

# ACCEPTANCE TEST MESIN PERKAKAS\*)

Yatna Yuwana\*\*)

## RINGKASAN

Untuk dapat mengetahui kualitas yang dimiliki oleh suatu mesin perkakas perlu dilakukan acceptance test pada mesin perkakas tersebut. Acceptance test ini dapat meliputi aspek ketelitian geometri, prestasi kerja, dan kebisingannya. Penilaian dari kualitasnya dapat dilakukan dengan membandingkan harga-harga pengetesannya terhadap harga-harga/toleransi yang ada pada standar. Ada bermacam-macam standar pengetesan yang dapat diikuti, walaupun demikian dengan alasan-alasan tertentu tidak tertutup kemungkinan untuk mengembangkan metoda pengetesan sendiri asalkan secara-teknis dapat dipertanggungjawabkan.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Mengapa Acceptance Test perlu dilakukan?

Kalau kita melihat suatu mesin perkakas maka secara mudah kita dapat mengatakan tentang: jenis mesin tersebut, misalnya mesin bubut, mesin freis, mesin sekrap dan sebagainya. Jenis mesin ini masih dapat diperinci lagi sesuai kegunaannya atau perlengkapan yang dimiliki, misalnya dikenal istilah; NC Lathe, Turret Lathe dan sebagainya. Selain jenisnya kita juga dapat melihat dengan mudah spesifikasi ukuran dari mesin tersebut atau kalau perlu dengan melakukan pengukuran-pengukuran sederhana, sehingga dapat dikatakan panjang langkah kerja pada masing-masing sumbu, luas meja, tinggi senter dan sebagainya. Tapi hal penting yang belum terlihat pada mesin perkakas tersebut adalah kualitasnya.

Acceptance test dilakukan sebenarnya untuk dapat mengetahui sejauh mana kualitas yang dimiliki oleh mesin perkakas tersebut, karena kualitas bukan merupakan merk dagang yang dapat ditempelkan demikian saja, tetapi suatu sifat yang menjadi bagian integral dari mesin perkakas tersebut.

### 1.2. Meliputi aspek apa saja dari karakteristik mesin perkakas tersebut yang perlu dites?

Dalam makalah ini akan ditinjau beberapa aspek penting dari karakteristik mesin perkakas yang perlu dites, antara lain: Aspek ketelitian geometrinya karena hal ini secara langsung akan mempengaruhi ketelitian geometri benda kerja yang dihasilkan. Aspek prestasi kerja (performance) karena akan menyangkut produktivitas dari mesin perkakas tersebut. Kemudian aspek kebisingan, walaupun kebisingan mesin perkakas tidak ada pengaruhnya terhadap kualitas geometri benda kerja yang dihasilkan maupun produktivitas mesin itu sendiri tetapi kebisingan dalam tingkatan tertentu dan selang waktu tertentu dapat mempengaruhi kesehatan dari operator.

## 2. ASPEK KETELITIAN

### 2.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian benda kerja.

Suatu ungkapan yang dinyatakan oleh Schlesinger, yaitu seorang yang memelopori pengetesan ketelitian mesin perkakas, adalah:

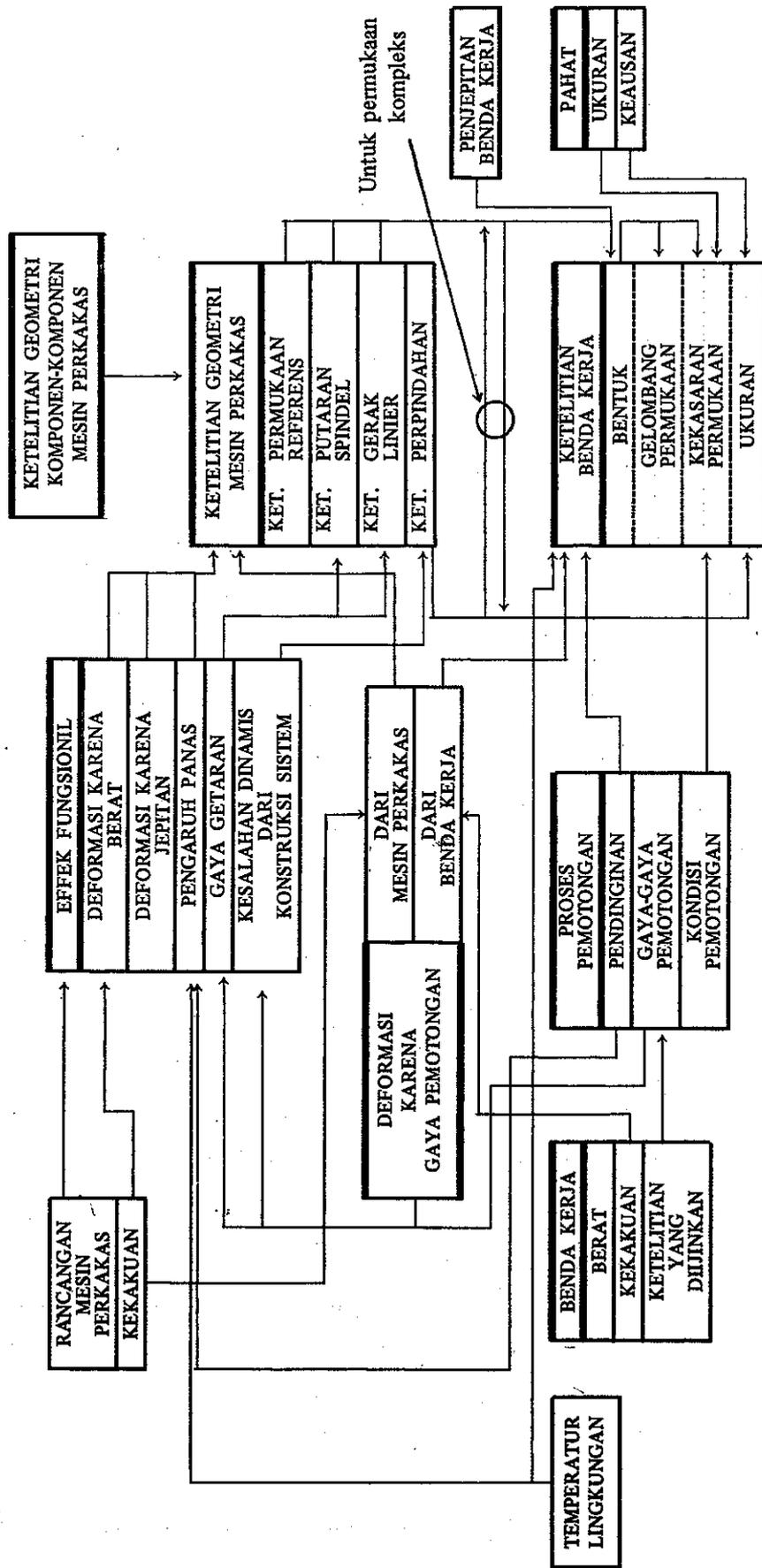
"Bukan maksudnya suatu mesin perkakas dibuat untuk menghasilkan geram sebanyak-banyaknya (maksimum) per menit, melainkan tujuannya ialah menghasilkan sebanyak mungkin benda kerja per menit. Jadi mesin perkakas dibuat bukan untuk menghasilkan geram, melainkan dipakai untuk menghasilkan benda kerja."

Meskipun ungkapan tersebut sudah lama, tetapi sampai saat ini masih diakui kebenarannya. Terutama untuk menunjang "produksi modern", di mana produk atau benda kerja yang dihasilkan harus memenuhi standar tentang toleransi dan suai-an agar dapat dimiliki sifat "mampu tukar" (interchangeable) di dalam perakitannya.

Agar supaya produk yang dihasilkan oleh mesin perkakas dapat memiliki sifat mampu tukar, maka persyaratan spesifikasi geometri dari produk harus dapat dipenuhi. Persyaratan ini meliputi bentuk, gelombang permukaan, kekasaran permukaan, dan ukuran. Apabila produk yang dihasilkan memenuhi persyaratan spesifikasi geometri yang diminta, maka dijamin dalam perakitan dengan produk-produk pasangannya pasti tidak akan mengalami kesulitan. Sedangkan salah satu faktor penting yang akan mempengaruhi ketelitian produk adalah ketelitian geometri dari mesin perkakas yang digunakan untuk proses pembuatan produk itu sendiri. Pengaruh ini bersama pengaruh dari faktor-faktor lainnya seperti pahat, proses pemotongan, temperatur lingkungan dan sebagainya secara jelas diperlihatkan pada gambar 2.1.

\*) Dikomunikasikan dalam Seminar Peranan IPTEK dalam Pembangunan Industri untuk Mempersiapkan Industri Tinggal Landas, 1986, ITS - Surabaya.

\*\*) Laboratorium Metrologi Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB.

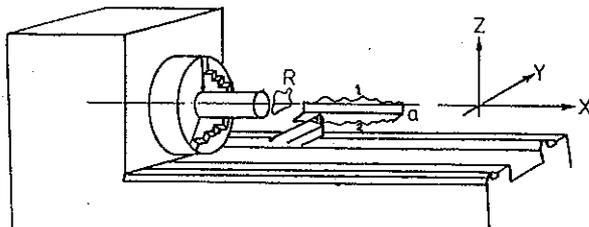


Gambar 2.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian benda kerja.

## 2.2. Ketelitian Geometri Mesin Perkakas

Seperti telah diperlihatkan pada gambar 2.1. bahwa ketelitian geometri mesin perkakas hanyalah merupakan salah satu faktor yang akan mempengaruhi ketelitian geometri dari benda kerja. Ini berarti bahwa untuk dapat menjamin kualitas geometri dari benda kerja yang dihasilkan maka kualitas geometri mesin perkakas yang digunakan juga harus baik.

Ketelitian geometri dari mesin perkakas pada pokoknya dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu: Ketelitian permukaan referensi dari mesin, yang merupakan ketelitian dari permukaan pada mesin yang dapat mempengaruhi ketelitian permukaan dari benda kerja atau gerakan dari pahat. Ketelitian gerakan yang dapat dibagi menjadi dua bagian lagi, yaitu ketelitian dari putaran spindel dan ketelitian dari gerakan sepanjang sumbu referensi dari mesin perkakas. Keduanya akan mempengaruhi bentuk dan kondisi permukaan benda kerja, serta ketelitian geometri seperti kesejajaran, ketegaklurusan dan konsentrisitas dari bagian-bagian itu sendiri. Sebagai ilustrasi dapat dilihat pada gambar 2.2.



