**JABATAN PEMBANGUNAN KEMAHIRAN (JPK)**
**TINGKAT 7-8, BLOK D4, KOMPLEKS D,**
**PUSAT PENTADBIRAN KERAJAAN PERSEKUTUAN,**
**62530 PUTRAJAYA**

# KERTAS PENERANGAN

| | | |
|---|---|---|
| **KOD DAN NAMA PROGRAM** | C259-006-3:2020 CNC MACHINING OPERATION | |
| **TAHAP** | 3 | |
| **KOD DAN TAJUK UNIT KOMPETENSI** | C259-006-3:2020-C03 CNC ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE (EDM) DIE SINKING MACHINE OPERATION | |
| **NO. DAN PENYATAAN AKTIVITI KERJA** | 1. PERFORM CNC EDM DIE SINKING MACHINE DAILY MAINTENANCE.<br>**2. INTERPRET PRODUCTION TECHNICAL DRAWING.**<br>3. SET UP CNC EDM DIE SINKING MACHINE AND ACCESSORIES.<br>4. SET UP CNC EDM DIE SINKING WORKPIECE.<br>5. SET UP CNC EDM DIE SINKING ELECTRODE.<br>6. RETRIEVE CNC EDM DIE SINKING PROGRAM.<br>7. PERFORM CNC EDM DIE SINKING OPERATION.<br>8. INSPECT FINISHED PRODUCT.<br>9. PERFORM CNC EDM DIE SINKING MACHINE DAILY HOUSEKEEPING. | |
| **NO. KOD** | C259-006-3:2020-C03/KP(1/5) | Muka Surat**:** 1/44 |

**TAJUK:**

**ASAS OPERASI MESIN CNC EDM *DIE SINKING***

**TUJUAN:**

Kertas Penerangan ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan dan kefahaman kepada pelatih tentang lukisan teknikal pengeluaran, operasi proses CNC EDM *die sinking* dan jenis-jenis bahan.

**PENERANGAN:**

Lukisan teknikal ialah salah satu cara berkomunikasi secara bahasa grafik dalam persekitaran harian mahupun dalam bidang kejuruteraan. Ia merupakan satu kaedah bagaimana penyampaian maklumat dalam bentuk grafik dapat diterima dengan mudah oleh individu tertentu atau kumpulan sasaran.

Dalam bidang kejuruteraan pula, ia perlu jelas menunjukkan kepada individu tertentu tentang bentuk, saiz, skala, ruang dan segala spesifikasi projek. Lukisan ini merupakan gambaran sebenar bagi sesuatu bentuk objek dengan lebih terperinci dan disertakan dengan saiz dan ukuran dari semua arah pandangan.

## 1) LUKISAN TEKNIKAL OPERASI MESIN CNC

Terdapat beberapa elemen penting dalam kerja mentafsirkan lukisan teknikal. Antara elemen penting yang perlu diketahui untuk mentafsirkan lukisan teknikal ialah simbol-simbol lukisan, d*imension*, piawai pengukur (*system imperial* (SI) dan metrik.

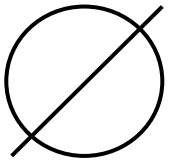
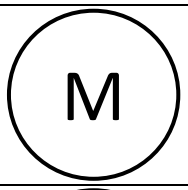
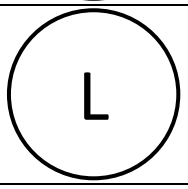
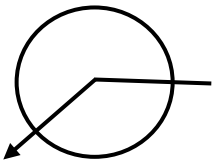
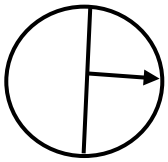
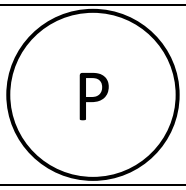
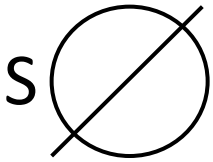
### 1.1) Simbol-Simbol Lukisan

Dalam lukisan kejuruteraan, terdapat banyak simbol yang digunakan untuk menggambarkan pelbagai elemen dan komponen. Simbol-simbol ini membantu dalam komunikasi dan pemahaman antara para profesional dengan pakar kejuruteraan. Antara jenis simbol yang perlu diketahui termasuklah:

a) Simbol *general tolerance*

Jadual 1 menunjukkan jenis-jenis simbol dan maksud untuk setiap jenis simbol yang dinyatakan.

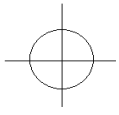
Jadual 1: Simbol-simbol *General Tolerance*

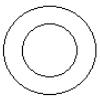
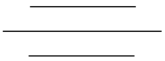
| BIL. | SIMBOL | MAKSUD |
|---|---|---|
| 1 |  | DIAMETER |
| 2 |  | *MAXIMUM MATERIAL CONDITION* (MMC) |
| 3 |  | *LEAST MATERIAL CONDITION* (LMC) |
| 4 |  | *ALL AROUND* |
| 5 |  | *DIMENSION ORIGIN* |
| 6 |  | *PROJECTOR TOLERANCE ZONE* |
| 7 |  | *SPHERICAL DIAMETER* |
| 8 | ( ) | *REFERENCE DIMENSION* |
| 9 | R | *RADIUS* |

b) Simbol *form and orientation tolerance*

Jadual 2 menunjukkan simbol-simbol bagi *form and orientation tolerance* serta penerangan bagi setiap simbol yang dinyatakan.

Jadual 2: Simbol-Simbol *Form And Orientation Tolerance*

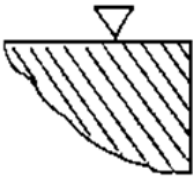
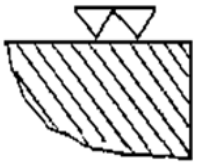
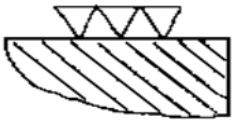
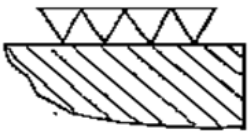
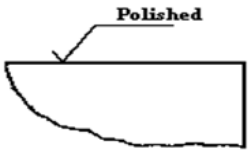
| BIL. | SIMBOL | MAKSUD | JENIS *TOLERANCE* | JENIS KAWALAN |
|---|---|---|---|---|
| 1 |  | *STRAIGHTNESS* | BENTUK | ● Mengawal bentuk permukaan dan juga boleh mengawal bentuk paksi atau satah median.<br>● Rujukan datum tidak diperlukan. |
| 2 |  | *FLATNESS* | | |
| 3 |  | *CYLINDRICITY* | | |
| 4 |  | *CIRCULARITY (ROUNDNESS)* | | |
| 5 |  | *PERPENDICULARITY* | ORIENTASI | ● Mengawal orientasi (kecondongan) permukaan, paksi atau satah median untuk ciri-ciri saiz dan bukan saiz.<br>● Rujukan datum diperlukan. |
| 6 |  | *ANGULARITY* | | |
| 7 |  | *PARALELLISM* | | |
| 8 |  | *POSITION* | LOKASI | ● Menempatkan titik pusat, paksi dan satah<br>● median untuk ciri-ciri saiz.Juga mengawal orientasi. |
| 9 |  | *SURFACE PROFILE* | | |

| BIL. | SIMBOL | MAKSUD | JENIS *TOLERANCE* | JENIS KAWALAN |
|---|---|---|---|---|
| 10 |  | *LINE PROFILE* | | ● Mencari permukaan.<br>● Mengawal saiz, bentuk dan orientasi permukaan berdasarkan rujukan datum. |
| 11 |  | *TOTAL RUNOUT* | *RUNOUT* | ● Kawalan kesepakatan permukaan.<br>● Mengawal bentuk dan orientasi permukaan. |
| 12 |  | *RUNOUT* | | |
| 13 |  | *CONCENTRICITY* | *LOCATION* (*DERIVED MEDIAN POINTS*) | ● Terletak titik median terbitan satu ciri.<br>● Tidak biasa, pertimbangkan menggunakan posisi, *runout* atau profil. |
| 14 |  | *SYMMETRY* | | |

c) Simbol tekstur permukaan

Jadual 3 menunjukkan simbol-simbol bagi tekstur permukaan benda kerja dan penerangan bagi setiap simbol tersebut.

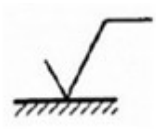
Jadual 3: Simbol-simbol Tekstur Permukaan

| BIL | SIMBOL | PENERANGAN |
|---|---|---|
| 1 |  | Permukaan yang tidak diberikan simbol penyudah kerja dianggap sebagai permukaan kasar. |
| 2 |  | "BIARKAN BEGITU"<br>Permukaan ini boleh dibiarkan dalam keadaannya sekarang (*properly forged*). |
| 3 |  | "PERMUKAAN KASAR" Permukaan diratakan secara kasar dengan cara mengikir, melarik dan sebagainya (*roughing*) calar dapat dirasa dengan tangan dan jelas kelihatan. |
| 4 |  | "PERMUKAAN HALUS" Permukaan dibuang, dibersihkan secara mengikir, melarik dan sebagainya (*finishing*) calar masih kelihatan. |
| 5 |  | "PERMUKAAN SANGAT HALUS" Permukaan dibuang hingga licin (*fine finishing*), calar tidak kelihatan tetapi masih ada. |
| 6 |  | "PERMUKAAN SANGAT LICIN" Permukaan dibuang hingga sangat licin (*super finishing*), calar langsung tiada. |
| 7 |  | Permukaan disudahi dengan cara tertentu seperti *lapping, honing*, atau *polished* seperti yang dikehendaki. |
| 8 |  | Permukaan disudahi dengan cara tertentu dengan dikeraskan (*hardened*). |

d) Simbol tekstur kekemasan permukaan (*surface finish texture symbols)*

Jadual 4 menunjukkan simbol-simbol tekstur kekemasan permukaan, maksud dan penerangan untuk setiap simbol yang dinyatakan.

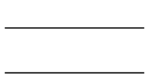
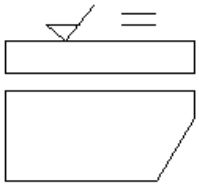
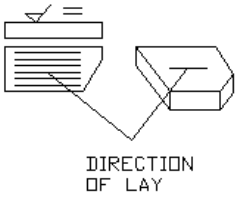
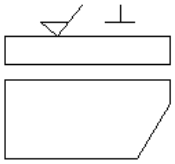
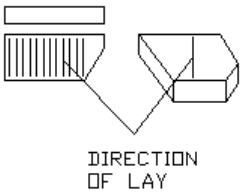
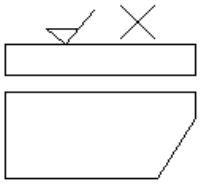
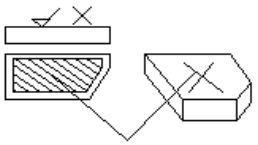
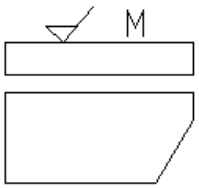
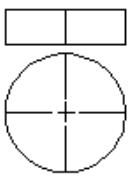
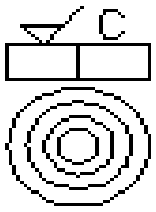
Jadual 4: Simbol-simbol Tekstur Kekemasan Permukaan

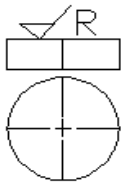
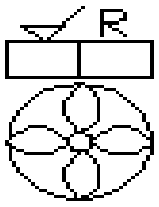
| BIL | SIMBOL | MAKSUD | PENERANGAN |
|---|---|---|---|
| 1 |  | Pilihan pemesinan (*machining optional*). | Permukaan boleh dihasilkan dengan pelbagai pilihan kecuali jika diletakkan atau ditentukan garis (bar) atau bulat (*circle*). |
| 2 |  | Penyingkiran bahan kerja dengan proses pemesinan diperlukan. (*material removal by machining required*). | Garisan (*bar*) ditambah pada simbol asas menunjukkan proses penyingkiran bahan kerja melalui proses pemesinan adalah mesti. |
| 3 |  | Proses penyingkiran bahan kerja adalah tidak diperlukan sama sekali. (*Material removal prohibited*). | Bulatan ditambah pada simbol asas menunjukkan bahawa permukaan boleh dihasilkan melalui proses *casting*, *forging*, *hot finishing*, *cold finishing*, *die casting*, *powder metallurgy* atau *injection moulding* tanpa perlu proses pemesinan penyingkiran bahan kerja. |
| 4 |  | Ciri permukaan khas diperlukan. | Diperlukan apabila terdapat nilai tekstur permukaan, jenis pembuatan dijalankan, rawatan, penyejukan atau terdapat teks lain yang spesifik di atas garisan mendatar atau di sebelah kanan simbol. Permukaan boleh dihasilkan sebarang kaedah kecuali apabila terdapat garis (bar) atau bulatan (*circle*) yang ditentukan atau terdapat sebarang kaedah tertentu diletakkan di atas garisan mendatar. |

e) Simbol geometri dan *tolerance*

Jadual 5 menunjukkan simbol-simbol geometri dan *tolerance* serta penerangan.

Jadual 5: Simbol-Simbol Geometri Dan *Tolerance*

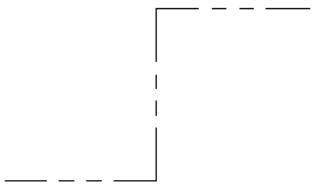
| SIMBOL *LAY* | PETUNJUK PADA LUKISAN | PENERANGAN | |
|---|---|---|---|
|  |  | Selari dengan satah unjuran pandangan di mana simbol dalam digunakan. |  |
|  |  | Serenjang dengan satah unjuran pan di mana simbol dalam digunakan. |  |
|  |  | Bersilang dalam dua arah senget berkenaan dengan satah unjuran pandangan di mana simbol dalam digunakan. |  |
| M |  | Pelbagai arah. |  |
| C |  | Lebih kurang bulat berbanding dengan bahagian tengah permukaan yang digunakan oleh simbol. |  |

| SIMBOL *LAY* | PETUNJUK PADA LUKISAN | PENERANGAN | |
|---|---|---|---|
| R |  | Lebih kurang jejari berbanding dengan pusat permukaan yang digunakan simbol. |  |

f) Garisan keterangan aplikasi umum

Bagi Jadual 6 pula menunjukkan jenis-jenis garisan keterangan aplikasi umum dan penjelasan untuk setiap garisan.

