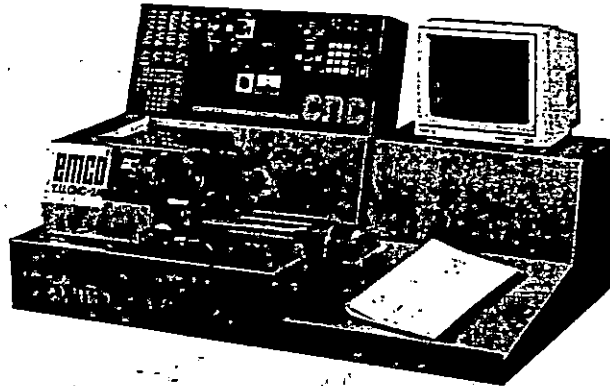


# MESIN BUBUT CNC TU 2A



Oleh :

**DRS. SYHRIL**

Dosen FPTK IKIP Padang

|                                |
|--------------------------------|
| MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG |
| DITERIMA TEL . 9-11-96         |
| SUMBER/HARGA HD                |
| KOLEKSI KI                     |
| No INVENTARIS 1031/HD/96-m.121 |
| KLASIFIKASI 621.942 SYA m.2    |

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
PADANG

1995

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

## KATA PENGANTAR

Pembuatan program dan pengoperasian mesin bubut CNC TU-2A merupakan dasar dari seluruh mesin bubut CNC Industri. Untuk memahami pemrograman dan pengoperasian mesin tersebut dapat dilakukan dengan mesin bubut CNC TU-2A. Karena fungsi dan karakteristik mesin, spesifikasi kontrol serta konsep dasar-dasar pembuatan program dapat dinyatakan hampir sama.

Buku "Mesin Bubut CNC TU 2A" membahas tentang Teknik Pemrograman dan Pengoperasian Mesin CNC TU 2A yang meliputi pengetahuan mesin dan dasar kontrol, yaitu *pengontrolan sumbu* dan *spindel*. Struktur dasar pemrograman, *pemrograman gerakan tunggal* dan *siklus* serta contoh soal yang relevan dan diakhiri dengan *pengoperasian mesin* secara terstruktur. Pembahasan ditekankan pada teknik pemrograman dengan mengelompokkan fungsi dan jenis penyayatan.

Harapan penulis, buku ini dapat memberikan informasi ilmu dan pengetahuan teknik kepada para pembaca yang mendalami bidang mesin-mesin perkakas. Seiring dengan itu diucapkan terimakasih kepada teman-teman sejawat yang telah memberikan dorongan dan sumbangan pikiran, khusus kepada Bapak Drs. Masrul Minsani, yang telah memberikan bimbingan penulisan dan membaca serta sumbangan fikiran demi terwujudnya buku ini. Penulis mendoakan, semoga amal baik yang telah diberikan diterima di sisiNya. Amin !

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan disana sini. Untuk itu penulis mengharapkan saran-saran dan kritik yang konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan buku ini. Semoga menjadi bahan bacaan bagi yang memerlukannya.

Padang, April 1995

Penulis,

## DAFTAR ISI

|   | Halaman   |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL . . . . .                               | i         |
| KATA PENGANTAR . . . . .                              | ii        |
| DAFTAR ISI . . . . .                                  | iii       |
| DAFTAR GAMBAR . . . . .                               | v         |
| <b>BAB I. PENGENALAN MESIN CNC TU 2A . . . . .</b>    | <b>1</b>  |
| A. Pengenalan Mesin Seacara Umum. . . . .             | 1         |
| B. Perangkat Pengontrol Mesin . . . . .               | 3         |
| 1. Kontrol Pada Mesin Perkakas CNC TU 2A . . . . .    | 4         |
| 2. Pengontrolan Pengerak Mesin . . . . .              | 5         |
| C. Mekanik Mesin . . . . .                            | 11        |
| 1. Motor Utama dan Motor Pengerak Sumbu. . . . .      | 13        |
| 2. Sabuk Pengerak Pully . . . . .                     | 14        |
| 3. Sistem Pemegang Pahat . . . . .                    | 15        |
| D. Data Pemesinan . . . . .                           | 16        |
| <b>BAB II. STRUKTUR DASAR PEMROGRAMAN . . . . .</b>   | <b>19</b> |
| A. Pengertian Program . . . . .                       | 19        |
| B. Aspek Teknologi Pemesinan . . . . .                | 20        |
| C. Struktur Program . . . . .                         | 23        |
| 1. Sistem Pengukuran . . . . .                        | 23        |
| 2. Posisi Referensi Point . . . . .                   | 26        |
| 3. Kondisi Penyayatan . . . . .                       | 28        |
| D. Sistem Persumbuan Mesin . . . . .                  | 30        |
| <b>BAB III. PEMROGRAMAN GERAKAN TUNGGAL . . . . .</b> | <b>33</b> |
| A. Format Program . . . . .                           | 33        |
| 1. Blok program . . . . .                             | 35        |
| 2. Kata-kata . . . . .                                | 36        |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| B.  | Pemrograman Gerak Lurus . . . . .                                   | 38 |
| 1.  | Gerak Cepat Tanpa Menyayat (G00). . . . .                           | 38 |
| 2.  | Gerak Penyayatan (G01) . . . . .                                    | 39 |
| C.  | Pemrograman Gerakan Melingkar . . . . .                             | 40 |
| 1.  | Gerak Penyayatan Searah Jarum Jam (G02) . . . . .                   | 42 |
| 2.  | Gerak Penyayatan Berlawanan Arah Jarum<br>Jarum Jam (G03) . . . . . | 44 |
| D.  | Pemrograman Ulir Tunggal . . . . .                                  | 45 |
| BAB | IV. PEMROGRAMAN PENYAYATAN SIKLUS . . . . .                         | 48 |
| A.  | Siklus Pembubutan . . . . .   | 48 |
| B.  | Siklus Penguliran . . . . .   | 51 |
| C.  | Siklus Pengaluran . . . . .   | 53 |
| D.  | Siklus Pemboran . . . . .   | 54 |
| E.  | Fungsi G Pengatur dan Tambahan . . . . .                            | 60 |
| F.  | Fungsi M Pengatur dan Tambahan . . . . .                            | 63 |
| BAB | V. PROSEDUR PENGGUNAAN MESIN CNC TU 2A . . . . .                    | 65 |
| A.  | Memasukan Program . . . . .   | 65 |
| B.  | Percobaan Program . . . . .   | 66 |
| 1.  | Pemeriksaan Secara Matematik. . . . .                               | 66 |
| 2.  | Plotter . . . . .   | 67 |
| 3.  | Dry Run Program . . . . .   | 67 |
| 4.  | Penyayatan Tanpa Benda dan Produksi . . . . .                       | 68 |
| C.  | Pengaturan Pahat . . . . .  | 69 |
| 1.  | Pemasangan Pahat . . . . .  | 69 |
| 2.  | Menentukan Data Pahat . . . . .                                     | 69 |
| 3.  | Memasukan Data Pahat . . . . .                                      | 70 |
| D.  | Setting Program . . . . .   | 71 |
| E.  | Aplikasi Program . . . . .  | 73 |
|     | DAFTAR KEPUSTAKAAN . . . . .  | 75 |
|     | LAMPIRAN . . . . .  | 76 |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar  | Halaman |
|---|---------|
| 1. Mesin Bubut CNC TU 2A . . . . .                      | 2       |
| 2. Blok Diagram Unit Main Spindel . . . . .             | 7       |
| 3. Blok Diagram Unit Step Motor . . . . .               | 8       |
| 4. Blok Diagram Unit Tool Turret . . . . .              | 9       |
| 5. Blok Diagram Unit In/output . . . . .                | 11      |
| 6. Sabuk dan Pully Untuk Pemindah Gerakan . . . . .     | 14      |
| 7. Revolver Pahat Bubut . . . . .                       | 15      |
| 8. Pengukuran Absolute . . . . .                        | 24      |
| 9. Pengukuran Inkremental . . . . .                     | 25      |
| 10. Pengukuran Gabungan . . . . .                       | 25      |
| 11. Posisi Titik Nol Benda Kerja . . . . .              | 27      |
| 12. Sistem Persumbuan Mesin . . . . .                   | 32      |
| 13. Gerak Cepat Pahat . . . . .                         | 39      |
| 14. Pembubutan Dengan Penyayatan . . . . .              | 40      |
| 15. Arah Lingkaran Pada Mesin CNC TU 2A . . . . .       | 41      |
| 16. Busur Lingkaran Searah Jarum Jam . . . . .          | 43      |
| 17. Busur Lingkaran Berlawanan Arah Jarum Jam . . . . . | 44      |
| 18. Pemotongan Ulir Tunggal . . . . .                   | 46      |
| 19. Proses Penyayatan Memanjang . . . . .               | 49      |
| 20. Posisi Koordinat Untuk Finishing . . . . .          | 49      |
| 21. Kemungkinan Posisi Penyayatan . . . . .             | 50      |
| 22. Proses Penyayatan Melintang . . . . .               | 51      |
| 23. Proses Penyayatan Ulir . . . . .                    | 52      |

| Gambar  | Halaman |
|---|---------|
| 24. Posisi Pahat Saat Penguliran . . . . .              | 52      |
| 25. Proses Pembubutan Alur . . . . .                    | 53      |
| 26. Pemboran Dengan Pemutusan Bram . . . . .            | 54      |
| 27. Siklus Pemboran Tunggal . . . . .                   | 55      |
| 28. Siklus Pemboran Dengan Waktu Tinggal Diam . . . . . | 56      |
| 29. Siklus Pemboran Dengan Penarikan . . . . .          | 57      |
| 30. Siklus Pereameran . . . . .                         | 58      |
| 31. Siklus Pereameran Dengan Waktu Diam . . . . .       | 59      |
| 32. Pahat Pada Posisi Silang Optik . . . . .            | 70      |
| 33. Kompensasi Pahat . . . . .                          | 70      |
| 34. Pengaturan Posisi Pahat Pada Sumbu X . . . . .      | 71      |
| 35. Pengaturan Posisi Pahat Pada Sumbu Z . . . . .      | 72      |
| 36. Sikronisasi Program . . . . .                       | 73      |
| 37. Gambar Kerja . . . . .                              | 74      |

## BAB I

### PENGENALAN MESIN CNC TU-2A

Mesin perkakas CNC Type TU 2A (Training Unit) dikontrol dengan memanfaatkan kontrol numerik. Pada taraf permulaan sistem kontrol numeriknya masih berupa rangkaian logik yang dibuat khusus. Sesuai dengan perkembangan mikro elektronika maka saat ini semuanya menggunakan komputer sebagai elemen pengontrol utama, sehingga dikatakan sebagai sistem kontrol numerik berdasarkan komputer (Computer Based Numerical Control) kemudian istilahnya disebut dengan CNC.

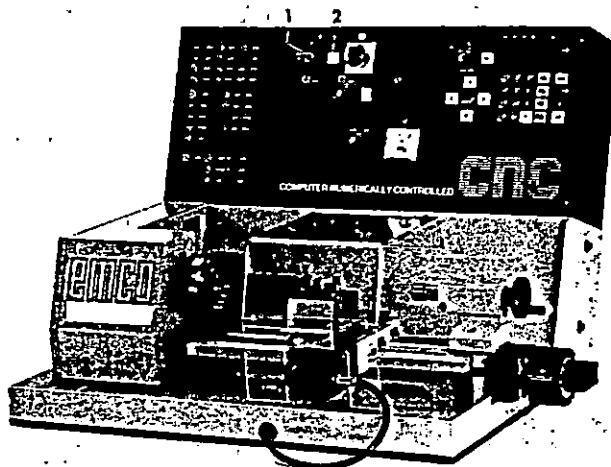
Jenis mesin perkakas ditinjau dari jenis gerakannya dapat dikelompokkan atas dua bahagian, yaitu mesin 2 axis dan 3 axis. Mesin bubut CNC TU 2A adalah mesin perkakas yang mempunyai pergerakan 2 axis, dimana pahat potong bergerak pada arah sepanjang benda dan arah diameter benda kerja.

#### A. Pengenalan Mesin Secara Umum

Mesin bubut CNC TU 2A secara mekanik mempunyai konstruksi seperti mesin bubut konvensional, dengan prinsip kerja yaitu benda berputar pada spindel utama dan pahat bergerak relatif terhadap benda kerja. Perbedaan ditinjau dari proses dalam pengerjaan, untuk mesin konvensional pelaksana (operator) harus dapat mengoperasikan dan mengendalikan mesin. Sedangkan untuk mesin CNC operator harus dapat membuat program CNC dan mengoperasikan mesin secara benar. Pengoperasian mesin

CNC dilakukan melalui program dan dapat secara manual terutama untuk melaksanakan setting tool dan setting program.

Konstruksi mesin perkakas CNC TU 2A dirancang untuk pelaksanaan pengajaran dan pelatihan dalam pengenalan mesin CNC. Mesin ini berfungsi untuk memberikan wawasan dalam pemrograman dan pengoperasian mesin-mesin perkakas CNC. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan gambar berikut.



Gambar 1. Mesin Bubut CNC TU 2A  
(Manual Hand Book CNC, 20a)

Pengenalan dan pemahaman mesin CNC terutama pada proses pengoperasian dan sistem kontrol, serta perangkat kontrolnya dapat diuraikan secara umum. Pada prinsipnya suatu unit mesin terdiri dari satu sistem pengontrolan terpadu yang disebut dengan Mesin Control Unit (MCU). Suatu proses pengontrolan dapat bekerja apabila suatu unit kontrol dengan unit kontrol yang lainnya saling bekerja sama sehingga proses pengontrolan dapat bekerja dengan baik.



## B. Perangkat Pengontrol Mesin

Bahasa yang digunakan merupakan kode-kode alpha numerik yaitu gabungan huruf dan angka. Kode-kode (program) ini dituliskan dalam bahasa simbol (G, M, I, J, K, D, P, F, T code dan lainnya) menjadi bahasa mesin (binary code) yang dimengerti prosesor. Selain perangkat lunak sistem operasi yang dibuat oleh pabrik komputer pengontrol, ROM juga berisi beberapa perangkat lunak yang tergolong sebagai perangkat lunak pemakaian khusus, antara lain :

1. Program penghitung kecepatan (speed calculation software) berfungsi untuk menentukan kecepatan termasuk aselerasi dan deselerasi sumbu gerak mesin.
2. Program interpolasi, berfungsi untuk melakukan koordinasi dan sinkronisasi gerakan antara beberapa sumbu sehingga dicapai gerakan pahat relatif terhadap benda kerja seperti yang diprogram.
3. Program kompensasi kesalahan, berfungsi untuk memperkecil kesalahan posisi akibat keterbatasan ketelitian komponen mesin ataupun lenturan akibat berat komponen yang digerakan dan mungkin juga akibat gaya-gaya pemotongan akibat proses pemotongan.
4. Program Diagnosa kerusakan berfungsi untuk mempercepat analisa kerusakan, menentukan sumber kerusakan dan petunjuk prosedur pembetulannya.

dan beberapa program pendukung lainnya yang berfungsi untuk mendeteksi perangkat pendukung mesin perkakas CNC, seperti petunjuk untuk mendeteksi posisi kerusakan antara lain cairan pendingin, pompa minyak pelumas, posisi pahat yang tidak tepat pada turret (out off posisi), pintu pelindung tidak tertutup dan lainnya.

#### 1. Kontrol Pada Mesin Perkakas CNC TU 2A

Pelaksanaan kontrol pada mesin perkakas CNC dilaksanakan oleh komputer. Fungsi kontrol yang digunakan pada mesin perkakas CNC dapat dikelompokkan dalam tiga bagian yaitu :

- a. Mengubah data menjadi instruksi terinci guna mengontrol dan mengkoordinasikan gerakan sumbu-sumbu mesin perkakas.
- b. Mengolah data masuk/keluar seperti pengkodean (encoding) instruksi ke servomotor, menerjemahkan dengan panel kontrol, reaksi terhadap sensor dan limit switch, dan sebagainya.
- c. Mengatur fungsi mesin misalnya menjalankan spindel, membuka/menutup cairan pendingin, mengganti pahat, menggantikan palet, dan sebagainya.

Secara umum perangkat pengontrolan mesin perkakas CNC TU-2A terdiri dari beberapa unit (boards). Masing-masing unit mempunyai fungsi yang berbeda dan tujuan

tersendiri, yaitu :

1. Unit Power Pupply
2. Unit Central Processor Unit (CPU)
3. Unit Main Spindel (sumbu utama mesin)
4. Unit Step Motor
5. Unit Directly Numerical Controlled (DNC)
6. Unit Video
7. Unit Interface.

Pada buku ini dibahas beberapa poin yang dianggap penting, antara lain mengenai pengontrolan sumbu utama, step motor, DNC, interface dan video.

## 2. Pengontrolan Penggerak Mesin

Putaran spindel (poros utama mesin) yang memutar benda kerja pada mesin bubut dan gerakan relatif pahat terhadap benda kerja merupakan masalah pokok dalam sistem pengontrolan mesin perkakas CNC. Teknik yang diterapkan untuk mencapai tujuan ini adalah teknik pengontrolan secara terbuka atau tertutup, masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangannya.

Sistem pengontrolan terbuka, motor penggerak biasanya motor step akan menggerakkan bagian yang digerakkan sesuai dengan perintah. Motor akan mulai berputar bila pulsa perintah diberikan dan berhenti bila pulsa tersebut tidak ada lagi.

