

Materi 4

Menulis Program di Mesin Bubut CNC (membuka, menulis, dan mengedit program CNC)

Tujuan

Setelah mempelajari materi 4 ini mahasiswa memiliki kompetensi :

- Memahami dasar-dasar program CNC untuk mesin bubut CNC
- Dapat menulis (membuka, menulis, dan mengedit) program CNC di mesin bubut CNC



A. Deskripsi Materi 4

Agar dapat menulis program CNC dan memahami apa yang ditulis, maka berikut ini dipaparkan mengenai dasar-dasar pemrograman CNC dan kode-kode instruksi pemrograman CNC. Hal ini harus dipahami lebih dahulu sebagai dasar pemahaman penulisan program CNC.

1. Struktur program

Program CNC terdiri dari blok (*block*) yang berurutan. Setiap blok merupakan langkah pemesinan. Perintah/Instruksi ditulis dalam satu blok dalam bentuk kata-kata (*words*). Blok terakhir dari urutan tersebut berisi kata khusus untuk mengakhiri program yaitu M2.

Tabel 4.1. Struktur program

	Word	Word	Word	...	; Comment
Block	N10	G0	X20	...	; 1st block
Block	N20	G2	Z37	...	; 2nd block
Block	N30	G91	; ...
Block	N40	
Block	N50	M2			; End of program

2. Setiap program memiliki nama sendiri.

Ketika membuat suatu program CNC, nama program bisa ditentukan sendiri oleh pembuat dengan ketentuan sebagai berikut :

- Dua karakter pertama harus merupakan huruf, selanjutnya huruf, angka-angka, atau *underscore* boleh dipakai
- Jangan menggunakan lebih dari 8 karakter
- Jangan menggunakan tanda pisah (-)

Contoh nama program : FRAME521

3. Struktur kata dan adres adalah seperti Gambar di bawah

Satu kata terdiri dari adres dan harga (value). Adres berupa huruf kapital dan harga berupa angka (lihat Gambar 4.1).

Word	Word	Word
Address Value	Address Value	Address Value
G1	X-20.1	F300
Traverse with linear interpolation	Path or end position for X axis: -20.1 mm	Feed: 300 mm/min

Gambar 4.1. Struktur kata

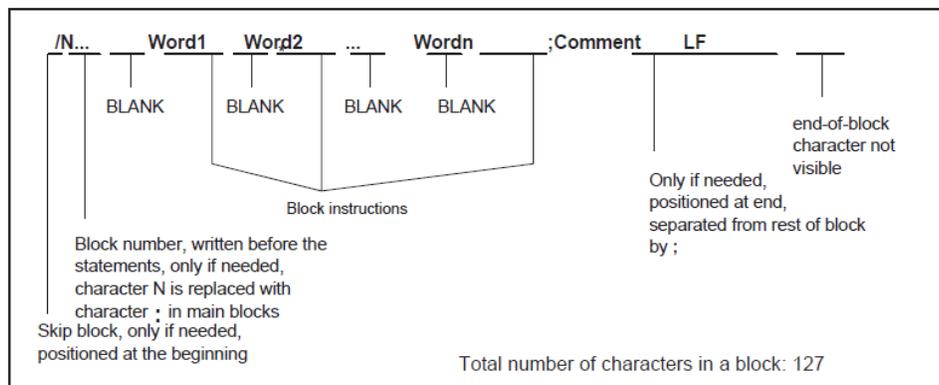
4. Jumlah karakter pada *adres*

Satu kata boleh berisi beberapa huruf *adres*. Akan tetapi dalam kasus ini, tanda sama dengan “=” harus disisipkan untuk menunjukkan harga dari angkanya terhadap huruf *adres* yang dimaksud.

Contoh : CR=5.23

5. Struktur blok

Suatu blok instruksi (*block instructions*) sebaiknya berisi semua data yang diperlukan untuk melaksanakan satu langkah pemesinan. Blok biasanya terdiri dari beberapa kata dan selalu diakhiri dengan *the end-of-block character “LF” (line feed)*. Karakter tersebut akan muncul dengan sendirinya ketika tombol *return* atau *input* ditekan ketika kita menulis program. Dalam satu blok jumlah karakter maksimal 127 buah.



Gambar 4.2. Diagram struktur blok/baris program

Pada kontrol CNC Sinumerik 802 S/C nomer program tidak harus ada, akan tetapi sebaiknya kita menulis nomer program agar mudah mengeditnya.

6. Urut- urutan kata

Ketika satu blok terdiri dari lebih dari satu pernyataan, kata-kata dalam satu blok harus diatur dengan urutan sebagai berikut :

N... G... X... Z... F... S... T... D... M...

Pilihlah nomer blok dengan langkah 5 atau 10. Dengan demikian kita masih memiliki tempat untuk menyisipkan beberapa blok lagi, jika nantinya ada kesalahan atau blok program kurang.

7. Blok diabaikan (*Block skipping*)

Blok program yang tidak dikerjakan ketika menjalankan program CNC ditandai dengan tanda garis miring “ / ” di depan nomer blok.

Sewaktu program dikerjakan oleh mesin, maka blok yang diawali dengan tanda “ / ” dilewati atau diabaikan, program yang dikerjakan adalah pada blok selanjutnya.

8. Komentari/ catatan (*comment/remark*)

Catatan dapat digunakan untuk menjelaskan pernyataan dari blok program . Komentari ditampilkan bersama dengan isi program yang lain dari satu blok yang sedang tampil.

Contoh Program :

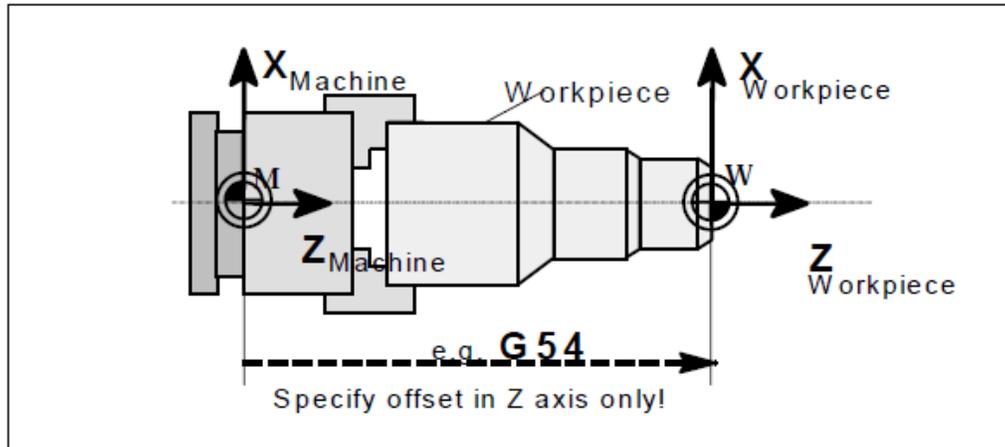
```
N10 ; G&S Order No. 12A71
N20 ; Pump part 17, Drawing No.: 123 677
N30 ; Program created by Mr. Adam Dept. TV 4
N50 G17 G54 G94 F470 S20 T1 D0 M3 ; Blok Utama
N60 G0 G90 X100 Z2
N70 G0 X98
N80 G1 Z-50
/N90 X102 ;Blok yang diabaikan
N100 X104
N110 G0 Z2
N120 X145 Z5
N130 M5
N140 M2 ;Program berakhir
```

9. Ringkasan kode intruksi program CNC

Kode-kode instruksi untuk pembuatan program CNC (Kode G, M, F, T, D, S, LCYC) yang sering digunakan di sini akan dijelaskan sesuai urutan penggunaan kode yang digunakan dalam suatu program CNC. Penjelasan dan gambar yang digunakan diambil dari buku Referensi yang dibuat oleh perusahaan Siemens (2003). Ringkasan Instruksi yang digunakan secara ringkas dijelaskan di bawah.

a. G54, pencekaman benda kerja dan pergeseran titik nol mesin ke titik nol benda kerja.

Pergeseran titik nol memberitahukan secara pasti titik nol benda kerja dari titik nol mesin. Pergeseran ini dihitung setelah benda kerja dicekam pada pencekam di mesin dan harus diisikan pada parameter titik nol (*zero offset*). Pergeseran titik nol diaktifkan melalui program CNC dengan menuliskan G54 (lihat gambar di bawah), atau pergeseran titik nol yang lain, misalnya G55, G56, atau G57.



Gambar 4.3. Pemindahan titik nol dari M ke W

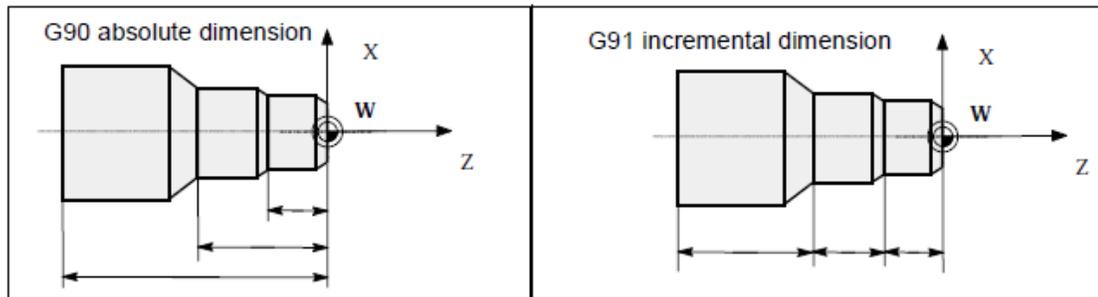
Format :

N... G54; berarti titik nol benda kerja diaktifkan

N...

b. G90 , pemrograman menggunakan koordinat absolut

Apabila di awal program CNC ditulis G90, maka pemosisian pahat yang diperintahkan menggunakan koordinat absolut dari titik nol benda kerja. Titik nol benda kerja adalah sebagai titik nol absolut atau (0,0,0). Lihat gambar di bawah untuk memahami hal tersebut.



Gambar 4.4. Pengukuran absolut dan incremental

Format :

N.. G90 ; berarti sistem pengukuran absolut diaktifkan

N...

N... G91 ; berarti sistem kordinat yang digunakan adalah *incremental*.

Kode G91 berarti sistem pengukuran yang digunakan menggunakan koordinat relatif atau *incremental*. Pergeseran pahat diprogram dari tempat pahat berada ke posisi berikutnya. Titik nol (0,0,0) berada di ujung sumbu pahat. G91 biasanya digunakan di awal sub rutin (sub program).

c. T, pemanggilan pahat

Pahat yang digunakan dipilih dengan menuliskan kata T diikuti nomer pahat, misalnya T1, T2, T3. Nomer pahat bisa dari angka bulat 1 sampai 32000. Di sistem kontrol maksimum 15 pahat yang bisa disimpan pada waktu yang sama. Apabila akan mengganti pahat, maka pada program CNC ditulis T diikuti angka nomer pahat yang dimaksud.

Format :

N....

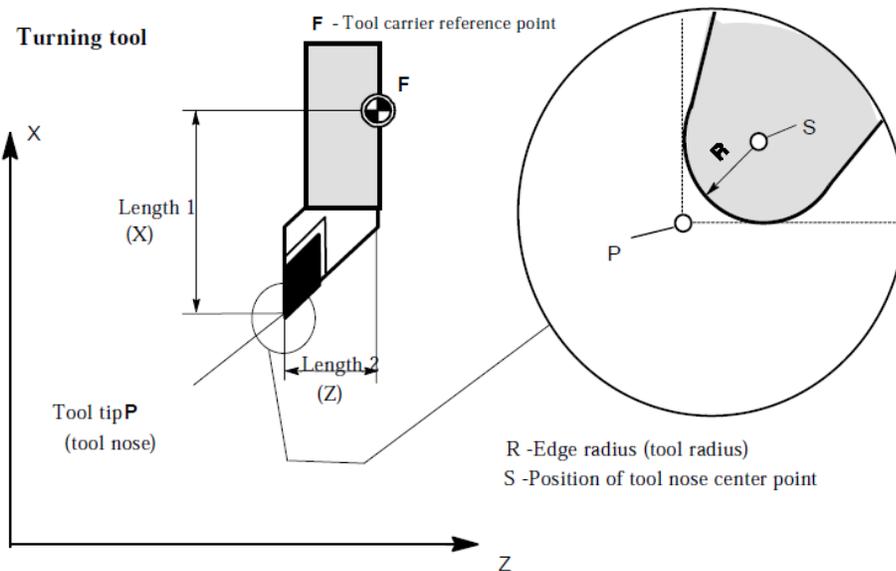
N... T1; berarti pahat 1 diaktifkan

N...

N... T4 ; berarti pahat diganti dengan pahat 4.

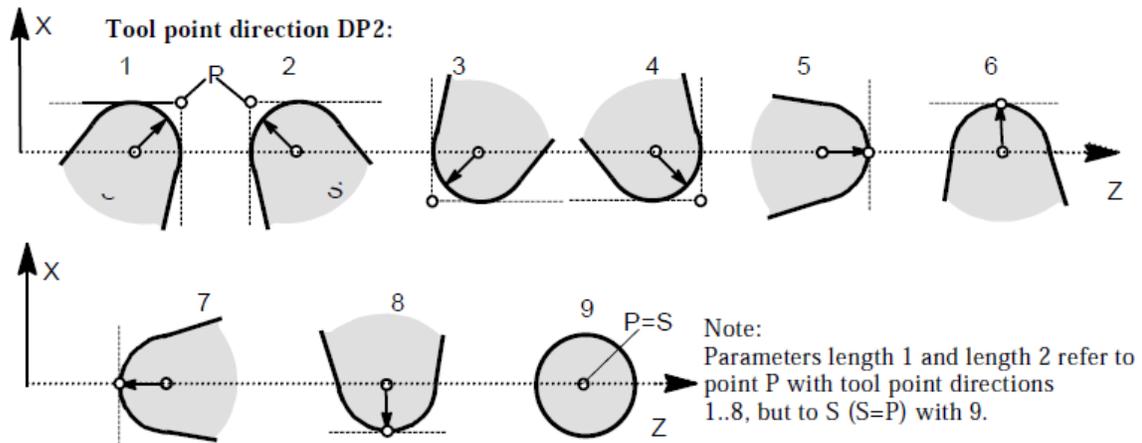
d. D, mengaktifkan kompensasi pahat

Beberapa pahat memiliki panjang dan diameter yang berbeda. Untuk mengaktifkan perbedaan tersebut, maka sesudah menulis nomer pahat (misalnya T1), kemudian diikuti D dengan nomer kompensasi yang dimaksud. Harga kompensasi pahat disimpan pada parameter *tool correction* (lihat gambar di bawah). Harga D adalah antara 1 sampai 9 tergantung bentuk pahat yang digunakan. Pada program CNC. apabila D tidak diprogram, maka harga D yang digunakan adalah D1, apabila D0 berarti pergeseran harga pahat tidak aktif.



Gambar 4.5. Pergeseran posisi pahat (*tool offset*) yang diperlukan

The tool parameter DP2 specifies the tool point direction. Direction value 1 to 9 can be programmed:



Gambar 4.6. Harga *tool offset* juga memerlukan data mengenai arah penyayatan ujung pahat. Harga arah penyayatan adalah 1 sampai 9.