Jadual 6: Keterangan Garisan Aplikasi Umum

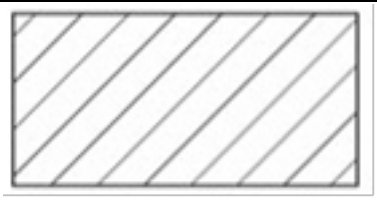
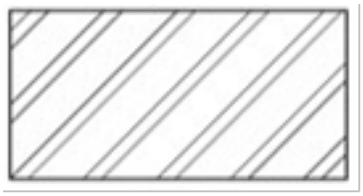
| GARISAN | NAMA GARISAN | PENERANGAN |
|---|---|---|
|  | Sempang tebal | ● Garisan luaran tersembunyi.<br>● Garisan sisi tersembunyi. |
|  | Sempang nipis | ● Garisan luaran tersembunyi.<br>● Garisan sisi tersembunyi. |
|  | Rantaian nipis | ● Garisan pusat.<br>● Garisan simetri.<br>● Trajektor. |
|  | Rantaian nipis tebal dan bertukar arah | ● Satah pemotongan. |
|  | Rantaian tebal | ● Petunjuk garisan atau permukaan atau apabila keperluan khas digunakan. |

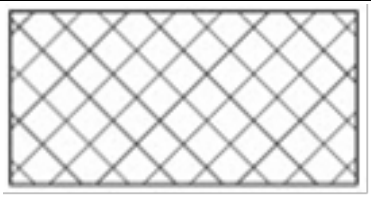
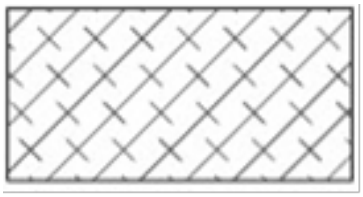
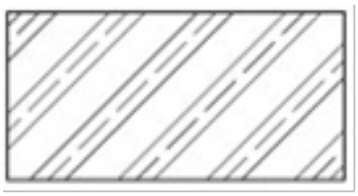
| GARISAN | NAMA GARISAN | PENERANGAN |
|---|---|---|
| _____ _ _ _____ | Rantaian nipis sempang bergerak | ● Garisan luaran bahagian sempadan.<br>● Kedudukan alternatif dan melampau bahagian yang boleh bergerak.<br>● Garisan berpusat.<br>● Garisan luaran permukaan sebelum pembinaan bahagian yang diletakkan di hadapan satu pemotongan. |

g) Simbol muka keratan

Pandangan keratan rentas ialah pandangan yang menunjukkan struktur dalaman dan ciri-ciri benda kerja ketika diproses. Pandangan keratan rentas adalah untuk memberikan pandangan yang jelas pada sesuatu lukisan benda kerja pada bahagian dalaman. Jadual 7 menunjukkan simbol-simbol muka keratan.

Jadual 7: Simbol Muka Keratan

| NO. | SIMBOL | JENIS MUKA KERATAN |
|---|---|---|
| 1 |  | Besi tuangan |
| 2 |  | Keluli |
| 3 |  | Tembaga kuning, gangsa, tembaga merah. |

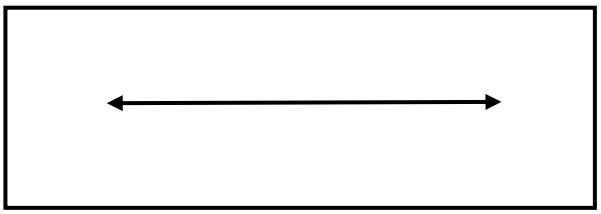
| NO. | SIMBOL | JENIS MUKA KERATAN |
|---|---|---|
| 4 |  | *White metal*, zink, plumbum, *alloy*, *babbit*. |
| 5 |  | *Magnesium, aluminium, aluminium alloy.* |
| 6 |  | *Titanium, refractory material.* |

**1.2) Pendimensian**

Terdapat beberapa pendimensian asas lukisan melibatkan pengetahuan dan kefahaman mengenai beberapa prinsip dan peraturan yang tertentu. Oleh itu, untuk mahir dalam pendimensian, seseorang pelukis harus membiasakan diri dengan prinsip dan peraturan tersebut. Amalan yang biasa dilakukan dalam pendimensian harus dipatuhi supaya hasil kerja itu mengikut sistem piawaian yang ditetapkan. Biasanya proses pendimensian melibatkan penggunaan tiga jenis garisan, iaitu garisan dimensi, garisan tambahan dan garisan penunjuk.

a) Garisan dimensi

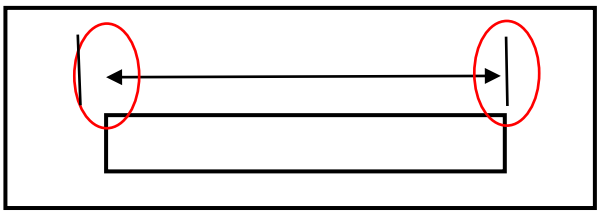
Garisan dimensi ialah garisan yang hujungnya ditandakan dengan anak panah. Anak panah itu menunjukkan titik mula dan titik akhir sesuatu ukuran. Garisan dimensi dilukis lebih ringan daripada garisan objek. Angka dimensi ditulis pada bahagian tengah garisan dimensi. Contoh garisan dimensi ditunjukkan pada Rajah 1.



Rajah 1: Contoh Garisan Dimensi

b) Garisan tambahan

Garisan tambahan ialah garisan yang menandakan jarak yang dimensikan. Kehitamannya sama dengan garisan dimensi. Sungguhpun garisan tambahan diunjurkan daripada garisan objek, hujungnya hendaklah dijarakkan lebih kurang 1 mm dari pinggir objek seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.

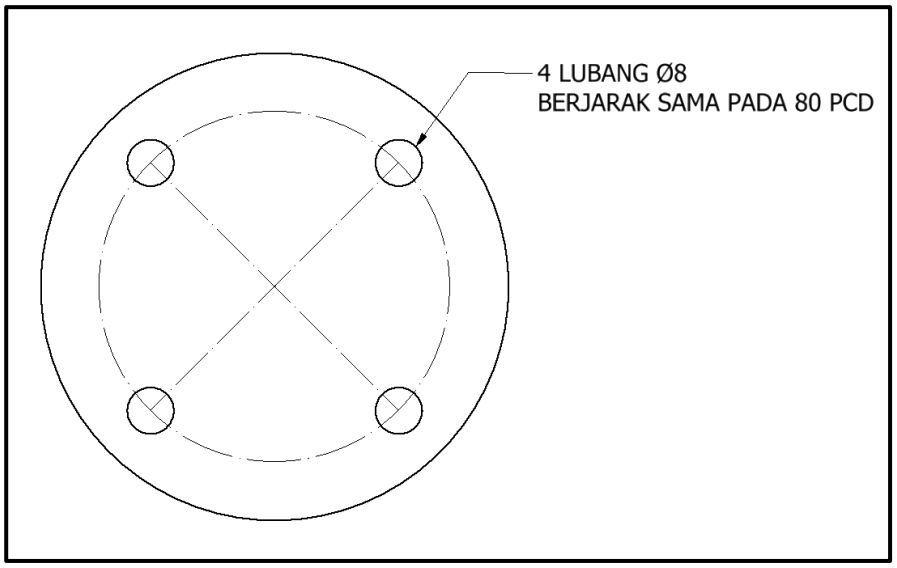


Rajah 2: Contoh Garisan Tambahan

Garisan tengah boleh digunakan untuk menggantikan garisan tambahan, jika dimensi perlu ditandakan di antara garisan tengah dengan garisan tambahan atau di antara dua garisan tengah.

c) Garisan penunjuk

Garisan penunjuk mempunyai satu anak panah atau titik pada hujungnya. Garisan penunjuk digunakan untuk menyampaikan maklumat mengenai bahagian objek yang ditunjukkannya. Kehitaman garisan penunjuk sama dengan kehitaman garisan dimensi. Rajah 3 menunjukkan contoh garisan penunjuk.




Rajah 3: Contoh Garisan Penunjuk Yang Menerangkan Maklumat

**1.3) Peraturan Pendimensian**

Pendimensian hendaklah diatur mengikut kaedah yang dapat memberikan penjelasan dan ringkasan bagi memudahkan bacaan. Susunan dimensi perlulah teratur dengan menyusun dimensi-dimensi itu secara berselang-seli. Berikut ialah perkara-perkara yang perlu dititikberatkan bagi pendimensian:

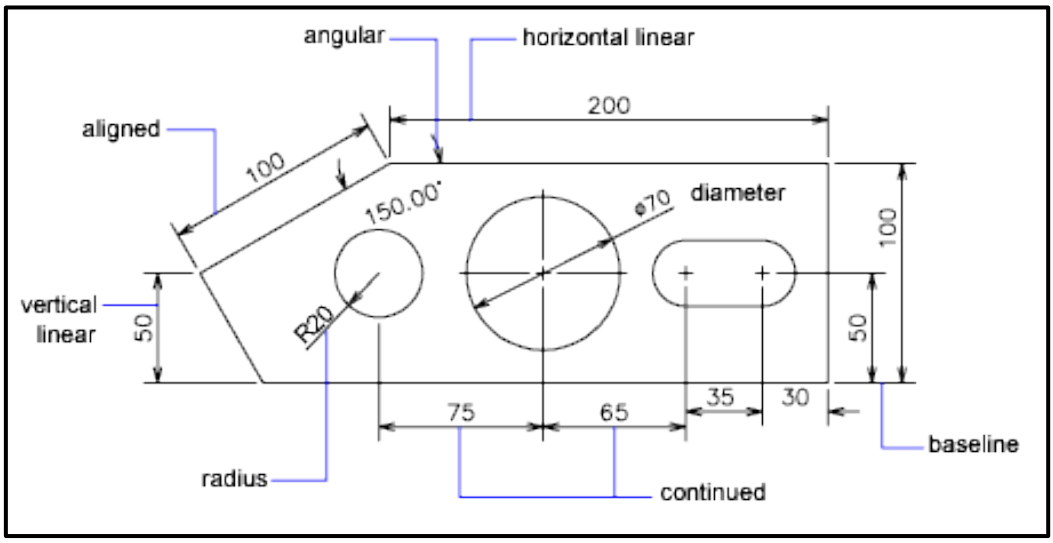
a) Dimensi hendaklah diletakkan supaya boleh dibaca dari bawah lukisan atau dari bahagian kanan.

b) Dimensi biasanya diletakkan pada atau lebih kurang pada pertengahan garisan dimensi.

c) Dimensi itu hendaklah ditempatkan di atas garisan dimensi dan tidak menyentuhnya.

d) Bagi mengelakkan dimensi dilintas oleh garisan-garisan lain, dimensi itu boleh diletakkan berdekatan dengan satu penamatan.

e) Huruf dan simbol berikut kerap digunakan dengan dimensi bagi mengenal pasti bentuk sesuatu sifat dimensi. Huruf atau simbol ini hendaklah sama besar dengan angka yang berkaitan seperti Rajah 4.

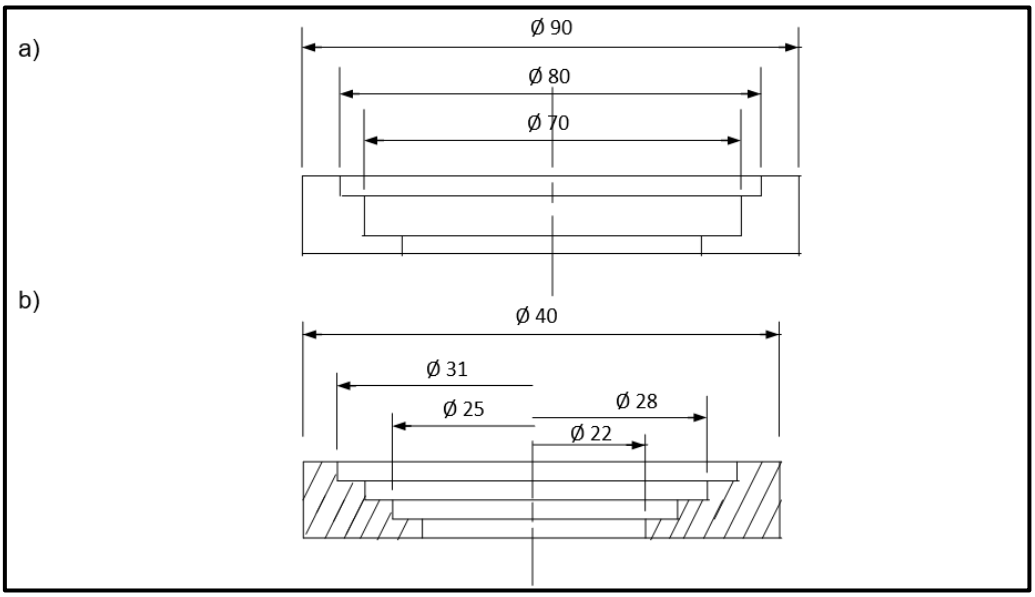



| | |
|---|---|
| □ - diameter | S□ - diameter sfera |
| R - jejari | SR - jejari sfera |
| X - segiempat sama | |

Rajah 4: Kegunaan Huruf Dan Simbol Dengan Dimensi

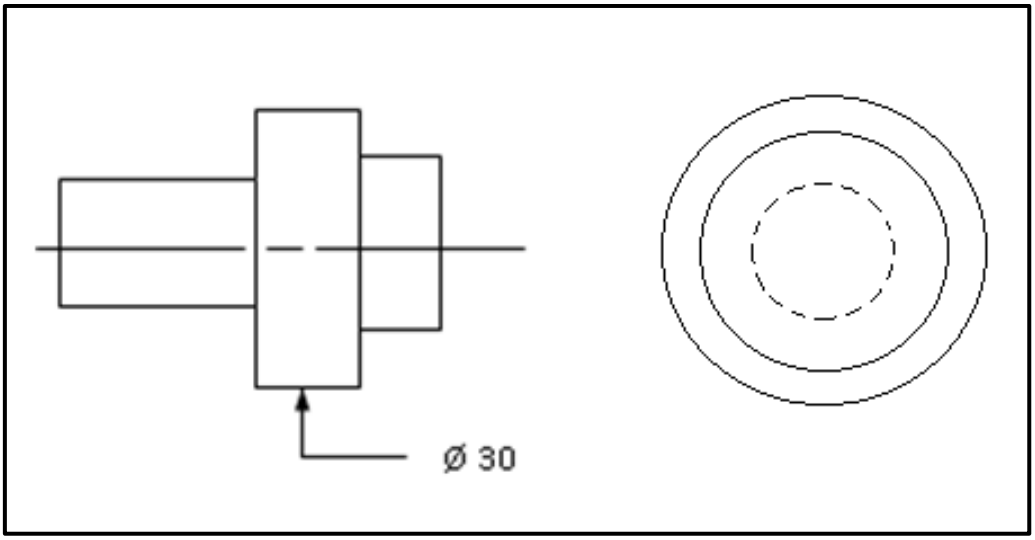
f) Apabila ada beberapa garisan dimensi selari yang berdekatan, dimensi-dimensi itu boleh diselangkan seperti Rajah 5 (a) bagi mengelakkan angka-

angka itu daripada bertindih, atau terpaksa mengikut sepanjang garisan dimensi. Dalam beberapa kes, garisan dimensi boleh dipendekkan seperti Rajah 5 (b).