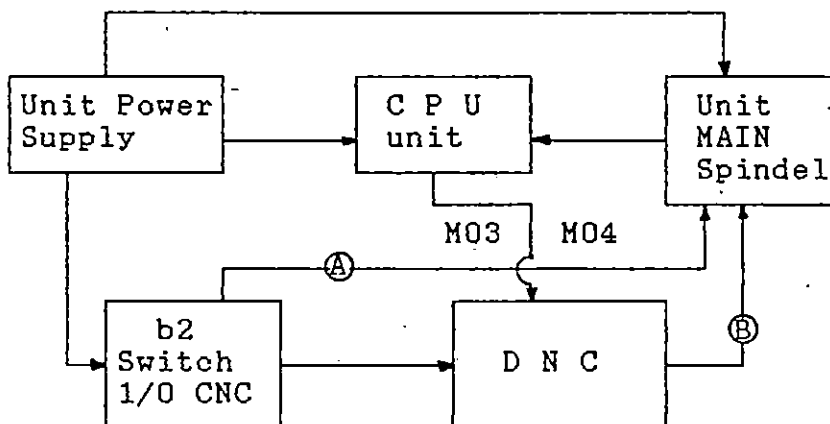
Jarak yang ditempuh ditentukan oleh jumlah pulsa yang diberikan serta kepekaan (sensitivity) sistem pengontrolan yaitu rasio antara satuan pulsa input terhadap satuan gerakan output yang dipengaruhi oleh karakteristik motor step putaran per pulsa dan rasio transmisi sistem penggerak dari motor sampai ke komponen yang digerakkan. Kecepatan gerakan ditentukan oleh frekuensi pulsa dan dibatasi sampai dengan kecepatan maksimum sesuai dengan daerah kerjanya.

Sistem kontrol terbuka dengan menggunakan motor step merupakan cara yang mudah dilaksanakan, akan tetapi tidak selalu merupakan cara yang terbaik. Karena merupakan loop kontrol yang terbuka maka sistem pengontrolan mudah dipengaruhi oleh gangguan luar, dengan demikian ketelitian gerakan, kesalahan jarak juga terpengaruh. Kerugian ini bisa diperkecil dengan menerapkan sistem kontrol tertutup. Dalam hal ini digunakan alat ukur posisi yang mampu memberikan umpan balik. Motor penggerak dapat merupakan motor step tetapi karena keterbatasan daya dan torsi maksimumnya maka pada umumnya sistem kontrol tertutup menggunakan motor servo.

a. Pengontrolan Sumbu Utama (Spindel Mesin)

Unit Main Spindel berfungsi untuk mengontrol sumbu utama (spindel mesin). Pengontrolan sumbu utama mesin melalui program (CNC mode) harus melalui CPU, setelah mendapat perintah (sinyal) dari unit main spindel. Sedangkan untuk proses manual mode dapat langsung ke unit main motor.

Sinyal tersebut adalah perintah dalam bentuk kode-kode tertentu yang akan diterjemahkan oleh CPU, lalu dikirim ke unit DNC untuk mendelegasikan kerja berupa arah putaran (searah atau berlawanan arah jarum jam) dan jumlah putaran motor. Untuk lebih jelas dapat diperhatikan blok diagram berikut:



Jalur A : Main spindel dalam mode manual

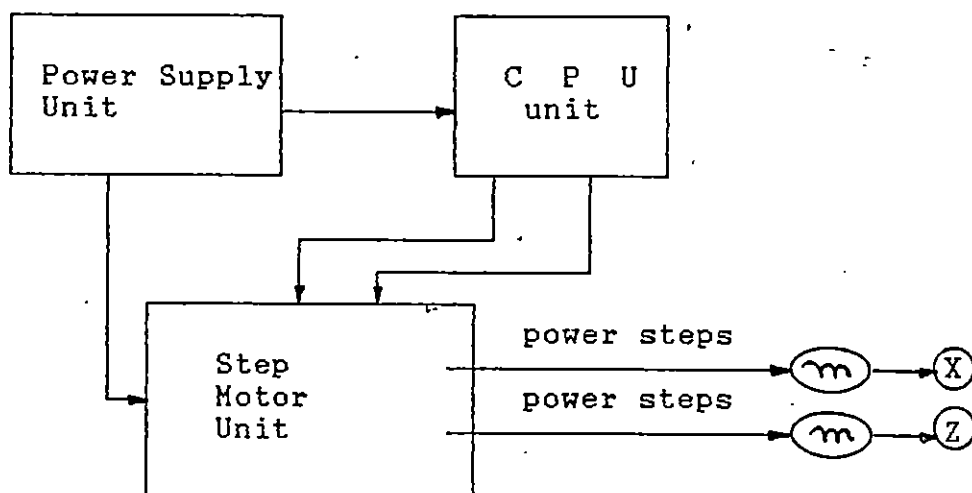
Jalur B : Main spindel dalam mode CNC (program)

Gambar 2. Blok Digram Unit Main Spindel

(Joseph P & M. Sava, 15)

## b. Pengontrolan Step Motor Unit

Unit Step Motor berfungsi untuk mengontrol motor penggerak sumbu X dan Z. Pengontrolan motor penggerak sumbu-sumbu mesin seperti sumbu X dan sumbu Z adalah melalui CPU unit. Data yang masuk berupa kode dan angka diterjemahkan oleh CPU menjadi bahasa mesin yang berbentuk bilangan biner dan ditransfer ke step motor unit berupa perintah gerakan cepat (rapid), gerakan penyayatan (feeding), gerakan lengkung (arc) dan gerakan siklus terhadap sumbu X dan sumbu Z, serta perintah kecepatan gerakan sumbu (feed rate) yang diprogramkan. Untuk lebih jelasnya perhatikan blok diagram berikut.



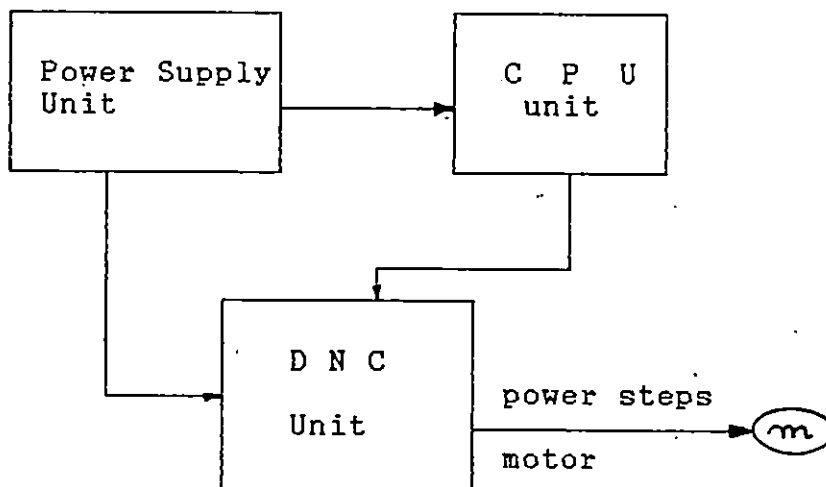
Gambar 3. Blok Diagram Unit Step Motor

(Joseph P & M. Sava, 19)

### c. Pengontrolan Tool Turret (Pahat)

Unit Directly Numericall Controlled (DNC) salah satu fungsinya adalah untuk mengontrol tool turret. Pengontrolan tool turret (pengaturan posisi pahat) dapat dilakukan secara terprogram melalui CPU unit. Data pergantian pahat yang merupakan input (M06 Xor.... Zor.... T..) untuk perintah pergantian pahat akan diterjemahkan oleh CPU dan kemudian ditransfer ke DNC unit. DNC unit akan melaksanakan perintah sesuai dengan perintah yang diprogramkan, seperti berapa devisi pergerakan pahat yang akan dilakukan dan berapa nilai tool kompensasinya.

Pergantian pahat dilakukan searah jarum jam, artinya motor tool turret hanya dapat berputar searah jarum jam. Posisi pandangan dari arah belakang motor.



Gambar 4. Blok Diagram Unit Tool Turret

(Joseph P & M. Sava, 25)

#### d. Pengontrolan In/Output Unit

Pengontrolan in/output yang dimaksud adalah in/out pada interface unit dan in/output pada video unit.

Unit interface pada in/output adalah berfungsi untuk mengontrol penggunaan kaset, disket sebagai media untuk menyimpan dan memasukan program.

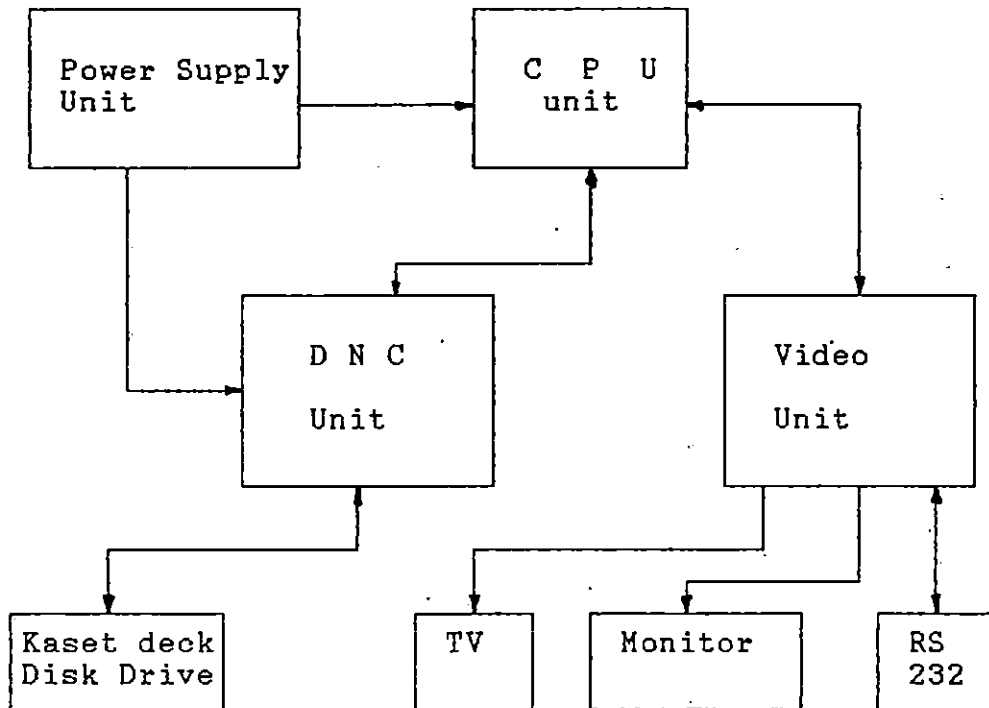
Unit video pada in/output berfungsi untuk perangkat pengontrol monitor, TV net untuk tampilan program pada layar monitor atau secara parallel dengan TV net. Sedangkan RS 232 adalah berfungsi untuk hubungan serial antara mesin dengan personal computer (PC) dan sebaliknya.

Menyimpan atau mengeluarkan data dari mesin ke disket atau kaset dan sebaliknya dapat dilakukan mesin melalui CPU dan kemudian ditansfer ke interface unit. Interface unit akan melaksanakan perintah sesuai dengan perintah yang diprogramkan, seperti menyimpan atau mengeluarkan program.

Tampilan program yang telah diinput melalui key board atau melalui kaset dapat dilihat pada layar monitor atau melalui TV net. Sedangkan RS 232 adalah untuk rangkaian serial dari mesin ke PC atau sebaliknya dari PC ke mesin. Data yang tampil pada monitor merupakan jalinan kerja antara CPU unit



dengan video unit. Untuk lebih jelas dapat diperhatikan blok diagram berikut.



Gambar 5. Blok Diagram Unit In/Output

(Joseph P & M. Sava, 40)

### C. Mekanik Mesin

Pada waktu mesin dinyalakan tindakan mula yang dilakukan komputer adalah "operasi pengenalan diri" (booting) dengan cara membaca Perangkat Lunak Sistem Operasi (Operating System Software) yang tersimpan dalam ROM (EPROM atau Magnetic Bubble) dan dimasukkan dalam active memory MCU. Dengan cara demikian komputer mengetahui fungsinya sebagai pengontrol suatu jenis mesin

perkakas. Tugas perangkat lunak Sistem Operasi ini antara lain berkaitan dengan.

1. Pendefinisian tugas (prioritas, lokasi dan status),
2. Pengalokasian dan pengontrolan setiap komponen (hardware) untuk menangani tugas.
3. Pengelolaan data (files, interfaces, I/O operations)

Pengaktifan dan penonaktifan beberapa komponen mesin perkakas seperti spindel (hidup, mati, arah putaran dan kecepatan putaran), ATC, pompa hidrolis, pompa pneumatik, pompa cairan pendingin, chip conveyor dan sebagainya dilaksanakan dibawah koordinasi prosessor pada programmable controller sesuai dengan program yang diberikan.

Penulisan dan memasukan (input) data dilaksanakan melalui key board atau melalui media lain seperti disket, kaset, yang digabungkan dengan bus melalui suatu interface. Pada umumnya serial interface (RS 232 C) sehingga memungkinkan penggabungan dengan unit pemogram lain (PC). Sistem kontrol yang dilengkapi dengan bus coupler dapat menggabungkan beberapa peralatan lain di luar mesin, seperti robot atau dengan komputer sentral apabila mesin perkakas diintegrasikan dalam sistem terpadu (CIM).

## 1. Motor Utama dan Motor Penggerak Sumbu

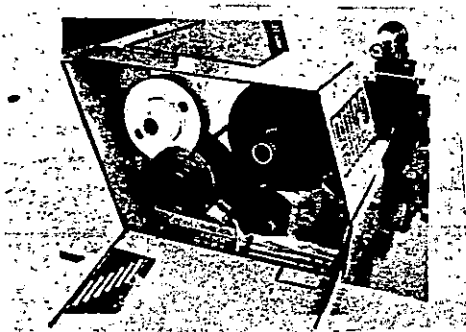
Penggerak utama dari mesin perkakas CNC adalah motor listrik, yaitu motor servo. Cara kerja motor servo adalah putaran dan momen torsi porosnya bisa diatur. Motor servo banyak digunakan sebagai sumber penggerak sumbu utama dan gerakan pemakanan mesin perkakas CNC. Menurut prinsip kerjanya motor servo dibagi menjadi dua jenis, yaitu motor servo AC dan motor servo DC. Motor servo AC merupakan motor sinkron dari jenis magnet permanen. Pada umumnya sumbu utama dari mesin perkakas CNC menggunakan motor servo AC, sedangkan motor servo DC mempunyai magnet permanen yang terpasang pada stator ataupun pada rotornya jenis ini banyak dipakai untuk pergerakan sumbu-sumbu mesin perkakas CNC.

Perubahan putaran sumbu utama dari cepat ke lambat dan sebaliknya dapat dilakukan dengan mengubah tegangan melalui tombol pengatur jumlah putaran. Untuk melindungi motor dari beban lebih, mesin dilengkapi dengan amper meter sebagai indikator pembatasan pemakaian arus listrik. Untuk mesin CNC TU 2A motor listrik yang digunakan mempunyai beban maksimum pemotongan 4 Amper. Apabila beban saat pemotongan melebihi beban tersebut, maka motor akan terbakar.

## 2. Sabuk Penggerak Pully

Hubungan dari motor penggerak ke poros utama mesin (spindel utama) menggunakan alat pemindah gerakan yang disebut dengan sabuk. Digunakan sabuk sebagai alat pemindah gerakan karena pada motor dan ujung spindel menggunakan pully.

Pully yang digunakan ada 6 tingkatan dengan satu buah poros perantara. Hal ini memberikan kemungkinan untuk melakukan pengaturan jumlah putaran sumbu utama. Variasi jumlah putaran sumbu mesin tergantung dari bentuk hubungan yang ditentukan. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan gambar berikut:



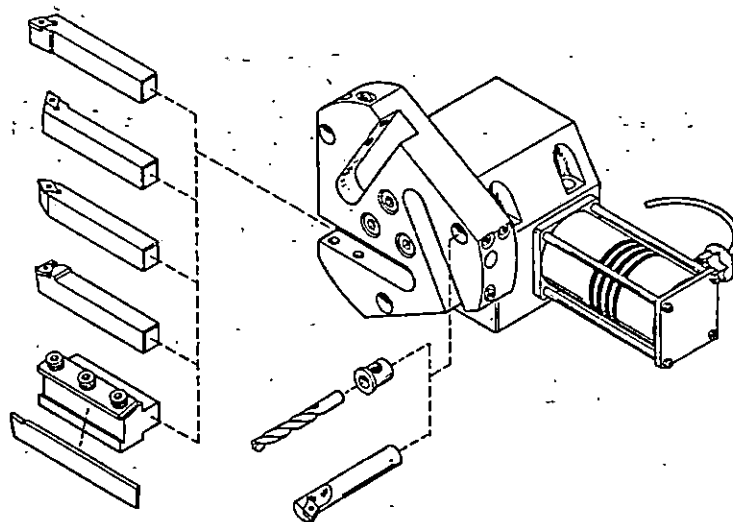
- A. Pully Motor Penggerak
- B. Pully Poros Perantara
- C. Pully Poros Utama Mesin

Gambar 6. Sabuk dan Pully untuk Pemindah Gerakan

(Manual Hand Book CNC TU-2A: 21)

### 3. Sistem Pemegang Pahat (Revolver)

Pahat potong untuk mesin CNC TU 2A dapat dipasang sekaligus sesuai dengan kebutuhan. Sistem pemegang pahat yang lebih dari satu dan dapat berganti secara otomatis disebut dengan revolver pahat, untuk mesin-mesin besar disebut dengan istilah tool turret yang mempunyai maksud sama yaitu tempat pemasangan pahat. Perbedaannya adalah revolver tidak dapat menyimpan data kompensasi alat potong, sedangkan pada turret telah mempunyai data tempat menyimpan kompensasi alat potong yang disebut dengan tools offset. Nilai kompensasi alat potong (tools offset) akan diuraikan lebih lanjut pada bab V dalam fasal pergantian alat potong. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan gambar berikut:



Gambar 7. Revolver Pahat Bubut  
(Manual Hand Book CNC TU-2A: 257)

Revolver pahat untuk mesin CNC TU 2A mempunyai fasilitas pemasangan pahat sebanyak 6 buah, yaitu 3 buah untuk pengerjaan luar dan 3 buah untuk pengerjaan dalam. Untuk pengerjaan luar seperti pahat bubut rata kanan dan kiri, pahat alur, pahat ulir luar dan pahat potong. Sedangkan untuk pengerjaan dalam tersedia lubang untuk mata bor, senter drill, pahat bubut dalam, pahat ulir dalam dan sebagainya.