Format :

N....

N... T1 D2; berarti pahat 1 dengan kompensasi 2

N...

N... T5 D8; berarti pahat 5 dengan kompensasi 8.

Catatan: penjelasan lebih detail mengenai kompensasi pahat dapat dilihat di Buku Referensi “*Operation and Programming Sinumerik*” (2003) halaman 8-39 sampai 8-51

e. G96 , G97 dan S, kecepatan potong konstan

Fungsi G96 adalah untuk mengatur kecepatan potong. Apabila G96 ditulis kemudian diikuti S, berarti satuan untuk S adalah m/menit, sehingga selama proses pembubutan menggunakan kecepatan potong konstan. G97 berarti pengaturan kecepatan potong konstan OFF, sehingga satuan S menjadi putaran spindel konstan dengan satuan putaran per menit (rpm).

Format :

N... G96 S120 LIMS=... F... ; kecepatan potong konstan 120 m/menit

N...

N... G97 ; kecepatan potong konstan OFF

Catatan :

LIMS berarti batas atas putaran spindel. Apabila menggunakan G96 harus diprogram harga putaran maksimal, karena untuk G96 putaran spindel akan bertambah cepat ketika diameter mengecil dan menjadi tidak terhingga ketika diameter 0 (misalnya pada proses *facing*). Harga F yang digunakan akan ikut terpengaruh apabila menggunakan G95 dengan satuan mm/putaran.

Untuk mengaktifkan jumlah putaran spindel mesin frais CNC digunakan S diikuti dengan jumlah putaran per menit. Arah putaran spindel mengikuti perintah kode M, yaitu M3 putaran searah jarum jam, dan M4 putaran berlawanan arah jarum jam. Sedangkan perintah M5 putaran spindel berhenti.

Format :

N... M3

N... G97 S1500; berarti putaran spindel searah jarum jam 1500 rpm.

N...

f. F, gerak makan

Gerak makan F adalah kecepatan pergerakan pahat yang berupa harga absolut . Harga gerak makan ini berhubungan dengan gerakan interpolasi G1, G2, atau G3 dan tetap aktif sampai harga F baru diaktifkan di program CNC. Satuan untuk F ada dua yaitu mm/menit apabila sebelum harga F ditulis G94, dan mm/putaran apabila ditulis G95 sebelum harga F. Satuan mm/putaran hanya dapat berlaku apabila spindel berputar.

Format :

N....

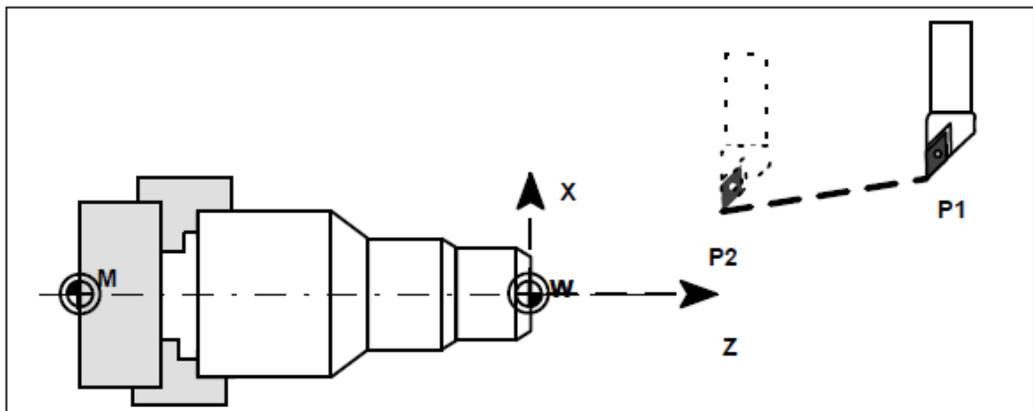
N... G94 F100; berarti harga gerak makan 100 mm/menit

N... M3 S1000

N... G95 F2; berarti gerak makan 2 mm/putaran

g. G0, gerak cepat lurus

G0 berfungsi untuk menempatkan (memposisikan) pahat secara cepat dan tidak menyayat benda kerja. Semua sumbu bisa bergerak secara simultan sehingga menghasilkan jalur lurus (lihat gambar di samping). Perintah G0 akan selalu aktif sebelum dibatalkan oleh perintah dari kelompok yang sama, misalnya G1, G2, atau G3.



Gambar 4.7. Gerak cepat dengan G0

Format :

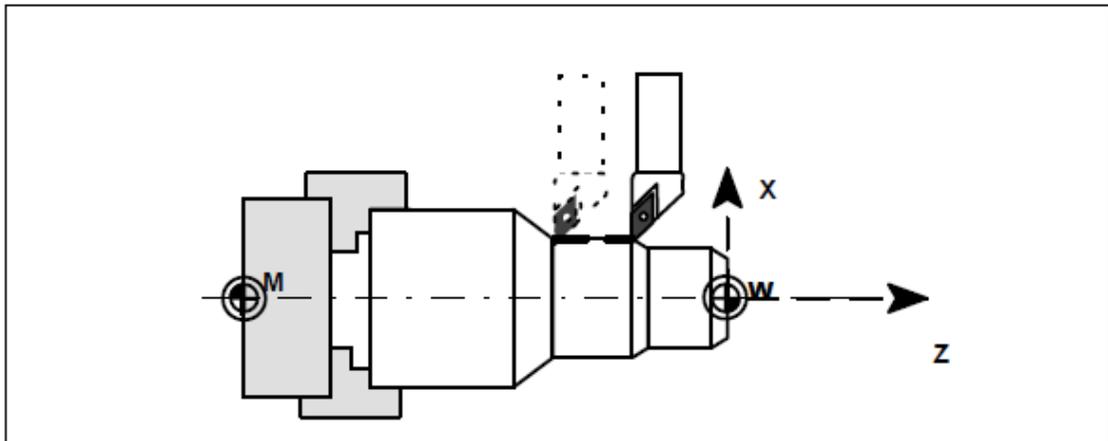
N...

N... G0 X40 Z25; gerak cepat aktif menuju koordinat yg ditulis

N...

h. G1, interpolasi lurus dengan gerak makan tertentu

Fungsi dari perintah G1 adalah menggerakkan pahat dari titik awal menuju titik akhir dengan gerakan lurus. Kecepatan gerak makan ditentukan dengan F. Semua sumbu dapat bergerak bersama (lihat gambar di bawah). Perintah G1 tetap aktif sebelum dibatalkan oleh perintah dari kelompok yang sama (G0, G2, G3).



Gambar 4.8. Gerak interpolasi lurus G1

Format :

N... G0 X20 Z-40

N... G1 X30 Z-60 F20 ; berarti pahat bergerak lurus menuju

N... G1 Z-72 ; berarti pahat bergerak lurus menuju

N...

i. G2 dan G3, gerakan interpolasi melingkar

Perintah G2 atau G3 berfungsi untuk menggerakkan pahat dari titik awal ke titik akhir mengikuti gerakan melingkar. Arah gerakan ada dua macam yaitu G2 untuk gerakan searah jarum jam, dan G3 untuk berlawanan arah jarum jam (lihat gambar di bawah). Gerakan pahat menurut F yang diprogram pada baris sebelumnya.

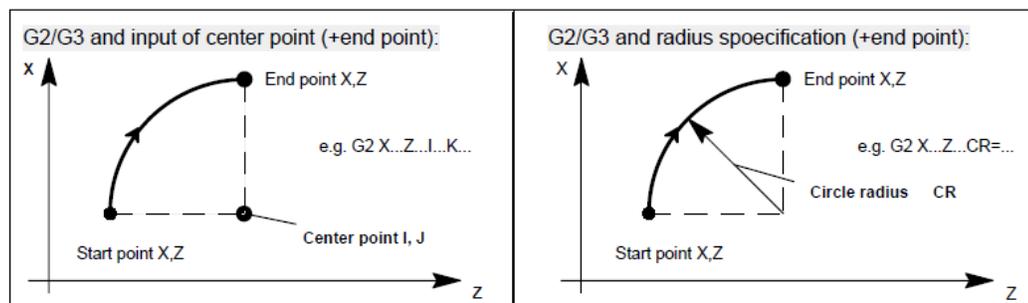
Format :

N...

N... G2 X... Z... I5 K-1; bergerak melingkar ke (X,Z) dengan titik pusat di (5,-1) dari titik awal gerak pahat

N... G2 X... Z...CR=10; bergerak melingkar ke (X,Z) dengan radius 10

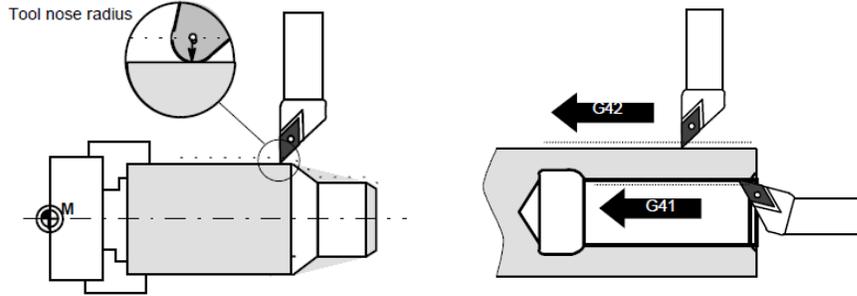
N...



Gambar 4.9. Gerak interpolasi melingkar G2 dan G3

j. G41, G42, G40, kompensasi pahat

Kompensasi radius pahat akan aktif apabila ditulis G41/G42. G41 adalah kompensasi radius kiri, sedangkan G42 adalah kompensasi radius kanan. G40 adalah membatalkan kompensasi radius atau tanpa kompensasi.



Gambar 4.10. Kompensasi pahat G40 G41

Format :

N... G0 X... Y... Z...

N... G42 ; berarti kompensasi radius pahat kanan diaktifkan

N... G1 X... Y...

N...

N... G40 ; berarti kompensasi dibatalkan

k. M2, M3, M4, M5, M8, M9, fungsi tambahan

Kode M ini adalah kode untuk fungsi tambahan. Arti beberapa kode M tersebut adalah :

M2 = program berakhir

M3 = spindel ON dengan putaran searah jarum jam

M4 = spindel ON dengan putaran berlawanan arah jarum jam

M5 = spindel OFF

M8 = coolant ON

M9 = coolant OFF.

Format :

N...

N... M3 ; berarti spindel putar arah kanan

N...

N... M5 ; berarti spindel OFF

N... M2 ; program berakhir

I. G33, penyayatan ulir dengan kisar konstan

Fungsi dari G33 adalah menyayat beberapa jenis ulir dengan kisar konstan berikut :

- Ulir pada benda silindris
- Ulir pada benda berbentuk tirus
- Ulir luar dan ulir dalam
- Ulir dengan titik awal tunggal maupun ganda
- Ulir Multi-blok (ulir yang bersambung)

Fungsi pembuatan ulir ini memerlukan spindel dengan sistem pengukuran posisi. G33 tetap aktif sampai dibatalkan oleh instruksi dari kelompok yang sama yaitu G0, G1, G2, dan G3.

Jenis ulir kanan atau kiri bisa dibuat dengan G33, proses tersebut diatur dengan arah putaran spindel yaitu M3 untuk ulir kanan dan M4 untuk ulir kiri. Jumlah putaran spindel diatur dengan kode S.

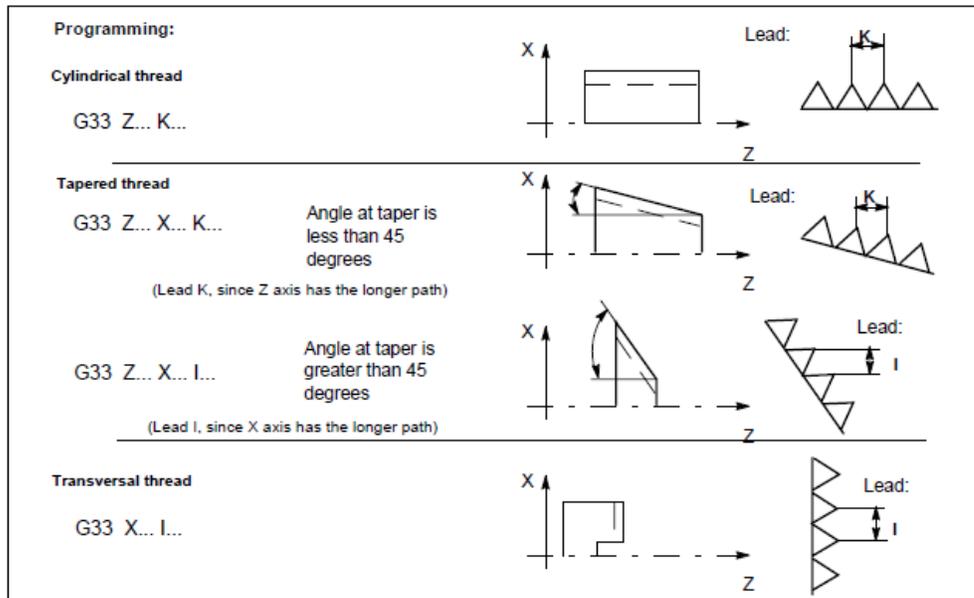
Pada waktu membuat ulir harus diperhatikan titik awal penyayatan dan titik akhir penyayatan.

Format :

- Untuk ulir silindris
N... G0 X... Z...
N... G33 Z.... K...
N....
- Untuk ulir tirus (sudut tirus kurang dari 45^0)
N... G0 X... Z...
N... G33 Z.... X.... K... ;
N....
- Untuk ulir tirus (sudut tirus lebih dari 45^0)
N... G0 X... Z...
N... G33 Z.... X.... I... ;
N....

- Untuk ulir melintang
N... G0 X... Z...
N... G33 ... X... I... ;
N....

Penjelasan lihat gambar di bawah.

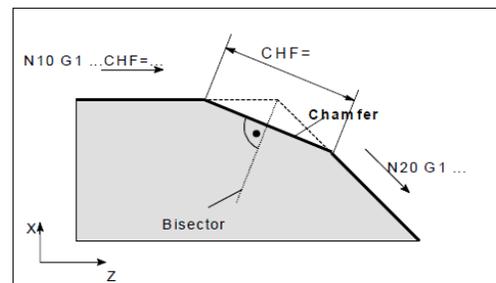


Gambar 4.11. Pemrograman ulir dengan G33

Harap diperhatikan bahwa G33 bukan siklus pembuatan ulir, tetapi gerakan pemotongan ulir sekali jalan dengan kisar konstan.

m. CHF/ RND, Champher/ radius fillet

Kita dapat menambahkan elemen champher dan radius pada pojok kontur. Instruksinya adalah `CHF=....` atau `RND=....` diprogram pada blok sebelumnya.



