

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi *suspension spring equalizer*

Suspension spring equalizer adalahudukan *spring* pada unit vessel. *suspension spring equalizer*. Komponen ini berfungsi seperti halnya sistem suspensi yang mengurangi kejutan yang terjadi karena tidak rataan permukaan jalan (medan operasi).



Gambar 2.1 *suspension spring equalizer*
Sumber pribadi

2.2 Definisi umum keausan

Kearsan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dengan permukaan lainnya. Kearsan bukan hanya proses tunggal, tetapi beberapa proses berbeda yang dapat berlangsung independen atau secara bersamaan. Mekanisme keausan berhubungan erat dengan gesekan (*friction*). Akibat gesekan ini komponen mengalami keausan dan makin berlanjut sampai batas waktu tertentu sehingga komponen tidak dapat dipergunakan lagi atau komponen telah mengalami kerusakan.

2.2.1 Jenis-jenis keausan

Keausan merupakan pengikisan bahan permukaan secara bertahap dari permukaan geser beberapa jenis keausan yang terjadi antara lain :

- Berlubang-lubang dan lecet-lecet atau bintil-bintil yang secara khas berasal dari tegangan kontak yang tinggi dan kelelahan bahan selama kontak gelinding atau geser.
- Keausan abrasi, kikisan mekanis, pemotongan atau goresan seperti oleh kontaminan yang keras antar muka diantara komponen-komponen yang berpasangan.
- Garutan luncuran berulang dengan *amplitude* sangat kecil yang menghilangkan bahan permukaan. Operasi yang berkelanjutan akan menghasilkan penampilan permukaan yang sama dengan karat dan dapat menyebabkan retak kecil yang akhirnya menyebabkan kegagalan lelah, ini sering terjadi jika komponen-komponen yang dipasang sangat kencang dikenai beban yang berosilasi atau getaran.
- Keausan timpaan yang disebabkan oleh pengikisan bahan karena bahan keras yang memukul suatu permukaan, yang terbawah oleh udara atau fluida,

2.3 Mesin *Line Boring*

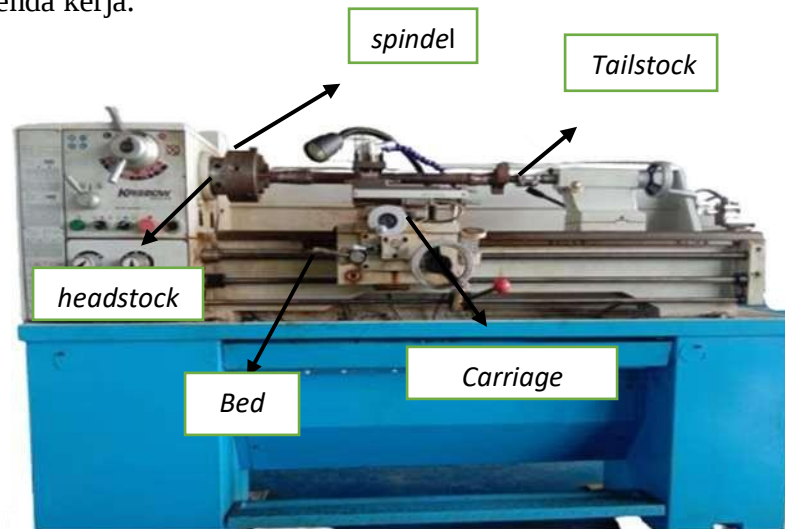
Line boring adalah teknik yang digunakan untuk memperbesar atau memperluas diameter lubang pada komponen yang tidak bergerak atau tidak dapat dikerjakan pada mesin bubut. Biasanya proses ini dilakukan di tempat, baik pada mesin berat atau bagian tertentu dari peralatan industri. Ini melibatkan pemanfaatan mesin bor khusus, mirip dengan mesin bubut, tetapi dengan pahat berputar yang memfasilitasi gerakan pemotongan



Gambar 2.2 Mesin *Line Boring*
Sumber Pribadi

2.4 Proses Pembubutan

Proses pembubutan adalah kegiatan pengolahan yang menggunakan mesin bubut untuk menghasilkan bagian-bagian mesin yang berbentuk silinder. Selama pembubutan, benda kerja dipegang oleh cekam yang dipasang di ujung *spindel*. Alat mesin berputar pada kecepatan yang ditentukan dengan *spindel* berputar untuk memutar benda kerja.



Gambar 2.3 Mesin Bubut Krisbow
Sumber Pribadi

2.4.1 Bagian-Bagian Mesin Bubut

Untuk dapat digunakan secara maksimal, mesin bubut standar harus memiliki bagian-bagian utama yang standar. Ada beberapa bagian mesin bubut standar diantaranya :

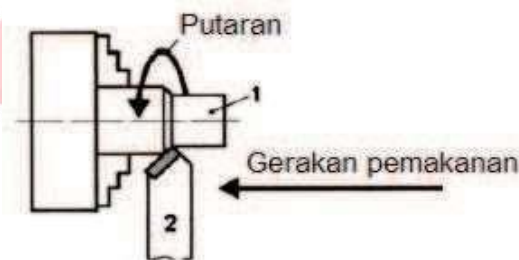
- Spindel* : bagian ini yang berputar (terpasang pada *headstock*) untuk memutar *chuck* (pencekam benda kerja).
- Headstock* : bagian di mana transmisi penggerak benda.
- Tailstock* : bagian yang berfungsi untuk mengatur *center* atau pusat atau titik tengah yang dapat diatur untuk proses bubut *parallel* maupun *taper*.
- Carriage* (sadel) : *carriage* berfungsi menghantarkan *cutting tool* (yang terpasang pada *tool post*) bergerak sepanjang meja bubut saat proses pembubutan berlangsung.
- Bed* : meja tempat di mana *headstock*, *tailstock*, dan bagian lainnya terpasang kuat di meja ini.

