata. Setiap blok terdiri dari beberapa kata. Setiap kata terdiri dari huruf dan kombinasi angka yang mempunyai arti tertentu.
- Kata. Kata terdiri dari huruf dan kombinasi angka. Hurufnya disebut adres.
Kata –kata pada pengendali TU - 3A dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a) Kata ke 1 (N). Kolom pertama menunjukkan kolom nomor blok yang dapat diisi dengan angka. Huruf adres N adalah nomor blok
 - b) Kata ke 2 (G). Kolom ke dua menunjukkan kolom huruf adres G yang dapat diisi dengan angka.. G adalah simbol informasi gerakan.
 - c) Kata ke 3 (M). Kolom ke dua juga dapat diisi dengan huruf adres M dan angka. M adalah simbol untuk informasi pengatur / informasi tambahan.
 - d) Kata ke 4 (X, Y dan Z). Kolom 3, 4, 5 menunjukkan kolom huruf adres X, Y, Z yang dapat diisi dengan angka yang menyatakan jarak
 - e) Kata ke 5 (F). Kolom ke enam menunjukkan kolom huruf F yang dapat diisi dengan angka. F adalah kecepatan pemakanan /asutan.
 - f) Kata ke 6 (H). Kolom ke enam menunjukkan huruf adres H yang dapat diisi dengan angka. informasi tentang pembagian ketebalan pemotongan.
 - g) Kata ke 7 (I, J dan K). Pada kolom 3, 4, 5 dapat diisi huruf adres I, J, k dan angka koordinat titik pusat lingkaran G 02 dan G 03
 - h) Kata ke 8 (L). Kolom ke enam juga dapat muncul huruf Adres L yang dapat diisi dengan angka maka blok akan melompat kemana sesuai yang dimaksud dengan fungsi G 25 dan G 27.
 - i) Kata ke 9 (T). Pada kolom ke lima juga dapat dimasukkan huruf Adres T dan angka. Dengan Adres T menyatakan alat potong dan kompensasi panjang alat potong pada fungsi M 06.
 - j) Kata ke 10 (D). Pada kolom ke tiga dapat muncul adres D yang dapat diisi dengan angka. Dengan diisi angka yang untuk menyatakan besarnya radius pisau pada fungsi M06
 - k) Kata ke 11 (S). Pada kolom ke empat dapat muncul adres S yang dapat diisi dengan angka untuk menunjukkan besarnya kecepatan putaran spindle.
- 5) Fungsi – fungsi Penjalanan
Semua angka ini dipakai untuk bilangan kunci. Fungsi penjalanan ditetapkan berdasarkan DIN66025 dan ISO.
 - 6) Sistem Koordinat pada Mesin Frais CNC
Arah-arah gerakan pada mesin CNC dinyatakan dalam sistem koordinat. Untuk menyatakan koordinat pada mesin frais apapun jenis konstruksinya dan gerakannya selalu dinyatakan dengan pergerakan pisau frais.
 - 7) Metode Pemrograman. Pada dasarnya metode pemrograman pada mesin CNC ada dua metode yaitu absolut dan inkremental.
 - 8) Informasi Geometris (Ukuran). Informasi Geometris adalah ukuran yang ada didalam Gambar Teknik. Jenis pengukuran gambar teknik dapat dilakukan berdasarkan sistem Absolut atau Inkremental.
 - 9) Pengukuran Absolut juga dapat disebut pengukuran referensi karena gambar diukur dari satu titik.
 - 10) Pengukuran Inkremental dapat juga disebut pengukuran berantai. Setiap ukuran didasarkan pada ukuran sebelumnya.
 - 11) Pengukuran Campuran
 - 12) Metode Pemrograman. Dalam memprogram kita harus menyatakan jarak gerakan pisau frais pada setiap blok, pada dasarnya ada dua metode untuk menyatakan jarak gerakan.
 - 13) Pemrograman harga absolut. Pada pemrograman ini titik-titik yang akan dicapai oleh pisau frais selalu dinyatakan atau diukur dari titik 0.

- 14) Pemrograman Harga Inkremental. Pada pemrograman harga inkremental menggunakan ukuran berantai. Titik yang akan dituju diukur dari titik sebelumnya yang dijadikan sebagai titik referensi (nol).
- 15) G90- Pemrograman Harga Absolut. Pemrograman absolut dapat dilakukan dengan menggunakan G90, pada pemrograman ini semua titik koordinat dihitung dari titik referen atau titik nol. Didalam pemrograman G90 koordinat asli adalah posisi aktual yang berada pada ujung pisau frais. G90 dapat dibatalkan oleh G91.
- 16) G91- Pemrograman Harga Inkremental. Pemrograman inkremental dapat dilakukan dengan menggunakan G91, pada pemrograman ini titik koordinat dihitung dari titik koordinat sebelumnya. Pada mesin frais CNC TU-3A jika tidak diprogram dengan G90 maupun G91 maka semua penetapan ukuran dihitung secara inkremental.
- 17) G92- Pencatatan Penetapan. Dengan menggunakan G92 kita dapat menentukan kedudukan titik nol ke tempat yang dikehendaki, tidak tergantung dari posisi eretan. Kita sebagai pemrogram dapat menempatkan titik nol dimana saja sesuai dengan dengan keinginan. Kode G92 dapat dibatalkan oleh kode G91.
- 18) Pelengkap Pemrograman
 - a) G 04 – Waktu Tinggal Diam. Waktu tinggal diam adalah menghentikan sementara dalam waktu tertentu pada salah satu blok.
 - b) G 21 – Blok Kosong. Apabila kita ingin mengosongkan beberapa blok pada lembaran program, maka dapat dilakukan dengan memasukan G21.
- 19) Fungsi Pengatur dan Fungsi Tambahan (Fungsi M). M berasal dari bahasa Inggris “miscellaneous” dan berarti serbaneka
 - a) M 00 – Berhenti Terprogram
 - b) M 03 – Sumbu utama berputar searah jarum jam
 - c) M 05 – Sumbu utama berhenti
 - d) M 06 – Perhitungan panjang pisau / penggantian pisau
 - e) M 08 – Titik Tolak Pengaturan
 - f) M 09 – Titik Tolak Pengaturan
 - g) M 17 – Perintah Melompat Kembali
 - h) M 22 – Titik Tolak Pengaturan
 - i) M 23 – Titik Tolak Pengaturan
 - j) M 26 – Titik Tolak Pengaturan
 - k) M 30 – Akhir Program
 - l) M 99 – Parameter Lingkaran
 - m) M 98 – Kompensasi Kelonggaran / Kocak Otomatis
- 20) Kecepatan Asutan (F). Untuk memasukan besaran asutan atau kecepatan asutan dipakai Huruf F. F adalah singkatan dari kata Inggris “Feed” dan berarti kecepatan. Besaran kecepatan asutan dinyatakan dalam mm/menit, yaitu pergeseran pisau frais setiap satu menit.

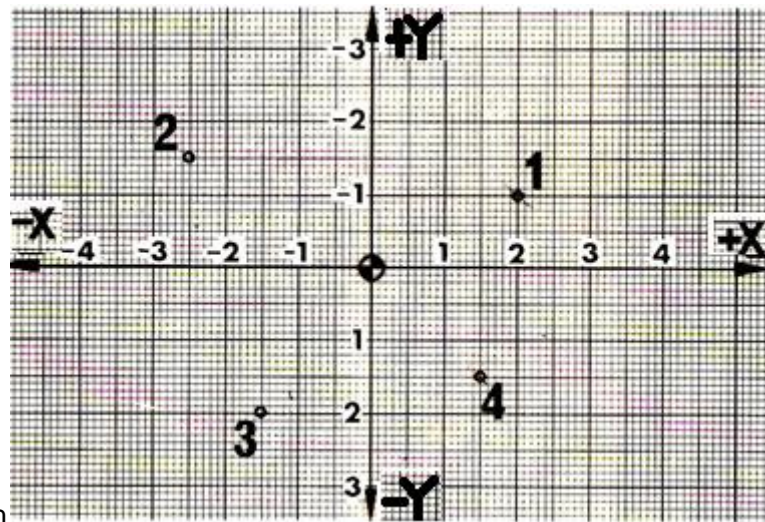
d. Tugas

- 1) Masukan program di bawah ini kedalam format lembaran program pada mesin CNC. Artikan kode-kode yang diberi warna hijau.

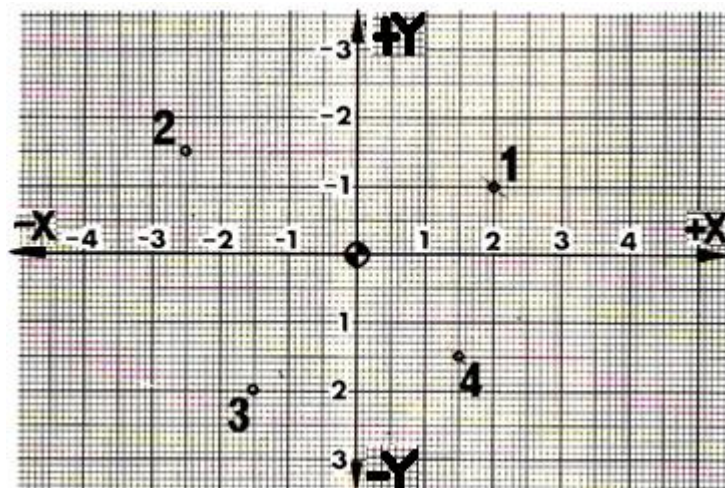
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
---	----------	----------	----------	----------	------------------	---

00	90				
01	92	3000		500	
02	M03				
04	00	2000		-900	
05	01	2000		-2500	50
06	04				
07	21				
08	01	2200		-2500	50
09	M5				
10	00	3000		-2600	
11	M30				

2) Buatlah koordinat titik-titik pada gambar di bawah ini dengan pemrograman absolut



3) Buatlah program inkremental.



e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling benar untuk menjawab pertanyaan di bawah ini :

- 1) Menulis program pada naskah program atau lembaran program disebut ...
 - a) Eksekusi
 - b) Penyetingan
 - c) Pemrograman
 - d) Penggagalan
 - e) Penggangguan
- 2) Didalam lembaran program terdiri atas baris-baris yang disebut ...
 - a) Blok
 - b) Kata
 - c) Adres
 - d) Kolom
 - e) Parameter
- 3) Disetiap blok terdiri dari beberapa ...
 - a) Blok
 - b) Adres
 - c) Kolom
 - d) Kata
 - e) Parameter
- 4) Kolom ke dua pada lembaran program menunjukkan kolom huruf adres ...
 - a) G
 - b) M
 - c) N
 - d) K
 - e) X
- 5) Menuliskan huruf adres M dan angka dapat dituliskan pada ...
 - a) Diluar kolom
 - b) Kolom pertama
 - c) Kolom ke dua
 - d) Kolom ke tiga
 - e) Kolom ke empat
- 6) Pada
kolom ke empat menunjukkan kolom huruf adres ...
 - a) G
 - b) M
 - c) N
 - d) K
 - e) Y
- 7) Kolom ke empat juga dapat diisi dengan adres koordinat titik pusat lingkaran dalam arah Z dengan huruf adres ...
 - a) J dan angka
 - b) I dan angka
 - c) N dan angka
 - d) T dan angka
 - e) H dan angka

- 8) Pada kolom enam juga dapat dimasukan huruf adres H dan angka yang menyatakan besarnya ...
- Koordinat titik pusat lingkaran
 - Koordinat titik pusat lingkaran pada sumbu X
 - Koordinat titik pusat lingkaran pada sumbu Z
 - Kisar ulir
 - Pembagian ketebalan pemotongan
- 9) Pengukuran Absolut juga dapat disebut pengukuran referensi karena gambar diukur dari ...
- Titik sebelunya
 - Titik sesudahnya
 - Titik awal
 - Satu titik
 - Dua titik
- 10) Pengukuran Inkrimental dapat juga disebut pengukuran berantai karena setiap ukuran didasarkan pada ...
- Titik awal
 - Titik sesudahnya
 - Titik sebelumnya
 - Satu titik
 - Dua titik
- 11) Pada pemrograman harga absolut, jika kita ingin mengubah letak titik 1. Maka letak titik-titik yang lain akan tetap dan tidak berubah hal ini merupakan ...
- Keuntungan
 - Kerugian
 - Kesamaan
 - Perbedaan
 - Kesalahan
- Dari program tersebut
- 12) Pada pemrograman inkrimental jika anda harus mengubah suatu titik, semua titik berikutnya akan ikut berubah hal ini merupakan ...
- Keuntungan
 - Kerugian
 - Kesamaan
 - Perbedaan
 - Kesalahan
- Dari program tersebut
- 13) Pemrograman absolut dapat dilakukan dengan menggunakan ...
- G04
 - G92
 - G91
 - G90
 - G64
- 14) Pemrograman inkrimental dapat dilakukan dengan menggunakan ...
- G64
 - G04
 - G92
 - G90

- e) G91
- 15) Kita dapat menentukan kedudukan titik nol ke tempat yang dikehendaki, hal ini hanya dapat dilakukan menggunakan ...
 - a) G64
 - b) G92
 - c) G91
 - d) G90
 - e) G21
- 16) Waktu tinggal diam adalah menghentikan sementara dalam waktu tertentu pada salah satu blok, hal ini dapat dilakukan menggunakan ...
 - a) G92
 - b) G91
 - c) G90
 - d) G04
 - e) G21
- 17) Apabila kita ingin mengosongkan beberapa blok pada lembaran program, maka dapat dilakukan dengan memasukan ...
 - a) G24
 - b) G21
 - c) G02
 - d) G03
 - e) G04
- 18) Jika setelah G90 atau G92 memprogram G91, maka harga pemrograman...
 - a) Absolut
 - b) Inkrimental
 - c) Campuran
 - d) Diameter
 - e) Koordinat efektif
- 19) Sumbu utama dapat dimatikan dengan memasukan ...
 - a) M00
 - b) M03
 - c) M05
 - d) M17
 - e) M30
- 20) Dengan M30 maka pada program pokok dapat ...
 - a) dimulai
 - b) ditutup / diakhiri
 - c) jalankan
 - d) digagalkan
 - e) ditunda

f. Kunci jawaban tes formatif

- 1) C
- 2) A
- 3) D
- 4) A

- 5) C
- 6) E
- 7) A
- 8) E
- 9) D
- 10) C
- 11) A
- 12) B
- 13) D
- 14) E
- 15) B
- 16) D
- 17) B
- 18) B
- 19) C
- 20) B

g. Lembar Kerja Peserta didik



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA

Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173

Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	JOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	------------------	--

Pendidikan : SMK negeri 12 Bandung
Bidang Keahlian : Teknologi dan Rekayasa
Program keahlian : Teknologi Pesawat Udara
Paket Keahlian : Pemesinan Pesawat Udara
Mata Pelajaran : Aircraft Component CNC Machining
Topik : Pemrograman mesin frais CNC
Kelas / Semester: XI / 2

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti PBM, siswa dapat:

- Memahami format program pada mesin frais CNC
- Memahami sistem koordinat pada mesin frais CNC
- Memahami pemrograman absolut pada mesin frais CNC
- Memahami pemrograman Inkremental pada mesin frais CNC
- Menganalisis pemrograman pada mesin frais CNC

2. Petunjuk

- Selama bekerja gunakan selalu pakaian kerja dan peralatan keselamatan kerja
- Pinjamlah peralatan yang akan digunakan sebelum mulai bekerja.
- Periksa kondisi dan persiapkan mesin sebelum mulai bekerja.
- Gunakan peralatan sesuai dengan fungsinya.
- Bekerjalah mengikuti aturan keselamatan kerja.
- Simpan alat ukur pada tempat yang aman dan jangan ditumpuk dengan peralatan yang lain.
- Kembalikan peralatan yang dipinjam kepada toolman setelah selesai bekerja.
- Bersihkan mesin dan ruangan praktek setelah selesai bekerja.

3. Alat dan Bahan

- Kertas ploter
- Pisau pena
- Mistar sorong ket. 0,02 mm
- Kacamata kerja

4. Langkah Kerja

- Hitunglah ukuran benda dalam absolut dan inkremental
- Tentukan titik awal program
- Buatlah tabel koordinat titik-titik
- Hitunglah tiap-tiap titik koordinat
- Buatlah program dengan bimbingan guru

- f. Ketiklah program kedalam format program
- g. Jalankan program menggunakan ploter pada kertas mili meter
- h. Periksakan gambar hasil ploter kepada guru.
- i. Bersihkan mesin.
- j. Bersihkan ruangan bengkel

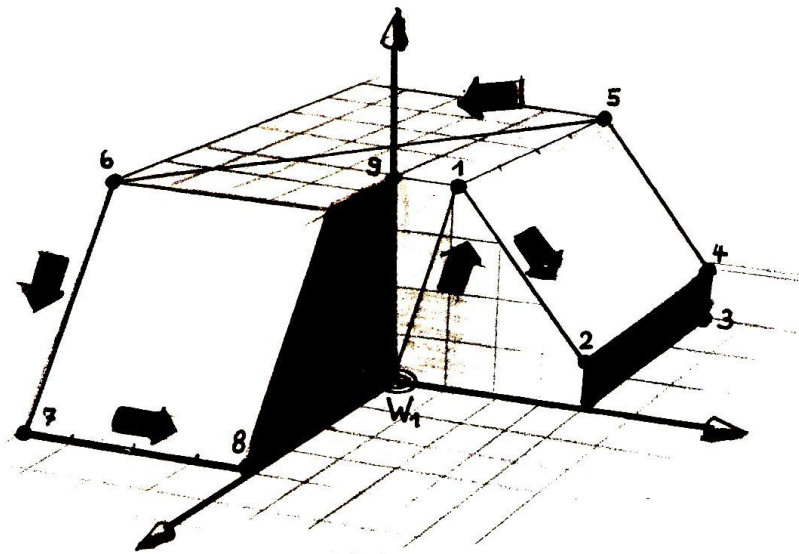


PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG

PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDAR
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com



F 7.5.1 - 06	JOOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------	--



1 skala (kotak) = 5 mm = 500 skala mesin

	Skala : 1:1	Digambar : Sugiarto	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : XI PPU	
	Tanggal : Nov 2013	Diperiksa :	
SMKN 12 BANDUNG	LATIHAN MENJALANKAN PROGRAM	NO. 02	



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	LEMBAR PENILAIAN	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------------	--

Nama :

Kelas :

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
METODA	Langkah Kerja	5		
	Penggunaan Alat	5		
	Keselamatan Kerja	5		
	Jumlah	15		
HASIL KETRAMPILAN	Titik 1	9		
	Titik 2	9		
	Titik 3	9		
	Titik 4	9		
	Titik 5	9		
	Titik 6	9		
	Titik 7	9		
	Titik 8	8		
	Titik 9	9		
	Jumlah	80		
WAKTU	Tepat	5		
	Lambat	0		
	Jumlah	5		
Jumlah Nilai		100		

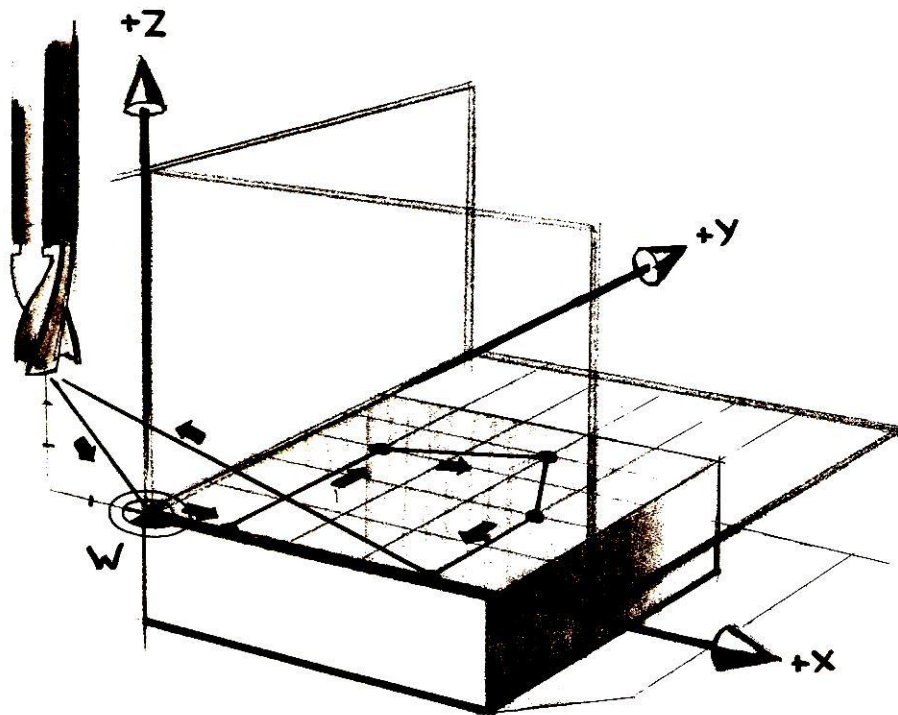


PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG

PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDAR
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com



F 7.5.1 - 06	JOOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------	--



1 skala (kotak) = 5 mm = 500 skala mesin

	Skala : 1:1	Digambar : Sugiarto	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : XI PPU	
	Tanggal : Nov 2013	Diperiksa :	
SMKN 12 BANDUNG	LATIHAN MENJALANKAN PROGRAM	NO. 03	



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	LEMBAR PENILAIAN	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------------	--

Nama :

Kelas :

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
METODA	Langkah Kerja	5		
	Penggunaan Alat	5		
	Keselamatan Kerja	5		
	Jumlah	15		
HASIL KETRAMPILAN	G92	10		
	Titik 1	10		
	Titik 2	10		
	Titik 3	10		
	Titik 4	10		
	Titik 5	10		
	Titik 6	10		
	Titik 7	10		
	Jumlah	80		
WAKTU	Tepat	5		
	Lambat	0		
	Jumlah	5		
Jumlah Nilai		100		

5. Pengoperasian Mesin Frais CNC 2.

a. Tujuan Pembelajaran

Melalui diskusi kelompok dan praktik, peserta didik dapat:

- 1) Menyadari sepenuhnya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 2) Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 3) Menyadari dan meyakini bahwa melakukan kegiatan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC adalah merupakan salah satu bentuk pengamalan perintah Tuhan yang harus dilakukan secara sungguh-sungguh.
- 4) Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 5) Menghargai kerja sama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikiran dan cara melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 6) Menunjukkan perilaku santun, peduli, tanggung jawab, kerja sama, responsif dan proaktif dalam melakukan kegiatan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 7) Memahami proses pengefraisan lurus pada mesin frais CNC
- 8) Memahami proses pengefraisan miring pada mesin frais CNC
- 9) Memahami proses pengefraisan radius pada mesin frais CNC
- 10) Memahami proses pengefraisan siklus kantong pada mesin frais CNC
- 11) Memahami proses pengeboran lubang pada mesin frais CNC
- 12) Memahami proses pereameran pada mesin bubut CNC
- 13) Mengerjakan komponen pesawat udara menggunakan mesin frais CNC

b. Uraian Materi

- 1) Mengefraisi lurus, miring, radius, kantong, lubang dan lubang presisi.

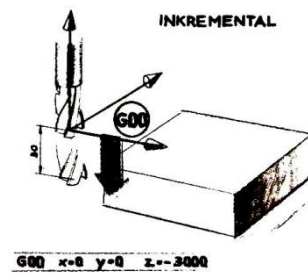
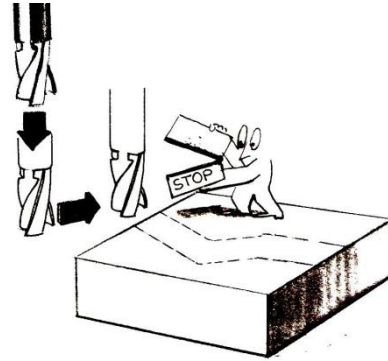
a) G00- Pengaturan Posisi Pisau Frais dengan Gerak Cepat

Untuk mengatur posisi pisau frais dengan gerakan tanpa pemakanan sedapat mungkin dilakukan dengan gerakan cepat. Hal ini dimungkinkan karena alasan ekonomis sehingga gerakan harus dilakukan secepat mungkin.

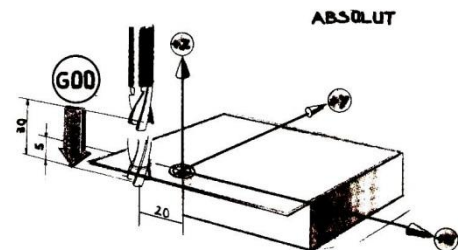
Kemungkinan gerakan yang dapat dilakukan adalah

- (1) Pisau bergerak dalam arah X
- (2) Pisau bergerak dalam arah Y
- (3) Pisau bergerak dalam arah Z
- (4) Pisau bergerak dalam arah X dan Y
- (5) Pisau bergerak dalam arah X dan Z
- (6) Pisau bergerak dalam arah Y dan Z

Besarnya kecepatan gerakan cepat pada mesin TU-3A sebesar 700 mm/men



G00 X=0 Y=0 Z=-2000



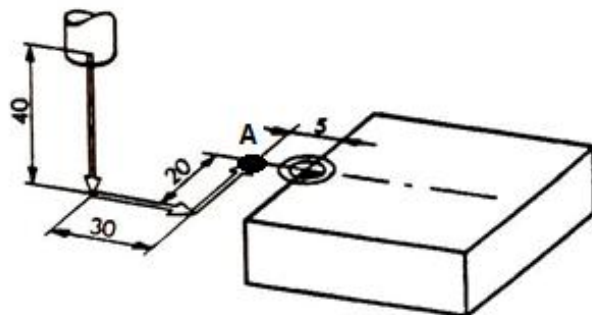
G00 X=2000 Y=0 Z=500

Format untuk memasukan gerakan cepat
N.../G00/X±.../Y±.../Z±....

Masukan nilai X, Y dan Z dalam 1/100 mm.

Contoh pemrograman untuk mengatur posisi pisau frais dengan menggunakan G00.

Sebelum melakukan pemrograman terlebih dahulu direncanakan posisi letak pisau frais terhadap benda kerja, letak pisau frais perlu mempertimbangkan kemungkinan untuk pemasangan dan pelepasan pisau frais begitu juga pemasangan dan pembukaan benda kerja. Berilah jarak dari ujung pisau ke benda kerja seperti yang ditunjukkan pada gambar. Pisau frais dapat digerakan dengan gerakan cepat dari titik awal pisau menuju titik A.



Kemungkinan yang dapat dilakukan

Kemungkinan 1

Blok N00 pahat bergerak sebesar 40 mm dengan arah gerakan pada sumbu Z bergerak ke bawah, maka harga yang dimasukkan bernilai negatif (Z-) sedangkan harga X, Y dan F tidak perlu dimasukkan.

Blok N01 pisau bergerak sebesar 30 mm dengan arah gerakan pada sumbu X ke kanan, maka harga yang dimasukkan bernilai positif (X+), sedangkan harga Y, Z dan F tidak perlu dimasukkan.

Blok N02 pisau frais bergerak sebesar 20 mm dengan arah Y ke depan dengan harga positif (Y+), sedangkan harga X, Z dan F tidak perlu dimasukkan.

Dengan pemrograman sebagai berikut :

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	00	00	00	-4000		
01	00	3000	00	00		
02	00	00	2000	00		
03	M30					

Kemungkinan 2

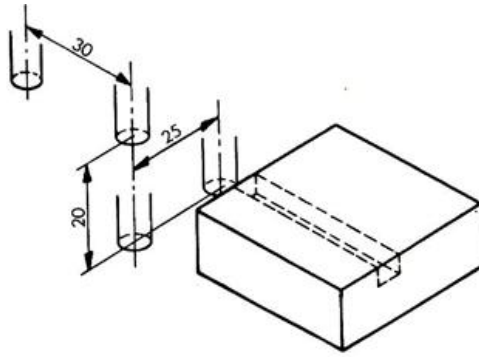
Blok N00 pisau frais bergerak pada saat yang sama sebesar 40 mm pada sumbu Z dan 30 mm pada sumbu X. Harga yang dimasukkan Z bernilai negatif (Z-) dan X bernilai positif (X+), sedangkan harga F tidak perlu dimasukkan.

Blok N01 pisau frais bergerak sebesar 20 mm pada sumbu Y ke arah depan bernilai positif (Y+), sedangkan harga F tidak perlu dimasukkan.

Pemrograman sebagai berikut

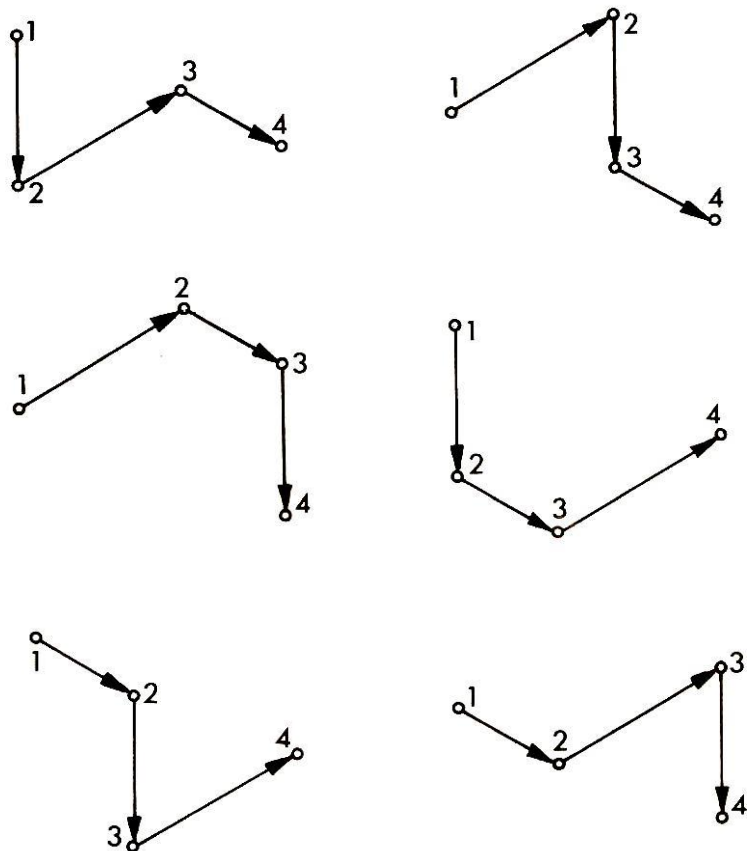
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	00	3000	00	-4000		
01	00	00	2000	00		
02	M30					

Seperti pada gambar di bawah, gerakan yang dilakukan adalah gerakan bebas yang dilaksanakan di luar benda kerja bukan gerakan pemakanan, sehingga gerakan dapat dilakukan dengan gerakan cepat terprogram tanpa asutan (F).

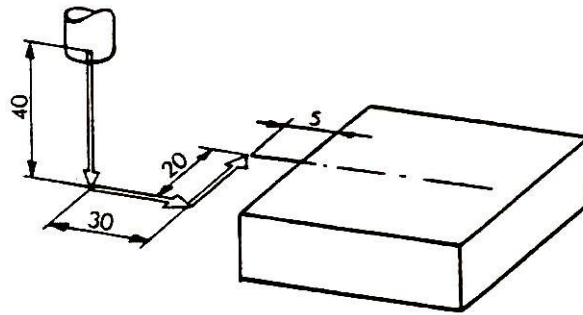


N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	00	3000	00	00		
01	00	00	00	-2000		
02	00	00	2500	00		
03	M30					

Gerakan tersebut dapat dilakukan dengan beberapa kemungkinan, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

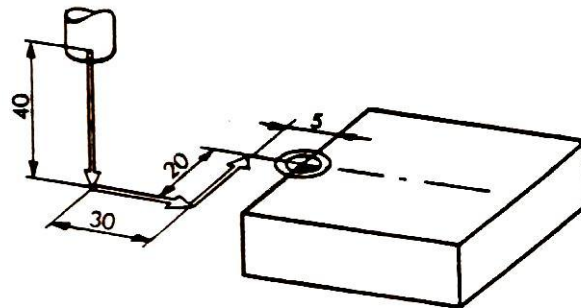


Latihan pemrograman inkremental



N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	00	00	00	-4000		
01	00	3000	00	00		
02	00	00	2000	00		
03	M30					

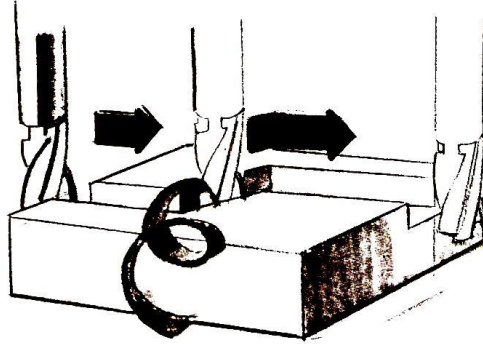
Latihan pemrograman absolut



N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	00	-3500	-2000	00		
01	00	-500	-2000	00		
02	00	-500	00	00		
03	M30					

b) G01- Interpolasi Linear

Sesuai dengan namanya linear berarti lurus. Sedangkan Interpolasi berarti memasukkan harga. Interpolasi linear berarti memasukkan harga asutan pada gerakan lurus. Gerakan lurus dapat terletak pada sudut tertentu. Artinya gerakan lurus tersebut dapat searah dengan sumbu X, Y, Z dan dapat juga bergerak dalam arah XY dan XZ serta YZ. Gerakan ini biasanya digunakan untuk melakukan penyayatan dengan melalui pemrograman yang disertai asutan (F).



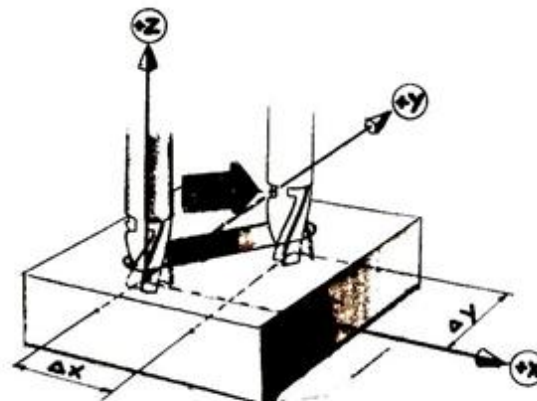
Masukan :

- (1) Menuliskan nomor blok
- (2) Menuliskan G01
- (3) Menuliskan harga X dalam perseratusan
- (4) Menuliskan harga Y =0
- (5) Menuliskan Harga Z =0
- (6) Menuliskan harga F dalam mm/men.

Format untuk memasukan G01 Pengefraisan memanjang

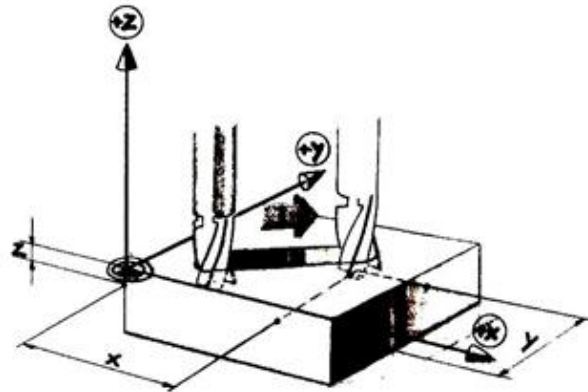
N.../G01/X±.../Y=0/Z=0/F.....

Pemrograman Inkremental



G01/X2500/Y1800/Z = 0/F ...
 ΔX 25 mm
 ΔZ 18 mm

Pemrograman Absolut



G01/X4000/Y3200/Z -500/F... X 40 mm Z 5 mm
Y 32 mm

(1) G01-Pengefraisan lurus dan miring.

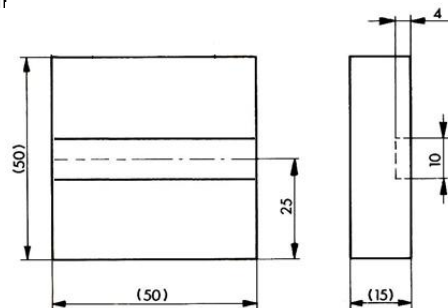
Pengefraisan lurus dan miring dapat digunakan untuk melakukan berbagai macam pekerjaan pengefraisan. Pekerjaan pengefraisan tersebut diantaranya meliputi :

(a) Pengefraisan alur

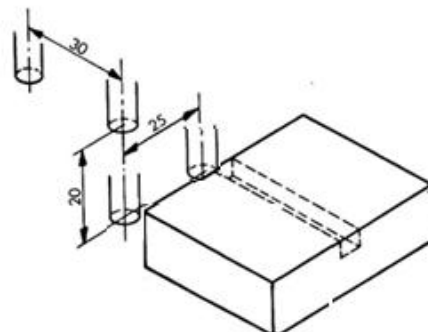
- Pengefraisan alur tembus

Pengefraisan alur dapat berupa alur tembus dan alur tidak tembus.

Pada pengefraisan alur tembus dapat ditunjukkan pada gambar kerja di bawah ini

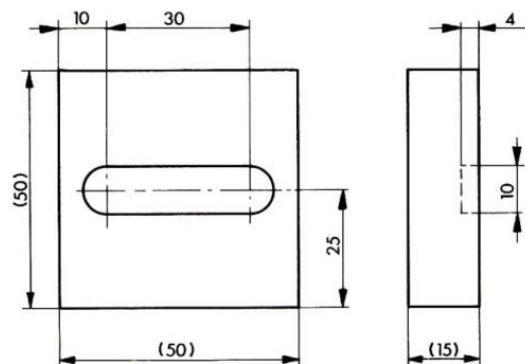


Proses pengefraisan ini dapat dilakukan dengan menggerakkan pisau frais dari posisi awal menuju titik persiapan pemakanan menggunakan gerakan cepat (G00), kemudian melakukan pemakanan menggunakan gerakan interpolasi linear (G01), selanjutnya kembali ke posisi awal seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

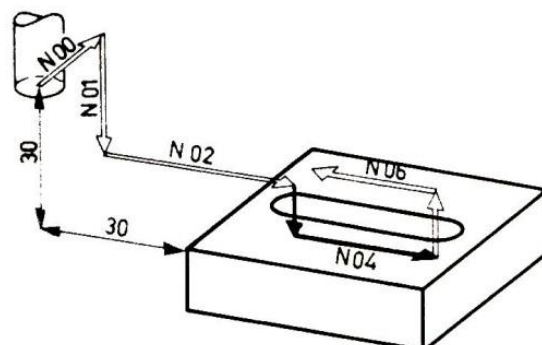


N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	M03					
01	00	3000	00	00		
02	00	00	00	-2000		
03	00	00	2500	00		
04	01	6000	00	00	50	
05	00	00	00	2000		
06	00	-6000	00	00		
07	00	00	-2500	00		
08	00	-3000	00	00		
09	M30					

- Pengefraisan alur tidak tembus
Sedangkan pengefraisan tidak tembus seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

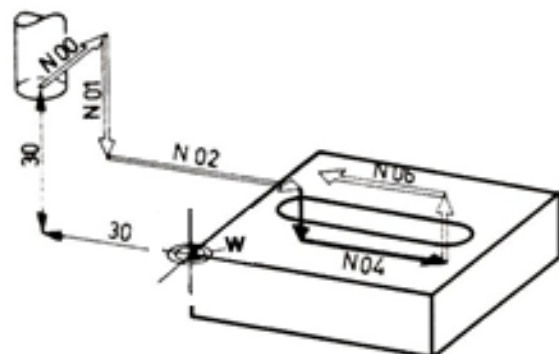
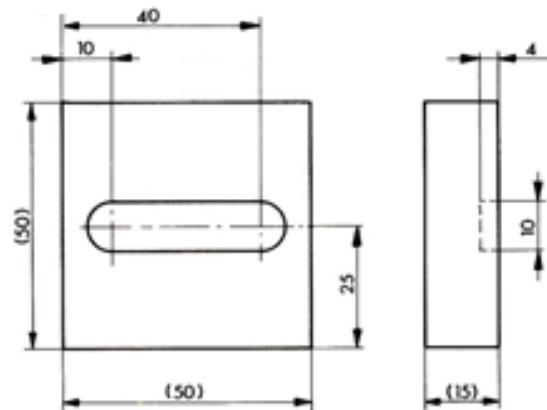


Gerakan pisau untuk pengefraisan tidak tembus lebih rumit, karena untuk melakukan pemakanan harus terlebih dahulu melalui gerak pemakan untuk menembus kedalaman alur.



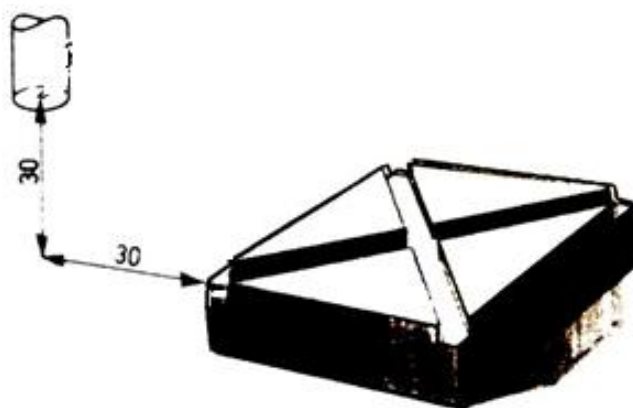
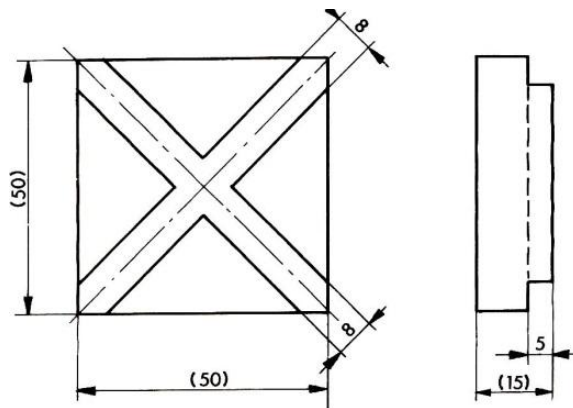
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	M03					
01	00	00	2500	00		
02	00	00	00	-2900		
03	00	4000	00	00		
04	01	00	00	-500	50	
05	01	3000	00	00	50	
06	00	00	00	500		
07	00	-7000	00	00		
08	00	00	00	2900		
09	00	00	-2500	00		
10	M30					

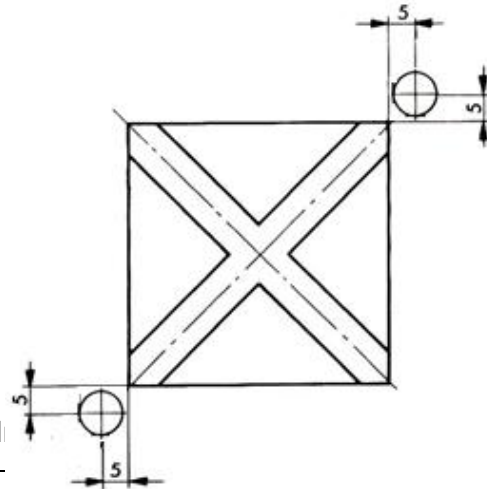
Untuk pemrograman absolut pada pembuatan alur tidak tembus dapat kita lakukan sebagai berikut :



N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	90					
01	92	-3000	00	3000		
02	M03					
03	00	-3000	2500	3000		
04	00	-3000	2500	100		
05	00	1000	2500	100		
06	01	1000	2500	-400	50	
07	01	4000	2500	-400	50	
08	00	4000	2500	100		
09	00	-3000	2500	100		
10	00	-3000	2500	3000		
11	00	-3000	00	3000		
12	M30					

- Pengefraisan alur miring atau alur silang
 Pada pengefraisan alur miring gerakan pemakanan dilaksanakan oleh dua sumbu secara bersamaan.