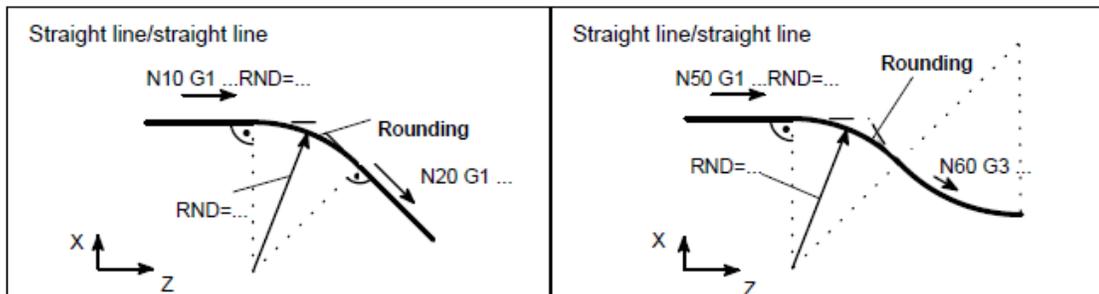
Gambar 4.12. Pembuatan champher

Format :

N.....

N.... G1 Z50 CHF=1

N.... X Z...



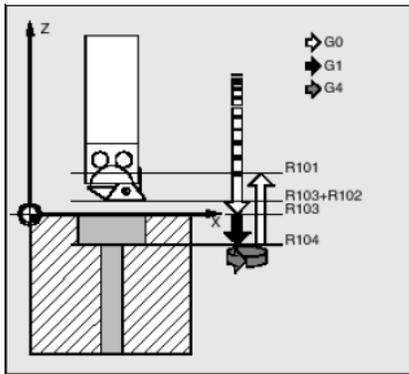
Gambar 4.13. Pembuatan fillet (radius pojok)

n. LCYC82, pembuatan lubang dengan mata bor (*drilling*) untuk lubang dangkal (*spot facing*)

Siklus adalah bagian program yang berisi proses yang saling bersambung yang mendukung beberapa proses pemesinan, misalnya pembuatan lubang dengan mata bor, membuang bagian benda kerja yang tidak diperlukan atau pemotongan ulir. Suatu siklus dapat berjalan setelah diberi beberapa data parameter. Siklus standar untuk pembuatan lubang dan aplikasi pemotongan tertentu telah ada dalam sistem. Pemberian harga parameter dari R100 sampai dengan R149 digunakan sebagai isian parameter dari suatu siklus.

Pada siklus LCYC82 ini mata bor dengan jumlah putaran dan gerak makan yang terprogram masuk ke benda kerja sampai dengan kedalaman akhir tertentu. Apabila kedalaman akhir telah dicapai maka gerakan turun mata bor akan berhenti sebentar (*dwell*) sesuai dengan harga yang telah diprogramkan di parameter. Setelah itu mata bor akan kembali dengan cepat ke bidang pengembalian (lihat gambar di samping).

Syarat penggunaan siklus LCYC82 ini adalah putaran spindle dan arah putarannya demikian juga harga gerak makan sudah diprogram di baris program



sebelumnya. Posisi koordinat pemboran sudah dilakukan sebelum memanggil siklus ini. Pahat yang dibutuhkan dengan harga kompensasi pahat sudah diisikan datanya sebelum siklus ini dipanggil.

Gambar 4.14. Gambaran pembuatan lubang dengan LCYV82

Parameter yang digunakan pada siklus ini :

- R101 : posisi bidang pengembalian (absolut) yaitu posisi dari mata bor pada akhir siklus.
- R102 : jarak aman posisi mata bor yang berfungsi sebagai bidang referensi
- R103 : bidang referensi (absolut)
- R104 : kedalaman akhir (absolut)
- R105 : waktu berhenti yang digunakan untuk memutus beram (detik)

Format :

```
N... G0 X40 Y40 Z5
N... R101=5.000 R102 =3.000 R103=0.000
      R104=-6.000 R105=10.000          ; harga parameter
N... LCYC82                          ; pemanggilan siklus
N... G0 X... Y...
```

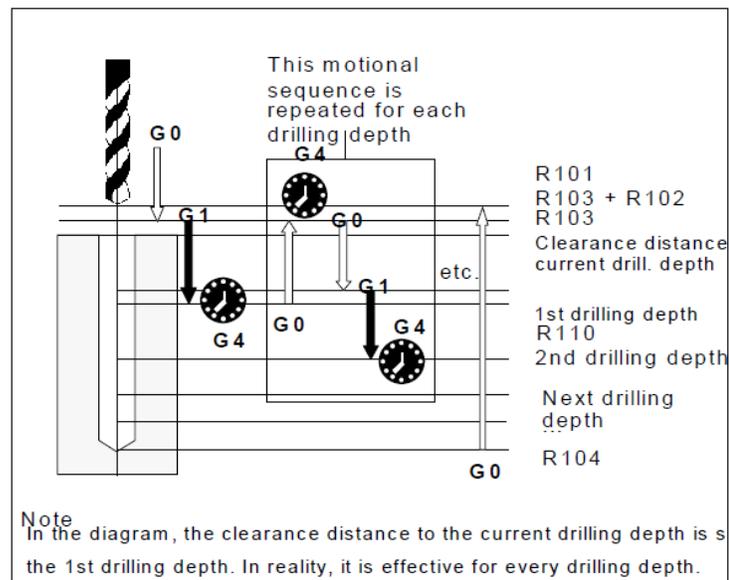
o. LCYC83, siklus pembuatan lubang dalam

Fungsi dari siklus ini adalah membuat lubang dalam dengan suatu siklus yang berulang, tahap demi tahap mata bor masuk ke benda kerja yang jumlah gerakan masuknya bisa diprogram pada parameteranya. Mata bor bisa kembali ke bidang

referensi untuk membuang beram sesudah masuk ke benda kerja atau kembali 1 mm pada setiap masuk untuk mematahkan beram (lihat gambar di bawah).

Parameter yang digunakan pada siklus ini :

- R101 : bidang pengembalian (absolut)
- R102 : jarak aman posisi mata bor (tanpa tanda)
- R103 : bidang referensi (absolut)
- R104 : kedalaman akhir (absolut)
- R105 : waktu tinggal diam (*dwell*)
- R107 : gerak makan untuk proses pemboran
- R108 : gerak makan untuk pemboran pertama
- R109 : waktu berhenti untuk titik awal atau untuk membuang beram
- R110 : kedalaman pemboran pertama (absolut)
- R111 : pengurangan pemakanan untuk kedalaman berikutnya (%)
- R127 : jenis pemesinan (0 = beram dipatahkan, 1 = beram dikeluarkan)



Gambar 4.15. Gambaran pembuatan lubang dengan LCYC83

Format/ contoh :

N... G0 X... Y... Z5

N... R101 =5.000 R102=3.000 R103=0.000

R104=-15.000 R105= 5.000 R107=30.000

R108=40.000 R109=10 R110=-5.000

R111=20.000 R127=1.000

;harga parameter

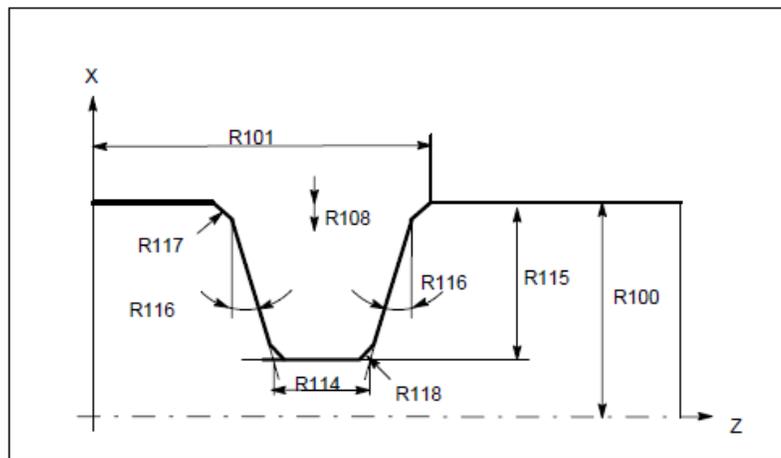
N... LCYC83

;pemanggilan siklus

N... G0 X... Y... Z...

p. LCYC93, siklus pembuatan alur

Siklus pembuatan alur dirancang untuk membuat alur simetris pada bidang silindris dan permukaan melintang. Siklus ini bisa digunakan untuk pembuatan alur pada pembubutan luar maupun pembubutan dalam.



Gambar 4.16. Parameter yang digunakan pada pembuatan alur

Parameter yang digunakan :

R100 : diameter alur di titik awal

R101 : titik awal alur pada arah sumbu Z (pada posisi sebelah kiri)

R105 : metode pemesinan (jangkauan harga 1 sampai 8)

R106 : sisa untuk proses finishing (tanpa tanda)

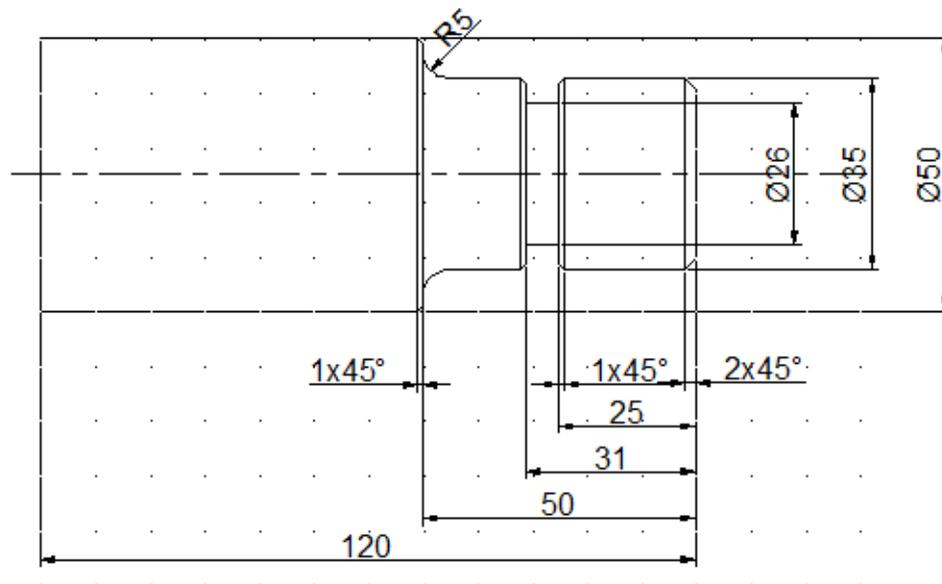
- R107 : lebar pahat (tanpa tanda)
- R108 : kedalaman pemakanan (tanpa tanda)
- R114 : lebar alur (tanpa tanda)
- R115 : dalam alur (tanpa tanda)
- R116 : sudut alur, harga antara $0 \leq R116 \leq 89.999$ derajat
- R117 : champher di awal alur (lihat gambar)
- R118 : champher di dasar alur (lihat gambar)
- R119 : waktu tinggal diam di dasar alur.

Tabel 4.2. Variasi pembuatan alur (Harga R105)

Value	Longitudinal/Facing	External/Internal	Starting Point Position
1	L	A	Left
2	P	A	Left
3	L	I	Left
4	P	I	Left
5	L	A	Right
6	P	A	Right
7	L	I	Right
8	P	I	Right

Contoh :

Dibuat alur dengan ukuran seperti gambar :



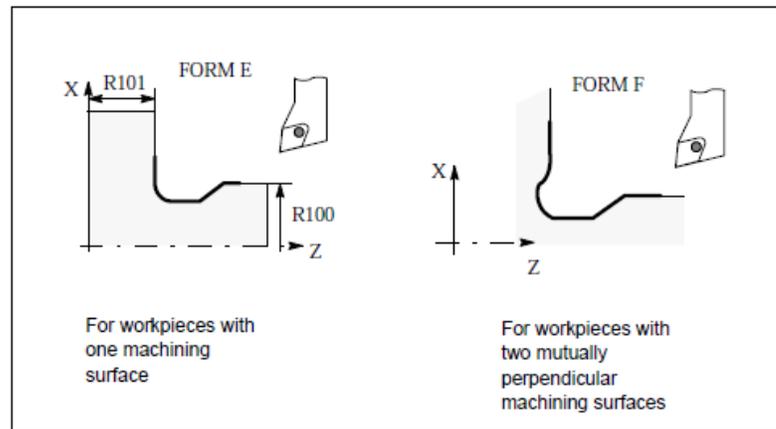
Program bagian alur adalah :

```
G54 G90 G97 S1200 M3
G0 X60 Z30
T3 G95 F0.2
G0 X39 Z-25
R100=35.000 R101=-25.000
R105=5.000 R106=0.300
R107=3.000 R108=1.000
R114=6.000 R115=4.500
R116=0.000 R117=1.000
R118=0.000 R119=5.000
LCYC93
G0 X80 Z20
M5 M2
```

q. LCYC94, siklus undercut

LCYC94 adalah siklus pemesinan *undercut* bentuk E dan F (sesuai dengan DIN 509). *Tool offset* harus diaktifkan sebelum siklus digunakan.

Pada siklus ini harga X adalah harga diameter.



Gambar 4.17. Bentuk *undercut* E dan F menurut DIN 509

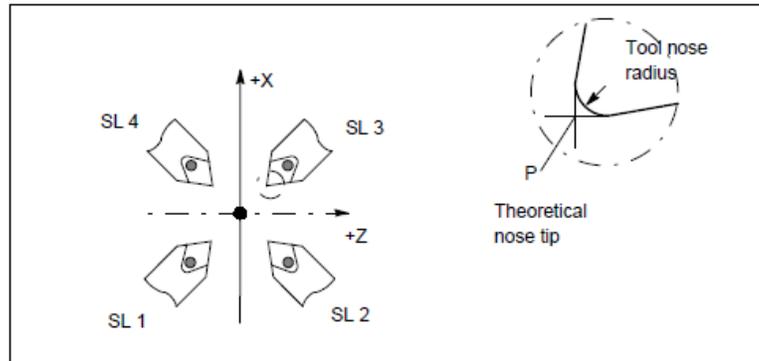
Parameter :

R100 : diameter ulir di titik awal, tanpa tanda

R101 : titik awal ulir pada arah sumbu Z

R105 : definisi dari bentuk, untuk bentuk E=55 dan F=56

R107 : definisi dari arah pemotongan, harga R107 dapat dilihat di tabel

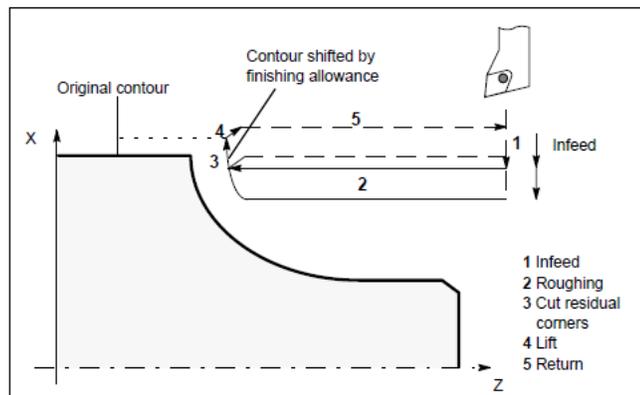


Gambar 4.18. Harga R107

r. LCYC95, siklus pembubutan memanjang

Siklus ini dapat menyayat bentuk kontur yang telah diprogramkan di sub program, pada arah memanjang maupun melintang (*facing*), untuk bubut luar maupun bubut dalam.

