

Pemanfaatan Mikroskop Digital untuk Mengamati dan Menganalisa Keausan Insert tools pada Mesin Bubut

J. Pardadi^{1,*}, B. Rahmat¹

¹Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta 55281 Telp. +62-274-521673
*e-mail: pardadi@ugm.ac.id

Abstract

During the workpiece machining process, it is important to estimate the wear of insert tools. The wear of such tools should be noted and then followed up for obtaining the good results of machining and products with precision as designed. The worn insert tools should be replaced so that the quality of the results of the work can be maintained.

In this research, the wear of HSS insert tool of the CNC lathe used for machining steel workpiece (as used for practical work) was investigated, with variations of the rotation = 1000, 1200, and 1400 rpm, the depth of the cut = 0.5, 1.0, and 1.5 mm, and the feeding speed = 75, 100, 125 mm/min. Each of the cutting process variations were applied to process the workpiece having starting diameter of 22 mm. After the completion of the work, the wear of the insert tools was examined by comparing the used tools with the new ones by using a simple comparator and gold scales.

The use of a simple comparator (mini viewer, digital/usb microscope and gold scales) gave varied results. The gold scales with precision up to 0.01 g was still not be able to demonstrate a significant difference between the used insert tools and the new one. On the other hand, mini viewer/usb microscope could show the difference on wear marks on the insert tools. Because the wear marks were too small, however, the relationship between insert tools wear and cutting parameters could not be measured.

Keywords : *Insert tools, CNC Lathe, Simple Comparator, Gold Scales.*

Abstrak

Pada proses pengerjaan benda kerja di mesin perkakas sangatlah penting untuk memperkirakan keausan alat iris yang digunakan. Hal tersebut harus diketahui untuk kemudian ditindaklanjuti demi hasil pengerjaan yang baik dan teliti sesuai dengan yang dirancang. Apabila telah terjadi keausan pada alat iris maka alat iris itu harus diganti/diasah sehingga hasil pengerjaan bisa terjaga kualitasnya.

Pada penelitian ini akan diteliti keausan alat iris insert pada mesin bubut CNC untuk pengerjaan benda kerja besi (seperti yang digunakan untuk praktikum) dengan variasi putaran = 1000, 1200, dan 1400 rpm, kedalaman pemakanan = 0,5, 1,0, dan 1,5 mm, dan kecepatan pemakanan = 75, 100, 125 mm/menit dengan menggunakan Alat Iris Insert HSS. Masing-masing variasi proses pemakanan menggunakan benda kerja dengan diameter awal 22 mm. Kemudian setelah selesai pengerjaan, alat iris di cek keausannya dengan cara dibandingkan dengan alat iris yang masih baru dengan menggunakan komparator sederhana dan timbangan emas.

Penggunaan Komparator sederhana (*mini viewer*, mikroskop digital usb dan timbangan emas) memberikan hasil yang bervariasi. Ketelitian 0.01 gram pada timbangan emas masih tidak dapat menunjukkan perbedaan yang signifikan antara Insert tools sudah digunakan dengan yang baru (dan keausan masih terlalu kecil, di bawah 0.01 gram). *Mini Viewer* dan usb mikroskop sudah

bisa menunjukkan perbedaan tanda/keausan pada insert tools yang digunakan. Tetapi belum bisa terukur karena masih terlalu kecil. Hubungan antara keausan insert tools dengan parameter-parameter pemakanan belum bisa di dapat karena secara visual (dengan kom-parator sederhana dan timbangan emas) belum kelihatan secara signifikan.

Kata kunci: *Insert tools*, Mesin Bubut CNC, Komparator sederhana, Timbangan emas.

1. PENDAHULUAN

Salah satu faktor dalam efisiennya suatu Proses Pengerjaan benda kerja dengan menggunakan mesin perkakas adalah Biaya Alat Iris. Walaupun secara umum penghematan umur alat iris tidak merupakan faktor dominan (optimalisasi “*cutting condition*” lebih dominan), tetapi keausan alat iris tetap harus diperhitungkan. Untuk itu maka sangatlah penting untuk memperkirakan keausan alat iris yang digunakan. Hal tersebut harus diketahui untuk kemudian ditindaklanjuti demi hasil pengerjaan yang baik dan teliti sesuai dengan yang dirancang. Apabila telah terjadi keausan pada alat iris maka alat iris itu harus diganti/diasah sehingga hasil pengerjaan bisa terjaga kualitasnya. Keausan Alat Iris (*insert*) tersebut bisa diketahui dengan cara diukur/dibanding dengan tool yang masih baru.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Belum adanya acuan untuk perkiraan waktu untuk kondisi pemakanan yang tertentu dimana *tool* mulai mengalami keausan.
2. Belum adanya data tentang hubungan antara kondisi pemakanan (*cutting condition*) dengan keausan alat iris.