Pemrograman I

N	G (M)	X (I)	(J)	(K)	(L) (K) (T)	H
00	M03					
01	00	2500	-500	00		
02	00	00	00	-3500		
03	01	6000	6000	00	50	
04	00	-6000	00	00		
05	01	6000	-6000	00	50	
06	00	00	00	3500		
07	00	-8500	500	00		
08	M30					

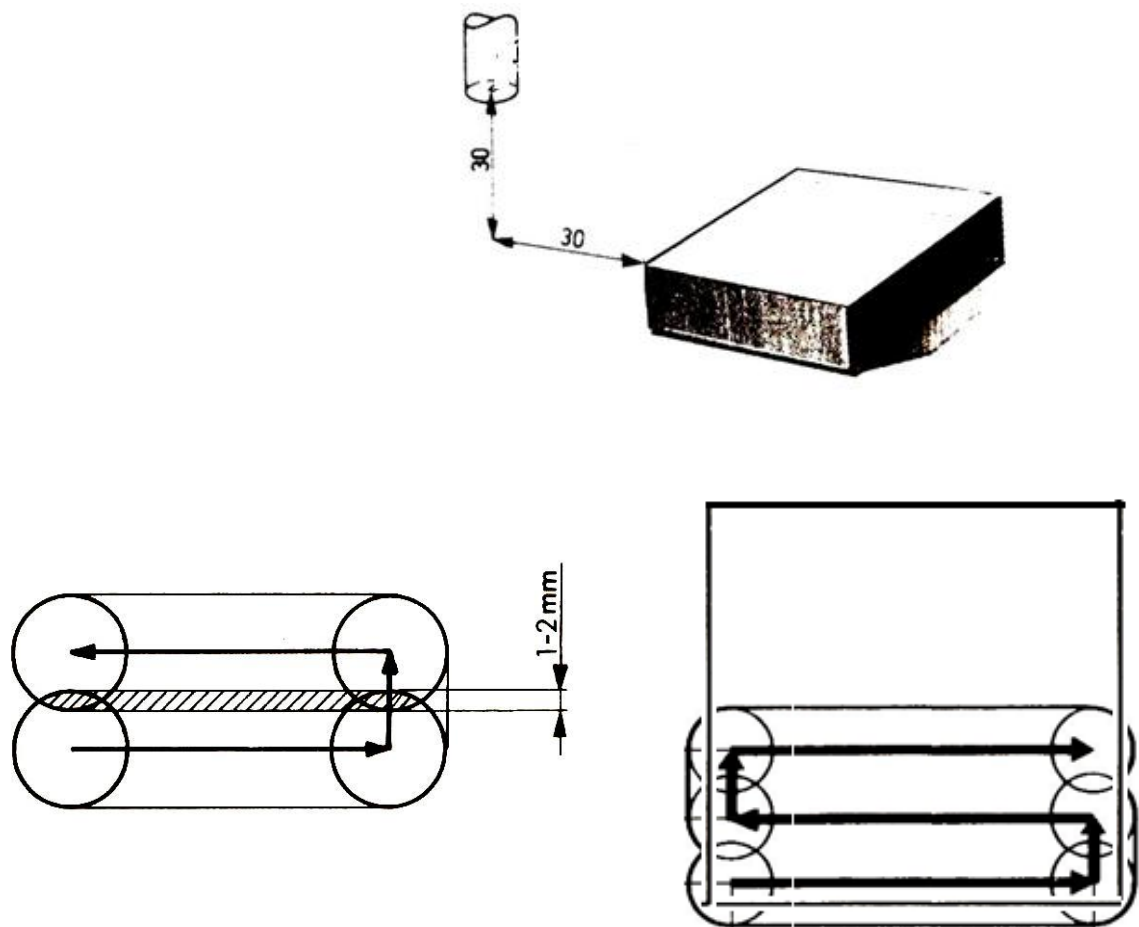
Pemrograman Absolut

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	90					
01	92	-3000	00	3000		
02	M03					
03	00	-500	-500	3000		
04	00	-500	-500	-500		
05	01	5500	5500	-500	50	
06	00	-500	5500	-500		
07	01	5500	-500	-500	50	
08	00	5500	-500	3000		
09	00	-3000	00	3000		
10	M30					

(b) Pengefraisan permukaan rata

Pengefraisan permukaan rata dapat dilakukan dengan beberapa kemungkinan. Apabila diameter pisau frais lebih besar dari permukaan benda kerja, maka pengefraisan dapat dilakukan sekali jalan saja. Akan tetapi bila diameter pisau lebih kecil dari permukaan benda kerja, maka

pengefraisan harus dilakukan beberapa kali pemakanan. Pemakanan bergeser dan saling menutup, besarnya pergeseran tergantung dari ukuran diameter pisau, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Sebagai contoh ukuran permukaan benda kerja 50 x 50 mm, sedangkan diameter pisau 10 mm, maka pemrogramannya sebagai berikut:



Program Inkremental

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	M03					
01	00	00	00	-3100		
02	00	2000	00	00		
03	01	6000	00	00	50	
04	01	00	800	00	50	
05	01	-5000	00	00	50	
06	01	00	800	00	50	
07	01	5000	00	00	50	
08	01	00	800	00	50	
09	01	-5000	00	00	50	
10	01	00	800	00	50	
11	01	5000	00	00	50	
12	01	00	800	00	50	
13	01	-5000	00	00	50	
14	01	00	800	00	50	
15	01	5000	00	00	50	
16	00	00	00	3100		
17	00	8000	4800	00		
18	M30					

Program Absolut

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	90					
01	92	-3000	00	3000		
02	M03					
03	00	-3000	00	-10		
04	00	-1000	00	-10		
05	01	5000	00	-10	50	
06	01	5000	800	-10	50	
07	01	00	800	-10	50	
08	01	00	1600	-10	50	
09	01	5000	1600	-10	50	
10	01	5000	2400	-10	50	
11	01	00	2400	-10	50	
12	01	00	3200	-10	50	
13	01	5000	3200	-10	50	
14	01	5000	4000	-10	50	
15	01	00	4000	-10	50	
16	01	00	4800	-10	50	
17	01	5000	4800	-10	50	

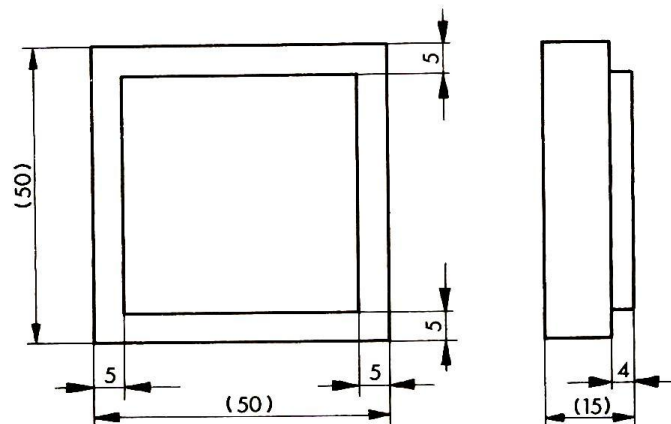
18	00	5000	4800	3000		
19	00	-3000	00	3000		
20	M30					

(c) Pengefraisan permukaan bertingkat

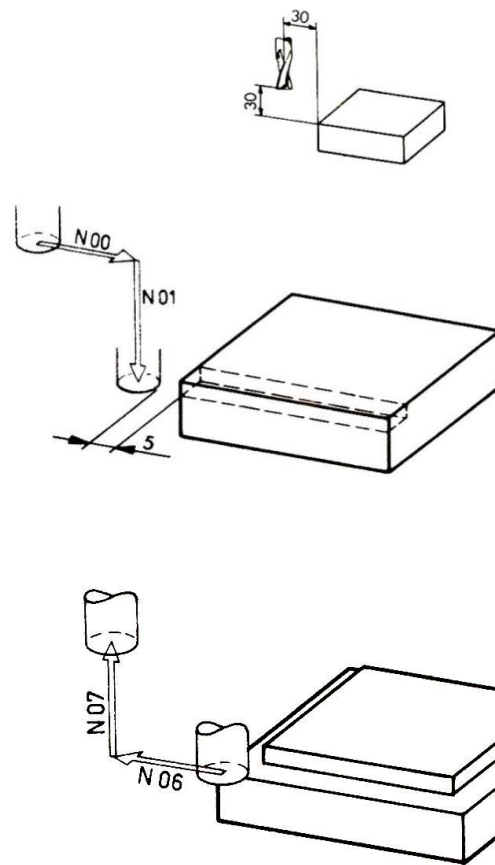
Apabila kita akan melakukan pengefraisan balok bertingkat, terlebih dahulu kita harus mengetahui ukuran diameter pisau yang akan digunakan.



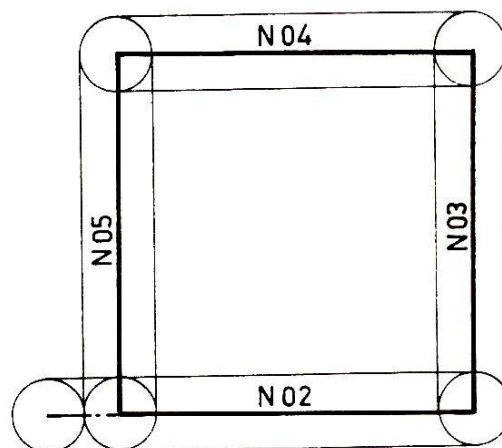
Dengan demikian kita dapat membuat gambar dengan garis bantu lintasan pisau untuk memudahkan dalam pembuatan program. Seperti contoh gambar dibawah ini, bila pisau yang akan digunakan berdiameter 10 mm, maka garis lintasan pisau tepat pada garis sisi benda kerja.



Jika posisi awal pisau X-30 dan Z30 maka lintasan pisau dapat ditunjukkan seperti pada gambar di bawah ini.



Sedangkan lintasan pemakanan benda kerja mengelilingi benda kerja ,hingga akhirnya kembali ke titik awal.



Program Inkremental

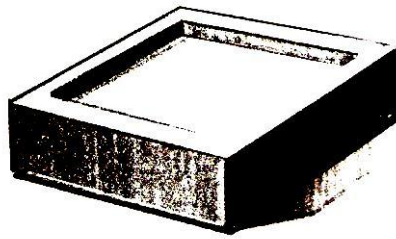
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	M03					
01	00	2000	00	00		
02 (d) k	00	00	00	-3400		
03 (e) b	01	6000	00	00	50	
04	01	00	5000	00	50	
05	01	-5000	00	00	50	
06	01	00	-5000	00	50	
07	00	3000	00	00		
08	00	00	00	3400		
09	M30					

Program Absolut

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	90					
01	92	-3000	00	3000		
02	M03					
03	00	-1000	00	00		
04	00	-1000	00	-400		
05	01	5000	00	-400	50	
06	01	5000	5000	-400	50	
07	01	00	5000	-400	50	
08	01	00	00	-400	50	
09	00	-3000	00	-400		
10	00	-3000	00	3000		
11	M30					

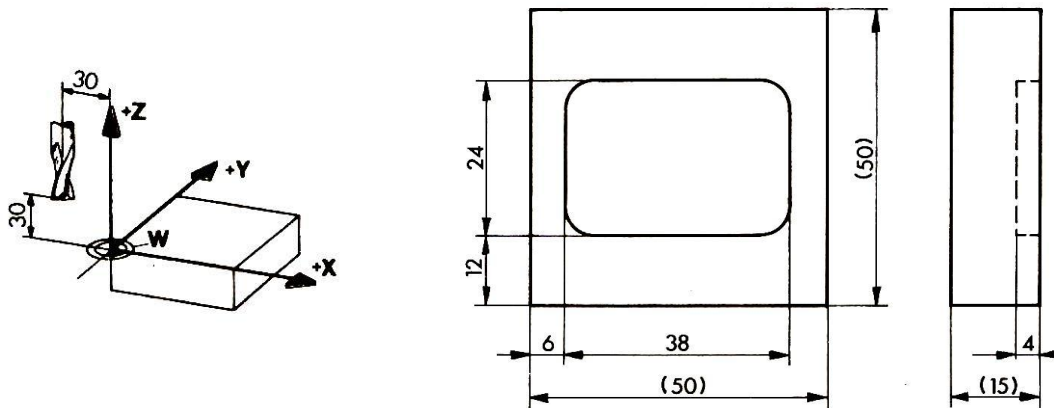
(d) Pengefraisan Kantong

Pengefraisan kantong seperti pada gambar di bawah ini, dapat dilakukan melalui beberapa tahapan.

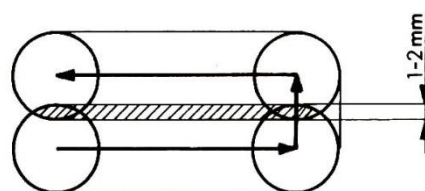


Tahapan tersebut antara lain

- Ukurlah diameter pisau frais yang akan digunakan. (ukuran diameter pisau frais 10 mm)
- Gambarlah kantong yang akan dibuat dengan ukuran skala yang jelas. Baik dalam ukuran absolut maupun inkremental.

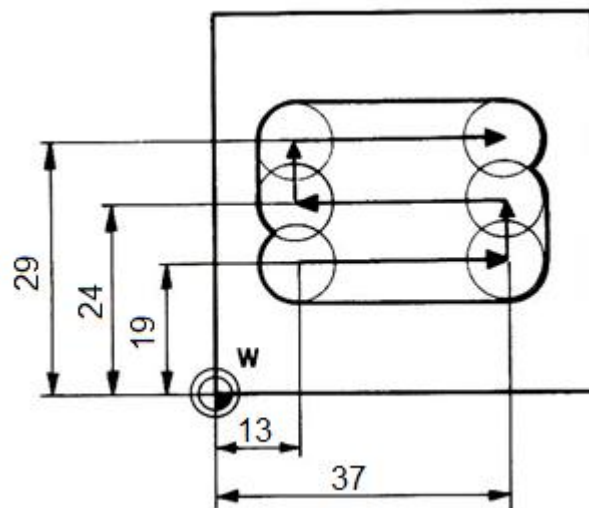
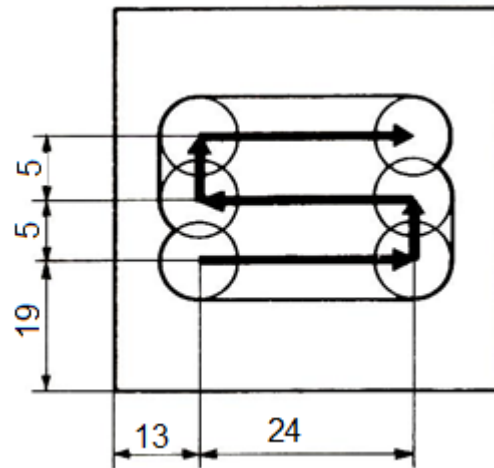


- Rencanakan gerak lintasan pisau seperti mengefrais rata.

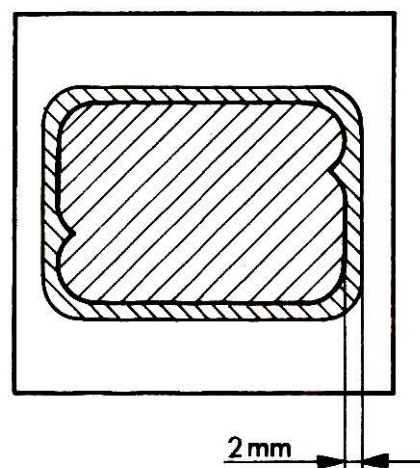


- Tentukan ketebalan finising kantong. (ketebalan finising 2 mm)
- Tentukan ukuran kantong untuk pengasaran. (ukuran kantong 34 mm x 34 mm)

- Buatlah garis bantu lintasan pisau untuk pemakanan pengasaran



- Buatlah garis bantu lintasan pisau untuk pemakanan finising.



Program Inkremental

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	M03					
01	00	00	00	-2900		<i>Pengawasan</i>
02	00	4300	00	00		
03	00	00	1900	00	50	
04	01	00	00	-500	50	
05	01	2400	00	00	50	
06	01	00	500	00	50	
07	01	-2400	00	00	50	
08	01	00	500	00	50	
09	01	2400	00	00	50	
10	01	200	00	00	50	
11	01	00	-1200	00	50	<i>Finishing</i>
12	01	-2800	00	00	50	
13	01	00	1400	00	50	
14	01	2800	00	00	50	
15	01	00	-1400	00	50	
16	00	00	00	3400		
17	00	6900	-1700	00		
18	M30					

Program Absolut

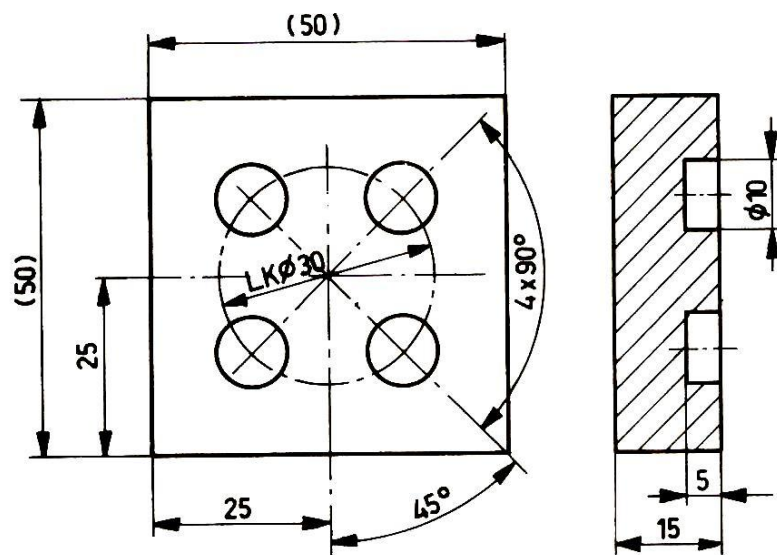
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	90					
01	92	-3000	00	3000		<i>Pengawasan</i>
02	M03					
03	00	-3000	00	100		
04	00	1300	00	100		
05	00	1300	1900	100		
06	01	1300	1900	-400	50	
07	01	3700	1900	-400	50	
08	01	3700	2400	-400	50	
09	01	1300	2400	-400	50	
10	01	1300	2900	-400	50	
11	01	3700	2900	-400	50	<i>Finishing</i>
12	01	3900	2900	-400	50	
13	01	3900	1700	-400	50	
14	01	1100	1700	-400	50	
15	01	1100	3100	-400	50	
16	01	3900	3100	-400	50	
17	01	3900	1700	-400	50	

18	00	3900	1700	3000		
19	00	3000	00	3000		
20	M30					

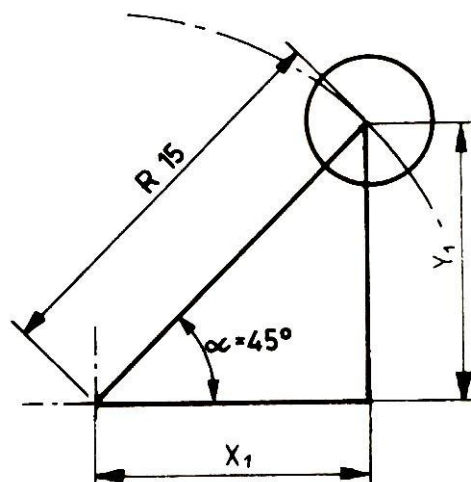
(e) Pengefraisan Segi Banyak

Setiap ukuran yang ada pada gambar kerja selalu dapat langsung ditentukan titik koordinatnya, kecuali ukuran yang berbentuk sudut dan ukuran miring. Ukuran sudut dan miring dapat ditentukan titik koordinatnya dengan menggunakan perhitungan geometri. Begitu juga ukuran diameter pisau selalu akan mempengaruhi perhitungan titik koordinat.

Pada pembuatan empat lubang baut pada gambar di bawah ini perlu dihitung titik koordinatnya, karena ukuran titik pusat lingkarannya berupa ukuran



Dari gambar di atas kita hitung koordinat salah satu titik lubang bor terhadap titik pusat lingkaran lubang bor.



Pada segi tiga dapat dihitung ukuran Y1 dan X1.

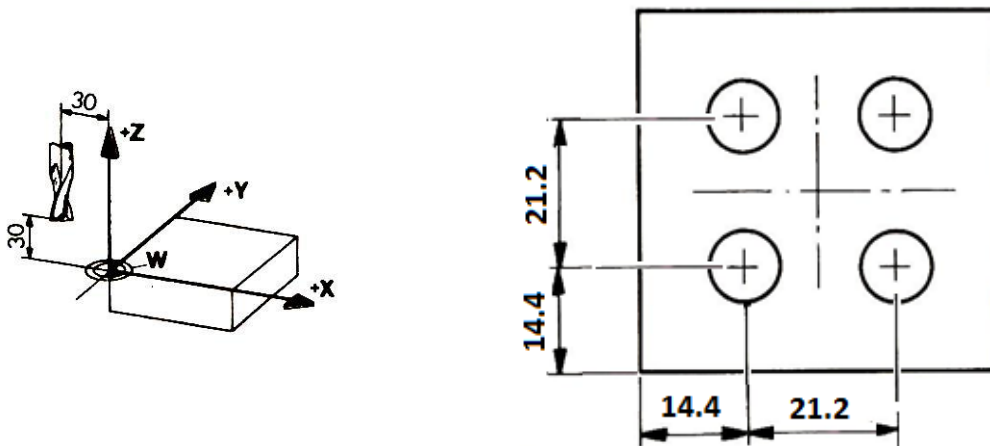
$$\sin \alpha =$$

$$Y1 = R \cdot \sin 45^\circ = 15 \cdot 0,707 = 10,6$$

$$\cos \alpha =$$

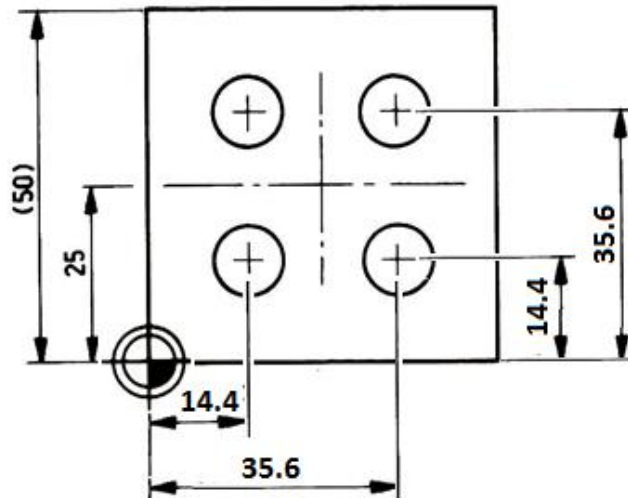
$$X1 = R \cdot \cos 45^\circ = 15 \cdot 0,707 = 10,6$$

Keempat lubang tersebut terletak pada posisi simetris terhadap titik pusatnya, maka kita dapat menghitung koordinat titik lubang dengan menambahkan atau mengurangkan.



Program Inkremental

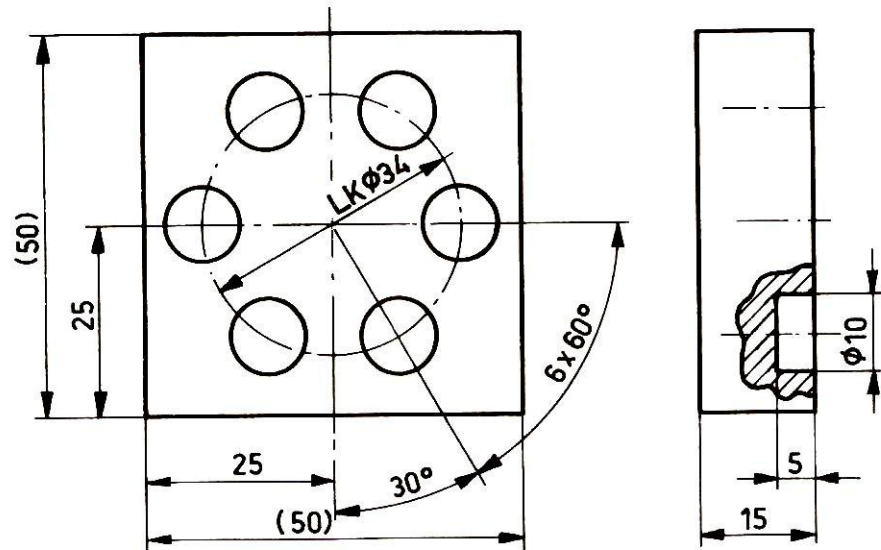
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	M03					
01	00	00	00	-2900		
02	00	3000	00	00		
03	00	1440	1440	00		
04	01	00	00	-600	50	
05	00	00	00	600		
06	00	2120	00	00		
07	01	00	00	-600	50	
08	00	00	00	600		
09	00	00	2120	00		
10	01	00	00	-600	50	
11	00	00	00	600		
12	00	-2120	00	00		
13	01	00	00	-600	50	
14	00	00	00	3500		
15	00	4440	-3560	00		
16	M30					



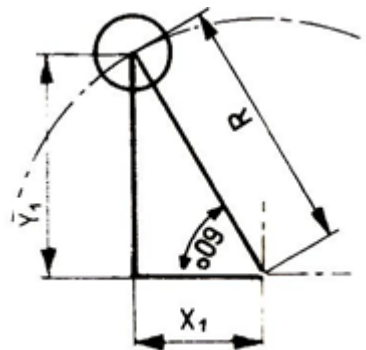
Program Absolut

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	90					
01	92	-3000	00	3000		
02	M03					
03	00	-3000	00	100		
04	00	00	00	100		
05	00	1440	1440	100		
06	01	1440	1440	-500	50	
07	00	1440	1440	100		
08	00	3560	1440	100		
09	01	3560	1440	-500	50	
10	00	3560	1440	100		
11	00	3560	3560	100		
12	01	3560	3560	-500	50	
13	00	3560	3560	100		
14	00	1440	3560	100		
15	01	1440	3560	-500	50	
16	00	1440	3560	3000		
17	00	-3000	00	3000		
18	M30					

Contoh berikutnya menghitung titik koordinat enam buah lubang terhadap titik pusat lubang seperti pada gambar di bawah ini.



Dari gambar di atas kita hitung koordinat salah satu titik lubang bor terhadap titik pusat lingkaran lubang bor.



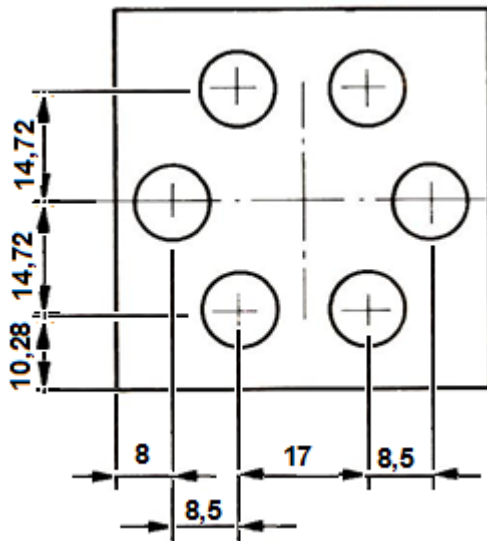
$$\sin \alpha =$$

$$Y1 = R \cdot \sin 60^\circ = 17 \cdot 0,866 = 14,722$$

$$\cos \alpha =$$

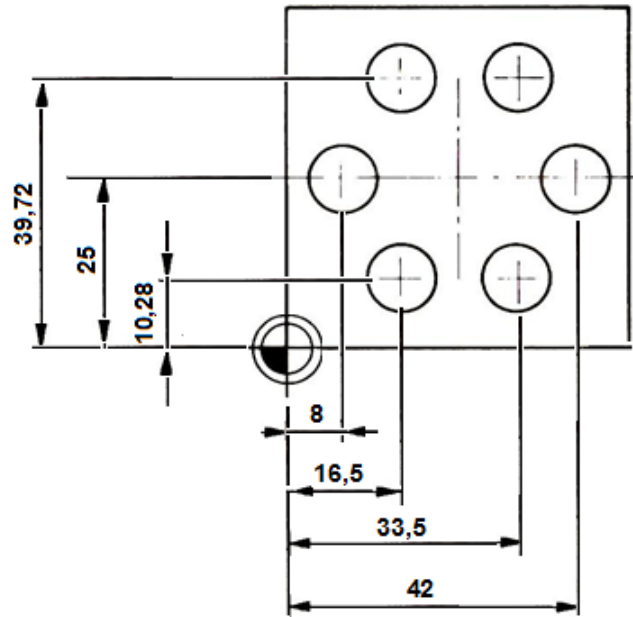
$$X1 = R \cdot \cos 60^\circ = 17 \cdot 0,5 = 8,5$$

Koordinat dua lubang yang di tengah dapat langsung dihitung, sedangkan keempat lubang yang di atas dan di bawah terletak pada posisi simetris terhadap titik pusatnya, sehingga kita dapat menghitung koordinat titik lubang tersebut dengan menambahkan atau mengurangkan.



Program Inkremental

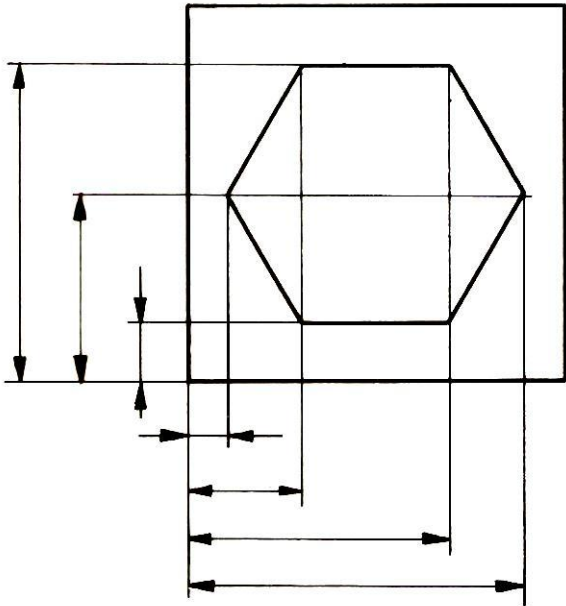
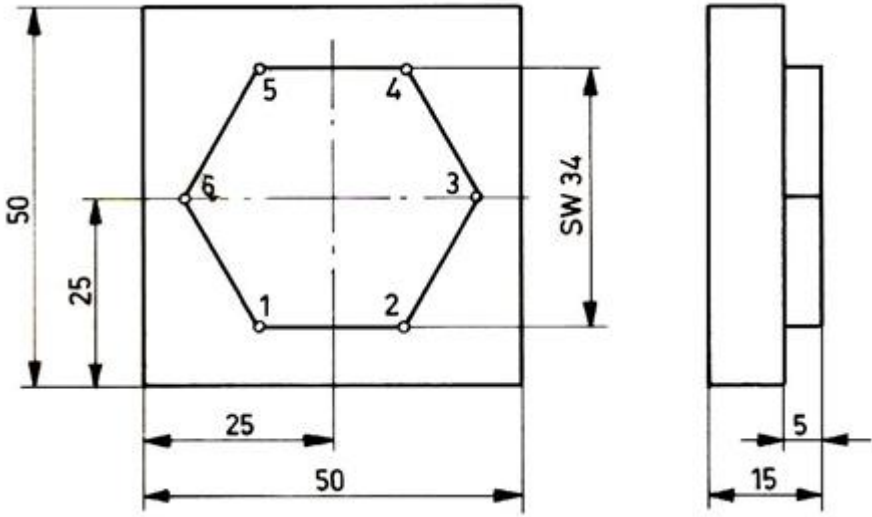
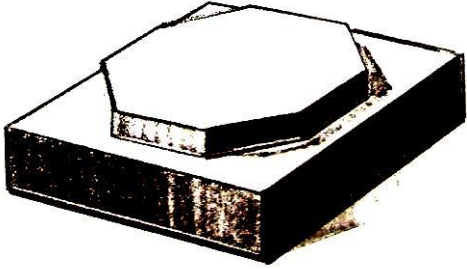
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	M03					
01	00	00	00	-2900		
02	00	3000	00	00		
03	00	800	2500	00		
04	01	00	00	-600	50	
05	00	00	00	600		
06	00	850	1472	00		
07	01	00	00	-600	50	
08	00	00	00	600		
09	00	1700	00	00		
10	01	00	00	-600	50	
11	00	00	00	600		
12	00	850	-1472	00		
13	01	00	00	-600	50	
14	00	00	00	600		
15	00	-850	-1472	00		
16	01	00	00	-600	50	
17	00	00	00	600		
18	00	-1700	00	00		
19	01	00	00	-600	50	
20	00	00	00	3500		
21	00	4650	-1028	00		
22	M30					

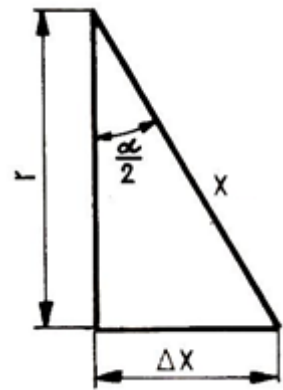
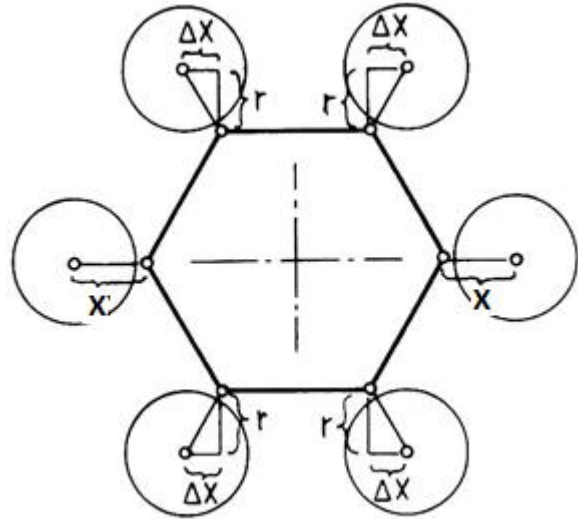


Program Absolut

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (L) (K) (T)	H
00	90					
01	92	-3000	00	3000		
02	M03					
03	00	-3000	00	100		
04	00	00	00	100		
05	00	800	2500	100		
06	01	800	2500	-500	50	
07	00	800	2500	100		
08	00	1650	3972	100		
09	01	1650	3972	-500	50	
10	00	1650	3972	100		
11	00	3350	3972	100		
12	01	3350	3972	-500	50	
13	00	3350	3972	100		
14	00	4200	2500	100		
15	01	4200	2500	-500	50	
16	00	4200	2500	100		
17	00	3350	1028	100		
18	01	3350	1028	-500	50	
19	00	3350	1028	100		
20	00	1650	1028	100		
21	01	1650	1028	-500	50	
22	00	1650	1028	3000		
23	00	-3000	00			
24	M30					

Mengefrais bentuk segi enam disamping menghitung koordinat titik sudut, kita juga harus memperhitungkan koordinat titik bantu yang disesuaikan dengan ukuran jari-jari pisau frais.



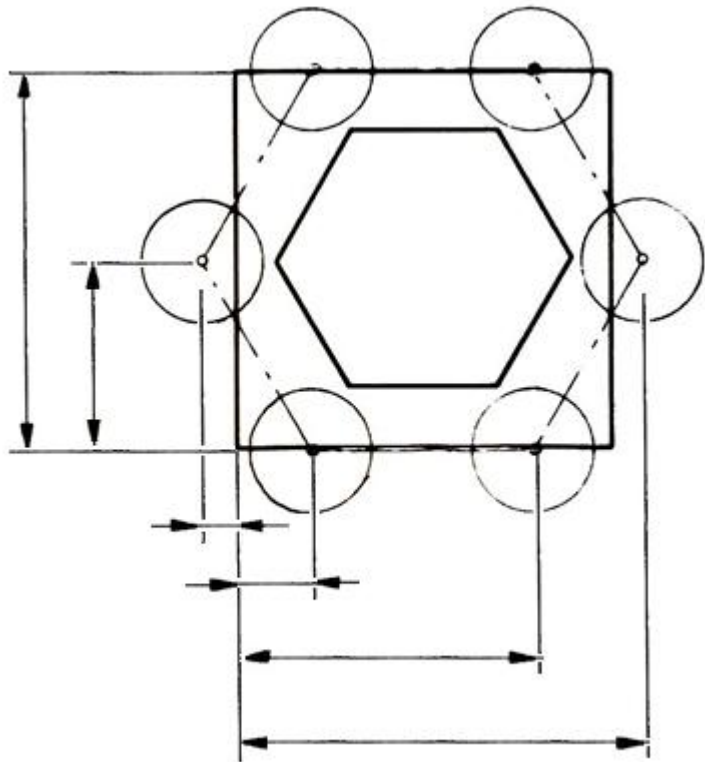


Tan =

$$\Delta x = \text{tg} \cdot r$$

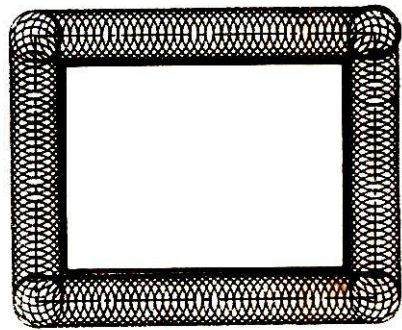
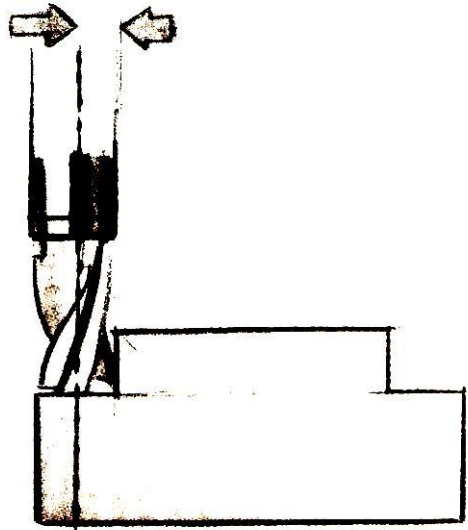
Cos =

$$X =$$

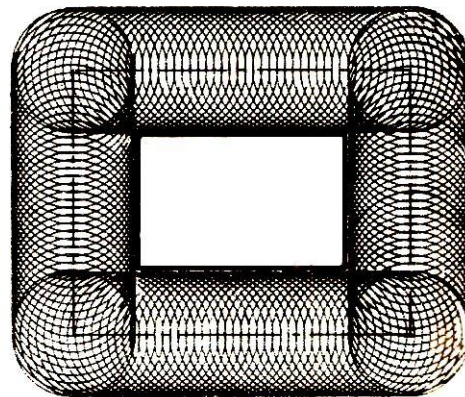
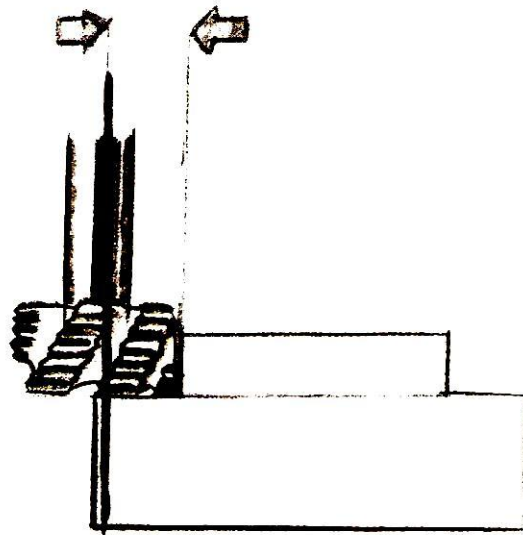


(2) Pemrograman geometri

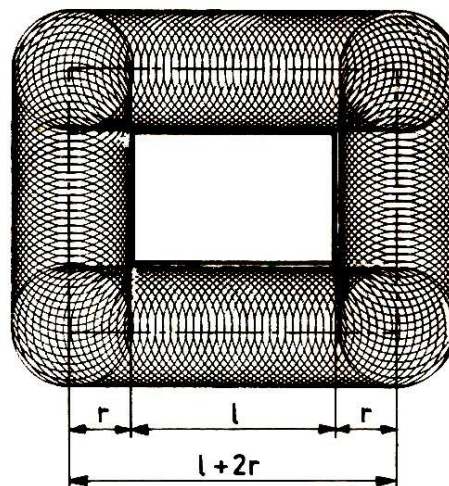
Setiap kita mengefrais kontur (bentuk) selalu harus memperhitungkan diameter pisau frais untuk menentukan pemrograman lintasan pisau frais. Hal ini dapat diperlihatkan pada gambar di bawah ini.
Contoh lintasan pisau frais kecil



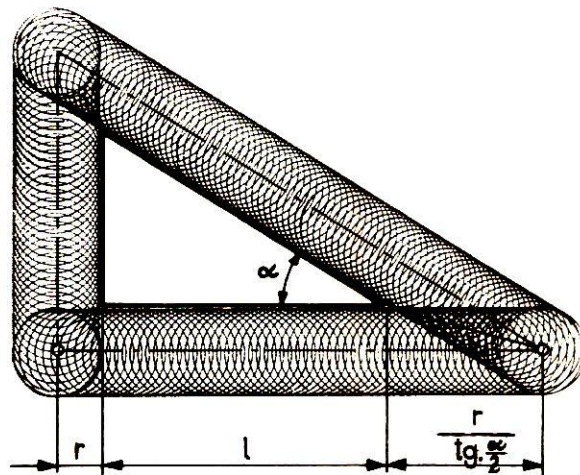
Contoh lintasan pisau besar



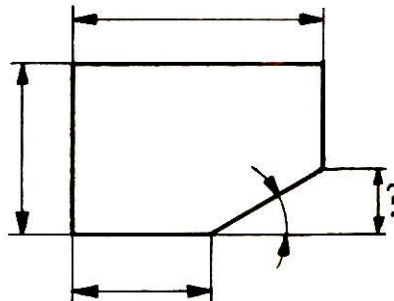
Jika kita membuat kontur parallel dengan sumbu, maka lintasan pisau frais harus ditambahkan atau dikurangkan dari ukuran konturnya.



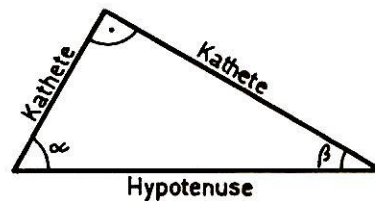
Sedangkan untuk kontur tidak parallel dengan sumbu, maka titik bantu lintasan pisau frais harus dihitung dengan menggunakan fungsi trigonometri segi tiga siku-siku.



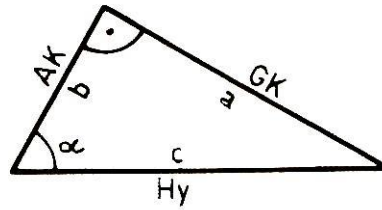
Dalam hal tertentu titik koordinat juga perlu dihitung, sebab titik tersebut ditunjukkan dengan ukuran sudut. Koordinat yang belum diketahui dihitung dengan fungsi trigonometri.



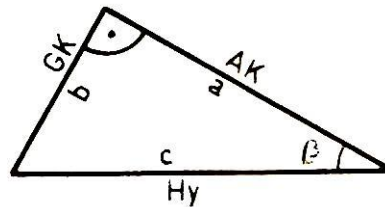
pada segi tiga siku-siku ditandai dengan memiliki salah satu sudut siku-siku dan sudut α (alpha) dan sudut β (beta) yang jika dijumlahkan sebesar 90° Sisi yang berhadapan dengan sudut siku-siku dinamakan sisi Hypotenuse atau disingkat HY



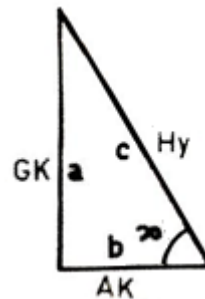
Sisi yang berhadapan dengan sudut α disebut GK sedangkan sisi yang berdekatan disebut AK.



Begitu juga sisi yang berhadapan dengan sudut β disebut GK sedangkan yang berdekatan disebut AK



Pada segi tiga siku-siku menurut fungsi trigonometri adalah :



Sinus = atau $\sin \alpha =$

$a = c \cdot \sin \alpha$

$c =$

Cosinus = atau $\cos \alpha =$

$b = c \cdot \cos \alpha$

$c =$

Tangen = atau $\tan \alpha =$

$a = b \cdot \tan \alpha$

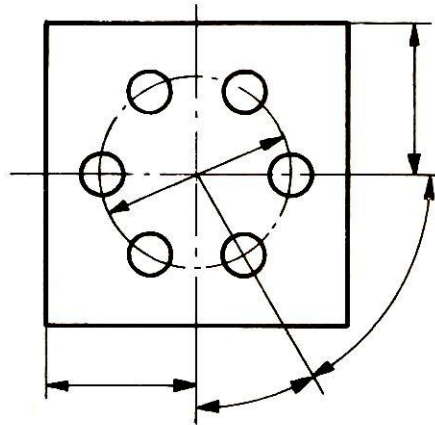
$b =$

Cotangen = atau $\text{Cot } \alpha =$

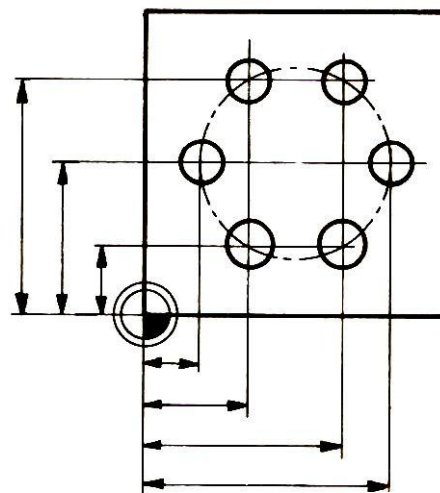
$$b = a \cdot \text{cot } \alpha$$

$$a =$$

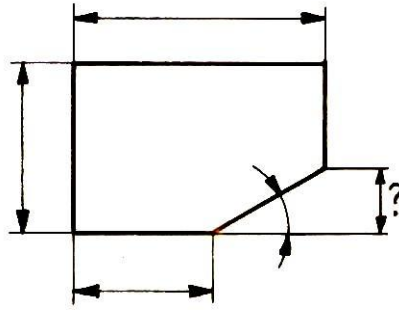
Dibawah ini gambar kerja yang belum disesuaikan dengan pemrograman CNC



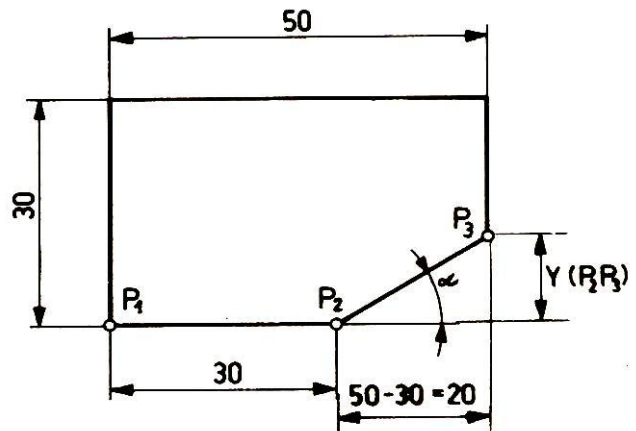
gambar kerja yang sudah di sesuaikan dengan pemrograman CNC



Gambar kerja di bawah ini belum disesuaikan dengan pemrograman CNC



Data titik koordinat yang kurang dapat dihitung menggunakan fungsi trigonometri sederhana.



Pada gambar di atas titik P3 belum diketahui koordinat sumbu Y.