Proses pengasaran, finishing atau pemesinan penuh dapat dipilih melalui parameter. Harga *tool offset* (D) harus aktif pada siklus ini.



Gambar 4.19. Urutan gerakan pada siklus LCYC95

Parameter :

R105 : tipe pemesinan (memiliki harga 1 sampai 12), tipe pemesinan dibagi dalam 3 kelompok yaitu :

- Memanjang/facing

- Bubut dalam/bubut luar
- Pengasaran/finishing/pemesinan lengkap
lihat pada tabel di bawah

R106 : sisa untuk proses finishing

R108 : jarak pembagian penyayatan, tanpa tanda

R109 : sudut masuk pahat untuk pengasaran, berharga 0 untuk proses facing

R110 : sisa penyayatan untuk kontur pada proses pengasaran

R111 : gerak makan untuk proses pengasaran.

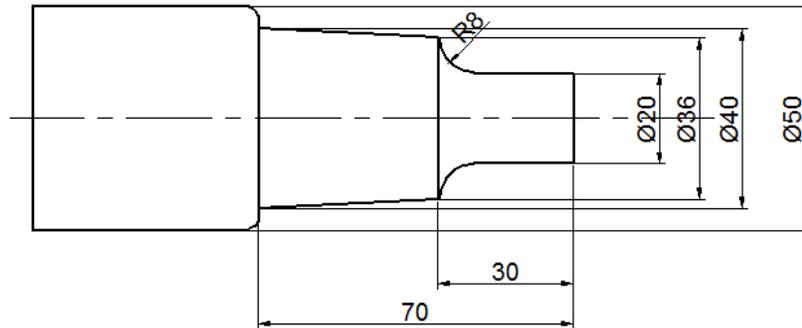
R112 : gerak makan untuk proses finishing.

Tabel 4.3. Variasi untuk siklus pembubutan memanjang untuk R105

Value	Longitudinal/Facing (P)	External/Internal (A/I)	Roughing/Finishing/Complete Machining
1	L	A	Roughing
2	P	A	Roughing
3	L	I	Roughing
4	P	I	Roughing
5	L	A	Finishing
6	P	A	Finishing
7	L	I	Finishing
8	P	I	Finishing
9	L	A	Complete
10	P	A	Complete
11	L	I	Complete
12	P	I	Complete

Mesin CNC dapat mengerjakan siklus ini kalau bentuk kontur sudah didefinisikan. Definisi bentuk kontur dengan nama program tersendiri. Nama program bentuk kontur diakhiri dengan ekstensi SPF, misalnya L15.SPF.

Contoh program :



Nama Program L15.SPF

```
G1 X20 Z0
Z-22
G2 X38 Z-30 CR=8
G1 X40 Z-70
X46
G3 X50 Z-72 CR=2
M17
```

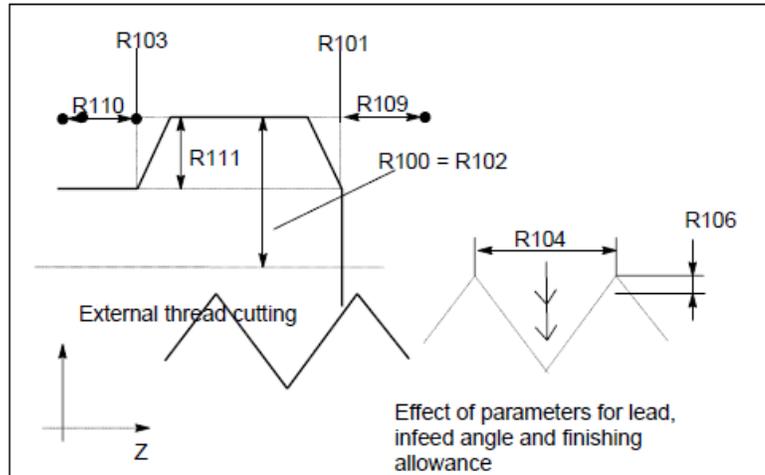
Nama program untuk siklus : BBT4

```
G54
G90 T1 D1 S1500 F100 M3
G0 X50 Z2
_CNAME="L15"
R105=1.000 R106=0.500
R108=1.000 R109=0.000
R110=0.500 R111=100.000
R112=80.000
LCYC95
G0 X60 Z20
M5 M2
```

s. **LCYC97, siklus pembubutan Ulir**

Siklus pembubutan ulir bisa digunakan untuk membuat ulir luar atau ulir dalam, ulir tunggal atau ulir ganda. Pembuatan ulir bisa pada benda yang silindris atau benda tirus, serta bisa digunakan untuk membuat ulir di permukaan melintang.

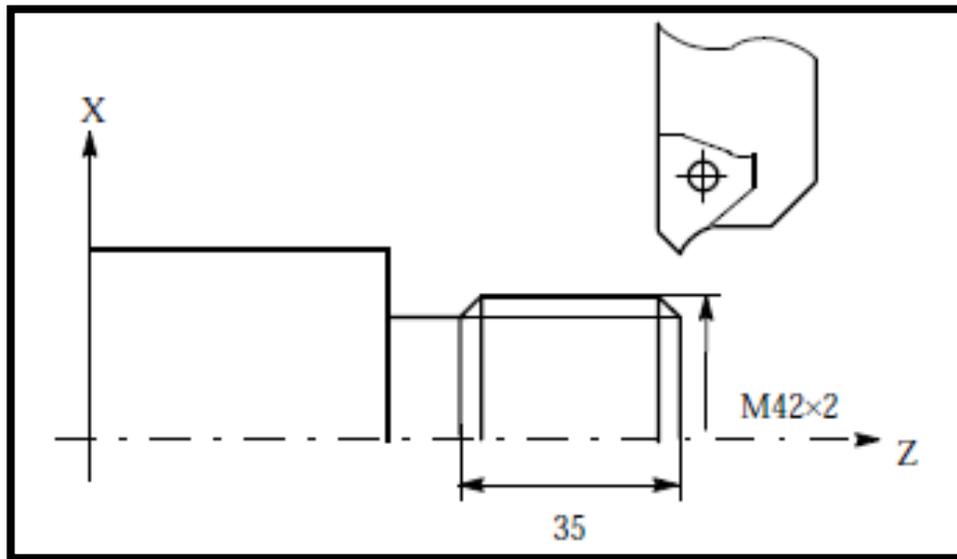
Parameter dan penjelasannya yang digunakan untuk siklus penguliran dijelaskan pada gambar di bawah.



Gambar 4.20. Diagram skematik parameter penyayat ulir

Parameter yang digunakan :

- R100 : diameter ulir di titik awal
- R101 : titik awal ulir pada arah sumbu Z
- R102 : diameter pada di titik akhir
- R103 : titik akhir ulir pada arah Z
- R104 : kisar ulir (tanpa tanda)
- R105 : definisi metode penyayatan ulir (ulir luar=1, ulir dalam=2)
- R106 : sisa untuk proses finishing (tanpa tanda)
- R109 : jarak untuk awalan penyayatan (tanpa tanda)
- R110 : jarak untuk jalan keluar (tanpa tanda)
- R111 : kedalaman ulir (tanpa tanda)
- R112 : pergeseran sudut untuk titik awal pembuatan ulir (tanpa tanda)
- R113 : jumlah pemotongan pengasaran (tanpa tanda)
- R114 : ulir tunggal =1 atau jenis ulir ganda=2.



Contoh : Akan dibuat ulir M42x2, ulir luar kanan kisar 2

N10 G54 G90

N20 T2 D2 G95 F0.3 S1000 M3

N30 G0 X60 Z15

R100=42.000 R101=50.000 R102=42.000

R103=-35 R104=2.000 R105=1.000 R106=0.6000

R109=10.000 R110=3.000 R111=1.400

R112=0.000 R113=5.000 R114=1.000

N40 LCYC97

N50 G0 X60 Z20

N60 M5 M2

Penjelasan kode-kode program secara lengkap dapat dilihat pada Buku Referensi “*Operation and Programming Milling* untuk mesin dengan kontrol CNC Sinumerik 802 S/C “

10. Membuka Program CNC yang sudah ada di dalam memori mesin

Beberapa program CNC yang pernah ditulis di mesin, tersimpan dalam memori mesin. Program tersebut dapat dibuka/dipanggil pada waktu berikutnya. Cara membuka program yang ada di dalam memori mesin adalah :

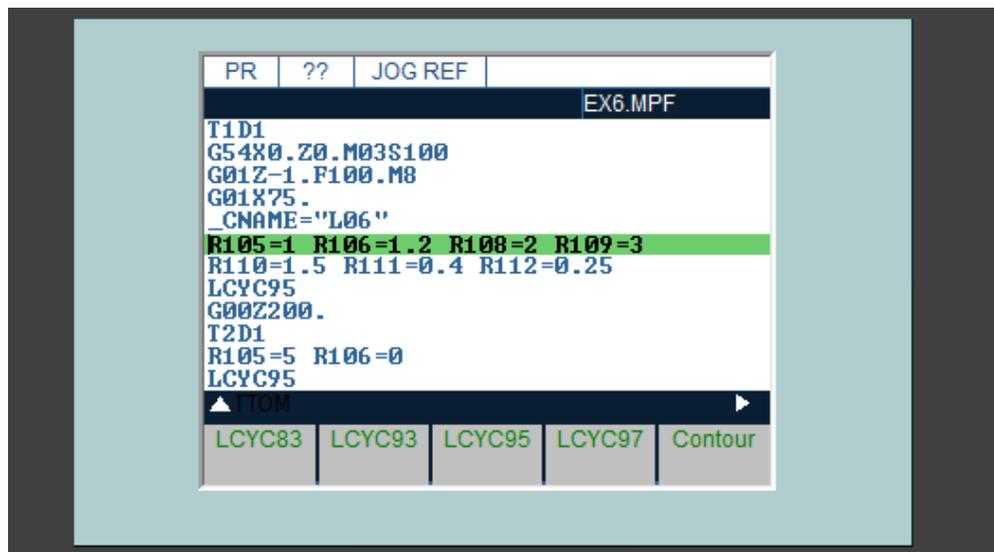
- a. Dari menu awal, tekan tombol *area switch over*
- b. Tekan *sof tkey* Program
- c. Setelah itu di monitor, akan muncul nama-nama program CNC yang sudah pernah diisikan di dalam mesin frais CNC



- d. Untuk memilih program CNC dari daftar yang ada untuk dibuka, maka tempatkan tanda kursor turun atau naik dengan menekan tombol panah naik ▲ atau turun ▼, sehingga nama program yang akan dibuka diblok dengan warna kelabu (warna jadi lebih gelap)
- e. Misalnya akan dibuka program CNC dengan nama EX6.MPF, maka tanda abu-abu kursor kita tempatkan di nama program tersebut, kemudian tekan *sof tkey* Open
- f. Di layar akan muncul isi dari program CNC dengan nama EX6.MPF



- g. Untuk melihat blok program selanjutnya ditekan tombol panah ke bawah ▼.



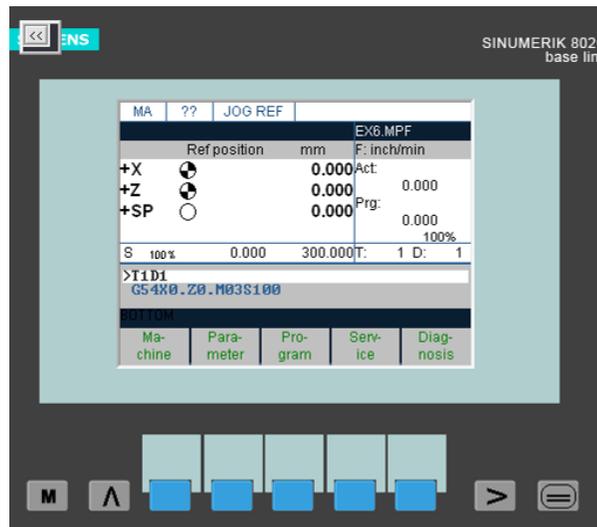
Dengan mengikuti langkah tersebut di atas, maka kita sudah bisa membuka program CNC yang tersimpan dalam memori mesin frais CNC.

11. Berlatih menulis program CNC di Mesin Frais CNC

Untuk memasukkan/menulis/mengetik program CNC pada Mesin Frais CNC, maka mesin frais CNC terlebih dahulu dihidupkan, dan referensi mesin telah diaktifkan. Untuk menulis program anda berada pada menu utama. Langkah tersebut akan dijelaskan dengan rinci sebagai berikut.

Misalnya Menulis Program dengan nama : PRG1.MPF

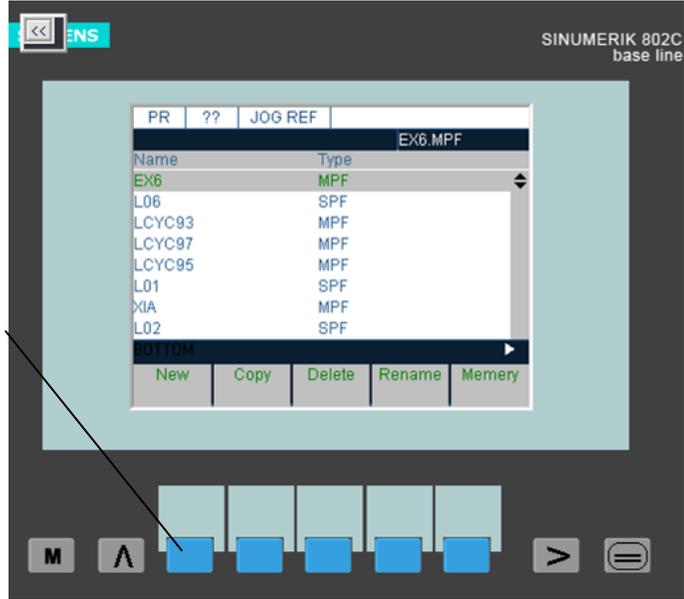
- a. Tekan area operasi mesin (=)



- b. Tekan *softkey* Program, maka di layar akan tampil



- c. Tekan >, sehingga muncul

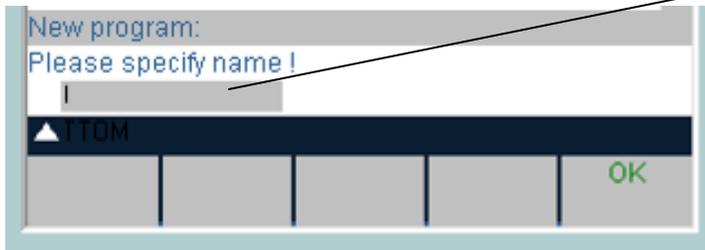


Soft
key
New

d. Tekan *softkey* New

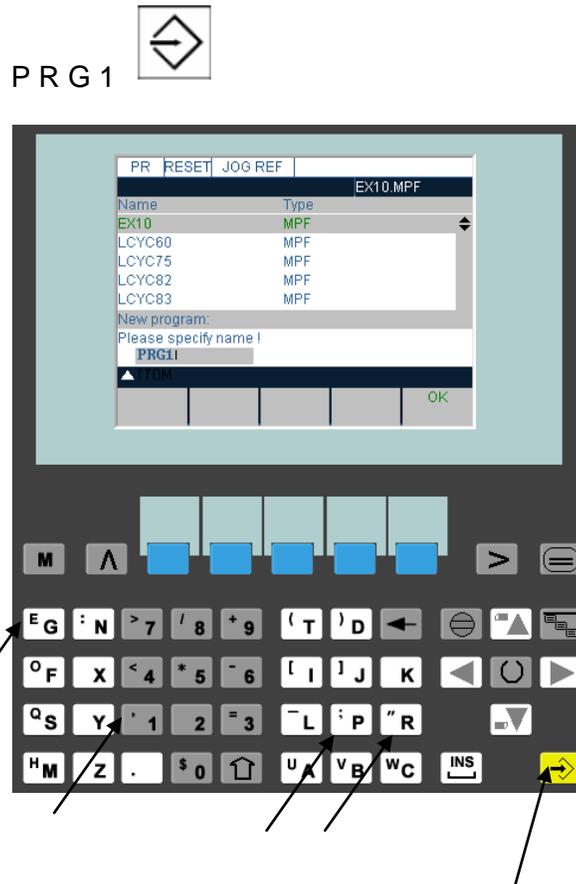


Setelah itu jendela dialog akan muncul, sehingga anda dapat menulis nama program CNC yang akan anda tulis.