2.4.2 Macam-macam Teknik Pembubutan

Ada berbagai macam teknik yang dapat diterapkan dalam proses pembubutan. Masing-masing teknik ini memiliki maksud/tujuannya masing-masing. Selain itu, perbedaan teknik pembubutan juga mempengaruhi geometri potongan. Berikut ini adalah berbagai teknik pembubutan.

a. Pembubutan Silindris

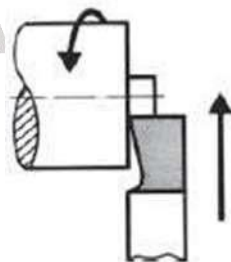
Bubut silindris adalah proses pemotongan dengan pahat bubut bergerak seirama dengan benda kerja. pembubutan ini sering dimanfaatkan untuk membuat bentuk dengan diameter yang sama (seperti poros lurus)



Gambar 2.4. Pembubutan Silindris
(Tschatsch, Heinz, 2009)

b. Pembubutan Muka (*Facing*)

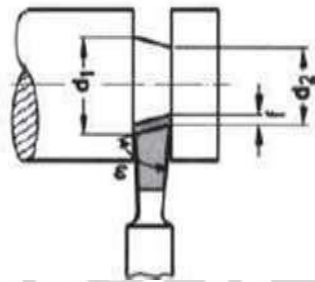
Facing adalah proses pemotongan di mana pahat bergerak tegak lurus dengan sumbu radial benda kerja. Biasanya digunakan untuk memotong bagian ujung benda kerja dan mengurangi panjang benda kerja. Saat pengasaran, gerakan alat luar-dalam lebih disukai. Sebaliknya, lebih cocok untuk aplikasi ketika pahat dilakukan dari dalam ke luar.



Gambar 2.5. *Facing*
(Tschatsch, Heinz, 2009)

c. *Cutting Off*

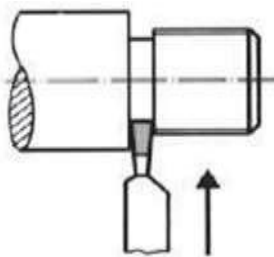
Cutting off adalah dengan menggunakan mesin bubut untuk memotong benda kerja. Selama perpindahan, ujung potong mesin bubut yang digunakan berada pada sudut sumbu benda kerja. Oleh karena itu, sudut alat pemutar kurang dari 90° . Dengan *cutting edge* yang miring, ujung benda kerja akan memperoleh permukaan pemotongan yang bebas residu (permukaan rata).



Gambar 2.6. *Cutting Off*
(Tschatsch, Heinz, 2009)

d. *Recessing*

Recessing adalah sayatan yang dibuat pada benda kerja untuk membuat alur. Pinggiran pahat yang di pake biasanya sejajar dengan sumbu benda kerja (sudut pahat 90°). Proses ini mirip dengan memotong. Perbedaan keduanya hanya pada bentuk atau sudut pahatnya. Proses ini umumnya di pake untuk membuat slot pemisah antara bagian silinder dan bentuk ulir.



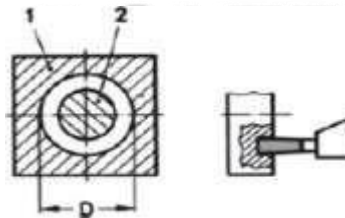
Gambar 2.7. *Recessing*
(Tschatsch, Heinz, 2009)

e. Parting

Parting off adalah pembubutan dimana pahat bergerak sejajar atau tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. *Parting* seperti namanya digunakan untuk memotong/memisahkan benda kerja. Beberapa orang juga tahu bahwa berpisah sama dengan memotong.

f. Biting

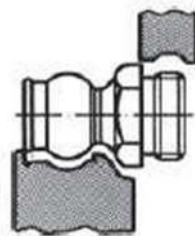
Biting adalah jenis menghadap atau memutar muka di mana arah pemakanan tepi potong sejajar dengan sumbu benda kerja. Metode *biting* biasanya digunakan untuk membuat alur atau lubang besar pada permukaan ujung benda kerja.



Gambar 2.8. *Biting*
(Tschatsch, Heinz, 2009)

g. Pembubutan Bentuk (*Form Turning*)

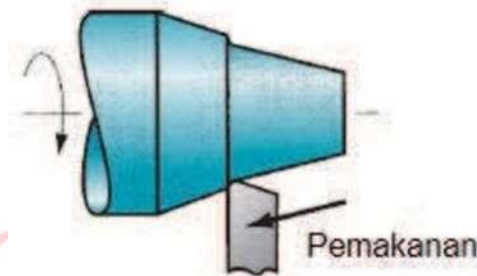
Dalam pembubutan *turning*, merupakan ujung potong dari mesin bubut dengan membentuk kontur pada benda kerja. Teknik *shape turning* sama dengan *recessing*, namun terdapat perbedaan terletak pada keunikan bentuk alat pada *shape turning*. Bentuk pahat unik ini bisa dikenal sebagai pahat bubut.