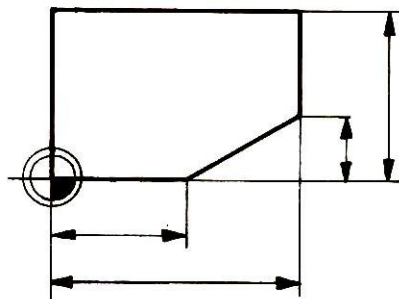
$$\tan \alpha =$$

$$\text{Dimana } \alpha = 30^\circ \text{ dan } Y (P2 P3) = 50 - 30 = 20$$

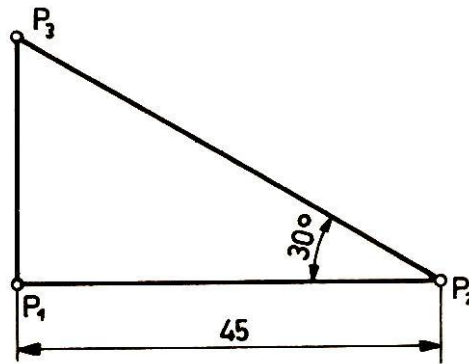
$$Y (P2 P3) = \tan \alpha \cdot X (P2 P3)$$

$$Y (P2 P3) = \tan 30^\circ \cdot 20 = 11,54 \text{ mm}$$

Dengan demikian ukuran gambar kerja di bawah ini dapat diisi.



Hitunglah koordinat titik P3 pada gambar di bawah yang masih kurang.

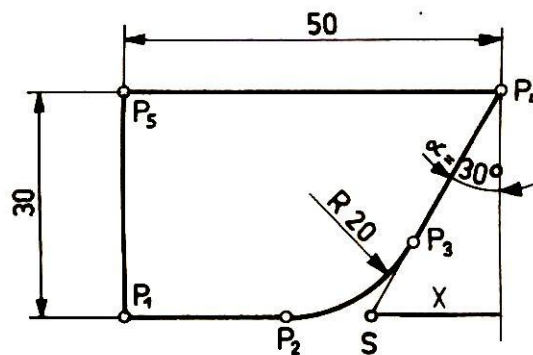


Koordinat titik P3 yang masih kurang adalah koordinat arah sumbu Y.

$$\tan \alpha =$$

$$(P1 P3) = 45 \cdot \tan 30^\circ = 25,98 \text{ mm}$$

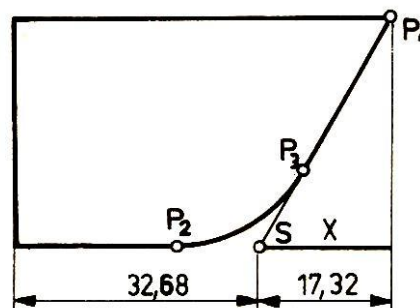
Peralihan dari garis lurus ke busur tangensial seperti pada gambar kerja di bawah ini. Titik koordinat P2 dan P3 belum di ketahu.



Hitunglah koordinat titik S (pertemuan antara garis lurus dan bidang miring).

$$\tan \alpha =$$

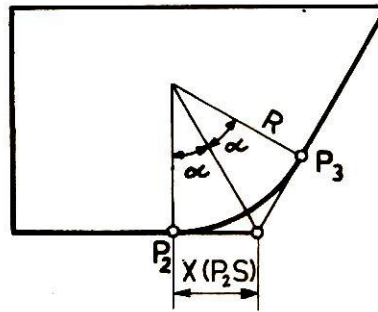
$$X = \tan \alpha \cdot 30 = \tan 30^\circ \cdot 30 = 17,32 \text{ mm}$$



Koordinat titik P2 atau Z (P2S) arah sumbu X

$$\sin \alpha =$$

$$X (P_2S) = \sin 30^\circ \cdot 20 = 10 \text{ mm}$$



Hitunglah koordinat X dan Y dari titik P3.

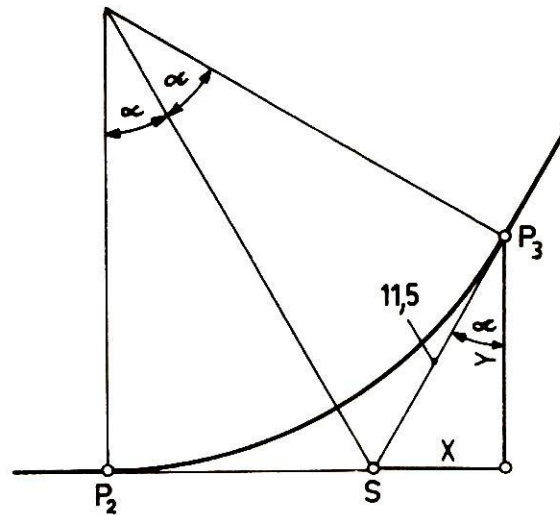
$$\text{Jarak S P}_3 = 10 \text{ mm}$$

$$\sin \alpha =$$

$$X = \sin 30^\circ \cdot 10 = 5 \text{ mm}$$

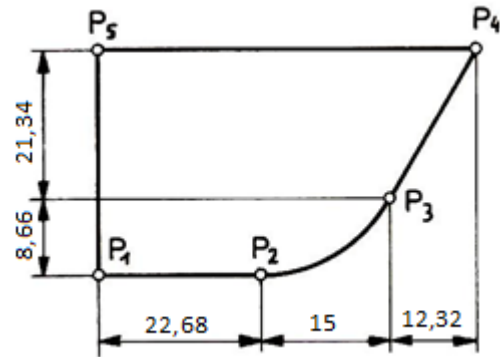
$$\cos \alpha =$$

$$Y = \cos 30^\circ \cdot 10 = 8,66 \text{ mm}$$

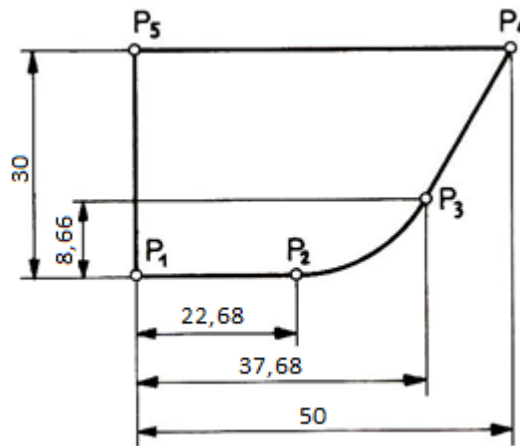


Dengan demikian ukuran gambar kerja semua dapat diisi sesuai pemrograman CNC.

Gambar inkremental



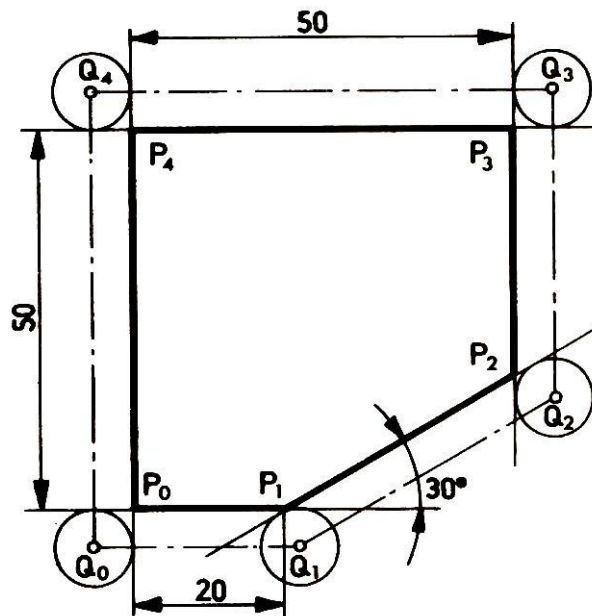
Gambar absolut



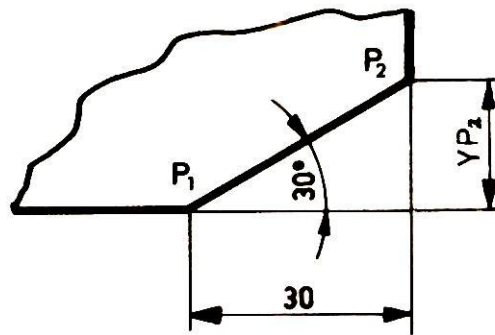
Menghitung titik bantu

Cara menghitung titik lintasan pisau frais mulai dari titik Q₀, Q₁, Q₂, Q₃ dan Q₄

Diameter pisau frais yang akan digunakan 10 mm.



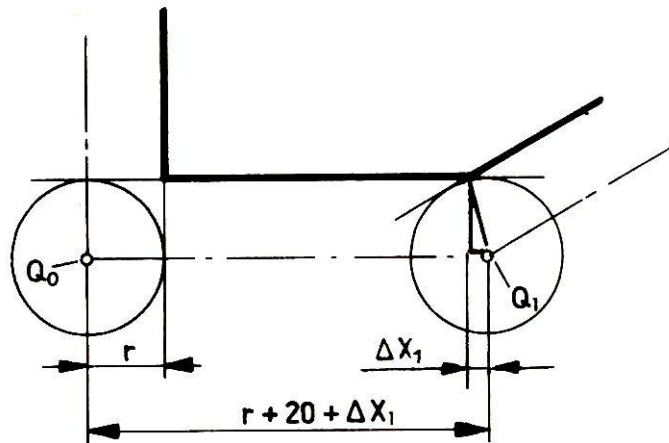
Pertama-tama kita hitung koordinat titik P2.



$$\tan 30^\circ =$$

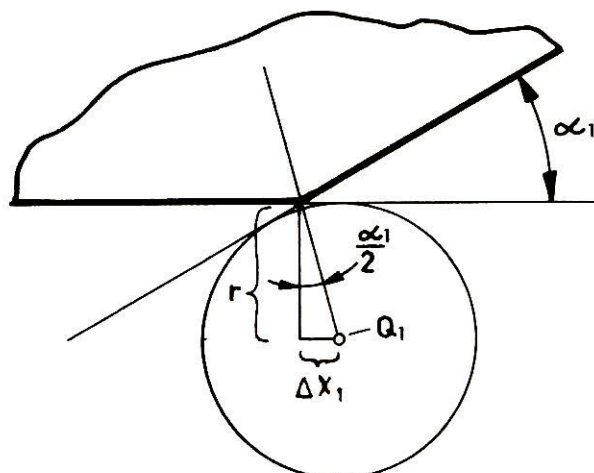
$$YP2 = 30 \cdot \tan 30^\circ = 17.32 \text{ mm}$$

Sedangkan jarak lintasan pisau dari Q0 sampai Q1



$$Q0Q1 = r + 20 \text{ mm} + \Delta X1$$

Sekarang kita cari $\Delta X1$

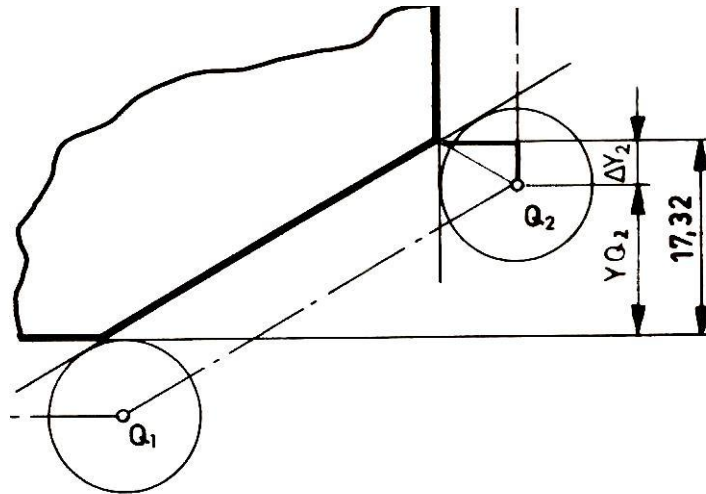


$$\tan =$$

$$\Delta X_1 = \tan \alpha \cdot r = \tan 15^\circ \cdot 5 = 1,34 \text{ mm}$$

$$Q_0Q_1 = 5 + 20 + 1,34 = 26,34 \text{ mm}$$

Selanjutnya mencari jarak titik koordinat Q2 pada arah sumbu Y

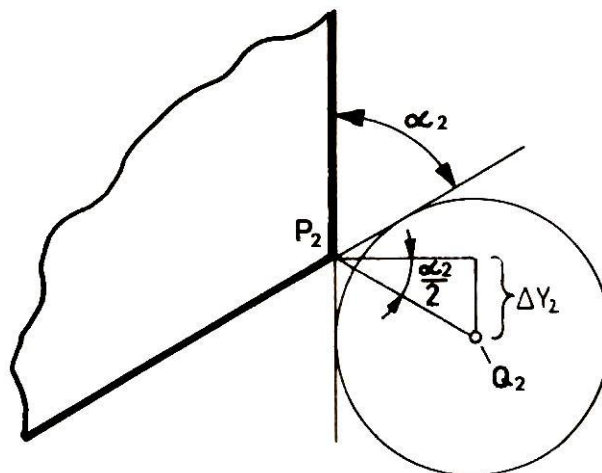


$$Y_{Q2} = 17,32 - \Delta Y_2$$

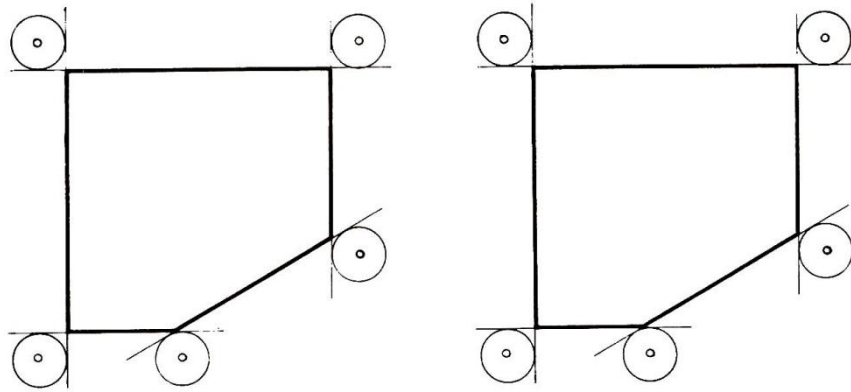
$$\tan \alpha =$$

$$\Delta Y_2 = r \cdot \tan \alpha = 5 \cdot \tan 30^\circ = 2,87 \text{ mm}$$

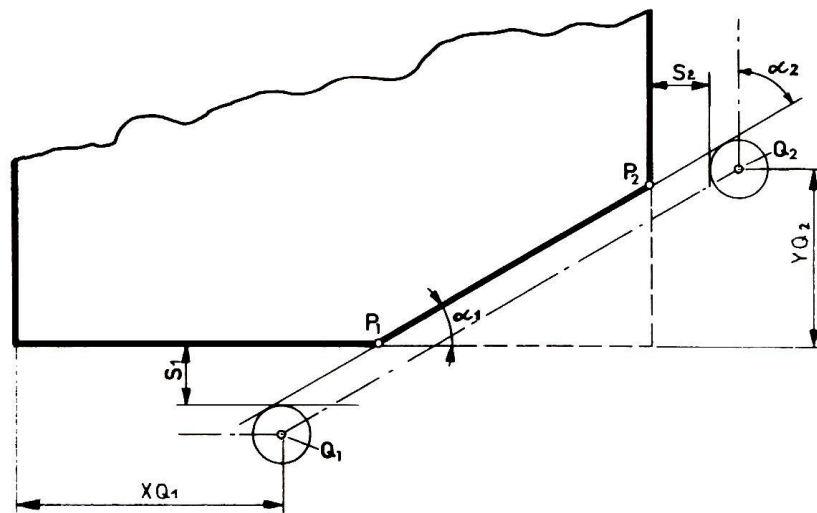
$$\text{Sehingga } Y_{Q2} = 17,32 - 2,87 = 14,45 \text{ mm}$$



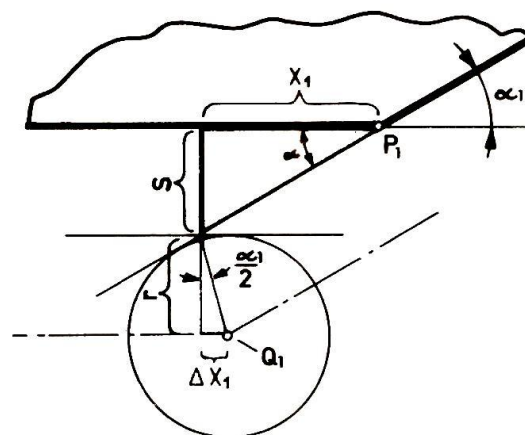
Sekarang tinggal memasukkan ukuran titik bantu pada gambar dengan metode Absolut dan Inkremental.



Pada pengefraisan sudut awalan dan akhiran pemakanan diperlukan jarak yang cukup besar, hal ini sengaja dipilih dengan alasan keamanan.



Jika kita tentukan jarak keamanan (S_1) sebesar 10 mm.
 Radius pisau frais (r) sebesar 5 mm
 Sedangkan sudut α_1 telah ditetapkan 30° dan sudut $\alpha_2 = 60^\circ$



Untuk menghitung koordinat Q1 seperti pada gambar di atas.
Terlebih dahulu kita hitung jarak X1.

$$\tan \alpha_1 =$$

$$X_1 = = = 17,32 \text{ mm}$$

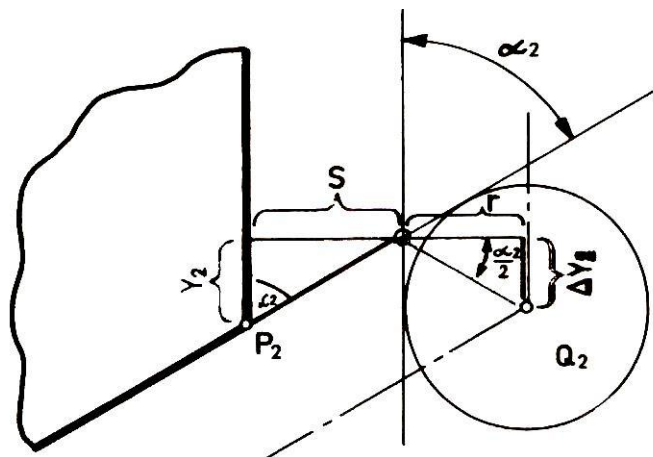
Kemudian kita hitung ΔX_1

$$\tan =$$

$$\Delta X_1 = \tan \cdot r = \tan 15^\circ \cdot 5 = 1,34 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi jarak X (P1Q1)} = X_1 - \Delta x_1 = 17,32 - 1,34 = 15,98 \text{ mm}$$

$$\text{Dan jarak Y (P1Q1)} = S + r = 10 + 5 = 15 \text{ mm}$$



Senjutnya kita menghitung jarak P2 sampai Q2.

$$S_2 = 20 \text{ mm}$$

$$R = 5 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 60^\circ$$

kita cari jarak Y2

$$\tan \alpha_2 =$$

$$Y_2 = = = 11,55 \text{ mm}$$

Kita hitung jarak ΔY_2

$$\tan =$$

$$\Delta Y_2 = \tan \cdot r = 2,89 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi jarak titik P2Q2 arah X} = S + r = 10 + 5 = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Sedangkan jarak titik P2Q2 arah Y} = Y_2 - \Delta Y_2 = 11,55 - 2,89 = 8,66 \text{ mm}$$

c) Mengefrais Radius

Pada mesin perkakas konvensional untuk membuat busur lingkaran hanya dapat dibuat menggunakan perlengkapan bantu meja putar. Namun pada mesin

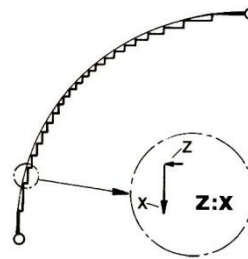
CNC tidak diperlukan alat bantu tersebut, gerakan dapat dilakukan melalui pemrograman G02 dan G03.

G02- Interpolasi melingkar arah kanan (searah jarum jam)

G03- Interpolasi melingkar arah kiri (berlawanan arah jarum jam)

Pada interpolasi lurus pengefraisan miring dilakukan oleh gerakan eretan memanjang dan melintang. Gerakan tersebut telah melalui perhitungan dengan perbandingan tertentu. Perbandingan pada pembubutan tirus antara X : Z berubah secara terus menerus atau konstan.

Begitu juga pada pembubutan melingkar gerakan dilakukan selangkah demi selangkah namun dengan perbandingan antara X dan Z selalu berubah dan tidak konstan.

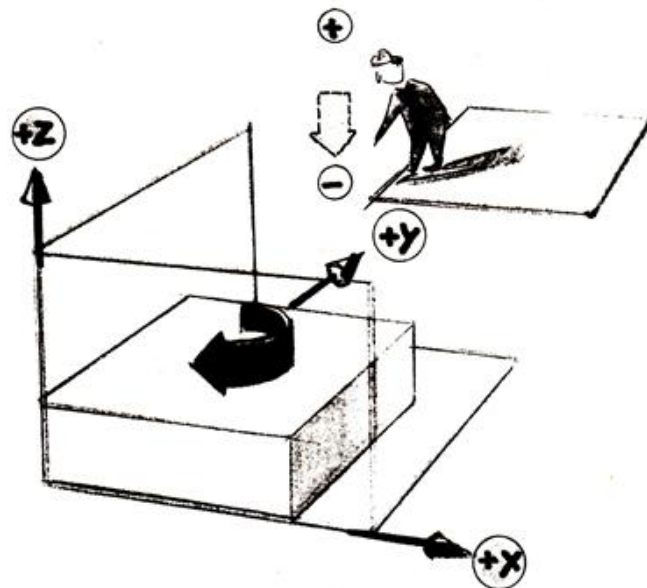


Interpolasi melingkar searah jarum jam G02

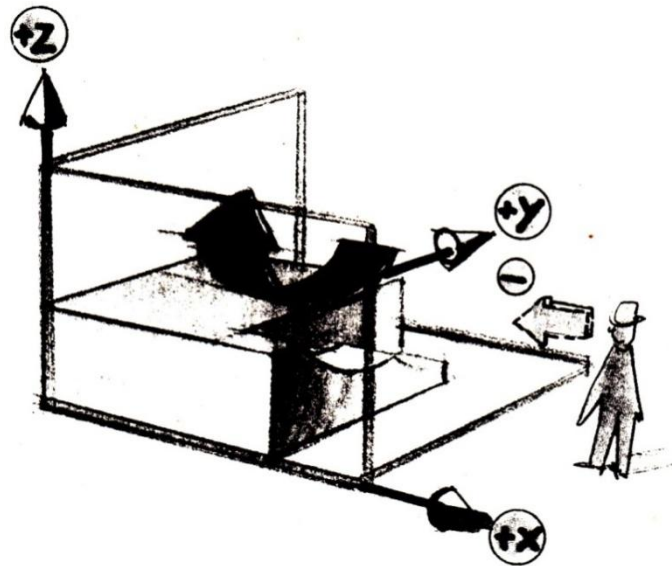
Interpolasi melingkar berlawanan arah jarum jam G03

Untuk mengetahui yang dimaksud dengan gerakan searah dan berlawanan arah jarum jam, tergantung dari mana kita melihatnya.

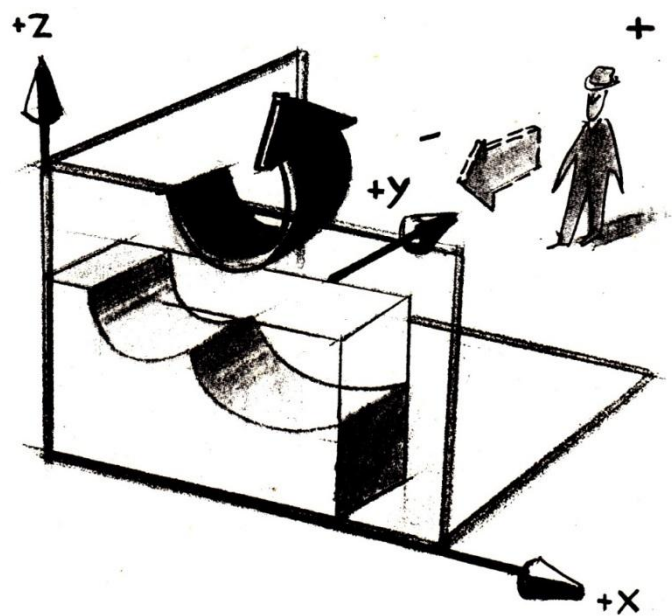
Gerakan melingkar searah jarum jam yang bergerak pada bidang XY, dilihatnya dari sebelah atas atau dari arah Z+ ke arah Z-.



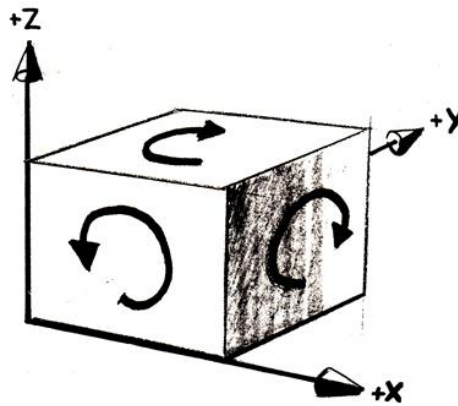
Gerakan melingkar searah jarum jam yang bergerak pada bidang YZ, dilihatnya dari sebelah kanan atau dari arah X+ ke arah X-.



Gerakan melingkar searah jarum jam yang bergerak pada bidang XZ, dilihatnya dari sebelah depan atau dari arah Y+ ke arah Y-.



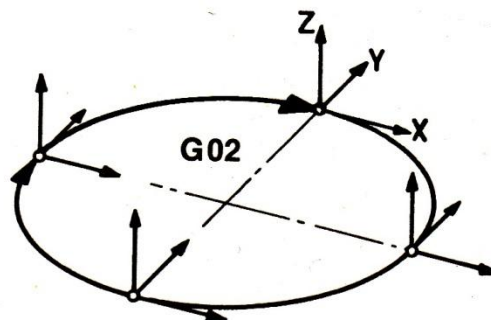
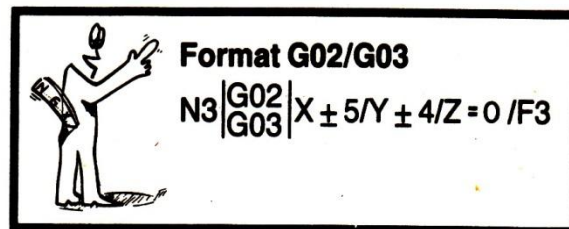
Jadi arah gerak melingkar searah jarum jam tergantung pada bidang yang akan dilaksanakan gerakan itu seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



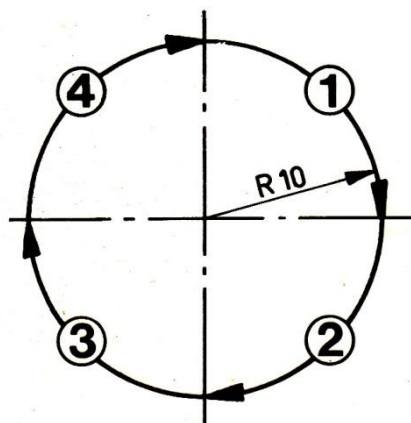
(1) Pemrograman seperempat lingkaran

Pemrograman pada mesin CNC TU-3A kita dapat memrogram seperempat busur lingkaran (90°). Gerak melingkar dinyatakan dengan G02 atau G03. sedangkan besarnya asutan dinyatakan dengan F.

Pemrograman seperempat busur lingkaran pada bidang XY.

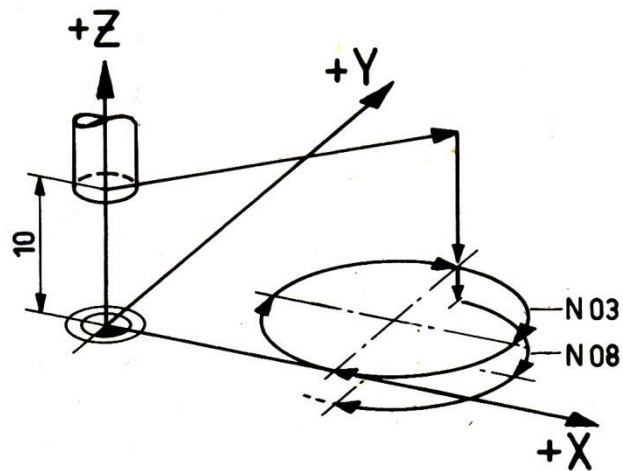


Pemrograman G02 inkrimental pada bidang XY dengan radius 10 mm.

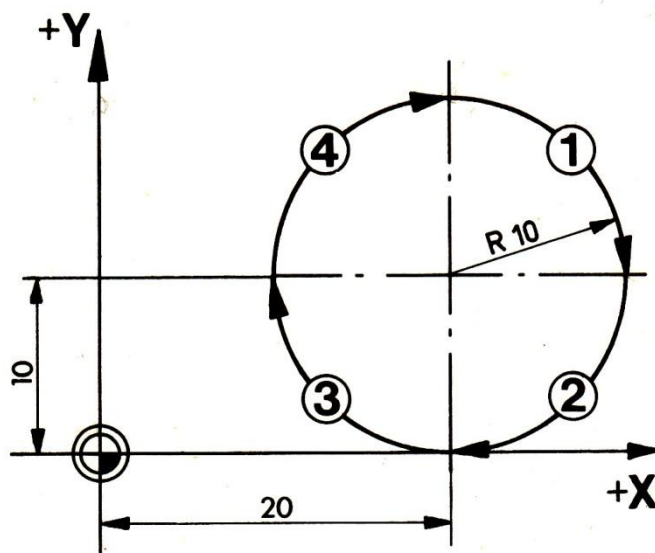


N	G	X	Y	Z	F	
	02	1000	-1000	00	50	
	02	-1000	-1000	00	50	
	02	-1000	1000	00	50	
	02	1000	1000	00	50	

Pemrograman G02 absolut pada bidang XY dengan radius 10 mm. Pada pemrograman absolut, koordinat titik akhir seperempat lingkaran diukur dari titik referen (W).

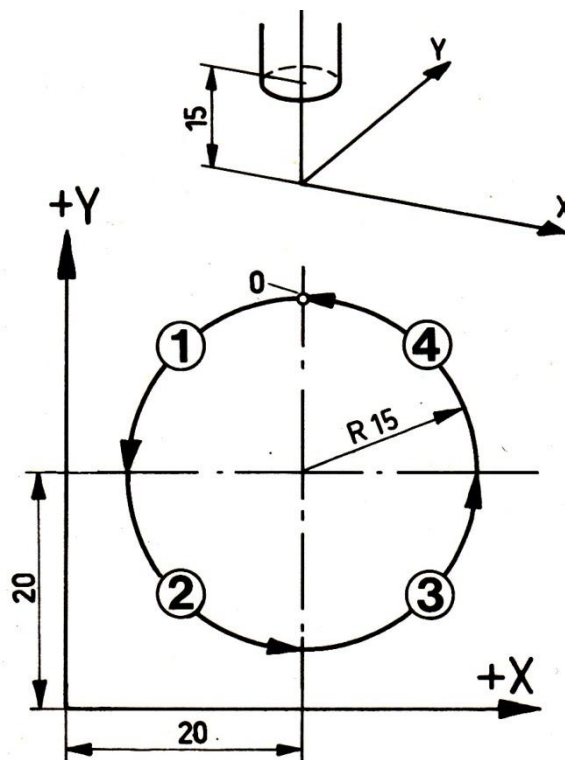


Gerakan melingkar G02 hanya dapat menggerakkan sumbu X dan Y saja, maka gerakan sumbu Z harus sudah dilaksanakan pada blok sebelumnya.



N	G	X	Y	Z	F	
00	90					
01	92	00	00	1000		
02	00	2000	2000	1000		
03	01	2000	2000	00	50	
04	02	3000	1000	00	50	
05	02	2000	00	00	50	
06	02	1000	1000	00	50	
07	02	2000	2000	00	50	
08	01	2000	2000	-100	50	
09	02	3000	1000	-100	50	
10	02	2000	00	-100	50	
11	02	1000	1000	-100	50	
12	02	2000	2000	-100	50	
13	00	2000	2000	1000		
14	00	00	00	1000		
15	M30					

Pemrograman gerak melingkar G03 inkremental

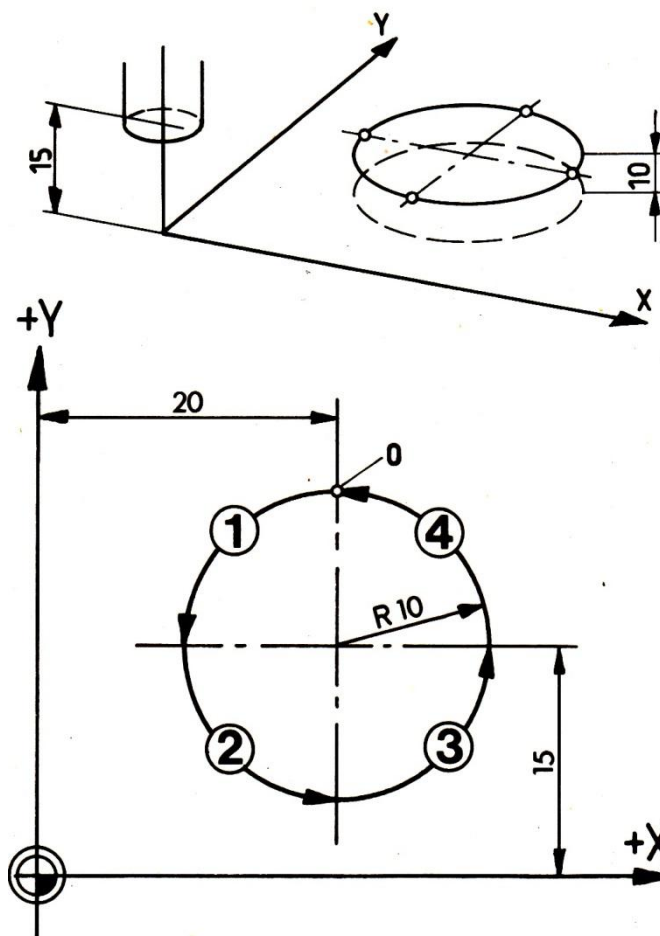


N	G	X	Y	Z	F	
00	00	2000	3000	00		
01	01	00	00	-1500	50	
02	03	-1500	1500	00	50	
03	03	1500	-1500	00	50	
04	03	1500	1500	00	50	
05	03	-1500	1500	00	50	
06	00	00	00	1500		
07	00	-2000	-3000	00		
08	M30					

Pemrograman gerak melingkar G03 absolut

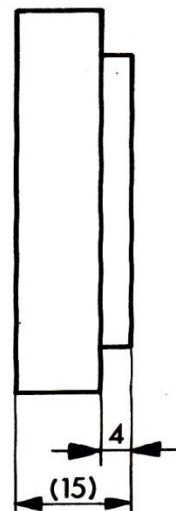
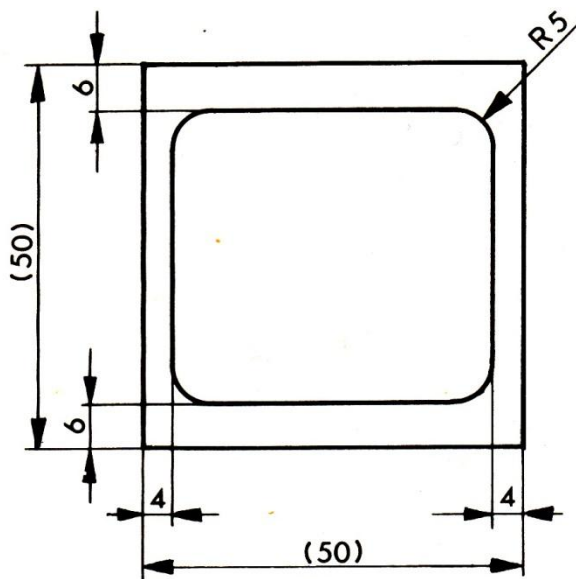
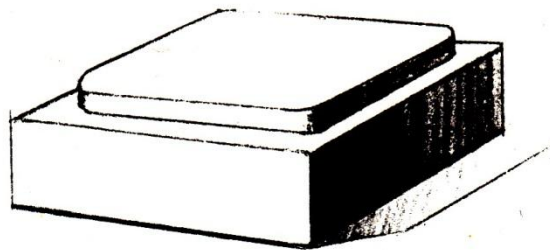
Titik awal pisau frais seperti yang ditunjukkan pada gambar.

Jangan lupa laksanakan pergeseran titik nolnya.



N	G	X	Y	Z	F	
00	90					
01	92	00	00	1500		
02	00	2000	2500	1500		
03	01	2000	2500	1000	50	
04	03	1000	1500	1000	50	
05	03	-2000	500	1000	50	
06	03	3000	1500	1000	50	
07	03	2000	2500	1000	50	
08	00	2000	2500	1500		
09	00	00	00	1500		
10	M30					

Pemrograman G02 dan G03 pada benda kerja.



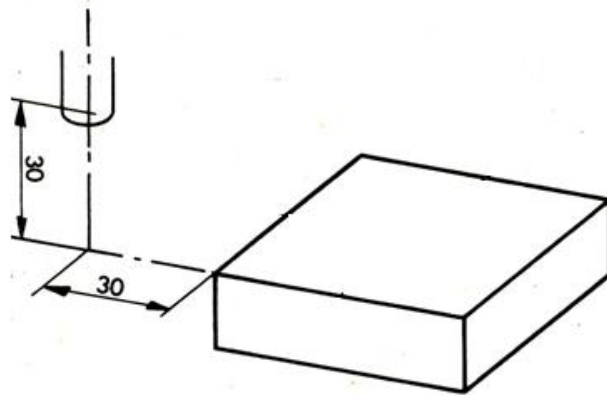
Untuk mengerjakan benda kerja seperti pada gambar, perlu melalui beberapa tahap..

(a) Tentukan ukuran pisau yang akan dipergunakan.

Pisau frais yang akan kita gunakan pisau frais berdiameter 10 mm

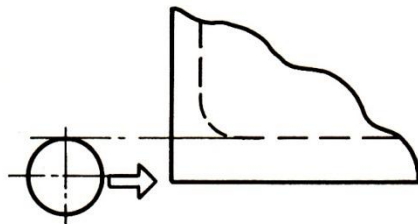
(b) Tentukan titik awal pengerjaan

Titik awal pengerjaan dengan ukuran seperti pada gambar



(c) Buatlah gambar lintasan pisau

Oleh karena lintasan pisau frais harus berada diluar benda kerja dengan jarak sebesar radius pisau, maka gambar lintasan pisau diperlukan untuk membantu pembuatan program.

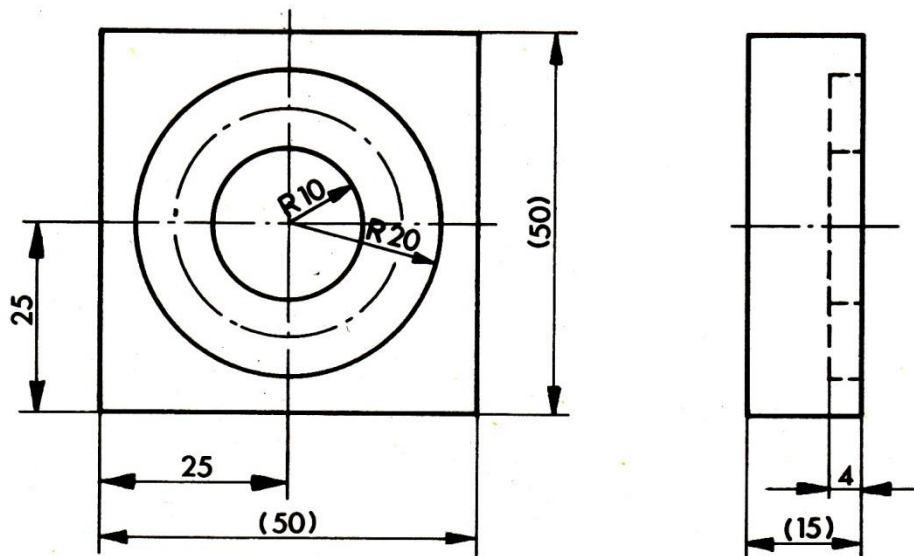


(d) Buatlah program

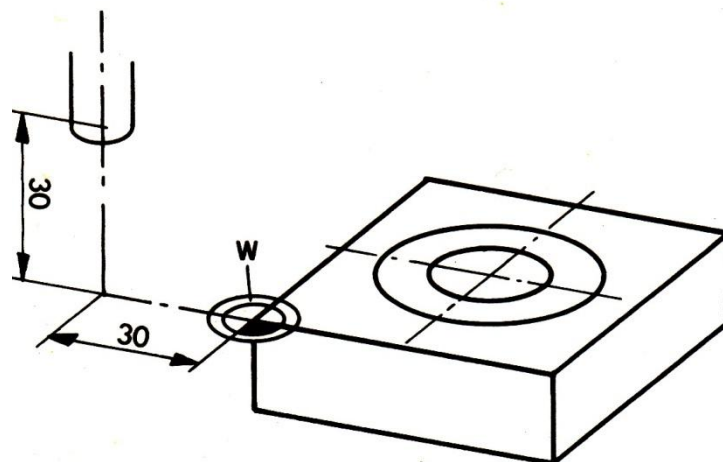
N	G	X	Y	Z	F	
00	00	2000	100	00		
01	00	00	00	-3400		
02	01	5100	00	00		
03	02	1000	1000	00		
04	01	00	2800	00		
05	02	-1000	1000	00		

06	01	-3200	00	00		
07	02	-1000	-1000	00		
08	01	00	-2800	00		
09	02	1000	-1000	00		
10	00	00	00	3400		
11	00	-3900	-100	00		
12	M30					

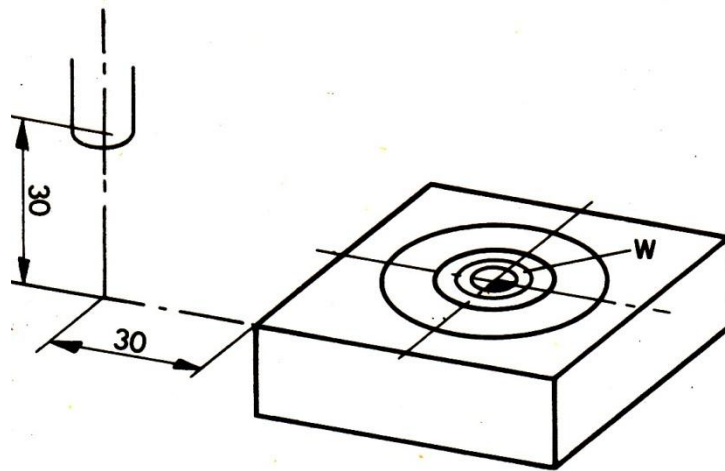
Pemrograman absolut gerak melingkar G02 dan G03 seperti pada gambar.



Penentuan titik referen dapat dibuat beberapa alternatif
 Alternatif pertama kita buat titik referensinya berada pada pojok benda kerja, sedangkan titik awalnya seperti pada gambar. Berbeda letak titik referen, maka berbeda pula programnya.



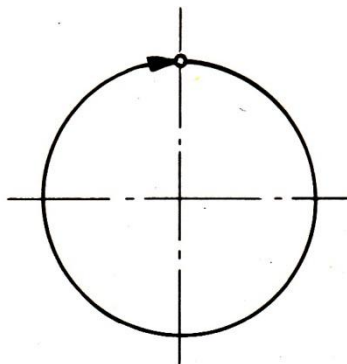
Alternatif yang ke dua titik referen berada di tengah benda kerja.



Ada beberapa macam pemrograman pada mesin CNC

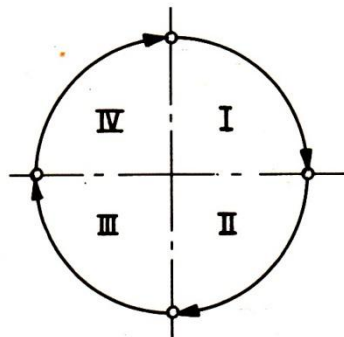
(a) Pemrograman lingkaran penuh.

Pada pemrograman ini mesin dapat melaksanakan satu lingkaran penuh 360° dapat diprogram dalam satu blok.

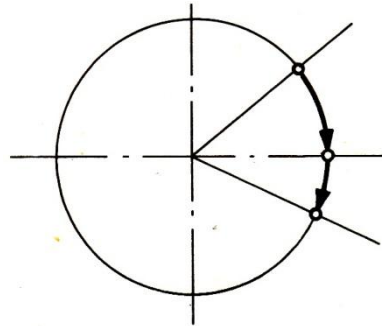


(b) Pemrograman kuadran

Pada pemrograman ini satu lingkaran dibagi menjadi empat kuadran, sehingga dalam satu blok hanya dapat melaksanakan gerakan maksimum 90°.

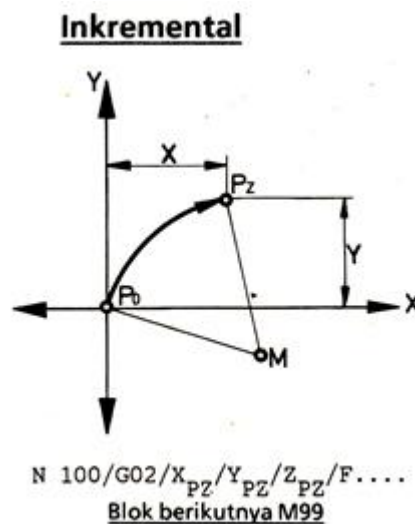
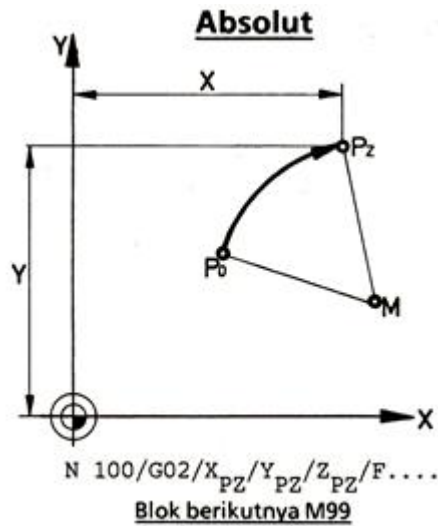


Apabila ada busur yang melewati satu kwadran, maka gerakan tersebut dilaksanakan dengan dua blok.