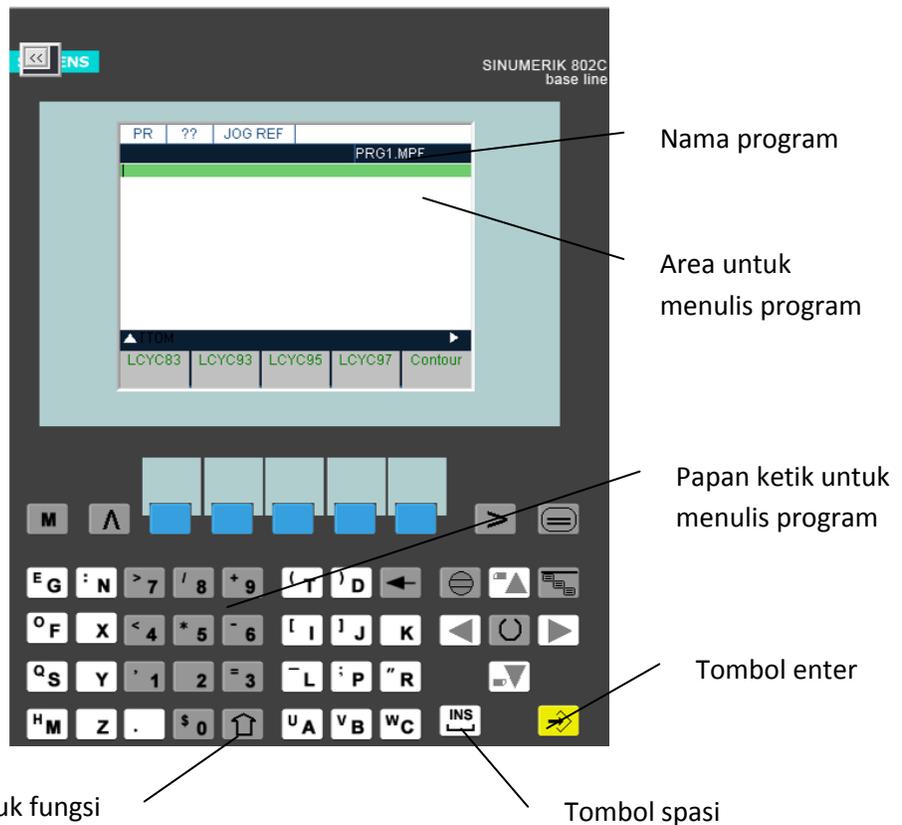


Nama
program
ditulis di sini

- e. Tulis nama program pada kotak di bawah tulisan “Please specify name !” di layar . Misal anda tulis PRG1, maka melalui panel kontrol yang terdiri dari huruf dan angka anda dapat menuliskan nama itu.



- f. Tekan *softkey* OK, sehingga muncul di area editor untuk menulis program di layar untuk menulis program



Tombol shift untuk fungsi huruf atau simbol pada papan ketik

Tombol spasi

Kemudian tulislah program berikut dengan menggunakan papan ketik di bawah monitor . Setelah selesai menulis satu blok tekan tombol

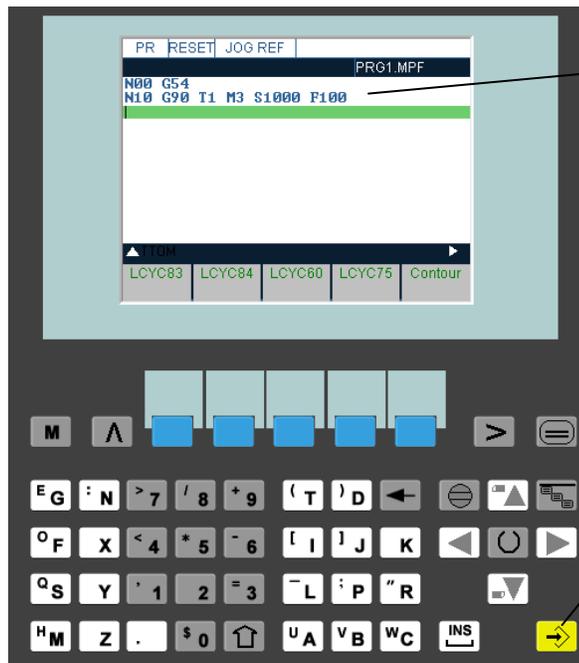


untuk menulis blok program berikutnya :

```

N00 G54
N10 G90 T01 M03 S1000 F100
N20 G0 X44 Z2
N30 G0 X38
N40 G1 Z-50
N50 G1 X44
N60 G0 Z2
N70 X50
N80 M5 M2

```



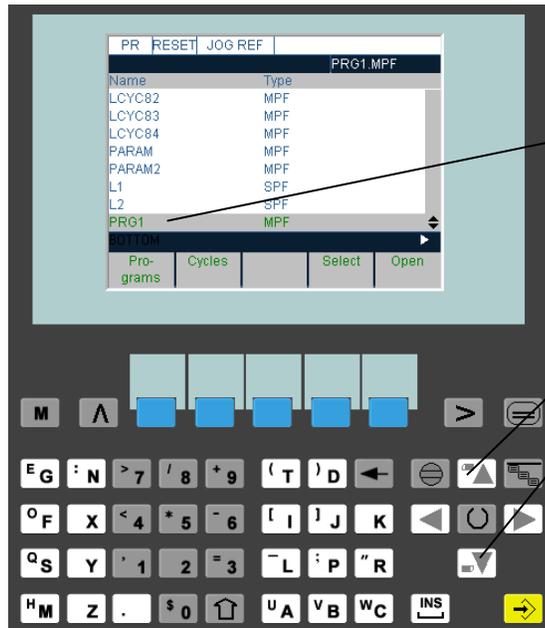
Blok program yang sudah ditulis

Setelah selesai satu baris, untuk berpindah ke blok program berikutnya tekan tombol ini

g. Setelah selesai menulis semua baris program program, tekan >



h. Tekan *softkey* Close, untuk menyimpan program yang sudah ditulis.



Nama program yang sudah ditulis ada di sini

Untuk melihat nama-nama program yang ada tekan tombol panah turun atau tombol panah ke atas

- i. Untuk melihat daftar program yang sudah ada di mesin, maka ditekan tombol anak panah ke bawah atau ke atas , maka program yang ditulis tadi sudah ada dalam daftar program tersimpan dengan nama PRG1.MPF.

Dengan demikian anda sudah berlatih menulis program PRG1.MPF di dalam mesin CNC.

Cobalah menulis lagi program tersebut di atas dengan nama yang berbeda misalnya PRG2, dengan isi program yang sama, sehingga anda lancar menulis program.

B. Ringkasan Materi 4

Agar dapat menulis program CNC dan memahami apa yang ditulis, maka harus dipelajari lebih dahulu tentang dasar-dasar pemrograman CNC. Program CNC terdiri dari beberapa blok (*blocks*) yang berurutan. Setiap blok merupakan langkah pemesinan. Perintah/Instruksi ditulis dalam satu blok dalam bentuk kata-kata (*words*). Blok terakhir dari urutan tersebut berisi kata khusus untuk mengakhiri program yaitu M2.

Ketika membuat suatu program CNC, nama program bisa ditentukan sendiri oleh pembuat dengan ketentuan sebagai berikut: dua karakter pertama harus merupakan huruf, selanjutnya huruf, angka-angka, atau *underscore* boleh dipakai, jangan menggunakan lebih dari 8 karakter, dan jangan menggunakan tanda pisah (-).

Pada panel kontrol mesin CNC bisa dilakukan penulisan program CNC dengan menggunakan tombol-tombol yang ada di sebelah kiri. Program CNC yang telah ditulis bisa disimpan dan dipanggil lagi di waktu yang akan datang.

C. Soal Latihan

1. Tulislah program CNC di bawah, beri nama program tersebut sesuai dengan aturan pemberian nama program.

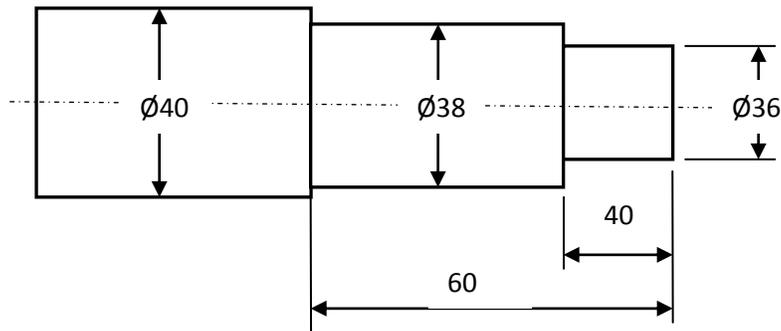
Contoh Program :

```
N10 G54 G90 T1 M3 S1500 F100
N15 G0 X44 Z2
N20 X39
N30 G1 Z-60
N40 X42
N50 G0 Z2
N60 X37
N70 G1 Z-40
N80 X42
N90 G0 Z2
N100 X36
N110 G1 Z-40
N120 X38
N130 Z-60
```

N140 X44
N150 G0 Z5
N160 X50
N170 M5
N180 M2

(Program tersebut untuk benda kerja diameter 40, panjang 100 mm)

Gambar benda kerja jadi sebagai berikut :



D. Tugas

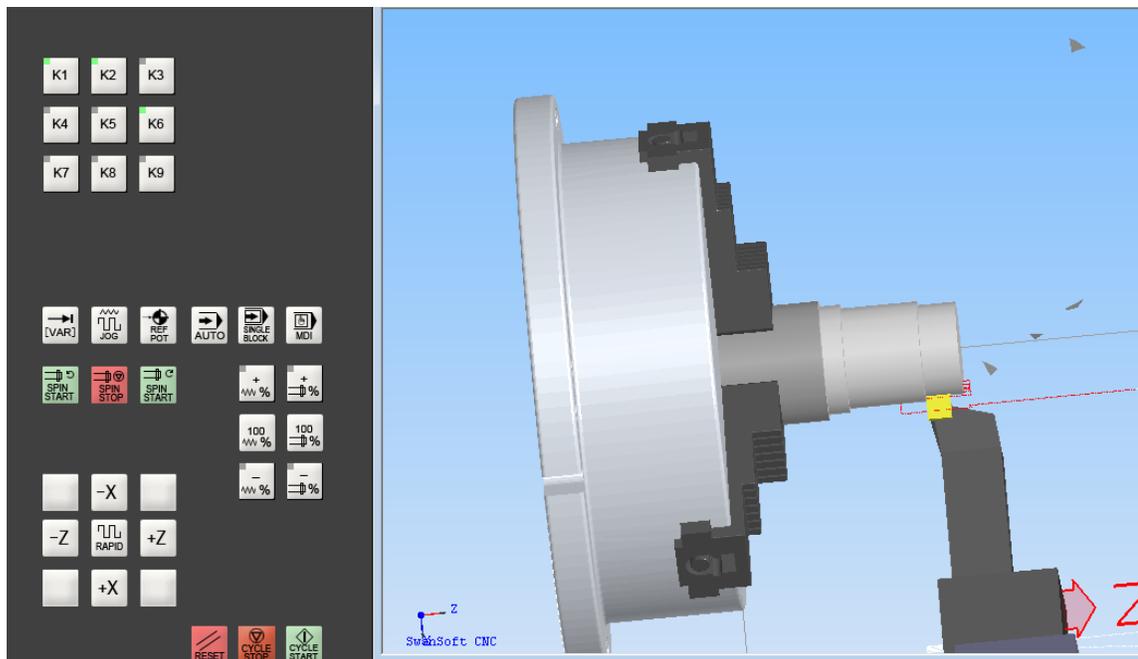
Cobalah menulis program CNC untuk contoh program CNC di atas (tuliskan program tersebut berulang-ulang dengan mengganti namanya, sehingga anda menguasai cara menulis dan mengedit program). Anda boleh juga menulis program CNC contoh yang ada di buku referensi Sinumerik 802 C.

Materi 5

Mengoperasikan mesin bubut CNC untuk membuat benda kerja

Tujuan :

Setelah mempelajari materi 5 ini mahasiswa memiliki kompetensi membuat benda kerja (produk) sesuai dengan gambar kerja dengan menggunakan mesin bubut CNC.



A. Deskripsi Materi 5

Agar dapat membuat benda kerja jadi sesuai dengan ukuran atau spesifikasi di gambar kerja, anda harus menguasai materi 1 sampai dengan materi 4. Materi 5 ini adalah kelanjutannya. Sesudah anda menguasai materi 5 ini, anda boleh berkreasi sendiri dengan mesin CNC *virtual* anda, sehingga kompetensi anda meningkat. Langkah-langkah menjalankan program CNC sehingga menghasilkan benda kerja jadi adalah sebagai berikut.

- 1) Menghidupkan mesin bubut CNC
- 2) Menseting mesin CNC (pencekam, benda kerja, dan pahat)
- 3) Mengisi program
- 4) Memasang pahat dan benda kerja yang diperlukan
- 5) Mensimulasikan program CNC yang telah ditulis
- 6) Membuat produk contoh di mesin bubut CNC
- 7) Memeriksa hasil proses pemesinan dan membetulkan program atau seting mesin
- 8) Langkah ke 6 dan ke 7 diulang lagi sampai dihasilkan benda kerja yang dimensinya sesuai dengan gambar kerja.

Langkah no. 1 sampai dengan nomer 4 telah dipelajari pada materi sebelumnya, sehingga materi 5 ini menjelaskan mengenai langkah no.5 dan no. 6.

Untuk mempelajari materi ini mahasiswa harus sudah menguasai materi 1 sampai dengan materi 4.

1. Menulis program CNC di mesin

Benda kerja yang akan dibuat adalah seperti yang telah ditulis programnya pada latihan menulis program pada Materi 4. Tulis lagi program CNC di bawah di mesin CNC virtual anda.