Gambar 2.9. Pembubutan Bentuk
(Tschatsch, Heinz, 2009)

h. Pembubutan Tirus

Pembubutan tirus adalah potongan silinder yang menghasilkan perbedaan diameter konstan. Metode pembubutan tirus digunakan untuk membuat poros tirus/kerucut.



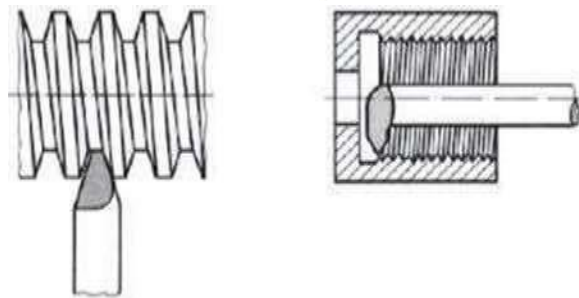
Gambar 2.10. Pembubutan Tirus
(Mikell P. Groover, 2010)

i. Pembubutan Copy

Pembubutan *copy* adalah pembuatan potongan dalam membentuk benda kerja berdasarkan geometri objek yang ada.

j. Pembubutan Ulir

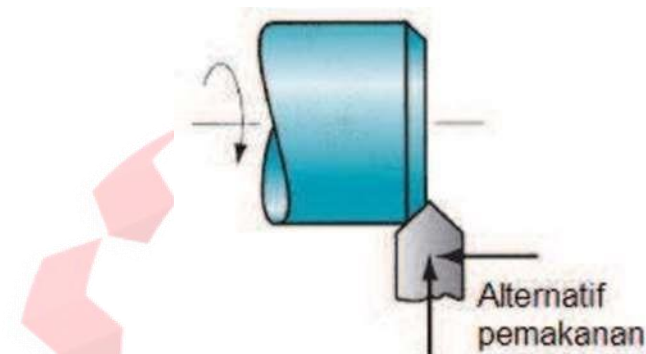
Proses ulir adalah pemotongan yang membuat bentuk *ulir*. Pembubutan ulir dibagi menjadi pembalik ulir eksternal dan pembalik ulir internal. Pembubutan ulir termasuk pembubutan eksternal, dan pemakanannya sama dengan jenis rentang ulir dari benda kerja yang akan dikerjakan.



Gambar 2.11. Pembubutan Ulir
(Tschatsch, Heinz, 2009)

k. Chamfering

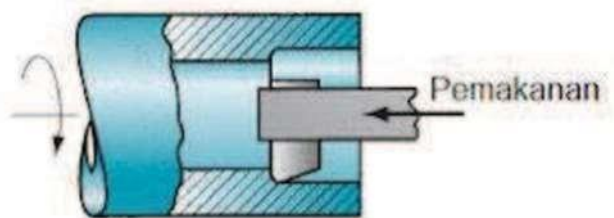
Chamfering merupakan pembubutan pada sudut benda kerja menggunakan ujung pahat. Hasil dari *chamfering* dikenal dengan istilah *chamfer*.



Gambar 2.12. Chamfering
(Mikell P. Groover, 2010)

l. Boring

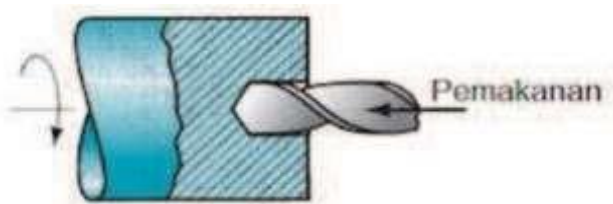
Boring adalah proses pembubutan yang menggunakan gerak umpan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Fungsi *boring* adalah untuk memperbesar diameter lubang pada benda kerja, pada saat *feeding*, *boring* sama dengan pengerjaan *outer circle*, bedanya *boring* dilakukan di dalam benda kerja. *Boring* digunakan untuk memperbesar diameter lubang pada benda kerja.



Gambar 2.13. Boring
(Mikell P. Groover, 2010)

m. Pengeboran (*drilling*)

Boring berputar dengan gerakan umpan sejajar dengan sumbu benda kerja. Bergantung pada arah umpan, *boring* mirip dengan *external turning*. Namun perbedaannya adalah membosankan dilakukan di dalam benda kerja. Tujuan dari *boring* adalah untuk memperbesar diameter lubang benda kerja.



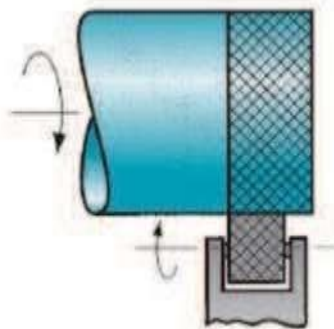
Gambar 2.14. Pengeboran
(Mikell P. Groover, 2010)

n. Reaming

Tujuan dari pembubutan ini adalah untuk memperbesar diameter lubang yang akan dibor. Proses ini juga digunakan untuk meratakan bagian dalam lubang. Operasi *reaming* merupakan tindak lanjut dari pengeboran (walaupun *reaming* tidak diperlukan).

o. Knurling

Knurling sebenarnya bukan proses pemotongan. *Knurling* adalah proses pembentukan logam yang digunakan untuk membuat pola penetasan silang pada permukaan benda kerja.