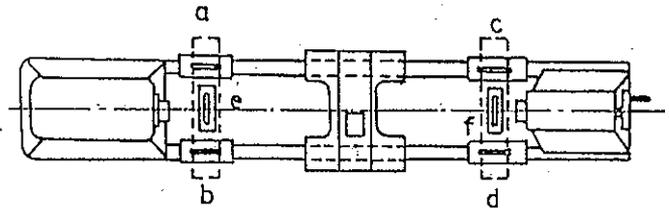
Gambar 2.2. Kesalahan pada mesin perkakas dihubungkan dengan kesalahan pada benda kerja yang dihasilkan.

Bagian terakhir dari ketelitian geometri adalah ketelitian perpindahan ulir penggerak dan spindel (sesuai arah X pada gambar 2.2). Biasanya hal ini sering disebut dengan defleksi aksial dari ulir penggerak dan defleksi aksial dari spindel.

Yang telah umum dilakukan adalah menentukan ketelitian geometri dari mesin perkakas pada saat mesin perkakas tersebut dijalankan dalam keadaan tanpa beban. Mesin perkakas dites tanpa benda kerja dan dalam keadaan panas yang sudah konstan (thermally balanced state) dan pada kecepatan gerak yang sangat rendah. Keadaan seperti ini sesuai dengan yang disarankan dalam standar pengujian ketelitian geometri mesin perkakas oleh Schlesinger, ISO, BS dan lain-lain dan sering disebut sebagai static test. Istilah geometrik sebenarnya sudah tidak tepat lagi karena dewasa ini ketelitian mesin perkakas meliputi pula aspek kinematik.

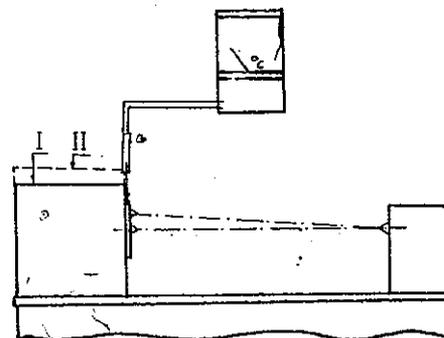
Pada prinsipnya pokok-pokok test ketelitian geometri pada mesin perkakas mencakup masalah:

kelurusan (Straighness), kerataan (Flatness), kesejajaran (Parallelism), ketegaklurusan (Squareness), dan rotasi (Rotation). Tetapi sebelum melakukan pengujian harus dilakukan terlebih dahulu penyeselarasan (leveling) pada mesin perkakas yang akan diuji. Tempat-tempat tumpuan mesin perkakas yang bersangkutan diatur sedemikian rupa sehingga bidang-bidang referensi tidak ada yang mengalami puntiran (twisting) dan sedapat mungkin horizontal. Penyeselarasan dikerjakan dengan menggunakan water-pas (spirit-level) yang diletakkan pada tempat-tempat tertentu sesuai dengan bidang referensi pada mesin perkakas yang bersangkutan seperti contoh pada gambar 2.3. Setiap water-pas yang digunakan baik dalam proses penyeselarasan maupun dalam pengujian ketelitian sebaiknya dikalibrasi terlebih dahulu pada meja rata (surface-plate).



Gambar 2.3. Penempatan water pas pada mesin bubut.

Setelah penyeselarasan dilakukan pengkondisian temperatur komponen-komponen agar supaya beberapa komponen mesin perkakas yang akan diuji itu mendekati keadaan normal pemakaiannya sehari-hari. Pengkondisian temperatur tersebut dikerjakan dengan menjalankan mesin perkakas dalam keadaan tanpa beban (idle-running). Kecepatan putaran spindel utama dipilih yang termasuk kelompok putaran yang tinggi dan untuk selang waktu tertentu sehingga dicapai temperatur yang mapan. Biasanya sekitar 60 menit dan temperatur rata-rata kepala diam dapat mencapai  $56^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran temperatur dapat dilakukan dengan menggunakan elektronik thermometer seperti pada gambar 2.4.



- I. Keadaan mula-mula.
- II. Keadaan setelah temperatur Kepala Diam naik.

Gambar 2.4. Pengukuran temperatur kepala diam dan pengaruhnya pada kedudukan senter dari kepala diam.

Faktor-faktor penunjang penting yang juga mempengaruhi keberhasilan di dalam proses pengujian ketelitian geometrik mesin perkakas antara lain:

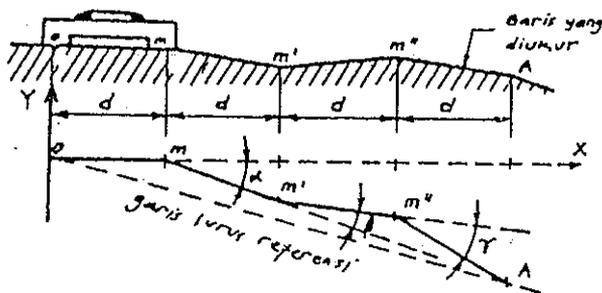
- Kebersihan, baik kebersihan alat-alat ukur dan alat bantu, mesin perkakas, maupun kebersihan tangan dari teknisi pelaksana pengujian.
- Kekakuan (rigiditas) dari pemasangan/penempatan alat ukur maupun alat bantu, agar didapatkan keandalan maupun mampu ulang (repeatability) data hasil pengukuran.
- Suasana dalam kegiatan pengujian yang dapat mendukung pelaksana pengukuran untuk dapat menyimak dengan baik dan kritis terhadap data hasil pengukuran serta bersikap hati-hati dan sabar tetapi cukup cekatan dalam pelaksanaan proses pengukuran tersebut oleh sebab itu keadaan berikut perlu diperhatikan:
  - a. Tempat pengujian: bersih dan tidak berdebu.
  - b. Tidak terlalu bising.
  - c. Bebas dari getaran mesin-mesin sekitar.
  - d. Aktifitas dan kegiatan orang-orang lain di sekitar tempat pengujian sebaiknya seminimum mungkin.

Contoh yang merupakan tinjauan umum pokok-pokok ketelitian geometri mesin perkakas akan diberikan secara singkat pada uraian berikut:

(i) *Kelurusan*

Suatu garis dinyatakan lurus apabila harga perubahan jarak dan titik-titik pada garis itu terhadap bidang proyeksi yang sejajar dengan arah garis selalu lebih kecil dari harga batas tertentu.

Dalam praktek, tes kelurusan dilakukan dengan mengadakan pengukuran pada bagian-bagian mesin perkakas yang ingin diketahui kelurusannya dengan cara membandingkan terhadap suatu garis lurus referensi. Garis lurus referensi dapat berasal dari garis yang dibuat dengan menarik garis lurus antara titik awal pengukuran dan titik akhir pengukuran seperti diperlihatkan pada gambar 2.5, yaitu sewaktu melakukan pengukuran kelurusan dari lin-



Gambar 2.5. Garis lurus referensi.

tasian lurus. Selain itu juga dikenal garis lurus referensi absolut yang diperoleh dari suatu bundel cahaya. Metoda pengukuran yang termasuk dalam kelompok ini adalah pengukuran dengan cara optik misalnya: metoda pengukuran van Heel, metoda pengukuran dengan Laser.

Dengan penggunaan referensi absolut, maka tidak perlu dilakukan pengolahan data terlebih dahulu karena secara langsung besarnya penyimpangan pada bidang ukur sudah dapat diketahui.

Cara pengukuran kelurusan lainnya dapat menggunakan metoda kawat rentang (taut wire) cara optik dengan menggunakan autocollimator dan sebagainya, yang prinsip pengolahan datanya sama dengan cara water-pas.

(ii) *Kedataran/kerataan.*

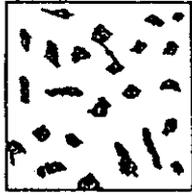
Suatu permukaan dinyatakan rata apabila perubahan jarak tegak lurus dari titik-titik pada permukaan itu terhadap bidang geometrik yang sejajar dengan permukaan yang diuji selalu lebih kecil dari harga yang tertentu.

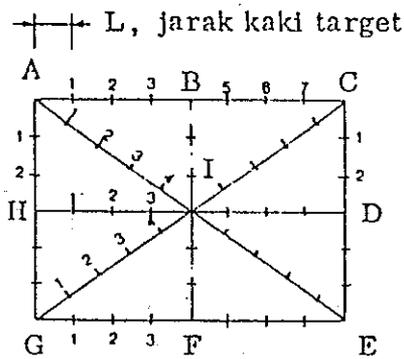
Dalam praktek permukaan yang dijadikan bidang referensi dapat berupa permukaan meja rata (surface plate). Dengan mengoleskan zat warna pada permukaan tersebut kemudian mengesekkannya pada permukaan mesin perkakas yang akan dites kerataannya, maka dari bekas-bekas warna yang melekat pada bidang yang dites itu dapat diketahui kerataannya. Cara ini biasanya digunakan untuk melihat kerataan permukaan hasil pengikisan dengan tangan. Kualitas kerataan yang dinyatakan sebagai kualitas pengikisan diperlihatkan pada tabel 2.1.

Pengukuran kerataan juga dapat dilakukan dengan pengembangan pengukuran kelurusan dari beberapa garis yang digabung dengan metoda pengolahan data tertentu sehingga menghasilkan data kerataan suatu bidang ukur. Biasanya garis-garis pengukuran diatur sehingga membentuk pola union jack seperti gambar 2.6.

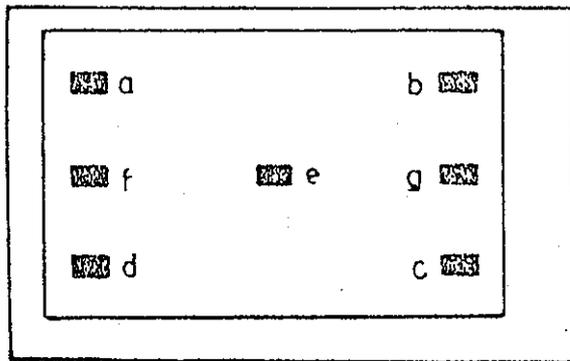
Cara lain pengukuran kerataan dilakukan dengan bantuan batang sisi lurus. Sekumpulan garis-garis lurus yang dibuat oleh batang sisi lurus akan membentuk suatu bidang referensi. Dasar pemikirannya adalah bahwa bidang referensi selalu dapat dibentuk oleh tiga buah titik yang tidak terletak pada satu garis lurus. Dengan demikian pengukuran kerataan dapat dilakukan dengan bantuan batang sisi lurus dan blok ukur, yang diatur seperti pada gambar 2.7. Pembuatan bidang ini dilakukan dengan menyusun blok ukur pada posisi a, b, dan c yang tingginya sama. Tinggi blok-blok ukur penumpu pada titik lainnya dapat ditentukan dengan mengukur celah antara permukaan mesin perkakas yang bersangkutan dengan sisi bawah batang lurus tersebut.