SMK INDUSTRIES

Job Sheet

Nama Pekerjaan : Kotak dengan alur tepi
Nomer Benda kerja : LRS1
Jumlah : 1 buah
Bahan : Alluminium
Ukuran bahan dasar : diameter 50 mm x100 mm
Titik datum : Pojok kiri atas benda kerja

Daftar Pahat

Tool Number	Tool Description	Height Offset Number (D)	Radial Offset Number (D)
1	Pahat Rata kanan	1	0,4

Nama Program : LRS1.MPF

N10 G54 G90 T1 M3 S1500 F100

N15 G0 X44 Z2

N20 X39

N30 G1 Z-60

N40 X42

N50 G0 Z2

N60 X37

N70 G1 Z-40

N80 X42

N90 G0 Z2

N100 X36

N110 G1 Z-40

N120 X38

N130 Z-60

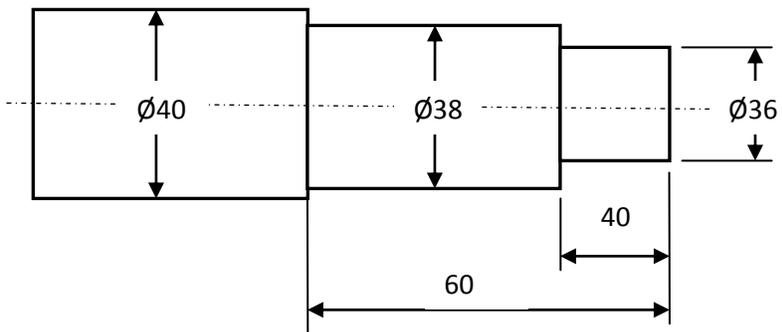
N140 X44

N150 G0 Z5

N160 X50

N170 M5

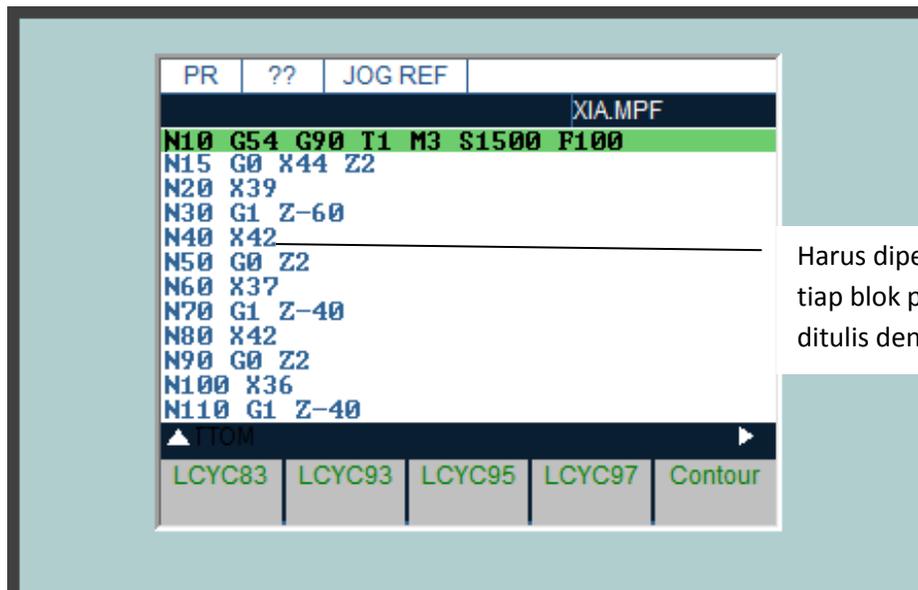
N180 M2



Sesudah program ditulis dan disimpan di mesin bubut CNC, maka langkah untuk memeriksa program dan menjalankannya adalah sebagai berikut .

2. Memeriksa program CNC yang telah ditulis

Periksa apakah ada kesalahan penulisan pada setiap blok program. Kalau ada yang salah dibetulkan dahulu (Biasanya kalau ada program yang salah akan ada peringatan/alarm dari sistem kontrol mesin CNC).



Harus diperiksa apakah tiap blok program sudah ditulis dengan benar

Kalau sudah yakin bahwa program sudah benar, maka dilanjutkan dengan menjalankan program (eksekusi program) tanpa menggunakan benda kerja.

3. Menjalankan program tanpa benda kerja per blok

Untuk memeriksa jalannya pahat yang sedang melaksanakan tiap blok program, maka diperiksa dahulu jalannya program tanpa memasang benda kerja. Dalam hal ini perlu diperiksa apakah jalannya pahat atau program CNC sudah benar. Langkahnya adalah :

1. Naikkan posisi pahat dengan menekan tombol +Z pada mode *Jog*, sehingga posisi pahat relatif jauh di atas ragum.
2. Pastikan program yang akan dicoba sudah ada di area monitor
3. Tekan tombol *auto*



4. Tekan tombol *single block*



5. Tekan tombol *Cycle start*



Jika menjalankan program CNC tiap blok, maka untuk tiap blok tombol *cycle start* ditekan.

6. Periksa jalannya pahat, apakah sudah menggambarkan jalannya pahat sesuai dengan program yang dibuat. Ketika menjalankan program di mesin, sebagai operator anda harus cepat bereaksi jika dirasa ada kesalahan. Apabila ada kesalahan segera tekan tombol *reset* atau *cycle stop*.

RESET :



Atau

CYCLESTOP :



CYCLE STOP.

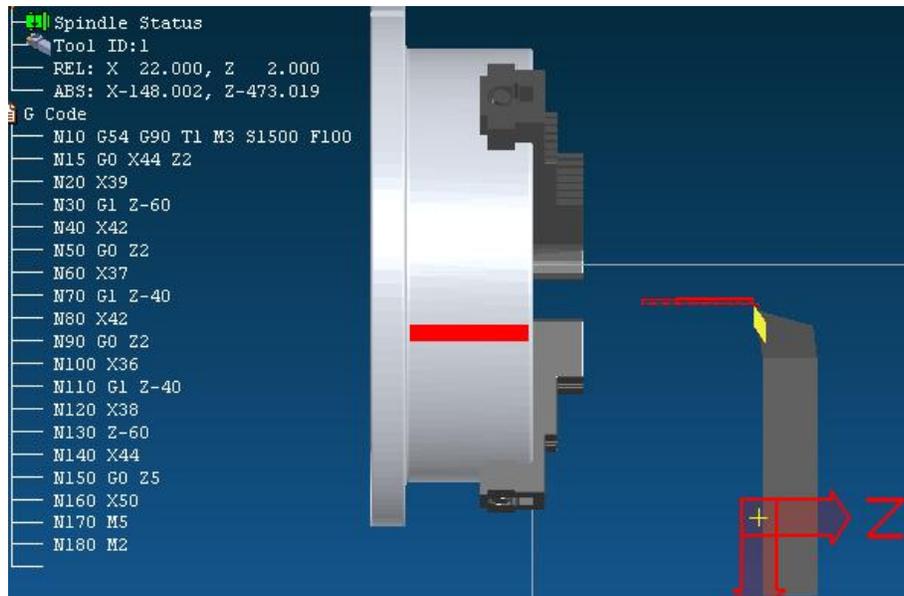
Atau, kalau kondisinya membahayakan tekan tombol *emergency stop*



EMERGENCY STOP.

7. Apabila jalannya pahat benar, maka berarti program yang dibuat/ditulis tidak ada kesalahan yang membahayakan mesin dan operator, maka berikutnya diperiksa dengan menjalankan program secara menerus.
8. Tekan *automatic*, kemudian tekan *cycle start*.

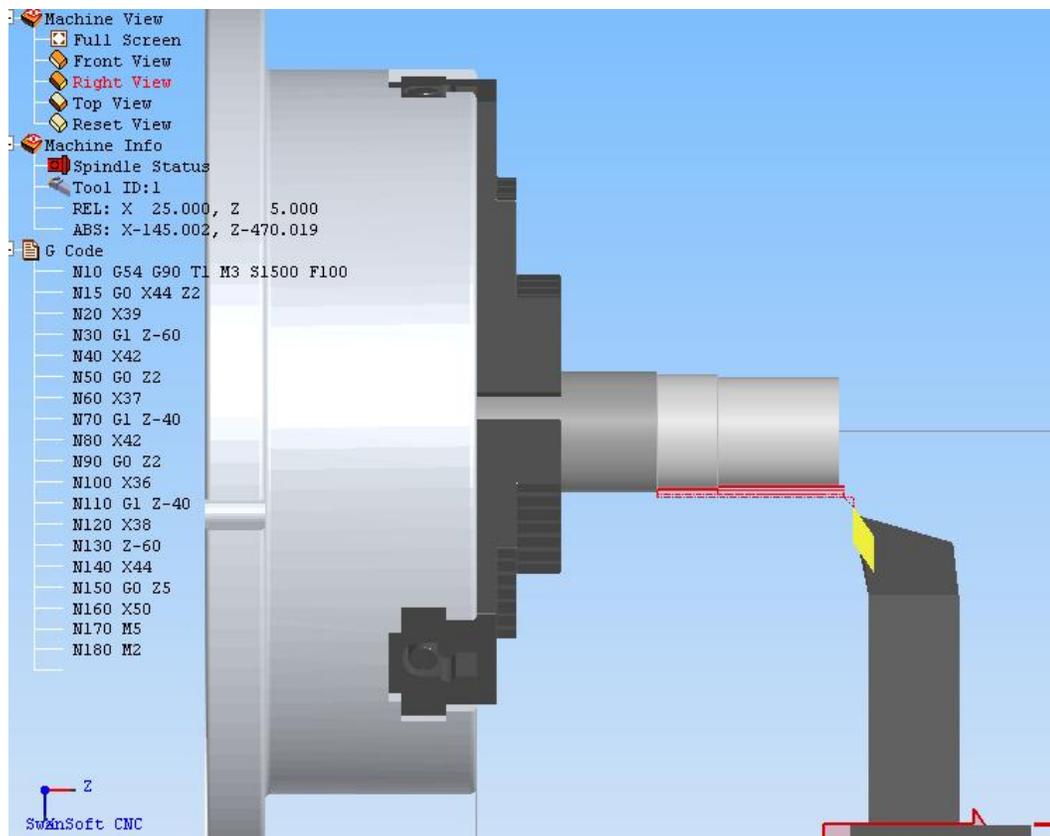
Simulasi jalannya pahat tanpa benda kerja adalah seperti gambar berikut.



4. Menjalankan program untuk membuat benda kerja

1. Pasang benda kerja pada ragum dan Seting titik nol lagi (kalau ragum menggunakan *stopper*, maka tidak usah diseting lagi).
2. Tekan tombol *Automatic*
3. Tekan tombol *cycle start*, sehingga hasilnya sebagai berikut :

Pada mesin CNC *virtual (simulator)*



Setelah benda kerja jadi, kemudian periksa ukuran benda kerja (menggunakan jangka sorong atau mikrometer). Bandingkan ukuran benda kerja dengan yang tertulis pada gambar kerja. Kesalahan ukuran hasil proses pemesinan dengan menggunakan mesin bubut CNC ada beberapa sebab yaitu:

- kesalahan seting titik nol
- kesalahan seting pahat
- kesalahan pencekaman benda kerja
- kesalahan program CNC.

Apabila ada kesalahan ukuran maka empat penyebab kesalahan di atas harus dicek lagi.

B. Ringkasan Materi 5

Langkah-langkah menjalankan program CNC sehingga menghasilkan benda kerja jadi adalah sebagai berikut: menghidupkan mesin bubut CNC, menseting mesin CNC (pencekam, benda kerja, dan pahat), mengisi/menulis program CNC sesuai dengan gambar benda kerja, memasang pahat dan benda kerja yang diperlukan, mensimulasikan program yang telah ditulis, membuat produk contoh pertama di mesin bubut CNC, memeriksa hasil produk contoh, dan membetulkan program CNC atau seting mesin. Proses memeriksa produk contoh dan membetulkan program dan seting mesin dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh benda kerja jadi sesuai dengan dimensi pada gambar kerja.

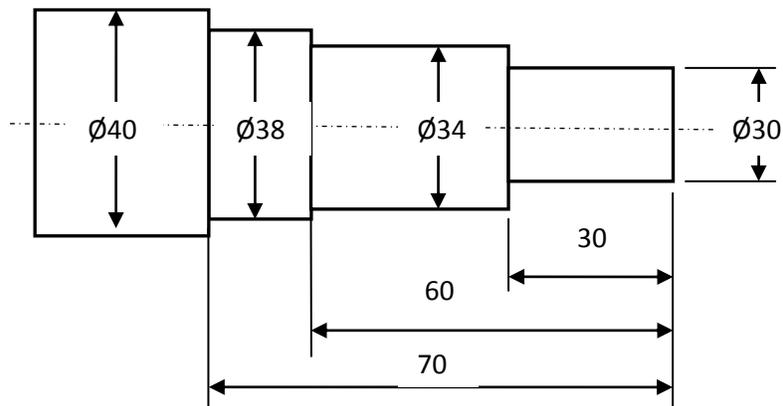
C. Soal Latihan

Petunjuk:

Kerjakan soal berikut dengan berkelompok (3 – 4 orang), dikerjakan pada kertas anda sendiri.

- 1) Buatlah program CNC sederhana untuk membuat benda kerja yang mirip dengan benda kerja LRS1 tetapi diameter bertingkatnya 30 mm sepanjang 30 mm dan 34 sepanjang 30 mm dan 38 sepanjang 30 mm dan 38 mm sepanjang 10 mm!

Beri nama program tersebut LRS2.



- 2) Buatlah program CNC untuk membuat benda kerja seperti LRS2 dengan ketentuan diberi chamfer $2 \times 45^\circ$ disetiap pojok yang runcing!

Beri nama program tersebut LRS 3.

D. Tugas

Kerjakanlah tugas-tugas yang ada pada **Job Sheet** Pemesinan Bubut CNC!

Catatan untuk Penilaian diri :

Lingkarilah angka pada IUK pada halaman 19-23 yang anda anggap sudah anda kuasai setelah menyelesaikan Materi 5.

Asesmen Akhir

Evaluasi Pengetahuan (*kognitif*)

1. Sebutkan bagian-bagian mesin bubut CNC!
2. Jelaskan sistem koordinat yang digunakan pada mesin bubut CNC!
3. Jelaskan yang dimaksud dengan program CNC!
4. Bagaimanakah proses pergeseran titik nol mesin ke titik nol benda kerja di mesin bubut CNC?
5. Jelaskan beberapa kode G dan kode M yang sering digunakan dalam pembuatan program CNC!

Evaluasi Kinerja (*Psikomotor/ skill*)

1. Pasanglah benda kerja ukuran diameter 50 mm panjang 120 mm dan pahat rata kanan. Lakukan pergeseran titik nol (*zero offset*) !
2. Tulislah program CNC yang telah anda buat (LRS3) di atas di mesin bubut CNC!
3. Simulasikan program CNC yang telah anda buat di mesin bubut CNC!
4. Buatlah benda kerja untuk program LRS3 tersebut!

Catatan : soal evaluasi kinerja ini bisa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak mesin bubut CNC virtual atau pada mesin bubut CNC yang sesungguhnya.