### C. Data Pemesinan

Berdasarkan gambar teknik dinyatakan spesifikasi geometris suatu produk komponen mesin, tingkatan proses pemesinan, ukuran objektif dan pahat harus menyayat atau membuang sebahagian material benda kerja sampai mencapai ukuran objektif tersebut. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang bram atau geram (chip) dan selain itu ditinjau berbagai aspek teknologi pemotongan.

Situasi seperti ini timbul pada setiap perencanaan proses pemesinan, dengan demikian dapat dikemukakan lima elemen dasar proses pemotongan, yaitu:

1. Kecepatan potong (cutting speed) ;  $v$  (m/min)
2. Kecepatan pemakanan (feeding speed) ;  $v_f$  (mm/min)
3. Kedalaman pemotongan (depth of cut) ;  $a$  (mm)
4. Waktu pemotongan (cutting time) ;  $t_c$  (min)
5. Volume bram (rate of metal removal) ;  $Z$  (cm<sup>3</sup>/min).

Elemen proses pemesinan tersebut dihitung berdasarkan dimensi benda kerja, atau pahat serta besaran/kapasitas dari mesin perkakas. Proses pembubutan di atas dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Kecepatan Potong :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad ; \quad (\text{m/min})$$

dimana : d = diameter rata-rata

$$(d_1 + d_2)/2 \quad ; \quad (\text{mm})$$

n = putaran sumbu utama (r/min)

2. Kecapatan pemakanan :  $v_f = f \cdot n$  ; (mm/min)

dimana : f = gerak pemakanan (mm/r)

3. Waktu pemotongan :  $t_c = l_t / v_f$  ; (min)

4. Kecapatan penghasilan bram :  $Z = A \cdot v$

dimana : A = penampang bram sebelum terpotong

$$= f \cdot a \quad ; \quad (\text{mm}^2)$$

$$a = (d_1 - d_2)/2 \quad ; \quad (\text{mm})$$

Maka :  $Z = f \cdot a \cdot v$  ; (cm<sup>3</sup>/min)

Kecepatan maksimal yang diizinkan tergantung kepada :

1. Bahan benda kerja, makin tinggi kekuatan bahan, makin rendah kecepatan potong.
2. Bahan pahat potong, pahat karbida memungkinkan kecepatan potong lebih tinggi dari pada pahat HSS.
3. Besarnya gerak pemakanan, makin besar gerak pemakanan (f), maka kecepatan potong makin kecil (v).
4. Dalam pemotongan, makin besar dalam pemotongan (a), maka makin kecil kecepatan potong (v).

Kecepatan potong untuk latihan dengan menggunakan mesin perkakas CNC TU 2A.

1. Bahan benda kerja : Aluminium bebas potong (toradur)

2. Pahat : Karbida

3. Kecepatan potong pembubutan : 150 - 200 m/min

Kecepatan potong pemotongan : 60 - 80 m/min

4. Besarnya gerak pemakanan pembubutan : 0,02 - 0,1 mm/r

Besarnya gerak pemakanan pemotongan : 0,01 - 0,02 mm/r

Dari pembahasan di atas dapat ditentukan data pemesinan yang digunakan untuk proses pemesinan, yaitu:

1. Tentukan kecepatan potong bahan benda kerja ( $v$ )

2. Tentukan jumlah putaran sumbu utama mesin ( $n$ )

3. Hitung besarnya gerak pemakanan ( $f$ ).

Contoh : - Diameter benda kerja 40 mm,

- Kecepatan potong = 150 m/min

- Kecepatan Pemakanan = 70 mm/min

Tentukan : a. *Putaran sumbu utama*

b. *Gerak pemakanan*

$$\text{Jawab : } n = \frac{150 \cdot 1000}{3,14 \cdot 40}$$

$$= 1200 \text{ rpm}$$

$$f = \frac{vf}{n} = 70 / 1200$$

$$= 0,06 \text{ mm/r}$$

Pemakaian data pemesinan ini akan dijelaskan pada bab-bab berikut tentang program.



## BAB II

### STRUKTUR DASAR PEMROGRAMAN

#### A. Pengertian Program

Program Computer Numerically Controlled (CNC) ialah merupakan sejumlah urutan perintah logis yang dibuat bagi suatu jenis mesin perkakas CNC dalam rangka pembuatan suatu komponen mesin atau peralatan permesinan. Program CNC tergantung pada jenis mesin perkakas serta berbagai proses yang mampu dilakukan oleh mesin perkakas CNC yang bersangkutan, maka program CNC tidak selalu berkaitan dengan teknologi proses pemesinan saja, melainkan dapat pula berhubungan dengan proses-proses pembuatan lainnya, seperti proses pembentukan, proses pengelasan, proses pada mesin-mesin konvensional dan sebagainya.

Program CNC dibuat dengan bahasa atau format tertentu yang terdiri dari sejumlah urutan data-data berupa kode-kode tertentu yang dapat dimengerti oleh unit pengontrol mesin yaitu Mesin Control Unit (MCU). Untuk dapat membuat suatu program CNC dengan baik, seorang programmer harus menguasai teknologi proses serta memahami karakteristik mesin perkakas CNC yang bersangkutan.

Aturan pembuatan program dengan bahasa mesin relatif mudah untuk dipelajari, sebaliknya teknologi proses pemesinan serta karakteristik mesin-mesin perkakas CNC membutuhkan pemahaman dan keterampilan tersendiri. Bekal pengetahuan teori (scientific knowlwdge), pengetahuan

praktis (practical knowlwdge), serta keterampilan/skill (know-how) dalam teknologi proses pemesinan merupakan kunci keberhasilan dalam pembuatan program yang baik dan berhasil, dengan arti lain ialah programmer yang mampu menghasilkan komponen mesin dan peralatan yang dapat dipertanggung jawabkan dari segi teknis yaitu toleransi geometrik maupun dari segi ekonomis yaitu faktor biaya proses.

## B. Aspek Teknologi Pemesinan

Pada tahap awal dalam pembuatan program adalah langkah persiapan untuk mempertimbangkan masalah yang berhubungan dengan teknologi proses pemesinan. Untuk lebih mudahnya dapat dijelaskan sebagai berikut.

### 1. Memahami Gambar Teknik

Dalam memperhatikan gambar teknis beberapa hal yang harus diperhatikan adalah ukuran/dimensi data atau elemen-elemen geometris dan teknologi. Hal lain yang juga harus dipertimbangkan adalah masalah toleransi yang meliputi toleransi dimensi, toleransi bentuk dan toleransi posisi.

Dengan mempelajari geometri komponen tersebut dapat ditentukan garis besar jenis proses pemesinan dan urutan pekerjaannya serta dapat ditentukan jenis mesin perkakas CNC yang cocok seperti turning, milling

atau drilling. Hal yang juga harus dipertimbangkan adalah dimensi benda kerja.

## 2. Ukuran Benda Kerja

Proses pembuatan program selanjutnya adalah masalah dimensi serta bentuk bahan benda kerja seperti batangan, selinder, kubus atau bentuk khusus hasil proses pekerjaan lanjut pada proses manual dan volume ruang kerja yang ditentukan oleh dimensi meja mesin dan tinggi spindel pada mana benda kerja dipasang.

Faktor lain yang perlu dipertimbangkan adalah masalah toleransi pengukuran, meliputi mengenai toleransi maksimum dan minimum serta cara penempatan benda kerja seperti penjepitan benda dan perangkat pembantunya. Disamping itu hal yang sangat perlu dipertimbangkan adalah masalah daerah bebas pahat dan daerah terlarang (forbidden), yaitu daerah yang tidak boleh dilalui pahat, tujuannya adalah untuk menghindari tabrakan pahat dengan peralatan pemesinan seperti alat penjepit (chuck) dan alat bantu lainnya.

## 3. Pahat Potong

Jenis dan jumlah pahat dipilih sesuai dengan urutan pengerjaan yang akan dilakukan. Dalam hal ini geometri pahat merupakan hal sangat perlu disesuaikan dengan bentuk penyayatan yang akan dilaksanakan, seperti pahat bubut rata kanan untuk penyayatan rata

dan tidak baik digunakan untuk pembuatan bentuk lain seperti alur dan bentuk khusus lainnya. Disamping itu dimensi pahat seperti panjang dan lebar pahat dapat disesuaikan dengan ukuran mesin yang digunakan.

Setiap pahat harus diberi kode dengan nomor urutan pemakaian beserta keterangan mengenai geometri dan dimensinya. Kode dan keterangan ini merupakan data pahat yang akan dimasukkan sebagai input pada alat pengontrol mesin, supaya posisi dan lokasi pahat dapat dimengerti oleh komputer dan dapat digunakan sewaktu proses pemotongan.

- |                       |        |     |
|-----------------------|--------|-----|
| Contoh 1. Pahat kanan | : kode | T01 |
| 2. Center drill       | : kode | T02 |
| 3. Pahat alur         | : kode | T03 |
| 4. Bor $\phi$ 7 mm    | : kode | T04 |
| 5. Pahat Ulir         | : kode | T05 |
| dst.                  |        |     |

#### 4. Kondisi Pemotongan

Untuk setiap langkah pemesinan, kondisi pemotongan yang meliputi kecepatan putar spindel (speed), kecepatan penyayatan (feeding) dan ketebalan penyayatan (depth of cut) harus dapat ditentukan sesuai dengan objektif dan tujuan proses pemesinan seperti yang telah diuraikan pada bab I. Untuk pencapaian tujuan tersebut berbagai kendala seperti proses pembentukan chip, gaya potong, daya motor yang tersedia serta kehalusan permukaan yang diinginkan

harus dipertimbangkan, sehingga diharapkan mesin dapat bekerja pada kondisi pemotongan yang optimum dengan pertimbangan ongkos dan produktivitas mesin.

### C. Struktur Program

Pembuatan program secara manual biasanya dilakukan terlebih dahulu dengan menuliskan semua perintah pada lembaran kerja dengan format tertentu sebelum diketik sebagai input ke unit pengontrol mesin. Kode dan fungsi tertentu merupakan persiapan awal yang harus dipahami sebelum proses pembuatan program dilaksanakan, disamping juga harus mempelajari kode-kode tambahan.

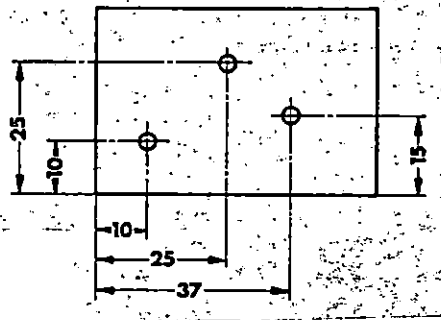
Kode-kode untuk gerakan pahat merupakan program lintasan pahat yang mana pada prinsipnya ialah pergerakan pahat relatif terhadap benda kerja. Demikian pula halnya dengan perintah-perintah lain seperti penggantian pahat, penggantian/pembalikan benda kerja dengan menghentikan program sementara, menjalankan dan mematikan spindel serta cairan pendingin.

#### 1. Sistim Pengukuran

Sistim pengukuran yang umum digunakan dalam proses pemesinan pada prinsipnya ada tiga macam, yaitu sistim pengukuran secara Absolute, Inkremental, Mixed. Untuk lebih jelasnya dapat diuraikan sebagai berikut:

### a. Sistem Pengukuran Absolute.

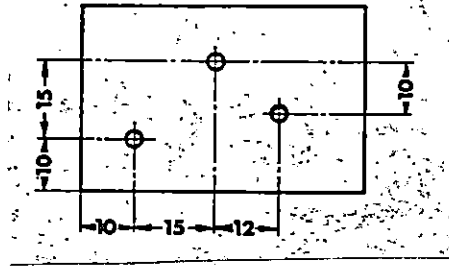
Pemrograman dengan sistem absolute ialah suatu proses pengukuran yang dilakukan selalu dari titik asal atau nol (refferensi point). Artinya setiap pengukuran (panjang, diameter) selalu dihitung dari titik nol. Pengukuran absolute juga disebut pengukuran referensi. Perhatikan contoh berikut, gambar diukur dari satu titik.



Gambar 8. Pengukuran Absolute  
(Manual Hand Book CNC, 57)

### b. Sistem Pengukuran Inkremental

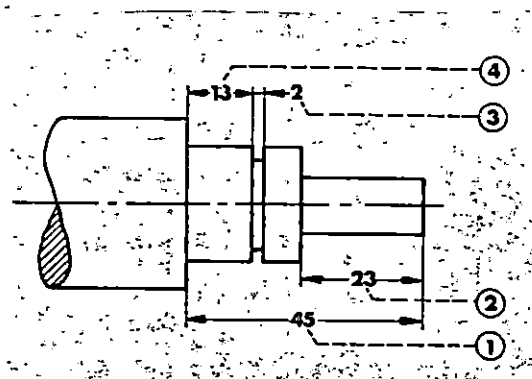
Pemrograman dengan sistem inkremental ialah suatu proses pengukuran yang dilakukan dari titik ke titik. Artinya setiap pengukuran (panjang, diameter) selalu dihitung dari titik sebelumnya ke titik selanjutnya. Pengukuran inkremental disebut juga pengukuran berantai. Perhatikan contoh berikut, setiap ukuran didasarkan pada titik pengukuran sebelumnya.



Gambar 9. Pengukuran Inkremental  
(Manual Hand Book CNC, 57)

c. Sistem Pengukuran Gabungan (mixed)

Pemrograman dengan sistem mixed ialah suatu proses pengukuran yang dilakukan dari gabungan antara sistem absolute dan inkremental. Artinya setiap pengukuran (panjang, diameter) dapat dihitung dari titik titik nol atau titik sebelumnya ke titik selanjutnya. Perhatikan contoh berikut, Pengukuran jarak antara titik-titik ada yang absolute dan inkremental. Ukuran 1 dan 2 adalah absolute, ini berarti dari satu titik. Sedangkan ukuran 3 dan 4 adalah inkremental, yaitu dari titik ke titik.



Gambar 10: Pengukuran Gabungan  
(Manual Hand Book CNC, 57)

Mesin bubut CNC TU 2A dapat diprogram secara absolute atau inkremental. Keuntungan menggunakan program absolute adalah Jika terjadi perubahan posisi/ukuran suatu titik, maka posisi/ukuran titik-titik yang lain tidak berubah (tetap). Kerugiannya hanya agak sulit dalam menghitung jarak-jarak tertentu.

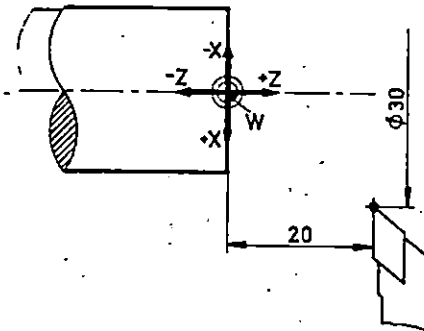
Keuntungan menggunakan program inkremental adalah Metode pengukuran ini dalam banyak hal lebih mudah, sebab penguran dilakukan dari titik ke titik, tanpa harus menjumlah atau mengurangi. Tetapi kerugiannya, jika terjadi perubahan ukuran/posisi suatu titik maka titik-titik yang lain ikut berubah.

## 2. Posisi Referensi Point

Posisi Referensi Point atau titik nol dalam pembuatan program selalu mengacu pada faktor-faktor kemudahan yang akan dilaksanakan. Titik nol pada mesin perkakas CNC turning (bubut) biasanya ditempatkan pada bagian ujung dan dititik pusat diameter benda kerja. Dipilihnya posisi tersebut karena memberikan kemudahan pada programer dalam pembuatan program. Seperti pemilihan kwadran dalam koordinat kartesius, hanya menggunakan satu kwadran, yaitu kwadran II. Untuk ini semua nilai X adalah positif dan nilai Z adalah negatif.



Untuk mendefinisikan posisi titik nol dalam program, selalu mengacu pada dimana posisi titik tersebut akan ditempatkan. Jika ditempatkan pada titik pusat diameter dan di bagian ujung benda, maka titik tersebut akan terdefinisi oleh posisi (jarak-jarak) *pahat pertama* ditempatkan. Artinya pahat pertama yang aktif dan posisinya akan memberikan informasi pada komputer bahwa posisi titik nol berada pada posisi  $X_0$  dan  $Z_0$ . Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut:



Gambar 11. Posisi Titik Nol Benda Kerja  
(Manual Hand Book CNC, 149)

Untuk memberikan informasi data sebagai input pada komputer, format masukan untuk titik nol (referensi) adalah dengan perintah G92 dengan format sebagai berikut :

$N.. / G92 / X.... / Z....$

Untuk menetapkan posisi titik nol ke tempat yang dikehendaki, harus didefinisikan dengan penetapan koordinat  $X_0$  dan  $Z_0$ .

Penulisan koordinat dalam tingkat ketelitian 1/100 mm atau 0,01 mm. Artinya jika pengukuran 1 mm dituliskan dalam program 100. Sedangkan ukuran X harus dinyatakan dalam diameter. Untuk lebih jelasnya cara penetapan tersebut dapat dilihat format berikut.

| N    | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(T)(L)(K) | H |
|------|----------|----------|----------|----------------|---|
| 00   | 92       | 3000     | 2000     |                |   |
| dst. |          |          |          |                |   |

Keterangan:

- G92 = perintah penetapan posisi titik nol
- X 3000 = posisi pahat pertama ditempatkan, pada diameter 30 mm searah sumbu X.
- Y 2000 = posisi pahat pertama ditetapkan, pada jarak 20 mm searah sumbu Z

### 3. Kondisi Penyayatan

Kondisi penyayatan meliputi kecepatan penyayatan (potong), kecepatan putar spindel, kedalaman (tebal) penyayatan, jenis bahan benda kerja, bahan pahat dan sebagainya. Kecepatan potong yang tinggi (temperatur tinggi) ketahanan pahat akan turun, kecuali pemotongan dengan pahat khusus, seperti pahat yang mengandung unsur karbida tinggi. Akibat temperatur kerja yang tinggi, maka struktur material pahat akan lemah dan tidak tahan akan deformasi yang disebabkan oleh gaya pemotongan. Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu diberikan cairan pendingin untuk mencegah terjadinya proses oksidasi.