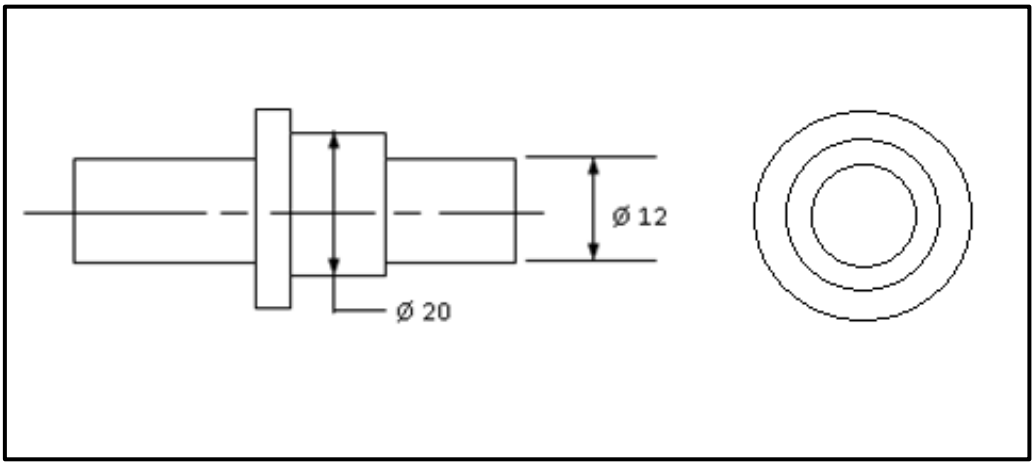

Rajah 5: Pengaturan Dimensi Bagi Mengelak Kesesakan

g) Dimensi boleh diletakkan pada hujung garisan pandu, hujung setentangnya berakhir pada garisan dimensi atau pemanjangannya seperti Rajah 6.



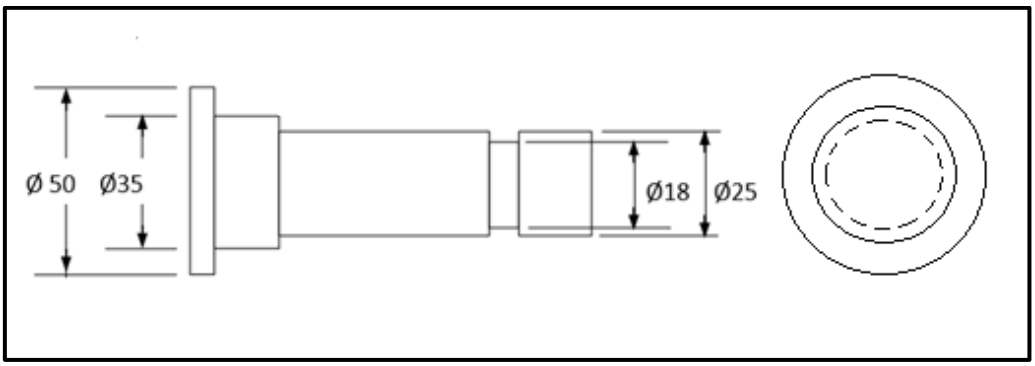

Rajah 6: Dimensi Pada Hujung Pemanjangan Kepada Garisan Pandu

h) Sekiranya ruang terhad bagi pendimensian, dimensi hendaklah diletakkan pada pertengahan atau di atas, atau sebaris dengan pemanjangan salah satu garisan dimensi seperti Rajah 7.




Rajah 7: Dimensi Pada Hujung Garisan Pandu Berakhir Pada Satu Permukaan

i) Dimensi besar hendaklah diletakkan di luar dimensi kecil seperti Rajah 8.



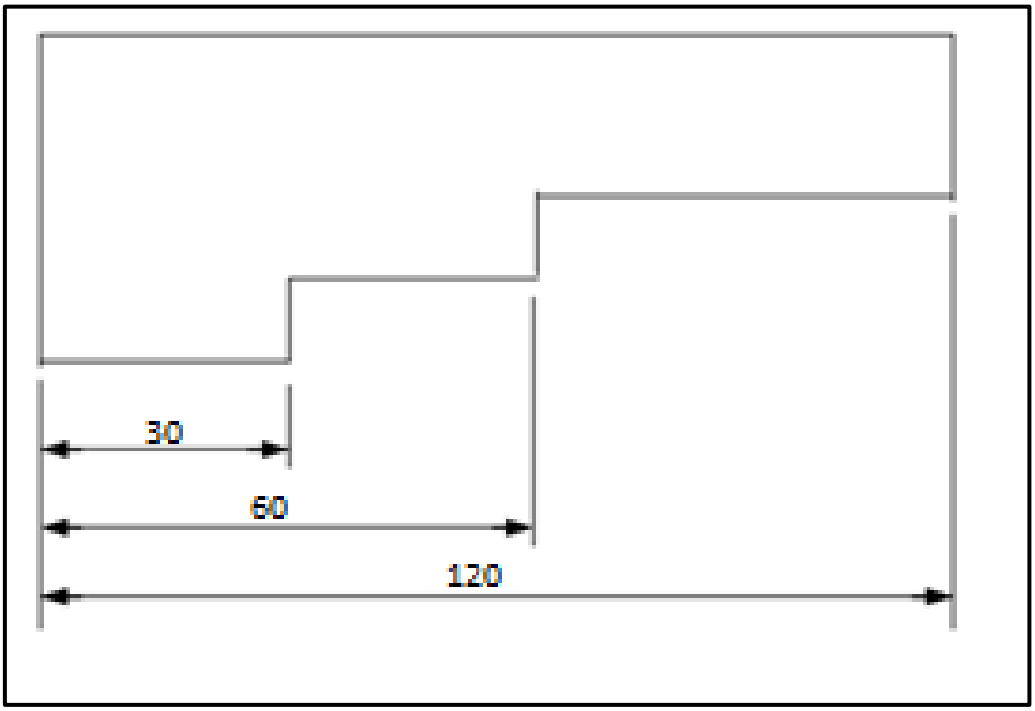

Rajah 8: Dimensi Besar Terletak Di Luar Dimensi Kecil

**1.4) Kaedah Pendimensian**

Dimensi mestilah diatur dengan kemas dalam lukisan supaya jelas dan mudah dibaca. Dimensi boleh diatur seperti yang berikut:

a) Pendimensian selari

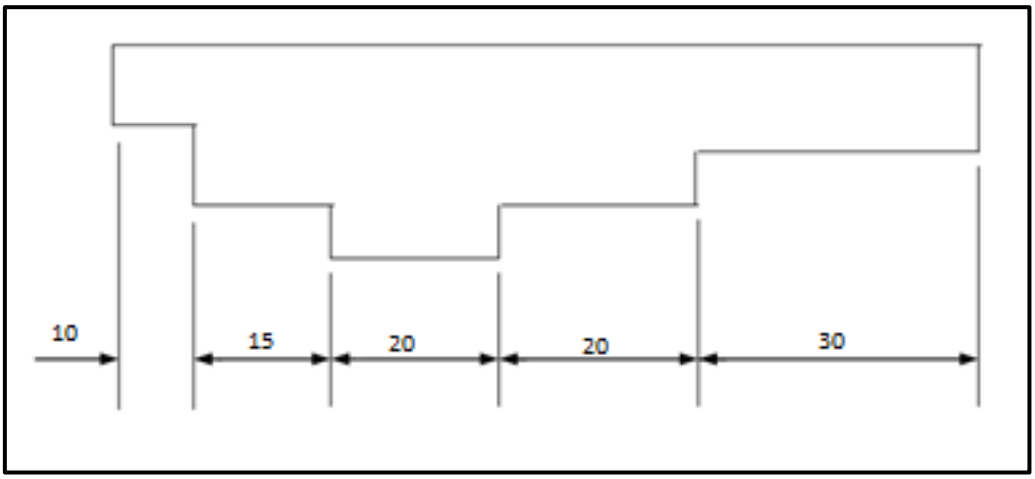
Pendimensian selari (*parallel dimensioning*) dalam lukisan kejuruteraan merujuk satu kaedah penempatan dimensi yang digunakan untuk menunjukkan hubungan selari di antara dua atau lebih garis atau permukaan dalam sesuatu reka bentuk atau gambar teknikal. Rajah 9 menunjukkan pendimensian selari.




Rajah 9: Pendimensian Selari Daripada Datum Sepunya

b) Pendimensian rantai

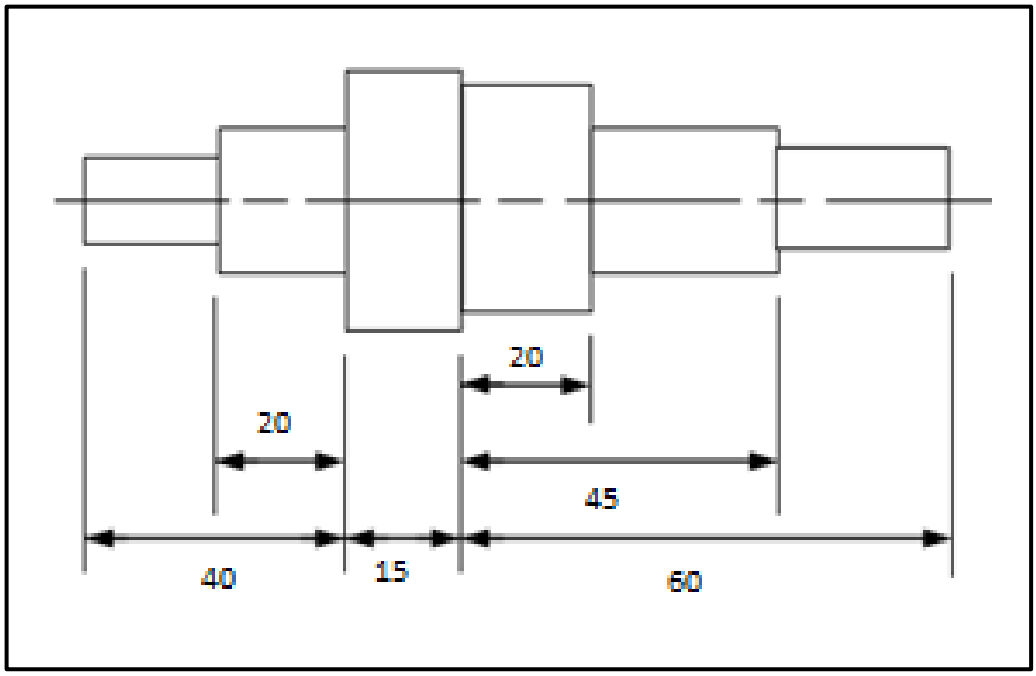
Rajah 10 menggambarkan kegunaan pendimensian rantai. Oleh sebab kedudukan sesuatu sifat diambil dari kedudukan sifat bersebelahan, maka berkemungkinan pengumpulan toleransi boleh berlaku. Bagi amalan bengkel yang baik, pendimensian rantai hendaklah dielakkan melainkan dimensi rantai yang ditunjukkan sebenarnya ialah dimensi berfungsi.




Rajah 10: Pendimensian Rantai

c) Pendimensian bergabung

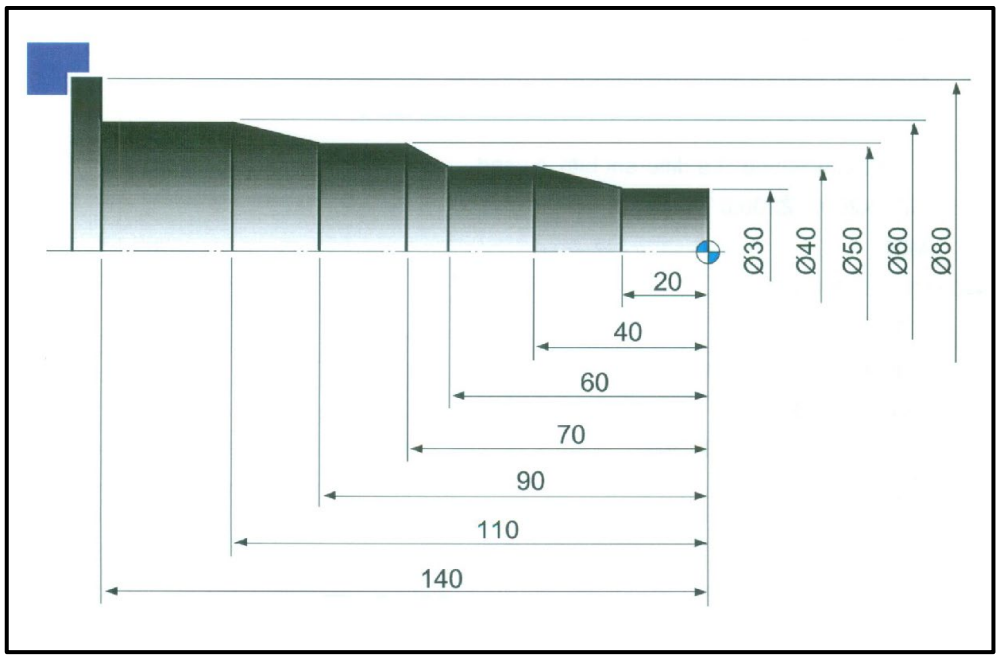
Rajah 11 menunjukkan cara pendimensian gabungan antara pendimensian selari dan pendimensian rantai.