Catatan :

Modul ini bisa digunakan untuk belajar dan berlatih di rumah (apabila anda memiliki komputer), mesin yang digunakan adalah mesin bubut CNC virtual yang bisa anda install sendiri dari CD yang diberikan kepada anda.

Apabila anda tidak memiliki komputer anda bisa menggunakan komputer yang disewakan di rental komputer. Cara menginstal dijelaskan pada materi tambahan.

Selamat belajar

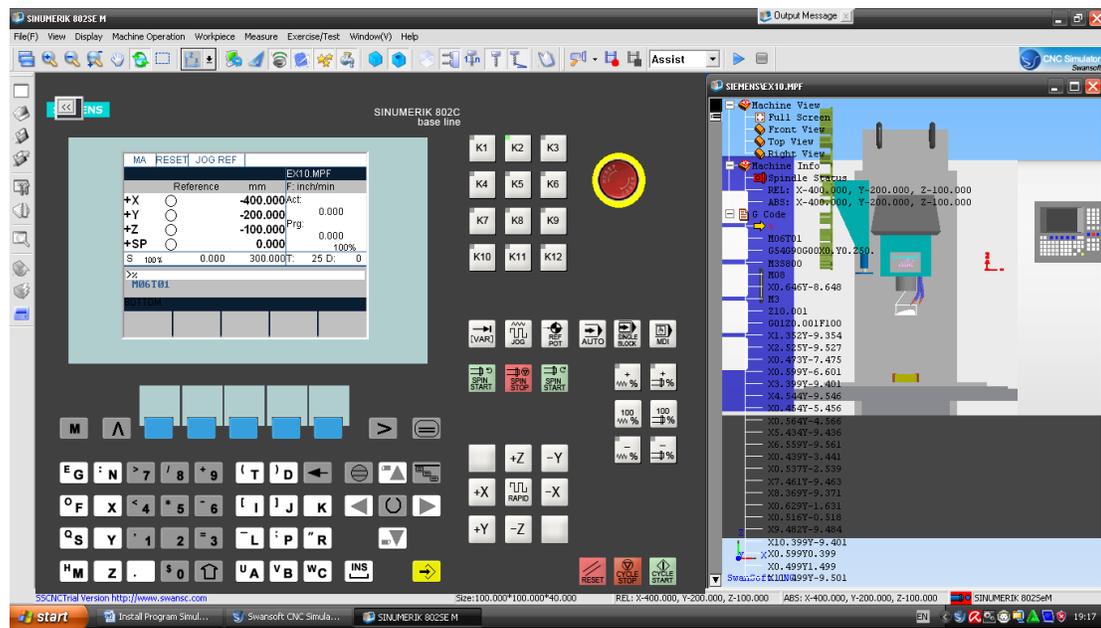
Materi Tambahan

Panduan Instalasi Program (*Setup*) Mesin CNC Virtual/Simulator

Tujuan :

Setelah mempelajari materi tambahan ini mahasiswa memiliki kompetensi :

- Dapat melakukan instalasi program mesin frais CNC virtual SSCNC
- Dapat melakukan seting mesin frais CNC virtual



Install (Setup) Program Mesin CNC Virtual/ Simulator SSCNC 6.4 (Trial Version)

Program yang akan diinstall ini adalah program trial version (berlaku hanya 6 hari sejak diinstall, kemudian program pada hari ke 7 tidak akan bisa digunakan lagi).

Apabila memiliki program yang ada serial numbernya atau *dongglanya*, maka program tersebut adalah program yang bisa dijalankan selamanya.

A. Prosedur Install program :

1. Buka folder Simulator pada CD atau flashdisk atau di hardisk
2. Klik dua kali pada file `sscnc_setup_en`



3. Tunggu sampai proses instalasi selesai (100%), kemudian pilih bahasa *English* dengan klik OK



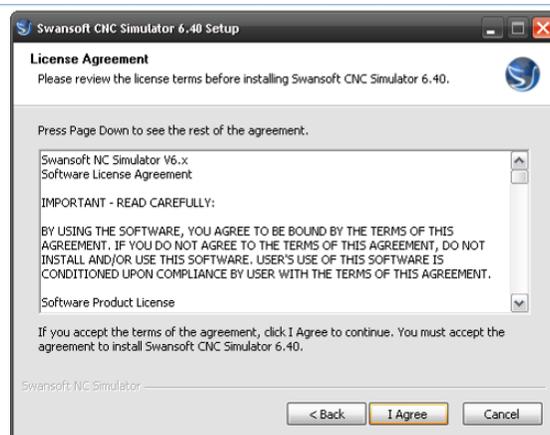
4. Kemudian muncul tampilan sebagai berikut



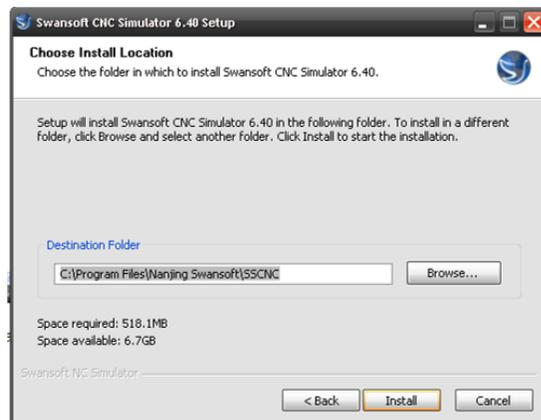
5. Klik *Next*



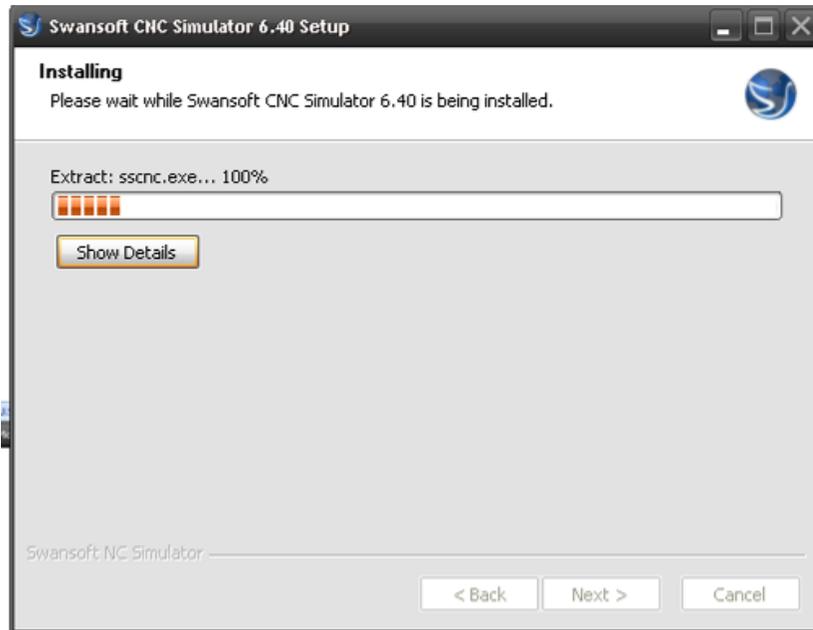
6. Klik *I Agree*



7. Klik *Install*



8. Tunggu sampai instalasi selesai 100 %

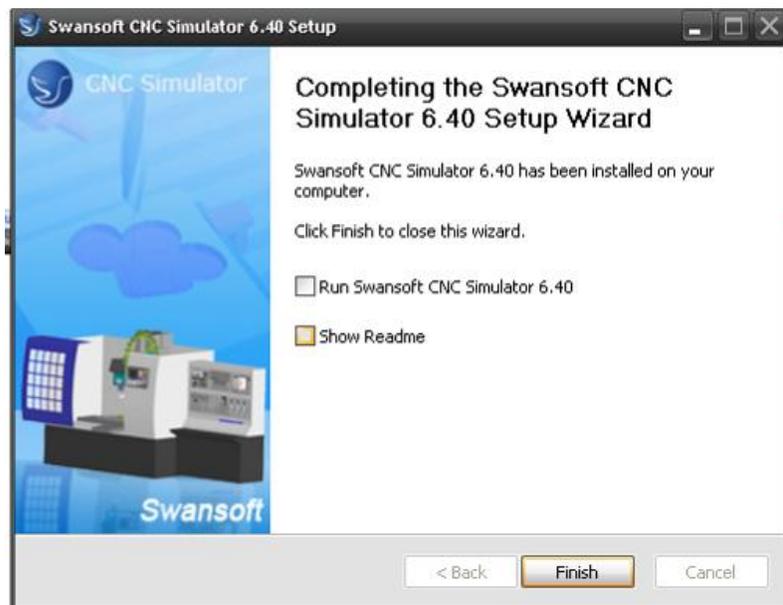


9. Klik *Finish* (Centang pada show *Readme* dihilangkan dulu dengan klik pada kotak di sebelah kirinya)





10. Apabila kedua centang dihilangkan kemudian diklik *finish*, maka proses instalasi sudah selesai.



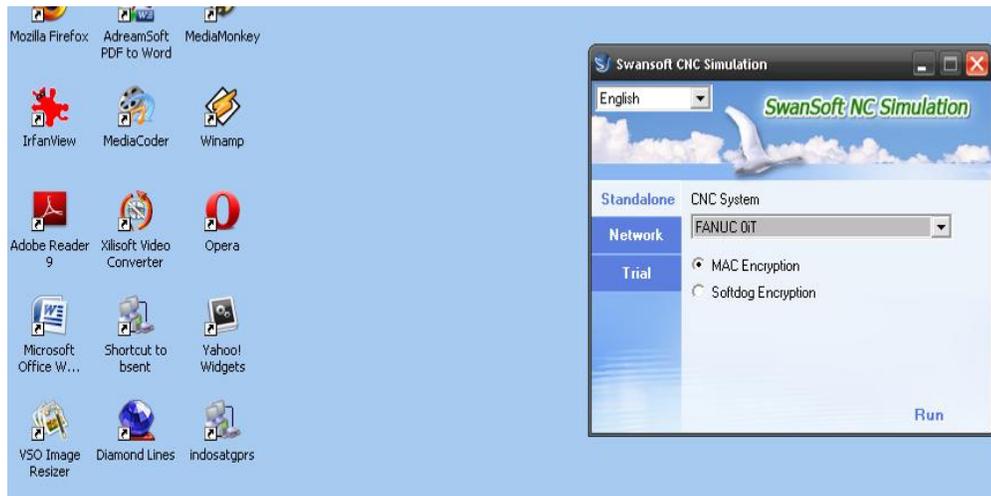
11. Setelah proses *install* selesai, maka akan muncul *shortcut* SSCNC di layar komputer



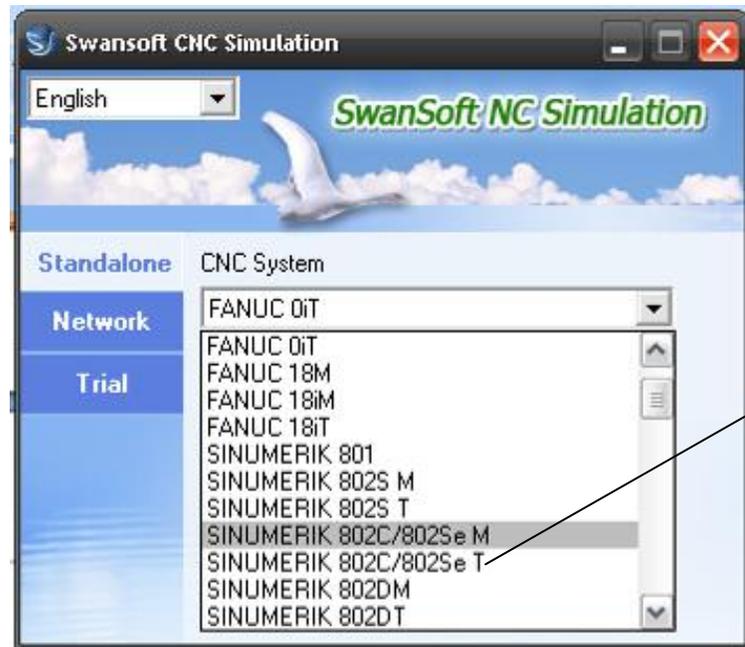
Shortcut SSCNC

B. Menjalankan program simulator untuk mesin CNC dengan kontrol Sinumerik 802C atau 802S base line untuk mesin Bubut CNC

1. Klik double shortcut SSCNC

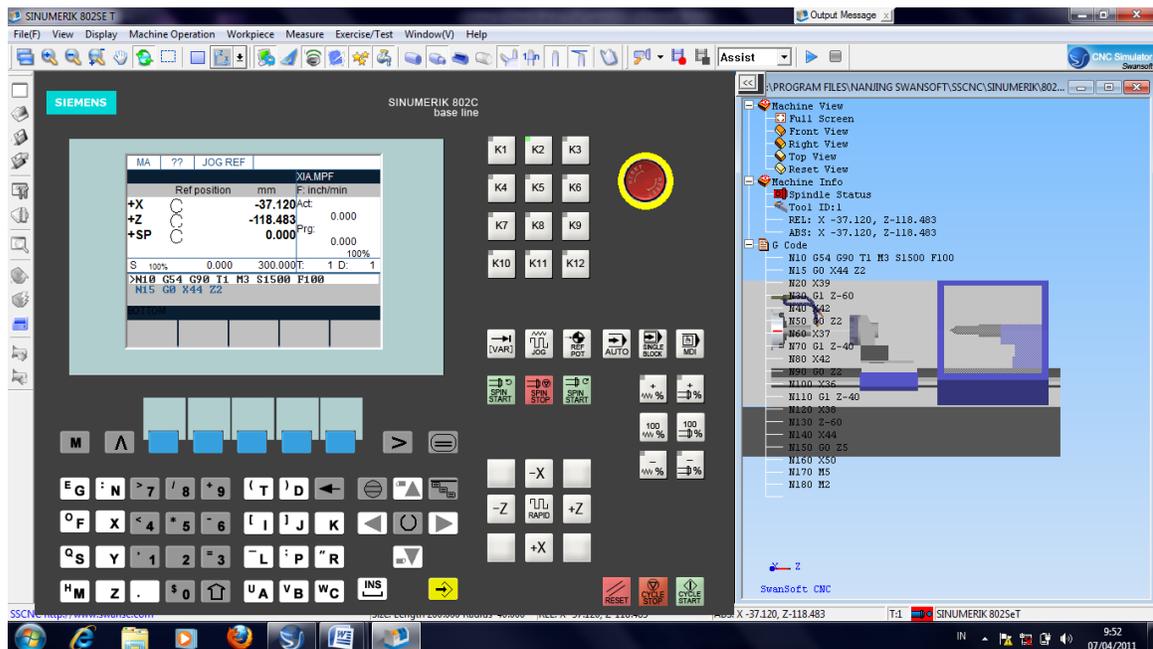


2. Pada pilihan CNC system pilih Sinumerik 802C/ 802SeT

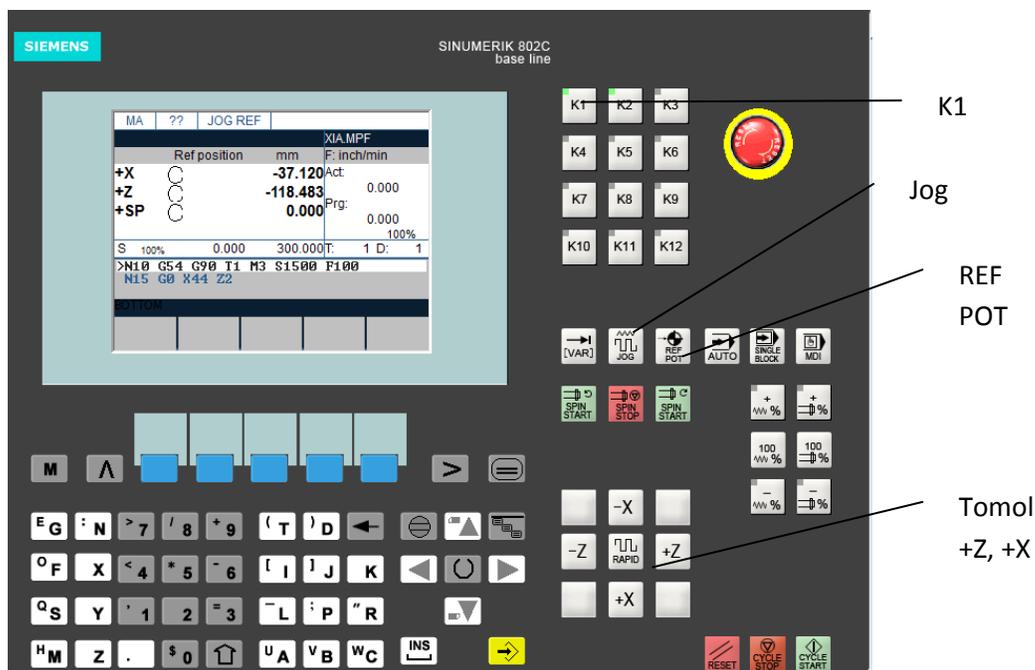


Mesin bubut
Sinumerik
802 S/C

3. Klik **Trial**
4. Klik Run, maka anda akan memperoleh **Mesin Bubut CNC dengan sistem kontrol 802C/802 Se** base line sebagai berikut.

