

MODUL 1

TEORI DASAR MESIN BUBUT CNC (Computer Numerical Control)

Lembar Petunjuk:

1. Petunjuk Umum:

- a. Modul ini terdiri dari lembar petunjuk, lembar kegiatan, lembar kerja, dan lembar evaluasi.
- b. Pembelajaran bersifat individual (belajar mandiri) dengan panduan modul. Apabila mendapat kesulitan hendaknya meminta penjelasan kepada guru kelas atau pembimbing.
- c. Guru berperan sebagai fasilitator, administrator, pembimbing, partisipan, dan supervisor.
- d. Pembelajaran diarahkan pada penguasaan kompetensi secara tuntas (mastery learning).
- e. Bagi peserta diklat yang tertinggal harap menyelesaikan modul pada waktu lain di luar jam pelajaran.

2. Petunjuk Pelaksanaan Pembelajaran:

- a. Alokasi waktu efektif untuk pembelajaran modul adalah 60 menit.
- b. Sebelum melakukan kegiatan lebih lanjut, hendaknya dibaca dulu petunjuk yang ada.
- c. Bahan pelajaran dibaca pada lembar kegiatan.
- d. Apabila telah difahami, lanjutkan dengan latihan pada lembar kerja.
- e. Jika merasa sudah menguasai, lanjutkan dengan kegiatan evaluasi.
- f. Peserta dikatakan lulus dan menguasai jika dapat menjawab soal pada lembar evaluasi minimal 75%.

3. Kompetensi:

Menyusun pemrograman mesin CNC

4. Kriteria Unjuk Kerja (KUK):

- a. Dasar-dasar tentang mesin bubut CNC difahami.
- b. Bagian-bagian mesin CNC difahami.
- c. Jenis-jenis alat potong dan kegunaannya difahami.
- d. Kecepatan potong bahan ditentukan berdasarkan tabel
- e. Kecepatan putaran mesin ditentukan berdasarkan kecepatan potong dan diameter bahan benda kerja
- f. Kecepatan pergerakan pahat ditentukan berdasarkan kecepatan pemotongan dan kecepatan putaran mesin

URAIAN MATERI

Baca uraian materi berikut selama 30 menit.

A. Dasar-Dasar Mesin Bubut CNC

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) merupakan salah satu jenis dari sekian banyak mesin NC (*numerical Control*), yaitu mesin yang dikendalikan secara numerik. Oleh karena masih ada jenis mesin NC lain, yaitu mesin DNC (*Direct Numerical Control*) dan ANC (*Adaptive numerical Control*).

Pada dasarnya, konstruksi dari sebuah mesin NC seperti CNC terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian sistem pengendali dan bagian mesin perkakas. Pada bagian pengendali, berisi sistem-sistem yang dipergunakan untuk mengendalikan gerakan mesin perkakas <gerakan alat potong>. Adapun pada bagian mesin perkakas berisi bagian-bagian mekanik yang bergerak dimana perkakas potong terpasang.

Berdasarkan uraian tersebut, ternyata mesin NC ini merupakan penyempurnaan sistem pengoperatsan mesin dari cara konvensional <menggunakan tenaga manusia> menjadi menggunakan kendali elektronika <otomation>. Sejalan dengan itu, muncul pertanyaan apa sebenarnya yang dimaksud dengan mesin NC? Mesin NC adalah:

- a) Suatu mesin kemana kita masukan perintah berupa angka dan hurup <masukan data>,
- b) Suatu mesin yang memahami, memproses, dan menghitung data <Pemrosesan data>.
- c) Suatu mesin yang meneruskan data dan harga terhitung, dan mengubahnya dalam bentuk perintah-perintah <keluaran data>, dan
- d) Suatu mesin yang mentaati perintah <pelaksanaan>.

Berdasarkan keempat pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa mesin NC seperti CNC adalah suatu mesin yang mampu menerima masukan data dalam bentuk perintah, memproses, dan mengeluarkannya dalam bentuk gerakan-gerakan pada perkakas potong.