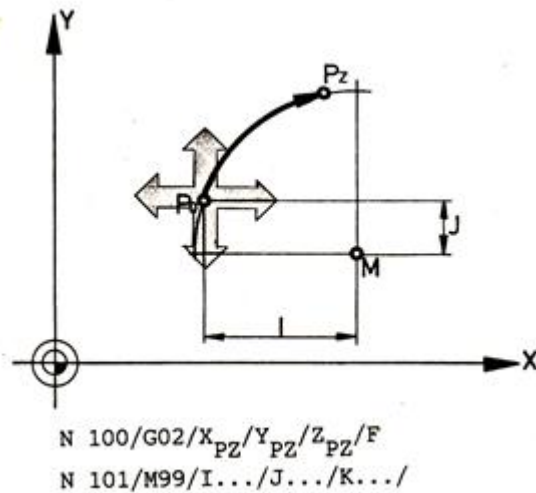
(2) Pemrograman menggunakan M99

Pada mesin TU-3A pemrogramannya menggunakan pemrograman kuadran. Pemrograman yang dilakukan dalam dua blok pada bidang XY. Arah gerakan ditentukan oleh G02 dan G03, titik tujuan Pz dimasukan kedalam X, Y, Z sedangkan besarnya asutan F.

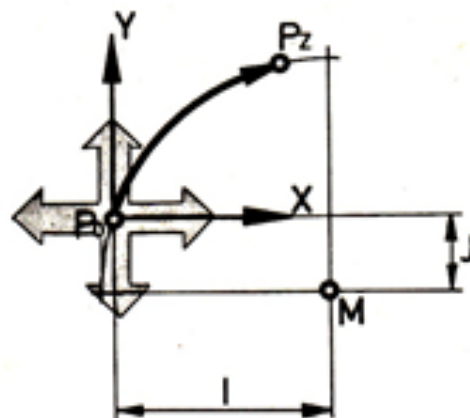


Untuk melengkapi pemrograman ini pada blok berikutnya menggunakan M99.

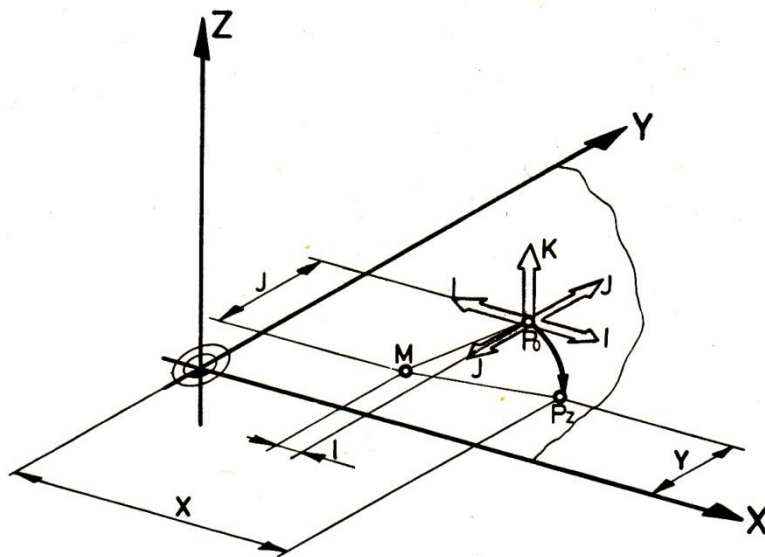
Kode M99 merupakan pemrograman koordinat titik pusat lingkaran. Koordinat titik pusat lingkaran selalu dinyatakan dalam inkremental yang diukur dari titik awal lingkaran. Penulisan koordinat titik pusat lingkaran menggunakan adres I, J, K.



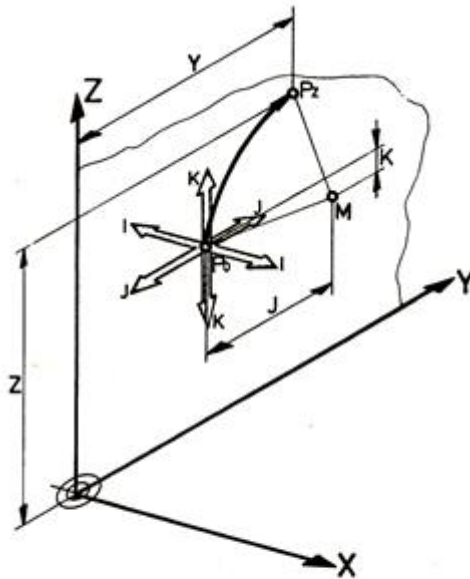
I adalah jarak dari titik awal ke titik pusat lingkaran searah dengan sumbu X
J adalah jarak dari titik awal ke titik pusat lingkaran searah dengan sumbu Y
K adalah jarak dari titik awal ke titik pusat lingkaran searah dengan sumbu Z
I, J, K diprogram tanpa tanda + dan -.



I dan J jarak titik pusat lingkaran terhadap titik awal lingkaran, gerakan berada pada lintasan XY.



J dan K jarak titik pusat lingkaran terhadap titik awal lingkaran, gerakan berada pada lintasan YZ.



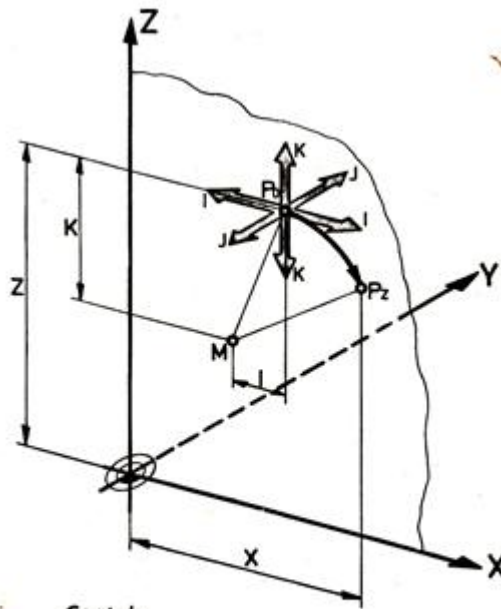
Contoh:

Busur pada bidang YZ absolut.

N 100/G02/X_{PZ}/Y_{PZ}/Z_{PZ}/F

N 101/M99/I..../J..../K....

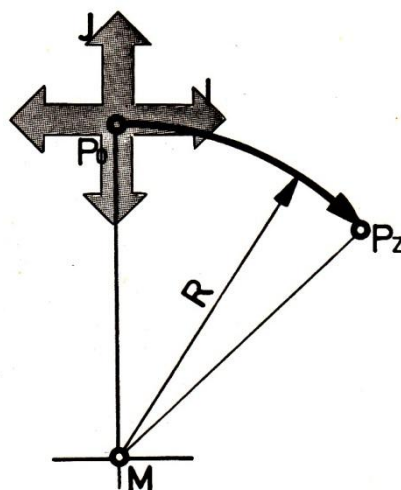
I dan K jarak titik pusat lingkaran terhadap titik awal lingkaran, gerakan berada pada lintasan XZ.



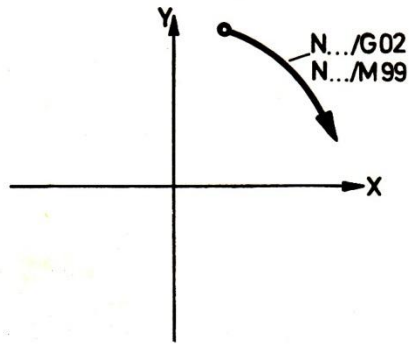
Contoh:
 Busur pada bidang XZ absolut.
 N 100/G03/X_{Pz}/Y_{Pz}/Z_{Pz}/F
 N 101/M99/I..../J..../K....

Suatu busur lingkaran ditentukan oleh titik awal, titik tujuan dan titik pusat lingkaran.

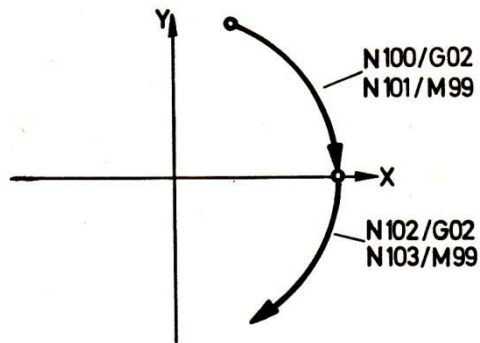
Penentuan titik-titik tersebut sering sekali tidak tepat, untuk itu pada pemrograman ini diberi toleransi $\pm 0,08$ mm ($\pm 0,003$ sampai $\pm 0,002$)



Satu gerakan busur lingkaran dalam satu kuadran dilaksanakan dalam dua blok.



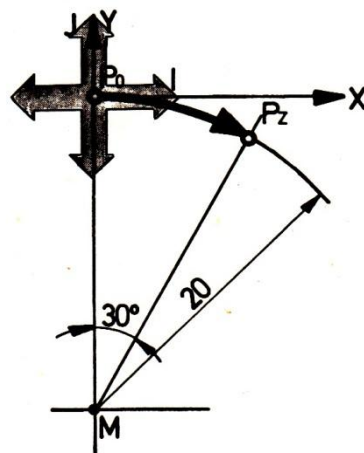
Pada busur lingkaran yang melebihi satu kuadran, maka pemrogramanya harus dibuat empat blok.



Contoh perhitungan mencari koordinat titik tujuan Pz pada gambar di bawah ini.

$$\sin \alpha =$$

$$XPz = 20 \cdot \sin \alpha = 10 \text{ mm}$$

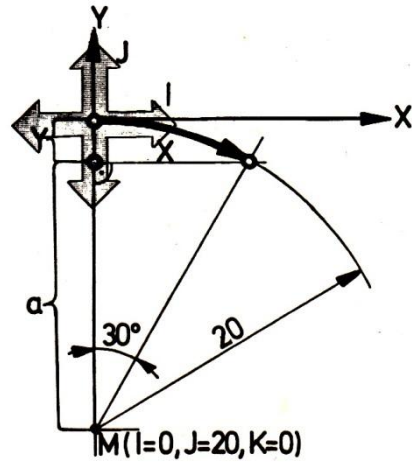


$$Y = r - a$$

$$\cos \alpha =$$

$$A = 20 \cdot \cos \alpha = 17,32 \text{ mm}$$

$$YPz = 20 - 17,32 = 2,68 \text{ mm}$$



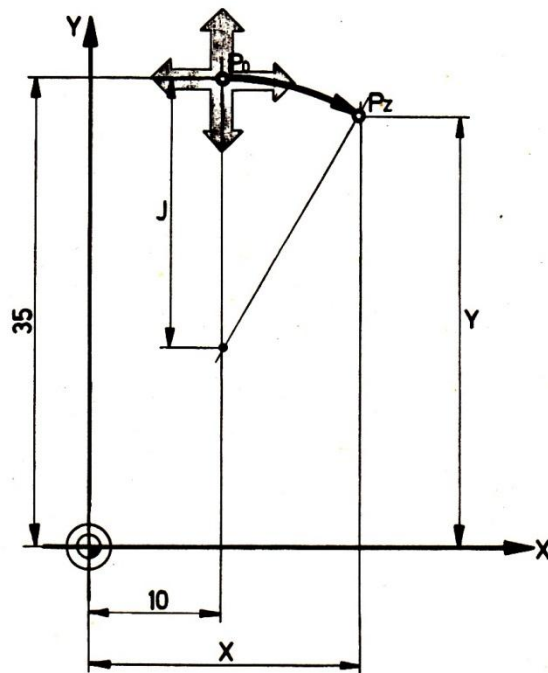
N	G	X	Y	Z	F	
...						
...						
100	02	1000	-268	00	50	
110	M99	I 0	J 2000	K 0		
...						
...						

Sedangkan pada pemrograman absolut.

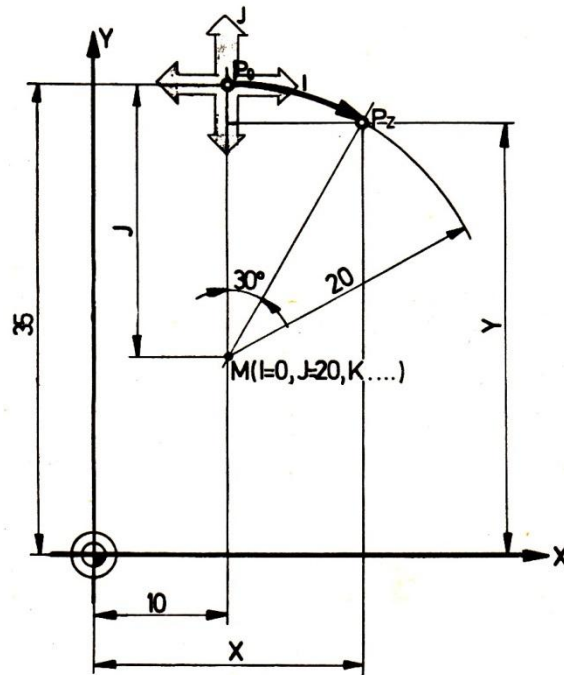
Koordinat X, Y dari titik Pz

$$XPz = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

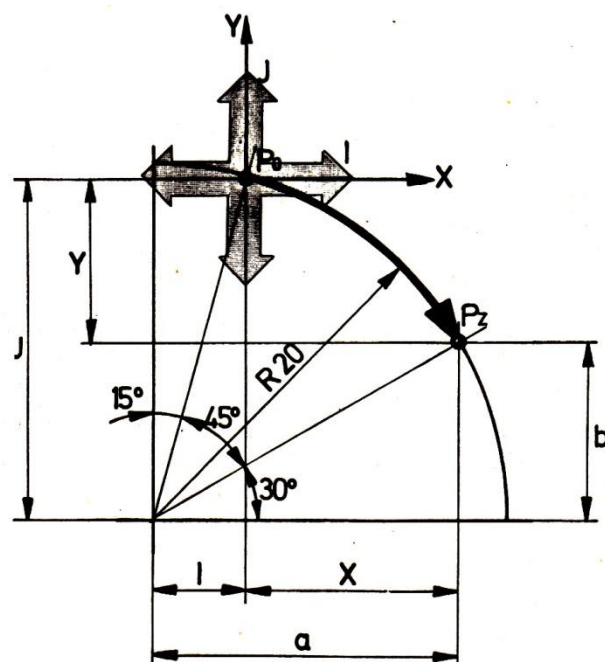
$$YPz = 35 ; 2,68 = 32,32 \text{ mm}$$



N	G	X	Y	Z	F	
...						
...						
100	G02	2000	3232	00	50	
110	M99	I 0	J 2000	K 0		
...						
...						



Contoh menghitung koordinat titik pusat (I, J) lingkaran pada pemrograman inkremental



$$\sin 15^\circ =$$

$$I = \sin 15^\circ \cdot 20 = 19,31 \text{ mm}$$

Sedangkan titik tujuan Pz.

$$X = a - I$$

$$\cos 30^\circ =$$

$$a = \cos 30^\circ \cdot 20 = 17,32 \text{ mm}$$

$$X = a - I = 17,32 - 5,17 = 12,15 \text{ mm}$$

$$Y = J - b$$

$$\sin 30^\circ =$$

$$b = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ mm}$$

$$Y = 1931 - 10 = 9,31 \text{ mm}$$

N	G	X	Y	Z	F	
...						
...						
100	02	1215	-931	00	50	
110	M99	I 517	J 1931	K 0		
...						
...						

Contoh menghitung koordinat titik pusat (I, J) lingkaran pada pemrograman absolut

jarak koordinat titik pusat lingkaran I dan J bernilai inkremental yaitu

$$I = 5,17 \text{ mm}$$

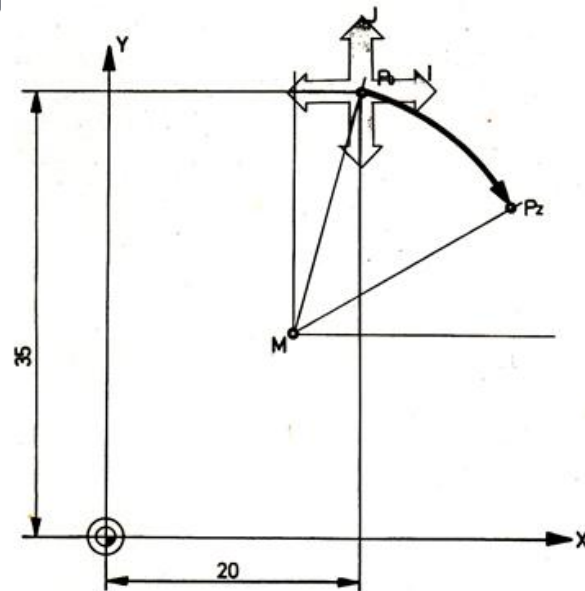
$$J = 19,31 \text{ mm}$$

Sedangkan koordinat titik Pz adalah sebagai berikut :

$$XPz = 20 + 12,15 = 32,15 \text{ mm}$$

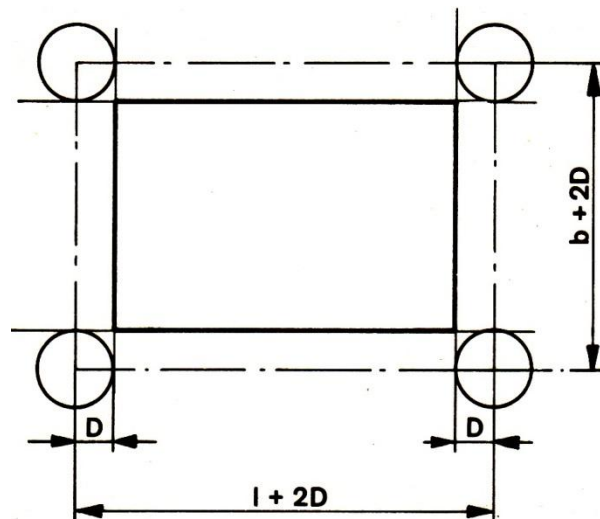
$$yPz = 35 - 9,31 = 25,69 \text{ mm.}$$

N	G	X	Y	Z	F	
...						
...						
100	02	3215	2569	...	50	
110	M99	I 517	J 1931	K 0		
...						
...						



d) Kompensasi Radius Pisau Frais Sejajar Sumbu

Setiap kali kita membuat program selalu mengarahkan gerakan pisau frais berpedoman pada titik pusat pisau frais, sehingga ketika kita mengerjakan benda kerja harus menambahkan atau mengurangi ukuran sebesar radius pisau. pekerjaan menghitung untuk gerakan sejajar sumbu dapat diambil alih oleh computer bila diberi informasi besarnya jari-jari pisau.



Pada G45, G46, G47, G48 adalah fungsi modal /tetap berlaku. Kode ini dapat dihapus atau dibatalkan oleh G40 atau M30.

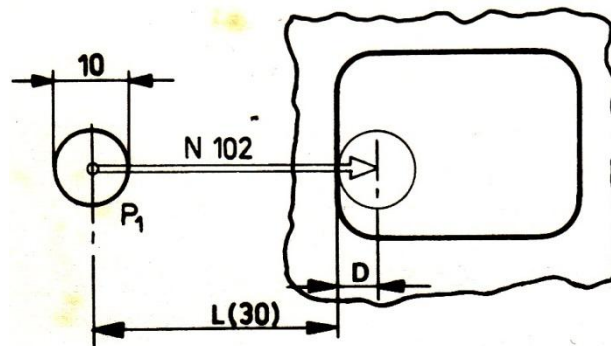
Kode G45 dapat digantikan oleh G46/ G47/ G48 atau sebaliknya.

Sebelum melakukan pmrograman G45/ G46/ G47/ G48, terlebih dahulu kita harus memasukan data alat potong dengan M06.

	Formats N3	{	G40
			G45
			G46
			G47
			G48

(1) G45 Penambahan Radius Pisau Frais.

Apabila kita akan mengefrais bagian dalam kontur (membuat kantong), maka pisau dari titik awal digerakan sejauh L ditambah radius pisau. Hal ini dapat diatasi oleh computer dengan penambahan otomatis satu radius pisau.

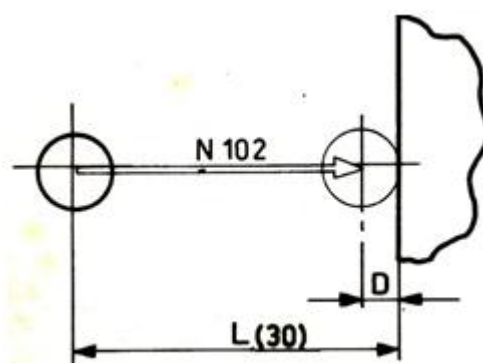


Sebelum memprogram G45 terlebih dahulu kita memasukan data pisau pada M06. Barulah memprogram G45 kemudian pada blok berikutnya menggerakan pisau frais dengan G00 atau G01.

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
....	M06	D 500	S2000	0	
....					
....	45				
....	00	3000	00	00	

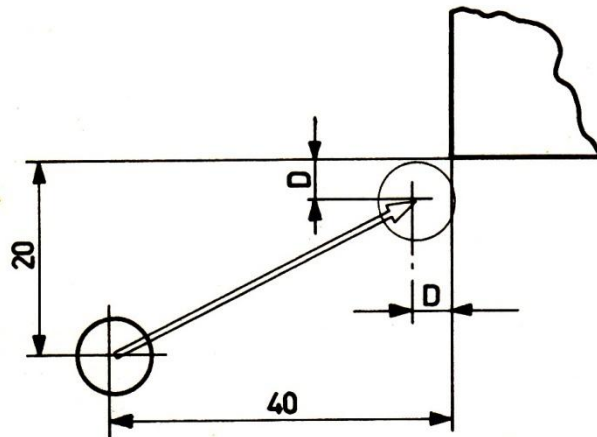
(2) G46 Pengurangan Radius Pisau Frais

Apabila kita akan mengefrais bagian luar kontur, maka gerakan pisau frais dikurangi satu radius pisau. Gerakan tersebut dapat menggunakan G46.



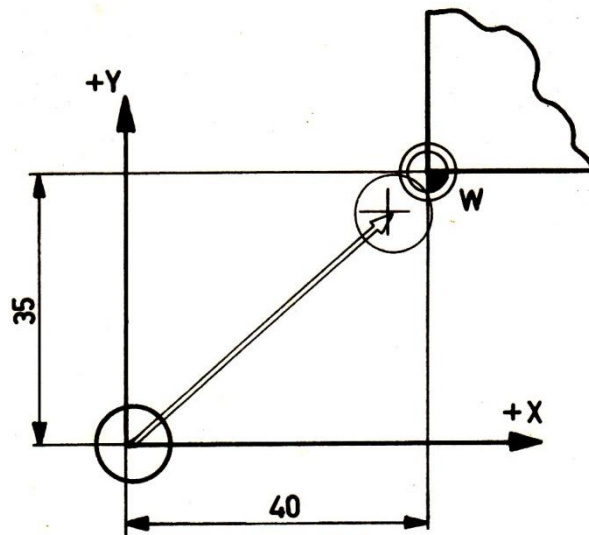
N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
....	M06	D 500	S2000	0	
....	46				
....	01	3000	00	00	50

Apabila ingin mendekatkan pisau ke bagian luar kontur tidak sejajar sumbu pada pemrograman inkremental



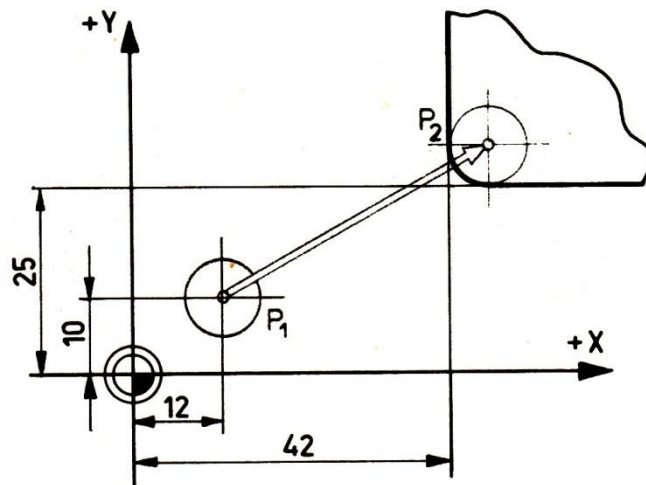
N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
....	M06	D 500	S2000	0	
....	46				
....	01	4000	2000	00	50

Apabila kita ingin mendekatkan pisau frais ke bagian luar kontur pada pemrograman absolut.



N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
	92	-4000	-3500	1000	
....	M06	D 500	S2000	0	
....	46				
....	00	00	00	1000	50

Program pergerakan dari titik P1 menuju P2 dalam pemrograman absolut dan inkremental, diameter pisau 12 mm



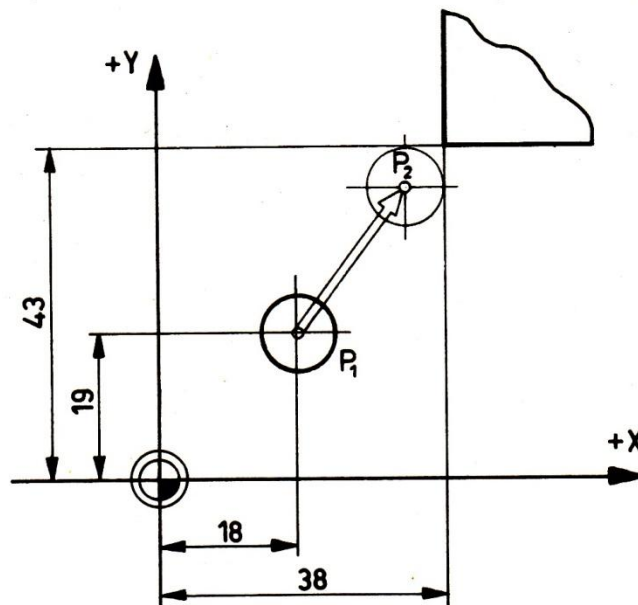
Program Inkremental

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
....	M06	D 600	S2000	0	
....	45				
....	00	3000	1500	00	50

Program Absolut

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
	92	00	00	1000	
....	M06	D 600	S2000	0	
....	46				
....	00	4200	2500	1000	50

Program pergerakan dari titik P1 menuju P2 dalam pemrograman absolut dan inkremental, diameter pisau 12 mm

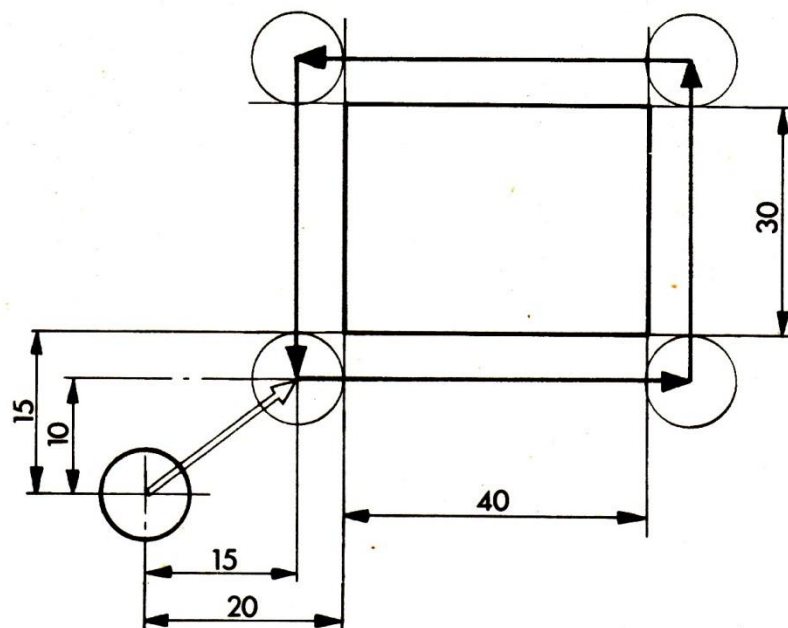


N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
...	M06	D 600	S2000	0	
...	46				
...	00	2000	2400	00	50

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
	92	00	00	1000	
...	M06	D 600	S2000	0	
...	46				
...	00	3800	4300	1000	50

(3) G47 Penambahan Dua Kali Radius Pisau

Jika kita akan mengefrais kontur bagian luar, maka perlu ada penambahan gerakan sebesar dua kali radius pisau, penambahan tersebut dapat diatasi menggunakan G47



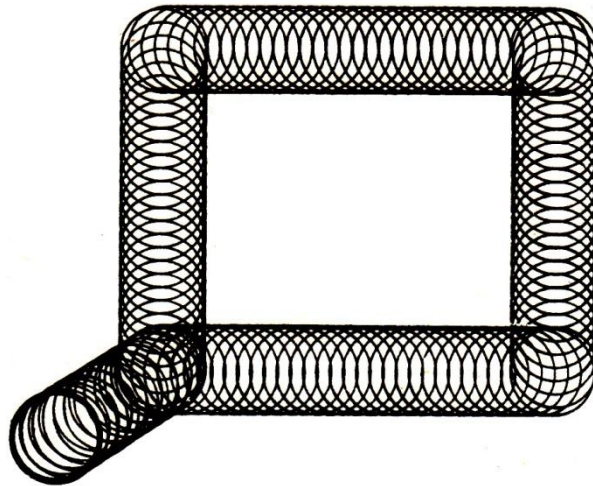
Program inkremental

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	M06	D 600	S2000	0	
01	46				
02	01	2000	1500	00	50
03	47				
04	01	4000	00	00	50
05	01	00	3000	00	50
06	01	-4000	00	00	50
07	01	00	-3000	00	50
08	46				
09	00	-2000	-1500	00	
10	M30				
11					

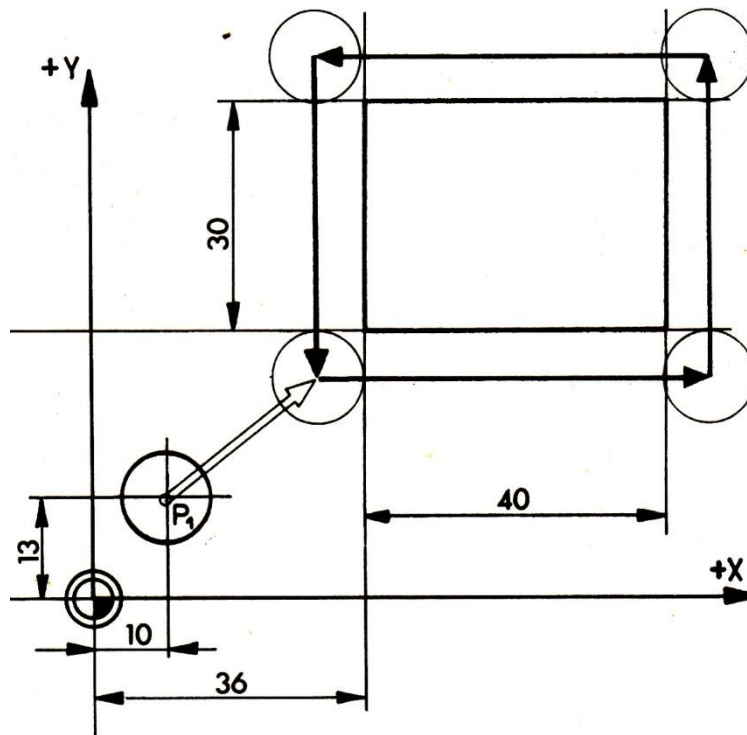
Blok N02 dan N09 program gerakan pisau pengurangan satu radius pisau.

Sedangkan blok N04 sampai N07 pemrograman gerakan dengan penambahan dua kali radius pisau.

Lintasan pisau frais yang dibuat seperti yang terlihat digambar di bawah ini.



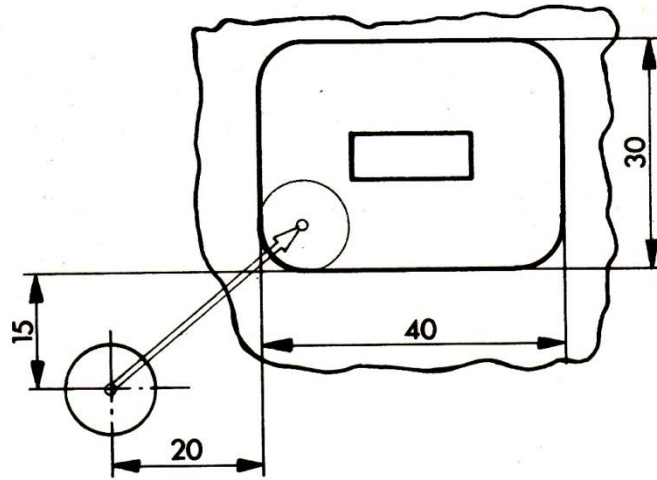
Pogram absolut



N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	92	1000	1300	1000	
01	M06	D 600	S2000	0	
02	46				
03	01	3600	3400	1000	50
04	47				
05	01	7600	3400	1000	50
06	01	7600	6400	1000	50
07	01	3600	6400	1000	50
08	01	3600	3400	1000	50
09	46				
10	00	1000	1300		
11	M30				

(4) G48 Pengurangan Dua Kali Radius Pisau

Jika kita akan mengefraisi kontur bagian dalam, maka perlu ada pengurangan gerakan sebesar dua kali radius pisau, pengurangan tersebut dapat diatasi menggunakan G48



N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	M06	D 600	S2000	0	
01	45				
02	00	2000	1500	00	
03	01	00	00	-500	
04	48				
05	01	4000	00	00	50
06	01	00	3000	00	50
07	01	-4000	00	00	50
08	01	00	-3000	00	50
09	01	00	00	500	
10	45				
11	00	-2000	-1500	00	
12	M30				

N02 gerakan masuk kebagian dalam kontur

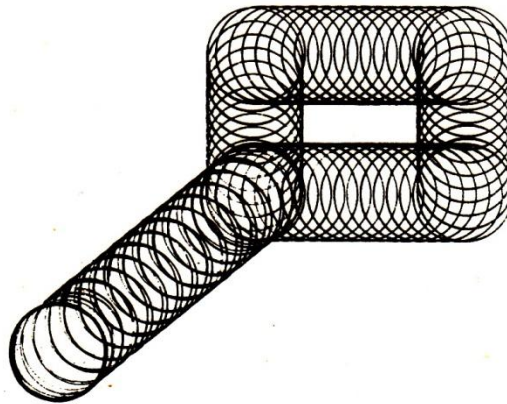
N03 gerakan menembus kebenda kerja

N05 sampai N08 pemakanan bagian dalam kontur

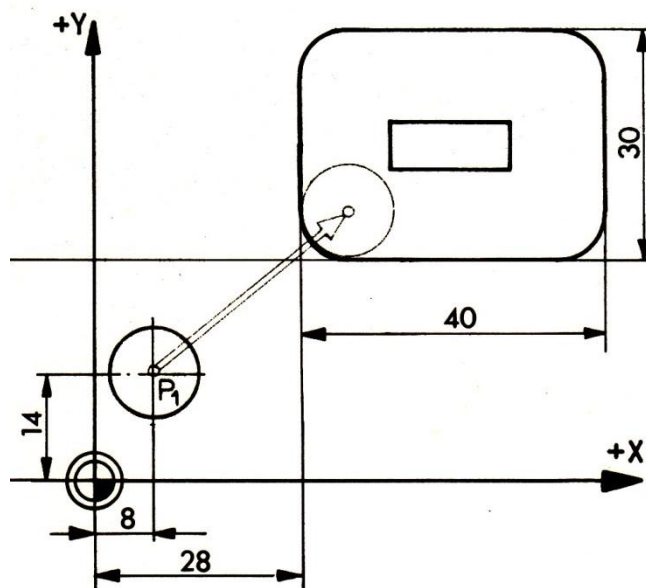
N09 keluar dari benda kerja

N11 penarikan ke posisi awal

Lintasan gerakan pisau terlukis seperti pada gambar di bawah ini.



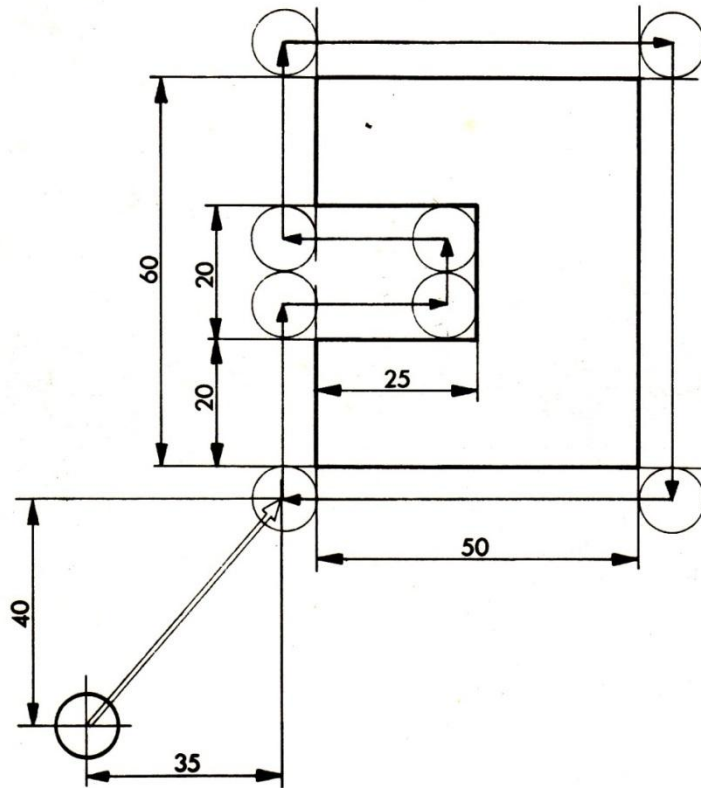
Program absolut



N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	92	800	1400	500	
01	M06	D 600	S2000	0	
02	46				
03	00	2800	2900	500	
04	01	2800	2900	00	
05	47				
06	01	6800	2900	00	50
07	01	6800	5900	00	50
08	01	2800	5900	00	50
09	01	2800	2900	00	50
10	01	2800	2900	500	50
11	46				
12	00	800	1400		
13	M30				

--	--	--	--	--	--

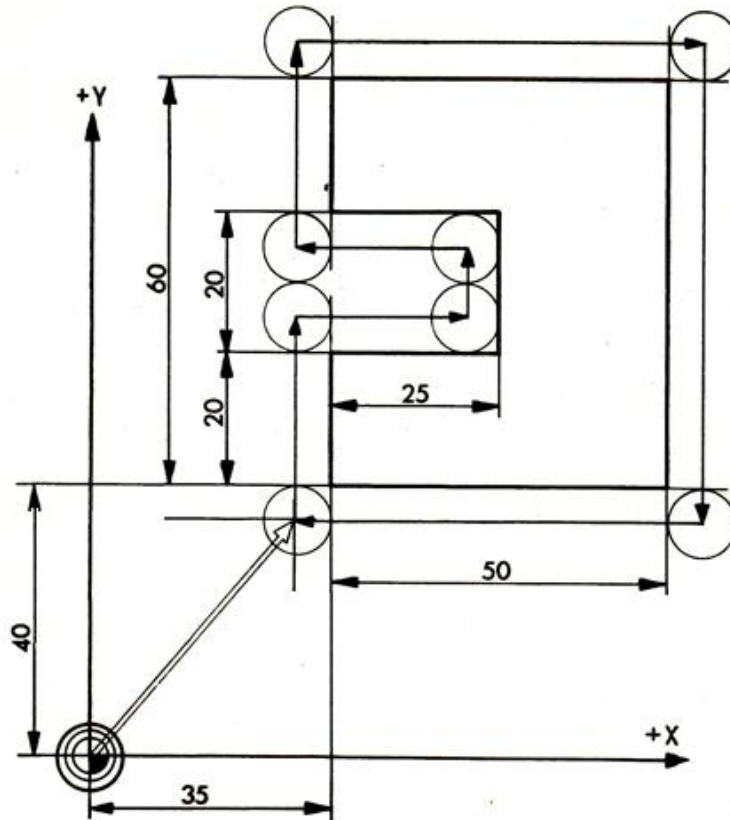
Pemrograman kombinasi kontur bagian luar dan bagian dalam.



Program inkremental

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	M06	D 500	S2000	0	T01
01	46				
02	00	3500	4000	00	
03	47				
04	01	00	2000	00	50
05	40				
06	01	2500	00	00	50
07	48				
08	01	00	2000	00	50
09	40				
10	01	-2500	00	00	50
11	47				
12	01	00	2000	00	50
13	01	5000	00	00	50
14	01	00	-6000	00	50
15	01	-5000	00	00	50
16	46				

17	00	-3500	-4000	00	
18	M30				



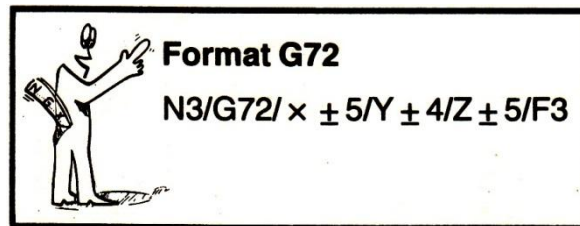
Program absolut

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	92	00	00	00	
01	M06	D 600	S2000	0	
02	46				
03	00	3500	4000	00	
04	47				
05	01	3500	6000	00	50
06	40				
07	01	6000	6000	00	50
08	48				
09	01	6000	8000	00	50
10	40				
11	01	3500	8000	00	50
12	47				
13	01	3500	10000	00	50
14	01	8500	10000	00	50
15	01	8500	4000	00	50
16	01	3500	4000	00	50

17	46				
18	00	00	00	00	
19	M30				

e) G72- Siklus Pengfraisan Kantong

Pengefraisan bentuk kantong dapat dilakukan dengan memrogram beberapa blok, namun pada siklus pengefraisan kantong cukup diprogram dalam satu blok saja.

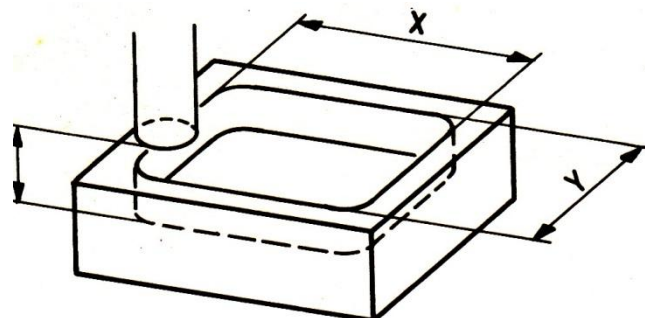


Nilai X merupakan ukuran panjang kantong dalam arah X.

Nilai Y merupakan ukuran lebar kantong dalam arah Y

Nilai Z merupakan ukuran kedalaman kantong dalam arah Z

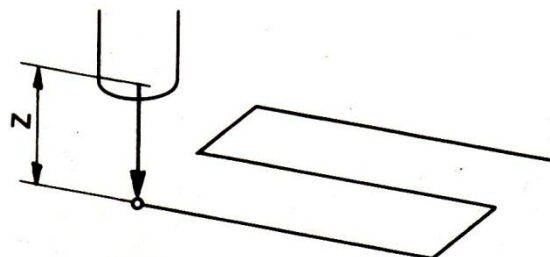
Sedangkan F adalah kecepatan asutan.



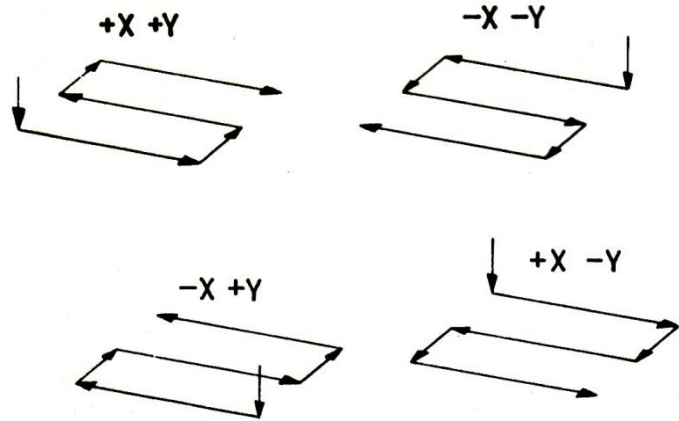
Dalam pemrograman ini kompensasi radius pisau harus dimasukkan terlebih dahulu menggunakan M06, sehingga computer dapat menghitung gerakan yang efektif untuk membuat kantong.

Sebelum mengefrais kantong, pisau frais harus ditempatkan terlebih dahulu pada daerah yang akan dibuat kantong.

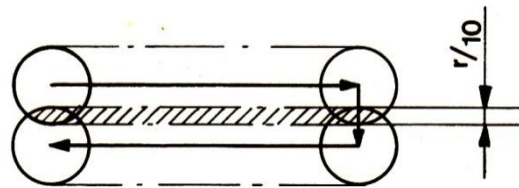
Pisau akan bergerak kedalam kantong, apabila ada pemrograman nilai Z-.