Untuk memberikan informasi kepada komputer tentang data kondisi penyayatan, seperti kecepatan penyayatan (F), kisar ulir (K) dan tebal penyayatan, adalah seperti berikut. Misal pahat bergerak dengan 0,1 mm/r maka penulisan dalam program F=100 atau untuk membuat ulir dengan pitch 1,5 mm maka ditulis K=150 dan kedalaman penyayatan 2 mm maka dalam program ditulis H=200. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel berikut.

| N   | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(T)(L)(K) | H |
|-----|----------|----------|----------|----------------|---|
| ... |          |          |          |                |   |
| 08  | 01       | 1800     | -250     | 100            |   |

Keterangan:

F = 100 artinya kecepatan gerak pahat 0,1 mm/r.

Jika benda kerja berputar 1000 r/min, maka

kecepatan pahat bergerak :  $(V_f) = f \cdot n$

$V_f = 1000 \text{ r/min} \times 0,1 \text{ mm/r} = 100 \text{ mm/min}$

Posisi penggantian pahat adalah pada daerah yang aman, dimana suatu posisi yang pada mana pahat sewaktu berputar tidak menyentuh/menabrak sesuatu. Biasanya posisi aman ini berada pada bagian yang agak jauh dari benda kerja. Seperti :

| N   | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(T)(L)(K) | H |
|-----|----------|----------|----------|----------------|---|
| ... |          |          |          |                |   |
| 15  | 00       | 4500     | 500      |                |   |

Keterangan: G00 dengan tujuan  $X = 4500$  dan  $Z = 500$

Dimana posisi tersebut aman untuk diameter benda kerja 22 mm. Karena dianggap pahat tidak menjentuh benda kerja, posisi ini tidak mutlak dapat disesuaikan dengan ukuran benda kerja.

#### D. Sistem Persumbuan Mesin

Gerakan pahat dan perintah terhadap mesin untuk melaksanakan fungsi tertentu, merupakan jenis perintah yang dapat dikontrol secara periodik. Gerakan pahat terhadap sumbu mesin bisa bergerak satu sumbu dan dua sumbu atau bergerak secara bersamaan sekaligus. Kemampuan sumbu-sumbu mesin untuk bergerak ditentukan oleh kapasitas mesin CNC dalam melaksanakan perintah tersebut, disamping kemampuan desain program yang bertujuan pada orientasi produk.

Proses pemesinan bertujuan mengubah bentuk atau geometri benda kerja menjadi bentuk produk dengan cara pemotongan. Geometri produk dapat didefinisikan dengan memakai sistem sumbu (koordinat) yang tertentu. Setiap gerakan komponen mesin yang mengakibatkan perubahan posisi pahat sesuai dengan keinginan atau pada daerah yang mampu dikontrol oleh unit pengontrol mesin disebut sumbu (axis). Dengan demikian derajat kebebasan gerakan pahat terhadap benda kerja ditentukan oleh jumlah sumbu atau konstruksi mesin perkakas CNC.

Guna mempermudah dalam pembuatan program maka sistem persumbuan yang digunakan untuk mendefinisikan geometri gambar kerja (produk) harus disamakan atau disetarakan dengan sistem sumbu mesin perkakas CNC yang sebenarnya. Artinya penamaan sumbu mesin perkakas CNC harus distandarkan supaya mempunyai sifat mampu tukar (interchangeability). Maka suatu program CNC dapat dimengerti oleh berbagai jenis mesin perkakas lain dengan berbagai jenis kontrol dan gerakannya tanpa mengalami kesalahan dalam pengertian arah gerakannya, proses ini disebut dengan program station.

Penerapan simbol sumbu pada mesin perkakas CNC mengikuti aturan khusus, yang dimulai dengan sumbu X dan diikuti sumbu Z, seperti berikut:

**1. Sumbu X (sumbu yang tegak lurus terhadap mesin):**

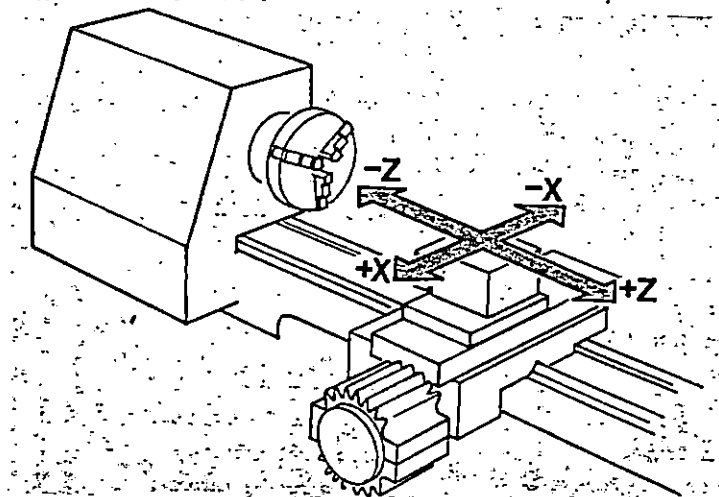
Sumbu X dalam program adalah untuk mendefinisikan posisi pahat pada diameter benda.

- a. Sumbu X ditetapkan sejajar dengan gerak radial pahat; dan tegak lurus terhadap meja mesin, atau melintang secara horizontal.
- b. Arah gerakan positif didefinisikan searah dengan gerakan yang menjauhi spindel (memperbesar volume kerja).

## 2. Sumbu Z (sumbu longitudinal):

Sumbu Z dalam program adalah untuk mendefinisikan posisi pahat pada daerah sepanjang benda.

- a. Didefinisikan pada sumbu utama atau spindel mesin. Spindel ini dapat memutar benda kerja pada mesin bubut.
- b. Apabila mesin mempunyai beberapa spindel, maka spindel yang direferensikan adalah spindel yang tegak lurus terhadap meja mesin (bed mesin).
- c. Arah gerakan positif didefinisikan searah dengan gerakan yang memperbesar jarak antara pahat terhadap benda kerja atau spindel (memperbesar volume ruang kerja). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut.



Gambar 12. Sistem Persumbuan Mesin  
(Manual Hand Book CNC, 54)

### BAB III

#### PEMROGRAMAN GERAKAN TUNGGAL

Pemrograman mesin bubut CNC TU-2A adalah dengan menggunakan kode huruf dan angka untuk alamat tertentu sebagai input pada program. Kode-kode yang digunakan dalam program merupakan perintah untuk pergerakan pahat dan proses pemesinan.

##### A. Format Program

Semakin canggih komputer yang dipakai sebagai alat pemrogram ataupun langsung sebagai unit pengontrol mesin, maka jenis bahasa pemrograman (soft ware) lebih fleksibel. Tujuannya adalah untuk mempermudah, mempercepat dan menghindari kemungkinan terjadinya kesalahan pada proses pembuatan program secara manual. Untuk lebih mempermudah dalam memahami pembuatan program, maka dianjurkan untuk menggunakan fungsi dan kode yang tepat dan efektif dalam arti kata tepat dalam perhitungan dan aman dalam pelaksanaan sukses dalam produksi.

Bentuk lain cara pembuatan program adalah dengan bantuan komputer mikro yang telah dilengkapi dengan soft ware yang lebih canggih, dimana programmer dapat melihat lintasan gerakan pahat pada layar monitor sewaktu proses pemrograman berlangsung. Perintah diberikan dalam bentuk bahasa atau simbol-simbol yang mudah dimengerti dan sangat sederhana. Sementara itu berbagai perhitungan atas dimensi, transformasi koordinat, lintasan pahat,

kompensasi panjang dan jarak pahat, kecepatan, percepatan, perlambatan dan sebagainya dilaksanakan oleh komputer, sedangkan programer hanya memberikan tuntunan dan menentukan bentuk gerakannya. Proses ini yang disebut dengan Computer Aided Manufacturing (CAM).

Sebuah program CNC TU 2A pada memory suatu komputer dapat ditulis dalam bentuk sebuah format yang mana terdiri dari beberapa gabungan blok kata pada baris-baris (lines) perintah (commands). Perhatikan contoh berikut tentang format program untuk TU 2A.

| N    | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(T)(L)(K) | H |
|------|----------|----------|----------|----------------|---|
|      |          |          |          |                |   |
|      |          |          |          |                |   |
| dst. |          |          |          |                |   |

**Keterangan:**

- N = kode untuk nomor urut, mulai dari 00, 01, 02 dst. sampai 95.
- G = fungsi untuk perintah pergerakan pahat, seperti gerak lurus, lengkung, siklus dan lainnya.
- M = fungsi untuk perintah pengatur/informasi tambahan pada mesin, seperti spindel berputar, ganti pahat, berhenti, berakhir dan sebagainya.
- X = koordinat (diameter) terhadap sumbu X dari 0 - 5999
- Z = koordinat panjang terhadap sumbu Z dari 0 - 39999.
- I = nilai kompensasi titik pusat lengkung searah sumbu x
- K = nilai kompensasi titik pusat lengkung searah sumbu z



F = feed (kecepatan gerak pahat) dari 1 sampai 499.

L = lokasi (line)

K = Kisar (pitch) ulir

T = tool (nomor tool yang aktif), misal T02 berarti revolver pahat berputar dua devisi. Contoh dari nomor 1 ke nomor 3.

H = Tebal/kedalaman pemotongan.

### 1. Blok/baris program

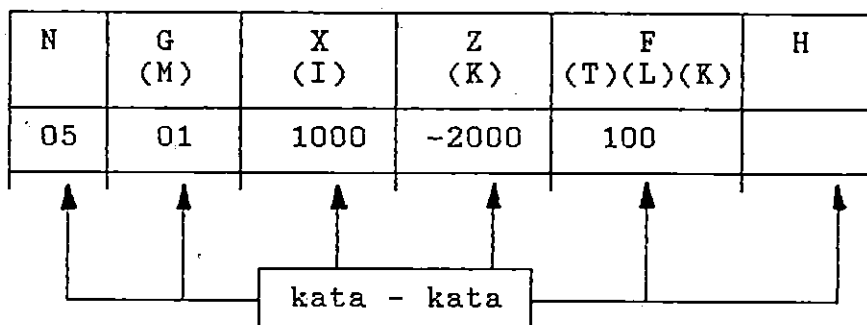
Sebaris program ialah suatu informasi yang terdiri dari huruf dan angka yaitu nomor baris program, perintah tools atau perintah mesin, koordinat tujuan dan sebagainya. Sebaris program tersebut merupakan serangkaian kalimat informasi yang dapat diterjemahkan oleh komputer dan mesin perkakas bisa melaksanakannya. Perhatikan contoh berikut:

| N    | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(T)(L)(K) | H |
|------|----------|----------|----------|----------------|---|
| ...  |          |          |          |                |   |
| 05   | 01       | 1000     | -2000    | 100            |   |
| dst. |          |          |          |                |   |

Keterangan: baris nomor 5 dengan perintah penyayatan pada koordinat tujuan X=1000 dan Z=-2000 dengan kecepatan gerak pahat 0,1 mm/r.

## 2. Kata-kata

Setiap blok/baris terdiri dari kata-kata, setiap kata mempunyai arti tertentu. Sedangkan setiap kata terdiri dari kombinasi huruf dan angka. Huruf disebut juga adres (maksud dan tujuan). perhatikan contoh berikut:



Setiap kode/perintah biasanya diikuti oleh parameter yang didefinisikan sebagai bagian dari komponen mesin yang mendapat perintah untuk melaksanakan aktivitasnya. Sebagai contoh, pada suatu baris program ditemukan perintah M03, ini berarti perintah untuk fungsi mesin. Jika M diikuti oleh parameter 03, ini berarti perintah untuk mesin supaya melaksanakan putaran spindel searah jarum jam. Fungsi dan arti dari kode-kode tersebut akan dijelaskan secara detail pada bab berikut.

Penomoran baris dimulai dari N00 sampai N500, Baris program mempunyai kelipatan 1, artinya sesudah N00 maka akan muncul nomor baris N01 dan seterusnya. Apabila terdapat kendala dalam penulisan program, maka

program dapat diedit dan diantara baris dapat disisip atau dihapus. Untuk menyisip (insert) baris program diantara N02 dan N03, dapat disisip, dengan arti menggeser baris tersebut ke baris selanjutnya. Sebaliknya setiap baris program juga dapat dihapus.

Input program dapat dilakukan dengan key board atau menggunakan perlatan media lain, seperti disket, kabel serial. Setiap pengetikan huruf harus diikuti dengan angka, seperti M03 lalu enter. Setiap selesai perintah, satu baris program (line) harus diinput atau store. Artinya sebaris program tersebut telah masuk ke dalam memory mesin secara otomatis bila tombol input atau store telah ditekan.

Kode-kode yang umum dipakai pada pemesinan perkakas CNC merupakan kode huruf tunggal (abjad) dimulai dari huruf A sampai huruf Z. Pada umumnya seluruh simbol yang digunakan untuk mesin perkakas CNC seragam, hanya untuk kode-kode fungsi tertentu dapat mengalami perbedaaan. tetapi pada prinsipnya kode-kode yang sama nomor grupnya hampir selalu sama nomor kombinasinya.

## B. Pemrograman Gerakan Lurus (linier)

Gerakan lurus yang dimaksud adalah gerakan linier dari pahat, baik gerakan cepat (rapid), gerak pemakanan (feeding). Gerakan linier yang terjadi dapat berupa gerak horizontal (memanjang) dan vertikal (melintang), serta gerakan diagonal (miring/tirus).

### 1. Gerak Cepat tanpa Menyayat (G00)

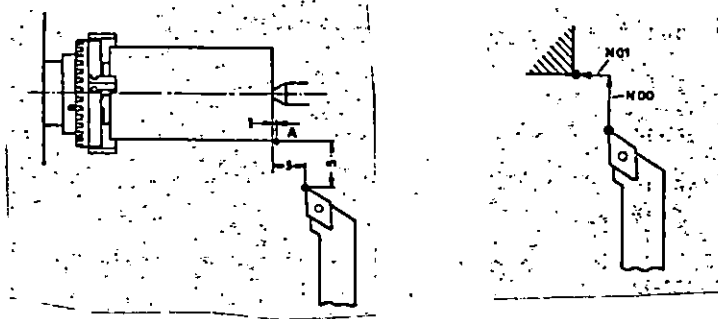
Gerak cepat adalah gerakan pahat dalam keadaan bebas dan tanpa proses penyayatan. Kegunaan dari gerakan cepat ini adalah untuk menentukan atau menenpatkan pahat pada posisi tertentu, sehingga tujuan dapat dicapai dengan kecepatan sebesar mungkin. Arah gerakan dapat dilakukan dalam arah sumbu X, sumbu Z dan sumbu XZ secara bersamaan.

Format Masukan :

|                               |
|-------------------------------|
| N.. / G00 / X± .... / Z± .... |
|-------------------------------|

Masukan nilai X dan Z dalam 1/100 mm

Posisi awal dan posisi akhir pahat terhadap benda kerja biasanya diberi jarak untuk keamanan, yang dapat ditunjukkan oleh contoh berikut dimana pahat akan bergerak cepat untuk mencapai titik A dan titik akhir. Perhatikan gambar berikut:



Gambar 13. Gerak cepat pahat  
(Hand Book CNC TU-2A, 69)

## 2. Gerak Penyayatan (G01)

Gerak penyayatan lurus adalah gerakan pahat untuk menyayat benda. Proses penyayatan ini dilengkapi dengan proses pemesian, artinya gerakan pahat dalam menyayat benda kerja diatur sesuai dengan kondisi pemesian seperti kecepatan potong material yang dipotong, bahan pahat, bentuk dan kondisi mesin.

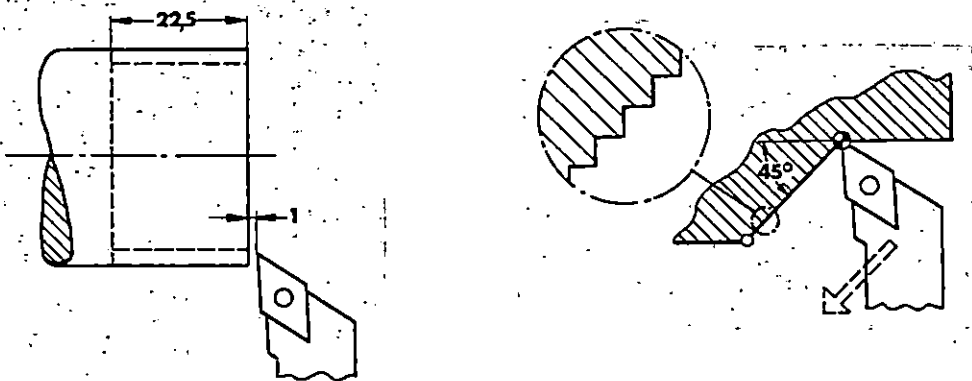
Kegunaan dari gerakan penyayatan ini adalah untuk menyayat atau memotong benda sampai mencapai bentuk tertentu. Untuk mencapai tujuan arah gerakan pahat dapat dilakukan dalam arah sumbu X, sumbu Z dan sumbu XZ secara bersamaan.

Format Masukan :

|                                      |
|--------------------------------------|
| N.. / G01 / X± .... / Z± .... / F... |
|--------------------------------------|

Masukan nilai X dan Z dalam 1/100 mm

Untuk pembubutan melintang dan memanjang, hanya membutuhkan satu pergerakan sumbu (motor penggerak). Tetapi untuk pergerakan tirus (X dan Z) secara bersamaan, berarti pergerakan terhadap dua sumbu secara bersamaan. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan gambar berikut:



(a)

(b)

a. Pembubutan arah memanjang dan melintang

b. Pembubutan miring/tirus.