B. Bagian-Bagian Utama mesin CNC

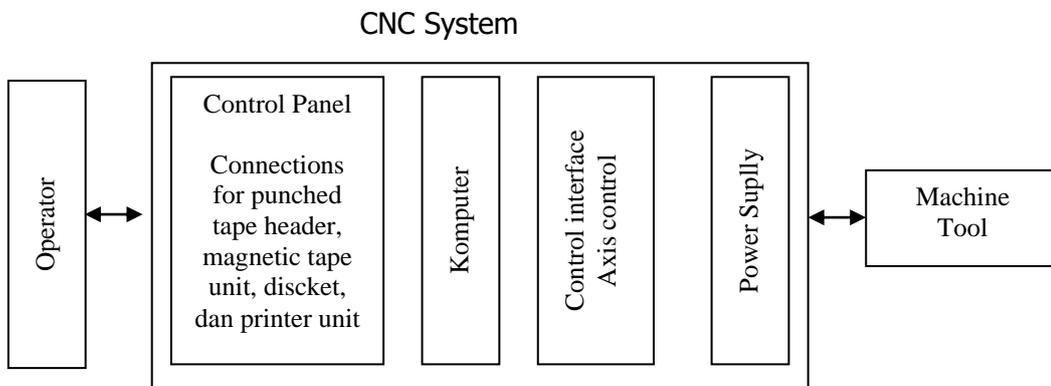
Apabila kita memperhatikan definisi tentang mesin CNC seperti dijelaskan pada bab sebelumnya, maka dalam suatu mesin CNC tersebut akan terdiri dari beberapa unit yaitu *inputs unit, computing of mathematics unit, memory unit, control unit, and output units* (Pusztai, 1983). Unit-unit tersebut seluruhnya termasuk ke dalam sistem kontrol dari mesin. Adapun yang merealisasikan seluruh perintahnya adalah bagian mesin perkakas (*machines tools*). Dengan demikian, suatu mesin CNC pada dasarnya hanya terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian CNC sistem dan mesin perkakas.

1. Sistem pengendali Mesin CNC (CNC Machine Control system)

Sistem pengendali CNC memiliki banyak komponen. Komponen tersebut dapat berkaitan dengan alat pemuatan data (*input driven*), seperti penggerak disket, *tape magnetik*, pembaca pita berlubang, dan *keyboard*. Selain itu, berkaitan juga dengan alat penghubung mesin dengan *control unit* yang berguna untuk meneruskan data hasil processing ke mesin perkakas. Komponen tersebut dikenal dengan nama **interface**. Dalam *control unit* tersebut, terdiri dari unit-unit pengolah dan penyimpan data yang dikenal dengan nama komputer. Di samping itu, ada juga bagian yang berguna untuk melihat tampilan data eksekusi, yakni komponen display atau monitor. Adapun secara rinci, fungsi dari control units ini adalah :

- a) Untuk memuat program pada mesin baik secara manual melalui keyboard pada mesin, maupun melalui operasi antar aparat seperti pita magnet, disket, RS 232, ataupun paralel port.
- b) Untuk memuat data tentang alat potong.
- c) Untuk mengedit dan/atau memperbaiki program.
- d) Untuk pengkodean program benda kerja.
- e) Untuk menghitung "*cutter path*"berikut *tool offset*.
- f) Untuk memunculkan perintah pergerakan dan pengendalian kecepatan sumbu dengan sinyal umpan balik.
- g) Untuk memunculkan perintah-perintah ON/OFF untuk beberapa element pengendali mesin dan memonitor kecepatan spindel.
- h) Untuk mengganggu program pada saat jalana, dan
- i) Untuk menyimpan data program.

Berikut ini seluruh komponen utama yang ada dalam sistem pengendali mesin CNC digambarkan secara skematik.