Tabel 2.1 Macam-macam kualitas pengikisan dan kegunaannya.

Klas	Hasil Pengikisan	Kegunaan	N a m a
I	 <p>Terdapat : 22 ± 25 titik - titik tanda pengikisan per inch<sup>2</sup>.</p>	Untuk surface plate, sisi pelumas dan alat - alat serupa serta lintasan luncur dari mesin perkakas yang teliti.	Pengikisan halus
II	 <p>terdapat : 10 - 14 titik - titik tanda pengikisan per inch<sup>2</sup></p>	Untuk lintasan luncur yang sempit dari mesin perkakas yang besar.	Pengikisan agak halus
III	 <p>terdapat 6 - 10 titik - titik tanda pengikisan per inch<sup>2</sup></p>	Untuk lintasan luncur yang lebar pada mesin perkakas berat, lintasan luncur yang jarang dipakai dan meja atas dari mesin perkakas presisi bila lintasan luncur ini tidak dapat disekrap/ge-rinda	Pengikisan sedang
IV	 <p>terdapat 3 - 5 titik tanda pengikisan per inch<sup>2</sup></p>	Untuk permukaan yang berpasangan yang disatukan dengan baut, meja atas dari mesin perkakas besar	Pengikisan kasar
V	 <p>terdapat 1 - 2 titik tanda pengikisan per inch<sup>2</sup></p>	Untuk permukaan yang disambung tetap dengan baut selama umur mesin, misalnya kolom dari mesin gurdi atau milling dan sebagainya	Pengikisan sangat kasar



Gambar 2.6. Pola Union Jack.



Gambar 2.7. Bidang rata referensi yang dibuat dengan bantuan batang sisi lurus dan ditumpu oleh blok ukur.

(iii) *Kesejajaran.*

Sebuah garis dinyatakan sejajar terhadap suatu bidang apabila perbedaan maksimum antara jarak titik-titik pada garis itu terhadap bidang tidak melebihi harga batas yang tertentu. Sedangkan dua buah garis dinyatakan sejajar apabila salah satu dari garis-garis itu sejajar terhadap dua buah bidang yang melalui garis yang lainnya.

Kesejajaran dalam mesin perkakas dapat berupa kesejajaran yang menyangkut bidang, garis dan sumbu serta kesejajaran gerak. Berlainan dengan konsep pengujian kelurusan maupun kerataan yang bertitik tolak dari suatu garis referensi maka dalam pengujian kesejajaran titik tolaknya adalah perbedaan jarak antara elemen yang sejajar. Alat ukur yang digunakan untuk memonitor perbedaan jarak tersebut biasanya adalah jam ukur (dial indikator). Akan tetapi bila elemen sejajar tersebut menyangkut sumbu dari suatu lubang spindel maka secara fisik sumbu tersebut adalah semu, untuk itu diperlukan alat bantu mandrel-tes yang dipasangkan sedemikian rupa sehingga sumbu tersebut dapat diwakili oleh permukaan mandrel tes.

(iv) *Ketegaklurusan.*

Dua buah bidang atau dua garis lurus atau suatu garis lurus dan sebuah bidang dinyatakan tegak lurus satu terhadap lainnya apabila penyimpangannya terhadap sebuah harga tegak lurus baku tidak melampaui suatu harga batas tertentu.

Pada kenyataannya untuk pengukuran besarnya penyimpangan sering digunakan jam ukur, sedangkan sebagai alat bantu untuk mewakili bidang datar dapat digunakan batang sisi lurus/blok paralel (parallel-block), penyiku.

(v) *Penyimpangan Rotasi.*

Kesalahan yang terdeteksi dari gerakan komponen rotasi pada mesin perkakas seperti poros spindel dan poros ulir penggerak (lead screw) dapat disebabkan oleh simpang radial (penyimpangan konsentrisitas) sumbu geometrik komponen rotasi, ketidakbulatan komponen rotasi, ketidaksempurnaan bantalan komponen rotasi, dan bidang permukaan komponen rotasi yang tidak rata atau tidak tegak lurus sumbu putarnya.

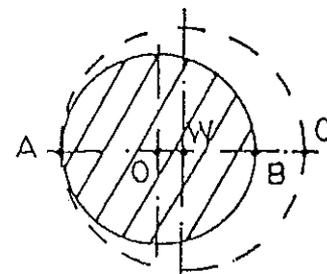
Kesalahan-kesalahan gerakan yang diukur meliputi:

a. *Simpang putar (run out).*

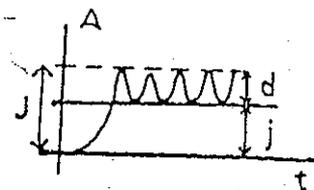
Simpang putar yang besarnya sama dengan BC (gambar 2.8) adalah dua kali besarnya simpang-radial atau konsentrisitas dari sumbu geometrik poros terhadap sumbu putarnya.

b. *Slip aksial periodik (periodical-axial-slip).*

Dalam praktek gerak aksial poros yang sedang berputar dapat berupa superposisi antara slip aksial periodik dengan main-aksialnya (axial-play), sehingga kondisi gerakannya seperti yang diperlihatkan gambar 2.9. Untuk menghindari pengaruh main aksial dalam pengukuran slip-aksial periodik maka poros tersebut dapat diberi gaya tekan P dalam arah aksial.



Gambar 2.8. Lintasan putaran suatu poros.



Gambar 2.9. Slip-aksial suatu poros yang berputar.

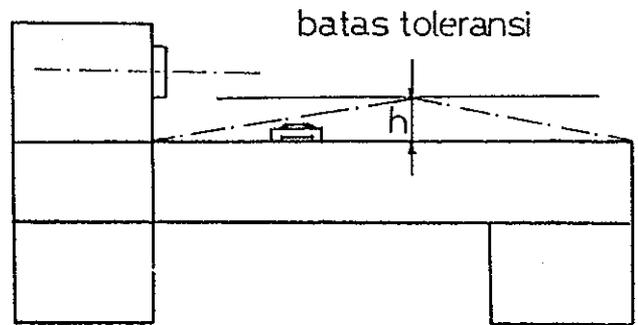
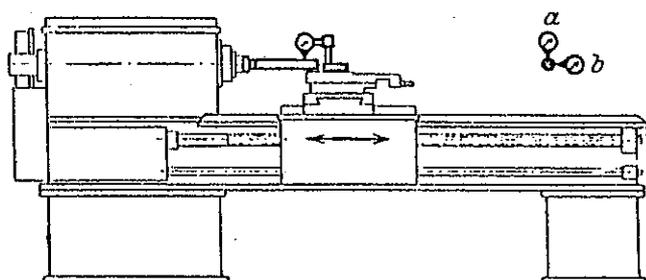
c. "Camming".

Camming dapat terjadi pada bidang muka spindel utama mesin bubut yang merupakan tempat pemasangan pengecam (chuck) akibat total berbagai kesalahan baik pada permukaan maupun pada sumbu rotasi komponen tersebut. Pedoman yang perlu diperhatikan pada pengukurannya ialah bahwa, letak titik pengukuran sejauh mungkin dari sumbu putar, stilus alat ukur disentuhkan tegak lurus terhadap bidang permukaan, dan bidang permukaan berputar secara

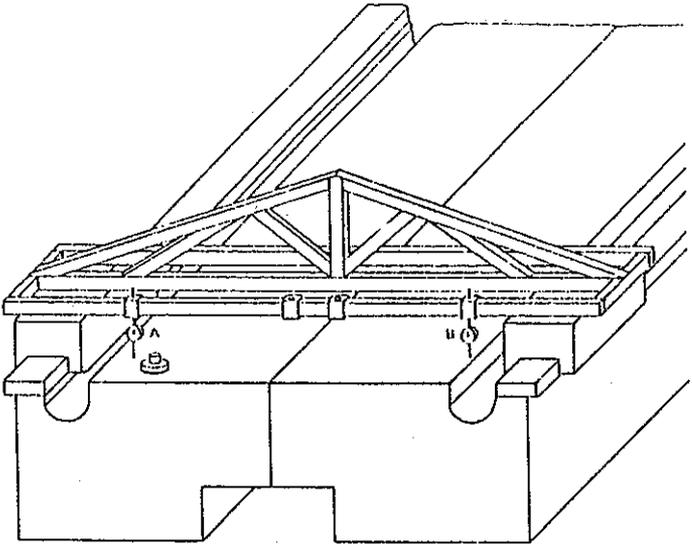
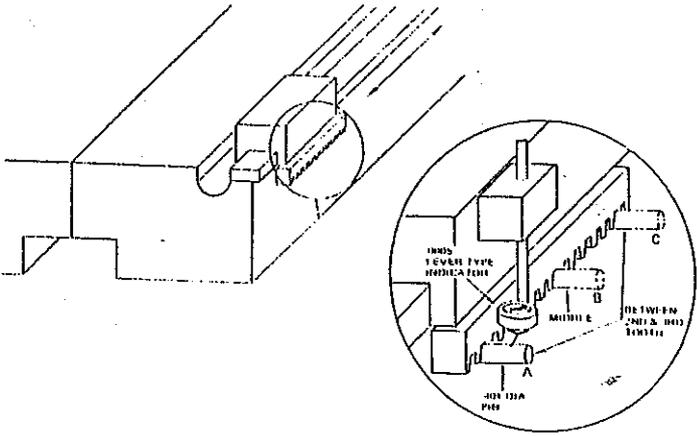
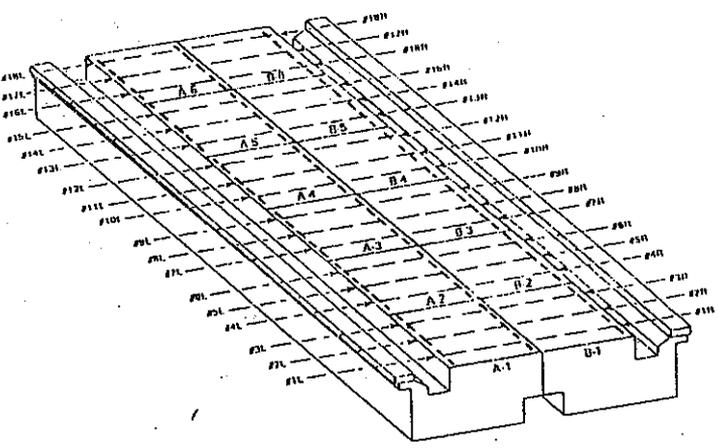
kontinyu pada putaran terendah yang dimiliki oleh mesin perkakas tersebut. Pada setiap titik pengukuran pembacaan jam ukur adalah pada defleksi maksimum dan minimum yang ditunjukkannya. Besarnya camming tersebut adalah perbedaan antara kedua pembacaan tersebut.