Gambar 14. Pembubutan dengan penyayatam

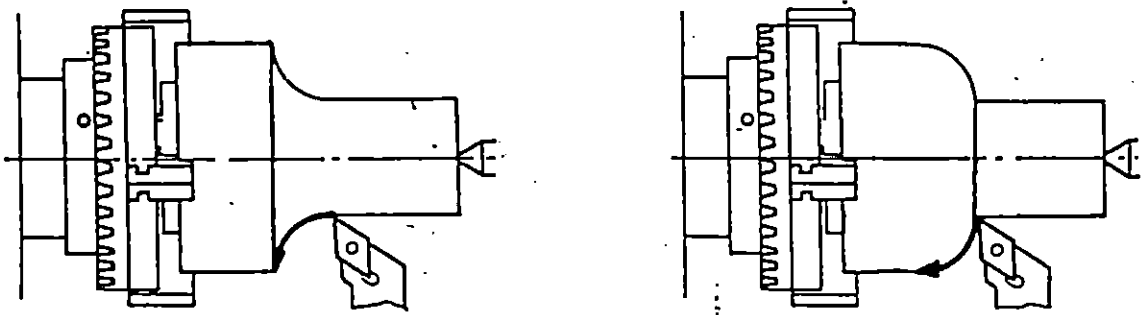
(Hand Book CNC TU-2A, 72&76)

### C. Pemrograman Gerakan Melingkar

Seperti pada gerakan lurus miring (tirus), pada gerakan melingkar juga menggunakan arah gerakan sumbu X dan sumbu Z secara bersamaan. Sebelum dijelaskan tentang pemrograman, terlebih dahulu dijelaskan atau ditetapkan arah pengamatan terhadap lingkaran.

1. Untuk Mesin CNC Industri pengamatan dari kuadran 2.
  - a. Lingkaran searah jarum jam (kekanan), kode G02
  - b. Lingkaran berlawanan arah jarum jam (kekiri), kode G03
2. Untuk Mesin TU-2A pengamatan dari kuadran 3.
  - a. Lingkaran searah jarum jam (kekanan), kode G02 tetapi karena posisi di kuadran 3, maka arah kekanan didefinisikan dengan kode G03.
  - b. Lingkaran berlawanan arah jarum jam (kekiri), kode G03 tetapi karena pengamatan dari kuadran 3, maka arah lingkaran kekiri didefinisikan dengan kode G02.

Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut:



(a)

(b)

- a. putaran searah jarum jam
- b. putaran berlawanan arah jarum jam

Gambar 15. Arah lingkaran pada mesin CNC TU 2A

(Manual Hand Book CNC TU-2A, 86)

Gerakan penyayatan dalam pemrograman dengan mesin CNC TU 2A tidak dapat dilakukan dalam satu putaran penuh, harus dilakukan dalam setiap kuadran. Artinya untuk pembuatan setengah lingkaran harus dilakukan dengan dua kali program lingkaran.

### 1. Gerak Penyayatan Searah Jarum Jam (G02)

Pemrograman penyayatan lingkaran searah jarum jam yang mempunyai sudut  $\alpha = 90^\circ$  atau seperempat lingkaran adalah sebagai berikut:

Format Masukan :

|                                      |
|--------------------------------------|
| N.. / G02 / X± .... / Z± .... / F... |
|--------------------------------------|

Masukan nilai X dan Z dalam 1/100 mm

Sedangkan pemrograman penyayatan lingkaran yang mempunyai sudut  $\alpha \neq 90^\circ$  atau besar dan kecil dari seperempat lingkaran harus mendefinisikan titik pusat lengkung dengan perintah M99 pada blok berikutnya dengan menyatakan posisi titik lengkung secara inkremental. Artinya titik pusat lengkung merupakan vektor tetapi tidak mempunyai arah. Sedangkan untuk mesin industri vektor dari titik pusat lengkung mempunyai arah.

Format Masukan :

|                                      |
|--------------------------------------|
| N.. / G02 / X± .... / Z± .... / F... |
| N.. / M99 / I .... / K ....          |

Masukan nilai X dan Z dalam 1/100 mm

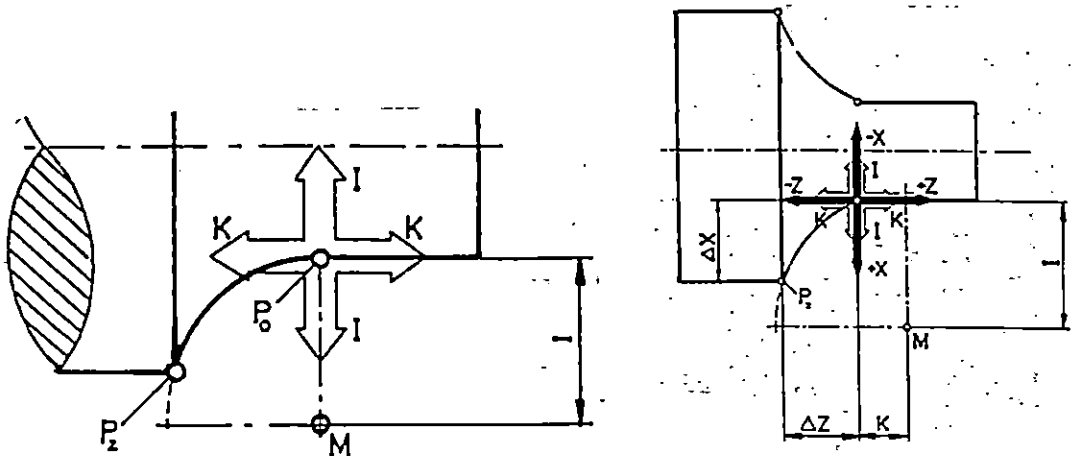


Koordinat titik pusat lengkung didefinisikan dari titik awal busur lingkaran (lengkung), sedangkan tujuan dari lengkung tetap didefinisikan dengan target dari fungsi G02/G03 dengan  $X_{target}$  dan  $Z_{target}$  sebagai berikut:

I = posisi titik pusat lengkung dari titik awal lengkung menuju titik pusat lengkung ( $I = s \rightarrow m$ ) searah sumbu X.

K = posisi titik pusat lengkung dari titik awal lengkung menuju titik pusat lengkung ( $K = s \rightarrow m$ ) searah sumbu Z.

Perhatikan gambar berikut:



m : titik pusat lengkung

Gambar 16. Busur lingkaran searah jarum jam untuk  $\alpha \neq 90^\circ$

(Hand Book CNC TU 2A, 91)

## 2. Gerak Penyayatan Berlawanan Arah Jarum Jam (G03)

Pemrograman penyayatan lingkaran berlawanan arah jarum jam yang mempunyai sudut  $\alpha = 90^\circ$  atau seperempat lingkaran adalah sebagai berikut:

Format Masukan :

```
N.. / G03 / X± .... / Z± .... / F...
```

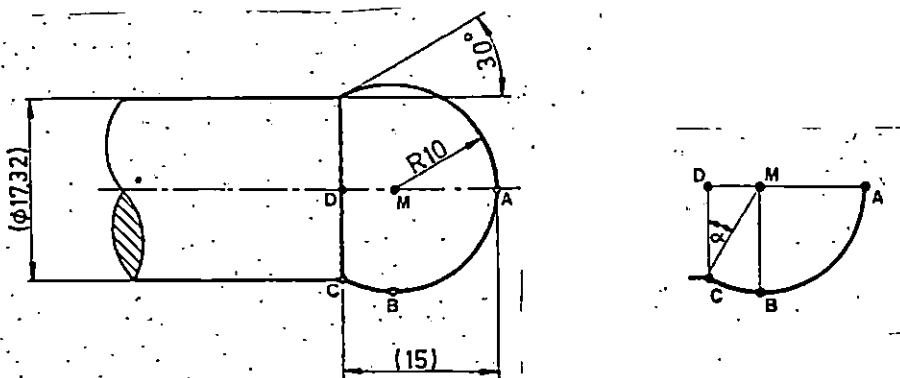
Masukan nilai X dan Z dalam 1/100 mm

Sedangkan untuk busur lingkaran yang mempunyai sudut besar atau kecil dari  $90^\circ$  dapat dilakukan dengan memprogramkan M99 pada baris berikutnya untuk mendefinisikan posisi titik pusat lengkung.

Format Masukan :

```
N.. / G03 / X± .... / Z± .... / F...
N.. / M99 / I .... / K .....
```

Masukan nilai X dan Y dalam 1/100 mm



Gambar 17. Busur lingkaran berlawanan arah jarum jam untuk  $\alpha \neq 90^\circ$

(Hand Book TU 2A, 96)

#### D. Pemrograman Penyayatan Ulir Tunggal

Penyayatan ulir tunggal yang dimaksud adalah penyayatan yang dilakukan sekali jalan pemotongan. Pada umumnya proses penyayatan ulir harus dilaksanakan beberapa kali penyayatan, tetapi dengan program G33 penyayatan ulir dapat dilakukan sekali jalan.

Mesin CNC TU 2A dapat melakukan pemotongan ulir kanan, kiri untuk ulir luar dan dalam. Kisar ulir antara 0,02 - 4,99 mm dengan tahapan 0,01 mm. Putaran untuk pemotongan ulir harus disinkronisasikan dengan putaran sumbu utama. Untuk lebih jelasnya perhatikan hubungan antara kisar ulir dengan jumlah putaran.

Hubungan Kisar Ulir dengan Jumlah Putaran

| Kisar Ulir<br>Metrik | Jumlah Putaran<br>r/menit |
|----------------------|---------------------------|
| 0,02 - 0,5           | 950                       |
| 0,5 - 1              | 500                       |
| 1 - 1,5              | 320                       |
| 1,5 - 2              | 250                       |
| 2 - 3                | 170                       |
| 3 - 4                | 120                       |
| 4 - 4,99             | 100                       |

Proses pemotongan melalui program dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan gerakan linier seperti G01 atau G00. Sedangkan kedalaman ulir tergantung pada besarnya kisar ulir yang dibuat. Pemrograman dapat dilakukan secara absolute atau inkremental.

Format Masukan :

N.. / G33 / Z± .... / K...

Masukan nilai Z (Target) dalam 1/100 mm

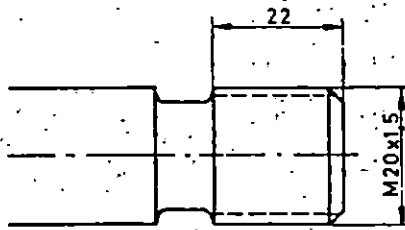
Keterangan :

G33 = Perintah untuk pemotongan ulir

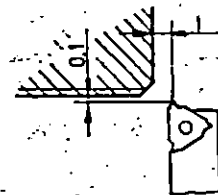
Z = koordinat titik tujuan

K = kisar ulir.

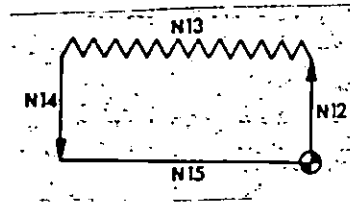
Hubungan antara kedalaman ulir dengan kisar ulir dapat dilihat pada buku-buku teknologi pemesinan. Sedangkan untuk proses pemrograman ulir dengan G33 dapat dijelaskan dengan contoh berikut:



a. Gambar kerja



b. Posisi awal pahat



c. Siklus gerakan pahat

Gambar 18. Pemotongan Ulir tunggal

(Manual Hand Book CNC, 116)

Berdasarkan contoh gambar di atas dapat dibuat program CNC untuk pemotongan ulir sebagai berikut:

1. Program Secara Absolute

| N  | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(T,L,K) | H |
|----|----------|----------|----------|--------------|---|
| .. |          |          |          |              |   |
| 12 | 00       | 1816     | 100      |              |   |
| 13 | 33       | 1816     | - 2300   | 150          |   |
| 14 | 00       | 2020     | - 2300   |              |   |
| 15 | 00       | 2020     | 100      |              |   |

Keterangan :

Untuk Kisar 1,5 mm dalam ulir 0,92 mm

2. Program Secara Ikremental

| N  | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(T,L,K) | H |
|----|----------|----------|----------|--------------|---|
| .. |          |          |          |              |   |
| 12 | 00       | - 102    | 00       |              |   |
| 13 | 33       | 00       | - 2400   | 150          |   |
| 14 | 00       | 102      | 00       |              |   |
| 15 | 00       | 00       | 2400     |              |   |
| .. |          |          |          |              |   |
| .. |          |          |          |              |   |
| .. |          |          |          |              |   |
| .. | M30      |          |          |              |   |

Keterangan :

Untuk Kisar 1,5 mm dalam ulir 0,92 mm

a. Line 12. G00 :  $(0,1 + 0,92) = 1,02$  mm (-102)

b. Line 13. G33  $(1 + 23) = 24$ mm (-2400)

c. Line 14. G00 ke posisi awal arah sumbu x

d. line 15. G00 ke posisi awal arah sumbu z

## BAB IV.

### PENROGRAMAN PENYAYATAN SIKLUS

Gerakan penyayatan dengan siklus adalah suatu proses pemotongan logam yang dilakukan dari titik awal sampai pada koordinat target dan pahat kembali ke posisi awal. Artinya posisi awal pahat sebelum dan setelah proses penyayatan adalah sama, dengan kata lain gerakan pahat tertutup.

Keuntungan menggunakan program siklus adalah hemat dalam pemakaian baris program dan lebih sederhana. Kelemahannya jika terdapat kesalahan tidak dapat mulai pada posisi yang dikehendaki (mungkin terjadi penyayatan kosong) disamping harus memahami lebih lanjut tentang parameter fungsi-fungsinya.

#### A. Siklus Pembubutan

##### 1. Pembubutan Memanjang (G84)

Format Masukan :

|   |
|---|
| $N.. / G84 / X\pm \dots / Z\pm \dots / F... / H...$ |
|---|

Nilai X dan Z (Target) dalam 1/100 mm

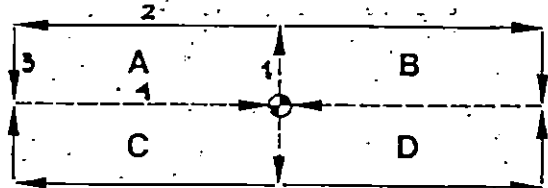
F = dalam mm/menit

H = kedalaman pemotongan dalam 1/100 mm

Proses pembubutan memanjang pada dasarnya digunakan untuk proses penyayatan kasar (rough) pada permukaan benda. Siklus ini sangat efektif digunakan untuk pengurangan diameter benda kerja yang besar

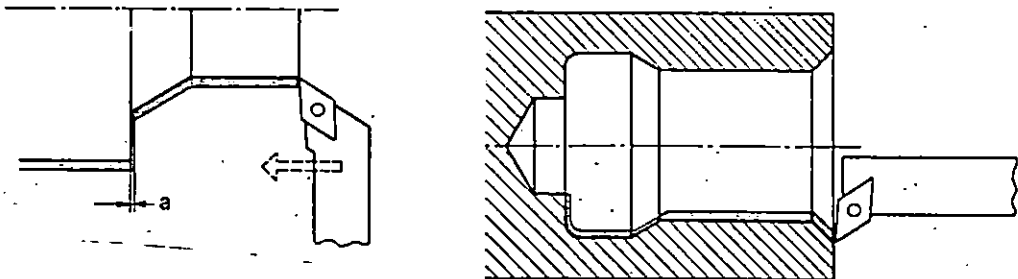
karena untuk mencapai target, pemotongan dapat dilakukan beberapa kali. Proses siklus pembubutan memanjang adalah :

Gerakan I adalah G00  
 Gerakan II adalah G01  
 Gerakan III adalah G01  
 Gerakan IV adalah G00



Gambar 19. Proses Penyayatan Memanjang  
 (Manual Hand Book CNC, 132)

Target pembubutan memanjang dalam sebuah program adalah sebelum koordinat yang akan dipotong, artinya disisakan untuk penyayatan halus (finishing), sebesar 0,4 mm untuk sumbu X dan 0,1 - 0,2 mm untuk penyayatan searah sumbu Z. Perhatikan gambar berikut:



Gambar 20. Posisi Koordinat Untuk Finishing.  
 (Manual Hand Book CNC, 244)

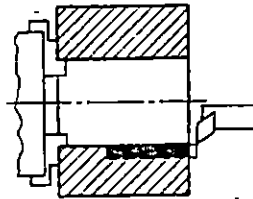
Siklus pembubutan memanjang dapat dilakukan dalam beberapa kemungkinan posisi. Kemungkinan pertama untuk pembubutan luar dari arah kanan ke kiri dan dari kiri ke kanan. Sedangkan untuk pembubutan dalam dapat dari kanan ke kiri dan dari kiri ke kanan (khusus yang

terakhir jarang digunakan). Untuk lebih jelasnya posisi tersebut dapat diperhatikan gambar berikut:



a. Pembubutan luar  
Dari kanan ke kiri

b. Pembubutan luar  
dari kiri ke kanan



c. Pembubutan dalam  
Dari kanan ke kiri

Gambar 21. Kemungkinan Posisi penyatan  
(Manual Hand Book CNC, 134)

## 2. Pembubutan Melintang (G88)

Format Masukan :

|   |
|---|
| $N.. / G88 / X\pm \dots / Z\pm \dots / F... / H...$ |
|---|

Nilai X dan Z. (Target) dalam 1/100 mm

F = dalam mm/menit

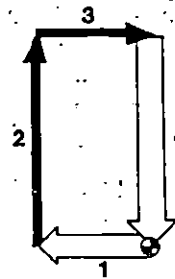
H = kedalaman pemotongan dalam 1/100 mm

Proses pembubutan melintang pada prinsipnya sama dengan proses pembubutan memanjang. Siklus ini



digunakan untuk proses penyayatan kasar (rough) pada penampang benda atau gerakan pada arah sumbu X dan pemotongan dapat dilakukan beberapa kali. Proses siklus pembubutan melintang adalah :

Gerakan I adalah G00  
 Gerakan II adalah G01  
 Gerakan III adalah G01  
 Gerakan IV adalah G00



Gambar 22. Proses Penyayatan Melintang  
 (Manual Hand Book CNC, 141)

## B. Siklus Penguliran

Format Masukan :

N.. / G78 / X± .... / Z± .... / K... / H...