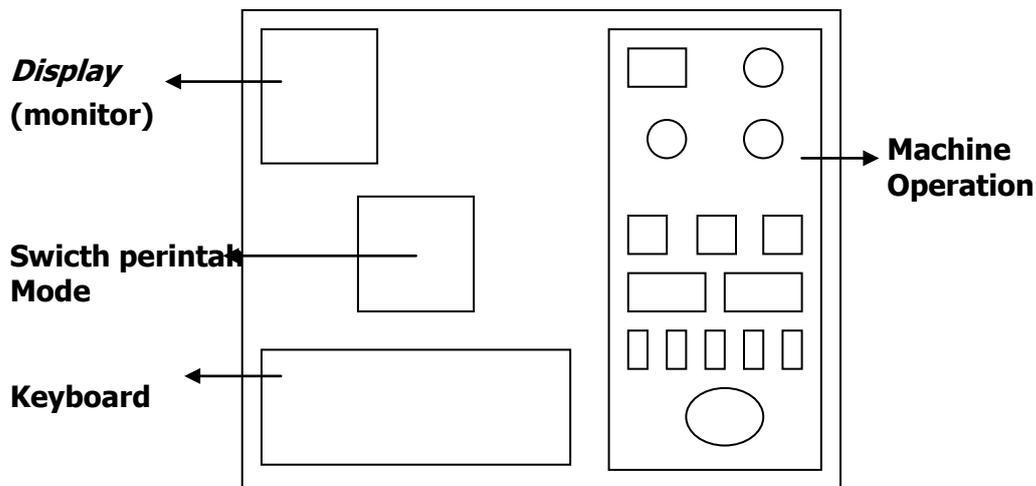


Gambar 1. Komponen-komponen sistem pengendali CNC

Jantungnya dalam sistem CNC adalah komputer yang membawa/memuat semua perhitungan dan rangkaian dan rangkaian logik (*logical link-ups*). Mengingat sistem CNC sebagai alat penghubung antara operator dengan mesin perkakas, maka akan terdapat dua interface yang berfungsi sebagai penghubung untuk operator dan untuk mesin.

- a) **Interface untuk operator.** Dalam komponen ini terjadi dari panel kendali (control panel) dan berbagai penghubung untuk alat pemuat data seperti punche tape reader dan perforator, unti tape magnetic, dan untuk penggerak disket dan printer.
- b) **Interface untuk mesin perkakas.** Interface ini adalah interface yang berhubungan dengan sistem pengendalian, terdiri dari interface untuk pengendali sumbu (*axis control*) dan sumber tenaga (*power suply*).

Berikut ini akan disajikan secara lebih mendetail tentang panel-panel pengendali yang ada pada sebuah mesin CNC berikut kegunaannya.



Gambar 2 : Panel-panel Pengendali Mesin CNC

- a) **Display** adalah komponen dari kontrol unit yang berguna untuk melihat kondisi aktual pada saat operasi. Display ini biasanya berbentuk monitor.
- b) **Pengendali untuk pengoperasian mesin.** Komponen ini terdiri dari tombol-tombol yang berfungsi untuk menggerakkan mesin perkakas secara manual. Tombol-tombol tersebut dapat berbentuk steer tangan, switch, dan lain-lain.
- c) **Control untuk pemuatan program secara manual.** Komponen ini digunakan untuk pemuatan data atau program secara manual dan pembetulan (correcting). Komponen ini dikenal dengan nama **Keyboard**.
- d) **Komponen pemindah fungsi mode.** Komponen ini berfungsi sebagai pengubah fungsi operasi (*operating modes*) seperti mode manual, edit, eksekusi, dan otomatis.