Rajah 11: Pendimensian Bergabung

d) Pendimensian melalui koordinat

Pendimensian melalui koordinat ditunjukkan pada Rajah 12 adalah bersesuaian jika hendak menunjukkan koordinat pada satu-satu titik lubang.




Rajah 12: Pendimensian Melalui Koordinat

### 1.5) Piawaian Pengukuran

Piawaian pengukuran merujuk sistem pengukuran yang digunakan untuk melaksanakan aktiviti pengukuran dalam bidang sains, teknik, dan kejuruteraan. Terdapat dua sistem piawaian pengukur yang dominan dalam industri, iaitu:

a) Sistem imperial (*imperial system*)

Sistem ini juga dikenali sebagai sistem British, sistem ini masih digunakan di beberapa negara seperti Amerika Syarikat dan United Kingdom untuk beberapa aplikasi tertentu. dalam sistem imperial, unit pengukuran yang umum digunakan adalah:

i) Kaki (ft) untuk panjang atau jarak.
ii) Paun (lb) untuk berat atau jisim.

b) Sistem metrik (*metric system*)

Sistem ini ialah sistem pengukuran yang paling umum digunakan di seluruh dunia dan menjadi piawaian utama dalam sains, teknik, dan kejuruteraan. Sistem metrik berdasarkan unit adalah seperti yang berikut:

i) Meter (m) untuk panjang atau jarak.
ii) Kilogram (kg) untuk berat atau jisim.

Kebanyakan negara di dunia telah mengguna pakai sistem metrik sebagai standard mereka, yang mempermudah pertukaran maklumat dan kerjasama antarabangsa dalam bidang sains, teknologi, dan perdagangan.

Walaupun sistem metrik telah menjadi piawaian pengukur yang dominan, terdapat beberapa situasi khusus di mana sistem imperial masih digunakan dalam beberapa aplikasi tertentu di negara-negara yang mengamalkannya secara tradisional. Namun, semakin banyak sektor dan negara yang beralih sepenuhnya ke sistem metrik untuk mencapai keseragaman dan konsistensi dalam pengukuran dan perhubungan ilmiah global.

### 1.6) Had Terima (*Tolerance*)

Bagi memastikan agar sesuatu pemasangan dapat berfungsi dengan betul, bahagian-bahagian pada setiap komponen haruslah dipasang dengan betul dan sempurna.

a) Asas had dan gegasan (*tolerance and fit*)

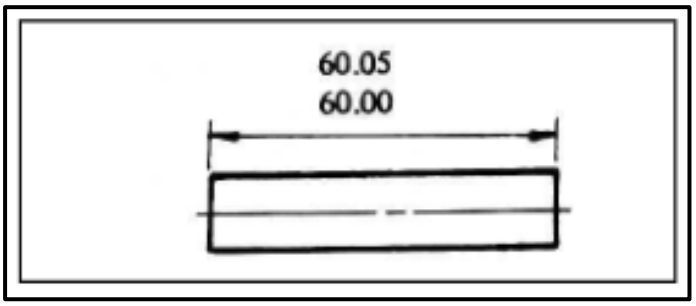
Secara praktikal, tiada komponen yang boleh dihasilkan mengikut saiz sebenar. Ini akan menimbulkan masalah kepada pereka bentuk untuk menetapkan had saiz nilai atas dan bawah (*upper and lower limits*) yang boleh diterima bagi setiap dimensi atau ukuran yang digunakan dalam mendefinisikan rupa dan bentuk, supaya objek yang dihasilkan boleh beroperasi dengan betul.

Sebagai contoh, dimensi/ ukuran 10 ± 0.02 bermaksud sesuatu bahagian itu boleh diterima, sekiranya dibuat sembarangan di antara saiz had bawah 9.98 mm dan had atas 10.02 mm, iaitu 10 - 0.02 dan 10 + 0.02.

Sebagai contoh, suatu ruang kelegaan (*clearance*) perlu dikekalkan antara omboh dan silinder di antara atau di dalam lingkungan 0.012 mm.

Satu cara adalah untuk mengubah ukuran kedua-dua omboh dan silinder supaya menjadi 0.006 mm. Ini amat sukar dikekalkan had terima (*tolerance*) dan juga terlalu mahal untuk dibuat atau dihasilkan. Secara praktik, had-terima *(tolerance)* kedua-duanya dapat dikekalkan dalam lingkungan 0.06 mm dan kemudiannya bahagikan dalam kumpulan-kumpulan untuk pepasangan. Ini melibatkan *'gauging'* setiap komponen.

Seorang pereka bentuk mestilah memastikan supaya lukisan yang dihasilkan menunjukkan dengan jelas nilai had saiz atas dan bawah untuk setiap dimensi atau ukuran. Rajah 13 adalah kaedah menunjukan *tolerances.*

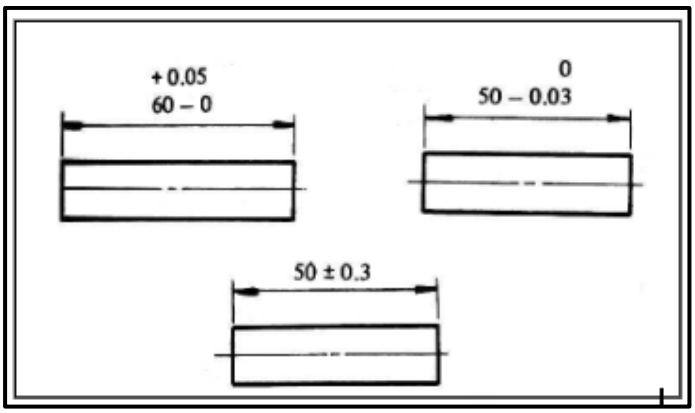



Rajah 13: Kaedah Menunjukan *Tolerances*

Kaedah yang ditunjukkan adalah amat jelas untuk memperlihatkan had atas dan bawah, iaitu seseorang operator mesin tidak perlu membuat sebarang

kiraan. Dimensinya ditunjukkan dalam bentuk mudah, iaitu had atas berada di atas had bawah dan kedua-duanya dalam angka perpuluhan yang sama.

Selain kaedah di atas, saiz asas *(basic size)* boleh ditunjukkan dan had terima *(tolerance limits)* ditambahkan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 14.



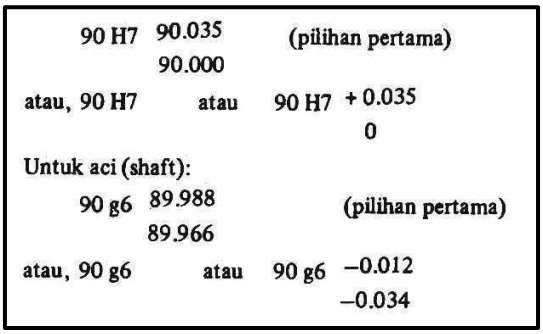

Rajah 14: Had Terima

b) Gegas dan basi (*fit and allowance*)

Apabila satu lubang dan satu aci (*shaft*) dicantumkan, sistem cantuman ini disebut gegas. Telusan yang berlaku antara aci dan lubang apabila pencantuman dilakukan dinamakan basi.

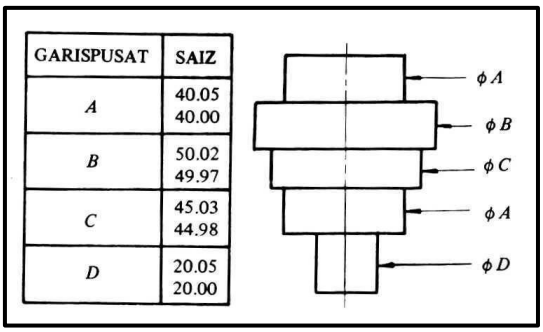
i) Gegas *(fits)*

*Gegas* boleh diambil secara terus dari jadual yang ditunjukkan dalam BS 4500:ISO *limits and fits*. Apabila gred gegas perlu ditunjukkan secara teratur, kaedah-kaedah lain untuk mendimensi ciri-ciri tertentu boleh digunakan. Contoh untuk lubang *(hole)* seperti Rajah 16.




Rajah 15: Gegas

Sekiranya penggunaan yang tersebut di atas hendak diulang banyak kali, maklumat ini boleh ditunjukkan dalam bentuk jadual, dan lukisan komponen yang biasa adalah seperti Rajah 17.




Rajah 16: Lukisan Gegas

Had terima tinggi dan had terima rendah ialah saiz satu komponen yang boleh diterima atau dikira betul.

**Contoh:**

50.00 + 0.02 = 50.02 ialah had tinggi.

50.00 - 0.03 = 49.97 ialah had rendah.

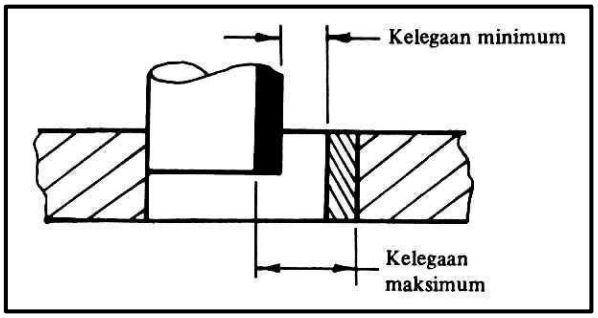
50.02 - 49.97 = 0.05 ialah telusan.

Gegas di antara dua bahagian yang bertemu boleh dibahagikan kepada tiga jenis:

- Gegas kelegaan *(clearance fits)*

  Gegas ini berlaku apabila saiz aci lebih kecil daripada saiz lubang tidak kira apa pun kombinasi aci dan lubang itu dipilih. Ia digunakan apabila bahagian-bahagian yang dicantumkan boleh bergerak dengan bebas. Rajah 17, saiz aci sentiasa kecil dari saiz lubang di mana aci dipasangkan basi sentiasa positif. Berikut ialah peringkat bagi gegas kelegaan:

  - Kelegaan longgar.
  - Kelegaan sederhana.
  - Kelegaan rapat.
  - Kelegaan jitu.




Rajah 17: Saiz Aci

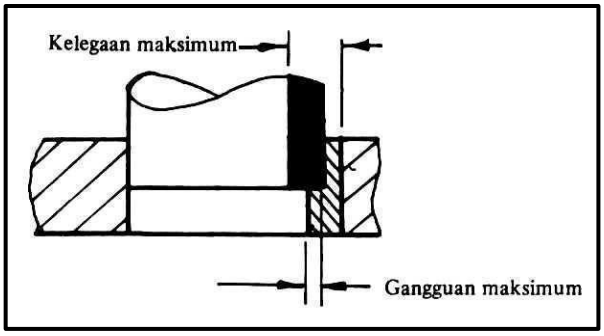
- Gegas peralihan *(transition fit)*

  Gegas peralihan boleh menghasilkan dua kelas gegas yang berlainan apabila komponen itu dibuat mengikut had-had terima yang diberi. Aci yang paling besar apabila di cantumkan dengan lubang yang paling kecil menghasilkan gegas terganggu. Aci yang paling kecil apabila di cantumkan dengan lubang yang paling besar menghasilkan gegas kelegaan.

  Gegas ini digunakan apabila bahagian-bahagian perlu dicantumkan dengan kemas dan tidak longgar tetapi boleh dipisahkan kembali dengan mudah. Berikut ialah peringkat bagi gegas peralihan:

  - Sorong.
  - Mengunci ringan.
  - Mengunci sederhana.
  - Mengunci berat.

  Berdasarkan Rajah 18, saiz aci adalah lebih besar atau lebih kecil dari saiz lubang di mana aci dipasangkan. Jadi, gegasan peralihan atau kelegaan boleh diperoleh dalam satu kumpulan pepasangan.



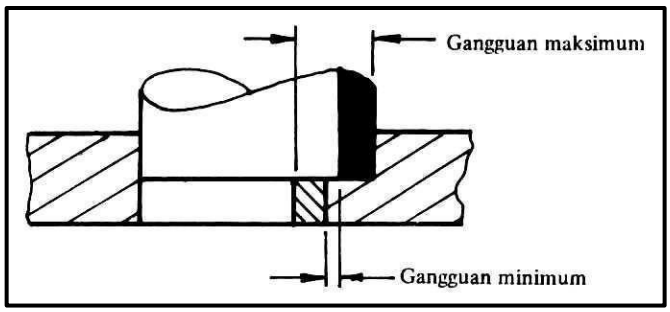

Rajah 18: Saiz Aci Lebih Besar

- Gegas gangguan *(interference fits)*

  Gegas ini berlaku apabila saiz aci lebih besar daripada saiz lubang tidak kira apa juga kombinasi lubang dan aci itu dipilih. Ia digunakan apabila bahagian-bahagian itu hendak dicantumkan dengan kekal. Berikut ialah peringkat bagi gegas gangguan:

  - Gerakan ringan
  - Gerakan berat
  - Gegas paksa

  Berdasarkan Rajah 18, saiz aci sentiasa lebih besar daripada saiz lubang, iaitu aci dipasangkan. Ia boleh diterima sekiranya darjah kejituan yang diperlukan untuk setiap dimensi bertambah, maka harga membuat untuk mengekalkan kejituan ini bertambah pada kadar tinggi.