Nilai X dan Z adalah target ulir dalam 1/100 mm

Target X dapat diprogram diameter inti dari ulir, sedangkan Z adalah panjang ulir.

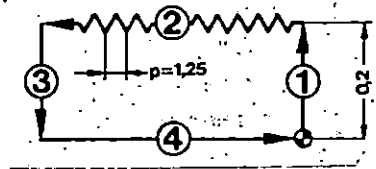
K = Kisar ulir dalam mm

H = kedalaman pemotongan dalam 1/100 mm

Proses pembubutan ulir pada prinsipnya sama dengan proses pembubutan memanjang. Pembuatan ulir dapat untuk ulir luar kiri dan kanan dan ulir dalam. Pahat yang digunakan adalah pahat ulir dan gerakan kedua adalah gerakan penguliran. Finishing penguliran diprogram 3 sampai 5 baris program G78 dengan nilai koordinat sama

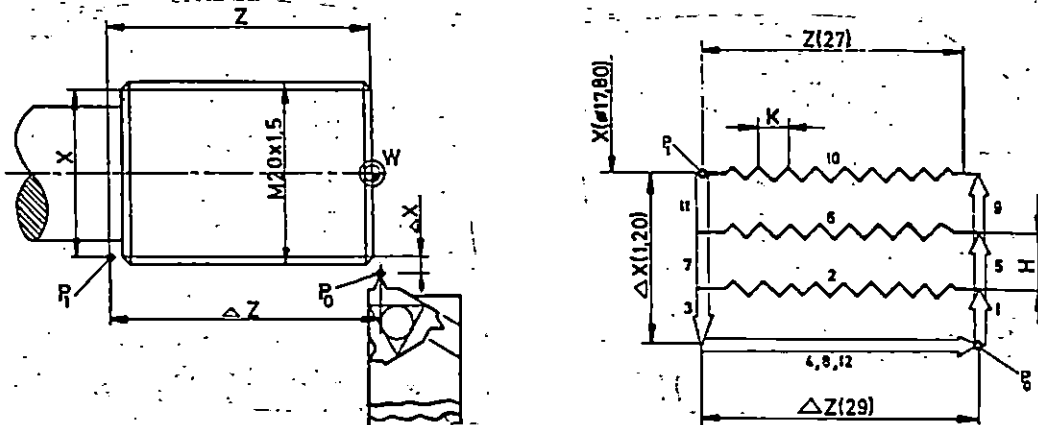
dan nilai  $H = 0$ . Proses siklus pembubutan ulir adalah :

- Langkah 1 : gerak cepat
- Langkah 2 : gerak penguliran
- Langkah 3 : gerak feeding
- Langkah 4 : gerak cepat



Gambar 23. Proses Penyayatan Ulir  
(Manual Hand Book CNC, 124)

Posisi pahat pada awal siklus penguliran, untuk sumbu X pahat ditempatkan  $\pm 0,1$  mm diluar benda kerja dan 2 mm pada sumbu Z. Jumlah putaran untuk proses penguliran dapat disesuaikan dengan proses pembuatan ulir pada bab 3. Apabila jumlah putaran tidak disesuaikan dengan kisar ulir maka akan muncul suatu alarm 15 (tanda peringatan) untuk mengurangi jumlah putaran spindle utama. Untuk lebih jelas dapat diperhatikan gambar berikut:



Gambar 24. Posisi pahat saat penguliran  
(Manual Hand Book CNC, 125)

### C. Siklus Pengaluran (G86)

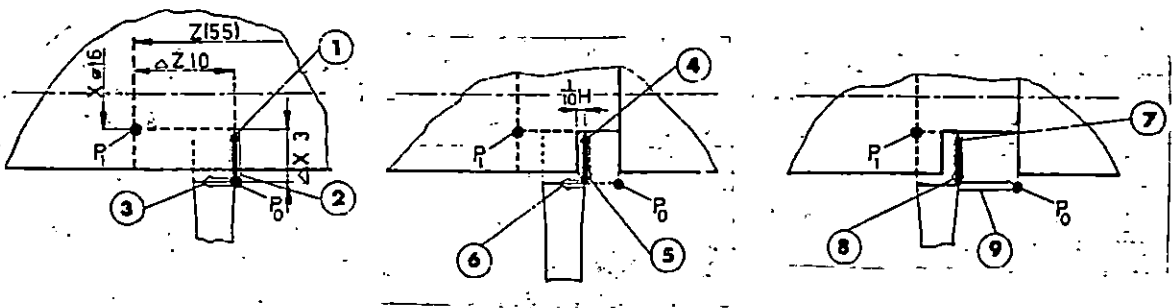
Format Masukan :

N... / G86 / X± .... / Z± .... / F... / H...

Nilai X dan Z adalah target Alur dalam 1/100 mm

Target X = diameter inti (dalam) alur  
 Z = target lebar alur  
 F = feeding (mm/min)  
 H = Lebar pahat dalam 1/100 mm.

Proses penyayatan alur dilakukan dengan pahat alur yang ditempatkan  $\pm 0,5$  mm di luar benda kerja. Ujung pahat yang menjadi titik acuan adalah yang disebelah kanan. Pelaksanaan pengaluran dilakukan dengan gerakan penyayatan ke depan (memotong), sedangkan gerakan ke kiri untuk peluasan alur. Untuk lebih jelas dapat diperhatikan gambar berikut:



Gambar 25. Proses Pembubutan Alur  
 (Manual Hand Book CNC, 139)

Penyayatan alur dilakukan dengan gerak penyayatan yang lebih lambat dari penyayatan pembubutan biasa, karena proses pembubutan alur merupakan penyayatan bidang (mata potong) pahat dengan benda kerja.

## D. Siklus Pemboran

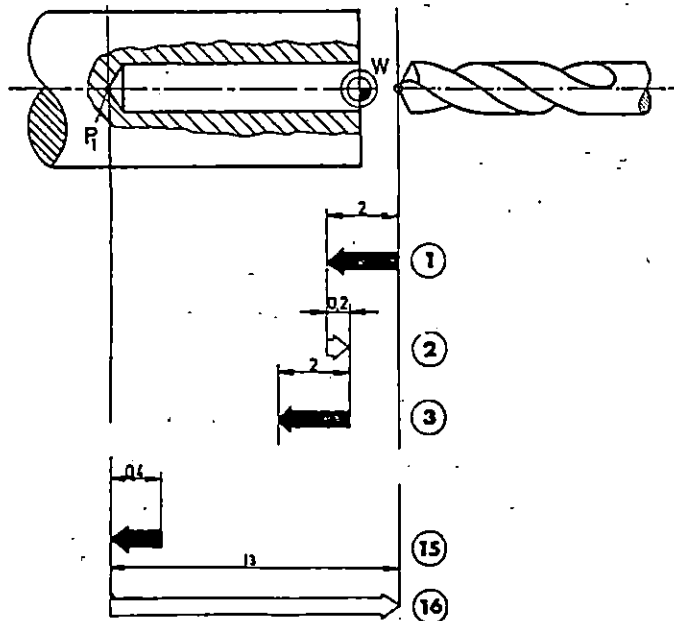
### a. Pemboran dengan Pemutusan Tatal (G73)

Format Masukan :

N.. / G73 / Z± .... / F...

Masukan nilai Z (Target pemboran) dalam 1/100 mm

Siklus pemboran dengan pemutusan tatal (bram) dengan kode G73 adalah proses pemboran dengan gerakan maju (penyayatan) dengan kedalaman konstan, biasanya siklus ini digunakan untuk peluasan lubang. Khusus untuk mesin bubut CNC TU 2A setiap gerakan penyayatan adalah 2 mm dan gerakan mundur untuk pemutusan tatal 0,2 mm, proses ini berulang sampai mencapai kedalaman (target) pemboran. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut :



Gambar 26. Pemboran dengan Pemutusan Tatal (bram)

(Manual Hand Book CNC TU 2A, 123)

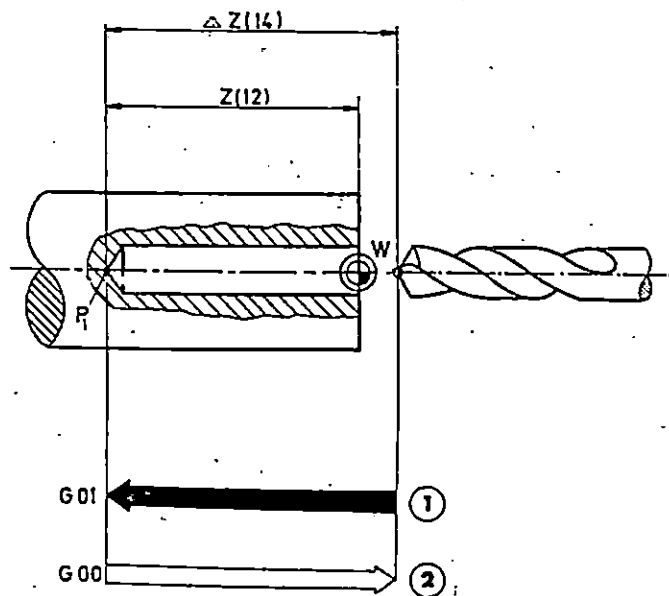
## b. Siklus Pemboran (G81)

Format Masukan :

$N.. / G81 / Z\pm \dots / F\dots$

Masukan nilai Z (Target pemboran) dalam 1/100 mm

Siklus pemboran dengan kode G81 adalah pemboran dengan gerakan penyayatan tunggal, dimana proses pemboran dilakukan sekali jalan dan langsung dengan gerak cepat kembali ke posisi awal. Biasanya proses ini sering digunakan untuk proses pembuatan lubang senter (center drill). Untuk lebih jelas perhatikan gambar berikut :



Gambar 27. Siklus Pemboran tunggal  
(Manual Hand Book CNC TU 2A, 129)

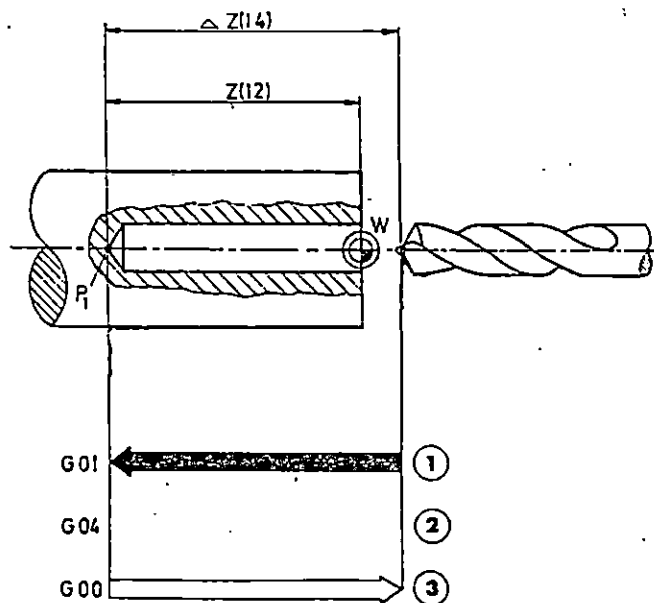
c. Pemboran dengan Waktu Tinggal Diam (G82)

Format Masukan :

N.. / G82 / Z± ..... / F...

Masukan nilai Z (target pemboran) dalam 1/100 mm

Siklus pemboran dengan kode G82 adalah pemboran dengan gerakan penyayatan tunggal, dimana proses pemboran dilakukan sekali jalan dan pada target pemboran, tool (bor) akan berhenti diam beberapa saat (dwell time = G04) selama 0,5 detik untuk membersihkan bekas pemboran dan kemudian kembali ke posisi awal. Untuk lebih jelasnya proses tersebut perhatikan gambar berikut :



Gambar 28. Siklus Pemboran dengan waktu diam  
(Manual Hand Book CNC TU 2A, 130)

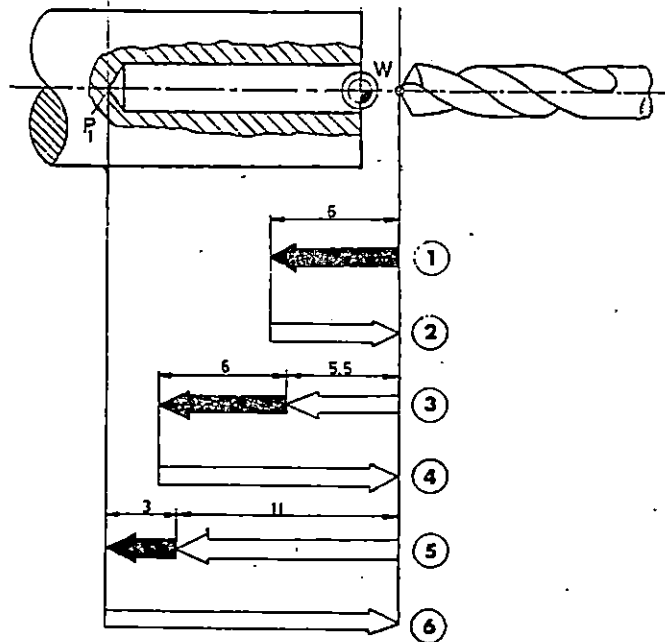
d. Pemboran dengan Penarikan ke Titik Awal (G83)

Format Masukan :

N.. / G83 / Z± .... / F...

Masukan nilai Z (target pemboran) dalam 1/100 mm

Siklus pemboran dengan proses penarikan bor ke posisi awal dapat dilakukan dengan program G83. Proses penyayatan (pemboran) adalah setiap 6 mm dan bor kembali ke posisi awal dengan gerak cepat. Kemudian untuk mencapai titik target bor maju dengan gerak cepat 5,5 mm dan kemudian melakukan penyayatan lagi sepanjang 6 mm, dan kembali sampai seterusnya mencapai target. Untuk lebih jelas perhatikan gambar berikut :



Gambar 29. Siklus Pemboran dengan Penarikan  
(Manual Hand Book CNC TU 2A, 130)

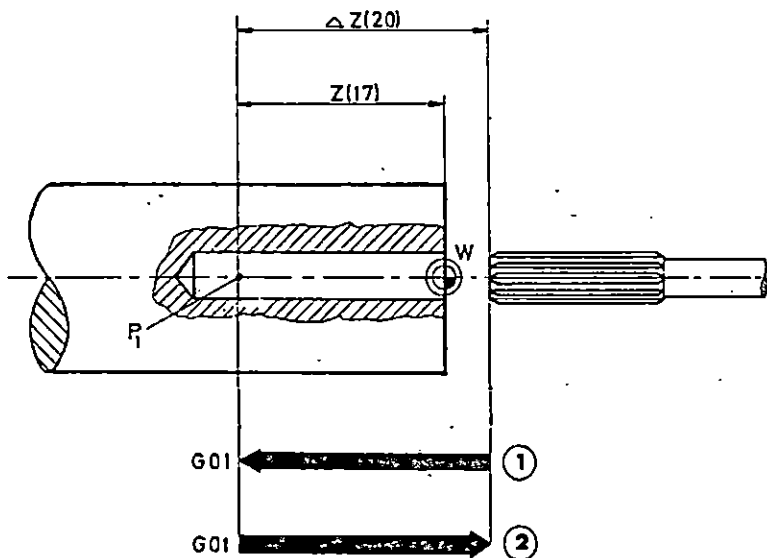
e. Siklus Pereameran (G85)

Format Masukan :

N.. / G85 / Z± .... / F...

Masukan nilai Z (target pemboran) dalam 1/100 mm

Proses pereameran adalah penghalusan hasil pemboran. Gerakan siklus ini sama dengan siklus pemboran G81. Perbedaannya adalah proses maju dan mundur reamer adalah gerakan penyayatan (feeding). Pelaksanaan reamer lubang harus lebih pendek dari bor, karena ujung reamer tidak runcing. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut :



Gambar 30. Siklus Pereameran  
(Manual Hand Book CNC TU 2A, 138)



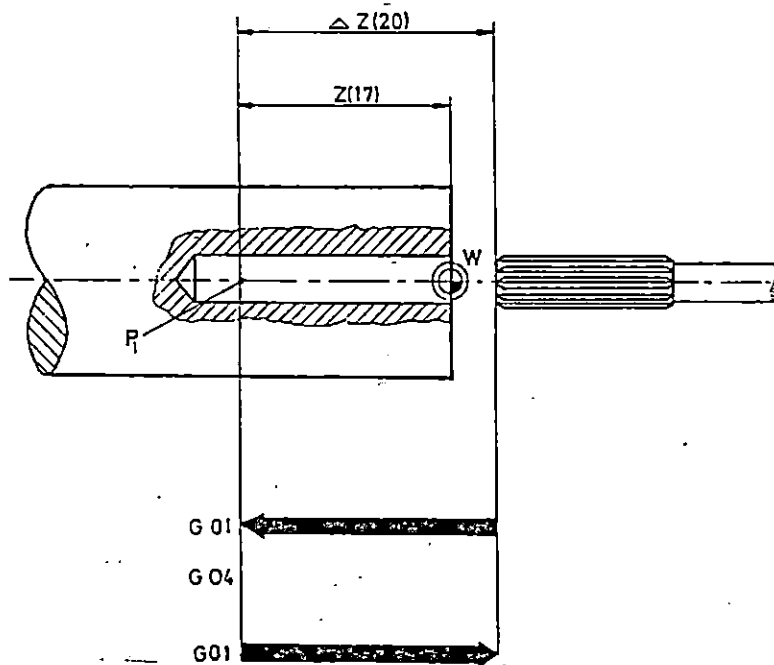
### f. Siklus Pereameran dengan Waktu Tinggal Diam (G89)

Format Masukan :

N.. / G89 / Z± .... / F...