2. Mesin Perkakas

Mesin perkakas adalah unit dari mesin CNC yang merupakan unit untuk menunjukkan perintah-perintah hasil pengolahan data yang berbentuk perintah pergerakan. Dalam bagian ini semua perintah tersebut direalisasikan dalam bentuk pergerakan sumbu-sumbu mesin dan alat-alat potong. Dalam mesin bubut CNC diwujudkan dengan bentuk perpoutana spindel, pergerakan alat potong ke arah sumbu X dan Z. Adapun pada mesin Faris CNC diwujudkan dalam bentuk putaran spindel, dan pergerakan meja mesin ke arah sumbu X, Y, dan Z.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam unit ini dapat dibedakan lagi ke dalam beberapa komponen sebagai berikut :

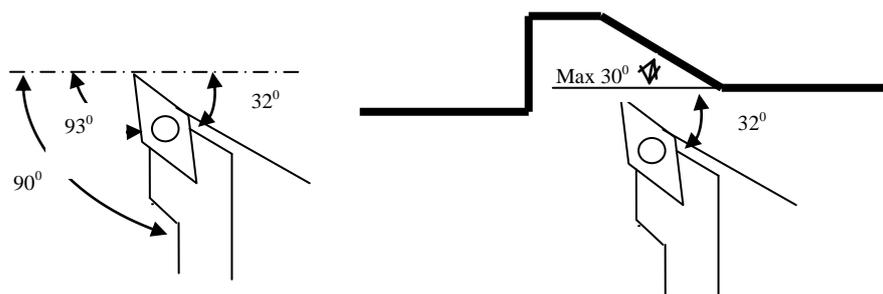
- a. Sistem penggerak sumbu,
- b. Sistem pengukur pergerakan,
- c. Perlengkapan pengecam benda kerja, dan
- d. Alat-alat potong.

C. Jenis-jenis alat potong

Sesuai dengan bentuk dan penggunaannya, pahat bubut dapat diberinama: pahat kasar, pahat halus/penyelesaian, pahat potong, pahat alur, pahat ulir dan pahat radius. Nama-nama pahat tersebut berlaku untuk nama pahat yang digunakan pada mesin bubut konvensional. Untuk pahat yang digunakan pada mesin bubut CNC, nama-namanya adalah: pahat kasar (roughing tool) kanan dan kiri, pahat halus (copying tool) kanan dan kiri, pahat alur (parting off tool), pahat netral, pahat potong, dan pahat ulir (threading tool).

1. Pahat kasar (roughing tool) kanan dan kiri.

Pahat kasar digunakan untuk pengerjaan pembubutan awal baik untuk pembubutan memanjang, melintang, menyudut maupun radius (luar atau dalam). Aturan-aturan dalam penggunaan pahat bubut tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Berdasarkan gambar tersebut, dapat dijelaskan bahwa untuk penggunaan pahat bubut kanan:

- a) untuk pembubutan memanjang, melintang dan menyudut ke arah kanan dapat dilakukan sampai sudut 90° , dengan ketebalan pemotongan tidak lebih dari 0,3 mm.

- b) Untuk pembubutan menyudut (kearah kiri), sudut yang dibentuk tidak boleh melebihi 30° dengan ketebalan pemakanana tidak lebih dari 0,3 mm.
- c) Untuk pembubutan radius (luar maupun dalam) ketebalan pemakanan tidak lebih dari 0,3 mm.

Untuk penggunaan pahat kiri, prinsipnya sama, yaitu:

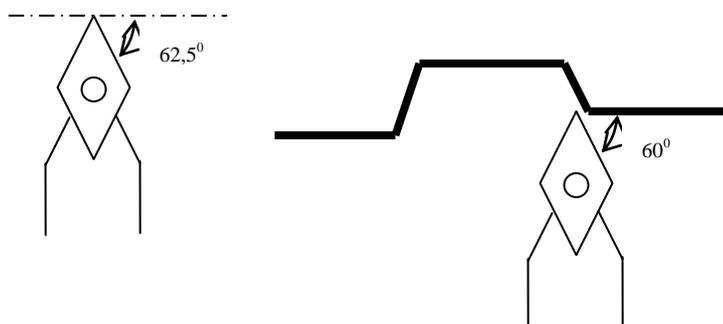
- a) untuk pembubutan memanjang, melintang dan menyudut ke arah kiri dapat dilakukan sampai sudut 90° , dengan ketebalan pemotongan tidak lebih dari 0,3 mm.
 - b) Untuk pembubutan menyudut (kearah kanan), sudut yang dibentuk tidak boleh melebihi 30° dengan ketebalan pemakanana tidak lebih dari 0,3 mm.
 - c) Untuk pembubutan radius (luar maupun dalam) ketebalan pemakanan tidak lebih dari 0,3 mm.
2. Pahat Penghalusan (*copying tool*) kanan dan kiri.