Contoh-contoh cara pengukuran beberapa elemen geometrik mesin perkakas yang erat hubungannya dengan hal-hal yang diterangkan di atas diperlihatkan pada tabel 2.2.

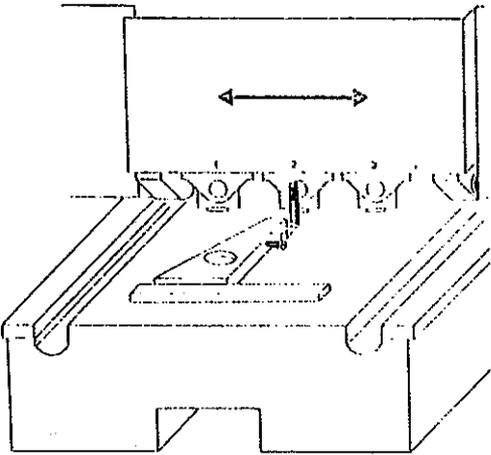
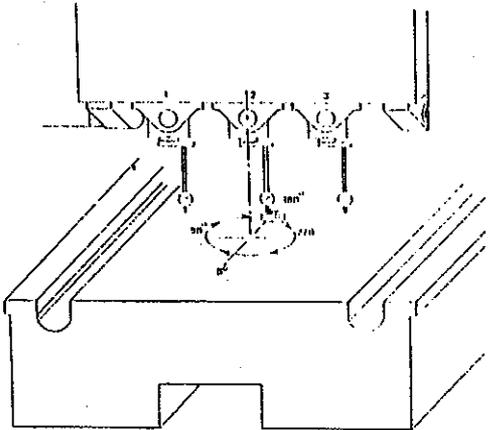
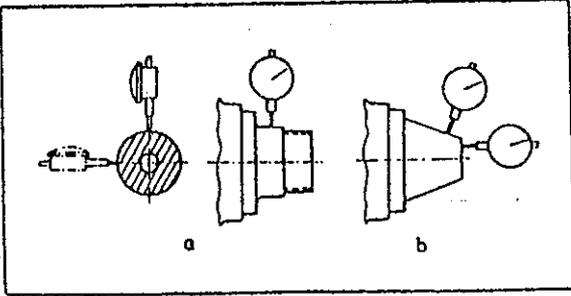
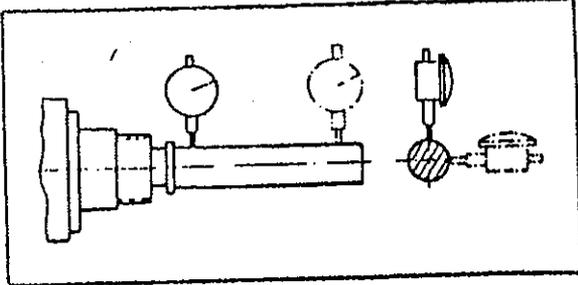
Tabel 2.2 Contoh pengukuran beberapa elemen geometri mesin perkakas dan tujuannya.

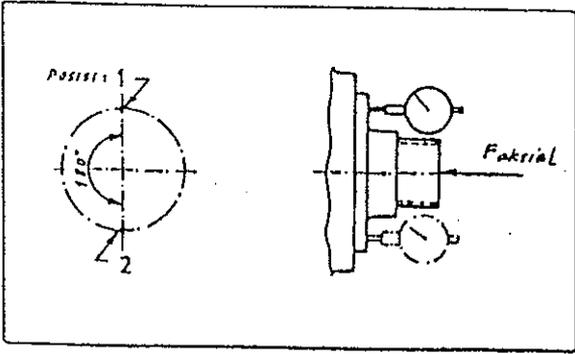
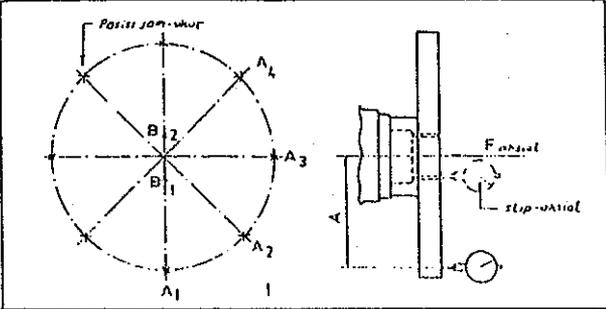
Cara Pengukuran	Tujuan Pengukuran
 <p style="text-align: center;">batas toleransi</p>	<p>Mengetahui kelurusan lintasan luncur*</p> <p><u>Catatan :</u> Lintasan luncur yang diperkenankan berbentuk cembung ( Convex ), atau dengan kata lain daerah toleransinya unilateral gunanya untuk mengkompensasi terhadap berat dari kepala gerak &amp; carriage.</p>
	<p>Mengetahui kesejajaran sumbu spindel utama terhadap gerak pindah carriage baik pada bidang horizontal maupun vertikal*</p>

Tabel 2.2 ( lanjutan )

Cara Pengukuran	Tujuan Pengukuran
	<p>Mengetahui kesejajaran antara lintasan luncur terhadap permukaan kerja**</p>
	<p>Mengetahui kesejajaran antara lintasan luncur terhadap rack**</p>
	<p>Mengetahui kedataran dari meja rata**</p> <p><u>Catatan :</u> Garis referensi yang digunakan untuk menganalisa kelurusan adalah bundel cahaya sinar laser yang sejajar dengan meja kerja</p>

Tabel 2.2 ( lanjutan )

Cara pengukuran	Tujuan pengukuran
	<p>Mengetahui ketegak lurusan sumbu x dan sumbu y ***</p>
	<p>Mengetahui ketegak lurusan putaran spindel terhadap meja kerja **</p>
	<p>Mengetahui simpang putar per mukaan putar yang rata atau kerucut *</p>
	<p>Mengetahui simpang putar per mukaan dalam</p> <p><u>Catatan :</u> Mandrel tes yang digunakan harus mempunyai standar konis yang sesuai dengan lubang pada spindel utama</p>

Cara pengukuran	Tujuan pengukuran
	Mengetahui slip aksial perio dik suatu spindel utama
	Mengetahui camming bidang muka ( face-plate ) suatu spindel

Keterangan: \* Mesin Bubut.  
\*\* Mesin Freis Gantry.

Prosedur pengujian ketelitian geometrik pada mesin-mesin perkakas yang dipelopori oleh Schlesinger akhirnya telah dikembangkan menjadi standar pengujian yang lainnya seperti DIN, BS, ISO dan sebagainya. Sampai sekarang standar tersebut masih digunakan pada pengetesan ketelitian geometri mesin perkakas.

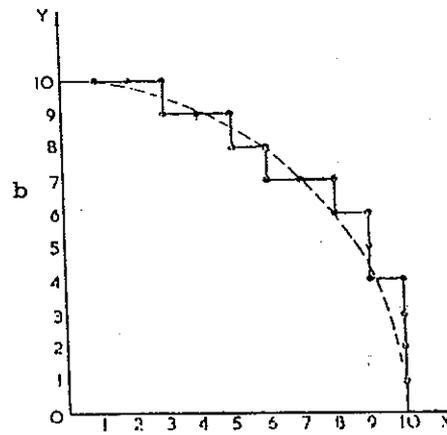
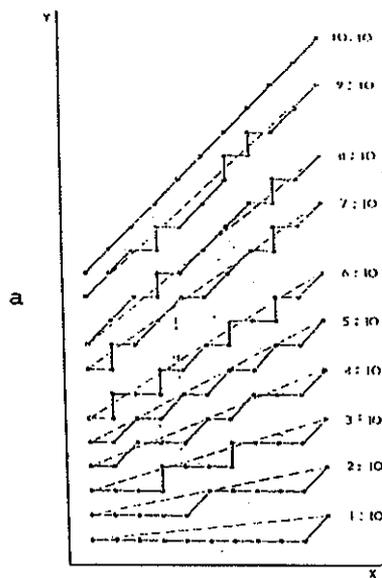
Contoh lembar pengujian mesin bubut menurut Schlesinger dapat dilihat pada lampiran 1.

### 2.3. Perkembangan Pengujian Mesin Perkakas Kontrol Numerik (NC).

Adanya pemakaian kontrol numerik, pada mesin perkakas menyebabkan peranan operator mesin perkakas yang tadinya menentukan pada mesin klasik akhirnya menjadi hanya minimal pada mesin perkakas NC. Dengan demikian pada mesin perkakas NC dituntut untuk mempunyai prestasi kerja (ferformance) yang baik karena hasil proses pemesinannya sangat ditentukan oleh kondisi mesin itu sendiri.

Pada mesin perkakas NC, kontrol terhadap perpindahan komponen merupakan bagian integral dari suatu sistem elektro mekanik yang diawasi oleh prosesor elektroniknya. Dengan demikian adanya kesalahan geometri pada bagian penggerak yang dapat menjadi penyebab adanya kesalahan perpindahan dan penempatan (positioning) akan dapat dieliminir dengan adanya umpan balik dari sinyal posisi/skala yang ada pada mesin tersebut. Walaupun demikian masih ada beberapa faktor lain yang dapat memberikan andil terhadap kualitas ketelitian produk yang dihasilkan oleh mesin perkakas NC. Faktor-faktor tersebut terutama meliputi:

- (i) *Interpolasi numerik masukannya:*  
Dalam mesin perkakas NC yang dilengkapi dengan kontrol langkah kontinyu (Continuous path control system) maka perpindahannya akan diatur oleh interpolator kontrol numeriknya, sehingga kontur gerakan elemen yang bersangkutan akan mendekati bentuk kontur yang sebenarnya tergantung dari bentuk interpolasi yang digunakan. Misalnya pada interpolasi linier dan lingkaran (parabolik) seperti diperlihatkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. a. Interpolasi linier untuk berbagai gerakan miring.  
b. Interpolasi sirkular.

- (ii) *Kesalahan servo* termasuk di antaranya:
  - a. Kesalahan sistem pengukur perpindahan (dan umpan balik).
  - b. Steady state velocity lag.
  - c. Respon transien.
  - d. Pengaruh Dead Zone.
  - e. Pengaruh gesekan lintasan luncur.
  - f. Kekakuan statik dan dinamik dari penggerak.
  - g. Kestabilan nol (drift).
- (iii) *Kesalahan mesin* – termasuk dalam hal ini:
  - a. Posisi dari komponen transmisi tidak termasuk (terletak di luar) rangkaian kontrol.
  - b. Deformasi struktur.
  - c. Alignment dari bagian-bagian yang bergeser dan pengaruh Abbe-offset.
- (iv) *Deformasi benda kerja pada waktu proses pemotongan.*
- (v) *Kesalahan perkakas potong* yang disebabkan oleh:
  - a. Ketelitian geometrinya.
  - b. Lokasi.
  - c. Deformasi.