Masukan nilai Z (target pemboran) dalam 1/100 mm

Gerakan siklus ini sama dengan siklus pemboran G82 dan proses reamer G85. Perbedaannya adalah proses maju dan mundur reamer adalah gerakan penyayatan (feeding). Sedangkan waktu tinggal diam di target bor akan berhenti selama 0,5 detik untuk melakukan pembersihan. Perhatikan gambar berikut:



Gambar 31. Siklus Pereameran dengan waktu diam  
(Manual Hand Book CNC TU 2A, 146)

## E. Fungsi G Pengatur dan Tambahan

### 1. Waktu Tinggal Diam (G04)

Format Masukan :

N.. / G04 / X± .....

Masukan nilai X dalam 1/100 detik

### 2. Blok Kosong (G21)

Format Masukan :

N.. / G21

Masukan Kode G21 : penyiapan blok kosong

### 3. Pemanggilan Sub Program (G25)

Format Masukan :

N.. / G25 / L .....

Masukan nilai -L (line) sub program, dan diakhiri dengan perintah melompat kembali ke program utama.

N.. / M17

Kode M17 : perintah kembali ke program utama

### 4. Perintah Melompat ke Baris Tertentu (G27)

Format Masukan :

N.. / G27 / L .....

Masukan nilai L : melompat ke baris tertentu

### 5. Pemutusan Arus Motor (G64)

Format Masukan :

|           |
|-----------|
| N.. / G64 |
|-----------|

Kode G64 : untuk memutus hubungan arus ke motor. Manfaatnya adalah untuk mengurangi panas motor dan hemat dalam pemakaian tenaga listrik.

### 6. Pelayanan Kaset/Disket (G65)

Format Masukan :

|           |
|-----------|
| N.. / G65 |
|-----------|

a. Format Pita (disket)

G65 INP ( --- + Del )

b. Menyimpan Program

G65 INP FWD (No.Program = P..) INP

c. Memanggil Program

G65 INP INP (No.Program = P..) INP

### 7. Pelayanan Serial/RS 232 (G66)

Format Masukan :

|           |
|-----------|
| N.. / G66 |
|-----------|

RS 232 adalah suatu media untuk mentrasfer dan input program melalui kabel penghubung. Hubungan dapat dilakukan dengan komputer dan printer.

## 8. Pemrograman Harga Absolute (G90)

Format Masukan :

N.. / G90

Pemrograman dengan sistem absolute didefinisikan dengan kode G90. Posisi pahat awal berada pada koordinat 0,0 dan merupakan basis dari pergerakan pahat selanjutnya.

## 9. Pemrograman Harga Inkremental (G91)

Format Masukan :

N.. / G91

Pemrograman dengan sistem inkremental didefinisikan dengan kode G91. Posisi sebelumnya merupakan awal untuk pergerakan berikutnya.

## 10. Penetapan Titik Referensi (G92)

Format Masukan :

N.. / G92 / X± .... / Z± ....

Prosedur penetapan posisi titik referensi dapat dilihat pada halaman 27.

## 11. Gerak Pemakanan dalam mm/min (G94)

Format Masukan :

N.. / G94

Pemrograman gerakan penyayatan dapat dilakukan dengan kode G94. Kode ini merupakan status mula dari mesin, artinya jika tidak diprogram kondisi penyayatan maka mesin akan mengaktifkan kode G94. Artinya kecepatan penyayatan dalam *mm per menit*.

## 12. Gerak Pemakanan dalam mm/r (G95)

Format Masukan :

|           |
|-----------|
| N.. / G95 |
|-----------|

Pemrograman kode G95, berarti kecepatan penyayatan dalam *mm per putaran*. Fungsi ini sering digunakan untuk pemrograman ulir.

## F. Fungsi M Pengatur dan Tambahan

### 1. Berhenti Sementara (M00)

Format Masukan :

|           |
|-----------|
| N.. / M00 |
|-----------|

Kode M00 : untuk menghentikan program sementara

### 2. Spindel Berputar Searah Jarum Jam (on)(M03)

Format Masukan :

|           |
|-----------|
| N.. / M03 |
|-----------|

Kode M03 : untuk memutar spindel searah jarum jam

### 3. Spindel Berhenti (off) (M05)

Format Masukan :

N.. / M05

Kode M05 : untuk menghentikan putaran spindel

### 4. Pergantian Pahat (M06)

Format Masukan :

N.. / M06 / X± ..... / Z± ..... / T ..

Kode M06 : perintah untuk memutar tool turret pada proses pengantian pahat. Nilai kompensasi dan prosedur pengantian pahat, dilihat pada bab 5.

### 5. Melompat Kembali ke Program Utama (M17)

Format Masukan :

N.. / M17

M17 perintah untuk masuk kembali ke program utama.

Blok ini harus diprogramkan untuk sub program.

### 6. Akhir Program (M30)

Format Masukan :

N.. / G04 / X± .....

Akhir program harus ditulis dengan M30. Jika perintah ini telah diprogram, maka mesin dapat dijalankan.

## BAB V

### PROSEDUR PENGGUNAAN MESIN CNC TU 2A

Operasi penggunaan mesin CNC TU 2A dimulai dengan pembuatan program secara manual pada kertas kerja. Untuk memudahkan pelaksanaan pembuatan program dapat digunakan kertas melimeter bergaris, sehingga dapat dibuat gambar dengan skala 1:1. Tujuannya adalah untuk membantu dalam penentuan titik koordinat yang akan dihitung.

Pengenalan mesin sebelum pekerjaan dimulai sangat penting, sebab pengetahuan akan fungsi dan sifat-sifat dari masing-masing komponen mesin akan sangat mendukung dalam pelaksanaan praktikum.

#### A. Memasukan Program

Setelah lembar program CNC selesai ditulis, maka perintah-perintah tersebut dapat dimasukkan ke dalam memori komputer melalui tombol key board, atau melalui rangkaian serial RS232 dengan bantuan komputer mikro. Apabila pembuatan program dilakukan dengan bantuan komputer mikro, pemrograman harus dilengkapi dengan perangkat lunak pemroses (prosesor dan post prosesor) yang sesuai dengan karakteristik mesin CNC.

Program yang telah siap pada kertas kerja dapat dimasukkan ke mesin dengan cara mengetikkan program tersebut melalui key board mesin. Prosedur yang harus dilakukan adalah:

1. Hidupkan Mesin (on/off) switch.
2. Pilih menu CNC Mode dengan menekan tombol H/C
3. Ketikkan program pada kolom dan blok mesin.

## B. Percobaan Program

Unit pengontrol mesin siap melaksanakan pekerjaan dan tindakan sesuai dengan perintah yang diberikan. Sebelum program dijalankan dengan penyayatan terhadap benda kerja, biasanya dilakukan pemeriksaan atau pengujian/ percobaan pendahuluan, tujuannya adalah untuk mendeteksi kemungkinan terdapatnya kesalahan-kesalahan, baik kesalahan pemrograman maupun kesalahan setting.

Setiap pemeriksaan dan percobaan program hampir dapat dipastikan akan mengalami perbaikan (editing) terhadap program. Sebelum proses pemotongan dengan benda kerja sesungguhnya maka dapat dilakukan pemeriksaan program dan percobaan dengan tahapan sebagai berikut:

### 1. Pemeriksaan Secara Matematik

Cek matematik ini bertujuan untuk pemeriksaan koordinat-catesius maupun polar. Cek matematis ini berfungsi untuk mendeteksi kemungkinan terdapatnya kesalahan pada sistim maupun koordinat disamping pemakaian fungsi atau kode-kode tertentu. Setiap terdapatnya kesalahan pada kolom informasi akan terlihat/tampil suatu alarm (peringatan kesalahan). Setiap munculnya peringatan dapat dideteksi kesalahan dengan membatalkan (cancel) bagian yang salah. Prosedur pemeriksaan adalah :

1. Tekan tombol M terus menerus
2. Apabila terdapat kesalahan tekan tombol INP + REV



## 2. Plotter

Plotter yang dimaksud disini ialah seperangkat peralatan untuk mengetahui atau memeriksa pergerakan lintasan pahat program CNC. Dengan dilaksanakan plotter programmer dapat melihat lintasan pergerakan pahat yang terjadi, apakah posisi dan koordinat tujuan dapat dipenuhi, dalam arti kata sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan plotter adalah memodifikasi program CNC. Hal-hal yang perlu dimodifikasi ialah kondisi pemotongan antara lain :

- a. Seluruh nilai kecepatan penyayatan (feeding) harus maksimum (khusus mesin CNC TU-2A, nilai  $F = 499$ ).
- b. Seluruh nilai kedalaman pemotongan pada program siklus harus nol ( $H = 0$ ).
- c. Semua nilai kompensasi pahat harus nol ( $X$  dan  $Z$  *offset* = 0).
- d. Putaran spindel utama minimum (jika perlu dimatikan saja), berarti posisi swith mengalih mode bisa tetap pada posisi 0.

Tujuan memodifikasi kondisi pemotongan ini ialah untuk menghemat pemakaian daya listrik dan memperjelas pergerakan lintasan pahat, disamping menghemat pemakaian tinta plotter.

## 3. Dry Run (gerakan tanpa penyayatan)

Dry run ialah proses untuk memprediksi kesalahan pergerakan lintasan pahat program CNC dan arah putaran tool turret. Pelaksanaan dry run membantu programmer untuk melihat lintasan pergerakan pahat yang terjadi dan sinkronisasi antara program CNC dengan mesin, seperti kondisi program dan posisi pahat, dengan arti

kata program lintasan pahat tidak menyentuh atau menabrak bahagian permesinan seperti, chuck dan perlatan pendukung lainnya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan dry run ini adalah memodifikasi program CNC. Hal-hal yang perlu dimodifikasi ialah kondisi pemotongan antara lain :

- a. Seluruh nilai kecepatan penyayatan (feeding) harus maksimum (khusus mesin CNC TU-2A, nilai F=499).
- b. Seluruh nilai kedalaman pemotongan pada program siklus harus nol (H=0).
- c. Semua nilai (harga) kompensasi pahat harus diisikan (X dan Z offset = ?).
- d. Putaran spindel utama minimum.

Tujuan memodifikasi kondisi pemotongan ini ialah untuk menghemat pemakaian daya listrik dan memperjelas pergerakan lintasan pahat.

#### 4. Penyayatan Tanpa Benda (kosong) dan Produksi

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan penyayatan tanpa benda adalah seluruh program kondisi pemotongan harus dimasukan kembali sesuai dengan program. Hal yang perlu dimodifikasi hanyalah kecepatan putaran spindel utama minimum.

Ketelitian geometris (toleransi) hasil penyayatan (produk) dapat dipredikasi dengan melakukan proses pemotongan terhadap benda kerja sesungguhnya dan melakukan pengukuran dengan cermat. Lenturan atau getaran yang timbul akibat gaya pemotongan dapat dikurangi dengan jalan memperkecil kecepatan penyayatan atau mengubah kedalaman pemotongan (tebal penyayatan). Semua kelemahan yang ditemukan selama percobaan, harus dikoreksi sehingga program siap digunakan untuk proses produksi.

## C. Pengaturan Pahat

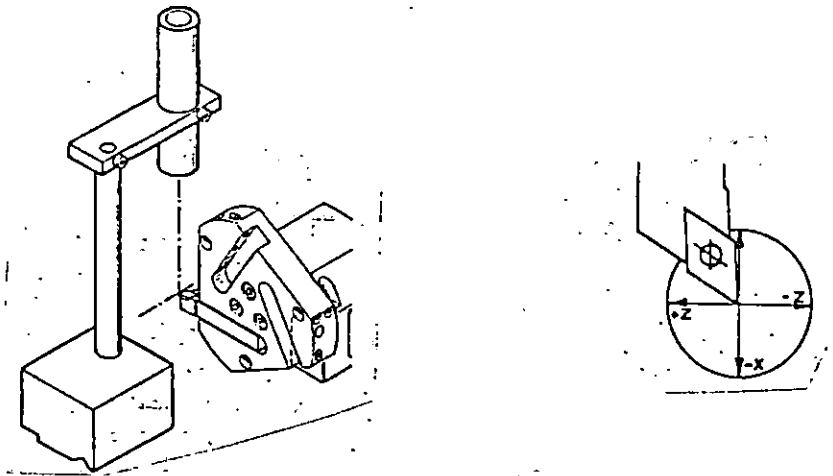
### 1. Pemasangan Pahat

Pengaturan pahat meliputi pemilihan pahat sesuai dengan kebutuhan pemrograman. Pahat yang akan digunakan dipasang pada tool turret. Posisi pemasangan pahat luar dan dalam harus dikombinasikan, dengan arti bahwa pemasangan pahat luar tidak boleh berdekatan dengan pahat luar lainnya.

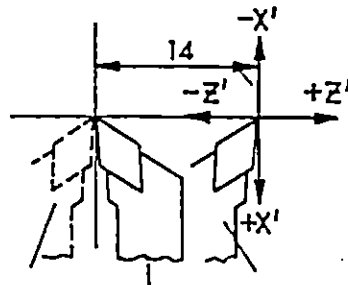
### 2. Menentukan Data Pahat

Menentukan data pahat dalam menu MANUAL Mode. alat bantu yang digunakan yaitu optik. Optik berfungsi sebagai pembantu untuk mendefinisikan posisi titik nol pahat referensi dan kompensasi jarak dengan pahat-pahat selanjutnya. Prosedur untuk mendapat data pahat adalah sebagai berikut:

- a. Pasang pahat pada tool turret
- b. Pasang optik pada meja mesin
- c. Posisikan pahat referensi pada garis silang optik, dan harga koordinat (X dan Z) pada monitor harus dinolkan dengan menekan tombol del untuk kedua sumbu. Perhatikan gambar 32.
- d. Putar turret untuk tool II. Posisikan pahat pada garis silang optik, kemudian catat harga kompensasi pahat II terhadap sumbu X dan sumbu Z. Untuk lebih jelasnya perhatikan kompensasi jarak yang dimaksud pada gambar 33.



Gambar 32. Pahat pada posisi silang optik  
(Manual Hand Book CNC, 260)



Gambar 33. Kompensasi Pahat  
(Manual Hand Book CNC, 154)

- e. Putar turret untuk tool selanjutnya, ulangi prosedur pelaksanaan langkah d.

### 3. Memasukan Data Pahat

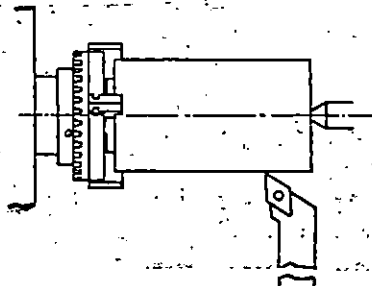
Mesukan data pahat dalam menu CNC Mode. Data pahat yaitu nilai kompensasi pahat, yang dimaksud kompensasi pahat adalah selisih jarak ujung-ujung pahat dengan ujung pahat referensi. Data pahat yang

telah diperoleh dimasukkan ke program pada perintah M06 X... Z... T.. Untuk pahat referensi data pahat adalah 0,0 sedangkan untuk pahat selanjutnya adalah data yang dicatat sesuai dengan nomor pahat.

#### D. Setting Program

Setting program dilakukan dalam menu MANUAL Mode. Fungsi setting program adalah untuk mendapatkan posisi yang sesuai antara posisi referensi pada program dengan posisi pahat referensi saat akan memulai menjalankan program. Prosedur untuk setting program adalah sebagai berikut:

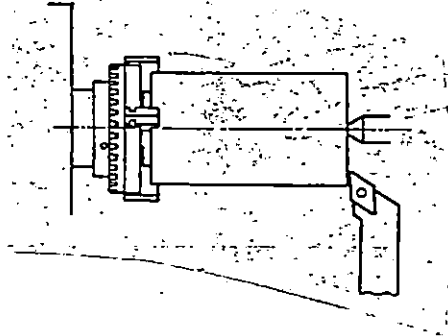
1. Aktifkan pahat referensi (pahat pertama)
2. Tentukan (ukur) diameter benda kerja
3. Pengaturan Posisi
  - a. Set Pahat terhadap diameter, yaitu sentuhkan ujung pahat pada diameter benda (benda dalam keadaan berputar).