Gambar 2.15. Knurling
(Mikell P. Groover, 2010)

2.4.3 Parameter yang dapat diatur pada Proses Bubut

a. Kedalaman Potong a (*depth of cut*) merupakan tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jeda antara bagian atas yang dipotong terhadap sebuah permukaan yang belum terpotong.

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \text{ (Taufiq Rochim, 1993:15)}$$

Keterangan :

t_c = Waktu pemotongan (min)

l_t = Panjang benda kerja total/ keseluruhan (mm)

v_f = Kecepatan makan (mm/min) = $f \cdot n$

b. Kecepatan Potong (V_c) bisa selalu dihubungkan dengan spindle (sumbu utama) serta benda kerja, dimana kecepatan putar bisa diekspresikan menjadi putaran per menit (*revolution per rpm*). Pada hal ini dapat mendeskripsikan sebuah kecepatan putaranya, yang diutamakan dalam sebuah proses pembubutan yaitu kecepatan potong (*cutting speed*) kecepatan sebuah benda kerja dilalui sang pahat/keliling benda kerja.

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (Taufiq Rochim, 1993:14)}$$

Dimana

V_c = Kecepatan potong (m/min)

d = Diameter benda kerja (mm)

n = Putaran spindle (rpm)

c. Kecepatan Putaran Spindel (n)

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} \text{ (Taufiq Rochim, 1993:14)}$$

Dimana :

V_c = Kecepatan potong (m/min)

d = Diameter benda kerja (mm)

n = Putaran spindle (rpm)

π = 3.14 (konstan lingkaran)

d. Waktu Pemotongan

Waktu pemotongan merupakan lamanya waktu yang diperlukan untuk satu kali pemotongan dalam satu kali proses pembubutan. Waktu pemotongan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$t_c = \frac{L}{F \cdot n} \text{ menit} \quad (\text{Taufiq Rochim, 1993:15})$$

e. Laju Pemakanan f (*feed*)

Laju Pemakanan f (*feed*) artinya jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda yang berputar satu kali sebagai akibatnya satuan f yaitu mm/putaran. Proses penghalusan bagian atas atau laju bagian atas (f), dapat ditetapkan sesuai kehalusan bagian atas produk yang diinginkan.

$$V_f = f \cdot n \quad (\text{Taufiq Rochim, 1993:15})$$

Dimana :

V_f = Laju pemotongan (mm/min)

f = Gerak makan (mm/r)

n = Putaran spindel (rpm)

2.5 Proses pemotongan

2.5.1 Mesin Gergaji

Gergaji adalah alat yang berguna untuk memotong benda kerja. Mesin gergaji merupakan mesin pertama yang menentukan proses selanjutnya.



Gambar 2.16 Krisbow
Sumber Pribadi

2.5.2 Bagian Utama dan Cara Kerja Mesin Gergaji *krisbow*

A. Tuas ragum gergaji

Fungsi dari tuas ragum gergaji adalah untuk mengatur kekencangan benda kerja yang akan dipotong, biasanya memutar batang tuas ragum gergaji untuk memutar ulir dan menggerakkan ragum

B. Ragum Gergaji

Ragum gergaji digunakan untuk menjepit benda kerja, biasanya ragum gergaji jenis ini memiliki dua bagian, bagian pertama adalah ragum yang tetap dan dapat diputar 45°, dan bagian kedua adalah bagian yang dapat bergerak maju mundur karena sumbu disesuaikan dengan pengatur ragum gergaji.

C. Daun gergaji

Daun gergaji adalah untuk memotong benda kerja, daun gergaji bekerja bolak-balik dengan menggerakkan rangka gergaji, dan biasanya daun gergaji hanya memakan benda kerja saat bergerak maju.

D. Bingkai Gergaji

Bingkai gergaji berfungsi untuk menahan daun gergaji dan mengunci dan menggerakkan daun gergaji maju mundur, cara kerja bingkai gergaji untuk maju mundur daun gergaji yang bertumpu pada hantaran bingkai gergaji yang dan untuk menghantarkan gerakan dari *pulley* kepada daun gergaji.

E. Hantaran Bingkai Gergaji

Hantaran bingkai gergaji berfungsi sebagaiudukan bingkai gergaji untuk bergerak. Cara kerja hantaran bingkai gergaji hanya untukudukan bingkai gergaji agar bisa maju mundur secara optimum.

F. Pulley

Pulley adalah suatu alat mekanis yang digunakan sebagai sabuk untuk menjalankan sesuatu kekuatan yang berfungsi menghantarkan suatu daya. Cara kerja *pulley* sering digunakan untuk mengubah Arah dari gaya yang diberikan, mengirimkan gerak rotasi, memberikan keuntungan mekanis apabila digunakan pada kendaraan.

G. Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat *elektromagnetis* yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Cara kerjanya yaitu ketika dihubungkan ke sumber listrik, maka arus akan mengalir ke stator (*windings*)

2.6 Pengelasan

Pengelasan, seperti yang didefinisikan oleh *German Industrial Norm* (DIN), adalah sambungan metalurgi logam atau paduan logam pada sambungan dalam keadaan cair atau cair. Definisi ini dapat diartikan lebih lanjut sebagai pengelasan adalah penggunaan energi panas untuk menghubungkan beberapa logam secara lokal.

2.6.1 Jenis-Jenis Pengelasan

Jenis atau klasifikasi metode pengelasan yang banyak digunakan saat ini adalah las busur cair dan las gas. Kedua jenis tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Las Busur Listrik

Pengelasan busur adalah metode pengelasan yang menggunakan busur listrik sebagai sumber panas untuk melelehkan logam. Klasifikasi las busur yang digunakan selama ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda tertutup.

b. Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding*)

Logam yang dilas dalam proses pengelasan berfungsi sebagai logam yang diumpankan (pengisi) dan bertindak sebagai sumber panas dengan busur listrik di antara elektroda. Jenis pengelasan ini, juga disebut sebagai pengelasan gas *inert* logam (MIG), bergantung pada gas mulia seperti argon dan helium untuk melindungi busur dan logam cair.

c. Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)

Teknik pengelasan otomatis melibatkan penambahan kawat pengisi secara bertahap sambil mengelilingi busur listrik dan logam cair dengan lapisan bubuk fluks. Prosesnya selesai menggunakan arus listrik mulai dari 500 hingga 2000 Ampere.

d. Las Busur Elektroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)

Menghasilkan panas dari busur listrik antara logam yang dilas dan ujung elektroda adalah teknik umum dalam pengelasan. Elektroda berfungsi

baik sebagai penghantar arus listrik maupun sebagai bahan pengisi. Melilit kawat konduktor adalah lapisan bahan fluks. Biasanya metode pengelasan ini mengandalkan arus listrik tinggi (10-500 A) dan potensial rendah (10-50 V). Selama proses pengelasan, lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitar dibentuk oleh fluks leleh. Selain itu, gas yang dihasilkan oleh fluks berfungsi untuk melindungi tetesan logam cair, mencegahnya jatuh ke sambungan dan malah mengarahkannya menjauh dari ujung elektroda yang meleleh.

e. Las Oksi Asetilen (*Oxy Acetylene Welding*)

Pembakaran bahan bakar gas dengan O₂ menimbulkan nyala api yang dapat melelehkan logam dasar dan logam pengisi, sehingga las *oxyacetylene* merupakan salah satu jenis las gas. Asetilena, propana, dan gas hidrogen adalah bahan bakar yang biasa digunakan untuk proses ini, dengan asetilena yang paling banyak digunakan. Karena itulah pengelasan *oxyacetylene* sering disebut demikian.

2.6.2 Macam-macam posisi pengelasan

Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Lokasi lubang atau celah benda kerja yang akan dilas sering menentukan posisi pengelasan. Ada empat jenis posisi pengelasan: di bawah tangan (*down hand position*), horizontal (*horizontal position*), vertikal (*vertical position*), dan *overhead* (*over head position*).

a. Posisi pengelasan di bawah tangan (*under hand position*)

Posisi paling sederhana untuk pengelasan adalah posisi dibawah tangan. Posisi ini, di mana elektroda berada di atas benda kerja, digunakan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan yang sedikit miring.

b. Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*)

Seorang tukang las yang berada dalam posisi horizontal memiliki arah yang sesuai dengan garis horizontal atau mendatar. Kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhitungkan saat pengelasan pada posisi ini karena akan berdampak signifikan pada produk akhir. Benda kerja biasanya berdiri tegak atau sedikit miring menjauh dari arah elektroda las. Untuk item pengelasan yang tegak dan berdiri, pengelasan posisi horizontal sering digunakan.

c. Posisi pengelasan tegak (*vertical position*)

Posisi pengelasan tegak merupakan Arah garis vertikal diikuti dengan pengelasan yang dilakukan sambil berdiri tegak. Mirip dengan posisi horizontal, benda kerja biasanya tegak atau sedikit miring ke atas atau ke bawah ke arah aksi elektroda pengelasan pada posisi vertikal.

d. Posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*)

Pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau tukang las karena benda kerja terletak di atasnya. Dibandingkan dengan pekerjaan pengelasan lainnya, yang satu ini lebih menantang. Elektroda berada di bawah benda kerja dalam posisi pengelasan ini, yang digunakan untuk menggabungkan bahan yang rata atau sedikit miring.

2.7 Definisi Mikrometer

Mikrometer adalah alat ukur yang sangat akurat yang digunakan untuk menentukan panjang, ketebalan, atau diameter suatu barang. Di berbagai industri, termasuk manufaktur, teknik, dan metrologi, instrumen ini banyak digunakan.



Gambar 2.17 Mikrometer
Sumber Pribadi

Pergerakan sekrup, yang didasarkan pada dasar-dasar mekanik, adalah dasar dari operasi mikrometer. Dua komponen utama dari instrumen ini adalah sekrup pengukur yang dapat bergerak maju dan mundur dan bingkai luar yang dikenal sebagai bingkai *ratchet*. Gerakan rotasi sekrup diubah menjadi gerakan linier yang tepat saat diputar. Jarak antara dua permukaan benda yang diukur diukur menggunakan gerakan ini.