Rajah 19: Saiz Aci Lebih Besar Daripada Saiz Lubang

ii) Basi

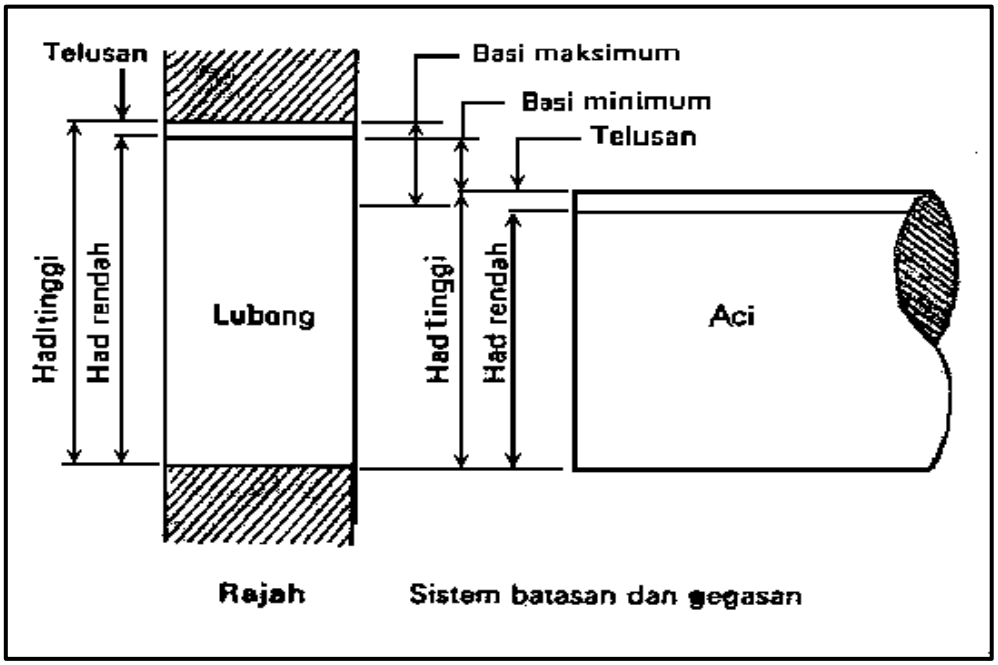
Terdapat dua jenis basi dalam sistem ini, iaitu basi maksimum dan basi minimum. Rajah 15 menunjukkan sistem batasan dan gegasan.

- Basi Maksimum *(Maximum Allowance)*

  Basi jenis ini terjadi apabila aci yang dibuat pada had rendah dicantumkan dengan lubang yang dibuat pada had tinggi.

- Basi Minimum *(Minimum Allowance)*

  Basi minimum terjadi apabila aci yang dibuat pada had tinggi dicantumkan dengan lubang yang dibuat pada had rendah.




Rajah 20: Sistem Batasan Dan Gegasan

**Contoh:**

Jika satu aci dan lubang mempunyai ukuran yang berikut:

- Aci : **50**
- Lubang : **50**

Had tinggi lubang - Had rendah aci = Basi maksimum
* 50.05 - 49.94 = 0.11

Had tinggi lubang - Had rendah aci = Basi maksimum
* 50.03 - 49.97= 0.06

### 1.7) Lukisan Unjuran Ortografi (*Ortographic Projection View*)

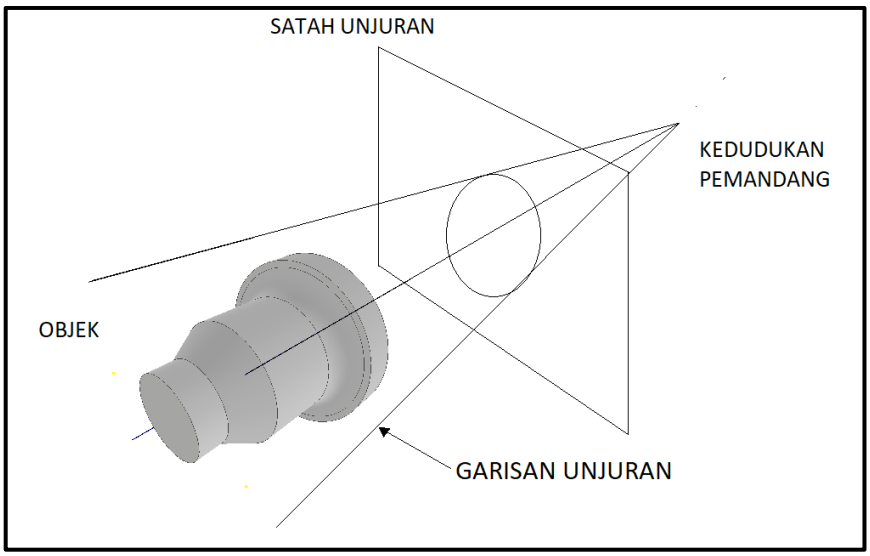
Lukisan unjuran ortografi dianggapkan sebagai lukisan dua dimensi kerana objek yang dilukis dengan kaedah ini akan memberikan dua dimensi ukuran iaitu lebar dan tinggi, atau panjang dan tinggi sesuatu objek.

Perkataan unjuran sering kali digunakan dalam lukisan pandangan ortografi bagi menggambarkan kaedah bagaimana lukisan itu dibina. Sesuatu arah pandangan objek yang dilihat akan diunjurkan ke suatu permukaan atau rataan yang bersudut tepat dengan objek itu. Daripada rataan ini bentuk pandangan itu diperoleh. Ini bererti bentuk lengkung dan sudut mungkin berupa garisan lurus dari sesuatu arah

pandangan. Terdapat dua prinsip unjuran yang digunakan dalam unjuran ortografi seperti yang berikut:

a) Prinsip unjuran berpusat

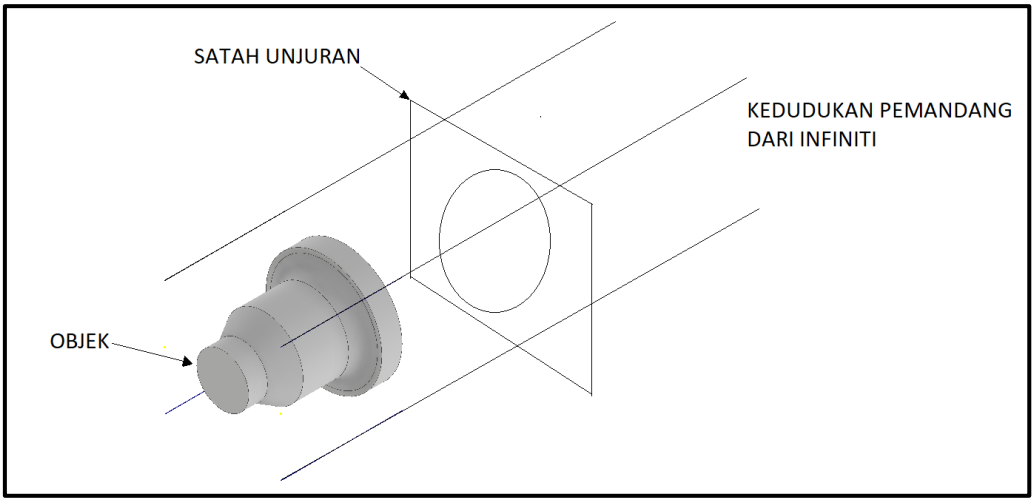
Prinsip unjuran berpusat adalah seperti yang ditunjukkan pada Rajah 21.




Rajah 21: Prinsip Unjuran Berpusat

b) Prinsip unjuran selari

Prinsip unjuran berpusat adalah seperti yang ditunjukkan pada Rajah 22.



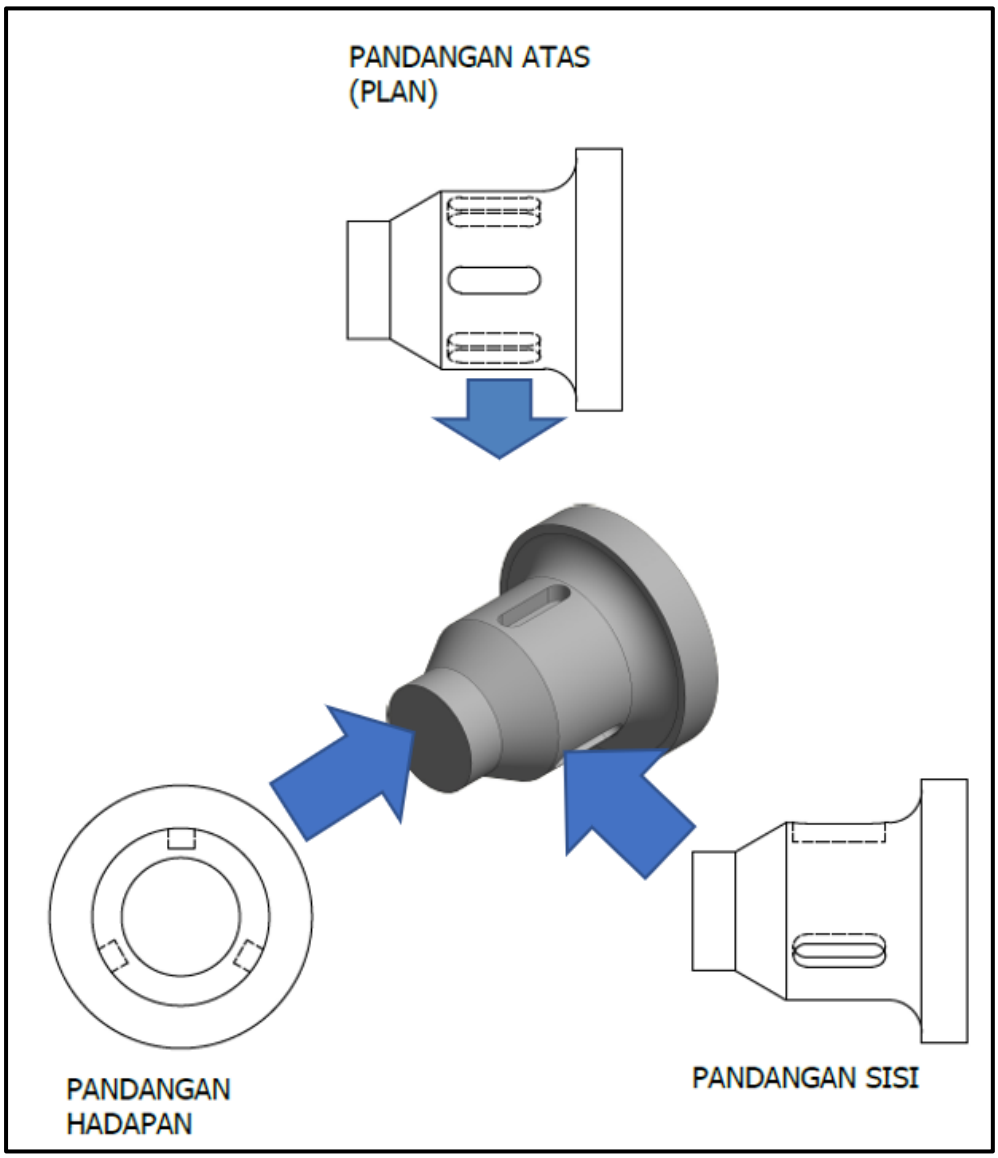

Rajah 22: Prinsip Unjuran Selari

Pandangan ortografi ditakrifkan sebagai satu kaedah untuk memaparkan bentuk lukisan sesuatu komponen mengikut arah unjuran komponen secara tepat kepada satah paparan. Tujuan unjuran lukisan ini untuk membentuk beberapa pandangan

seperti pandangan pelan, hadapan dan sisi. Terdapat dua jenis lukisan ortografi, iaitu pandangan unjuran sudut pertama dan pandangan unjuran sudut ketiga.

Dalam kaedah unjuran ortografi, perlu peka dan tahu bagaimana untuk menentukan kedudukan pandangan-pandangan lukisan itu dari sesuatu lukisan objek tersebut. Hasil pandangan-pandangan tersebut boleh menggambarkan atau menunjukkan bentuk permukaan objek yang sebenar. Terdapat tiga arah pandangan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 23, iaitu:

a) Pandangan atas (pelan).
b) Pandangan depan (hadapan).
c) Pandangan sisi (samping).

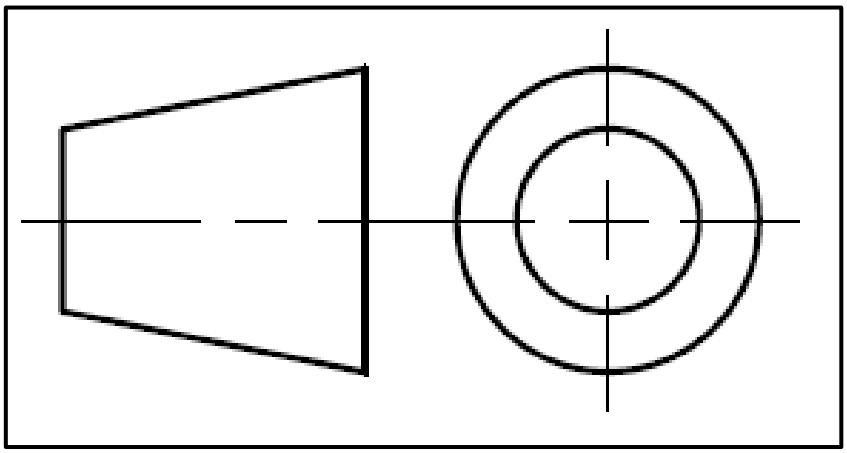



Rajah 23: Contoh Lukisan Yang Menunjukkan Tiga Arah Pandangan

Dalam kaedah pandangan unjuran ortografi terdapat dua jenis pandangan sudut iaitu:

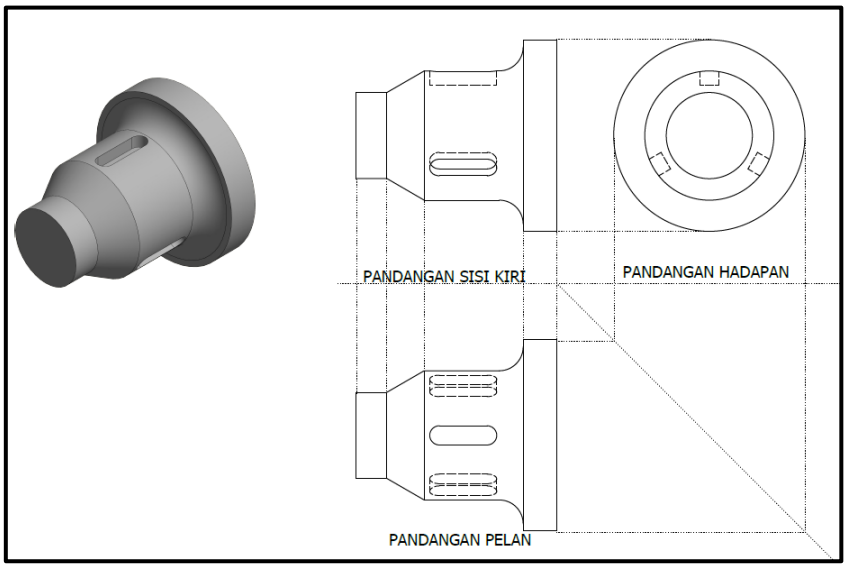
a) Pandangan unjuran sudut pertama (*first angle projection view*)

Simbol unjuran digunakan sebagai membezakan unjuran sudut pertama dan sudut ketiga. Bentuk simbol unjuran adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 24 yang dilukis berdasarkan anggaran saiz dalam bentuk pecahan dimensi.