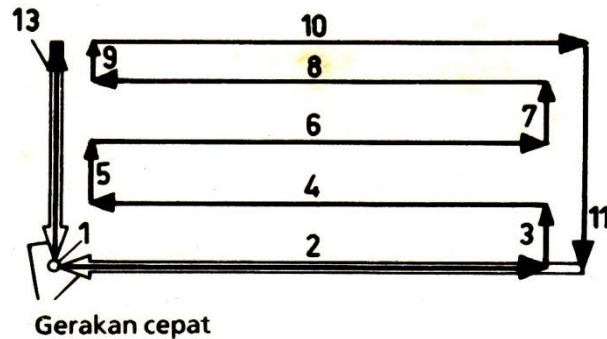
Ada empat alternatif gerakan pada pengefraisan kantong



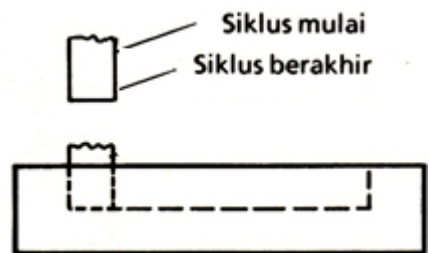
Tumpangn pengefraisan berkisar 1/10 dari radius pisau (bila radius pisau 5 mm kira-kira 0,5 mm)



Gerakan pengefraisan kantong juga disertai dengan gerakan penghalusan, yaitu pada gerakan 10, 11 dan 13, ketebalan penghalusan berkisar 1/10 radius pisau.



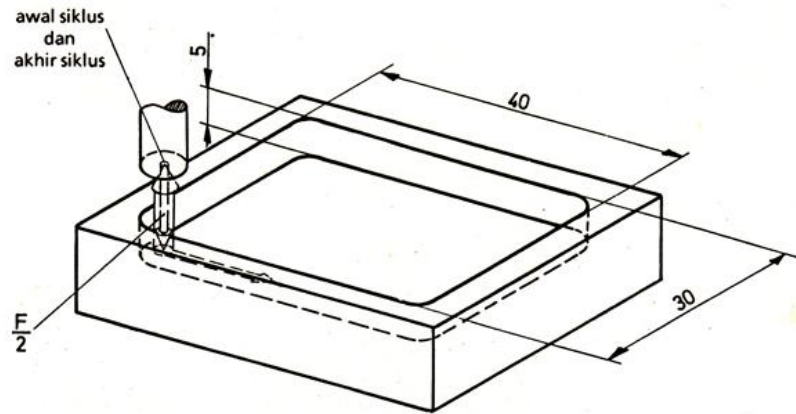
Setelah pengefraisan selesai, pisau frais akan bergerak keluar dari kantong menuju ke posisi awal.



Pengefraisan kantong dapat diprogram dalam mode absolut atau inkremental.

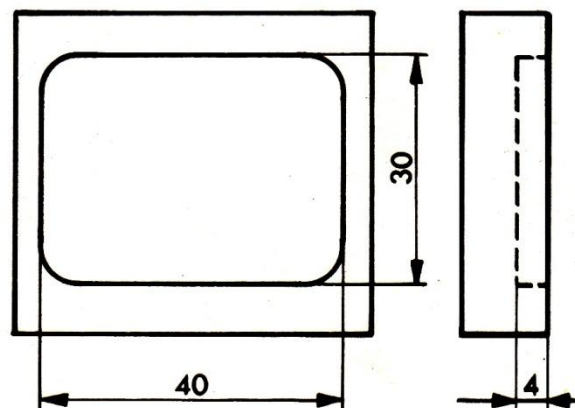
Pada waktu memrogram pengefraisan kantong disarankan agar gerakan arah Z diprogram didalam blok tersendiri. Hal ini dikarenakan gerakan pisau frais pada waktu masuk kedalam besarnya kecepatan asutan sebaiknya setengah kecepatan asutan normal.

Pada perangkat lunak yang baru, untuk pengefraisan kantong telah diprogram secara otomatis titik awal dan titik akhir berada pada titik yang sama. Kecepatan asutan pada waktu pisau masuk kedalam besarnya setengah dari kecepatan asutan normal dan penarikan pisau menggunakan gerakan cepat.

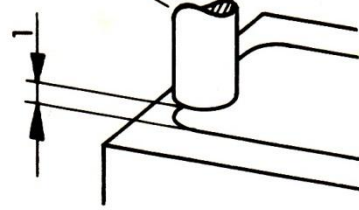


N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
02	M06	D 400	S2000	0	T01
03	M03				
...					
...	72	4000	3000	-500	
...					

Pemrograman pengefraisan kantong dengan ukuran panjang 40 mm, lebar 30 mm dan dalam 4 mm. Pisau berdiameter 10 mm pemrograman dalam mode inkremental.



Posisi awal dan tujuan

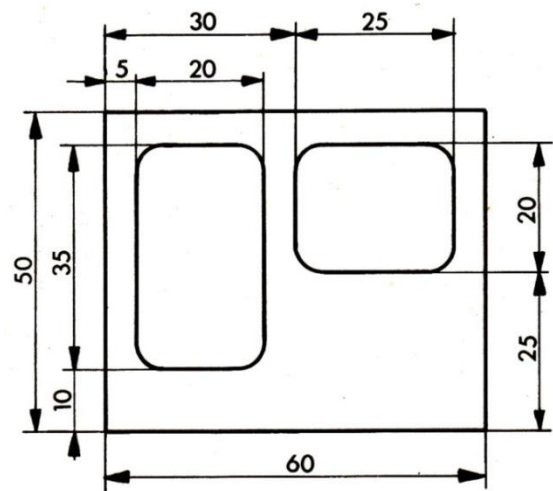


N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
01	00	
02	M06	D 500	S2000	0	T01
03	M03				
04	72	4000	3000	-500	50
...					

N01 gerakan menuju posisi awal

N02 data pisau frais

N04 siklus pengefraisan kantong

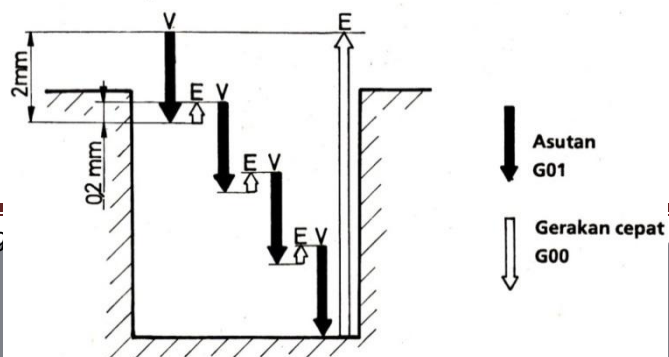


f) G73 – Siklus pemboran dengan pemutusan tatal.

Pembuatan lubang menggunakan bor, perlu dilakukan pemutusan tatal, agar tatal tidak melilit pada batang bor, terutama pada bahan yang liat atau sulit dipotong.

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
...					
...					
...	73	00	00	-1000	50
...					

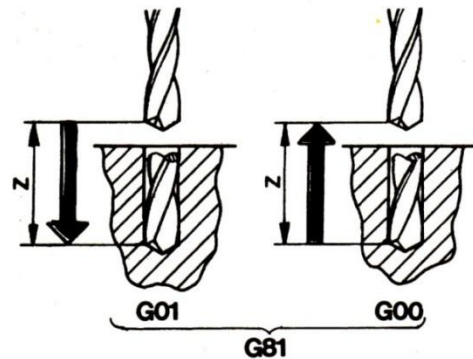
Kedalaman lubang diprogram dalam nilai Z.



g) G81- Siklus Pemboran

Siklus ini lebih tepat jika dipakai membor bahan yang tatalnya mudah putus dan lubang tembus tidak dalam. Pada siklus ini penarikan dilakukan secara otomatis.

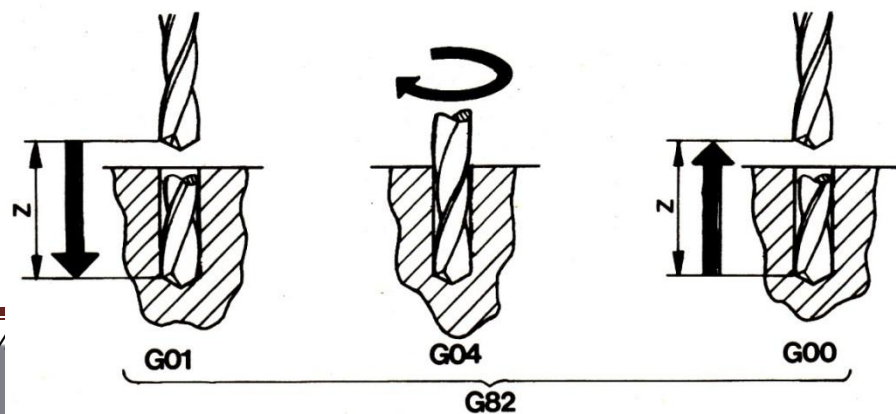
N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
...					
...					
...	81	00	00	-1000	50
...					



h) G82 – Siklus Pemboran Dengan Tingga Diam

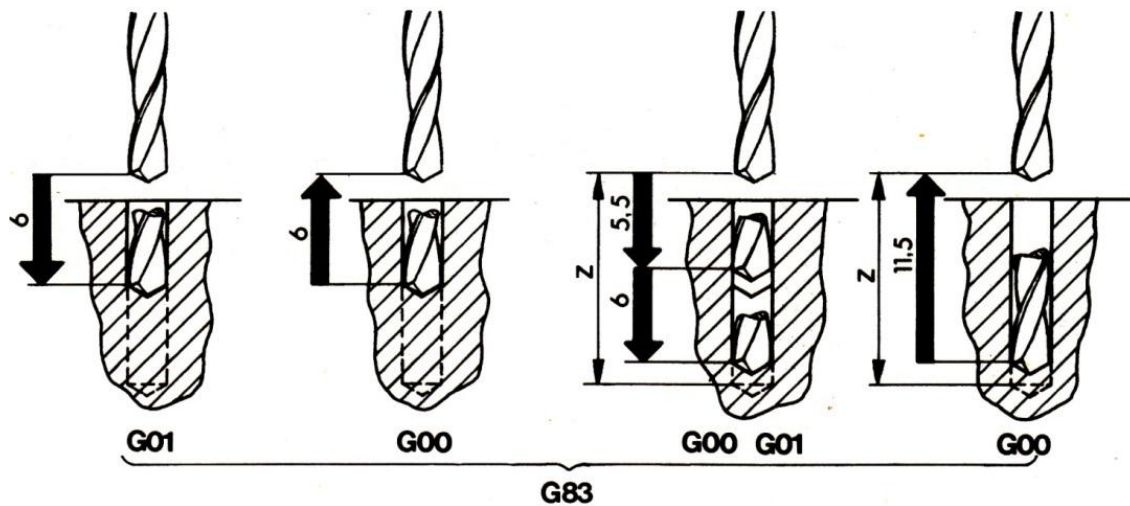
Siklus ini lebih tepat jika dipakai membor bahan yang tatalnya mudah putus dan lubang tidak tembus kedalaman menengah. Untuk membersihkan pada bagian ujung lubang maka bila kedalaman lubang telah dicapai bor berputar tanpa asutan selama 0,5 detik. Pada siklus ini penarikan dilakukan secara otomatis.

N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
...					
...					
...	82	00	00	-1000	50
...					



i) G83 – Siklus Pemboran Dengan Penarikan

Pada pemboran lubang yang dalam, sering sekali terjadi pengeluaran tatal tidak lancar. Oleh karena itu perlu ada penarikan bor keluar, dengan maksud untuk mengeluarkan tatal. Gerakan ini dapat dilakukan oleh siklus G83.

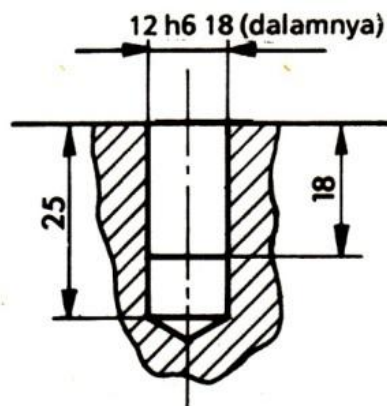


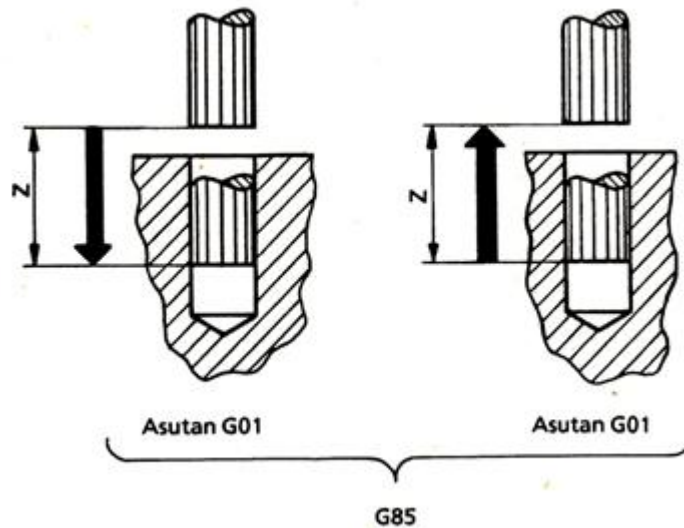
Proses pemboran dapat dijelaskan sebagai berikut :

- (1) Membor sedalam 6 mm dengan gerakan asutan.
- (2) Penarikan keluar 6 mm dengan gerakan cepat
- (3) Gerakan kedalam 5,5 mm dengan gerakan cepat dan membore 6 mm dengan gerakan asutan
- (4) Penarikan keluar 11,5 mm dengan gerakan cepat
- (5) Gerakan kedalam 11 mm dengan gerakan cepat dan membore 6 mm dengan gerakan asutan.

j) G85 – Siklus Pereameran

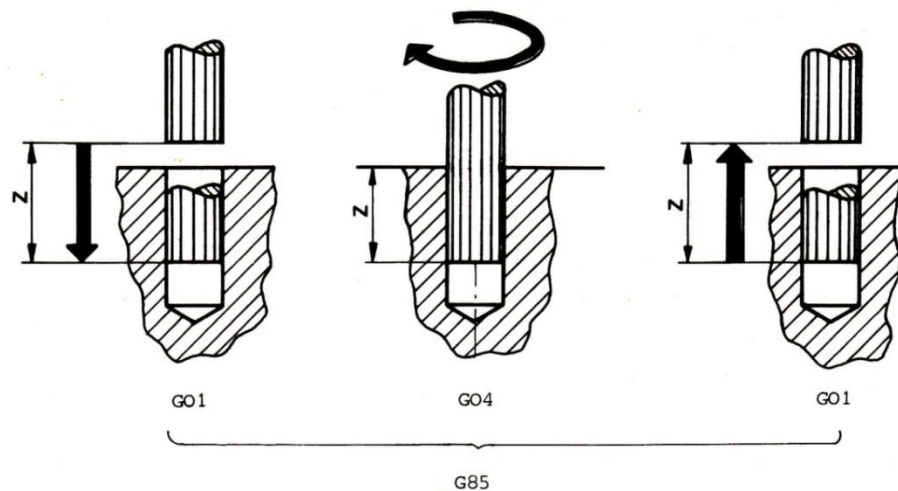
Untuk mendapatkan lubang berkualitas tinggi, perlu dilakukan pereameran. Pada proses pereameran pemasukan dan penarikan menggunakan kecepatan asutan.





k) G89 – Siklus Pereameran Dengan Tinggal Diam

Pada siklus ini apabila reamer telah mencapai kedalaman, reamer tinggal diam selama 0,5 detik.



c. Rangkuman

1) Mengefrais lurus, miring, radius, kantong, lubang dan lubang presisi.

a) G00- Pengaturan Posisi Pisau Frais dengan Gerak Cepat

Kemungkinan gerak cepat yang dapat dilakukan adalah

- (1) Pisau bergerak dalam arah X
- (2) Pisau bergerak dalam arah Y
- (3) Pisau bergerak dalam arah Z
- (4) Pisau bergerak dalam arah X dan Y

(5) Pisau bergerak dalam arah X dan Z
(6) Pisau bergerak dalam arah Y dan Z
Sebelum melakukan pemrograman terlebih dahulu direncanakan posisi letak pisau frais terhadap benda kerja, letak pisau frais perlu mempertimbangkan kemungkinan untuk pemasangan dan pelepasan pisau frais begitu juga pemasangan dan pembukaan benda kerja.

b) G01- Interpolasi Linear

Interpolasi linear berarti memasukan harga asutan pada gerakan lurus. Gerakan lurus dapat terletak pada sudut tertentu. G01-Pengefraisan lurus dan miring. Pengfraisan lurus dan miring dapat digunakan untuk melakukan berbagai macam pekerjaan pengefraisan. Pekerjaan pengefraisan tersebut diantaranya meliputi :

(1) Pengefraisan alur

(a) Pengefraisan alur tembus

Pengefraisan alur dapat berupa alur tembus dan alur tidak tembus.

(b) Pengefraisan alur tidak tembus

Sedangkan pengefraisan tidak tembus seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Gerakan pisau untuk pengefraisan tidak tembus lebih rumit, karena untuk melakukan pemakanan harus terlebih dahulu melalui gerak pemakanan untuk menembus kedalaman alur.

(c) Pengefraisan alur miring atau alur silang

Pada pengefraisan alur miring gerakan pemakanan dilaksanakan oleh dua sumbu secara bersamaan.

(2) Pengefraisan permukaan rata

Pengefraisan permukaan rata dapat dilakukan dengan beberapa kemungkinan. Apabila diameter pisau frais lebih besar dari permukaan benda kerja, maka pengefraisan dapat dilakukan sekali jalan saja. Akan tetapi bila diameter pisau lebih kecil dari permukaan benda kerja, maka pengefraisan harus dilakukan beberapa kali pemakanan. Pemakanan bergeser dan saling menutup, besarnya pergeseran tergantung dari ukuran diameter pisau.

(3) Pengefraisan permukaan bertingkat

Apabila kita akan melakukan pengefraisan balok bertingkat, terlebih dahulu kita harus mengetahui ukuran diameter pisau yang akan

digunakan. Dengan demikian kita dapat membuat gambar dengan garis bantu lintasan pisau untuk memudahkan dalam pembuatan program.

(4) Pengefraisan Kantong

Pengefraisan kantong seperti pada gambar di bawah ini, dapat dilakukan melalui beberapa tahapan.

Tahapan tersebut antara lain

- Ukurlah diameter pisau frais yang akan digunakan.
- Gambarlah kantong yang akan dibuat dengan ukuran skala yang jelas..
- Buatlah garis bantu lintasan pisau untuk pemakanan finising.

(5) Pengefraisan Segi Banyak

Setiap ukuran yang ada pada gambar kerja selalu dapat langsung ditentukan titik koordinatnya, kecuali ukuran yang berbentuk sudut dan ukuran miring. Ukuran sudut dan miring dapat ditentukan titik koordinatnya dengan menggunakan perhitungan geometri. Begitu juga ukuran diameter pisau selalu akan mempengaruhi perhitungan titik koordinat.

Mengefrais bentuk segi enam disamping menghitung koordinat titik sudut, kita juga harus memperhitungkan koordinat titik bantu yang disesuaikan dengan ukuran jari-jari pisau frais.

c) Pemrograman geometri

Setiap kita mengefrais kontur (bentuk) selalu harus memperhitungkan diameter pisau frais untuk menentukan pemrograman lintasan pisau frais.

Jika kita membuat kontur parallel dengan sumbu, maka lintasan pisau frais harus ditambahkan atau dikurangkan dari ukuran konturnya.

Sedangkan untuk kontur tidak parallel dengan sumbu, maka titik bantu lintasan pisau frais harus dihitung dengan menggunakan fungsi trigonometri segi tiga siku-siku. Dalam hal tertentu titik koordinat juga perlu dihitung, sebab titik tersebut ditunjukkan dengan ukuran sudut. Koordinat yang belum diketahui dihitung dengan fungsi trigonometri. Data titik koordinat yang kurang dapat dihitung menggunakan fungsi trigonometri sederhana.

d) Mengefrais Radius

Pada mesin perkakas konvensional untuk membuat busur lingkaran hanya dapat dibuat menggunakan perlengkapan bantu meja putar. Namun pada mesin CNC tidak diperlukan alat bantu tersebut, gerakan dapat dilakukan melalui pemrograman G02 dan G03.

G02- Interpolasi melingkar arah kanan (searah jarum jam)

G03- Interpolasi melingkar arah kiri (berlawanan arah jarum jam)

Untuk mengetahui yang dimaksud dengan gerakan searah dan berlawanan arah jarum jam, tergantung dari mana kita melihatnya.

- (1) Gerakan melingkar searah jarum jam yang bergerak pada bidang XY, dilihatnya dari sebelah atas atau dari arah Z+ ke arah Z-.
- (2) Gerakan melingkar searah jarum jam yang bergerak pada bidang YZ, dilihatnya dari sebelah kanan atau dari arah X+ ke arah X-.
- (3) Gerakan melingkar searah jarum jam yang bergerak pada bidang XZ, dilihatnya dari sebelah depan atau dari arah Y+ ke arah Y-.

Pemrograman seperempat busur lingkaran pada bidang XY.

Pada pemrograman absolut, koordinat titik akhir seperempat lingkaran diukur dari titik referen (W).

Penentuan titik referen dapat dibuat beberapa alternatif

- (1) Alternatif pertama kita buat titik referensinya berada pada pojok benda kerja.
- (2) Alternatif yang ke dua titik referen berada di tengah benda kerja.

Ada beberapa macam pemrograman pada mesin CNC

(1) Pemrograman lingkaran penuh.

Pada pemrograman ini mesin dapat melaksanakan satu lingkaran penuh 360° dapat diprogram dalam satu blok.

(2) Pemrograman kuadran

Pada pemrograman ini satu lingkaran dibagi menjadi empat kwadran, sehingga dalam satu blok hanya dapat melaksanakan gerakan maksimum 90°.

Untuk melengkapi pemrograman ini pada blok berikutnya menggunakan M99.

Kode M99 merupakan pemrograman koordinat titik pusat lingkaran. Koordinat titik pusat lingkaran selalu dinyatakan dalam inkremental yang diukur dari titik awal lingkaran.

Penulisan koordinat titik pusat lingkaran menggunakan adres I, J, K.

I adalah jarak dari titik awal ke titik pusat lingkaran searah sumbu X

J adalah jarak dari titik awal ke titik pusat lingkaran searah sumbu Y

K adalah jarak dari titik awal ke titik pusat lingkaran searah sumbu Z
I, J, K diprogram tanpa tanda + dan -.

Suatu busur lingkaran ditentukan oleh titik awal, titik tujuan dan titik pusat lingkaran.

Penentuan titik-titik tersebut sering sekali tidak tepat, untuk itu pada pemrograman ini diberi toleransi $\pm 0,08$ mm ($\pm 0,003$ sampai $\pm 0,002$)

e) Kompensasi Radius Pisau Frais Sejajar Sumbu

Setiap kali kita membuat program selalu mengarahkan gerakan pisau frais berpedoman pada titik pusat pisau frais, sehingga ketika kita mengerjakan benda kerja harus menambahkan atau mengurangi ukuran sebesar radius pisau. Pekerjaan menghitung untuk gerakan sejajar sumbu dapat diambil alih oleh computer bila diberi informasi besarnya jari-jari pisau pada gerakan G45, G46, G47, G48 adalah fungsi modal /tetap berlaku. Kode ini dapat dihapus atau dibatalkan oleh G40 atau M30.

Kode G45 dapat digantikan oleh G46/ G47/ G48 atau sebaliknya.

Sebelum melakukan pemrograman G45/ G46/ G47/ G48, terlebih dahulu kita harus memasukkan data alat potong dengan M06.

(1) G45 Penambahan Radius Pisau Frais.

Apabila kita akan mengefrais bagian dalam kontur (membuat kantong), maka pisau dari titik awal digerakan sejauh L ditambah radius pisau. Hal ini dapat diatasi oleh computer dengan penambahan otomatis satu radius pisau.

(2) G46 Pengurangan Radius Pisau Frais

Apabila kita akan mengefrais bagian luar kontur, maka gerakan pisau frais dikurangi satu radius pisau. Gerakan tersebut dapat menggunakan G46.

(3) G47 Penambahan Dua Kali Radius Pisau

Jika kita akan mengefrais kontur bagian luar, maka perlu ada penambahan gerakan sebesar dua kali radius pisau, penambahan tersebut dapat diatasi menggunakan G47

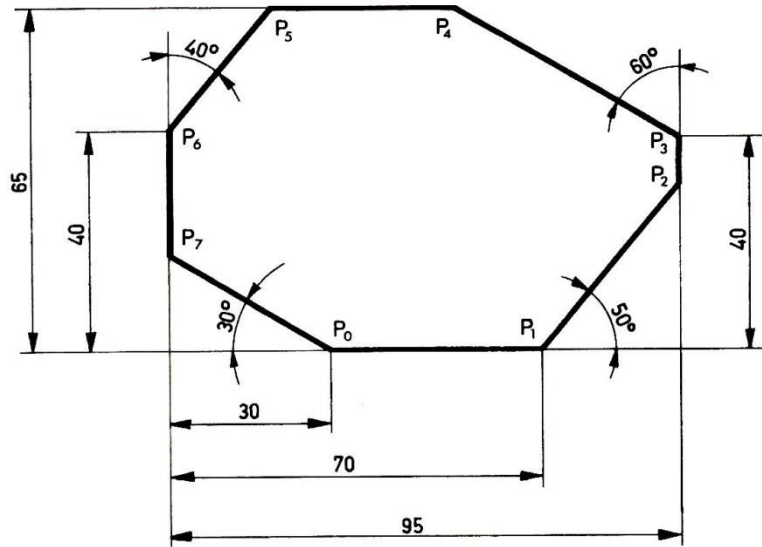
(4) G48 Pengurangan Dua Kali Radius Pisau

Jika kita akan mengefrais kontur bagian dalam, maka perlu ada pengurangan gerakan sebesar dua kali radius pisau, pengurangan tersebut dapat diatasi menggunakan G48

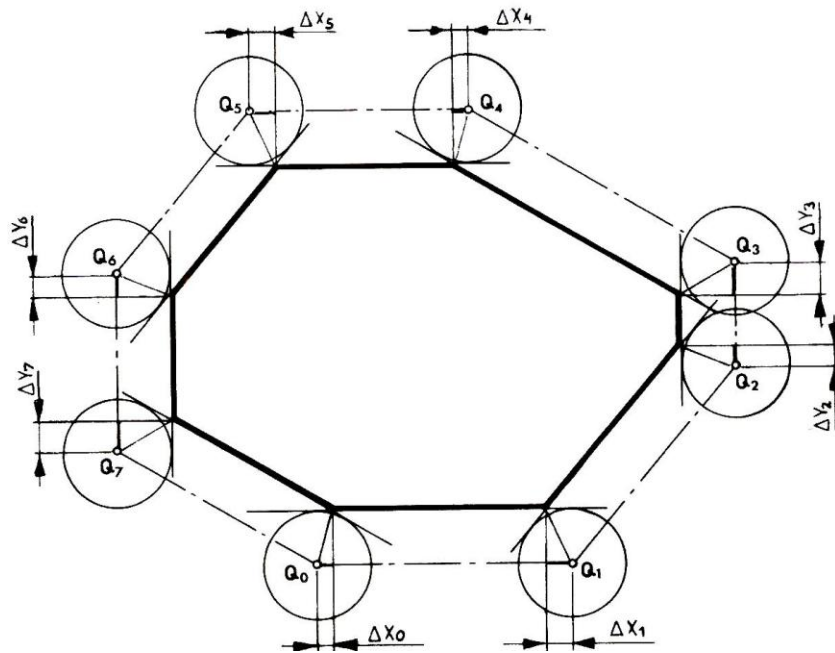
- f) G72- Siklus Pengefraisan Kantong
- Pengefraisan bentuk kantong dapat dilakukan dengan memrogram beberapa blok, namun pada siklus pengefraisan kantong cukup diprogram dalam satu blok saja.
- Nilai X merupakan ukuran panjang kantong dalam arah X.
Nilai Y merupakan ukuran lebar kantong dalam arah Y
Nilai Z merupakan ukuran kedalaman kantong dalam arah Z
Sedangkan F adalah kecepatan asutan.
- Dalam pemrograman ini kompensasi radius pisau harus dimasukkan terlebih dahulu menggunakan M06, sehingga computer dapat menghitung gerakan yang efektif untuk membuat kantong.
- Pada perangkat lunak yang baru, untuk pengefraisan kantong telah diprogram secara otomatis titik awal dan titik akhir berada pada titik yang sama. Kecepatan asutan pada waktu pisau masuk kedalam besarnya setengah dari kecepatan asutan normal dan penarikan pisau menggunakan gerakan cepat.
- g) G73 – Siklus pemboran dengan pemutusan tatal.
- Pembuatan lubang menggunakan bor, perlu dilakukan pemutusan tatal, agar tatal tidak melilit pada batang bor, terutama pada bahan yang liat atau sulit dipotong.
- h) G81- Siklus Pemboran
- Siklus ini lebih tepat jika dipakai membor bahan yang tatalnya mudah putus dan lubang tembus tidak dalam. Pada siklus ini penarikan dilakukan secara otomatis.
- i) G82 – Siklus Pemboran Dengan Tinggal Diam
- Siklus ini lebih tepat jika dipakai membor bahan yang tatalnya mudah putus dan lubang tidak tembus kedalamanengah. Untuk membersihkan pada bagian ujung lubang maka bila kedalaman lubang telah dicapai bor berputar tanpa asutan selama 0,5 detik. Pada siklus ini penarikan dilakukan secara otomatis.
- j) G83 – Siklus Pemboran Dengan Penarikan
- Pada pemboran lubang yang dalam, sering sekali terjai pengeluaran tatal tidak lancar. Oleh karena itu perlu ada penarikan bor keluar, dengan maksud untuk mengeluarkan tatal. Gerakan ini dapat dilakukan oleh siklus G83.
- k) G85 – Siklus Pereameran
- Untuk mendapatkan lubang berkualitas tinggi, perlu dilakukan pereameran. Pada proses pereameran pemasukan dan penarikan menggunakan kecepatan asutan.
- l) G89 – Siklus Pereameran Dengan Tinggal Diam
- Pada siklus ini apabila reamer telah mencapai kedalaman, reamer tinggal diam selama 0,5 detik.

d. Tugas

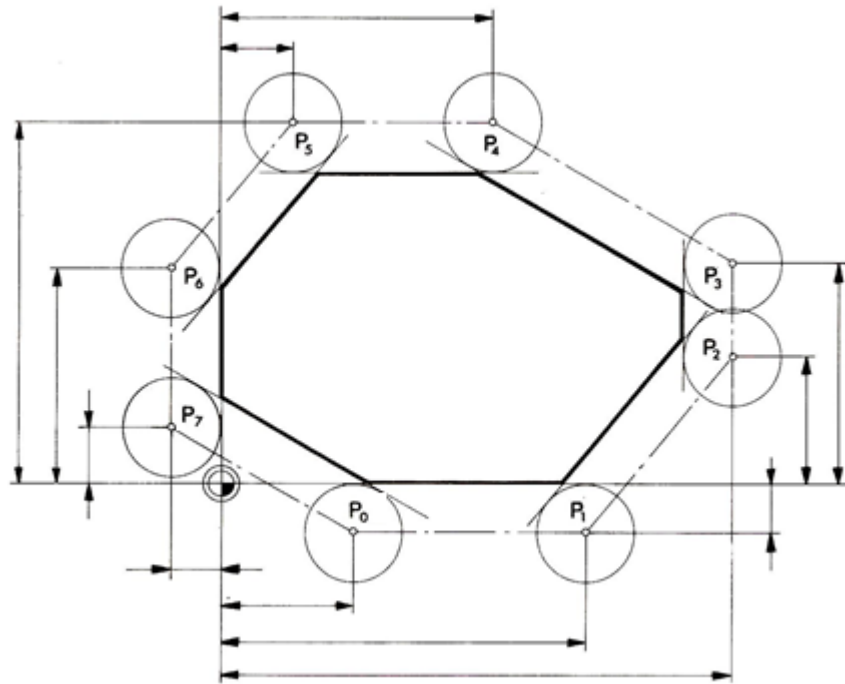
1) Hitunglah nilai koordinat titik 2, 4, dan 7.



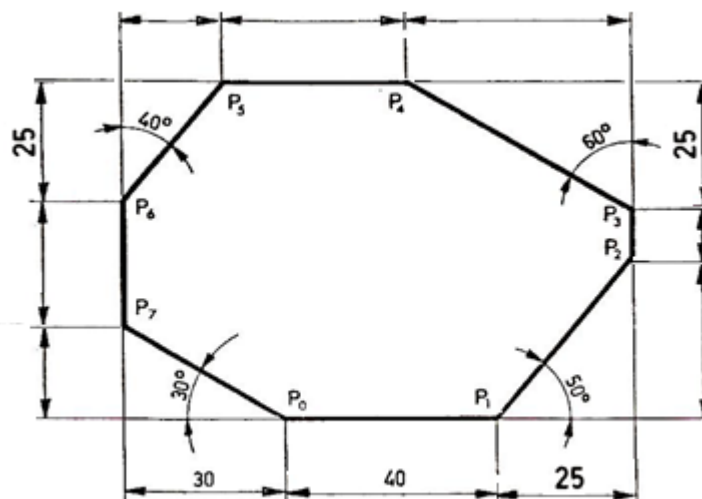
2) Hitunglah nilai $\Delta X_0, \Delta X_1, \Delta X_4, \Delta X_5$
Hitunglah nilai $\Delta Y_2, \Delta Y_3, \Delta Y_6$ dan ΔY_7 .

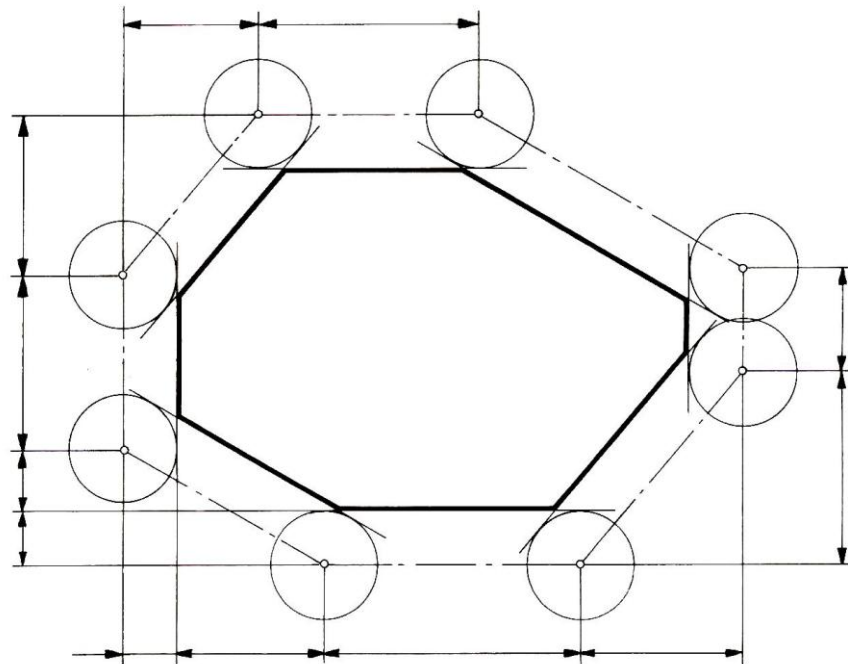


3) Hitunglah koordinat titik bantu P2, P4, P5 dan P7, pada program Absolut.



4) Hitunglah koordinat titik bantu P2, P4, P5 dan P7, pada program Inkremental.





e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling benar untuk menjawab pertanyaan di bawah ini

- 1) Interpolasi linear berarti mendapatkan harga antara pada garis lurus.gerakan ini dapat dilakukan menggunakan pemrograman ...
 - a) G02
 - b) G03
 - c) G33
 - d) G00
 - e) G01
- 2) G00 adalah perintah gerakan ...
 - a) Gerak lurus lambat
 - b) Gerak lurus cepat
 - c) Gerak tirus lambat
 - d) Gerak tirus cepat
 - e) Gerak radius
- 3) Gerak lurus cepat digunakan hanya karena alasan ...
 - a) Teknologis
 - b) Matematis
 - c) Pedagogis
 - d) Ekonomis
 - e) Praktis

- 4) Gerak melingkar searah jarum jam dapat dilakukan menggunakan pemrograman ...
- a) G00
 - b) G01
 - c) G02
 - d) G03
 - e) G33
- 5) Koordinat titik pusat busur lingkaran dinyatakan dengan harga I,J dan K yang diukur dari ...
- a) Titik awal busur lingkaran
 - b) Titik akhir busur lingkaran
 - c) Titik referen
 - d) Titik nol
 - e) Titik pusat lingkaran
- 6) Kode gerakan G03 digunakan untuk melakukan ...
- a) Gerak melingkar searah jarum jam
 - b) Gerak melingkar berlawanan arah jarumjam
 - c) Gerak melingkar kurang dari 90°
 - d) Gerak melingkar lebih dari 90°
 - e) Gerakan tirus
- 7) Harga K adalah salah satu jarak koordinat titik pusat lingkaran searah dengan ...
- a) Sumbu Z
 - b) Sumbu X
 - c) Sumbu Y
 - d) Sumbu I
 - e) Sumbu R
- 8) Penambahan satu radius pisau dapat diprogram menggunakan kode ...
- a) G48
 - b) G47
 - c) G46
 - d) G45
 - e) G40
- 9) Kode gerakan G47 digunakan untuk melakukan pengefraisan...
- a) Tanpa penambahan radius pisau
 - b) Penambahan satu radius pisau
 - c) Pengurangan satu radius pisau
 - d) Penambahan dua radius pisau
 - e) Pengurangan dua radius pisau
- 10) Pengefraisan kantong dapat dilakukan dengan beberapa kali pemakanan, pemakanan tersebut dapat ditulis dalam satu blok menggunakan kode...
- a) G47
 - b) G72
 - c) G73
 - d) G81
 - e) G82
- 11) Proses pengeboran pada bahan yang liat sebaiknya dilakukan menggunakan metode Siklus pengeboran dengan pemutusan tatal, hal ini dapat diprogram menggunakan kode...

- a) G47
- b) G72
- c) G73
- d) G81
- e) G82

12) Pada pemboran lubang yang dalam, sering sekali terjadi pengeluaran tatal tidak lancar. Oleh karena itu perlu ada penarikan bor keluar, dengan maksud untuk mengeluarkan tatal. Gerakan ini dapat dilakukan oleh ...

- a) G72
- b) G73
- c) G81
- d) G82
- e) G83

13) Untuk mendapatkan lubang berkualitas tinggi, perlu dilakukan pereameran. Pada proses pereameran pemasangan dan penarikan menggunakan kecepatan asutan. Gerakan ini dapat dilakukan oleh ...

- a) G81
- b) G82
- c) G83
- d) G84
- e) G85

14) Pada mesin TU-3A pemrograman melingkar dapat dilaksanakan pada pemrograman ...

- a) Lingkaran penuh
- b) Kwadran
- c) Setengah lingkaran
- d) Tiga perempat lingkaran
- e) Bebas

15) G89 – Siklus Pereameran Dengan Tinggal apabila reamer telah mencapai kedalaman, reamer tinggal diam selama...

- a) 0,5 detik
- b) 1 detik
- c) 10 detik
- d) 25 detik
- e) 50 detik

f. Kunci jawaban

- 1) E
- 2) B
- 3) D
- 4) C
- 5) A
- 6) B
- 7) A
- 8) D
- 9) D
- 10) B

- 11) C
- 12) E
- 13) E
- 14) B
- 15) A

g. Lembar Kerja Peserta didik



**PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG**



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	JOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	------------------	----------------------------------

Pendidikan : SMK negeri 12 Bandung
 Bidang Keahlian : Teknologi dan Rekayasa
 Program keahlian : Teknologi Pesawat Udara
 Paket Keahlian : Pemesinan Pesawat Udara
 Mata Pelajaran : Aircraft Component CNC Machining
 Topik : Pengefraisan benda kerja pada mesin frais CNC
 Kelas / Semester: XI / 2

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti PBM, siswa dapat:

- a) Memahami proses pengefraisan lurus pada mesin frais CNC
- b) Memahami proses pengefraisan miring pada mesin frais CNC
- c) Memahami proses pengefraisan radius pada mesin frais CNC
- d) Memahami proses pengefraisan siklus kantong pada mesin frais CNC
- e) Memahami proses pengeboran lubang pada mesin frais CNC
- f) Memahami proses pereameran pada mesin bubut CNC
- g) Mengerjakan komponen pesawat udara menggunakan mesin frais CNC

2. Petunjuk

- a) Selama bekerja gunakan selalu pakaian kerja dan peralatan keselamatan kerja
- b) Pinjamlah peralatan yang akan digunakan sebelum mulai bekerja.
- c) Periksa kondisi dan persiapkan mesin sebelum mulai bekerja.
- d) Gunakan peralatan sesuai dengan fungsinya.
- e) Bekerjalah mengikuti aturan keselamatan kerja.
- f) Simpan alat ukur pada tempat yang aman dan jangan ditumpuk dengan peralatan yang lain.
- g) Kembalikan peralatan yang dipinjam kepada toolman setelah selesai bekerja.
- h) Bersihkan mesin dan ruangan praktek setelah selesai bekerja.

3. Alat dan Bahan

- a) Kertas ploter
 - b) Pena pisau
 - c) Pisau frais
 - d) Mistar sorong ket. 0,02 mm
 - e) Kacamata kerja
4. Langkah Kerja
- a) Hitunglah ukuran benda dalam absolut dan inkremental
 - b) Tentukan titik awal program
 - c) Buatlah tabel koordinat titik-titik
 - d) Hitunglah tiap-tiap titik koordinat
 - e) Buatlah program dengan bimbingan guru
 - f) Ketiklah program kedalam format program
 - g) Jalankan program menggunakan ploter pada kertas mili meter
 - h) Periksakan gambar hasil ploter kepada guru.
 - i) Bersihkan mesin.
 - j) Bersihkan ruangan bengkel



PEMERINTAH KOTA BANDUNG

DINAS PENDIDIKAN

SMK NEGERI 12 BANDUNG

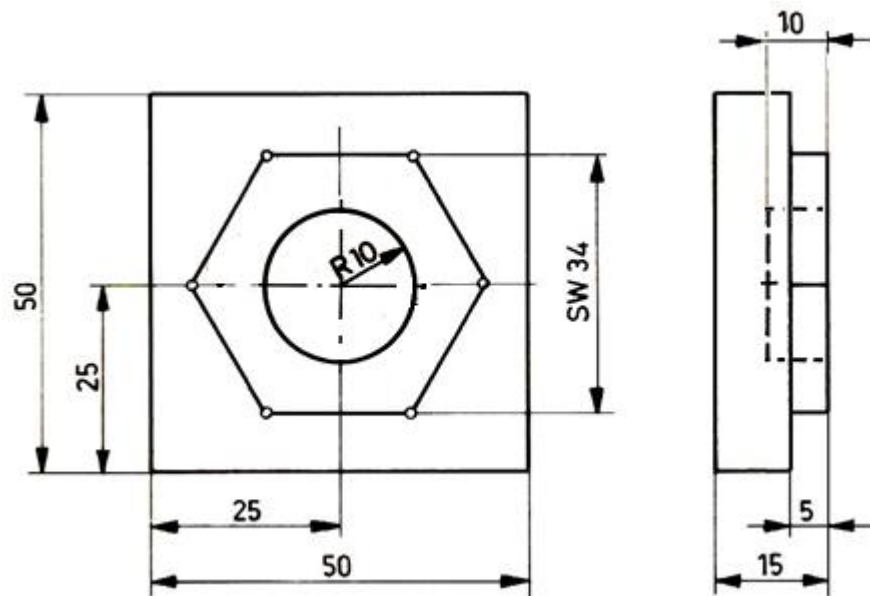
PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA

Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173

Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com



F 7.5.1 - 06	JOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
--------------	-----------	--------------------------



	Skala : 1:1	Digambar : Sugiarto	Keterangan :
--	-------------	---------------------	--------------

	Satuan Ukuran : mm	Kelas : XI PPU	
	Tanggal : Nov 2013	Diperiksa :	
SMKN 12 BANDUNG	MENGEFRAIS SEGI BANYAK & LUBANG	NO. 04	



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@ymail.com

F 7.5.1 - 06	LEMBAR PENILAIAN	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------------	--

Nama :

Kelas :

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
METODA	Langkah Kerja	5		
	Penggunaan Alat	5		
	Keselamatan Kerja	5		
	Jumlah	15		
HASIL KETRAMPILAN	Ukuran 50 mm	8		
	Ukuran 25 mm	8		
	SW 34 mm	20		
	Diameter 20 mm	20		
	Kedalaman 10 mm	8		
	Kedalaman 5 mm	8		
	Persentasi	8		
Jumlah	80			
WAKTU	Tepat	5		
	Lambat	0		
	Jumlah	5		
Jumlah Nilai		100		

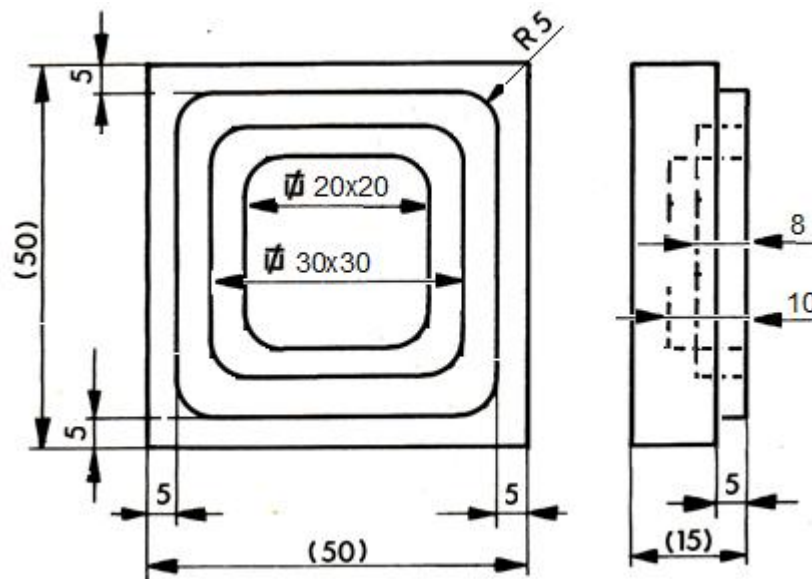


PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG

PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDAR
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@ymail.com



F 7.5.1 - 06	JOOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------	--



	Skala : 1:1	Digambar : Sugiarto	Keterangan :
--	-------------	---------------------	--------------

	Satuan Ukuran : mm	Kelas : XI PPU	
	Tanggal : Nov 2013	Diperiksa :	
SMKN 12 BANDUNG	MENGEFRAIS KOTAK RADIUS & LUBANG KANTONG		NO. 05



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	LEMBAR PENILAIAN	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------------	--

Nama :

Kelas :

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
METODA	Langkah Kerja	5		
	Penggunaan Alat	5		
	Keselamatan Kerja	5		
	Jumlah	15		
HASIL KETRAMPILAN	50x50 mm	10		
	R = 5 mm	10		
	Jarak 5 mm	8		
	40x40 mm	10		
	30x30 mm	10		
	Kedalaman 5 mm	8		
	Kedalaman 8 mm	8		
	Kedalaman 10 mm	8		
	persentasi	8		
Jumlah	80			
WAKTU	Tepat	5		
	Lambat	0		

	Jumlah	5		
Jumlah Nilai		100		

6. Pemeriksaan Proses Pemesinan CNC Pada Pembuatan Komponen Pesawat Udara 1
a. Tujuan Pembelajaran

Melalui diskusi kelompok dan praktik, peserta didik dapat:

- 1) Menyadari sepenuhnya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 2) Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 3) Menyadari dan meyakini bahwa melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC adalah merupakan salah satu bentuk pengamalan perintah Tuhan yang harus dilakukan secara sungguh-sungguh.
- 4) Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 5) Menghargai kerja sama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikiran dan cara melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 6) Menunjukkan perilaku santun, peduli, tanggung jawab, kerja sama, responsif dan proaktif dalam melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin bubut CNC.
- 7) Memahami teknik-teknik pengerjaan benda kerja pada mesin frais CNC
- 8) Memahami proses pengerjaan benda kerja pada mesin frais CNC
- 9) Menganalisis pengerjaan benda kerja pada mesin frais CNC

b. Uraian Materi

1) Teknik Pengerjaan Benda Kerja

Pengerjaan benda kerja pada mesin CNC persiapan kerja dan proses kerjanya berbeda dengan mesin konvensional. Pada umumnya benda kerja yang dikerjakan di mesin CNC bersifat produksi massal, sehingga persiapan dan prosesnya lebih panjang dan lebih berhati-hati. Proses kerja pada mesin CNC biasanya melalui proses uji coba, yaitu uji coba program dan uji coba benda kerja. Persiapan uji coba yang dilakukan untuk menjawab beberapa permasalahan diantaranya

- a) Berapa lama waktu yang dibutuhkan
 - b) Berapa banyak jumlah benda kerja yang dikerjakan
 - c) Berapa besar tingkat kesulitan benda kerja tersebut
 - d) Berapa besar tingkat akurasi ukuran benda kerja tersebut
- Untuk itu kita harus menyiapkan beberapa antisipasi diantaranya
- a) Jenis mesin yang akan digunakan

- b) Jumlah mesin
- c) Jenis alat potong yang diperlukan
- d) Jumlah alat potong yang akan dipakai dan cadangan
- e) Jenis alat ukur yang diperlukan
- f) Jenis alat keselamatan kerja
- g) Wadah bahan benda kerja dan benda kerja jadi

Uji coba yang harus kita lakukan meliputi :

- a) Program
- b) Bentuk benda kerja
- c) Ukuran benda kerja
- d) Kecepatan proses pengerjaan

Persiapan dan uji coba tersebut tidak menutup kemungkinan masih banyak terjadi kekurangan, hal ini disebabkan karena adanya perubahan-perubahan, seperti perubahan waktu dan perubahan kekerasan bahan.