Dari keterangan di atas terlihat bahwa apabila pengaruh (iv) & (v) diabaikan, maka faktor utama yang perlu diperhatikan pada mesin perkakas NC adalah ketelitian perpindahan dan penempatannya.

Ketelitian perpindahan adalah merupakan ketelitian perpindahan relatif antara posisi referensi dan posisi elemen lainnya. Besarnya dapat diketahui dari pengukuran kelurusan, ketegaklurusan, kesejajaran, dan perpindahan antara kedua besaran tersebut di atas. Kesalahan perpindahan mengandung beberapa komponen karakteristik dasar antara lain:

- (a) *Kesalahan kumulatif*, yaitu:
 

Kesalahan sistematis sepanjang jarak tertentu, yang pada umumnya berbentuk periodik atau sinusoidal seperti diperlihatkan pada gambar 2.11a. Apabila pengukuran perpindahan dilakukan sepanjang  $L_1$ , maka kesalahan kumulatifnya sebesar  $e_1$ . Karena sifat periodik dari kesalahan, akibatnya dengan perubahan panjang pengukuran yang kecil yaitu menjadi  $L_2$ , kesalahan kumulatifnya berubah cukup besar menjadi  $e_2$ . Pada kondisi ini kesalahan kumulatif/maksimum sebesar  $e_3$ , akan terjadi apabila panjang pengukuran  $L_3$  dimulai dari posisi  $P_1$  sampai  $P_2$ .
- (b) *Kesalahan random (scatter)* :
 

Kesalahan ini dapat diamati apabila perpindahan terhadap posisi tertentu diulang beberapa kali seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.11b. Dari harga kesalahan untuk perpindahan ke posisi tertentu sejauh  $e_1$  akan ditemui harga  $e_{1\min}$  dan  $e_{1\max}$ . Besarnya kesalahan random dicari dari harga statistik  $\pm 3\sigma$ .
- (c) *Dead Zone* :
 

Adalah kesalahan yang terjadi dalam mencapai suatu posisi tertentu sejauh  $L_1$  yang ditempuh dari dua arah yang berbeda (berlawanan arah). Kesalahan yang terdeteksi diperlihatkan seperti pada gambar 2.11c. Besarnya Dead Zone merupakan harga rata-rata dari kesalahan  $e_1$  yang masing-masing ditempuh dari arah + dan -.
- (d) *Kemungkinan perpindahan terkecil* :
 

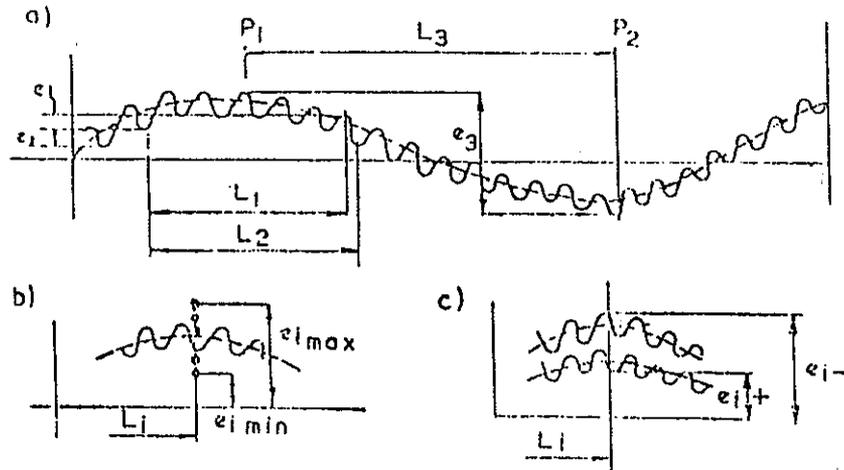
Hal ini penting untuk mengoreksi perpindahan. Misalnya suatu benda kerja digerenda dan pada pengukuran akhir sebelum finishing ternyata masih ada beberapa mikron lagi yang perlu digerenda. Dalam keadaan demikian diperlukan mekanisme dengan sensitivitas yang cukup agar

dapat dilakukan penambahan perpindahan yang sangat kecil.

Perekaman data pengukuran kesalahan perpindahan dapat dilakukan apabila digunakan cara pengukuran analog dengan jangkauan pengukuran yang cukup lebar, atau menggunakan metoda yang

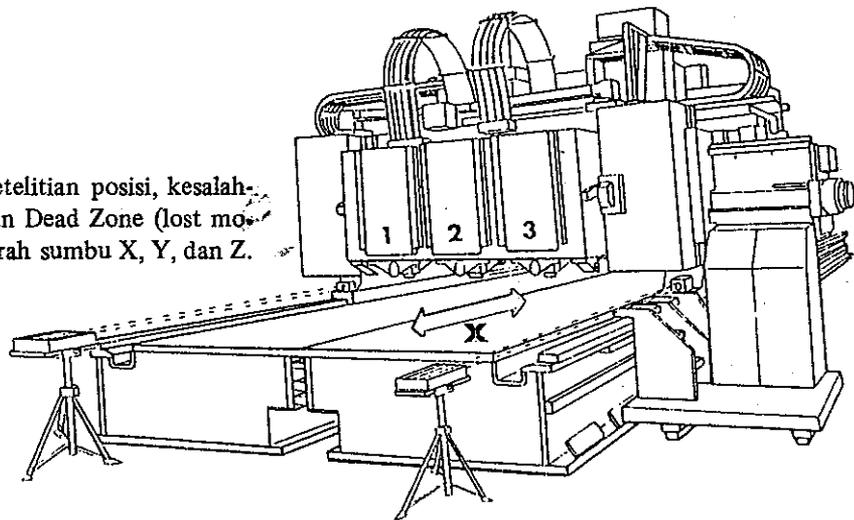
dapat memberikan perbedaan perpindahan dengan jelas yaitu memakai laser interferometer.

Contoh pengukuran ketelitian perpindahan dan penempatan pada mesin perkakas NC dapat dilihat pada gambar 2.12 dan 2.13.

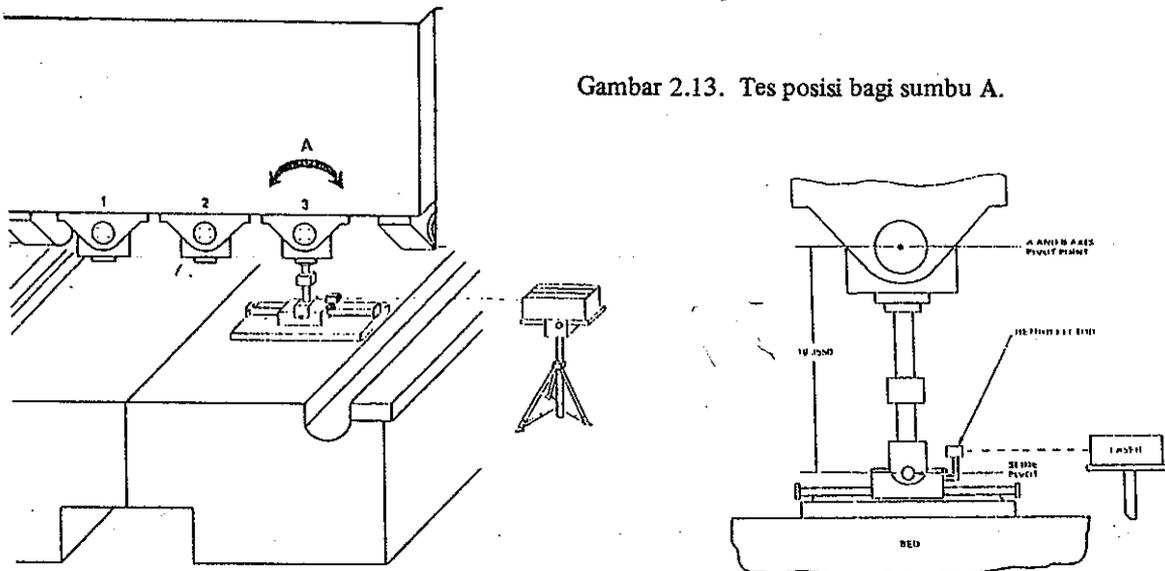


Gambar 2.11. Bentuk khas kesalahan kumulatif.

Gambar 2.12. Pengetesan ketelitian posisi, kesalahan random dan Dead Zone (lost motion) dalam arah sumbu X, Y, dan Z.



Gambar 2.13. Tes posisi bagi sumbu A.



### 3. ASPEK PRESTASI KERJA (PERFORMANCE)

Pengertian prestasi kerja secara umum adalah parameter yang mempengaruhi karakteristik kerja dari seluruh peralatan dari suatu mesin. Dalam arti khusus yang dimaksud dengan prestasi kerja adalah faktor-faktor yang mempengaruhi keluaran (output) dari suatu mesin perkakas (yang menyangkut jumlah produk yang dihasilkan persatuan waktu dan faktor ekonomisnya), di mana pada saat yang sama produk yang dihasilkan masih dapat memenuhi spesifikasi geometri yang ditentukan.