Dalam penggunaan pahat halus, prinsipnya sama dengan penggunaan pahat kasar, hanya dalam operasionalnya pahat halus ini hanya digunakan untuk penghalusan permukaan (finishing). Aturan-aturan yang digunakan sama dengan aturan yang digunakan untuk pahat kasar.

3. Pahat netral

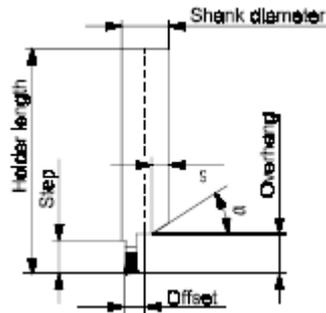
Pahat netral dapat digunakan untuk melakukan pengerjaan pembubutan memanjang, menyudut maupun radius dengan ketentuan:

- a) Untuk pembubutan menyudut, sudut maksimal tidak boleh lebih dari 60° .
- b) Untuk pembubutan radius, tangen busur lingkaran tidak boleh lebih dari 60° .



4. Pahat alur (*parting off tool*).

Pahat alur, biasanya digunakan pahat tempel dengan lebar 1,2 mm, dan dalam alur maksimal 1,5 mm.

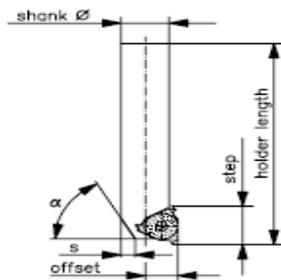


5. Pahat potong.

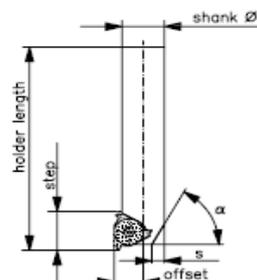
Untuk pahat potong, biasanya terbuat dari bahan HSS dengan lebar mata pahat 3,5 mm. Biasanya, pahat potong identik dengan pahat alur. Artinya Pahat alur digunakan sekaligus sebagai pahat potong

6. Pahat ulir (threading tool).

Pahat ulir biasanya digunakan pahat jenis tempel.



a. Pahat ulir Kanan



b. Pahat Ulir Kiri

Kecepatan Potong Bahan, jumlah putaran dan penghitungan asutan

1. Kecepatan potong atau Cutting Speed (Vs)

Kecepatan potong biasanya dinyatakan dalam isitilah m/menit, yaitu kecepatan dimana pahat melintasi benda kerja untuk mendapatkan hasil yang paling baik pada kecepatan yang sesuai. Kecepatan potong ini dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu: 1) kekerasan dari logam yang akan dipotong, dan 2) tipe alat potong yang digunakan.

Biasanya kecepatan potong ini harus disesuaikan dengan kecepatan putaran spindle mesin bubut. Untuk keperluan ini digunakan persamaan sebagaiberikut:

$$Vs \text{ (m/menit)} = (d \text{ (mm)} \times \pi \times S \text{ (put./menit)})/1000$$

Dimana :

Vs : kecepatan potong;

d : diameter benda kerja;

S : putaran spindel mesin bubut

Berikut ini adalah tabel tentang kecepatan beberapa bahan logam.