- a. Micrometer *outside*: Digunakan untuk mengukur diameter luar benda seperti batang, poros, atau tikungan silinder lainnya.

- b. Mikrometer dalam: digunakan untuk mengukur diameter dalam lubang atau celah.
- c. Mikrometer kedalaman : digunakan untuk mengukur kedalaman lubang celah.
- d. Mikrometer arah sudut: digunakan untuk memeriksa sudut pada objek tertentu.
- e. Mikrometer *skrup* pipih: digunakan untuk memeriksa beberapa jenis kawat bengkok, seperti lembaran logam.

Berikut ini jenis mikrometer yang mempunyai batas pengukuran sampai dengan 25mm adalah:

- a) Mikrometer 0-25 mm
- b) Mikrometer 25-50 mm Mikrometer 75 – 100 mm
- c) Mikrometer 100 – 125 mm

2.8 Definisi alat ukur Telescoping

Salah satu dari banyak alat pengukuran yang tersedia adalah telescoping gauge. Item dengan diameter kecil atau yang tidak dapat diukur menggunakan alat pengukur mikrometer bagian dalam dapat diukur diameter dalamnya menggunakan pengukur teleskopik. Instrumen untuk mengukur dengan telescoping gauge meliputi *handle* atau pegangan (dudukan) yang melekat pada *cross piece*. *Plunger* juga termasuk dalam pengukur teleskopik untuk tujuan mengukur diameter dalam objek.

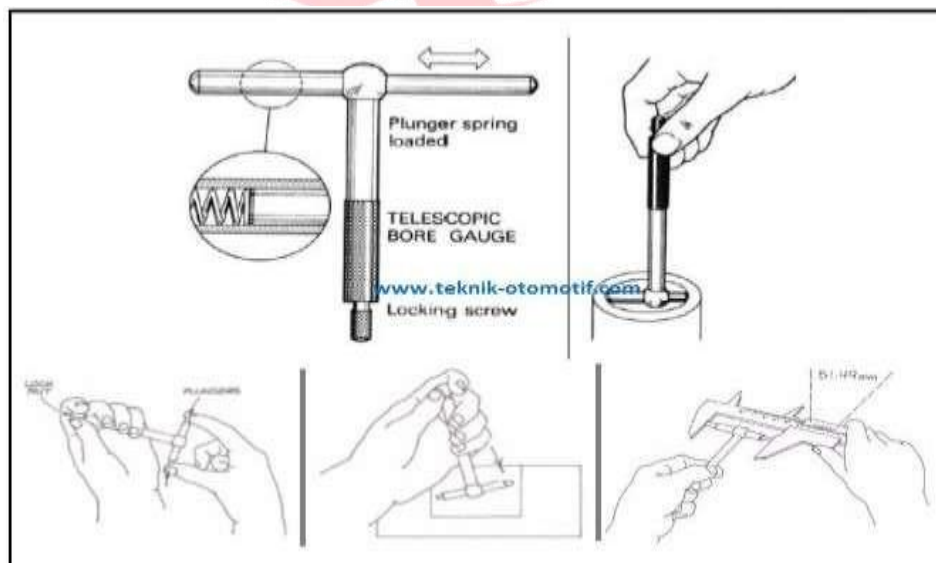
Plunger telescoping dapat diamankan dengan menggunakan sekrup pengunci atau mur pengunci, yang dapat dikencangkan untuk mencegah pendorong *telescoping* bergeser atau berubah posisi. Alat pengukur ini tersedia dalam berbagai ukuran, jadi saat menggunakan alat pengukur ini, pastikan untuk mencocokkan ukuran lubang yang diukur dengan ukuran alat.



Gambar 2.18 Telescoping gauge
Sumber Pribadi

Untuk memberikan hasil pengukuran yang akurat sekaligus memanfaatkan alat pengukur *telescoping*, diperlukan perabaan. Jika operator atau pengukur sering mengambil tindakan menggunakan peralatan pengukur *telescoping* ini, mereka mungkin mendapatkan perasaan ini.

Cara menggunakan *telescoping gauge* :



Gambar 2.19 cara menggunakan telescoping gauge
Sumber ww. teknik otomotif.com

1. Kendorkan *locking screw* atau pengunci agar *telescopic plunger* bebas.
2. Lalu menekan *telescopic plunger* selanjutnya kencangkan *locking screw*.
3. Selanjutnya menaruh *telescoping* kelubang mau diukur
4. Lepaskan *telescopic plunger* dengan cara mengkendorkan *locking screw* agar *telescopic plunger* dapat membuka sesuai dengan ukuran lubang yang mau diukur
5. Miringkan *telescoping gauge* agar sesuai bagian tengah lubang untuk mendapatkan ukuran diameter lubang yang tepat.
6. Kencangkan *locking screw* agar posisi *telescopic plunger* tidak berubah.
7. Selanjutnya keluarkan *telescopic* dari lubang dengan hati-hati
8. Ukur panjang *telescopic plunger* dengan *contact* menggunakan jangka sorong atau *micrometer* luar (untuk mendapatkan tingkat ketelitian yang lebih baik dari jangka sorong).
9. Baca hasil dari pengukuran dengan alat ukur mikrometer
10. Setelah selesai melakukan pengukuran, kembalikan peralatan-peralatan yang digunakan.