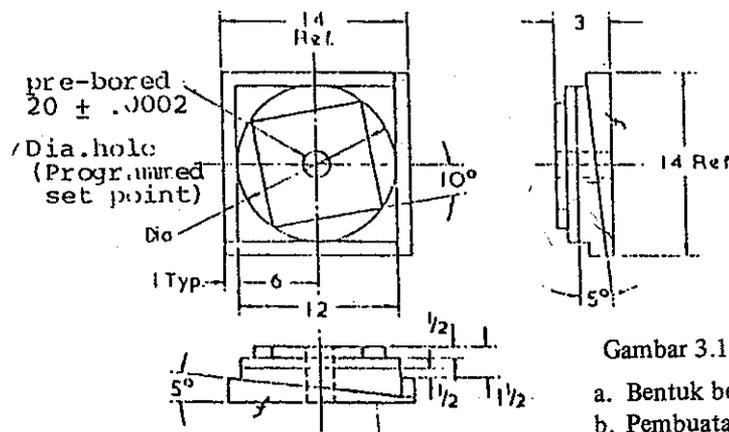
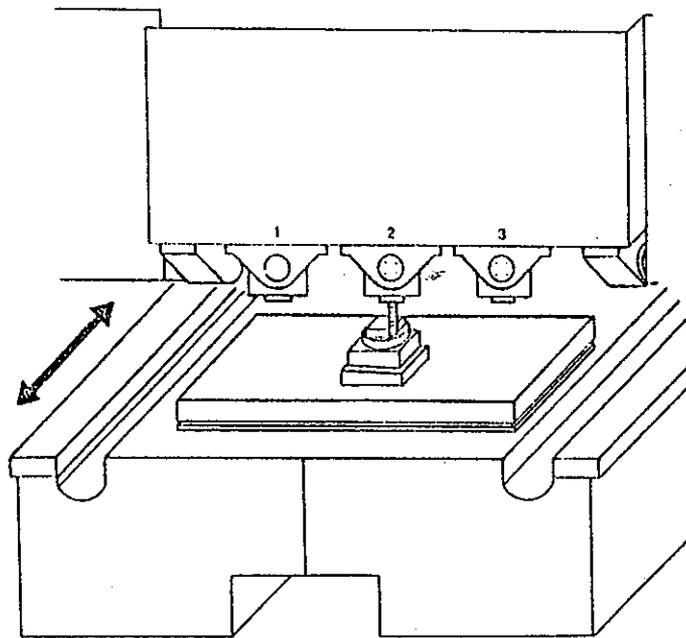
Sebenarnya prestasi kerja dari mesin perkakas tidak hanya tergantung pada mesin perkakas itu sendiri tetapi juga tergantung pada organisasi produksi di lingkungan mesin perkakas itu. Tetapi dalam tinjauan aspek prestasi kerja perhatian hanya ditujukan pada pengaruh yang disebabkan oleh kondisi dari mesin perkakas dan khususnya pada hal-hal yang dapat diukur atau dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu.

Berdasarkan pengertian dalam arti khusus di atas, maka banyak sekali parameter-parameter yang

harus dites dari suatu mesin perkakas. Kelengkapan pengesanan atau parameter-parameter apa yang harus dites karena dianggap penting tergantung sampai sejauh mana aspek prestasi kerja pada mesin perkakas tersebut ingin diketahui. Pengesanan prestasi kerja ini dapat dilakukan pada mesin perkakas klasik maupun NC. Sebagai contoh suatu pabrik pembuat mesin perkakas "gantry milling NC" menyarankan bahwa tes prestasi kerja yang perlu dilakukan pada mesin tersebut meliputi:

- Maksimum Harsepower cut.
- Maksimum Torque Cutting Test.
- End Mill Test in Steel.
- Composite Cutting Test (tes pemotongan bentuk rumit)
- Cone Frustrum Cutting Test.
- Ten Pass Test.
- Reliability Test.

Tes-tes tentang prestasi kerja mesin perkakas yang lainnya yang sering juga dilakukan antara lain meliputi:



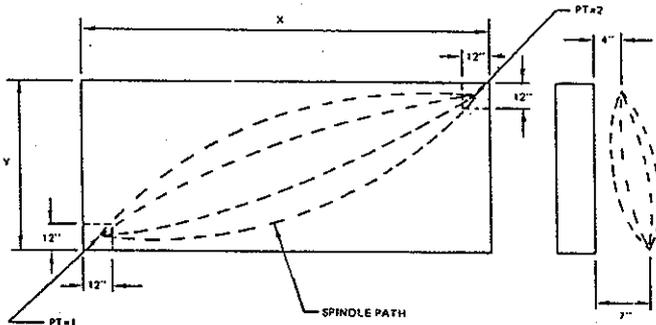
Gambar 3.1.

- a. Bentuk benda kerja NAS 979.
- b. Pembuatan benda kerja NAS 979.

### 3.3. Ten Pass Test

Dilakukan membuat program untuk tes yang dapat menggerakkan spindel dari posisi 1 (PT ≠ 1) ke posisi 2 (PT ≠ 2) melalui 10 lintasan yang berbeda. Setiap lintasan dilalui spindel dari posisi 1 ke 2 pulang-pergi.

Untuk indikator posisi digunakan 6 buah jam ukur, masing-masing 3 buah pada posisi 1 dan 2 yang diatur sesuai dengan arah "X", "Y" dan "Z". Sebelum pengujian dimulai harus dilakukan set-nol yaitu dengan membawa spindel ke posisi 1, kemudian ketiga sensor jam ukur yang menyentuh jam ukur di set nol, begitu pula pada posisi 2. Setelah set nol baru ten pass test dilakukan, dan lintasannya dapat dilihat seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Lintasan spindel pada "ten-pass-test".

Pembuatan program bagi lintasan spindel harus diusahakan agar pada setiap langkah servo yang ada bergerak secara serentak.

Yang perlu diketahui dari hasil penyajian ini adalah besarnya posisi maksimum dalam arah X, Y dan Z pada posisi 1 dan 2. Besarnya variasi ini tidak boleh melampaui suatu harga batas tertentu.

### 3.4. Reliability Test (Tes Keandalan)

Keandalan didefinisikan sebagai kemampuan dari mesin dan kontrolnya untuk dapat bekerja secara memuaskan (melakukan siklus kerja secara otomatis) yang dikontrol secara numeriknya selama selang waktu tertentu.

Dalam salah satu standar uji untuk keandalan suatu mesin perkakas NC, yaitu NAS 913 diformulasikan cara pengujian sebagai berikut :

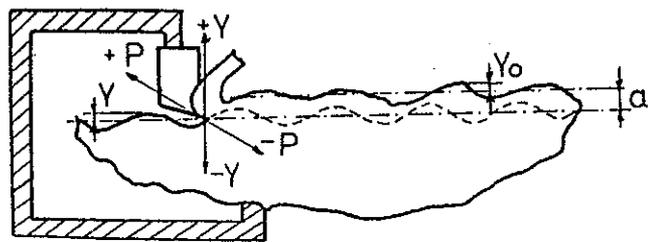
1. Mesin dan sistem kontrolnya harus bekerja mengikuti siklus otomatis yang dikontrol secara numerik dalam periode minimal delapan jam tanpa terjadi satu kegagalan apa pun.
2. Apabila terjadi kegagalan atau kerja tidak sempurna maka pengujian tersebut diulangi dari awal sesuai dengan ketentuan butir 1.
3. Program yang digunakan untuk uji keandalan ini dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menempatkan elemen-elemen mesin perkakas NC tersebut dalam daerah kerjanya dan mencakup juga berbagai kefungsiannya sesuai dengan kompleksitas mesin tersebut.

4. Pada penyelesaian setiap siklus maka siklus tersebut diulangi kembali dalam waktu kurang dari satu menit. Sedangkan pada penyelesaian uji keandalan yang delapan jam ini maka mesin tersebut kembali pada kondisi awal dalam batas-batas toleransi yang diijinkan.

### 3.5. Pengujian Chatter.

Chatter merupakan gejala ketidakstabilan pada proses pemotongan yang timbulnya secara mendadak, ditandai dengan adanya simpangan getaran yang besar serta kebisingan yang tinggi dari mesin perkakas.

Pada dasarnya proses pemesinan dapat disederhanakan seperti gambar 3.3., di mana benda kerja yang berada dalam proses pemotongan mempunyai gelombang permukaan (surface indulation) yang periodik, dan merupakan peninggalan dari proses pemesinan yang terdahulu. Kedalaman pemotongan rata-rata adalah  $a$ .



Gambar 3.3. Penyederhanaan dari suatu proses pemotongan.

Adanya gaya pemotongan ( $P$ ) yang bekerja pada struktur mesin perkakas akan menimbulkan perpindahan ( $Y$ ) di antara pahat dan benda kerja, dan oleh karena perubahan ketebalan dari geram yang terbentuk akibatnya akan terjadi perubahan dari besarnya gaya pemotongan. Sifat siklus tertutup dari proses dapat memberikan petunjuk bahwa pada kondisi tertentu sistem dengan sendirinya dapat menjadi tidak stabil. Proses pemesinan dinyatakan tetap dalam keadaan stabil apabila  $Y$  adalah lebih kecil dari  $Y_0$ . Apabila kondisi pemotongan mengakibatkan  $Y$  dan  $Y_0$  sama besarnya, proses tersebut dinyatakan dalam keadaan batas dari kestabilan. Sedangkan sistem adalah tidak stabil (terjadi chatter) apabila  $Y > Y_0$ .

Karena alasan-alasan tersebut akibatnya pemilihan kondisi pemesinan menjadi terbatas, sehingga kondisi pemotongan optimal berdasarkan umur pahat, produktivitas pemesinan dan "surface finish" kemungkinan tidak dapat dicapai.

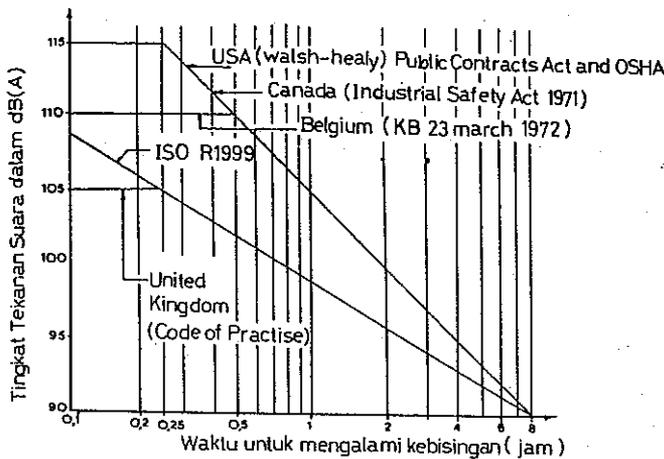
Pengetesan chatter dapat dilakukan dengan melakukan proses pemesinan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi pemotongan dibuat konstan, dan hanya satu faktor saja yang diubah-ubah sebagai variable. Seringkali yang dipakai variabel adalah lebar geram, hal ini pada proses pembu-

butan dilakukan dengan mengubah dalam pemotongan. Pada saat mulai terjadi chatter, proses pemotongan segera dihentikan dan dicatat, kecepatan potongnya (dengan mencatat diameter benda kerja dan putaran spindel) dan dalam pemotongan. Kedalaman pemotongan tersebut ( $t_{lim}$ ) atau ( $b_{lim}$ ) dikatakan sebagai batas kestabilan. Jangan lupa pula mencatat kondisi pemotongan lainnya dan jenis material pahat serta material benda kerja yang digunakan.

#### 4. ASPEK KEBISINGAN (NOISE)

I Kebisingan atau suara adalah suatu gejala getaran yang daerah frekuensinya berkisar dari 16 sampai 16.000 cps atau Hertz (Hz). Kebisingan yang berasal dari suatu mesin adalah merupakan gejala getaran yang kompleks yang tersusun dari bermacam-macam sinyal sinusoidal.