Rajah 24: Simbol Sudut Pandangan Pertama

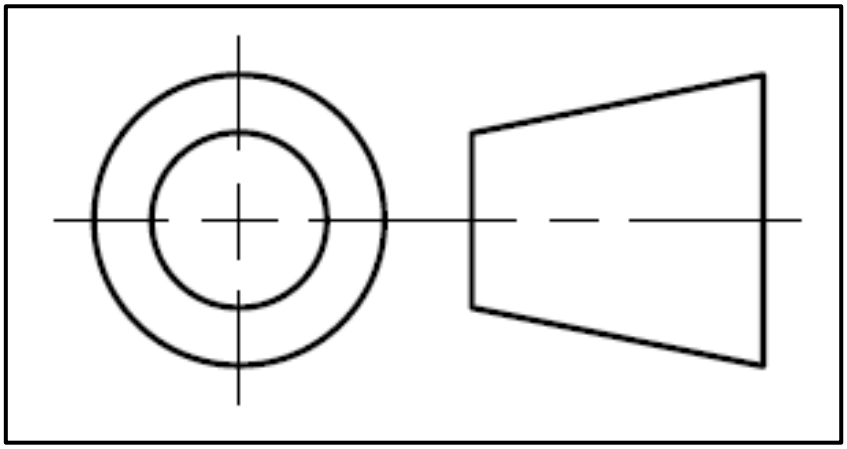
Pandangan hadapan berada di sebelah atas yang selari dengan pandangan sisi, manakala bagi pandangan atas berada di bawah pada kedudukan pandangan hadapan. Contoh lukisan pandangan unjuran sudut pertama seperti Rajah 25.




Rajah 25: Contoh Lukisan Pandangan Unjuran Sudut Pertama

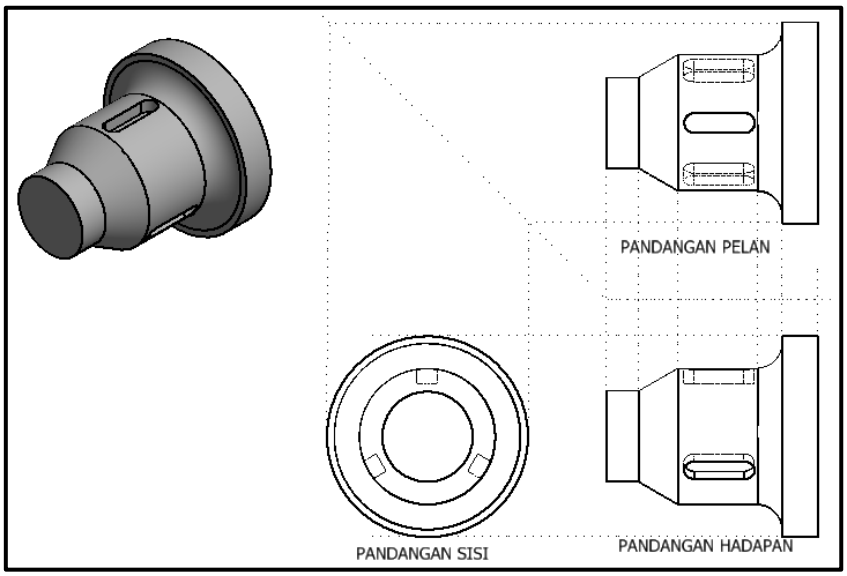
b) Pandangan unjuran sudut ketiga (*third angle projection view*)

Simbol bagi sudut pandangan ketiga adalah seperti Rajah 26.



Rajah 26: Simbol Bagi Sudut Pandangan Ketiga

Kedudukan pandangan sudut ketiga pula dijelaskan bahawa arah pandangan pelan (atas) berada di atas dan selari dengan pandangan hadapan di bawah, manakala kedudukan pandangan sisi (samping) pula berada sebaris mengufuk dengan pandangan hadapan. Pandangan sudut ketiga ini dapat diterangkan melalui ilustrasi objek lukisan yang kompleks dan jelas yang digambarkan pada Rajah 27.




Rajah 27: Contoh Lukisan Pandangan Unjuran Sudut Ketiga

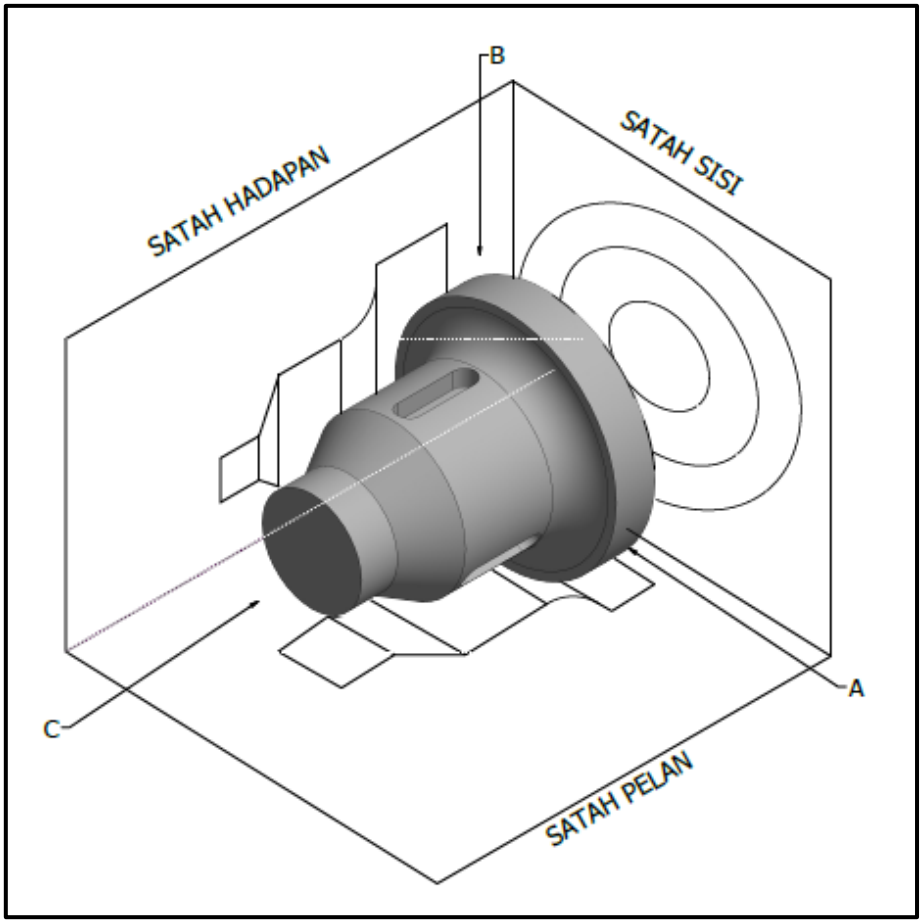
**1.8) Jenis- Jenis Unjuran Ortografi**

Unjuran ortografi boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu:

a) Unjuran sudut pertama

Unjuran ini merupakan unjuran yang terawal dan tertua digunakan dalam lukisan kejuruteraan. Lukisan dalam sudut unjuran ini dianggap sebagai unjuran piawai tradisi British dan Eropah untuk kegunaan para arkitek dan jurutera. Satah-satah utama yang terdapat dalam sudut ini mempunyai namanya yang tersendiri, sesuai dengan peranannya. Kesemua satah ini bertemu antara satu dengan lain pada sudut tepat.

Rajah 28 menunjukkan contoh lukisan bergambar bagi sebuah objek padu. Jika objek ini dilihat dari anak panah A, pandangan yang diperoleh ialah pandangan hadapan. Bentuk bahagian objek yang kelihatan dari pandangan ini diunjurkan ke belakang hingga mengenai satah menegak hadapan seperti yang ditunjukkan oleh anak panah kecil.

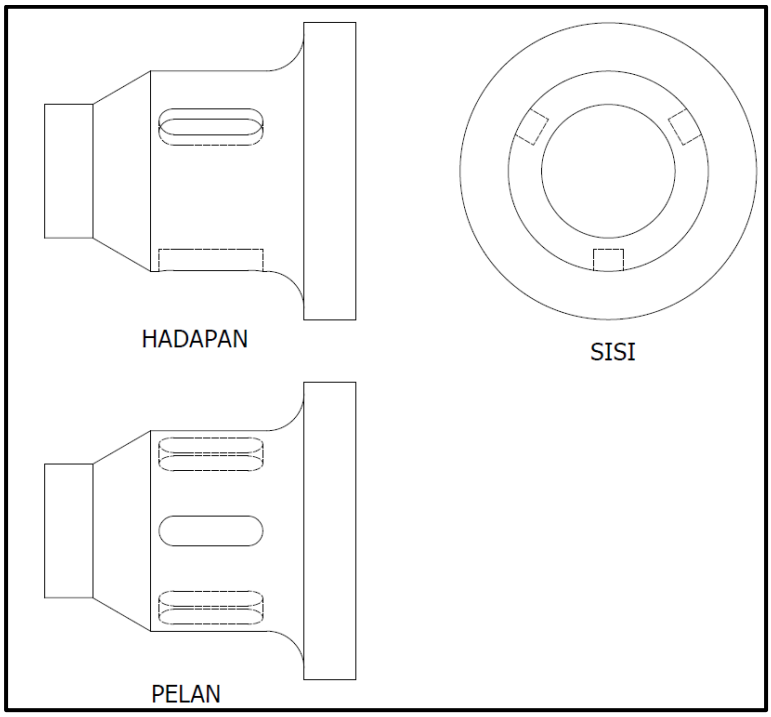



Rajah 28: Lukisan Bergambar Bagi Sebuah Objek Padu

Pelan bagi objek ini pula diperoleh apabila objek itu dilihat dari atas seperti yang ditunjukkan oleh anak panah B. Bahagian – bahagian yang kelihatan dari pandangan ini akan diunjurkan menegak ke bawah objek hingga mencecah

satah mengufuk seperti mana yang ditunjukkan oleh anak panah kecil. Pandangan sisi objek ini diambil dari arah C (sebelah kiri objek). Bentuk objek yang kelihatan dari pandangan ini akan diunjurkan ke sebelah kanan objek hingga mengenai satah menegak sisi.

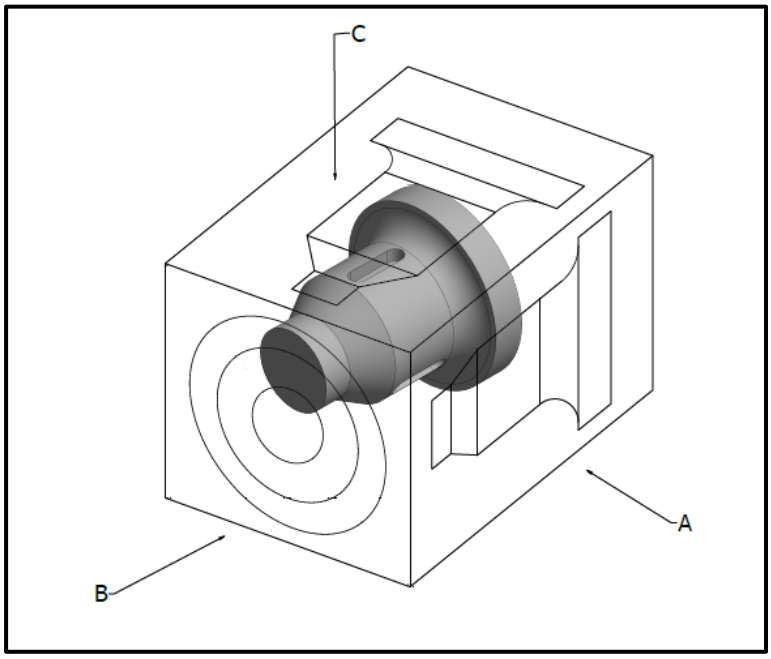
Untuk menjadikan lukisan ini sebuah lukisan ortografi, kesemua pandangan tadi akan dibentangkan menjadi satu rataan sahaja. Rajah 29 menunjukkan kedudukan satah yang telah dibuka dan berada dalam sudut pertama. Maka lukisan ini dinamakan lukisan ortografi sudut pertama.




Rajah 29: Kedudukan Satah Dalam Sudut Pertama

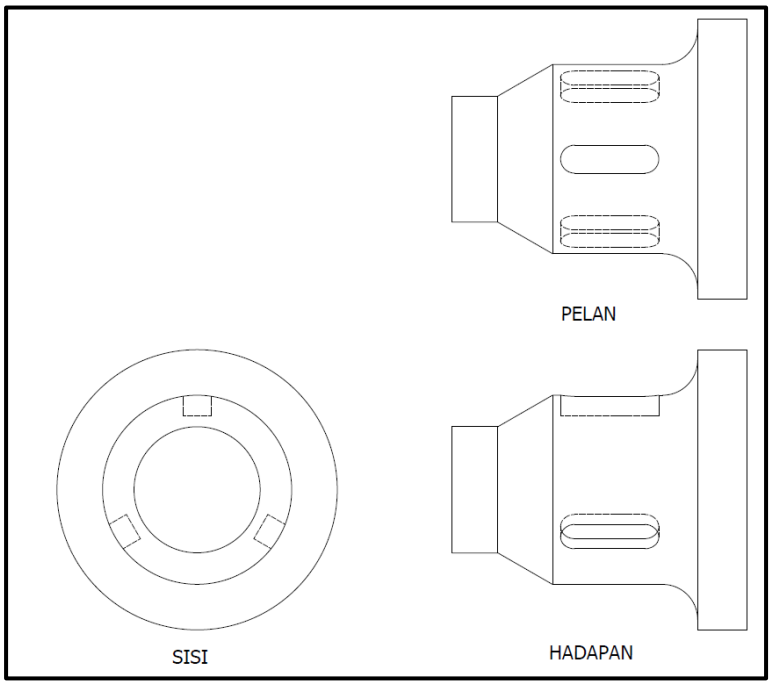
b) Unjuran sudut ketiga

Unjuran sudut ketiga kadang kala dikenali juga sebagai unjuran Amerika. Kini penggunanya telah meluas di serata dunia. Dalam lukisan unjuran sudut ketiga, objek yang hendak dilukis berada dalam satah sudut ketiga. Satah-satah yang berada dalam sudut ini dibayangkan seolah-olah diperbuat daripada bahan lut cahaya untuk membolehkan objek itu dilihat menembusi satah-satah utamanya dari arah anak panah A, B dan C. Ketiga-tiga arah pandangan bagi objek ini akan diunjurkan ke hadapan objek hingga mengenai dinding satahnya seperti yang ditunjukkan oleh anak panah kecil, seperti dalam Rajah 30.