2.8 Spesifikasi geometrik

Beragam atau bervariasi merupakan sifat umum bagi produk yang dihasilkan oleh suatu proses produksi. Proses duplikasi produk dengan sempurna tidak akan dicapai, melainkan hanya mungkin dihasilkan produk yang berbeda-beda karakteristiknya. Perbedaan kecil bisa sangat berarti dan sebaliknya perbedaan besar belum tentu menandakan bahwa proses produksi yang bersangkutan tak berguna, tergantung pada sampai sejauh mana masalah ini dinilai. Hal ini menuntut kesadaran perancang produk bahwa suatu toleransi (*tolerance*) harus diperhitungkan pada waktu spesifikasi produk ditetapkan.

Memberikan toleransi berarti menentukan batas-batas maksimum dan minimum di mana penyimpangan karakteristik produk (yang disebabkan oleh tidak sempurnaan proses produksi) harus terletak. Sesuai dengan jenis karakteristiknya, spesifikasi tersebut bisa menyangkut material, fisik maupun geometri. Spesifikasi geometrik mencakup ukuran/ dimensi (*dimension*), bentuk (*form*), posisi (*position*) serta kekasaran/ kehalusan permukaan (*surface roughness/smoothness*) produk.

Lain halnya kalau geometri bagian komponen ini amat penting bila ditinjau dari satu atau beberapa aspek, batas-batas penyimpangan atau toleransinya haruslah pasti .

1. Geometri bisa penting bila ditinjau dari aspek fungsi komponen
 - a. Ketelitian gerakan dan/atau kecepatan yang diperlukan oleh komponen-komponen mesin yang melakukan gerakan-gerakan kinematik (rem, roda-gigi, ulir penggerak),
 - b. Berat, volume atau momen inersia komponen yang berputar dengan kecepatan tinggi yang memerlukan penyeimbangan secara dinamik,
 - c. Kekuatan dan tahanan kelelahan bagi komponen dengan beban dinamik kemudahan bergerak dan umur komponen.
2. Geometri menjadi penting bila ditinjau dari segi perakitan. Geometri bagian-bagian yang menempel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga didapatkan suatu kondisi pasangan atau sualan (fir seperti yang dikehendaki yaitu longgar (bebas bergerak; *clearance-fits*, pas (sempit, agak dipaksakan, *transition fits*) atau paksa (dipaksa karena sesungguhnya tak bisa masuk secara wajar, *interference-fits*)
3. Geometri mungkin penting bila ditinjau dari segi pembuatan. Untuk mempercepat proses produksi (produksi seri/massa, serial/ *mass production*), waktu-waktu nonproduktif harus dikurangi sampai seminimum mungkin. Salah satu caranya ialah dengan membuat alat bantu cekam (*fixture*) yang berguna untuk mempermudah pemasangan benda- kerja (*workpiece*) pada mesin perkakas (mesin produksi) sehingga waktu bongkar pasang benda kerja dipersingkat. Pada beberapa bagian benda kerja terlebih dahulu dipersiapkan (diberi lubang dan/atau permukaan/ bidang acuan yang dimesin/diproses pada mesin lain). Karena sebagai acuan untuk posisi maka bagian-bagian yang diproses mula ini mungkin harus ditetapkan toleransinya (karena benda kerja akan "dirakit" dengan alat bantu cekam: perhatikan aspek kedua di atas).

Masalah pemberian toleransi geometrik pada bagian kritik seperti yang disebutkan di atas akan menjadi lebih pelik apabila ditinjau pada segi lain yaitu ongkos dan kemampuan proses pembuatan. Sering kali persyaratan produk (batas-batas toleransi) sebagaimana yang diminta oleh perencana terlalu ketat sehingga tidak dapat dipenuhi karena keterbatasan kemampuan proses pembuatan yang dimiliki oleh bagian produksi. Semakin sempit daerah toleransi akan semakin mahal ongkos pembuatannya. Untuk produk dengan ukuran cermat diperlukan mesin khusus, waktu pengerjaan yang lama atau mungkin perlu seorang operator ahli, yang akhirnya akan menaikkan ongkos pembuatan. Oleh karena itu pertemuan antara si perencana dan si pembuat

(antara *engineering department* dengan *production department*) harus diadakan guna menentukan "jalan tengah" atau kompromi menuju ke pembuatan produk yang kompetitif (berkualitas tinggi dengan harga bersaing).

Berdasarkan penelitian yang mendalam mengenai penyimpangan. penyimpangan yang terjadi pada proses pembuatan komponen mesin serta jenis suaian yang banyak digunakan oleh pabrik-pabrik pembuat mesin, suatu badan standar internasional (ISO, *International Organization for Standardization*), telah membuat suatu sistem limit (batas) dan suaian ISO *system for limits and fits*). Sistem ISO ini telah banyak digunakan di negara-negara industri guna menentukan spesifikasi toleransi geometrik, banyak jasa yang telah diberikan oleh sistem ini dalam pengontrolan kualitas di industri mesin, industri perkakas dan peralatan pabrik, serta industri otomotif. Sistem ini merupakan suatu dasar yang cocok bagi pembuatan komponen dengan sifat ketetukaran, suatu cara pembuatan komponen dengan keuntungan-keuntungan sebagaimana yang telah dibicarakan pada bab I Pendahuluan.