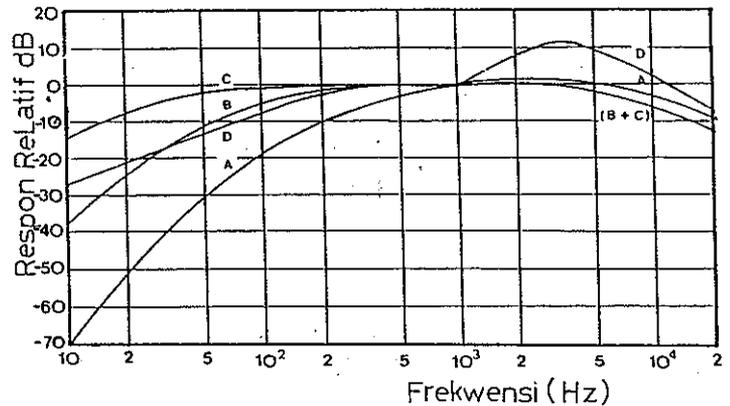
Suara di dalam batas-batas tertentu dapat merupakan bentuk gangguan terhadap kesehatan manusia di sekitarnya. Di dalam suatu pabrik di mana operator bekerja selama 8 jam tanpa menggunakan alat pelindung telinga dan mengalami kebisingan suara terus-menerus maka tingkat kebisingan maksimum yang diijinkan dalam ruangan tersebut adalah: 85 sampai 90 dB (A). Apabila kebisingan melampaui standar di atas maka waktu untuk mengalami kebisingan tersebut harus dipersingkat seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hubungan antara tingkat kebisingan dan waktu untuk mengalami kebisingan yang diperkenankan.

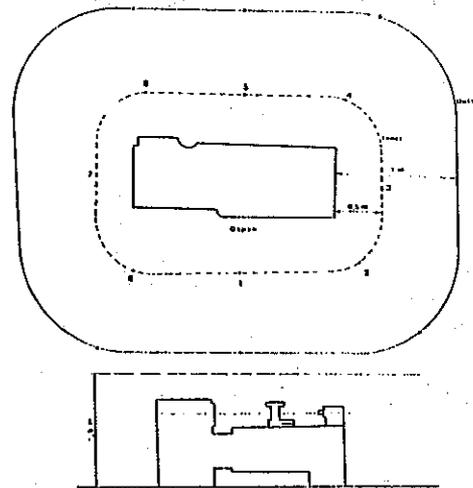
Alat ukur yang digunakan adalah sonometer yang memenuhi standar tertentu (yakni: IEC 179 dan IEC 123). Alat ukur ini harus dikalibrasi baik pada waktu sebelum maupun sesudah percobaan. Pada sonometer terdapat tiga rangkaian "weighting" yaitu A, B, dan C (kadang-kadang D yang digunakan dalam pengukuran kebisingan pesawat terbang). Semua rangkaian weighting dimaksudkan sebagai pendekatan terhadap respon telinga manusia pada berbagai tingkat kebisingan. Weighting A untuk tingkat kebisingan di bawah 55 dB, B untuk tingkat kebisingan antara 55 dB sampai 85 dB dan untuk di atas 85 dB digunakan C. Respon relatif di antara weighting tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2.

Dengan menggunakan penganalisa oktaf, kebisingan dikelompokkan dan masing-masing kelompok mempunyai lebar frekuensi satu oktaf. Tingkat kebisingan masing-masing oktaf inilah yang kemudian diukur. Hal yang perlu diperhatikan pada pengukuran adalah posisi dari titik-titik pengukuran serta harus diukur pula kebisingan latar belakang (lingkungan).



Gambar 4.2. Kurva-kurva yang memperlihatkan respon frekuensi A, B, C dan D.

Di Laboratorium Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin – ITB, pengukuran kebisingan sering dilakukan dengan mengikuti standar BS4182 dan penempatan posisi mikrofon sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Posisi mikrofon pada pengukuran kebisingan mesin bubut.

#### 5. KESIMPULAN

Pengetesan (Acceptance Test) yang dapat dilakukan pada mesin perkakas memang bermacam-macam, tetapi tidak semua pengetesan tersebut harus dilakukan. Pemilihannya terutama tergantung pada kebutuhan atau tujuan dari pengetesan tersebut. Apabila pengetesan mesin perkakas dilakukan sendiri oleh pemakai mesin, harus diingat batasan kemampuan yang ada baik dari segi manusianya maupun peralatan yang tersedia. Kemampuan individu yang melakukan pengetesan tidak hanya meliputi segi ketrampilan saja tetapi dia juga harus mampu untuk mengolah data hasil pengetesan dan

dituntut pula kemampuan penalaran untuk menginterpretasikan hasil pengolahan data tersebut. Kemampuan ini harus ditunjang oleh peralatan yang memadai, karena kualitas dari data yang diperoleh sangat tergantung pada kualitas peralatan yang digunakan selain cara pengukurannya sendiri (skill). Pada lampiran 2 diberikan daftar peralatan yang mungkin diperlukan dalam melakukan acceptance test.

Dalam pemilihan/pembelian suatu mesin perkakas tidak boleh hanya melihat pada spesifikasi yang dapat dilihat pada mesin tersebut, tetapi juga harus diperhatikan faktor lain yang tidak kelihatan yaitu kualitasnya baik ditinjau dari aspek ketelitian geometrinya, prestasi kerjanya, atau keandalannya dan lain sebagainya.

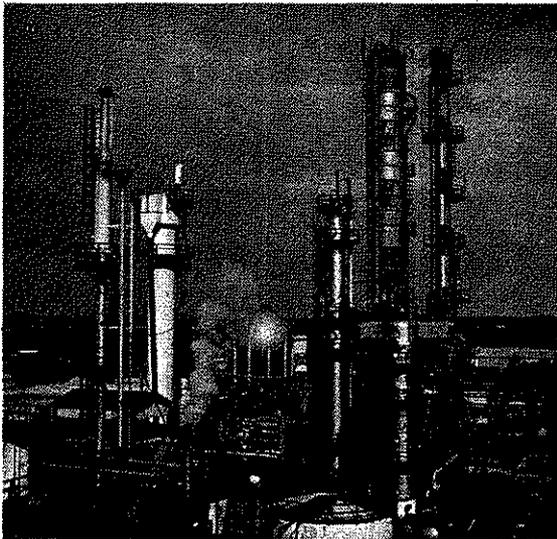
Ada bermacam-macam standar untuk acceptance test bagi mesin perkakas yang dapat diikuti. Sebaiknya dibuat perjanjian untuk penentuan standar yang dianut bagi pengetesan pada saat transaksi jual-beli atau pemesanan antara pembuat mesin dan pemakai. Dengan cara ini pembeli dapat

yakin akan kualitas dari mesin yang dimiliki itu (walaupun mesinnya belum ada).

Tujuan dari acceptance test seperti diterangkan di atas, agar dapat diperoleh keyakinan dalam jual/beli mesin, yang pengetesannya dapat dilakukan di pabrik pembuat atau setelah terpasang atau kedua-duanya. Selain itu untuk tujuan maintenance, dan untuk pengembangan yang dilakukan dalam skala laboratorium.

## 6. S A R A N

1. Kalau acceptance test pada mesin perkakas dilakukan menyangkut berbagai pihak, sebaiknya digunakan standar tertentu.
2. Apabila cara pengetesan tidak dapat dilakukan sesuai dengan yang dianjurkan dalam standar, karena suatu alasan tertentu. Misalnya lubang konis pada spindel tidak standar sehingga tidak dapat dipasang tes mandrel. Maka dapat dicari cara pengetesan yang lain asalkan cara tersebut secara teknis dapat dipertanggung jawabkan.



## PT PETROKIMIA GRESIK (PERSERO)

### PRODUKSI

### AGEN TUNGGAL PESTISIDA

Pupuk ZA, TSP, DAP,  
dan NPK

#### Bahan Kimia:

- \* Asam Sulfat
- \* Amoniak
- \* Oksigen
- \* CO<sub>2</sub> Cair/Es Kering
- \* Nitrogen
- \* Cement Retarder
- \* Aluminium Fluorida
- \* Docthyl Phthalate
- \* Phthalic Anhydride

#### Insektisida:

- \* Diazinon 60 EC
- \* Diazinon 10 G
- \* Mipcin 50 WP
- \* Mipzinon 6/4 G
- \* Basazinon 45/30 EC
- \* Bassa 50 EC
- \* Sherpa 5 EC
- \* Sherpa 2,5 ULV

#### Herbisida:

- \* Saturn-D
- \* Satunil 40/20 EC
- \* Saturin 50/5 EC
- \* Target

#### Fungisida:

- \* Topsin M-70 WP
- \* Delsene MX-200
- \* Benlate T-20

Kantor Pusat: Jl. Jend. Akhmad Yani GRESIK. Kotak Pos: 2. Telp. (0319) 81701-81721-81811 s/d 81814. Telex: 31477 PETROGS IA  
Perwakilan: Jl. Tanah Abang Dua 63 JAKARTA. Kotak Pos: 365. Telp. 353681-353682-340948-340949. Telex: 46352 PETROJK IA

Testing Lathes

11, 12, 13

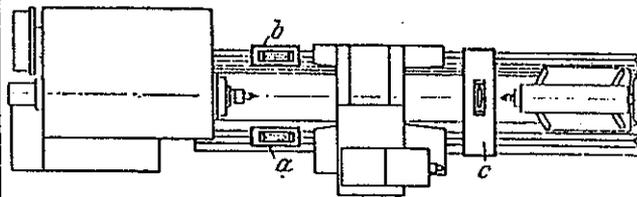
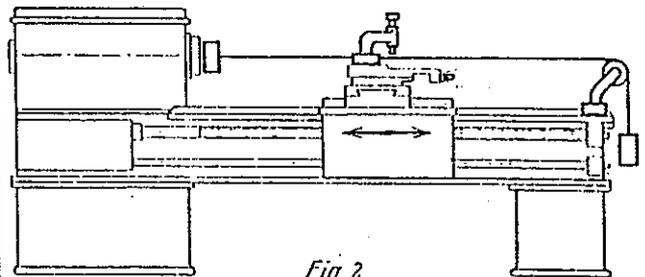
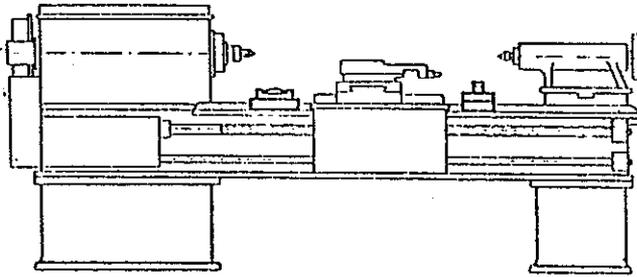