Rajah 30: Tiga Pandangan Dalam Unjuran Sudut Ketiga

Apabila lipatan pada satah setiap pandangan itu dibuka dan dibentangkan menjadi satu rataan sahaja, lukisan ortografi sudut ketiga akan terhasil, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 31.

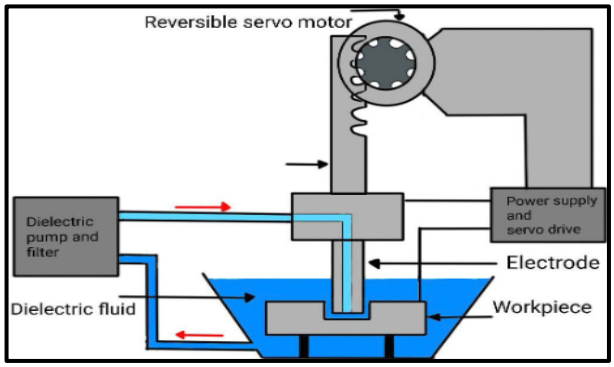



Rajah 31: Unjuran Sudut Ketiga Yang Dibentangkan

## 2) OPERASI PROSES CNC EDM *DIE SINKING*

*Electrical Discharge Machines* (EDM) atau *Spark Erosion* ialah proses menghakis logam dengan menggunakan tenaga haba yang dihasilkan daripada *spark discharge*. *Electrical discharge* ini berlaku antara elektrod (mata alat) dengan benda kerja yang bersifat konduktor (pengalir haba).

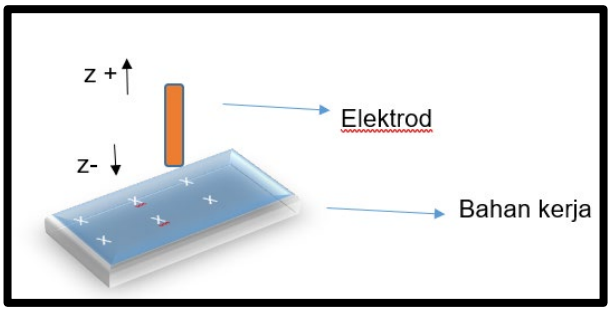
Elektrod bergerak secara turun dan naik pada selang masa yang boleh dikawal sepanjang proses pemesinan. Apabila arus elektrik melalui *(passed through)* elektrod dan benda kerja, dielektrik akan ter *'ion'* dan terjadilah *spark* (percikan api). Pada kesan *spark* bersuhu **8000 ºC – 12000 ºC** akan menyebabkan terjadinya pencairan bahan yang setempat pada permukaan benda kerja. Rajah 32, menunjukkan operasi proses pemesinan edm *die sinking*.

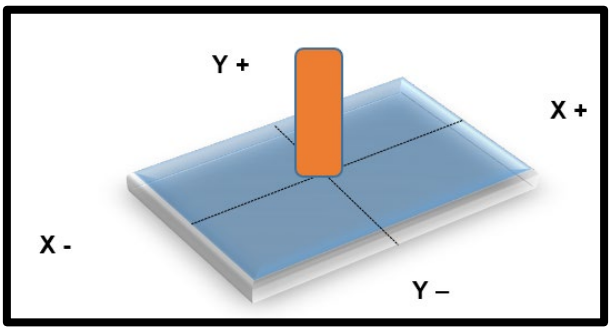
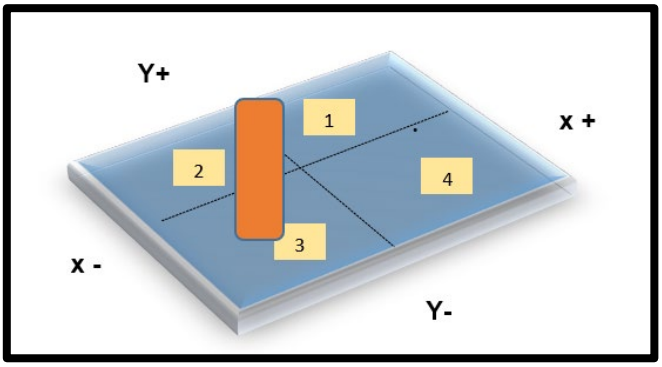
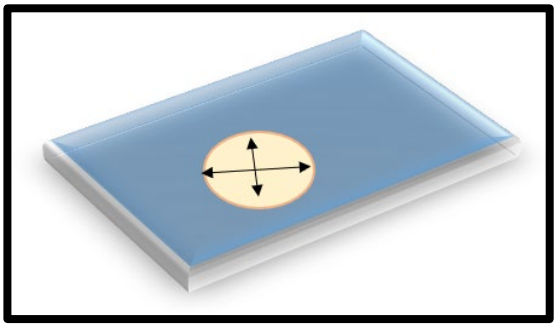
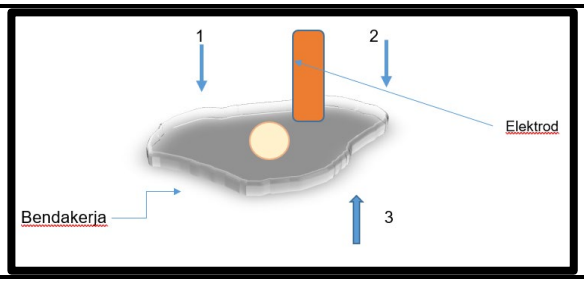



Rajah 32: Operasi Proses Pemesinan Edm *Die Sinking*

Biasanya terdapat 5 jenis operasi yang boleh dijalankan oleh mesin CNC EDM *die sinking*. Jadual 8, menunjukkan operasi CNC edm *die sinking*.

Jadual 8: Operasi CNC EDM *Die Sinking*

| PROSES | RAJAH |
|---|---|
| a) *Appreance face*<br>• Fungsi untuk melakukan kerja *free position*.<br>• Hanya nilai Z – dimasukkan. |  |

| PROSES | RAJAH |
|---|---|
| b) *Column center*<br>• Fungsi untuk melakukan kerja di tengah benda kerja.<br>• Mesti ada nilai x+, x- y+, y-, z. |  |
| c) *Corner (quadrant)*<br>• Fungsi untuk kerja di bahagian sukuan.<br>• Masukkan nilai *feed corner* pos 1 (*quadrant* 1-4).<br>• Masukkan nilai *manual data input (mdi).* |  |
| d) *Hole center*<br>• Fungsi untuk membesarkan lubang.<br>• Masukkan nilai diameter lubang. |  |
| e) *Random 3 point*<br>• Fungsi untuk pelbagai bentuk bahan kerja. |  |

## 2.1) Kadar Hakisan Logam

Kadar hakisan logam adalah berkadar terus dengan nilai arus elektrik yang digunakan. Ia selalu dinyatakan sebagai isi padu logam yang dihakis dalam unit masa, contohnya 30 mm/min. Kadar pemesinan untuk keluli dengan menggunakan elektrod grafit pada arus 50 A ialah lebih kurang 400 mm/min dan 400 A ialah lebih kurang 4800 mm/min. Untuk pemesinan tepat dengan arus elektrik yang rendah, contohnya 3 A, kadar hakisan adalah lebih kurang 2mm/min. Rajah 33

menunjukkan keadaan operasi dan ukuran lekukan yang terhasil pada benda kerja dan elektrod untuk frekuensi dan arus yang berlainan.

| NO | Pulse frequency | Current, (A) | Surface roughness, (µm) | Crater workpiece | Depth electrode (mm) | Material removalm rate, ($mm^3$/min) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 5 | 1-20 | 6-12 | 0.005-0.10 | 0.03 | 460 |
| 2. | 10 | 5-17 | 4-6 | 0.004-0.05 | 0.014 | 130 |
| 3. | 20 | 4-12 | 2.5-4 | 0.03-0.04 | 0.01 | 65 |
| 4. | 450 | 3-10 | 1.2-2 | 0.01-0.015 | 0.004 | 27 |
| 5. | 1000 | 0.5-3 | 0.2-0.8 | 0.0025 | 0.0008 | 0.15-1.5 |

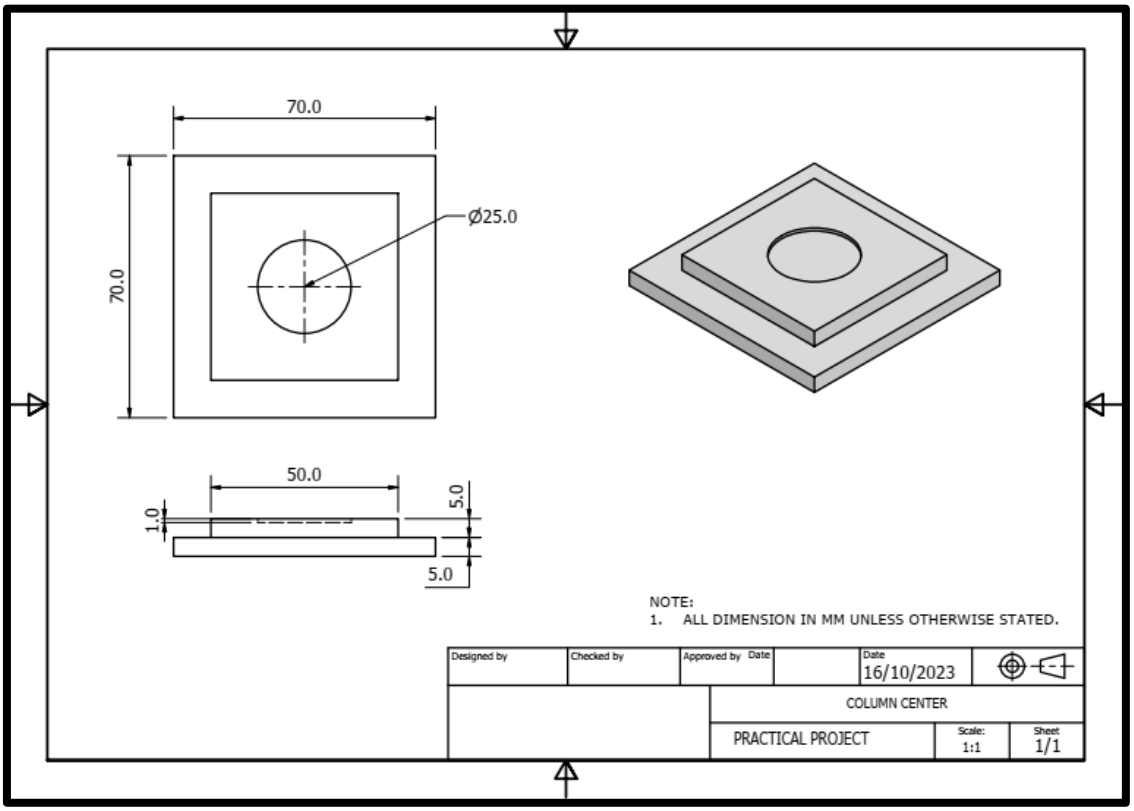
Rajah 33: Operasi Dan Ukuran Lekukan Yang Terhasil Pada Bahan Kerja

**2.2) Ketepatan**

Ketepatan ± 0.05 mm mudah dihasilkan oleh mesin EDM dalam kerja pengeluaran biasa. Bagaimanapun ketepatan sehingga ± 0.003 mm boleh dicapai dengan kawalan yang betul semasa mesin penyudah.

Mesin EDM menghasilkan benda kerja yang tirus, *overcut* dan sudut berjejari *(corner radius).* Ketirusan yang terjadi ialah lebih kurang 0.005-0.05 mm setiap dalam 10 mm. *Overcut* 0.005-0.1 mm terhasil bergantung pada pemotongan kasar atau pemotongan penyudah.

Sudut berjejari ialah satu lagi sifat pemesinan EDM. Ukuran jejari ini adalah sama dengan ukuran *spark gap*. Sudut berjejari adalah minimum semasa menggunakan arus elektrik yang rendah. Rajah 34 ialah lukisan teknikal bahan kerja mesin CNC EDM *die sinking.*




Rajah 34: Lukisan Teknikal Bahan Kerja Mesin CNC EDM *Die Sinking*

## 3) JENIS-JENIS BAHAN

Mesin CNC EDM *die sinking* digunakan untuk menghasilkan pelbagai produk dari pelbagai jenis bahan, bergantung pada aplikasi dan keperluan produk tersebut. Terdapat pelbagai bahan yang sesuai untuk aplikasi tertentu dalam industri pemesinan CNC. Pemilihan bahan bergantung pada keperluan produk, sifat-sifat bahan, dan keupayaan mesin CNC yang digunakan.

Berikut ialah beberapa jenis bahan yang sering digunakan dalam proses pembuatan dengan mesin CNC EDM *die sinking*:

### 3.1) Keluli Lembut (*Mild Steel*)

Keluli lembut juga dikenali sebagai *mild steel*, ialah jenis keluli karbon dengan kandungan karbon yang agak rendah. Ia merupakan salah satu jenis keluli yang paling biasa digunakan dalam pelbagai industri disebabkan sifat-sifatnya yang baik dan kos yang berpatutan. Biasanya *mild steel* mengandungi karbon dalam julat 0.05% hingga 0.25%. Rajah 35 menunjukkan contoh gambar keluli lembut.




Rajah 35: Keluli Lembut

Ciri-ciri utama keluli lembut termasuk:

a) Kandungan karbon rendah: Keluli lembut mengandungi peratusan karbon yang rendah yang menjadikannya kurang rapuh dan lebih mudah dibengkokkan berbanding keluli karbon tinggi.
b) Kemuluran: Keluli lembut sangat mulur yang bermaksud ia boleh dibentuk, dan disambung dengan mudah ke dalam pelbagai bentuk dan struktur.
c) Kekuatan: Walaupun tidak sekuat keluli karbon tinggi atau keluli aloi lain, keluli lembut masih menawarkan kekuatan yang mencukupi untuk pelbagai aplikasi.
d) Kemudahan pemesinan: Keluli lembut adalah agak mudah dibentuk, menjadikannya sesuai untuk pelbagai operasi pemesinan.
e) Kebolehsambungan: Mempunyai sifat kebolehsambungan yang baik, membolehkan ia disambungkan dengan mudah melalui proses kimpalan.
f) Kos efektif: Keluli lembut merupakan salah satu bahan yang paling berpatutan, menjadikannya digunakan secara meluas dalam pembinaan, automotif, pembuatan, dan banyak lagi industri.
g) Pelbagai guna: Ia boleh digunakan dalam pelbagai aplikasi, daripada komponen struktur dalam bangunan dan jambatan hingga pembuatan jentera dan bahagian automotif.