Informasi singkat mengenai ISO:

International Organization for Standardization (ISO) didirikan pada tanggal 14 Oktober 1946. Badan ini merupakan organisasi badan-badan internasional non-pemerintah (berbeda dengan PBB) yang dibentuk untuk menggantikan badan yang serupa yaitu *International Federation of National Standardizing Association* (ISA) yang dibubarkan pada tahun 1942

Tujuan ISO adalah untuk menyatukan pengertian teknik antar bangsa dengan jalan membuat standar. Dalam badan ini terhimpun ahli-ahli teknik yang mempunyai kepentingan bersama. Pekerjaan mereka adalah membahas segala persoalan teknik yang timbul akibat perbedaan pengertian di antara mereka yang mewakili berbagai negara, guna mencapai suatu pengertian yang disetujui bersama. Selain itu, dalam segi pembuatan barang juga dibahas usaha-usaha untuk memperbaiki kualitas, meninggikan produksi, menurunkan harga serta memperluas perdagangan dan organisasi pemasaran. Hasilnya, berupa dokumen standar, yang kemudian dibawa ke forum internasional dengan tujuan:

1. Memudahkan perdagangan internasional
2. Memudahkan komunikasi teknis, dan
3. Memberikan petunjuk-petunjuk praktis pada persoalan-persoalan khusus dalam bidang teknologi bagi negara berkembang

Suatu badan standar internasional yang mempunyai hubungan erat dengan ISO ialah *International Electrotechnical Commission* (IEC). IEC ini lebih mengkhususkan diri pada bidang teknik elektro.

Indonesia juga merupakan anggota ISO, pada mulanya diwakili oleh dana normalisasi indonesia (DNI) yang waktu itu berkedudukan di Bandung luran keanggotaan DNI pada mulanya dibantu oleh LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia), kemudian secara penuh keanggotaan Indonesia di ISO diwakili oleh LIPI

2.9 Toleransi standar

Toleransi ukuran (*dimensional tolerance*) adalah perbedaan ukuran antara kedua harga batas (*two permissible limits*) di mana ukuran atau jarak permukaan/batas geometri komponen harus terletak. Untuk setiap komponen perlu didefinisikan suatu ukuran dasar (*basic size*) sehingga kedua harga batas (maksimum dan minimum, yang membatasi daerah toleransi; *tolerance zone*) dapat dinyatakan dengan suatu penyimpangan (*deviation*) terhadap ukuran dasar. Ukuran dasar ini sedapat mungkin dinyatakan dengan bilangan bulat. Besar dan tanda (positif atau negatif) penyimpangan dapat diketahui dengan cara mengurangkan ukuran dasar terhadap harga batas yang bersangkutan.

Toleransi Standar atau Toleransi Internasional adalah toleransi yang ditetapkan untuk setiap kualitas dan rentang ukuran nominal yang terkait, yang berlaku untuk diameter nominal hingga 500 mm. Dalam sistem ISO, terdapat 18 kelas toleransi yang ditetapkan, yaitu IT 01, IT 0, IT 1 hingga IT 16. Untuk kualitas 5 hingga 16, harga toleransi standar dapat dihitung menggunakan satuan toleransi, yaitu i (unit toleransi).

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D$$

Di mana :

i = satuan toleransi, μm

D = diameter (nominal), mm

Harga D merupakan rata-rata geometrik dari diameter minimum $D_{\min}$ dan maksimum $D_{\max}$ pada setiap tingkat diameter, yaitu

$$D = \sqrt{D_{\min} \times D_{\max}}$$

Kualitas 01 sampai 4 adalah untuk pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan tingkat ketelitian tinggi, seperti produk yang dikerjakan dengan mesin CNC. Kualitas 5 sampai 11 dapat dicapai proses permesinan biasa, seperti mesin bubut dan *freis*. Kualitas 12 keatas adalah untuk pengerjaan kasar, seperti pengecoran, penempaan, pengeloran. (Taufiq rochim 2016)

Tabel 2.1 Tingkatan diameter nominal s.d. 500 mm

Tingkatan Utama (Dalam mm)		Tingkatan Perantara (Dalam mm)	
Di atas	s.d	Diatas	s.d
3 6	3 6 10		
10	18	10 14	14 18
18	30	18 24	24 30
30	50	30 40	40 50
50	80	50 65	65 80
80	120	80 100	100 120
120	180	120 140 160	140 160 180
180	250	180 200 225	200 225 250
250	315	250 280	280 315
315	400	315 355	355 400
400	500	400 450	450 500

Sumber Taufiq Rochim 2016

Selanjutnya, berdasarkan satuan toleransi i besarnya toleransi standar dapat dihitung sesuai dengan kualitasnya mulai dari 5 sampai dengan 16, dengan menggunakan tabel 2.2.

Tabel 2.2 Harga toleransi standar untuk kualitas 5 s.d. 16.

	IT	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT
Harga	7i	10i	16i	25i	40i	100i	160i	160i	250i	400i	640i	1000i	...

Sumber Taufiq Rochim 2016