Fig. 1

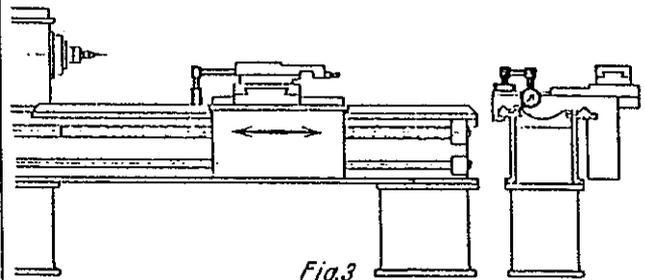


Fig. 3

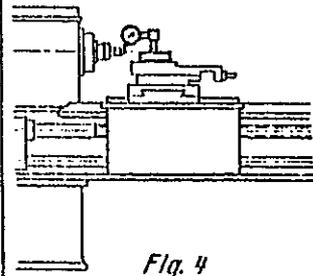


Fig. 4

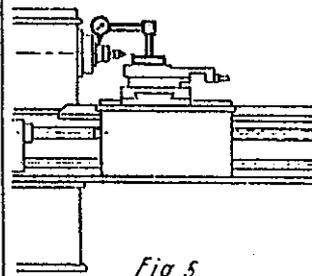


Fig. 5

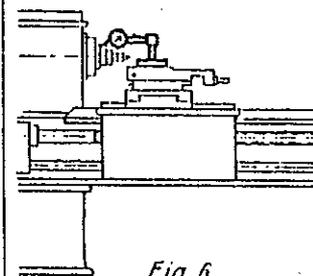


Fig. 6

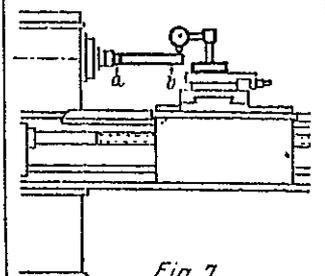


Fig. 7

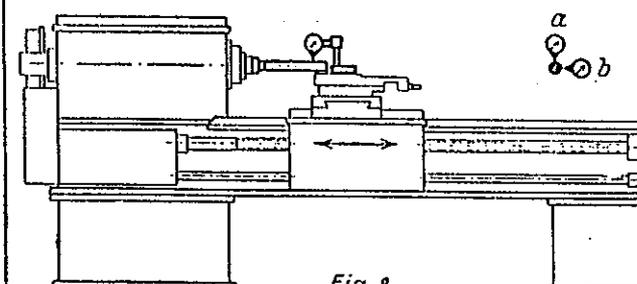


Fig. 8

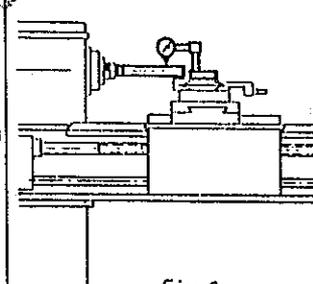


Fig. 9

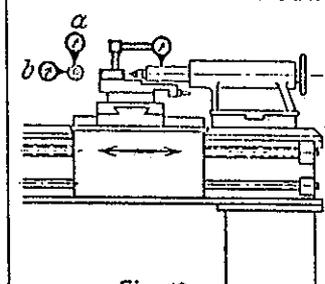


Fig. 10

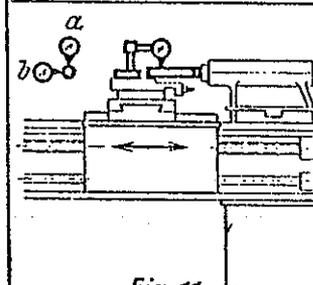


Fig. 11

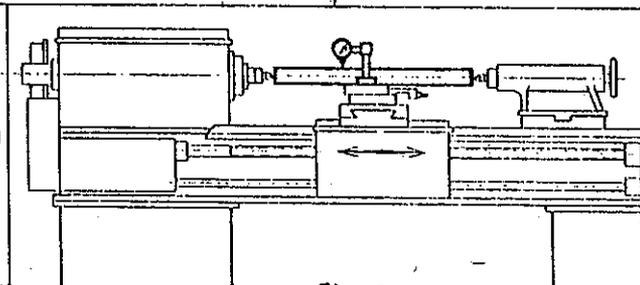


Fig. 12

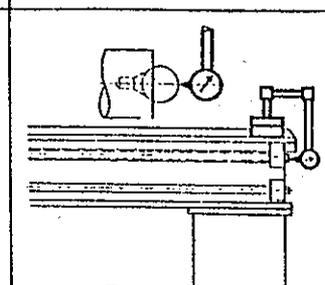


Fig. 13

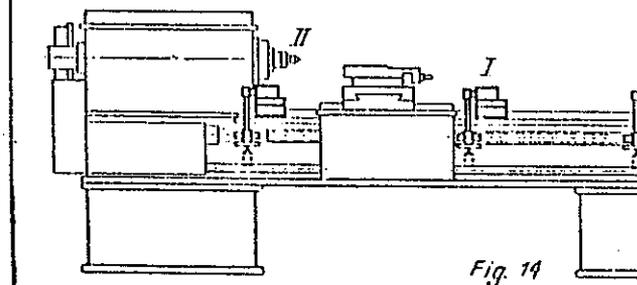


Fig. 14

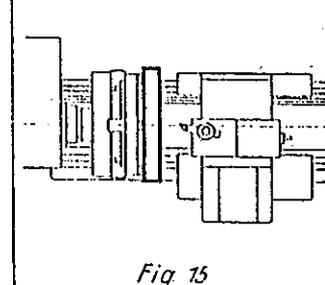
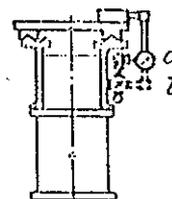


Fig. 15

## DAFTAR PUSTAKA

1. de Beer, Teknologi Pemeliharaan Mesin Perkakas, Lab. Teknik Produksi – Jurusan Teknik Mesin ITB, 1974.
2. UMIST, Specifications and Tools of Metal Cutting Machine Tools, Vol 1, 2, Proceedings of Conference, 19th and 20th, 1970.
3. Yatna Yuwana, Metoda Pengetesan Mesin Perkakas dan Pengetesan Mesin Bubut, Bogor, Tugas Sarjana Jurusan Teknik Mesin – ITB, 1980.
4. Komang Bagiasna, Pengantar Pengujian Ketelitian Geometrik Mesin Perkakas, Lab. Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin – ITB.
5. Sri Hardjoko W dan Yatna Yuwana, Diktat Kuliah Pengantar Mesin Perkakas, Lab. Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin – ITB.
6. Nurjanto, Peta Topografi Meja Rata, Tugas Sarjana Jurusan Teknik Mesin – ITB, 1985.
7. Cincinati Milacron, Machine Evaluation Test Manual for 5 – Axis Gantry Type Profiler, 1984.
8. Georg Schlesinger, Testing Machine Tools, The Machinery Publishing Co., LTD, London, 1970.
9. ISO Recommendation R 230, TEST TOOL CODE, 1st edition, International Standard Organization, Switzerland, 1975.



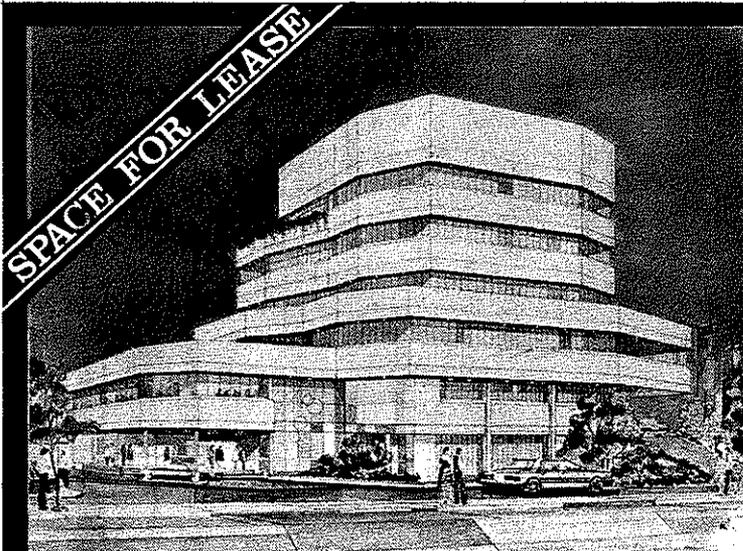
## DAFTAR PERALATAN

### A. Peralatan Mekanik

1. Spirit Level
2. Jam Ukur
3. Tes Mandrel
4. Pupitas (Jam Ukur Tes)
5. Bridge
6. Kawat rentang (taut wire)
7. Blok Ukur
8. Mikrometer Celah
9. Batang sisi lurus
10. Penyiku
11. Height Master

### B. Peralatan Elektronik/Optik

1. Mikroskope
2. Autocollimator
3. Laser interferometer
4. Impulse Precision Sound Level Meter
5. Octave Filter Set
7. Talysurf
8. Watt meter
9. Elektronik Thermometer
10. Force exiter (Vibration Exiter)
11. Excitation Power Amplifier
12. Vibration Transducer
13. Oscilloscope
14. AVO-meter
15. Tracking wave and Spectrum Analyzer
16. X – Y Recorder



Marketing Office  
PT SIER (PERSERO)  
Jalan Rungkut Industri I/1, P.O. Box 4, Surabaya  
Phone (031) 812415 Telex 33138 SIER IA.

## WISMA SIER SURABAYA

to be ready for fitting out Nov 1985

Six storey, first class, multi purpose building, designed for supporting services to Rungkut Industrial Estate.

Centrally sited at a parcel of land of 3,5 ha known as Jalan Rungkut Industri Raya 10. Various sizes of space will be provided for the use of following services : banking (both state and private banks), restaurant, supermarket, insurance, specialty stores (books, drug, stationery, etc.), travel agencies, document handling, consultants, computer center, management and language training, conference, exhibition, and other services to our tenants (200 firms with 35000 workforce) as well as the local community. Gross floor area  $\pm$  9.000 sq meter.

Fully equipped and served with central AC, emergency power generating unit, telephone and telex, fire protection, parking area, 24 hours security, tennis courts, soccerfield, polyclinic, and mosque.

Interested parties, including the ones already sent their letters of intent, are kindly advised to contact us for more information.