Gambar 34. Pengaturan Posisi Pada Sumbu X  
(Manual Hand Book CNC, 28)

- b. Saat pahat menyentuh benda, tekan tombol DEL sehingga pada monitor harga X = 0

- c. Set Pahat terhadap Ujung Benda, yaitu sentuhkan ujung pahat pada ujung benda kerja yang sedang berputar



Gambar 35. Pengaturan Posisi Pada Sumbu Z  
(Manual Hand Book CNC, 29)

- d. Saat pahat menyentuh benda, tekan tombol DEL sehingga pada monitor harga Z= 0

#### 4. Sinkronisasi

Sinkronisasi adalah pengaturan pahat ke posisi awal sesuai dengan awal program. Artinya posisi awal program pada `N.. G92 X.... Z....` telah sama dengan posisi pahat pada mesin. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan contoh berikut :

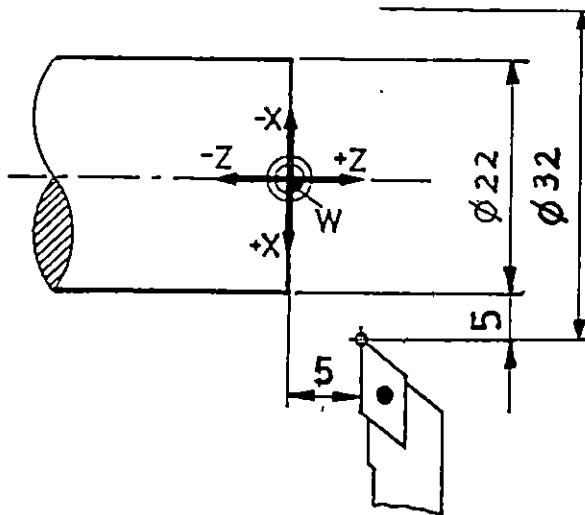
Contoh sinkronisasi :

Awal program tertulis sebagai berikut:

| No | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L,K,T) | H |
|----|----------|----------|----------|--------------|---|
| 00 | 92       | 3200     | 500      |              |   |

Catatan : diameter benda = 22 mm

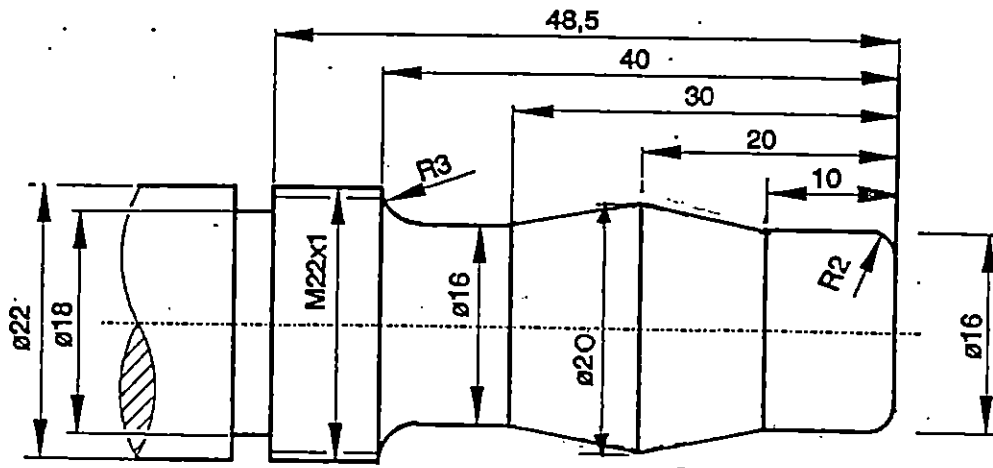
Sinkronisasi antara program dan posisi pahat terhadap benda kerja, maka pahat harus digerakan 5 mm ke arah X+ dan 5 mm ke arah Z+. Sehingga pada monitor akan menunjukkan nilai X=500 dan Z=500. Sedangkan posisi pahat terhadap benda kerja pada mesin adalah seperti gambar berikut:



Gambar 36. Sinkronisasi program  
(Manual Hand Book CNC, 30)

#### E. Aplikasi Program

Aplikasi program sebagai bahan untuk latihan dapat diperhatikan contoh program gambar kerja pada halaman 74. Perhatikan teknik pemakaian program penyayatan siklus dan penyayatan tunggal, sebelum penyayatan siklus selalu diawali dengan G00. Sedangkan penyayatan tunggal lebih banyak digunakan untuk penyayatan finishing serta posisi aman untuk pergantian pahat.



Gambar 37. Gambar Kerja

Program untuk gambar di atas adalah sebagai berikut:

| N' | G'  | X'   | Z'     | F'  | H  |    |     |       |            |        |
|----|-----|------|--------|-----|----|----|-----|-------|------------|--------|
| 00 | 92  | 4000 | 500    |     |    | 26 | 01  | 2000  | - 2000     | 75     |
| 01 | M03 |      |        |     |    | 27 | 01  | 1600  | - 3000     | 75     |
| 02 | 00  | 2300 | 00     |     |    | 28 | 01  | 1600  | - 3700     | 75     |
| 03 | 01  | 00   | 00     | 100 |    | 29 | 02  | 2200  | - 4000     | 75     |
| 04 | 00  | 2200 | 100    |     |    | 30 | 01  | 2200  | - 5000     | 75     |
| 05 | M00 |      |        |     |    | 31 | 00  | 4000  | 500        |        |
| 06 | 84  | 2050 | - 3900 | 100 | 00 | 32 | M06 | - 100 | 1164T      | 02     |
| 07 | 00  | 1850 | 100    |     |    | 33 | 00  | 2300  | - 4850     |        |
| 08 | 01  | 1850 | - 1500 | 100 |    | 34 | 86  | 1800  | - 5350     | 15 300 |
| 09 | 01  | 2050 | - 2000 | 100 |    | 35 | 00  | 4000  | 500        |        |
| 10 | 00  | 2050 | 100    |     |    | 36 | M06 | - 10  | - 314T     | 02     |
| 11 | 00  | 1650 | 100    |     |    | 37 | M00 |       |            |        |
| 12 | 01  | 1650 | - 1000 | 100 |    | 38 | 00  | 2240  | - 3850     |        |
| 13 | 01  | 2050 | - 2000 | 100 |    | 39 | 78  | 2078  | - 5000K100 | 15     |
| 14 | 01  | 1850 | - 2500 | 100 |    | 40 | 78  | 2078  | - 5000K100 | 00     |
| 15 | 01  | 1850 | - 3800 | 100 |    | 41 | 78  | 2078  | - 5000K100 | 00     |
| 16 | 01  | 2050 | - 3800 | 100 |    | 42 | 78  | 2078  | - 5000K100 | 00     |
| 17 | 00  | 1860 | - 2500 |     |    | 43 | 78  | 2078  | - 5000K100 | 00     |
| 18 | 01  | 1650 | - 3000 | 100 |    | 44 | 78  | 2078  | - 5000K100 | 00     |
| 19 | 01  | 1650 | - 3700 | 100 |    | 45 | M05 |       |            |        |
| 20 | 01  | 2050 | - 3700 | 100 |    | 46 | 00  | 4000  | 500        |        |
| 21 | 00  | 2100 | 100    |     |    | 47 | M06 | : 00  | 00T        | 02     |
| 22 | 00  | 1200 | 100    |     |    | 48 | 00  | 4000  | 500        |        |
| 23 | 01  | 1200 | 00     | 75  |    | 49 | M30 |       |            |        |
| 24 | 03  | 1600 | - 200  | 75  |    |    |     |       |            |        |
| 25 | 01  | 1600 | - 1000 | 75  |    |    |     |       |            |        |



## DAFTAR KEPUSTAKAAN

Joseph P. dan M. Sava, 1983, Computer Numerical Control,  
Reston Publisting Company, Inc. A Prentice Hall Com.  
Reston, Virginia

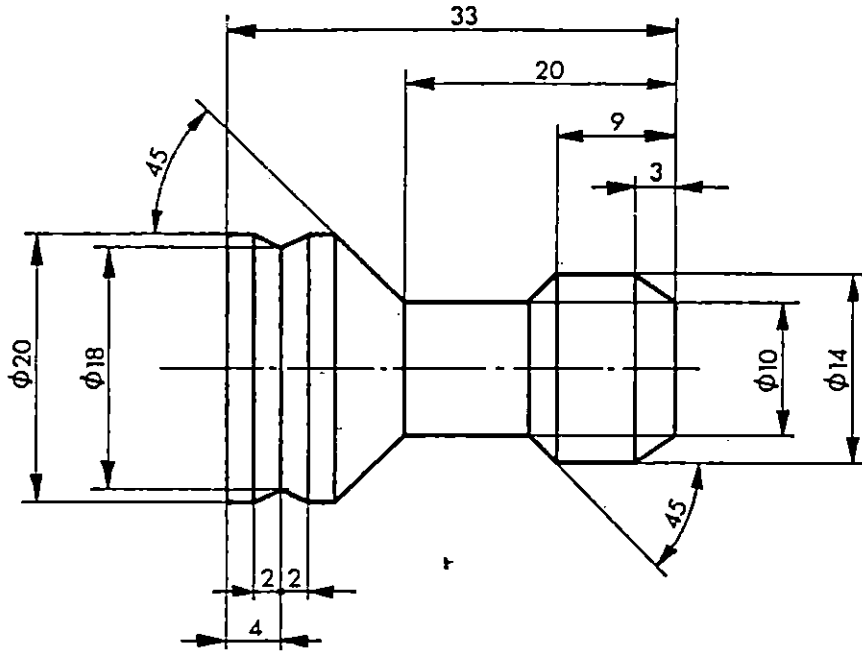
Maier, Ges.mbh. EMCO, 1990, Teacher's Hand Book CNC TU-2A,  
Hallein, Austria.

....., 1990, Teacher's (Hand Book CNC) ET 120 P, Hallein,  
Austria.

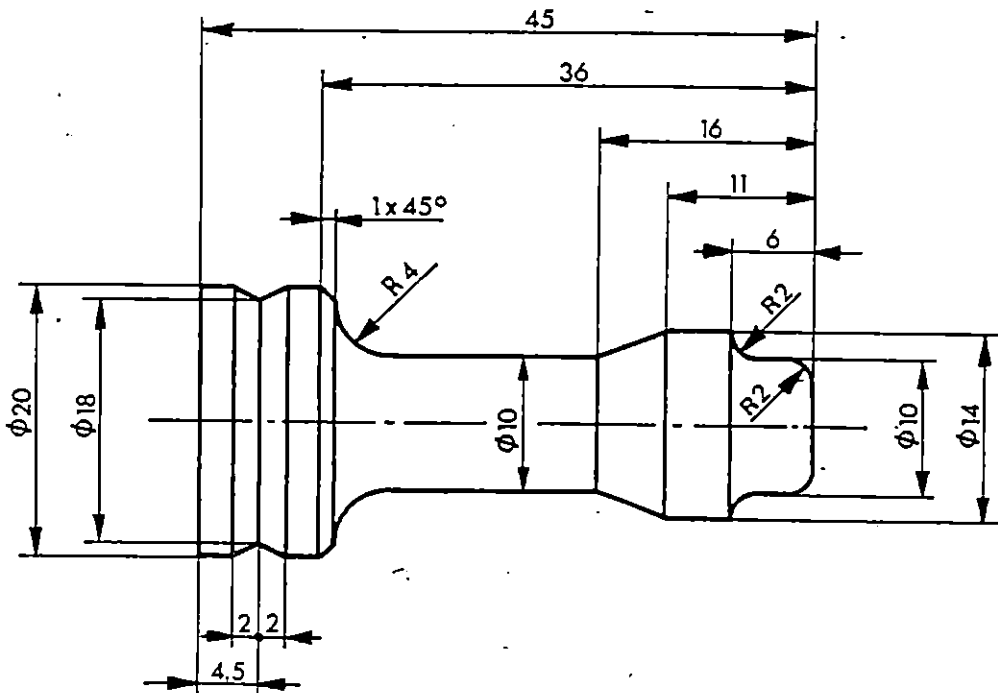
Pollack, Herman W. dkk., 1990, Computer Numerical Control,  
Prentice Hall International Editions, New York.

Rochim, Taufik, 1985, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan,  
Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri,  
Jurusan Mesin ITB Bandung.

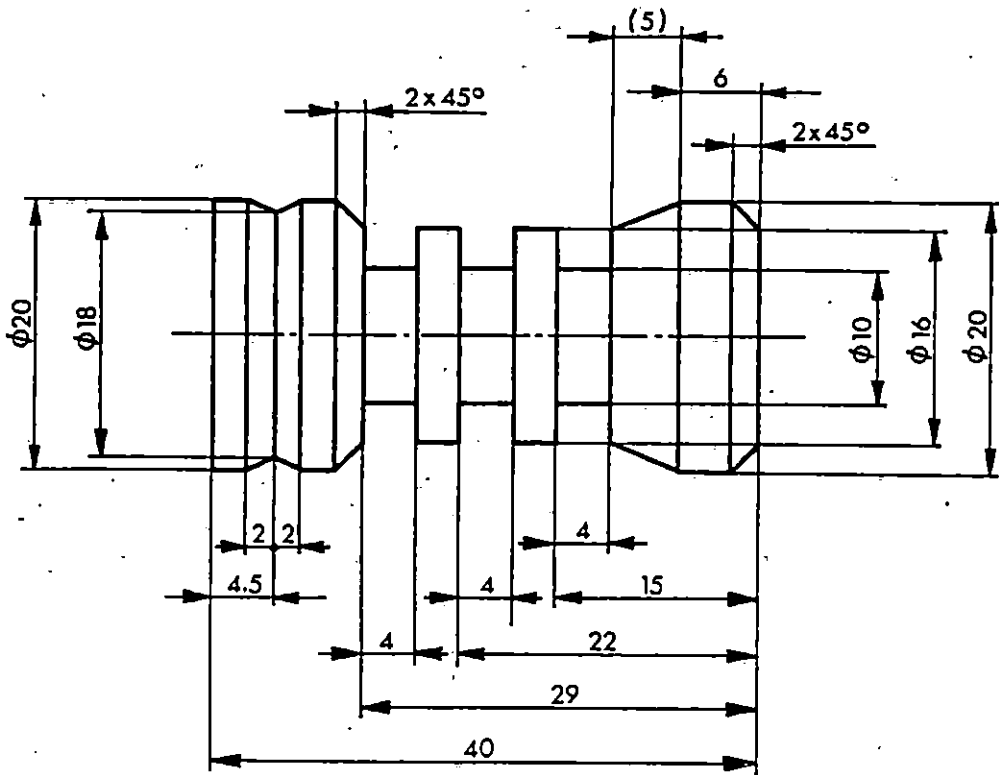
Gambar 1: bidak



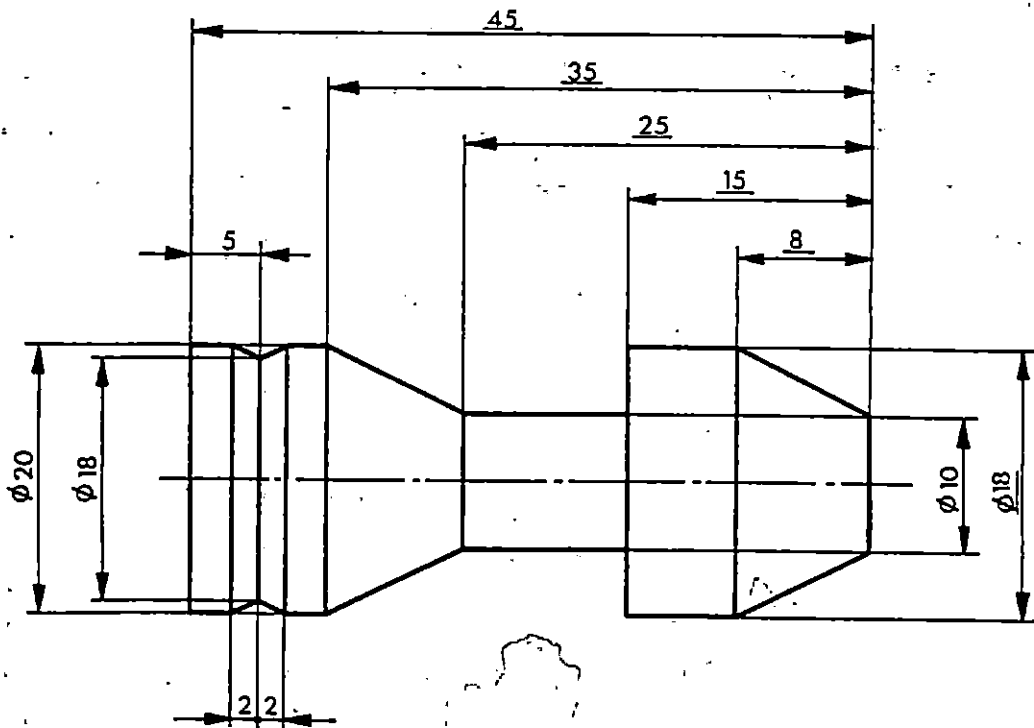
Gambar 2: peluncur



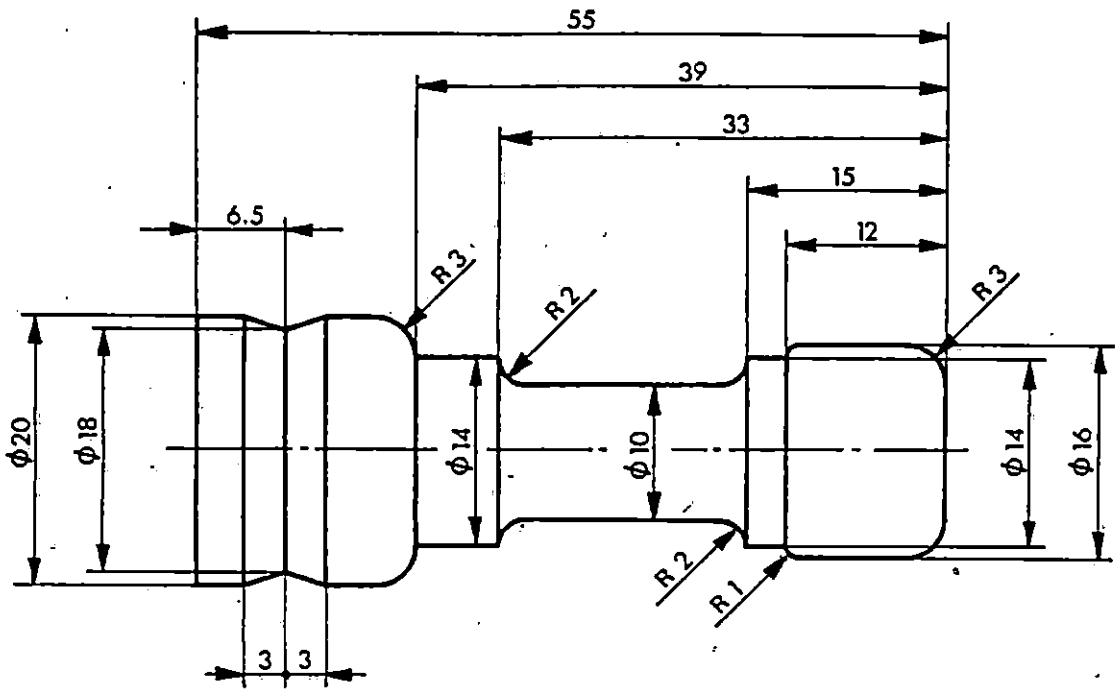
Gambar 3: benteng



Gambar 4: kuda



Gambar 5: menteri



Gambar 6: raja