No.	Nama Bahan	Kecepatan Potong (m/menit)
1.	Baja lunak	24-30
2.	Baja perkakas	12-18
3.	Besi tuang abu-abu	18-24
4.	Kuningan keras	45
5.	Kuningan lunak	60
6.	Tembaga	60
7.	Alumunium	300

Sumber George Love dan Harus A.R. (1986:190)

2. Jumlah putaran (s)

Dalam menentukan putaran, harus dilihat berapa diameter benda kerja yang akan dibubut, dan terbuat dari bahan apa. Untuk menentukan besarnya putaran mesin, dapat digunakan persamaan:

$$S \text{ (put./menit)} = (Vs \text{ (m/menit)} \times 1000) / (\pi \times d \text{ (mm)})$$

Dimana :

Vs : kecepatan potong;

d : diameter benda kerja;

S : putaran spindel mesin bubut

3. Penghitungan asutan

Asutan yang digunakan pada pembubutan dengan menggunakan mesin bubut CNC (TU-2A), adalah dalam mm/menit.

Untuk menghitungnya dapat digunakan persamaan:

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

Di mana:

F = asutan dalam mm/menit

S = kecepatan putaran spindel mesin bubut (put./menit)

f = kecepatan pemotongan (mm/put)

Kecepatan pemotongan (f) untuk pekerjaan pembubutan untuk bahan alluminium adalah 0,02-0,1 mm/put., dan untuk pemotongan 0,01-0,02 mm/put.

Contoh 1:

Apabila akan dibubut benda kerja dari bahan yang berdiamater 40 mm dan terbuat daribahan yang memiliki kecepatan potong 150 m/menit, berapakah kecapatan putaran mesin yang dibutuhkan?

Data : $d = 40 \text{ mm}$; $V_s = 150 \text{ m/menit}$.

Masalah : $S = ?$

Jawab : $S = V_s \times 1000 / 3,14 \times d$
 $= 150 \times 1000 / 3,14 \times 40$
 $= 1200 \text{ putaran per menit}$.

Contoh 2:

Jika diketahui jumlah putaran 1200 put./menit, dan kecepatan pemotongan (f) 0,06 mm/put., berapa asutan dalam mm/menit yang dibutuhkan?

Data : $S = 1200 \text{ rpm}$; $f = 0,06 \text{ mm/put}$

Masalah : $F = ?$

Jawab $F = S \times f$
 $= 1200 \times 0,06$
 $= 72 \text{ mm/menit}$.

Latihan atau Lembar kerja

Jawab pertanyaan di bawah ini dengan Benar dan Salah!

1. Mesin CNC adalah mesin yang memiliki kemampuan menerima masukan data dalam bentuk perintah, memproses, dan mengeluarkannya dalam bentuk gerakan-gerakan pada perkakas potong.
2. Pahat radius digunakan pada pengerjaan pembubutan dengan mesin bubut CNC.
3. Pada proses pembubutan menyudut dengan menggunakan pahat kanan atau kiri pada mesin CNC, sudut yang dibentuk dapat lebih besar dari 30^0 .
4. Apabila akan dibubut benda kerja dari bahan yang berdiamater 20 mm dan terbuat daribahan yang memiliki kecepatan potong 70 m/menit, maka kecepatan putaran mesin yang digunakan adalah sekitar 1100 rpm.

5. Jika diketahui jumlah putaran 1000 put./menit, dan kecepatan pemotongan (f) 0,05 mm/put., asutan dalam mm/menit yang dibutuhkan adalah 50 mm/menit.

Lembar Evaluasi

Setelah anda membaca uraian materi dan mengerjakan lembaran kerja, berarti anda telah menguasai sebagian materi dari pemrograman CNC khususnya yang berkaitan dengan pengetahuan dasar mesin CNC, pengetahuan dasar tentang alat potong, dan penentuan kecepatan pemotongan, dan kecepatan putaran mesin. Untuk mengetahui tingkat pemahaman anda tentang materi ini, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

Petunjuk

1. Pilih salah satu jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (X) pada hurup a, b, c atau d.
2. Jangan mencari jawaban dari lembar kerja atau lembar latihan.
3. Jawaban dikerjakan langsung pada lembaran soal.
4. waktu pengerjaan 15 menit.