Untuk mengatasi hal tersebut di atas maka kita dapat melakukan perubahan-perubahan atau modifikasi sebagai berikut :

- a) Modifikasi program
- b) Modifikasi alat potong
- c) Modifikasi kecepatan asutan
- d) Modifikasi kompensasi alat
- e) Ukuran bahan benda kerja

Proses kerja pada mesin CNC dimulai dari mengonsep program, kemudian program diketik (input data), apabila dalam memasukan program ada yang salah maka program diperbaiki.

Program yang sudah masuk dites uji jalan, dengan maksud untuk menentukan kesesuaian antara program dan ketentuan yang ada dimesin, jika ada yang tidak sesuai maka program diperbaiki.

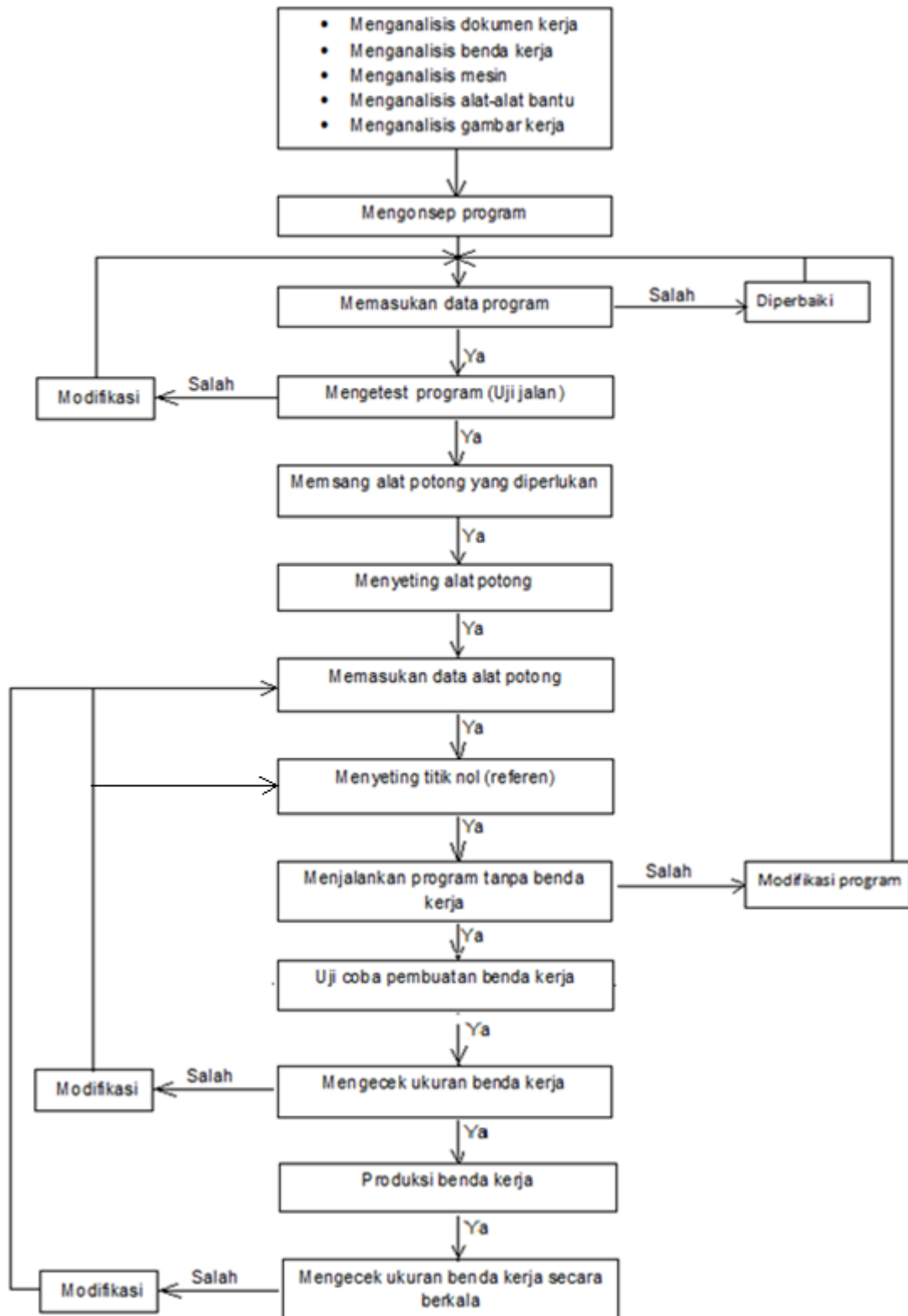
Pekerjaan selanjutnya memasang alat potong, menyeting alat potong, memasukan data alat potong, kemudian dilanjutkan dengan menyeting titik nol benda kerja (referensi).

Setelah semua sudah siap berikutnya menjalankan program tanpa benda kerja, pada proses ini apabila ada gerakan yang salah maka kita lakukan modifikasi program.

Selanjutnya kita lakukan uji coba pembuatan benda kerja, berikutnya menganalisis dan mengukur benda kerja, apabila ada ketidak suaian ukuran maka lakukan perbaiki data alat potong atau perbaiki penyetingan titik nol.

Setelah semua dalam keadaan baik barulah kita melaksanakan proses produksi benda kerja, selama proses produksi lakukanlah pengukuran benda kerja secara berkala, misalkan setiap tiga benda sekali pengukuran. Apabila ada perubahan ukuran maka lakukan perbaiki data alat potong atau perbaiki penyetingan titik nol.

Proses Kerja Pada Mesin CNC dapat dijelaskan pada bagan di bawah ini :



Kuantitas atau jumlah dapat dicapai dengan menggunakan teknik mengurangi gerakan-gerakan yang tidak perlu. Apabila ada bentuk yang sama, untuk menyingkat program kita dapat menggunakan perintah melompat atau sub program.

a) G 25 – Pemanggilan Sub Program

Sebelum kita mendalami pemanggilan sub program terlebih dahulu kita pahami dulu yang dinamakan sub program. Sub program adalah program kecil yang merupakan bagian dari program utama. Yang menjadi ciri program utama adalah program yang di tutup dengan M30, sedangkan ciri sub program adalah program yang ditutup dengan M17. Jadi boleh dikatakan bahwa G25 sangat berhubungan dengan M17.

Bentuk dan struktur sub program sama dengan struktur program utama, hanya sub program dapat di panggil oleh program utama.

Format Masukan : Pemanggilan Sub Program

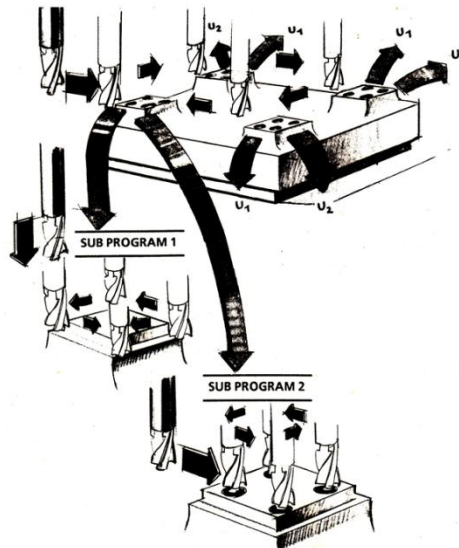
N / G 25 / L

N / M 17

Pemrograman :

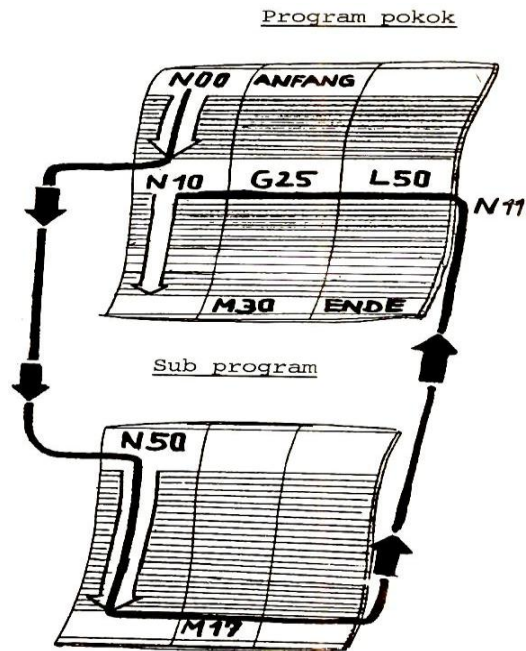
- Pemanggilan program :
Sub program di panggil dengan G25.
Dengan adres L, ditulis nomor blok awal sub program.
- Sub Program.
Sub Program mulai dengan nomor blok terpanggil dan diakhiri dengan M17.
- Perintah melompat kembali M 17.

Pemanggilan sub program sangat memungkinkan untuk mengerjakan benda kerja yang mempunyai beberapa bentuk yang sama pada satu benda kerja.



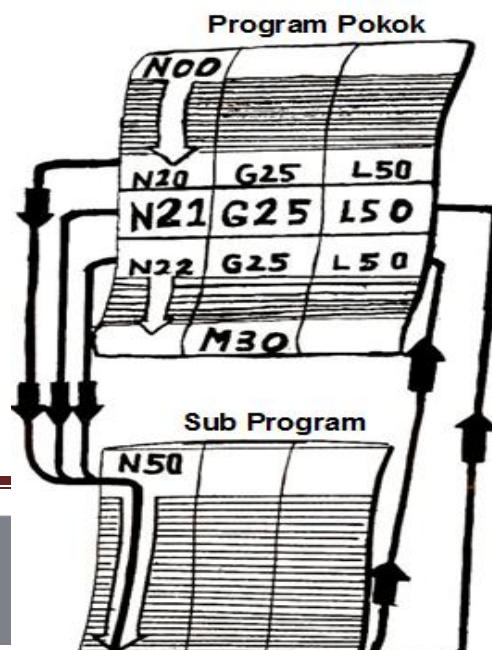
Pemanggilan sub program dapat dilakukan dengan beberapa kemungkinan :

- (1) Pemanggilan satu sub program
Program melompat kembali ke blok setelah blok pemanggilan sub program.

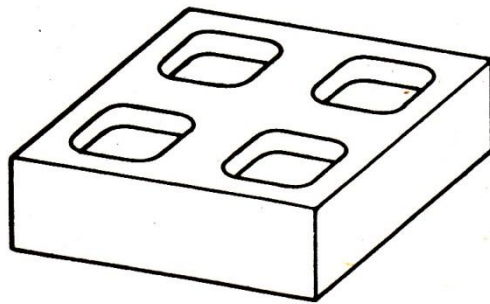


(2) Pemanggilan sub program yang diulang-ulang

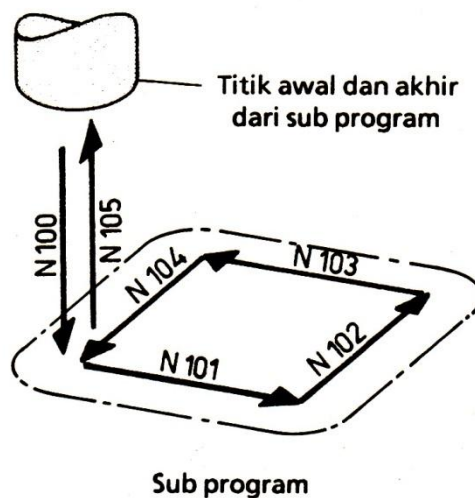
Suatu Sub Program dapat dipanggil secara berulang-ulang. Urutan dan pemrograman dapat ditentukan tergantung kebutuhan, seperti yang diperlihatkan pada gambar skema di bawah ini.



Pada pembuatan benda kerja mempunyai empat kantong dengan bentuk dan ukuran sama seperti pada gambar di bawah. Kita dapat membuat satu program pengefraisan kantong yang digunakan untuk membuat empat kantong. Program tersebut disimpan dalam sub program.



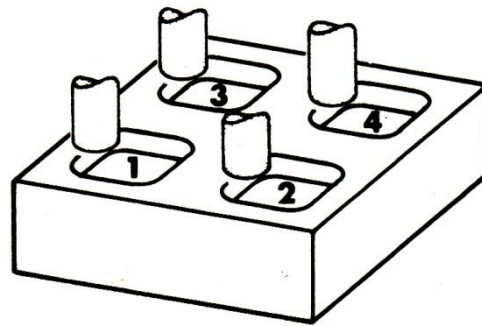
Pada program kantong mempunyai satu titik awal dan akhir.



Cara pemrogramannya sebagai berikut :

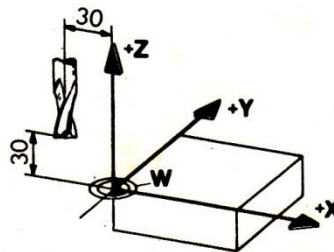
- Gerakan pisau frais menuju titik awal pengefraisan kantong pertama.
- Panggil sub program untuk pembuatan kantong pertama.
- Gerakan pisau frais menuju titik awal pengefraisan kantong ke dua.
- Panggil sub program untuk pembuatan kantong ke dua.
- Gerakan pisau frais menuju titik awal pengefraisan kantong ke tiga.

- (f) Panggil sub program untuk pembuatan kantong ke tiga.
- (g) Gerakan pisau frais menuju titik awal pengefraisan kantong ke empat.
- (h) Panggil sub program untuk pembuatan kantong ke empat.



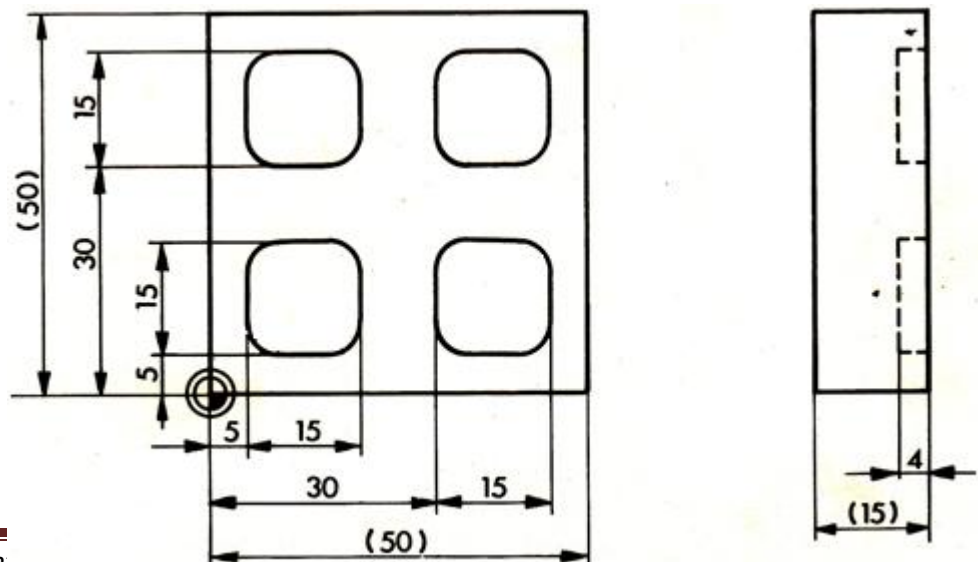
Pada pemrograman ini program utama kita buat program absolut, sedangkan sub program kita buat program inkrimental.

Titik referen dan titik awal seperti pada gambar.



Diameter pisau frais 8mm

Pada pemrograman sub program titik awal dan akhir berada pada satu titik.



N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	90				
01	92	-3000	00	3000	
02	M06	D 400	S2000	0	T01
03	M03				
04	00	900	900	3000	
05	00	900	900	200	
06	25				L17
07	00	3400	900	200	
08	25				L17
09	00	3400	3400	200	
10	25				L17
11	00	900	3400	200	
12	25				L17
13	00	900	3400	3000	
14	00	-3000	00	3000	
15	M30				
16					
17	91				
18	01	00	00	-600	50
19	01	700	00	00	50
20	01	00	700	00	50
21	01	-700	00	00	50
22	01	00	-700	00	50
23	00	00	00	600	50
24	90				
25	M17				

Pada program di atas

N01 penetapan titik awal pisau frais.

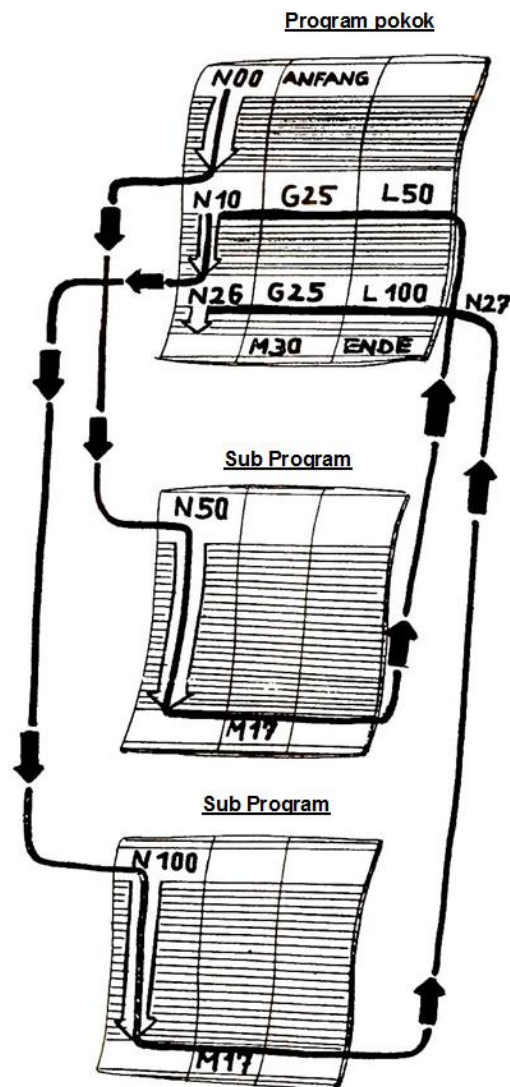
N02 kompensasi radius pisau

N03 pisau berputar ke kanan

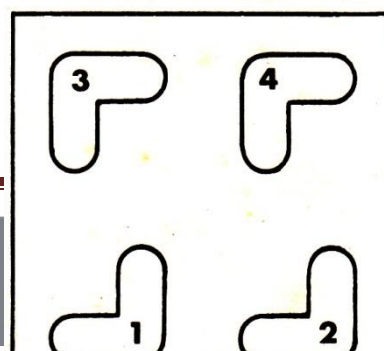
N04 sampai N15 program utama absolut

N06, N08, N10, N12 memanggil sub program pada blok 17
 N17 sampai N23 sub program inkremental
 N24 mengakhiri sub program dengan absolut
 N25 melompat kembali keprogram utama pada blok berikutnya

- (3) Pemanggilan sub program yang berbeda
 Kita juga dapat memanggil beberapa sub program yang berbeda-beda.



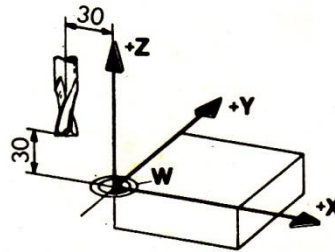
Pada gambar ditunjukkan bahwa alur 1 sama dengan alur 2 dan alur 3 sama dengan alur 4.



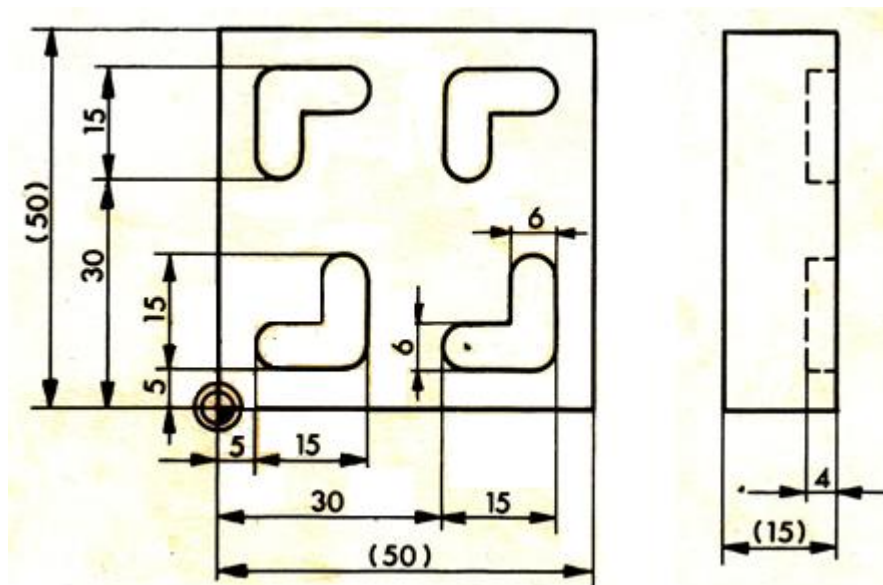
Untuk itu kiat buat dua sub program yaitu sub program 1 berisi alur 1, dan sub program 2 berisi alur 3.

Jika titik awal pisau frais seperti pada gambar.

Diameter pisau frais 6 mm



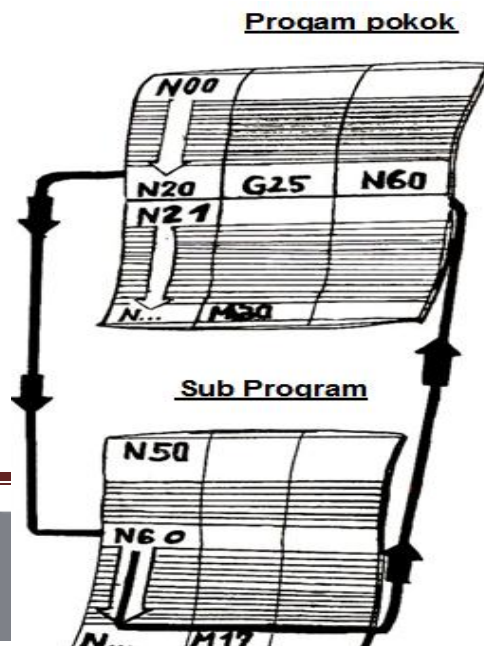
Titik referen seperti pada gambar. Program utama dalam mode absolut sedangkan sub program dalam mode inkremental.



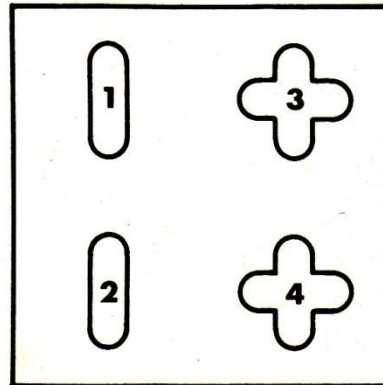
N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	90				
01	92	-3000	00	3000	
02	M06	D 400	S2000	0	T01
03	M03				
04	00	800	800	3000	

05	00	800	800	200	
06	25				L17
07	00	3300	800	200	
08	25				L17
09	00	3300	3300	200	
10	25				L26
11	00	800	3300	200	
12	25				L26
13	00	800	3300	3000	
14	00	-3000	00	3000	
15	M30				
16					
17	91				
18	01	00	00	-600	50
19	01	900	00	00	50
20	01	00	900	00	50
21	00	00	00	600	
22	00	-900	-900	00	
23	90				
24	M17				
25					
26	91				
27	01	00	00	-600	50
28	01	00	900	00	50
29	01	900	00	00	50
30	00	00	00	600	
31	00	-900	-900	00	
32	90				
33	M17				
34					

- (4) Pemanggilan sebagian sub program
 Kita juga dapat memanggil hanya sebagian dari Sub Program.

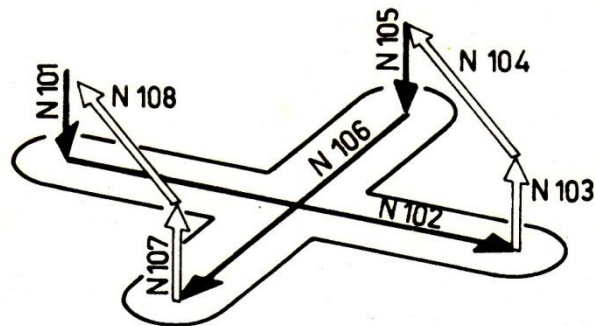


Pembuatan alur pada gambar di bawah, kita dapat membuat sub program alur 3 dan 4, sedangkan alur 1 dan 2 kita mengambil sebagian dari sub program.

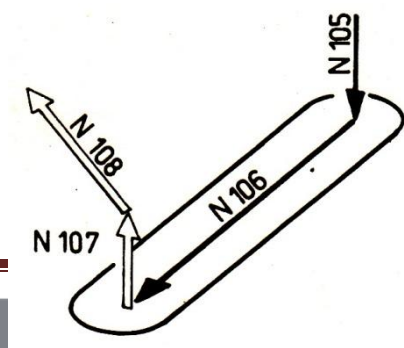


Pada pemrograman ini baik program utama maupun sub program kita buat mode inkremental.

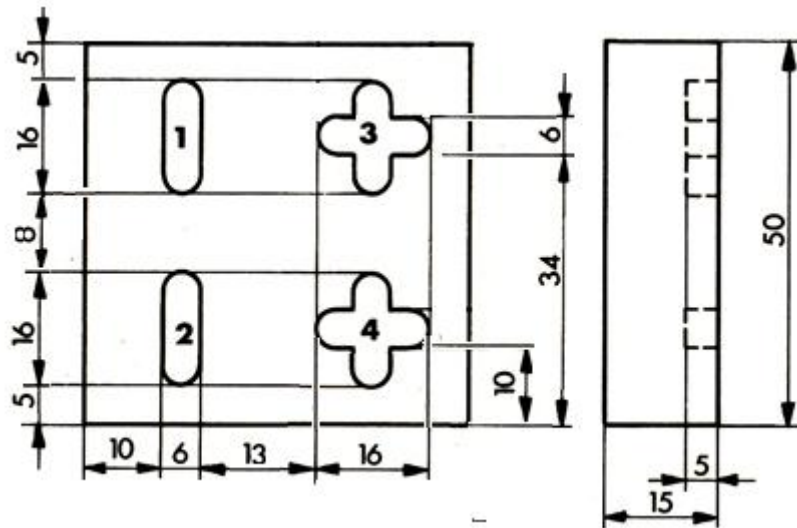
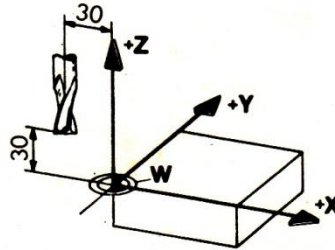
Sub program dari N101 sampai N108 dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Pemanggilan sebagian sub program dari N105 sampai N108



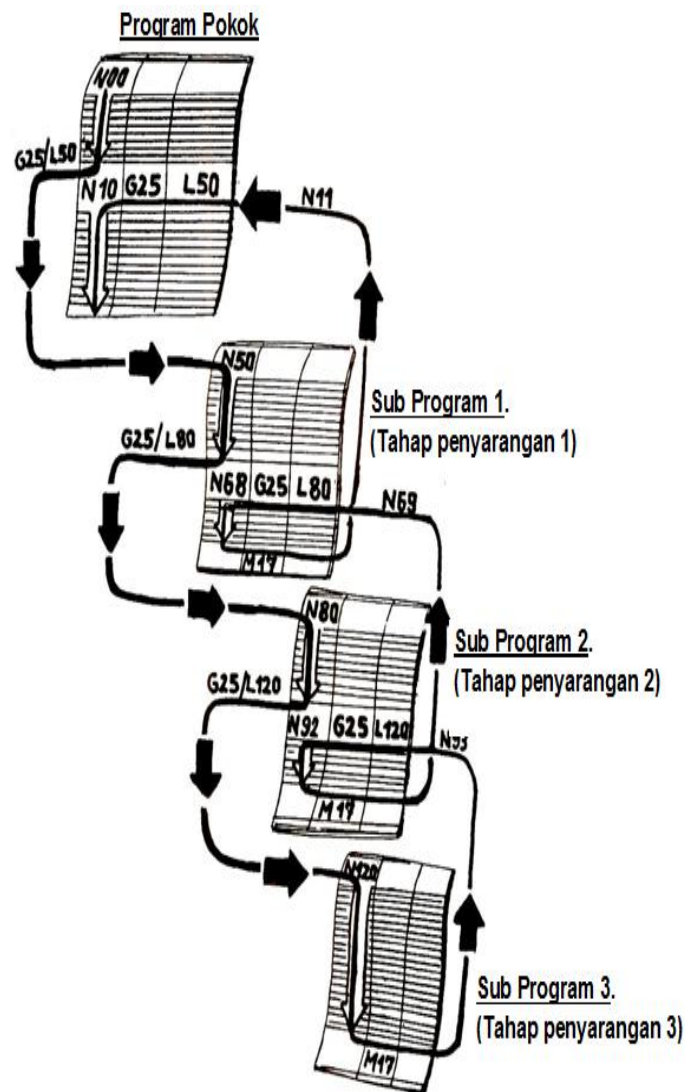
Posisi titik awal pisau seperti pada gambar
 Diameter pisau 6 mm



N	G M	X (I) (D)	Y (J) (S)	Z (K)	F (L) (T) (H)
00	M06	D 300	S2000	0	T01
01	M03				
02	00	4300	4200		
03	00	00	00	-2800	
04	G25				L104
05	00	500	-1900	00	
06	G25				L104
07	00	2400	2400	00	
08	G25				
09	00	00	-2400	00	
10	G25				
11	00	-6200	-1300	00	
12	00	00	00	2800	
...					

...					
101	01	00	00	-700	
102	01	1000	00	00	
103	00	00	00	700	
104	00	-500	500	00	
105	01	00	00	-700	
106	01	00	-1000	00	
107	00	00	00	700	
108	00	-500	500	00	
109	M17				
110					

- (5) Pemanggilan dari sub program kesub program yang lain
 Dari sub program. Kita juga dapat memanggil Sub Program Lain (penyarangan). Dengan TU-2A dapat disarangkan sampai lima tahap.



b) G 27 - Perintah Melompat

Format Masukan : Perintah Melompat
N / G 27 / L

Dengan perintah ini kita dapat melompat maju atau balik dalam program dengan sekehendak hati. Dengan adres L yang berada pada kolom (F) nomor blok yang akan dituju masukan kemana program harus melompat.

Contoh :

Pada Blok 16, masukan perintah melompat ke blok 110.

Blok 120, masukan perintah melompat balik ke N 17.

Pemakaian :

- (1) Permukaan benda kerja tertentu harus dikerjakan secara selektif, diulang atau tak dikerjakan.
- (2) Kita tuliskan pada program misal penghalusan (N4 – N12).
- (3) Dalam Blok sebelum program penghalusan, kita programkan G21.
- (4) Dengan blok-blok N4 – N21 benda kerja harus dihaluskan dihaluskan.
- (5) Kita dapat memasukan program G27 untuk mengulang
- (6) Jika permukaan blok N4 – N12 ingin tetap kasar
- (7) N3 pada G21 dihapus dan diganti dengan G27 dengan L13

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (T)(L)(X)	H
⋮						
⋮						
16	27				110	
17						
⋮						
110						
⋮						
⋮						
120					017	

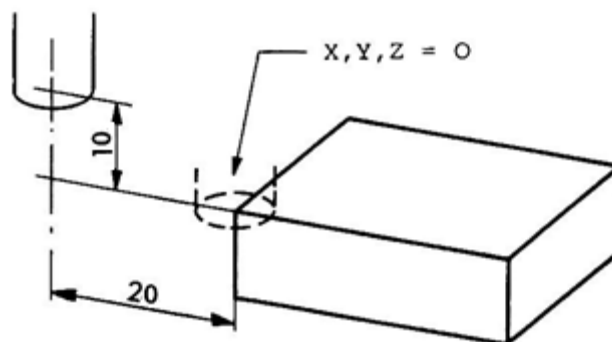
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (T)(L)(X)	H
3	21					
4						
12						
13						
14						

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (T)(L)(X)	H
3	27				13	
4						
12						
13						
14						

c) Mengatur Posisi Pisau Frais

Mengatur posisi pisau frais termasuk salah satu teknik pengerjaan benda kerja, karena pada proses ini dapat menentukan ketepatan ukuran benda kerja.

Perlu diketahui bahwa titik awal / referensi berada pada ujung pisau frais. Pada waktu awal pemrograman posisi ujung pisau frais harus berada pada posisi titik seperti pada gambar.



Untuk mengatur posisi tersebut dapat dilakukan dengan metode yang sangat mudah yaitu dengan jalan menggosokkan ujung pisau yang sedang berputar ke permukaan benda kerja.

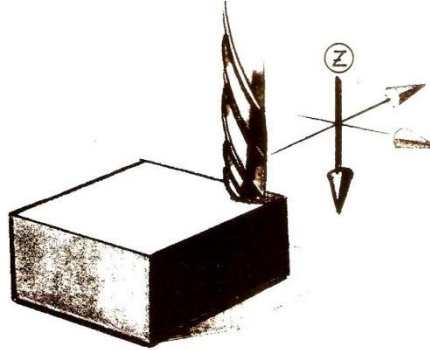
Untuk mengatur posisi tersebut dapat dilakukan dengan metode yang sangat mudah yaitu dengan jalan menggosokkan pisau frais yang sedang berputar ke sisi atas, sisi kiri dan sisi belakang ke permukaan benda kerja.

Pengaturan Pisau frais ke Posisi Nol

(1) Pengaturan posisi nol pada sumbu Z

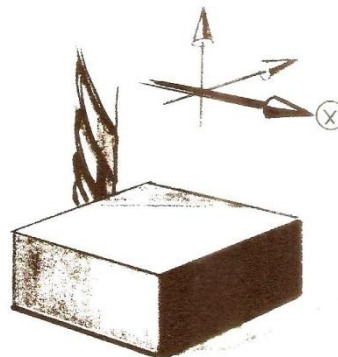
(a) Atur mesin pada pelayanan manual

- (b) Atur kecepatan asutan pada kecepatan rendah / lambat
- (c) Gerakan eretan secara perlahan hingga ujung pisau frais menyentuh pada bagian sisi atas permukaan benda kerja
- (d) Tekan tombol panah untuk mengaktifkan sumbu Z
- (e) Tekan tombol DEL untuk merubah harga Z menjadi nol

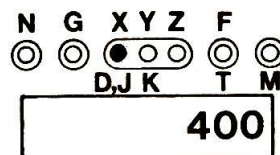
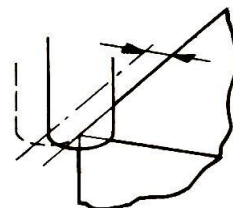


(2) Pengaturan posisi nol pada sumbu X

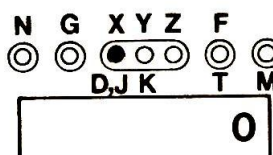
- (a) Gerakan eretan secara perlahan hingga pisau menyentuh pada sisi kiri permukaan benda kerja
- (b) Tekan tombol panah untuk mengaktifkan sumbu X
- (c) Tekan tombol DEL untuk merubah harga X menjadi nol



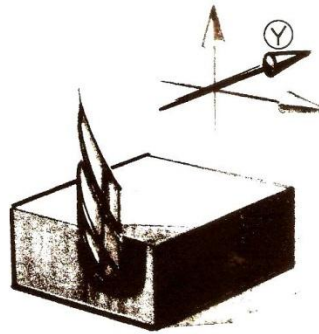
- (d) Gerakan pisau frais ke arah X+ sejauh radius pisau
- (e) Tekan tombol DEL untuk merubah harga X menjadi nol



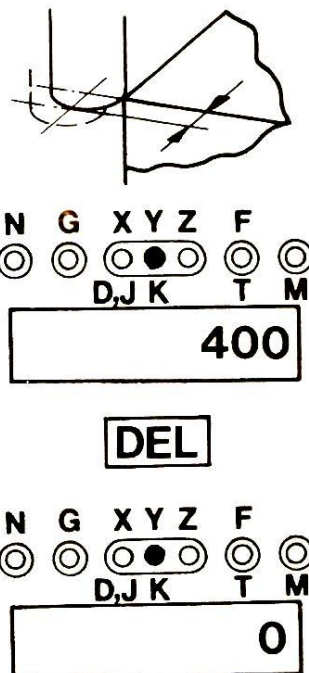
DEL



- (3) Pengaturan posisi nol pada sumbu Y
- Gerakan eretan secara perlahan hingga pisau menyentuh pada sisi belakang permukaan benda kerja
 - Tekan tombol panah unruk mengaktifkan sumbu Y
 - Tekan tombol DEL untuk merubah harga Y menjadi nol



- Gerakan pisau frais ke arah X+ sejauh radius pisau
- Tekan tombol DEL untuk merubah harga X menjadi nol



- (4) Pengaturan pisau frais ke posisi awal program
- Gerakan pisau frais sejauh 10 mm ke arah Z+.
 - Gerakan pisau frais sejauh 20 mm ke arah X-.
- Harga gerakan dalam arah X dan Z dapat dibaca pada sajian.

Dengan menekan tombol panah penunjukan dapat melompat dari X ke Z atau sebaliknya dengan tanpa gerakan pahat.

2) Mengerjakan Benda Kerja Pada Mesin frais CNC

Pemrosesan benda kerja pada mesin frais CNC dilakukan dengan tahapan-tahapan seperti yang telah dijelaskan di atas. Proses tersebut diantaranya mengetes program, mengetes gerakan, pembuatan benda kerja.

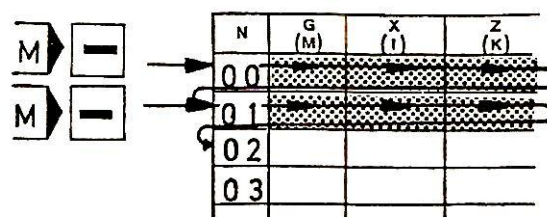
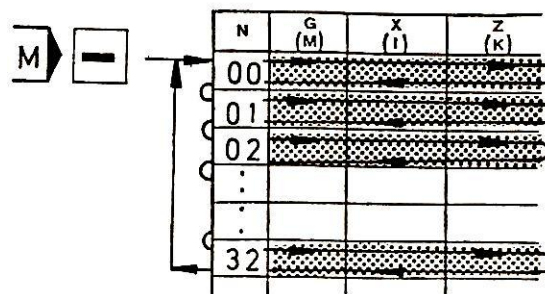
a) Mengetest Program (Uji Jalan)

Yang dimaksud dengan uji jalan adalah menjalankan program hanya didalam memori saja, sedangkan perintah gerakan ke eretan tidak diberikan. Uji jalan dimaksudkan untuk mengetahui apakah program yang telah kita buat, telah memenuhi persyaratan mesin ataukah belum. Jika belum maka kesalahan akan diperlihatkan melalui alarm, pada bagian yang akan salah ditunjukkan oleh kursor. Apabila program benar, dapat dilanjutkan keproses berikutnya. Tetapi bila salah maka kesalahan itu perlu dibetulkan dengan jalan memperbaiki program. Program yang telah diperbaiki diuji kembali begitu seterusnya sampai program betul-betul lolos uji jalan.

Pada pemrograman kesalahan yang mungkin terjadi yaitu kesalahan Interpolasi lurus dan melingkar terutama jika program kurang lengkap atau kesalahan pada penentuan titik tujuan dan titik pusat lingkaran. Dapat juga terjadi kesalahan pada program perintah melompat pada G25 dan G27.

Pelaksanaan uji jalan

- Pengoperasian pelayanan CNC
- Kursor berada pada adres N.
- Tekan tombol minus (M), kurang dari 0,5 detik blok yang ditunjuk akan dibaca (dikerjakan)
- Tekan tombol (M) kembali maka blok berikutnya akan dikerjakan.



b) Pelayanan Blok Tunggal

Setelah melaksanakan uji jalan, selanjutnya kita laksanakan mengetes gerakan. Pada pengetesan ini kita dapat melihat gerakan-gerakan yang telah diprogramkan, apakah gerakan yang kita program sudah sesuai atau tidak.

Misalkan :

- (1) Jenis gerakan (gerak asutan atau gerak cepat)
- (2) Arah gerakan (gerak positif atau negatif)
- (3) Area gerakan (didalam atau diluar area)

Untuk melaksanakan pengetesan gerakan dapat dilakukan dengan pelayanan blok tunggal. Pelayanan blok tunggal dengan jalan menekan tombol nomor 1 kemudian tombol start secara bersamaan.

Contoh :

1. Blok N00
Kursor menunjuk pada nomor blok N00



1 + **START**

Tekan tombol 1, kemudian tombol START
(tombol 1 tetap ditekan)



Blok N00 dikerjakan
Layar menunjukkan "tinggal diam blok N01"

2. Blok N01
Tekan lagi

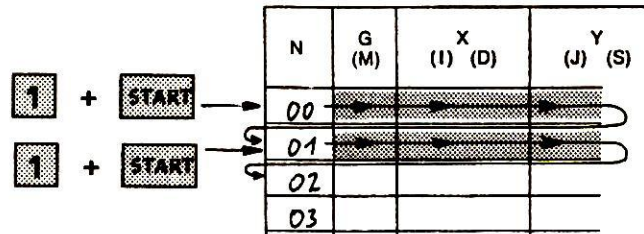
Tekan lagi **1** + **START**



Blok No1 dikerjakan



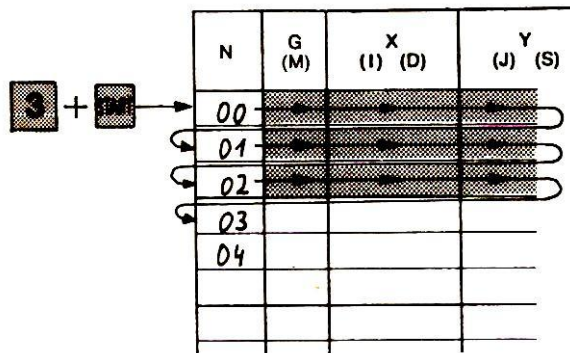
Layar menunjukkan “tinggal diam blok N02”



Dengan cara ini pelayanan blok tunggal juga dapat menjalankan beberapa blok saja. tunggal.

Contoh :

Jika kita menekan tombol nomor 3 kemudian tombol START bersamaan, maka sebanyak 3 blok akan dikerjakan. Kita juga dapat menjalankan 9 blok dengan sekali menekan tombol 9 dan tombol START.