Batasan masalah dan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

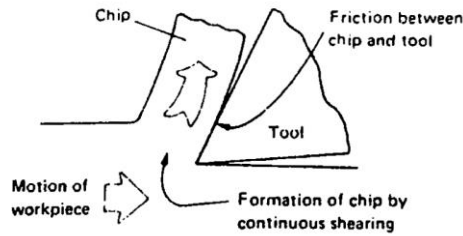
1. Mesin yang digunakan adalah Mesin Bubut CNC ET 242
2. Material yang digunakan adalah besi yang biasanya digunakan untuk bahan praktikum.
3. Menggunakan satu jenis alat iris (*insert*) HSS.
4. Menggunakan variasi putaran = 1000, 1200, dan 1400 rpm,
5. Kedalaman pemakanan = 0,5, 1,0, dan 1,5 mm, dan
6. Kecepatan pemakanan = 75, 100, 125 mm/menit

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Pemanfaatan mikroskop digital sederhana untuk pengamatan keausan alat iris dengan bantuan proyektor (*viewer*)
2. Mendapatkan data hubungan antara keausan *tool* dengan beberapa parameter pemakanan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian di bidang pemotongan logam tidak dilakukan sampai kurang lebih 70 tahun setelah mesin perkakas dikenal. Penelitian awal tentang pemotongan logam dimulai oleh *Cocquilhat* pada 1851, terus berkembang hingga akhirnya *Mallock* pada tahun 1881 menyatakan bahwa proses pemotongan pada dasarnya adalah menggeser bahan benda kerja ke bentuk tatal seperti gambar berikut :



Gambar 1. Model Proses Pemotongan (Boothroyd, 1975)

Taylor (1906), menerbitkan tulisan sebagai hasil penelitiannya selama 26 tahun yang membahas tentang aplikasi sistem benda kerja pada mesin perkakas. Sejumlah penelitian Taylor adalah tentang efek bahan alat iris dan *cutting conditions* pada umur alat iris selama proses pemotongan awal (kasar). Obyek yang utama adalah menentukan hukum empiris yang akan memberikan *cutting condition* yang optimum. Dengan mengkom-binasikan proses *heat treatment* versi Taylor – White yang menghasilkan alat iris potong untuk kecepatan tinggi dengan hasil penelitian empiris untuk mengembangkan metoda di bengkel, Taylor ternyata berhasil menaikkan produksi bengkel mesin dari Persahaan Baja *Bethlehem* dengan 500%. Hukum empiris dari Taylor yang mengatur hubungan antara *cutting speed* dan umur alat iris yang dianjurkan oleh Taylor sampai sekarang masih digunakan dan dipakai sebagai dasar berbagai studi tentang ekonomi proses permesinan. Salah satu penemuan dasar yang dibuat oleh Taylor adalah bahwa suhu yang timbul pada ujung alat iris akan sangat mempengaruhi laju keausan alat iris. *Cutting speed* sendiri dirumuskan sebagai berikut :

$$CS = \frac{\pi DN}{60.000} \text{ m/detik} \quad (1)$$

dengan

D = diameter benda kerja dalam mm

N = RPM

Cutting speed yang dianjurkan untuk berbagai material secara umum bisa dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 1. Daftar *cutting speed* yang dianjurkan, m/menit (Begeman, 1979)

Bahan	HSS		Karbida	
	Finishing	Roughing	Finishing	Roughing
Baja Pemotong Bebas, 1112, 1315	75-110	25-45	185-230	110-140
Baja Karbon. 1010, 1025	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja Menengah, 1030,1050	60-85	20-40	140-185	75-120
Baja Nikel, 2330	60-85	20-35	130-170	70-100
Chrom Nikel, 3120, 5140	45-60	15-25	100-130	55-80
Besi Cor Kelabu Lunak	40-45	25-30	110-140	60-125
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90
Plastik	90-150	30-60	120-200	45-75

- a. Kedalaman pemakanan = 0,38 – 2,39 mm, *feed* = 0,13 – 0,38 mm/putaran
 - b. Kedalaman pemakanan = 4,75 – 9,53 mm, *feed* = 0,75 – 1,27 mm/putaran
- Biasanya perusahaan-perusahaan yang memproduksi alat iris juga akan mengeluarkan *cutting condition* yang dianjurkan untuk produk-produk mereka secara umum.