Soal

1. Jenis mesin lain yang sejenis dengan mesin CNC adalah:
a. DNC b. ANC c. a dan b salah d. a dan b betul
2. Secara garis besar komponen utama dari sebuah mesin CNC adalah
a. Sistim kendali dan mesin perkakas
b. Sistim kendali dan alat potong
c. Sistim kendali dan sistim mekanik
d. Sistim mekanik dan alat potong
3. Mesin CNC adalah
a. Yang dikendalikan secara numerik
b. Yang dipoeraskan dengan menggunakan perintah
c. Yang memiliki kemampuan menerima, mengolah dan mengeluarkan data
d. Yang memiliki kemampuan menerima data dalam bentuk perintah, mengolah atau memproses dan mengeluarkan data yangtelah diolah dalam bentuk gerakan-gerakan alat potong.

4. Pahat-pahat atau alat potong yang digunakan dalam mesin CNC adalah:
 - a. Pahat kasar, pahat halus, pahat potong, pahat ulir
 - b. Pahat kasar, pahat halus, pahat ulir, pahat potong
 - c. Pahat kasar, pahat halus, pahat bentuk, pahat ulir, pahat netral, dan pahat potong.
 - d. Pahat kasar, pahat halus, pahat ulir, pahat netral, pahat potong, dan pahat alur.
5. Dalam pembubutan menyudut dengan menggunakan pahat kanan atau pahat kiri, maka sudut yang dibentuk adalah:
 - a. Harus lebih kecil dari 32°
 - b. Harus sama dengan 30°
 - c. Boleh lebih besar dari 30°
 - d. Maksimal 30°
6. Dalam penggunaan pahat netral dalam pembubutan menyudut, maka tangen sudut yang dibentuk adalah:
 - a. Sama dengan 60°
 - b. Lebih kecil dari 60°
 - c. Maksimal 60°
 - d. Maksimal $62,5^{\circ}$
7. Apabila putaran mesin yang digunakan sebesar 1200 rpm dan diameter benda kerja yang akan dibubut 40 mm, maka kecepatan potong dari bahan yang akan dibubut tersebut adalah:
 - a. 140 m/menit
 - b. 160 m/menit
 - c. 130 m/menit
 - d. Tidak ada yang benar
8. Apabila kecepatan potong bahan 150 m/menit dan kecepatan putaran mesin 1200 rpm, maka diameter benda kerja yang cocok untuk bubut adalah:
 - a. 40 mm
 - b. 42 mm
 - c. 39 mm
 - d. 50 mm
9. Apabila asutan 100 mm/menit, dan kecepatan pemotongan 0,1 mm/putaran, maka jumlah putaran sumbu utama mesin (spindel) adalah;
 - a. 1000 rpm
 - b. 900 rpm
 - c. 950 rpm
 - d. 1050 rpm
10. Apabila kecepatan putaran sumbu utama mesin 500 rpm, dan kecepatan pemotongan 0,02 mm/putaran, maka asutan yang diizinkan dalam mm/menit adalah:
 - a. 15 mm/menit
 - b. 12 mm/menit
 - c. 10 mm/menit
 - d. 11 mm/menit

Sumber Bacaan:

Emco (1988), Petunjuk pemrograman dan pelayanan EMCO TU-2A, Austria : EMCO MAIER & Co.

Frommer, Hans G. *Practical CNC-Training for Planning and Shop (part2 : Examples and exercise)*. Germany: Hanser Publishers. 1985.

Hayes, John H. *Practical CNC-Training for Planning and Shop (part1; Fundamental)*. Germany: Hanser Publishers. 1985.

Love, George, (1983), *The Theory and Practice of METALWORK (third edition), Terjemahan (Harun A.R.)*, Longmand Group Limited.

Pusztai, Joseph and Sava Michael. *Computer Numerical Control*. Virginia: Reston Publishing Company, Inc. 1983.