Jika kita ingin melanjutkan blok berikutnya secara keseluruhan, maka tekanlah tombol START.

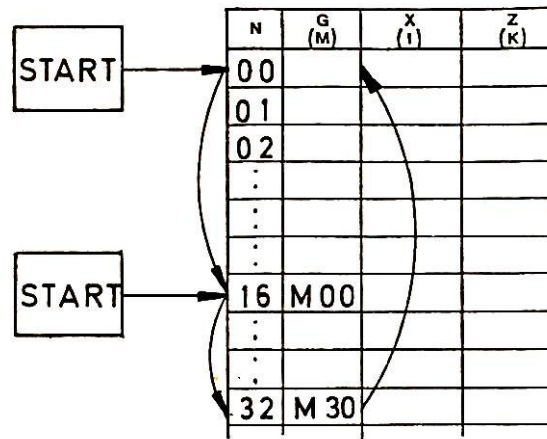
Jika kita ingin menghentikan sementara, maka tekanlah tombol INP + FWD, untuk menjalankan kembali tekan start.

Jika kita ingin menghentikan uji jalan, maka tekan tombol INP + REV, maka program akan melompat kembali ke N00.

c) Pelayanan Otomatis

Sebelum kita menjalankan program secara otomatis, terlebih dahulu kita pastikan bahwa kursor (penunjukan) berada pada blok N00. Untuk itu tekanlah tombol REV hingga kursor menunjuk N00, atau tekan INP + REV pada program yang dihentikan sementara.

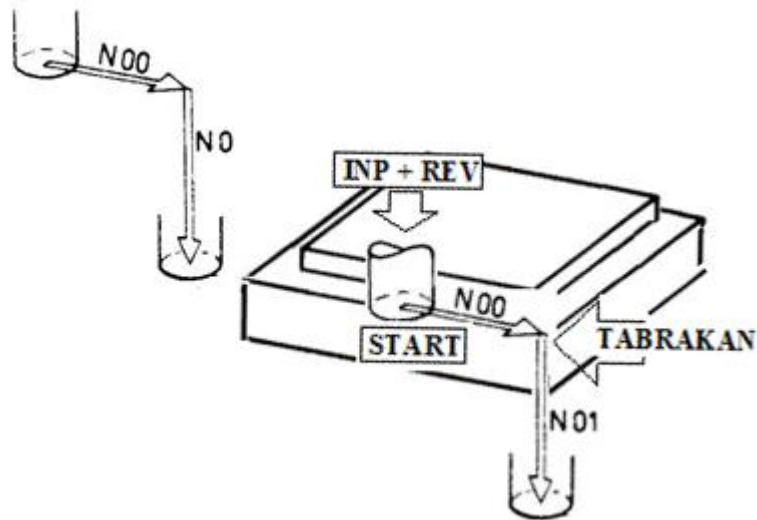
Untuk melaksanakan pelayanan otomatis tekan tombol START hingga program berjalan sampai berhenti pada blok M00 atau M30. Untuk melanjutkan tekan tombol START kembali.



d) Pengagalan Jalanya Program

Menghentikan program yang sedang berjalan menggunakan tombol INP + REV dinamakan pengagalan jalanya program. Pada proses ini kita harus hati-hati, karena program akan kembali ke titik N00. Sebelum kita menjalankan lagi, pisau frais harus diatur ke posisi awal kembali, apabila tidak maka akan terjadi tabrakan.

Atur ke posisi awal supaya tidak terjadi tabrakan.



e) Menghentikan Sementara

Program dapat dihentikan sementara atau dengan istilah mengganggu program. Dengan menghentikan sementara kita dapat melakukan beberapa kegiatan diantaranya :

- (1) Mengubah kecepatan asutan (harga F)
- (2) Memodifikasi program
- (3) Mengalihkan kepelayanan manual untuk melakukan ralatan manual
- (4) Mengukur benda kerja

- (5) Mematikan sumbu utama dengan tombol
- (6) Menghidupkan kembali sumbu utama sebelum dijalankan lagi

Pada waktu dialihkan kepelayanan manual sumbu utama dapat dimatikan dengan menekan tombol minus. Alihkan kepelayanan CNC tekan tombol start untuk menghidupkan kembali sumbu utama. Program akan berjalan kembali setelah dua detik sumbu utama dihidupkan, hal ini dimaksudkan untuk memberi putaran maksimal pada sumbu utama.

INP + FWD = M00

- = M05

Pada program yang dihentikan sementara, apabila dijalankan kembali maka akan berlaku :

- (1) Perubahan kecepatan asutan (F) akan aktif pada blok yang terganggu
 - (2) Perubahan harga G, M, X, Y,Z, pada blok yang terganggu akan aktif pada gerakan berikutnya
 - (3) Perubahan harga G, M, X, Y,Z, pada blok berikutnya akan dijalankan pada lanjutan program tersebut.
- f) Menghapus Program
- Menghapus program dapat dilaksanakan dengan tiga kemungkinan
- (1) Mematikan saklar utama
 - (2) Menekan tombol darurat
 - (3) Menekan tombol DEL kemudian INP secara bersamaan (sajian berada pada kolom nomor blok)

c. Rangkuman

1) Teknik Pengerjaan Benda Kerja

Pada umumnya benda kerja yang dikerjakan di mesin CNC bersifat produksi massal, sehingga persiapan dan prosesnya lebih panjang dan lebih berhati-hati.

Uji coba yang harus kita lakukan meliputi :

- a) Program
- b) Bentuk benda kerja
- c) Ukuran benda kerja
- d) Kecepatan proses pengerjaan

Untuk mengatasi hal tersebut di atas maka kita dapat melakukan perubahan-perubahan atau modifikasi sebagai berikut :

- a) Modifikasi program
- b) Modifikasi alat potong
- c) Modifikasi kecepatan asutan
- d) Modifikasi kompensasi alat
- e) Ukuran bahan benda kerja

2) G 25 – Pemanggilan Sub Program

Sub program adalah program kecil yang merupakan bagian dari program utama.

3) G 27 - Perintah Melompat

Dengan perintah ini kita dapat melompat maju atau balik dalam program dengan sekehendak hati.

4) Mengatur Posisi Pahat

Mengatur posisi pahat termasuk salah satu teknik pengerjaan benda kerja, karena pada proses ini dapat menentukan ketepatan ukuran benda kerja.

Pengaturan pahat ke posisi nol

- a) Pengaturan posisi nol pada sumbu Z
- b) Pengaturan posisi nol pada sumbu Y
- c) Pengaturan posisi nol pada sumbu X
- d) Pengaturan pahat ke posisi awal program

2) Mengerjakan Benda Kerja Pada Mesin Bubut CNC

Pemrosesan benda kerja pada mesin bubut CNC dilakukan dengan tahapan-tahapan seperti mengetes program, mengetes gerakan, pembuatan benda kerja.

a) Mengetes Program (Uji Jalan)

Yang dimaksud dengan uji jalan adalah menjalankan program hanya didalam memori saja.

b) Pelayanan Blok Tunggal

Pada pengetesan ini kita dapat melihat gerakan-gerakan yang telah diprogramkan, dapat dijalankan dengan pelayanan blok tunggal

c) Pelayanan Otomatis.

Untuk melaksanakan pelayanan otomatis tekan tombol START hingga program berjalan sampai berhenti pada blok M00 atau M30.

d) Pengagalan Jalanya Program

Menghentikan program yang sedang berjalan menggunakan tombol INP + REV dinamakan pengagalan jalanya program. sebelum kita menjalankannya kembali, pahat harus diatur ke posisi awal kembali, apabila tidak maka akan terjadi tabrakan.

e) Menghentikan Sementara

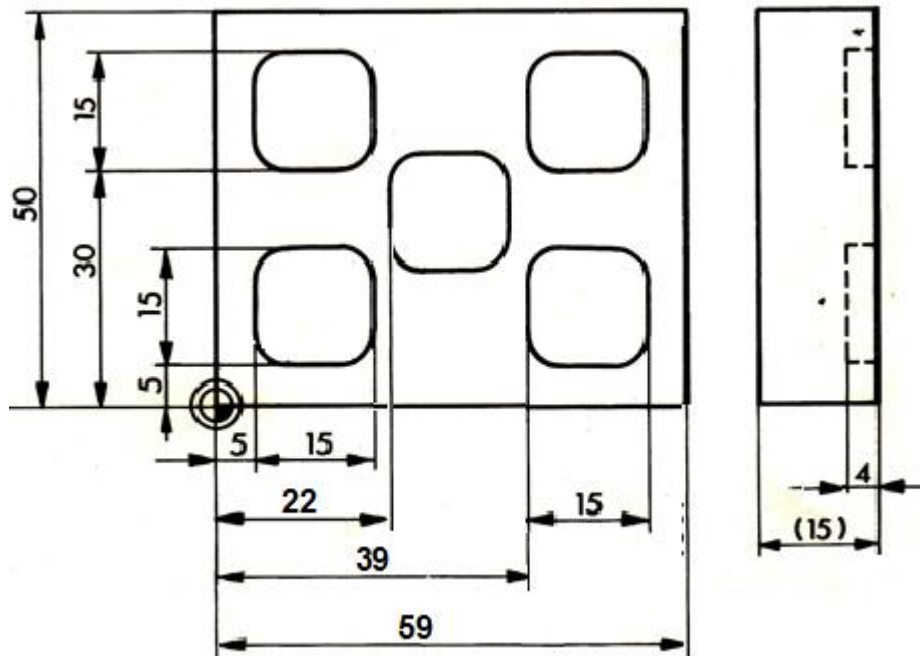
Program dapat dihentikan sementara atau dengan istilah mengganggu program.

f) Menghapus Program

Menghapus program dapat dilaksanakan dengan menekan tombol DEL kemudian INP secara bersamaan.

d. Tugas

- 1) Buatlah program pembuatan lima buah kantong menggunakan :
 - G25 absolut dan inkremental



e. Tes Formatif

- 1) Program kecil yang merupakan bagian dari program utama disebut...
 - a) Program
 - b) Sub program
 - c) Adres
 - d) Kata
 - e) Blok
- 2) Salah satu ciri sub program adalah program yang ditutup dengan...
 - a) M00
 - b) M30
 - c) M17
 - d) M03
 - e) M05
- 3) Pada pemrograman G27 nomor blok yang akan dituju masukan kedalam adres...
 - a) L pada kolom F
 - b) K pada kolom Z
 - c) I pada kolom X
 - d) H pada kolom F
 - e) L pada kolom G
- 4) Menjalankan program hanya didalam memori saja dinamakan dengan uji...

- a) Gerakan
 - b) Bentuk
 - c) Kecepatan
 - d) Ukuran
 - e) Jalan
- 5) Untuk mengetahui apakah program yang telah kita buat, telah memenuhi persyaratan mesin atautkah belum dinamakan...
- a) Penggagalan program
 - b) Menghentikan sementara
 - c) Uji petik
 - d) Uji bentuk
 - e) Uji jalan
- 6) Untuk melakukan uji jalan dengan cara menekan tombol...
- a) Start
 - b) Del
 - c) Inp
 - d) M
 - e) Fwd
- 7) Kita dapat melihat gerakan-gerakan yang telah diprogramkan, apakah gerakan yang kita program sudah sesuai atau tidak, hal ini dapat dilakukan dengan ...
- a) Pelayanan otomatis
 - b) Pelayanan blok tunggal
 - c) Penggagalan program
 - d) Menghentikan sementara
 - e) Enghapus program
- 8) Kita juga dapat menjalankan 9 blok dengan sekali menekan tombol ...
- a) 9 dan START
 - b) 9 dan Del
 - c) 9 dan Inp
 - d) 9 dan Fwd
 - e) Star saja
- 9) Untuk menjalankan program hingga berjalan sampai berhenti pada blok M00 atau M30, dengan jalan menekan ...
- a) 9 dan START
 - b) 9 dan Dell
 - c) 9 dan Inp
 - d) 9 dan Fwd
 - e) Star saja
- 10) Menghentikan program yang sedang berjalan (penggagalan jalanya program) menggunakan tombol...
- a) 1 dan start
 - b) Inp dan star
 - c) Inp dan Fwd
 - d) Inp dan Rev
 - e) Inp dan dell

f. Kunci jawaban tes formatif

- 1) B
- 2) C
- 3) A
- 4) E
- 5) D
- 6) D
- 7) B
- 8) A
- 9) E
- 10) D

g. Lembar Kerja Peserta didik



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG
PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@ymail.com



F 7.5.1 - 06	JOB SHEET TAHUN PELAJARAN 2012/2013	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	--	----------------------------------

Pendidikan : SMK negeri 12 Bandung
Bidang Keahlian : Teknologi dan Rekayasa
Program keahlian : Teknologi Pesawat Udara
Paket Keahlian : Pemesinan Pesawat Udara
Mata Pelajaran : Aircraft Component CNC Machining
Topik : Teknik pengerjaan pada mesin frais CNC
Kelas / Semester : XI / 2

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti PBM, siswa dapat:

- Memahami teknik-teknik pengerjaan benda kerja pada mesin frais CNC
- Memahami proses pengerjaan benda kerja pada mesin frais CNC
- Menganalisis pengerjaan benda kerja pada mesin frais CNC
- Mengerjakan komponen pesawat udara menggunakan mesin frais CNC

2. Petunjuk

- Selama bekerja gunakan selalu pakaian kerja dan peralatan keselamatan kerja
- Pinjamlah peralatan yang akan digunakan sebelum mulai bekerja.
- Periksa kondisi dan persiapkan mesin sebelum mulai bekerja.
- Gunakan peralatan sesuai dengan fungsinya.
- Bekerjalah mengikuti aturan keselamatan kerja.
- Simpan alat ukur pada tempat yang aman
- Kembalikan peralatan yang dipinjam kepada toolman setelah selesai bekerja.
- Bersihkan mesin dan ruangan praktek setelah selesai bekerja.

3. Alat dan Bahan

- Aluminium dia 25 mm x 55 mm.
- Pahat bubut
- Mistar sorong ket. 0,02 mm

d. Kaca mata

4. Langkah Kerja

- a. Hitunglah besarnya putaran sumbu utama
- b. Atur putaran mesin sesuai dengan diameter benda kerja yang akan dibubut.
- c. Atur kecepatan asutan 30 mm/menit
- d. Pasang pisau frais dengan benar
- e. Jepit benda kerja pada ragum.
- f. Buatlah program pengefraisan bertingkat dan kantong menggunakan pemrograman G00, G01, G72, G02, G03, G25, G27
- g. Lakukan pengoperasian mesin bubut CNC sesuai dengan Instruksi kerja
- h. Periksa benda kerja kepada guru.
- i. Bersihkan mesin.
- j. Bersihkan ruangan bengkel

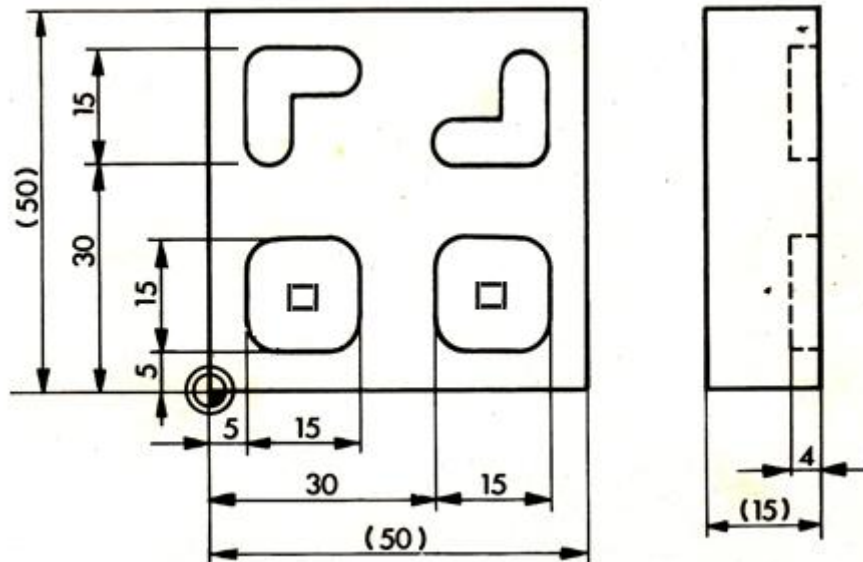


PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@ymail.com

F 7.5.1 - 06	JOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
--------------	-----------	--------------------------



	Skala : 1:1	Digambar : Sugiarto	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : X PPU	
	Tanggal : Nov 2013	Diperiksa :	
SMKN 12 BANDUNG	PANGGILAN SUB PROGRAM		NO. 06



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN

SMK NEGERI 12 BANDUNG

PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDAR

Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173

Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com



F 7.5.1 - 06	LEMBAR PENILAIAN	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------------	--

Nama :

Kelas :

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
METODA	Langkah Kerja	5		
	Penggunaan Alat	5		
	Keselamatan Kerja	5		
	Jumlah	15		
HASIL KETRAMPILAN	Jarak kantong arah X 30 mm	8		
	Jarak kantong arah X 5 mm	8		
	Jarak kantong arah Y 30 mm	8		
	Jarak kantong arah Y 5 mm	8		
	Ukuran 4 kantong 15 x 15 mm	40		
	Penyajian	8		
	Jumlah	80		
WAKTU	Tepat	5		
	Lambat	0		
	Jumlah	5		
Jumlah Nilai		100		

7. Pemeriksaan Proses Pemesinan CNC Pada Pembuatan Komponen Pesawat Udara 2
a. Tujuan Pembelajaran

Melalui diskusi kelompok dan praktik, peserta didik dapat:

- 1) Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 2) Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 3) Menyadari dan meyakini bahwa melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC adalah merupakan salah satu bentuk pengamalan perintah Tuhan yang harus dilakukan secara sungguh-sungguh.
- 4) Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 5) Menghargai kerja sama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikirdan cara melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 6) Menunjukkan perilaku santun, peduli, tanggung jawab, kerja sama, responsif dan proaktif dalam melakukan pembuatan komponen pesawat udara dengan mesin frais CNC.
- 7) Memahami teknik-teknik modifikasi data alat pada proses pengerjaan benda kerja menggunakan mesin frais CNC
- 8) Melakukan modifikasi data alat pada mesin frais CNC
- 9) Memahami tanda-tanda alarm pada mesin frais CNC
- 10) Mengatasi kesalahan pada mesin frais CNC
- 11) Membuat benda kerja komponen pesawat udara pada mesin frais sesuai prosedur operasi standar

b. Uraian Materi

- 1) Mengidentifikasi Kesalahan dan Mengatasi Masalah.

Selama kita bekerja di mesin CNC pasti tidak pernah lepas dari kesalahan, selalu ada saja kesalahan dan kekurangannya. Kesalahan dan kekurangan sedapat mungkin dikurangi, untuk itu dapat ditempuh dengan jalan bekerja teliti dan penuh dengan perencanaan.

Kesalahan-kesalahan yang sering terjadi dapat digolongkan sebagai berikut :

- a) Kesalahan pemrograman
- b) Kesalahan gerakan program
- c) Kesalahan selama pengerjaan

a) Kesalahan Pemrograman

Yang dimaksud kesalahan pemrograman adalah kesalahan yang diakibatkan oleh kesalahan perhitungan dan kesalahan memasukan / pengetikan program. Kesalahan tersebut dapat dideteksi oleh keluarnya tanda alarm.

Tanda – Tanda Alarm

Alarm akan muncul pada layar dengan ketentuan sebagai berikut :

A 00	Salah perintah G,M
A 01	Salah radius (M 99)
A 02	Salah harga X
A 03	Salah harga F
A 04	Salah harga Z
A 05	Kurang perintah M 30
A 06	Jumlah putaran sumbu utama terlalu tinggi
A 13	Pengalihan inchi / mm dengan memori program penuh
A 14	Salah satuan jalan pada program terbaca
A 15	Salah harga H
A 17	Salah sub progam

Tanda Tanda Alarm

Jika kita memasukan dan menyimpan data yang tidak dikenal oleh komputer, maka akan muncul tanda alarm.

Pada sajian dari mesin akan ditunjukkan Alarm dan nomor alarm yang bersangkutan. Pada layar nomor alarmnya diberikan dengan teks jelas.

Tanda Tanda Alarm yang Tersimpan (Ringkasan)

(1) A 00 salah perintah G atau M

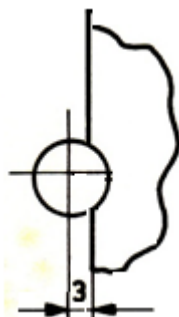
Contoh masukan salah G 61 atau M50, kode ini tidak dikenal oleh komputer. Mengatasinya dengan merubah kode G atau M tersebut dengan kode G atau M yang lain

(2) A 01 Salah interpolasi melingkar (radius)

Pada masukan titik lingkaran yang salah (busur lingkaran, titik akhir lingkaran atau koordinat titik pusat) akan diberikan alarm A 01. Sebelum pengerjaan busur lingkaran, komputer menguji apakah suatu busur lingkaran, dengan harga yang dimasukan adalah memungkinkan.

Mengatasinya hitung kembali koordinat titik akhir atau titik pusat, kemungkinan salah memasukan atau pemasukan yang terbalik, atau gerakan busur terbalik searah atau berlawanan arah jarum jam.

- (3) A 02 Harga X terlalu besar
Lihat harga batas maksimum.
Mengatasinya kurangi harga X, mungkin kelebihan angka 0.
- (4) A 03 Salah harga F
Lihat harga batas maksimum.
Mengatasinya kurang harga F
- (5) A 04 Harga Z terlalu besar
Lihat harga batas maksimum.
Mengatasinya kurangi harga Z. kemungkinan terjadi gerakan tiga dimensi.
- (6) A05 Tidak diprogram M 30
Jika anda lupa memasukan M30 pada akhir program dan anda menekan tombol START atau melakukan uji jalan, anda diberikan alarm A 05.
Mengatasinya masukan M30
- (7) A 06 Jumlah putaran sumbu utama terlalu besar pada pemotongan
Alarm ini tidak timbul pada masukan program, melainkan selama menjalankan (G 33 atau G 78) baru alarm ini diberikan.
Tindakan:
Kurangi jumlah putaran.
Tekan tombol INP + REV, untuk menghilangkan tanda alarm. jalannya program secara otomatis akan dilanjutkan, jika diberikan jumlah putaran yang sesuai. Jumlah putaran maksimal untuk pemotongan ulir lihat ringkasan.
- (8) A 13 Pengalihan dari mm ke inchi dengan memori penuh
Mengatasinya dengan memutar saklar pemilih mm atau inchi
- (9) A 15 Salah harga nilai Y
Kemungkinan harga lihat harga batas.
Tindakan : kurangi harga Y
- (10) A16 Tidak ada data radius pisau frais
Pada G72, G45, G46, G47, G48 selalu membutuhkan data radius pisau. Tanpa informasi ini computer tidak dapat menghitung kompensasi radius pisau. Mengatasinya masukan data radius pisau pada M06.
- (11) A17 Salah sub program
Jika anda menyarangkan sub program lebih dari lima tahap, timbul alarm A 17.
- (12) Gerakan kompensasi radius lebih kecil dari nol.
Menggerakan pisau lebih kecil dari radius pisau.
misalkan radius pisau 5 mm, sedangkan gerakan pisau hanya 3 mm.



Mengatasinya perbesar jarak titik awal pisau.

b) Kesalahan Gerakan Program

Kesalahan gerakan program bisa saja terjadi oleh kesalahan memasukan program, kesalahan perhitungan dan kesalahan pengaturan kecepatan asutan.

Kesalahan ini hanya dapat dideteksi melalui penglihatan mata dengan mencocokkan gambar kerja dengan gerakan mesin.

Untuk mengatasinya dengan modifikasi program dan perubahan kecepatan asutan.

c) Kesalahan Selama Pengerjaan

Kesalahan ini tidak begitu kelihatan dari bentuk benda kerjanya, akan tetapi lebih mengarah pada kesalahan ukuran.

Penyebab kesalahan ini dimungkinkan oleh :

- Kelonggaran mesin
- Keausan pisau frais

(1) Kelonggaran Mesin

Sepresisi apapun rangkaian mekanik pasti mempunyai kelonggaran, meskipun pada awalnya kelonggarannya kecil, lama kelamaan kelonggaran tersebut menjadi besar, hal ini diakibatkan oleh keausan pada bagian yang begesekan. Kelonggaran itu terutama akan terjadi pada pasangan mur dan batang ulir, bantalan radial maupun aksial, pasangan roda gigi dll.

Cara mengatasi kelonggaran mesin dapat dilakukan dengan memasukan data kelonggaran melalui M98

Besarnya kelonggaran dapat diukur menggunakan dial indikator.

Cara pengukuran kelonggaran pada eretan mesin :

- Mengukur kelonggaran eretan pada mesin CNC hanya dapat dilakukan dengan menjalankan program CNC, tidak diperkenankan menggunakan gerakan manual.
- Besarnya gerakan tidak boleh kurang dari 1 mm
- Kecepatan asutan tidak boleh lebih dari 50 mm/menit
- Pasanglah dial indikator sedemikian rupa sehingga sensor menyentuh pada eretan yang akan diukur
- Jalankan program
- N 00 / G01 / X 100 / Y 20 / Z 0 / F30
- N 01 / M 00
- Atur dial indikator keposisi nol.
- Gerakan eretan sebesar 1mm
- N 02 / G01 / X 100 / Y 0 / Z 0 / F30
- Gerakan eretan kearah berlawanan
- N 03 / G01 / X -100 / Y 0 / Z 0 / F30
- N 04 / M30
- Bacalah harga dial indikator
- Ulangi prosedur ini untuk mengukur kelonggaran X dan Z.

(p) Masukkan harga kelonggaran melalui program pada M98.

Lakukan pengontrolan

Misalkan harga kelonggaran sebesar 0,3 mm

(a) Buatlah program kontrol

(b) N 00 / M 98 / X 3

(c) N 01 / G 01 / X 100 / Y 00 / Z 00 / F 30

(d) N 02 / M 00

(e) Atur dial indikator keposisi nol

(f) N 03 / G 01 / X 100 / Y 00 / Z 00 / F 30

(g) N 04 / G01 / X -100 / Y00 / Z00 / F30

(h) N 05 / M 30

(i) Bacalah dial indikator

(j) Bila kelonggaran masih belum hilang, misalkan dial indikator terbaca 0,1 mm, maka ulangi lagi proses pengontrolan hingga dial indikator menunjukkan tetap di nol. Prosedur ini dilakukan untuk mengontrol kelonggaran X dan Z.

Kompensasi kelonggaran ini akan hilang apabila

(a) Mematikan mesin

(b) Pemrograman M98

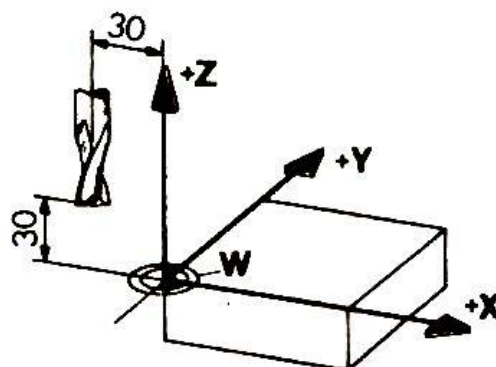
(2) Keausan pisau Frais

Keausan pisau frais dapat diketahui dari ukuran benda kerja yang tidak semestinya atau tidak sesuai dengan gambar kerja.

Ketidak tepatan ukuran benda kerja akibat dari keausan pisau dapat diatasi melalui cara sebagai berikut :

(a) Apabila menggunakan pisau frais tunggal dapat dilakuakn dengan jalan.

- Jalankan program
- Ukurlah tebal benda kerja pada arah Z.
- Bila ukuran tebal benda kerja lebih besar (misalkan penyimpangan sebesar + 0,1 mm)
- Alihkan pada pelayanan manual
- Geserlah eretan tegak ke arah Z- sebesar harga penyimpangan (0,1 mm atau Z -10)
- Apabila ukuran tebal benda kerja lebih kecil (misalkan penyimpangan sebesar -0,2 mm)
- Geserlah eretan tegak ke arah Z+ sebesar harga penyimpangan (0,2 mm atau X 20)



(b) Apabila menggunakan pisau frais lebih dari satu

Pada proses ini akan terjadi penyimpangan selisih panjang pisau dari tiap-tiap pisau yang digunakan.

Jika terjadi penyimpangan ukuran yang sama besarnya dari tiap-tiap pisau tersebut, maka dapat dilakukan penanganan seperti pada penanganan pisau tunggal.

Akan tetapi bila terjadi penyimpangan yang berbeda antara pisau yang satu dengan yang lainnya, penanganannya dengan jalan merubah harga kompensasi panjang pisau.

(c) Pengukuran Kompensasi Panjang Alat potong

Pada proses pembuatan benda kerja sering sekali kita memerlukan beberapa alat potong, seperti pisau rata, pisau alur, mata bor dan lain-lain.

Dalam pembuatan program kita perlu mengetahui berbagai data diantaranya :

- Jenis alat potong yang digunakan.

Jenis alat potong yang akan digunakan dan diameternya, untuk menentukan kecepatan asutan.

- Kegunaan alat potong dalam proses pembuatan benda kerja

Kegunaan alat potong untuk menentuka urutan pemakaian disesuaikan dengan langkah kerja.

- Posisi alat potong satu dengan yang lainnya.

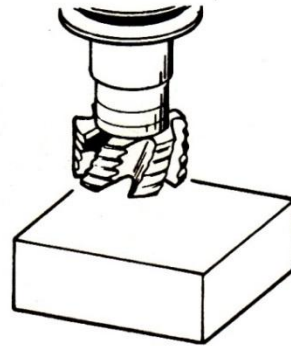
Setiap alat potong mempunyai panjang yang berbeda, bila pisau lebih pendek dari pisau utama, maka pisau tersebut akan bergerak di udara atau tidak melakukan pemakanan, tetapi bila pisau lebih panjang dari pisau utama, maka pisau akan bergerak pada pemakanan yang terlalu dalam (menabrak).

Sebagai contoh kita akan mengerjakan benda kerja yang memiliki bentuk alu T.

Untuk mengerjakan benda tersebut kita memerlukan tiga pisau yaitu :

- Pisau muka.

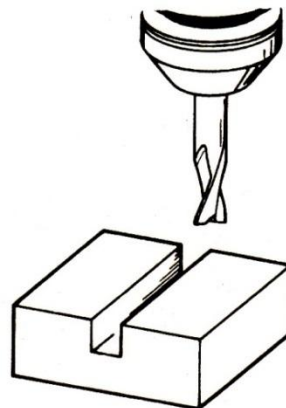
Pisau muka (face mill) berdiameter 40 mm, digunakan untuk mengefrais permukaan benda kerja. Pisau ini digunakan untuk mengerjakan balok, maka pisau ini dijadikan pisau utama (T1).



**Pengefraisan muka
dengan T1**

- Pisau alur

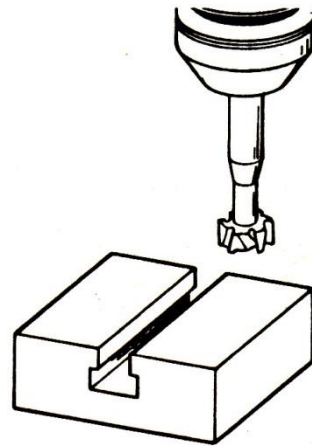
Pisau alur (end mill) berdiameter 10 mm, digunakan untuk mengefrais alur segi empat, alur tersebut dilaksanakan setelah pengefraisan permukaan dan sebelum pengefraisan aluT, maka pisau ini kita jadikan pisau ke dua (T2).



Pengefraisan alur dengan T2

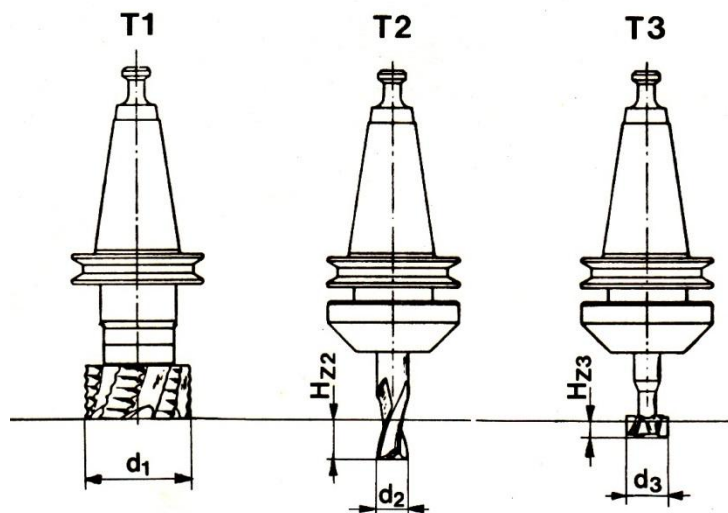
- Pisau alur T

Pisau alur T (T slot mill) berdiameter 16 mm, digunakan untuk mengefrais alur T, pelaksanaannya setelah pembuatan alur segi empat. Sehingga pisau ini kita jadikan pisau ke tiga (T3).



Pengefraisan alur T dengan T3

Jika ketiga pisau tersebut kita bandingkan, maka pisau-pisau tersebut mempunyai panjang yang berbeda. Selisih panjang tersebut kita masukan kedalam tabel data yang kita buat.

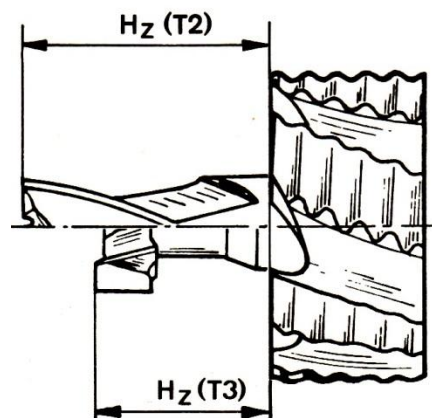


Tabel data sebagai pedoman dalam melakukan pemrograman.

	T1	T2	T3	T4
d	← d = diameter pisau			
D = $\frac{d}{2}$	← D = radius pisau			
F	← F = kecepatan asutan			
t	← t = dalamnya pemotongan maksimal			
S	← S = Kecepatan			
HZ	← Hz = selisih panjang pisau			
HZK	← Hzk = nilai Ukuran yang diralat			

Cara Mencari Selisih Panjang Alat Potong

Selisih panjang alat potong harus betul-betul tepat ukuran, agar benda kerja yang dihasilkan mempunyai tingkat akurasi yang tinggi. Panjang alat yang perlu diukur adalah alat ke dua (T2) dan alat ke tiga (T3), sedangkan alat utama untuk melakukan penyetingan awal.



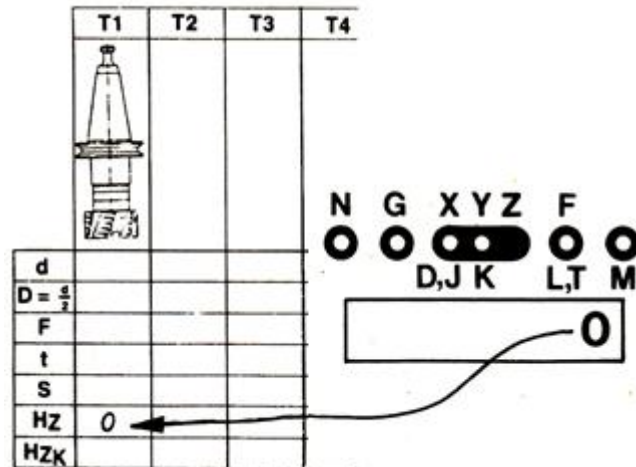
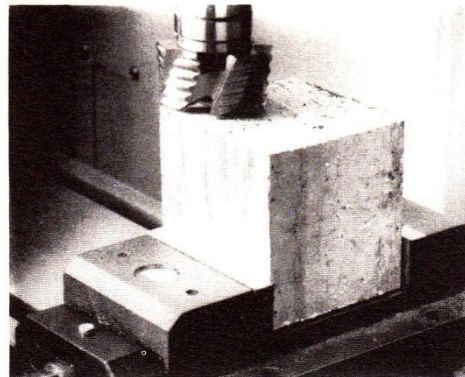
Pengukuran selisih panjang alat dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

- Menggoreskan alat potong ke permukaan referensi benda kerja

Caranya sebagai berikut :

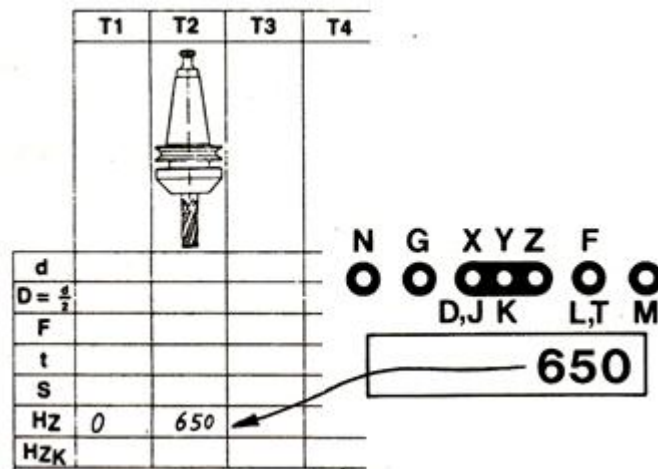
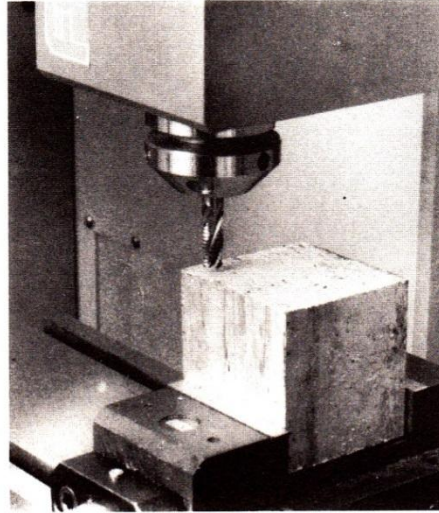
Untuk pisau T1.

- Mesin dalam pengoperasian manual
- Pasang pisau T1
- Putar pisau frais dengan memutar saklar sumbu utama kekanan.
- Goreskan pisau pada permukaan benda kerja.
- Tekan tombol del.
- Masukkan nilai nol kedalam tabel.



Untuk pisau T2

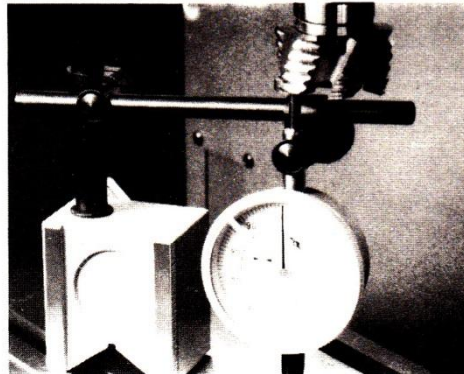
- Mesin dalam pengoperasian manual
- Pasang pisau T2
- Putar pisau frais dengan memutar saklar sumbu utama kekanan.
- Goreskan pisau pada permukaan benda kerja.
- Bacalah nilai Z yang muncul pada sajian
- Masukkan nilai sajian kedalam tabel.










Lakukanlah pisau T3 seperti pada pisau T2

- misalkan Dial Indikator. Menggunakan alat ukur bantu
- Caranya sebagai berikut :
Untuk pisau T1.
 - manual Mesin dalam pengoperasian
 - pasang pisau T1 Pasang dil indicator tepat di
 - bawah pisau Sentuhkan pisau pada sensor
 - dial indicator Setel dial indicator pada posisi nol

- Tekan tombol del.
- Masukan nilai nol kedalam tabel.



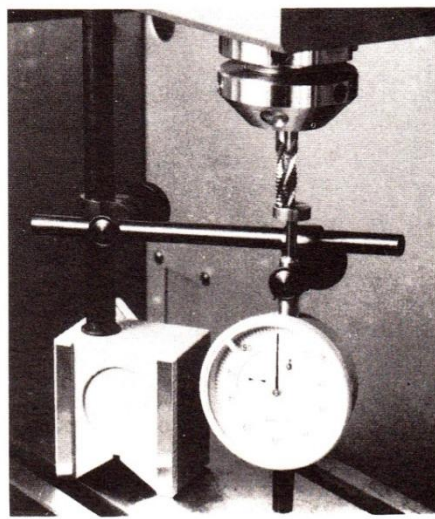
	T1	T2	T3	T4
				
d				
$D = \frac{d}{2}$				
F				
t				
S				
HZ	0			
HZK				

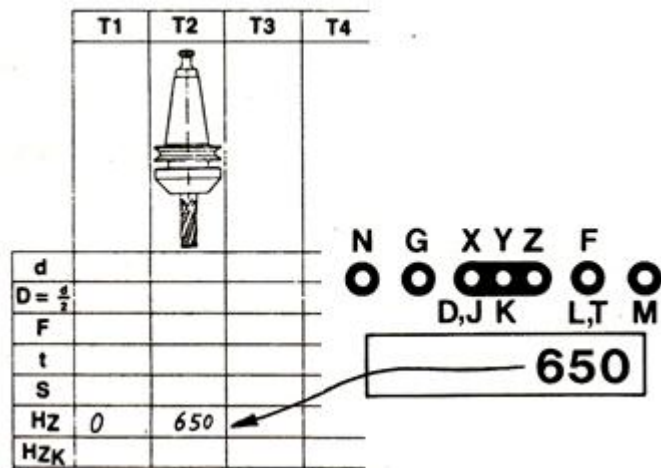
N	G	XYZ	F
		  	
		D, J K	L, T M

0

Untuk pisau T2

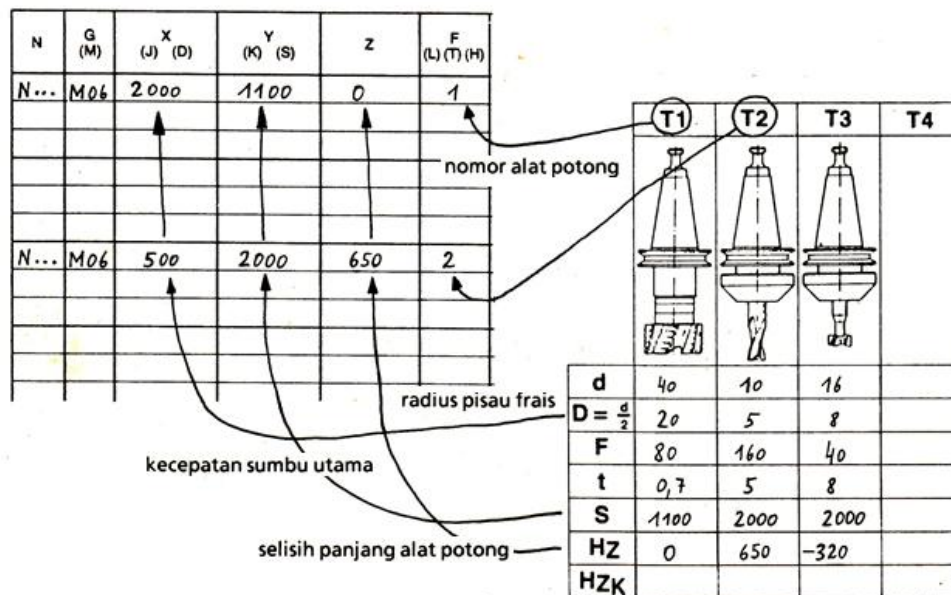
- Mesin dalam pengoperasian manual
- Pasang pisau T2
- Sentuhkan pisau pada sensor dial indicator sampai jarum menunjukan ke angka nol
- Bacalah nilai Z yang muncul pada sajian
- Masukan nilai sajian kedalam tabel.





Lakukanlah pisau T3 seperti pada pisau T2

Nilai kompensasi yang sudah tercatat pada tabel selanjutnya masukan ke dalam program format M06.

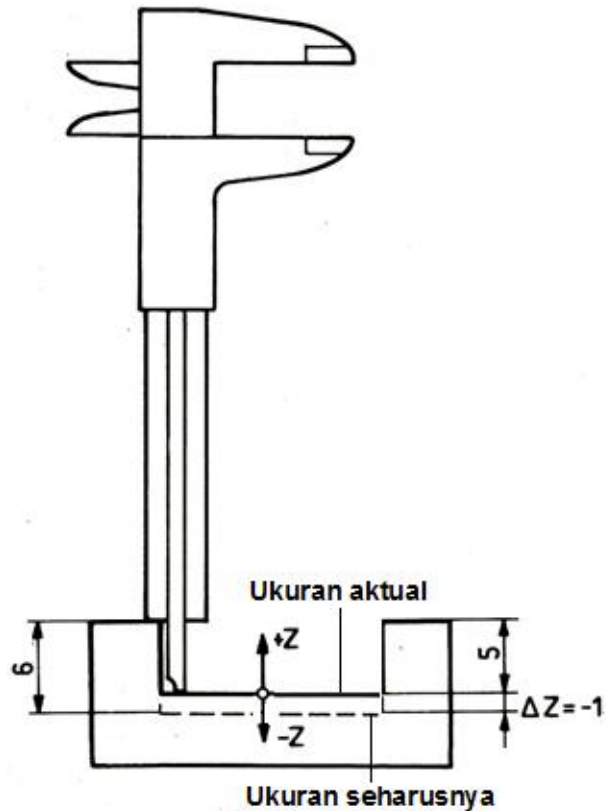


Setelah kita melakukan penyetingan alat untuk mencari selisih panjang alat, selanjutnya kita melakukan uji coba pembuatan benda kerja. Hasil uji coba pembuatan benda kerja kita cek ukurannya, apabila ada selisih

ukuran yang seharusnya dengan yang dihasilkan (ukuran actual), maka perlu kita lakukan modifikasi data pada tabel alat potong.

Caranya sebagai berikut :

- Apabila ukuran yang dihasilkan (ukuran aktual) lebih kecil dari ukuran yang seharusnya, maka ukuran selisih panjang alat potong pada tabel perlu diralat.