Walaupun keluli lembut mempunyai banyak kelebihan, ia tidak sesuai untuk beberapa aplikasi yang memerlukan kekuatan atau ketahanan karat yang tinggi. Dalam kes tersebut, keluli aloi atau keluli tahan karat mungkin digunakan. Selain itu, kandungan karbon yang rendah dalam keluli lembut menjadikan ia mudah teroksidasi, oleh itu perlindungan atau lapisan yang sesuai diperlukan untuk persekitaran luaran atau yang mudah karat.

Secara keseluruhannya, gabungan kekuatan dan kos yang berpatutan menjadikan keluli lembut pilihan popular untuk pelbagai aplikasi industri dan perdagangan.

**3.2) Keluli Berkelajuan Tinggi (*High Speed Steel*)**

Keluli berkelajuan tinggi (*high speed steel*) atau HSS ialah sebahagian daripada keluli alat, yang biasanya digunakan sebagai alat pemotong. Ia sering digunakan dalam bilah kuasa dan gerudi. Ia lebih tinggi daripada alat keluli karbon tinggi yang lebih lama yang digunakan secara meluas sepanjang tahun 1940an kerana ia dapat menahan suhu yang lebih tinggi tanpa kehilangan kekerasan. Sifat ini membolehkan HSS memotong lebih cepat daripada keluli karbon tinggi.

a) Sifat-sifat umum bagi keluli berkelajuan tinggi
   i) Kandungan aloi tinggi, terutamanya tungsten atau molibdenum, dengan jumlah *kromium, vanadium* dan *kobalt* yang lebih sedikit;
   ii) Kandungan karbon tinggi - minimum 0.65% berat, tetapi biasanya di mana sahaja daripada 0.8% hingga 1.5% kandungan karbon;
   iii) Kekerasan Rockwell sekurang-kurangnya 64 HRC pada suhu bilik;
   iv) Proses rawatan haba yang menghasilkan sejumlah besar karbida logam kompleks terutamanya tungsten, molibdenum dan vanadium karbida digantung dalam substrat keluli, yang mengakibatkan kekerasan dan ketahanan haus.

b) Kegunaan umum
   i) Secara amnya, keluli berkelajuan tinggi unggul dalam kekerasan dan ketahanan lelasan, dengan nilai perdagangan yang berbeza untuk ketangguhan, kekerasan panas atau pengurangan kerapuhan. Hasilnya, aloi ini paling banyak digunakan dalam alat pemotong perindustrian - alat pemotong kisar dan larik, bilah gergaji, gerudi, paip dan banyak lagi.

ii) Alat yang diperbuat daripada keluli kelajuan tinggi sering kali mempunyai kelebihan tajam lebih lama daripada keluli karbon lain, dan pelbagai gred dan rawatan permukaan yang tersedia memberikan pilihan untuk aplikasi khusus. Produk-produk ini dapat digunakan di mana sahaja daripada kerja kayu hingga pemesinan aloi bermutu tinggi.

iii) Walaupun tidak secara tradisional dianggap sebagai alat pemotong, alat tekan, *dies* dan komponen lain dalam acuan tekan progresif juga dapat dibuat daripada keluli halaju tinggi. Selain itu, sifat keluli berkelajuan tinggi, terutamanya kekerasan dan ketahanan haus, sangat sesuai untuk alat tangan seperti pahat, kikir, bilah dan pisau dapur. Rajah 36, alat pemotong diperbuat daripada keluli halaju tinggi.



Rajah 36: Sebahagian Alat Pemotong Yang Diperbuat Daripada Keluli Halaju Tinggi

### 3.3) Keluli Karbon (*Carbon Steel*)

Keluli karbon yang juga dikenali sebagai *carbon steel*, merupakan sejenis keluli yang terdiri terutamanya daripada besi dan karbon, dengan jumlah kecil unsur lain. Ia merupakan salah satu bahan yang paling banyak digunakan dan serba guna dalam pelbagai industri disebabkan sifat-sifat unggulnya dan kos yang agak rendah. Kandungan karbon dalam keluli karbon biasanya berkisar antara 0.02% hingga 2.1%. Rajah 37 menunjukkan keluli karbon.



Rajah 37: Keluli Karbon

Ciri-ciri utama keluli karbon adalah seperti:

a) Kekuatan tinggi: Keluli karbon menawarkan kekuatan tinggi dan ketahanan, menjadikannya sesuai untuk pelbagai aplikasi struktur.
b) Kemuluran: Ia secara umumnya mulur, dan boleh dibentuk dan diproses dengan mudah menjadi pelbagai bentuk dan struktur.
c) Kebolehsambungan: Keluli karbon mudah dikimpal, membolehkan pengilangan dan penyambungan yang mudah.
d) Kemudahan pemesinan: Ia agak mudah dibentuk, yang penting untuk proses pembuatan.
e) Pelbagai kegunaan: Keluli karbon boleh digunakan dalam pelbagai aplikasi, termasuk pembinaan, automotif, jentera, perkakas, paip dan banyak lagi.
f) Kos berpatutan: Berbanding dengan banyak aloi lain, keluli karbon lebih berpatutan, menjadikannya pilihan popular untuk pelbagai projek.
g) Pemilihan gred yang berbeza: Keluli karbon datang dalam pelbagai gred, masing-masing dengan sifat dan aplikasi yang khusus, bergantung pada kandungan karbon dan unsur aloi lain.
h) Keluli karbon dikelaskan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan kandungan karbon:
i) Keluli karbon rendah: Mengandungi kandungan karbon yang rendah, biasanya hingga 0.25%. Ia agak lembut dan kerekan, sesuai untuk aplikasi seperti panel badan kereta dan produk wayar.
j) Keluli karbon sederhana: Mengandungi lebih banyak karbon, biasanya antara 0.25% hingga 0.6%. Menawarkan keseimbangan kekuatan dan kerekanan, sesuai untuk gigi, *axle* dan paksi engkol.

k) Keluli karbon tinggi: Mengandungi kandungan karbon yang lebih tinggi, biasanya di atas 0.6%. Memiliki kekerasan dan ketahanan haus yang hebat, menjadikannya sesuai untuk perkakas pemotong, pisau dan spring.

Sifat-sifat keluli karbon boleh dimodifikasi lebih lanjut dengan menambahkan unsur aloi lain seperti mangan, silikon, dan kromium, untuk meningkatkan ciri-ciri tertentu yang diperlukan.

Secara keseluruhan, gabungan kekuatan, kerekanan, kemudahan pemesinan, dan harga yang berpatutan menjadikan keluli karbon sebagai bahan asas dalam pelbagai aplikasi industri dan pengguna.

**3.4) Karbida (*carbide*)**

Karbida ialah sebatian yang terdiri daripada karbon dan unsur elektronegatif yang kurang dan dibezakan oleh ikatan kimianya (*ionik, kovalen*). Biasanya diperbuat daripada logam atau oksida logam pada suhu tinggi (1500°C atau lebih tinggi) dengan menggabungkan logam dengan karbon.

Karbida juga dikenali sebagai kelas sebatian yang sangat pelbagai dengan pelbagai sifat. Ia terkenal dengan kekerasan dan takat lebur yang tinggi, menjadikannya berharga dalam aplikasi perindustrian seperti alat pemotong dan pelelas. Sifat khusus karbida tertentu bergantung pada pengelasannya dan unsur-unsur yang terlibat dalam pembentukannya.

Berikut ialah beberapa sifat umum dan jenis karbida:

a) Kekerasan: Banyak karbida terkenal kerana kekerasannya yang tinggi, selalunya digunakan sebagai pelelas atau dalam alat pemotong.
b) Takat lebur tinggi: Kebanyakan karbida mempunyai takat lebur yang tinggi disebabkan oleh ikatan yang kuat antara logam dan atom karbon.
c) Rintangan kimia: Ia biasanya lengai secara kimia dan tidak mudah bertindak balas dengan bahan kimia lain.

Jenis - jenis karbida adalah seperti berikut:

a) Karbida Interstisial (*Interstitial Carbides*): Ini terbentuk dengan logam peralihan, biasanya kumpulan 4-6 dalam jadual berkala. Contohnya termasuk:

i) Tungsten karbida (WC): Sangat keras, digunakan dalam alat pemotong dan pelelas.
ii) Titanium karbida (TiC): Selalunya digunakan dalam bit alat untuk memotong.

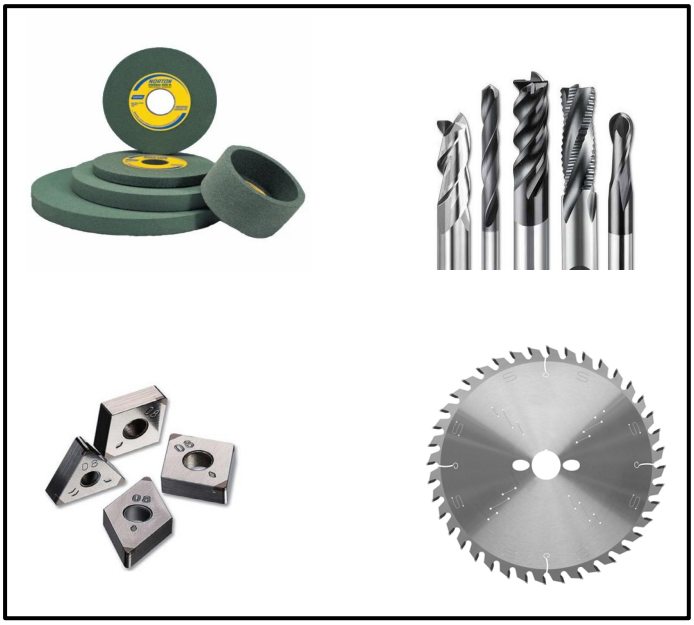
b) Karbida seperti garam atau Ionik (*Salt-like (or Ionic Carbides*): Dibentuk dengan unsur-unsur daripada blok-s (logam alkali) atau blok-f (lantanida). Contohnya seperti kalsium karbida ($CaC_2$) yang bertindak balas dengan air untuk menghasilkan gas asetilena, yang digunakan untuk mengimpal.

c) Karbida Kovalen: Ini terbentuk dengan unsur-unsur daripada kumpulan 13-14, tidak termasuk karbon itu sendiri. Contohnya termasuk:
i) Silikon karbida (SiC): Terkenal dengan kekerasan dan kekonduksian terma yang tinggi. Ia digunakan sebagai pelelas dan dalam aplikasi elektronik kerana ia boleh mengekalkan suhu tinggi.
ii) Karbida Kompleks Interstisial (*Interstitial Complex Carbides*): Ini ialah struktur kompleks yang mengandungi lebih daripada satu jenis atom logam. Contohnya ialah sistem (Fe, Cr, C).

d) Karbida yang kaya dengan logam (*Metal-rich Carbides*): Karbida ini mengandungi atom logam tambahan berbanding nisbah stoikiometrik. Mereka mempunyai sifat logam dan sering digunakan sebagai unsur pengaloian.

Aplikasi yang digunakan adalah seperti:
a) Alat pelelas (*abrasive*): Disebabkan kekerasannya, bahan seperti silikon karbida dan tungsten karbida digunakan dalam alat pelelas dan aplikasi tahan haus.
b) Alat pemotong: Tungsten karbida, selalunya digabungkan dengan logam lain, biasanya digunakan untuk alat pemotong dan penggerudian.
c) Elektronik: Silikon karbida mempunyai sifat semikonduktor dan digunakan dalam peranti elektronik bersuhu tinggi dan voltan tinggi.
d) Pengeluaran keluli: Karbida tertentu digunakan dalam pengeluaran keluli dan logam lain.
e) Kimpalan: Tindak balas kalsium karbida dengan air untuk menghasilkan asetilena menjadikannya berguna untuk aplikasi kimpalan.

Adalah penting untuk memahami bahawa walaupun istilah karbida merangkumi pelbagai sebatian, sifat dan aplikasi khusus akan berbeza-beza berdasarkan logam atau unsur tertentu yang terlibat. Rajah 38, contoh produk yang mengandungi karbida.



Rajah 38: Antara Alat Pemotong Yang Dihasilkan Menggunakan Karbida

**SOALAN:**

1) Apakah kepentingan lukisan teknik dalam operasi CNC *die sinking*?

_____

_____

_____

2) Nyatakan tiga (3) tujuan dalam kerja mentafsir lukisan teknikal.

_____

_____

_____

3) Berapakah peratus kandungan karbon yang terdapat pada keluli lembut?

_____

_____

_____

**RUJUKAN:**

1) A.W. Boundy. (2003). *Engineering Drawing*. Sixth Edition. Mc Graw Hill. ISBN 978-0074710432.
2) J. W. Martin (2006). *Materials For Engineering*. Woodhead publishing limited ISBN 0849387809.
3) Jensen, Jay D. Hesel and Dennis R, (2002), *Engineering Drawing And Design*, Sixth Edition, Cecil. Short. Mc Graw Hill. ISBN 9780078241543.
4) Knuth. (2022). *CNC Cylindrical Grinders*. Retrieved August, 5, 2023, from https://hightechtooling.com/product/knuth-rsm-1000-b-cnc-cnc-cylindrical- grinders/.
5) The Engineer Post. (2021). *Surface Finish Surface Roughness Symbols*. Retrieved August, 5, 2023, from https//www.theengineerspost.com/surface-finish-surface-roughness-symbols/.
6) Technological Process. (2023). *Construction Drawing And Technology*: How to read. Retrieved August, 5, 2023, from https://technologicalprocess.com/construction-drawing-and-technology-how-to-read/.
7) University Tun Hussesin Onn Malaysia (UTHM). *Module EDM Die Sinking*. Retrieved August, 5, 2023, from https://sites.google.com/view/epembelajaran-edm-diesinking/nota/spark-erosion-terminology.