Keausan dan Umur Alat Iris

Umur alat iris, secara umum digunakan untuk mengevaluasi kemampuan pengerjaan/proses produksi yang akhirnya berhubungan dengan biaya pengerjaan/proses. Umur alat iris bisa didapat dengan berbagai cara, tetapi secara umum bisa dibagi menjadi 2 cara :

1. Melihat Keausan pada daerah tertentu dari *tool face* dan *tool flank*
2. Kerusakan pada ujung alat iris, kerusakan mekanis dan kerusakan karena panas.

Pada proses pemotongan logam dikenal 3 bentuk keausan yaitu *adhesion*, *abrasion*, dan *diffusion*.

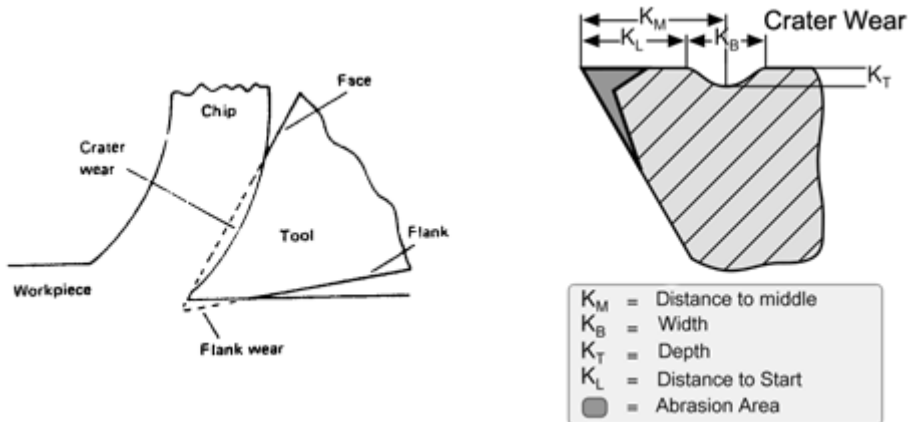
Kontak antara tatal dan bahan alat iris akan berbentuk seperti pada Gambar 1, ketika kontak tersebut lepas/tatal patah maka bahan alat iris bisa terkelupas dan ikut terbawa keluar bersama tatal. Kejadian ini yang disebut dengan **Keausan *adhesion***.

Keausan *abrasion* terjadi ketika partikel keras dari tatal melewati *face* dari alat iris dan membawa pergi bahan alat iris secara mekanis (proses abrasi).

Pada pemotongan logam, terjadi kontak yang kuat antara bahan benda kerja dengan alat iris. Hal ini akan menimbulkan temperatur yang tinggi, **difusi** bisa terjadi dimana atom berpindah dari alat iris ke bahan benda kerja. Ini terjadi pada daerah reaksi yang sangat sempit pada permukaan di antara ke dua bahan dan mengakibatkan kelemahan pada struktur permukaan alat iris.

Keausan *tool* merupakan kerusakan bertahap dari *tool* itu sendiri karena operasi yang normal. Tipe dari keausan :

- a. ***flank wear***, di mana bagian dari *tool* yang kontak dengan benda kerja terkikis/erosi. Kawah memakai di mana kontak dengan chip mengikis wajah menyapu.
- b. ***crater wear***, dimana bagian dari *tool* yang kontak dengan tatal terkikis di permukaan *rake*. Hal ini masih bisa dikatakan normal untuk keausan *tool*, dan tidak merupakan sesuatu penurunan kualitas penggunaan *tool* sampai terjadi kerusakan yang serius pada ujung potong *tool*. Hal ini bisa disebabkan karena *spindle speed* yang terlalu rendah atau *feed rate* yang terlalu tinggi.
- c. ***built-up edge***, dimana material yang dikerjakan menempel di sisi-iris/ujung *tool*. Sejumlah material (misal, *aluminum* dan *copper*) mempunyai kecenderungan untuk melunak dan menempel ke *cutting edge* dari *tool*. Ini sering terjadi pada sebagian besar logam yang lunak dengan titik lebur yang “rendah”. Hal ini bias dicegah dengan menaikkan *cutting speeds* dan menggunakan pendingin/pelumas. Pada saat *drilling*, bisa terlihat sebagai ring yang gelap dan mengkilap.
- d. ***Glazing***, terjadi pada roda gerinda dan muncul saat *abrasive* yang terluar mulai tumpul. Ini terlihat mengkilap saat roda gerinda berputar.
- e. ***edge wear***, pada drills, mengacu pada keausan sisi luar dari *drill bit* di sekitar permukaan sisi iris yang disebabkan karena *cutting speed* yang terlalu tinggi. Ini akan meluas ke bagian bawah dari *drill flutes*, dan untuk memperbaiki perlu membuang material yang cukup banyak dari *drill bit*.