Contoh .

Ukuran yang seharusnya 6 mm

Ukuran aktual 5 mm

Selisih ukuran $\Delta Z = -1$ mm

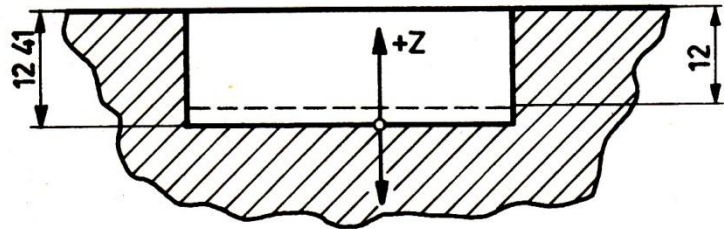
Apabila selisih panjang alat yang di masukan ke program 12,43 mm

M06 / D.../S.../Z+12,43 /T02

Maka $H_{zk} = H_z + (\pm \text{nilai } \Delta Z)$
 $= 12,43 + (-1)$
 $= 11,43$ mm

M06 / D.../S.../Z+11,43 /T02

- Apabila ukuran yang dihasilkan (ukuran aktual) lebih besar dari ukuran yang seharusnya, maka ukuran selisih panjang alat potong juga perlu diralat.



Contoh :

Ukuran yang seharusnya 12 mm

Ukuran aktual 12,41 mm

Selisih ukuran $\Delta Z = +0,41$ mm

Apabila selisih panjang alat yang di masukan ke program 8,36 mm

M06 / D.../S.../Z+8,36 /T02

Maka $H_{zk} = H_z + (\pm \text{nilai } \Delta Z)$

$$= 8,36 + (+0,41)$$

$$= 8,77 \text{ mm}$$

M06 / D.../S.../Z+8,77 /T02

Begitu juga untuk alat yang berikutnya dilakukan melalui prosedur yang sama.

c. Rangkuman

1) Mengidentifikasi Kesalahan dan Mengatasi Masalah.

Kesalahan sedapat mungkin dikurangi, untuk itu dapat ditempuh dengan jalan bekerja teliti dan penuh dengan perencanaan.

a) Kesalahan pemrograman adalah kesalahan yang diakibatkan oleh kesalahan perhitungan dan kesalahan memasukan / pengetikan program.

Kesalahan tersebut dapat dideteksi oleh keluarnya tanda alarm.

(1) Tanda – Tanda Alarm

Jika kita memasukan dan menyimpan data yang tidak dikenal oleh komputer, maka akan muncul tanda alarm..

Tanda Tanda Alarm yang Tersimpan (Ringkasan)

(a) A 00 salah perintah G atau M

- (b) A 01 Salah interpolasi melingkar (radius)
- (c) A 02 Harga X terlalu besar
- (d) A 03 Salah harga F
- (e) A 04 Harga Z terlalu besar
- (f) A05 Tidak diprogram M 30
- (g) A 06 Jumlah putaran sumbu utama terlalu besar pada pemotongan
- (h) A 07 Tidak terpakai
- (i) A 08 Mencapai ujung pita pada perekaman
- (j) A 09 Program tak ditemukan
- (k) A 10 Program kaset aktif
- (l) A 11 Salah jalan
- (m) A 12 salah Pengecheckan
- (n) A 13 Pengalihan dari mm ke inchi dengan memori penuh
- (o) A 14 Salah pentapan satuan jalan pada pelayanan pemuatan
- (p) A 15 Salah harga H
- (q) A16 Tidak terpakai
- (r) A17 Salah sub program

b) Kesalahan Gerakan Program

Kesalahan ini hanya dapat dideteksi melalui penglihatan mata dengan mencocokkan gambar kerja dengan gerakan mesin.

- (1) Penetapan kecepatan asutan mm/men atau inchi/men G94
- (2) Penetapan kecepatan asutan mm/petaran atau inchi/ putaran G95

c) Kesalahan Selama Pengerjaan

Kesalahan ini tidak begitu kelihatan dari bentuk benda kerjanya, akan tetapi lebih mengarah pada kesalahan ukuran.

(1) Kelonggaran Mesin

Sepresisi apapun rangkaian mekanik pasti mempunyai kelonggaran, hal ini diakibatkan oleh keausan pada bagian yang begesekan.

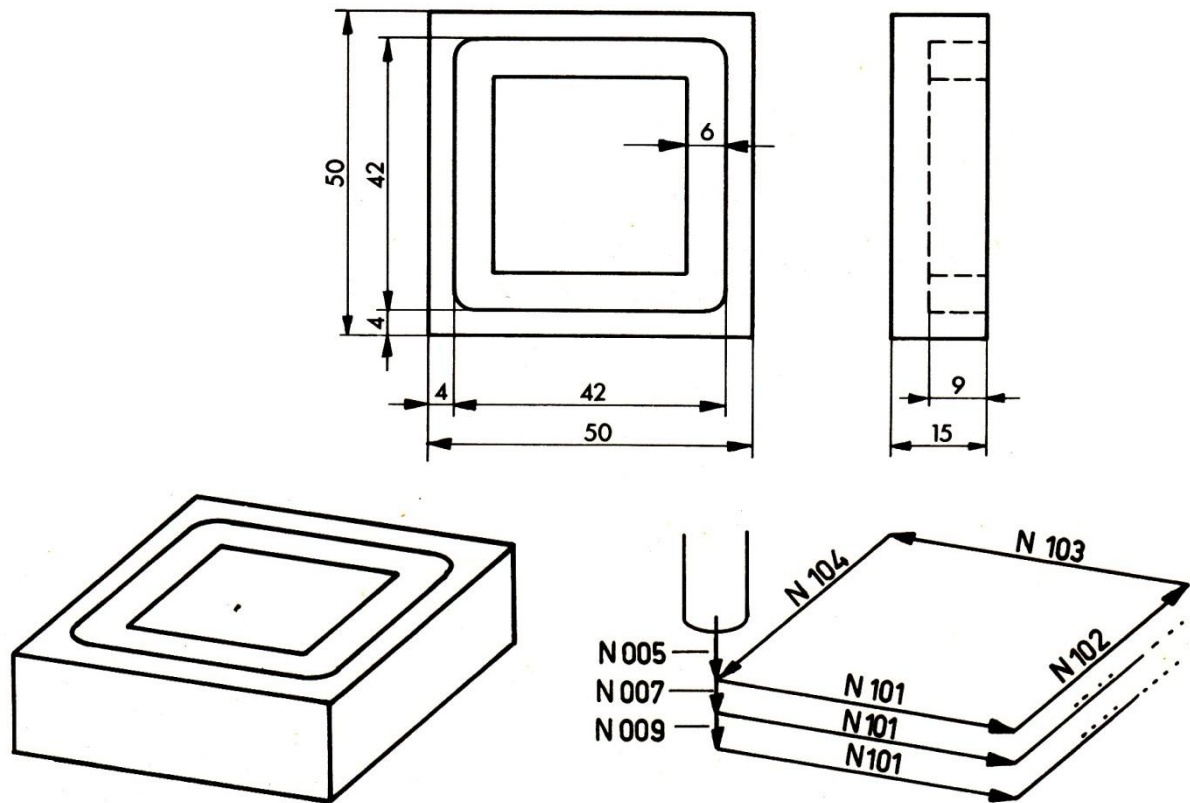
(2) Keausan Pahat

Keausan pahat dapat diketahui dari ukuran benda kerja yang tidak semestinya atau tidak sesuai dengan gambar kerja.

- (a) Apabila menggunakan pisau tunggal dapat dilakukan pengaturan titik awal program
- (b) Apabila menggunakan pisau lebih dari satu
- (c) Pada proses ini akan terjadi penyimpangan selisih panjang pisau dari tiap-tiap pisau tersebut.

d. Tugas

- 1) Buatlah program benda kerja seperti pada gambar.
 - a) Hitunglah koordinat titik bantu lintasan pisau.
 - b) Hitunglah titik awal dan titik akhir lingkaran.
 - c) Buatlah program menggunakan sub program
 - d) Atasi permasalahan alarm yang timbul.



e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling benar pada soal di bawah ini :

- 1) Kesalahan yang diakibatkan oleh kesalahan perhitungan dan kesalahan memasukan / pengetikan program disebut kesalahan...
 - a) Pengerjaan
 - b) Gerakan
 - c) Kecepatan
 - d) Pemrograman
 - e) penyetingan
- 2) Pada masukan titik lingkaran yang salah (busur lingkaran, titik akhir lingkaran atau koordinat titik pusat) akan diberikan alarm ...
 - a) A01
 - b) A02
 - c) A03
 - d) A04
 - e) A05
- 3) Jika anda lupa memasukan M30 pada akhir program dan anda menekan tombol START atau melakukan uji jalan, maka akan keluar alarm ...
 - a) A01
 - b) A02
 - c) A03
 - d) A04

- e) A05
- 4) Kesalahan ini tidak begitu kelihatan dari bentuk benda kerjanya, akan tetapi lebih mengarah pada kesalahan ukuran. Penyebab kesalahan ini adalah...
 - a) Pemrograman
 - b) Kelonggaran mesin
 - c) Operator
 - d) Gambar
 - e) Uji jalan
- 5) Cara mengatasi kelonggaran mesin dapat dilakukan dengan memasukan data kelonggaran melalui...
 - a) M96
 - b) M97
 - c) M98
 - d) M99
 - e) M00

f. Kuci jawaban

- 1) D
- 2) A
- 3) E
- 4) B
- 5) C

g. Lembar Kerja Peserta didik



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA

Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173

Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@ymail.com

F 7.5.1 - 06	JOB SHEET TAHUN PELAJARAN 2012/2013	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	--	----------------------------------

Pendidikan : SMK negeri 12 Bandung
 Bidang Keahlian : Teknologi dan Rekayasa
 Program keahlian : Teknologi Pesawat Udara
 Paket Keahlian : Pemesinan Pesawat Udara
 Mata Pelajaran : Aircraft Component CNC Machining
 Topik : Mengidentifikasi Kesalahan dan Mengatasi masalah
 Kelas / Semester : XI / 1

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai mengikuti PBM, siswa dapat:

- a. Memahami teknik-teknik modifikasi data alat pada proses pengerjaan benda kerja menggunakan mesin frais CNC

- b. Melakukan modifikasi data alat pada mesin fraisCNC
 - c. Memahami tanda-tanda alarm pada mesin frais CNC
 - d. Mengatasi kesalahan pada mesin frais CNC
 - e. Membuat benda kerja komponen pesawat udara sesuai prosedur operasi standar
2. Petunjuk
- a. Selama bekerja gunakan selalu pakaian kerja dan peralatan keselamatan kerja
 - b. Pinjamlah peralatan yang akan digunakan sebelum mulai bekerja.
 - c. Periksa kondisi dan persiapkan mesin sebelum mulai bekerja.
 - d. Gunakan peralatan sesuai dengan fungsinya.
 - e. Bekerjalah mengikuti aturan keselamatan kerja.
 - f. Simpan alat ukur pada tempat yang aman
 - g. Kembalikan peralatan yang dipinjam kepada toolman setelah selesai bekerja.
 - h. Bersihkan mesin dan ruangan praktek setelah selesai bekerja.
3. Alat dan Bahan
- a. Aluminium 55 mm x 55 mm x15 mm.
 - b. Pisau frais
 - c. Mistar sorong ket. 0,02 mm
 - d. Mikro meter 0.01 mm
 - e. Kacamata kerja
4. Langkah Kerja
- a. Hitunglah besarnya putaran sumbu utama
 - b. Atur putaran mesin sesuai dengan diameter benda kerja yang akandifrais.
 - c. Atur kecepatan asutan 30 mm/menit
 - d. Pasang pisau frais pada sumbu utama
 - e. Jepit benda kerja pada ragum
 - f. Buatlah program pengefraisan bertingkat seperti pada gambar kerja menggunakan pemrograman G00, G01, G45, G46, G47, G48, G72
 - g. Lakukan pengoperasian mesin frais CNC sesuai dengan Instruksi kerja
 - h. Periksakan benda kerja kepada guru.
 - i. Bersihkan mesin.
 - j. Bersihkan ruangan bengkel

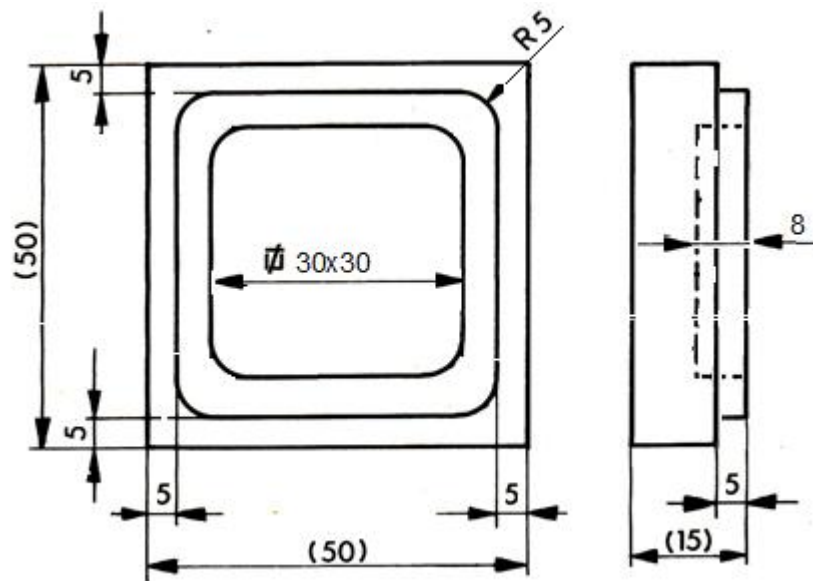


PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	JOOB SHEET	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------	--



Ukuran kantong 30 x 30 mm dengan toleransi ± 0.02

	Skala : 1:1	Digambar : Sugiarto	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : X PPU	
	Tanggal : Nov 2013	Diperiksa :	



PEMERINTAH KOTA BANDUNG
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 12 BANDUNG



PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI PESAWAT UDARA
Jalan. Pajajaran No. 92 Tlp./Fax022- 6038055 Bandung 40173
Home Page: www.terbang12.net Email: smkn_12bdg@gmail.com

F 7.5.1 - 06	LEMBAR PENILAIAN	Edisi : A Revisi : 00
---------------------	-------------------------	--

Nama :

Kelas :

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
METODA	Langkah Kerja	5		
	Penggunaan Alat	5		
	Keselamatan Kerja	5		
	Jumlah	15		
HASIL KETRAMPILAN	Balok 50x50 mm	10		
	Tebal 15 mm	5		
	Balok bertingkat			
	40 x40 mm	10		
	Jarak balok 5 mm	10		
	Tinggi balok 5 mm	5		
	Radius balok R =			
	5 mm	10		
	Kantong 30x30mm	20		
	Kedalaman kantong 5 mm	5		
Penyajian	5			
Jumlah	80			
WAKTU	Tepat	5		
	Lambat	0		
	Jumlah	5		
Jumlah Nilai		100		

BAB III EVALUASI

Evaluasi adalah merupakan alat untuk mengidentifikasi kemampuan peserta didik selama melaksanakan kegiatan pembelajaran, bagi peserta didik yang mampu dinyatakan kompeten dan yang tidak mampu dinyatakan tidak kompeten dan diwajibkan untuk mengulangi kegiatan pembelajaran ini.

Pelaksanaan evaluasi pada pembelajaran ini meliputi tahapan attitude skill, kognitif skill, dan psikomotor skill. Kemampuan kognitif dapat dijadikan persyaratan untuk mengikuti test psikomotorik.

Kemampuan kognitif dapat dievaluasi menggunakan test tertulis, bagi peserta didik yang lulus test tertulis dapat melanjutkan test psikomotorik.

Evaluasi psikomotorik meliputi test unjuk-kerja dan penilaian attitude skill pada pengamatan proses.

Bagi peserta didik yang mendapatkan nilai dibawah standar, maka peserta didik tersebut diwajibkan untuk mengikuti evaluasi ulang bahkan mengikuti latihan ulang. Tetapi bagi peserta didik yang telah memenuhi persyaratan atau memperoleh nilai di atas standar maka peserta didik tersebut dinyatakan telah kompeten dalam bidang ini.

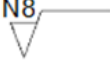
A. Kognitif Skills

Evaluasi kognitif skills berupa test tertulis. Test tertulis ini dilaksanakan sebelum melaksanakan test unjuk kerja. Ketentuan pelaksanaan test tertulis sebagai berikut:

1. Pilihlah 40 soal dari 75 soal yang dianggap dapat dikerjakan.
2. Pilihlah jawaban yang paling benar pada pilihan jawaban di bawah soal.
3. Waktu yang disediakan 90 menit
4. Penilaian $N = \text{jumlah jawaban yang benar} \times 0,25$
5. Batas nilai kelulusan 7,00
6. Bagi yang lulus dapat melanjutkan test unjuk kerja
7. Bagi yang tidak lulus diwajibkan mengulang

Pilihlah jawaban yang paling benar pada soal dibawah ini

- 1) Alat komunikasi utama dalam proses pembuatan benda kerja disebut ...
 - a) Instruksi kerja
 - b) Gambar kerja
 - c) Dokumen kerja
 - d) Prosedur oprerasi standar
 - e) Keselamatan kerja
- 2) Perintah kerja yang dapat dijadikan arahan dan petunjuk selama kita bekerja ... disebut
 - a) Instruksi kerja
 - b) Gambar kerja
 - c) Dokumen kerja
 - d) Prosedur oprerasi standar

- e) Keselamatan kerja
- 3) Gambar kerja dianggap baik apabila memiliki kelengkapan seperti dibawah ini, kecuali :
- Penunjuk ukuran
 - Toleransi
 - Tanda pengerjaan
 - Tingkat kehalusan
 - Penggunaan bengkel
- 4) Salah satu pertimbangan yang harus diperhatikan dalam membuat gambar kerja adalah ...
- Mudah dijual
 - Mudah dibawa
 - Dapat berfungsi dengan baik
 - Mendapatkan keuntungan yang besar
 - Mudah mengerjakannya
- 5) Sistem ukuran pada gambar kerja yang berbasis pada bidang ukuran sebelumnya disebut ...
- Sistem ukuran absolut
 - Sistem ukuran paralel
 - Sistem ukuran seri
 - Sistem ukuran campuran
 - Sistem ukuran ISO
- 6) Suatu gambar terdapat ukuran seri dan paralel, hal ini diperbolehkan karena sistem ini dinamakan ...
- Sistem ukuran absolut
 - Sistem ukuran paralel
 - Sistem ukuran seri
 - Sistem ukuran campuran
 - Sistem ukuran ISO
- 7) Suatu benda kerja mempunyai ukuran $35^{+0,05}_{+0,01}$ yang berarti ukuran yang diperbolehkan adalah ...
- 35,05 sampai 35,01
 - 35,05 sampai 34,99
 - 34,95 sampai 34,99
 - 35,00 sampai 35,05
 - 35,01 sampai 35,00
- 8) Tanda pengerjaan seperti ini  mempunyai arti ...
- Dikerjakan
 - Tidak dikerjakan
 - Tingkat kehalusan dengan mesin bubut
 - Dikerjakan dengan mesin
 - Dikerjakan dengan mesin gerinda
- 9) Urutan kerja yang benar pada proses pembuatan lubang ulir adalah ...
- Persing, ngetap, membor, senter bor.
 - Membor, senter bor, persing, ngetap
 - Senter bor, persing, membor, ngetap
 - Senter bor, membor, ngetap, persing
 - Senter bor, membor, persing, ngetap

- 10) Alat keselamatan kerja yang tepat dipakai pada kerja bubut adalah ...
- Kacamata bening
 - Kacamata hitam
 - Penutup telinga
 - Sarung tangan
 - Sabuk pengaman
- 11) Baru pada tahun 1975 produksi mesin NC berkembang dengan pesat, penyebab berkembangnya mesin ini karena telah ditemukannya ...
- Computer
 - Microprocessor
 - Transistor
 - Resistor
 - akumulator
- 12) Suatu mesin yang dikontrol oleh computer dengan menggunakan bahasa numeric (perintah gerakan dengan menggunakan kode angka dan huruf) adalah mesin ...
- ANC
 - DNC
 - CNC
 - CAD
 - AUTOCAD
- 13) Mesin CNC yang bisa mengerjakan pekerjaan bubut dan frais sekaligus dalam satu mesin disebut mesin CNC dengan kemampuan ...
- gerakkan 2 axis/ sumbu
 - gerakkan 3 axis/ sumbu
 - gerakkan 4 axis/ sumbu
 - gerakkan 5 axis/ sumbu
 - gerakkan 6 axis/ sumbu
- 14) Dalam sistem pengendali CNC dapat dijelaskan bawah microprocessor dapat diumpamakan sebagai ...
- juru bicara
 - sekertaris
 - mandor
 - peringat
 - direktur
- 15) Yang membedakan antara mesin bubut konvensional dan mesin bubut CNC adalah keduanya memerlukan, kecuali :
- Gambar teknik
 - Perangkat mesin bubut
 - Program
 - Tenaga listrik
 - Kecepatan putaran mesin
- 16) Bagian mesin bubut yang berfungsi untuk merubah kecepatan dan arah putaran sumbu utama (spindle) adalah ...
- Kepala lepas
 - Kepala tetap
 - Eretan memanjang
 - Eretan melintang
 - Meja mesin

- 17) Tempat untuk memasang ragum disebut ...
- Kepala lepas
 - Kepala tetap
 - Eretan memanjang
 - Eretan melintang
 - Meja mesin
- 18) Eretan yang bergerak secara melintang atau searah dengan sumbu Y disebut ...
- Kepala lepas
 - Kepala tetap
 - Eretan memanjang
 - Eretan melintang
 - Meja mesin
- 19) Tombol yang digunakan untuk mematikan mesin dalam keadaan darurat dinamakan tombol ...
- Pelayanan CNC
 - Penggerak
 - Eksekusi
 - Darurat
 - Gerak cepat
- 20) Alat yang digunakan untuk menunjukkan besarnya arus listrik yang digunakan oleh motor utama disebut ...
- Ampermeter
 - Lampu indikator
 - Monitor
 - Volt meter
 - Mikroskop
- 21) Nyala lampu akan melompat dari lampu indikator pelayanan manual ke lampu kontrol pelayanan CNC, jika anda menekan tombol ...
- H/C
 -
 - Start
 - X+
 - Z+
- 22) Untuk menggerakkan eretan memanjang bergerak menjauhi sumbu utama, maka kita harus menekan tombol ...
- Z-
 - Z+
 - X-
 - X+
 -
- 23) Untuk mengatur kecepatan gerakan asutan, maka kita memutar tombol ...
- - H/C
 - Pengatur asutan
 - DEL
 - INP
- 24) Memasukkan harga posisi pahat dengan tidak menggerakkan eretan dapat dilakukan dengan jalan menekan tombol ...

- a)
 - b) H/C
 - c) Pengatur asutan
 - d) DEL
 - e) INP
- 25) Untuk melakukan pembubutan manual dan penyetingan pahat. Cara pengoperasiannya dapat dilakukan dengan melalui ...
- a) Pelayanan CNC
 - b) Pelayanan manual
 - c) Inching
 - d) Pemutar sumbu utama
 - e) Pengaturan kecepatan asutan
- 26) Memasukkan angka 64 pada lembar program kolom G digunakan untuk ...
- a) Menjalankan putaran sumbu utama
 - b) Menghentikan putaran sumbu utama
 - c) Menghidupkan gerakan asutan
 - d) Mengalirkan arus pada motor asutan
 - e) Menghentikan aliran arus listrik pada motor asutan
- 27) Untuk melakukan modifikasi program dapat dilakukan melalui ...
- a) Pelayanan CNC
 - b) Pelayanan manual
 - c) Inching
 - d) Pemutar sumbu utama
 - e) Pengaturan kecepatan asutan
- 28) Untuk memindahkan kursor ke blok sebelumnya dengan jalan menekan tombol ...
- a) H/C
 - b) FWD
 - c) Panah
 - d) REV
 - e) INP
- 29) Untuk mengatur pembagian pemotongan dapat dilakukan dengan jalan memasukkan parameter ke adres ...
- a) N
 - b) G
 - c) F
 - d) H
 - e) Z
- 30) Untuk mengatur kecepatan asutan dapat dilakukan dengan jalan memasukkan parameter ke adres ...
- a) N
 - b) G
 - c) F
 - d) H
 - e) Z
- 31) Parameter K adalah adres untuk mengatur besarnya ...
- a) Kisar ulir
 - b) Pembagian pemotongan
 - c) Nomor pahat

- d) Fungsi tambahan
 - e) Koordinat titik pusat lingkaran
- 32) Jika kita menekan tombol ~ + INP bersamaan digunakan untuk ...
- a) Menghapus blok
 - b) Menyisipkan blok
 - c) Menghapus program
 - d) Memindahkan kursor
 - e) Maju ke blok berikutnya
- 33) Berapakah besarnya kecepatan potong bila bahan benda kerja dari aluminium dan bahan pahat karbide ...
- a) 18 m/menit
 - b) 24 m/menit
 - c) 30 m/menit
 - d) 150 m/menit
 - e) 100 m/menit
- 34) Jika CS 50 m/menit dan $\varnothing 20\text{mm}$, maka besarnya putaran sumbu utama menurut tabel kecepatan sebesar ...
- a) 500 put/menit
 - b) 600 put/menit
 - c) 700 put/menit
 - d) 800 put/menit
 - e) 900 put/menit
- 35) Pada motor DC besarnya tenaga motor tergantung dari jumlah putaran mesin, semakin tinggi putaran mesin maka semakin ...
- f) Tinggi tenaganya
 - g) Rendah tenaganya
 - h) Cepat kecepatan asutanya
 - i) Lambat asutanya
 - j) Cepat panas
- 36) Menulis program pada naskah program atau lembaran program disebut ...
- a) Eksekusi
 - b) Penyetingan
 - c) Pemrograman
 - d) Penggagalan
 - e) Penggangguan
- 37) Didalam lembaran program terdiri atas baris-baris yang disebut ...
- a) Blok
 - b) Kata
 - c) Adres
 - d) Kolom
 - e) Parameter
- 38) Disetiap blok terdiri dari beberapa ...
- a) Blok
 - b) Adres
 - c) Kolom
 - d) Kata
 - e) Parameter
- 39) Kolom ke dua pada lembaran program menunjukkan kolom huruf adres ...

- a) G
 - b) M
 - c) N
 - d) K
 - e) X
- 40) Menuliskan huruf adres M dan angka dapat dituliskan pada ...
- a) Diluar kolom
 - b) Kolom pertama
 - c) Kolom ke dua
 - d) Kolom ke tiga
 - e) Kolom ke empat
- 41) Pada
kolom ke empat menunjukkan kolom huruf adres ...
- a) G
 - b) M
 - c) N
 - d) K
 - e) Y
- 42) Kolom ke empat juga dapat diisi dengan adres koordinat titik pusat lingkaran dalam arah Z dengan huruf adres ...
- a) J dan angka
 - b) I dan angka
 - c) N dan angka
 - d) T dan angka
 - e) H dan angka
- 43) Pada kolom enam juga dapat dimasukan huruf adres H dan angka yang menyatakan besarnya ...
- a) Koordinat titik pusat lingkaran
 - b) Koordinat titik pusat lingkaran pada sumbu X
 - c) Koordinat titik pusat lingkaran pada sumbu Z
 - d) Kisar ulir
 - e) Pembagian ketebalan pemotongan
- 44) Pengukuran Absolut juga dapat disebut pengukuran referensi karena gambar diukur dari ...
- a) Titik sebelumnya
 - b) Titik sesudahnya
 - c) Titik awal
 - d) Satu titik
 - e) Dua titik
- 45) Pengukuran Inkremental dapat juga disebut pengukuran berantai karena setiap ukuran didasarkan pada ...
- a) Titik awal
 - b) Titik sesudahnya
 - c) Titik sebelumnya
 - d) Satu titik
 - e) Dua titik
- 46) Pada pemrograman harga absolut, jika kita ingin mengubah letak titik 1. Maka letak titik-titik yang lain akan tetap dan tidak berubah hal ini merupakan ...

- a) Keuntungan
- b) Kerugian
- c) Kesamaan
- d) Perbedaan
- e) Kesalahan

Dari program tersebut

47) Pada pemrograman inkremental jika anda harus mengubah suatu titik, semua titik berikutnya akan ikut berubah hal ini merupakan ...

- a) Keuntungan
- b) Kerugian
- c) Kesamaan
- d) Perbedaan
- e) Kesalahan

Dari program tersebut

48) Pemrograman absolut dapat dilakukan dengan menggunakan ...

- a) G04
- b) G92
- c) G91
- d) G90
- e) G64

49) Pemrograman inkremental dapat dilakukan dengan menggunakan ...

- a) G64
- b) G04
- c) G92
- d) G90
- e) G91

50) Kita dapat menentukan kedudukan titik nol ke tempat yang dikehendaki, hal ini hanya dapat dilakukan menggunakan ...

- a) G64
- b) G92
- c) G91
- d) G90
- e) G21

51) Waktu tinggal diam adalah menghentikan sementara dalam waktu tertentu pada salah satu blok, hal ini dapat dilakukan menggunakan ...

- a) G92
- b) G91
- c) G90
- d) G04
- e) G21

52) Apabila kita ingin mengosongkan beberapa blok pada lembaran program, maka dapat dilakukan dengan memasukan ...

- a) G24
- b) G21
- c) G02
- d) G03
- e) G04

53) Jika setelah G90 atau G92 memprogram G91, maka harga pemrograman...

- a) Absolut
 - b) Inkriminal
 - c) Campuran
 - d) Diameter
 - e) Koordinat efektif
- 54) Sumbu utama dapat dimatikan dengan memasukan ...
- a) M00
 - b) M03
 - c) M05
 - d) M17
 - e) M30
- 55) Dengan M30 maka pada program pokok dapat ...
- a) dimulai
 - b) ditutup / diakhiri
 - c) jalankan
 - d) digagalkan
 - e) ditunda
- 56) Interpolasi linear berarti mendapatkan harga antara pada garis lurus.gerakan ini dapat dilakukan menggunakan pemrograman ...
- a) G02
 - b) G03
 - c) G33
 - d) G00
 - e) G01
- 57) G00 adalah perintah gerakan ...
- a) Gerak lurus lambat
 - b) Gerak lurus cepat
 - c) Gerak tirus lambat
 - d) Gerak tirus cepat
 - e) Gerak radius
- 58) Gerak lurus cepat digunakan hanya karena alasan ...
- a) Teknologis
 - b) Matematis
 - c) Pedagogis
 - d) Ekonomis
 - e) Praktis
- 59) Gerak melingkar searah jarum jam dapat dilakukan menggunakan pemrograman ...
- a) G00
 - b) G01
 - c) G02
 - d) G03
 - e) G33
- 60) Koordinat titik pusat busur lingkaran dinyatakan dengan harga I,J dan K yang diukur dari ...
- a) Titik awal busur lingkaran
 - b) Titik akhir busur lingkaran
 - c) Titik referen
 - d) Titik nol
 - e) Titik pusat lingkaran

- 61) Kode gerakan G03 digunakan untuk melakukan ...
- Gerak melingkar searah jarum jam
 - Gerak melingkar berlawanan arah jarumjam
 - Gerak melingkar kurang dari 90°
 - Gerak melingkar lebih dari 90°
 - Gerakan tirus
- 62) Harga K adalah salah satu jarak koordinat titik pusat lingkaran searah dengan ...
- Sumbu Z
 - Sumbu X
 - Sumbu Y
 - Sumbu I
 - Sumbu R
- 63) Penambahan satu radius pisau dapat diprogram menggunakan kode ...
- G48
 - G47
 - G46
 - G45
 - G40
- 64) Kode gerakan G47 digunakan untuk melakukan pengefraisan...
- Tanpa penambahan radius pisau
 - Penambahan satu radius pisau
 - Pengurangan satu radius pisau
 - Penambahan dua radius pisau
 - Pengurangan dua radius pisau
- 65) Pengefraisan kantong dapat dilakukan dengan beberapa kali pemakanan, pemakanan tersebut dapat ditulis dalam satu blok menggunakan kode...
- G47
 - G72
 - G73
 - G81
 - G82
- 66) Proses pengeboran pada bahan yang liat sebaiknya dilakukan menggunakan metode Siklus pengeboran dengan pemutusan tatal, hal ini dapat diprogram menggunakan kode...
- G47
 - G72
 - G73
 - G81
 - G82
- 67) Pada pemboran lubang yang dalam, sering sekali terjadi pengeluaran tatal tidak lancar. Oleh karena itu perlu ada penarikan bor keluar, dengan maksud untuk mengeluarkan tatal. Gerakan ini dapat dilakukan oleh ...
- G72
 - G73
 - G81
 - G82
 - G83

- 68) Untuk mendapatkan lubang berkualitas tinggi, perlu dilakukan pereameran. Pada proses pereameran pemasukan dan penarikan menggunakan kecepatan asutan. Gerakan ini dapat dilakukan oleh ...
- a) G81
 - b) G82
 - c) G83
 - d) G84
 - e) G85
- 69) Pada mesin TU-3A pemrograman melingkar dapat dilaksanakan pada pemrograman ...
- a) Lingkaran penuh
 - b) Kwadran
 - c) Setengah lingkaran
 - d) Tiga perempat lingkaran
 - e) Bebas
- 70) G89 – Siklus Pereameran Dengan Tinggal apabila reamer telah mencapai kedalaman, reamer tinggal diam selama...
- a) 0,5 detik
 - b) 1 detik
 - c) 10 detik
 - d) 25 detik
 - e) 50 detik
- 71) Program kecil yang merupakan bagian dari program utama disebut...
- a) Program
 - b) Sub program
 - c) Adres
 - d) Kata
 - e) Blok
- 72) Salah satu ciri sub program adalah program yang ditutup dengan...
- a) M00
 - b) M30
 - c) M17
 - d) M03
 - e) M05
- 73) Pada pemrograman G27 nomor blok yang akan dituju masukan kedalam adres...
- a) L pada kolom F
 - b) K pada kolom Z
 - c) I pada kolom X
 - d) H pada kolom F
 - e) L pada kolom G
- 74) Menjalankan program hanya didalam memori saja dinamakan dengan uji...
- a) Gerakan
 - b) Bentuk
 - c) Kecepatan
 - d) Ukuran
 - e) Jalan
- 75) Untuk mengetahui apakah program yang telah kita buat, telah memenuhi persyaratan mesin atukah belum dinamakan...

- a) Penggagalan program
 - b) Menghentikan sementara
 - c) Uji petik
 - d) Uji bentuk
 - e) Uji jalan
- 76) Untuk melakukan uji jalan dengan cara menekan tombol...
- a) Start
 - b) Del
 - c) Inp
 - d) M
 - e) Fwd
- 77) Kita dapat melihat gerakan-gerakan yang telah diprogramkan, apakah gerakan yang kita program sudah sesuai atau tidak, hal ini dapat dilakukan dengan ...
- a) Pelayanan otomatis
 - b) Pelayanan blok tunggal
 - c) Penggagalan program
 - d) Menghentikan sementara
 - e) Menghapus program
- 78) Kita juga dapat menjalankan 9 blok dengan sekali menekan tombol ...
- a) 9 dan START
 - b) 9 dan Del
 - c) 9 dan Inp
 - d) 9 dan Fwd
 - e) Star saja
- 79) Untuk menjalankan program hingga berjalan sampai berhenti pada blok M00 atau M30, dengan jalan menekan ...
- a) 9 dan START
 - b) 9 dan Dell
 - c) 9 dan Inp
 - d) 9 dan Fwd
 - e) Star saja
- 80) Menghentikan program yang sedang berjalan (penggagalan jalanya program) menggunakan tombol...
- a) 1 dan start
 - b) Inp dan star
 - c) Inp dan Fwd
 - d) Inp dan Rev
 - e) Inp dan dell
- 81) Kesalahan yang diakibatkan oleh kesalahan perhitungan dan kesalahan memasukan / pengetikan program disebut kesalahan...
- a) Pengerjaan
 - b) Gerakan
 - c) Kecepatan
 - d) Pemrograman
 - e) penyetingan
- 82) Pada masukan titik lingkaran yang salah (busur lingkaran, titik akhir lingkaran atau koordinat titik pusat) akan diberikan alarm ...
- a) A01

- b) A02
 - c) A03
 - d) A04
 - e) A05
- 83) Jika anda lupa memasukan M30 pada akhir program dan anda menekan tombol START atau melakukan uji jalan, maka akan keluar alarm ...
- a) A01
 - b) A02
 - c) A03
 - d) A04
 - e) A05
- 84) Kesalahan ini tidak begitu kelihatan dari bentuk benda kerjanya, akan tetapi lebih mengarah pada kesalahan ukuran. Penyebab kesalahan ini adalah...
- a) Pemrograman
 - b) Kelonggaran mesin
 - c) Operator
 - d) Gambar
 - e) Uji jalan
- 85) Cara mengatasi kelonggaran mesin dapat dilakukan dengan memasukan data kelonggaran melalui...
- a) M96
 - b) M97
 - c) M98
 - d) M99
 - e) M00

Kunci jawaban

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1) B | 21) A | 42) A | 63) D |
| 2) A | 22) B | 43) E | 64) D |
| 3) E | 23) C | 44) D | 65) B |
| 4) C | 24) E | 45) C | 66) C |
| 5) C | 25) B | 46) A | 67) E |
| 6) D | 26) E | 47) B | 68) E |
| 7) A | 27) A | 48) D | 69) B |
| 8) C | 28) D | 49) E | 70) A |
| 9) E | 29) D | 50) B | 71) B |
| 10) A | 30) C | 51) D | 72) C |
| 11) B | 31) A | 52) B | 73) A |
| 12) C | 32) B | 53) B | 74) E |
| 13) D | 33) D | 54) C | 75) D |
| 14) E | 34) D | 55) B | 76) D |
| 15) C | 35) A | 56) E | 77) B |
| 16) B | 36) C | 57) B | 78) A |
| 17) E | 37) A | 58) D | 79) E |
| 18) D | 38) D | 59) C | 80) D |
| 19) D | 39) A | 60) A | 81) D |
| 20) A | 40) C | 61) B | 82) A |
| | 41) E | 62) A | |

B. Attitude Skills

Evaluasi attitude skill dilaksanakan selama peserta didik melaksanakan test unjuk kerja atau evaluasi psikomotorik. Pada evaluasi ini mempunyai bobot penilaian sebesar 20%,

Penilaian Attitude Skill

No.	Aspek yang dinilai	Pencapaian Kompetensi			
		≤ 6.0	6,0-7,4	7,5-8,4	8,5-10
1	Persiapan alat				
2	Persiapan bahan				
3	Persiapan mesin				
4	Berperilaku jujur				
5	Tanggung jawab				
6	Disiplin				
7	Teliti dan hati-hati				
8	Kerja sama				
9	Keselamatan kerja				
10	Ketepatan waktu				
Jumlah Skor					
Skor Rata-rata					

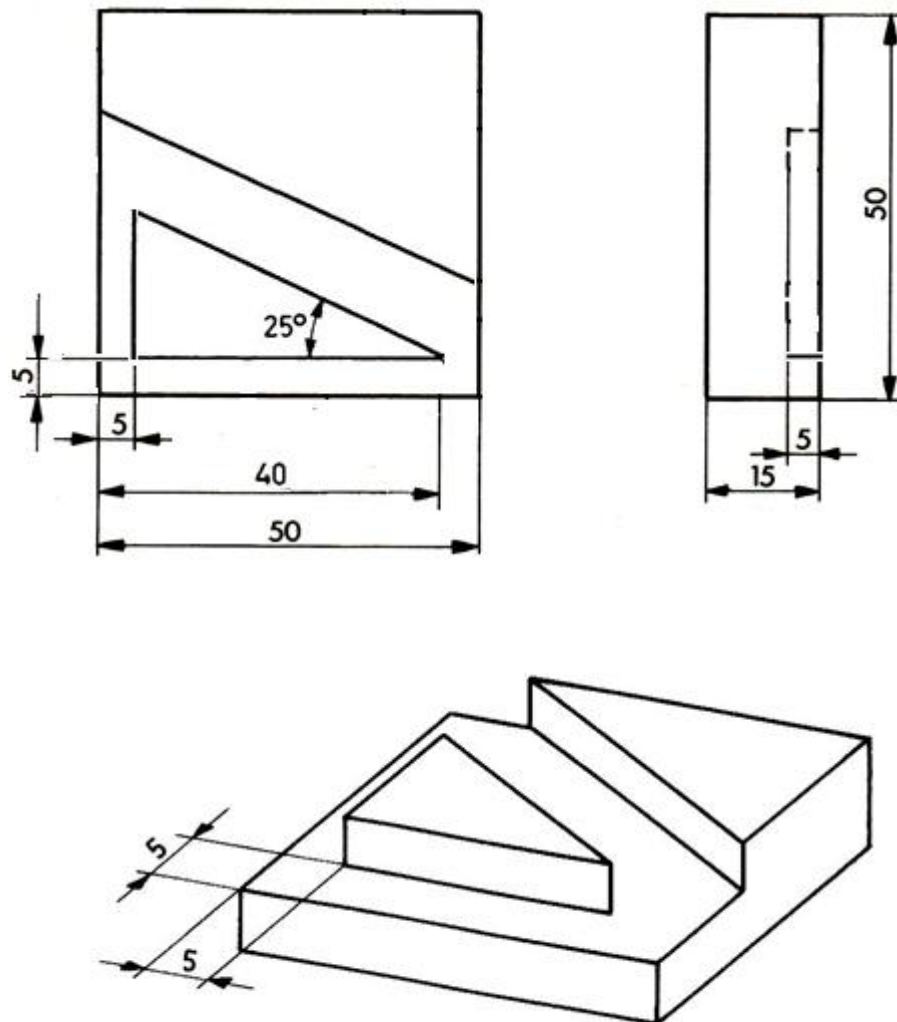
C. Psikomotorik Skills

Evaluasi psikomotorik skills, dapat berupa pembuatan produk atau benda kerja yang memenuhi kriteria sebagai benda uji. Dalam pelaksanaan evaluasi ini kita dapat menilai sikap, kemampuan, keterampilan, ketepatan dan kecepatan dalam bekerja. Aspek yang dinilai pada evaluasi ini meliputi aspek proses kerja dan hasil kerja.

Petunjuk test psikomotorik :

1. Buatlah produk atau benda kerja seperti pada gambar
2. Bacalah gambar kerja dengan cermat
3. Buatlah dan hitunglah titik koordinat
4. Buatlah program
5. Masukkan program
6. Lakukanlah pengetesan program

7. Persiapkan mesin dan alat
8. Selamat bekerja



Pisau Fais Ø 10 mm

	Skala : 1:1	Digambar : Sugiarto	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : XI PPU	
	Tanggal : Nov 2013	Diperiksa :	
SMKN 12 BANDUNG	JOB UJIAN		NO. 08

Penilaian Psikomotorik Skills

No.	Aspek yang dinilai	Pencapaian Kompetensi			
		≤ 6.0	6,0-7,4	7,5-8,4	8,5-10
Proses (Sistematika & Cara Kerja)					
	Pemrograman				
	Penyetingan alat				
	Penyetingan titik referen				
	Proses pembuatan benda kerja				
	Penggunaan alat dan mesin				
Jumlah Skor					
Skor Rata-rata					
Hasil Kerja					
	Ketepatan ukuran				
	Balok 50x50x15mm				
	Tepi 5mm				
	Kedalaman 5mm				
	Ukuran 40mm				
	Sudut 25°				
	Penampilan				
Jumlah Skor					
Skor Rata-rata					

D. Pengolahan Nilai

Pengolahan nilai hasil akhir dihitung berdasarkan bobot yang telah dipertimbangkan berdasarkan tingkat kesulitan.

Bobot diisi dengan prosentase setiap komponen. Besarnya prosentase dari setiap komponen ditetapkan secara proposional sesuai karakteristik program keahlian.

NK = Nilai Komponen, perkalian dari bobot dengan skor komponen

NP = penjumlahan dari hasil perhitungan nilai komponen

Jenis komponen penilaian (kognitif, attitude, proses kerja dan hasil kerja) disesuaikan dengan karakter program keahlian

Pengolahan Nilai

	Prosentase Bobot Komponen Penilaian				Nilai Praktik (NP)
	kognitif	Attitude	Proses	Hasil kerja	Σ NK
Bobot (%)	25	20	25	30	
Skor rata-rata Komponen					
NK					

BAB IV PENUTUP

Modul bahan ajar merupakan pendukung implementasi kurikulum 2013, untuk memenuhi kebutuhan bahan pembelajaran (*supporting materials of instruction*).

Pada kurikulum 2013 model pembelajarannya dirancang menggunakan pendekatan pembelajaran *scientific*, dimana peserta didik dituntut untuk belajar secara aktif, mencari materi dan sumber belajar sendiri.

Dengan demikian modul bahan ajar ini benar-benar dibutuhkan oleh peserta didik untuk dijadikan sumber belajar.

Peserta didik yang telah memenuhi syarat batas kelulusan minimal pada materi teori maupun praktik dinyatakan lulus dan telah memiliki kompetensi di bidang *Aircraft component CNC machining* semestetr 3.

Kepada peserta didik yang bersangkutan dapat melanjutkan program untuk mempelajari kompetensi selanjutnya *Aircraft component CNC machining* semestetr 4.

Sedangkan peserta didik yang dinyatakan belum lulus harus mengulang kembali materi ini dan belum diperkenankan untuk mempelajari materi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Emco Maier & Cc. (1988). Petunjuk pemrograman TU-2A. Hallein, Austria: Friedmann-Maier.

Emco Maier & Cc. (1988). Petunjuk pemrograman TU-3A. Hallein, Austria: Friedmann-Maier.

Taufiq Rochim. (1993). Teori & teknologi proses pemesinan. Jakarta: Higher Education Development Support Project.