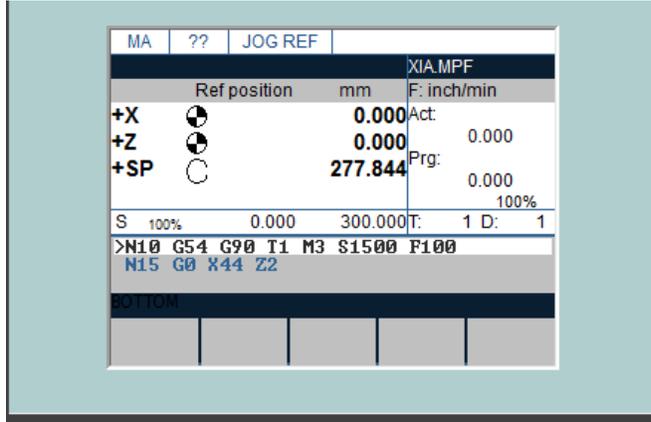


5. Tekan X pada pada kotak kanan atas Tip of the day, kemudian tekan OK pada kotak dialog peringatan.
6. Tampilan simulator mesin bubut CNC adalah seperti gambar berikut. Fungsi-fungsi seperti mesin bubut CNC yang sesungguhnya, semua tombol-tombol di simulator berfungsi sama dengan mesin yang sesungguhnya. Di sebelah kiri adalah tampilan papan kontrol, dan di sebelah kanan adalah tampilan mesin bubut CNC.
7. Untuk mengaktifkan mesin CNC tekan tombol **K1**, maka mesin frais CNC telah siap dioperasikan untuk diaktifkan referensinya.



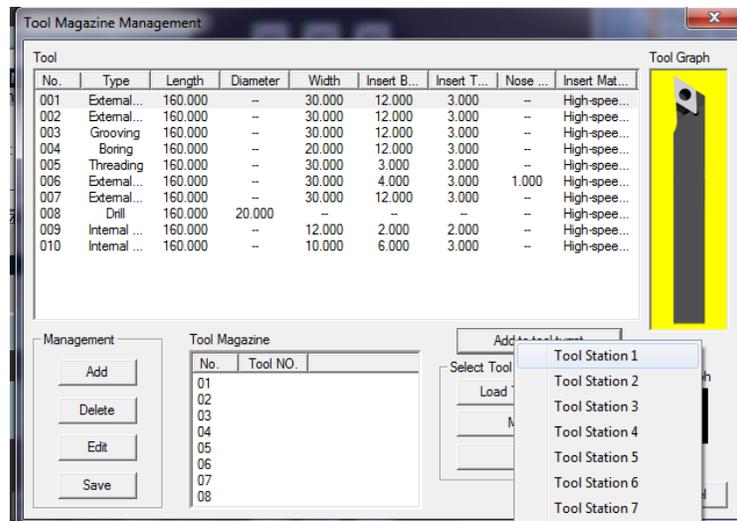
8. Untuk menjalankan referensi mesin CNC pada mesin CNC virtual dilakukan dengan cara sebagai berikut :
 - a. Tekan tombol **Jog**
 - b. Tekan **Ref Pot** (reference point)
 - c. Tekan +Z, +X
 - d. Tekan spindel start kanan, kemudian tekan spindel stop.

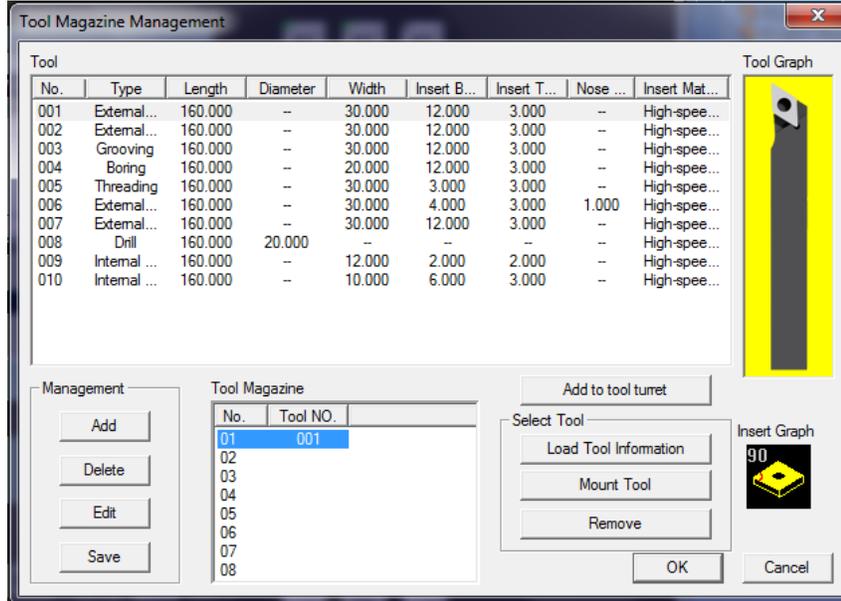
(penjelasan secara detail lihat video mengaktifkan referensi mesin CNC sinumerik turning). Setelah diaktifkan referensinya maka tampilan di layar menjadi seperti gambar di bawah.



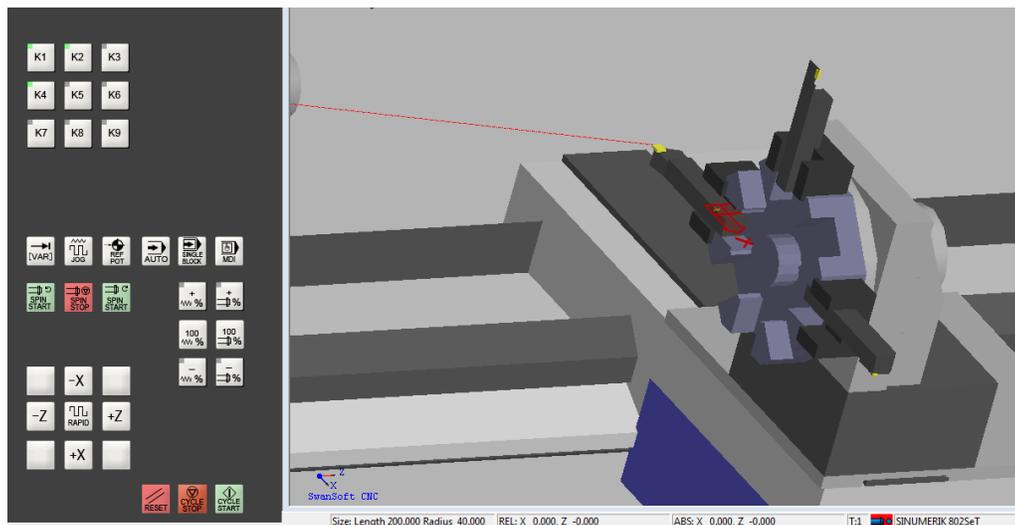
9. Untuk memasang Pahat, ikuti langkah berikut :

- a. tekan toolbar  Cutter library management
- b. klik nama pahat yang dipilih
- c. klik **Add in to magazine**
- d. Klik **Tool station 1**
- e. klik **T01**
- f. klik **mount tool**, kemudian tunggu sampai pahat terpasang di mesin
- g. untuk pahat ke 2 dan seterusnya ulangi langkah b sampai f
- h. setelah selesai klik OK. Lihat gambar di bawah.



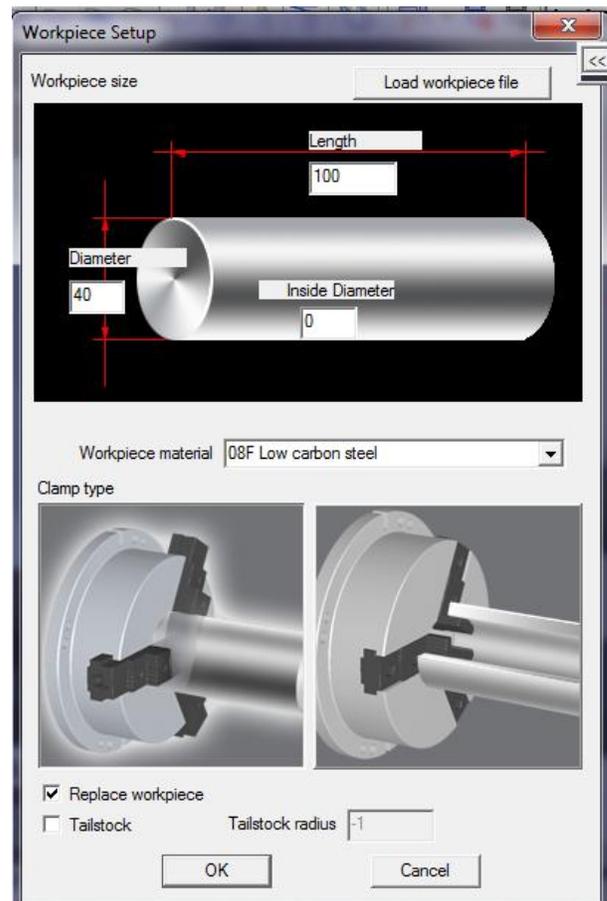


Pahat yang telah terpasang di tempat pahat adalah sebagai berikut. Pada gambar di bawah terlihat 3 buah pahat terpasang yaitu: pahat rata kanan di T1, pahat alur di T3 dan pahat ulir di T5. Untuk memutar rumah pahat/mengganti pahat yang aktif secara manual tekan K4.

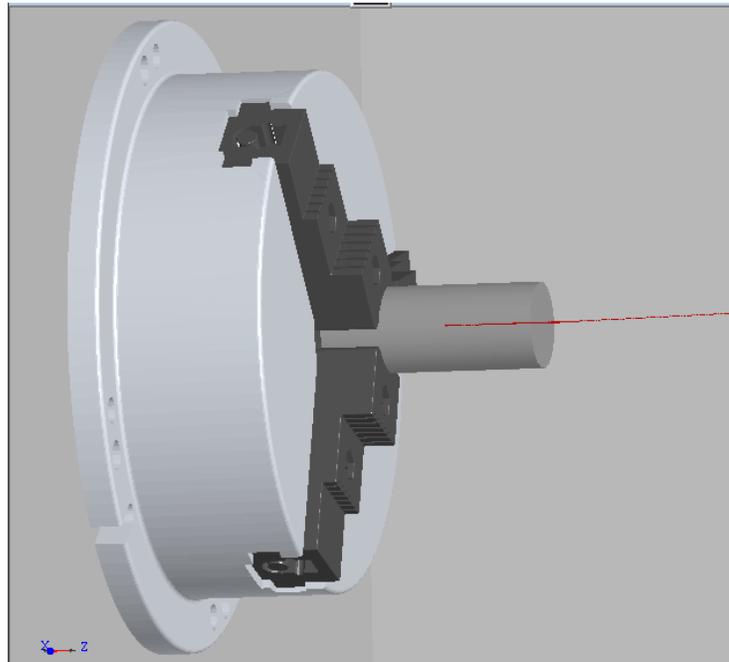


(prosedur lengkap pemasangan pahat dapat dilihat pada tampilan video memasang pahat).

10. Untuk menentukan ukuran benda kerja (lihat tampilan video menyiapkan benda kerja), secara rinci langkahnya adalah :
- Klik toolbar **workpiece**
 - Klik *stock size*
 - Isi ukuran benda kerja yang digunakan dengan mengganti diameter dan panjang benda kerja. Misal kita akan memasang benda kerja diameter 40 panjang 100 mm. Maka kita isikan pada ukuran diameter dan panjang benda kerja.
 - Klik *clamp type*
 - Klik *replace workpiece*
 - Klik OK.



- g. Gambar benda kerja diameter 40 mm dan panjang 100 mm adalah sebagai berikut.



Daftar Pustaka

- EMCO MAIER & Co.(1988). *Petunjuk Pemrograman-Pelayanan EMCO TU-3A*. Austria: EMCO Maier & Co.
- EMCO MAIER Ges.m.b.H. (2009). *Easy Learning,Easy Machining, Emco Industrial Training Courseware*. Diambil pada tanggal 1 Desember 2009, dari www.emco-world.com .
- MTS.(1999).*Teachware CNC Technology*. MTS GmbH: Berlin
- Schneider,G.Jr. (2006). *Cutting Tool Applications*. Diambil pada tanggal 5 Juni 2006, dari <http://www.toolingandproduction.com> .
- Siemens.(2003). *Operation and Programming 08/2003 Edition Sinumerik 802S base line, Sinumerik 802C base line Turning*. Federal Republic of Germany: Siemens AG .
- Siemens.(2003). *Operation and Programming 08/2003 Edition Sinumerik 802S base line, Sinumerik 802C base line Milling*. Federal Republic of Germany: Siemens AG .
- Siemens. (2009). *Sinutrain*. Diambil pada tanggal 1 Desember 2009, dari (www.cncdesign.com.au/product/training_sinutrain.html) .
- Swansoft. (2007). *Swan NC Simulation Software*. Nanjing: Swan Software Technology Co.Ltd.

Job Sheet