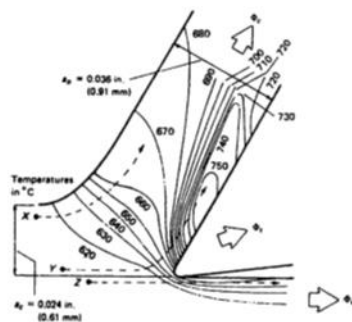
Gambar 2. Daerah Keausan Alat Iris pada proses pemotongan logam (Boothroyd,1975)

Efek dari keausan *tool* termasuk :

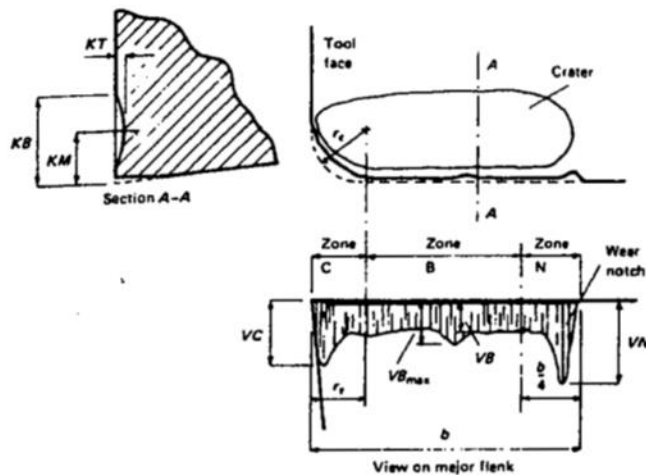
- Meningkatnya gaya potong
- Meningkatnya suhu pemotongan
- Surface finish yang jelek
- Menurunnya ketelitian/toleransi dari benda kerja hasil pemotongan.
- Merupakan awal dari kerusakan *tool*.
- Menyebabkan perubahan pada geometri *tool*.

Keausan pada permukaan alat iris (*tool face*) disebabkan karena aksi dari tatal yang bergeser melewati permukaan alat iris. Dari Gambar 3, terlihat bahwa temperatur tertinggi yang timbul terjadi pada permukaan alat iris (*tool face*); pada kecepatan potong yang tinggi, temperatur ini bisa mendekati 1000°C . Di bawah kondisi temperatur yang tinggi ini, alat iris HSS akan menjadi aus dengan sangat cepat karena proses pelunakan bahan alat iris akibat suhu tinggi.

Keausan pada *flank* disebabkan karena adanya gesekan antara permukaan benda kerja yang baru saja dikerjakan dengan area kontak pada *flank* alat iris. Karena kekokohan benda kerja, area ujung pahat yang aus yang disebut dengan *flank wear land* harus sejajar dengan arah pemotongan (seperti terlihat pada Gambar 2). Dengan menggunakan mikroskop, bisa diukur lebar daerah keausan pada *flank*.



Gambar 3. Distribusi temperatur pada benda kerja dan tatal selama pemotongan untuk baja dengan kecepatan potong 0,38 m/detik, lebar pemotongan 6,35 mm dan *rake angle* 30° (Boothroyd,1975)



Gambar 4. Keausan alat Iris *single point* pada proses pemotongan dengan mesin bubut (Draft Proposal ISO ke-5, ISO/TC 29WG 22)

Pada operasi permesinan, keausan dari *face* dan *flank* dari alat iris tidaklah uniform sepanjang ujung potong alat iris yang aktif. Seperti terlihat pada Gambar 4, timbul sejumlah variasi *cratering* sepanjang ujung potong yang aktif dan kedalaman *crater* (potongan A – A). Lebar keausan *flank* pada sudut alat iris (daerah C) ditunjukkan oleh VC. Pada ujung yang lain dari ujung potong aktif (daerah N), *wear notch* akan sering muncul karena pada daerah ini bahan benda kerja cenderung mengalami pengerasan pada proses pengerjaan sebelumnya. Lebar daerah keausan pada *wear notch* ditunjukkan oleh VN. Pada daerah tengah (daerah B), keausan hampir merata. Meskipun demikian, tetap terjadi variasi lebar keausan dengan rata-ratanya ditunjukkan oleh VB dan maksimumnya ditunjukkan oleh VB_{maks}.

Kriteria yang direkomendasikan oleh ISO untuk umur efektif alat iris dari HSS atau keramik adalah :

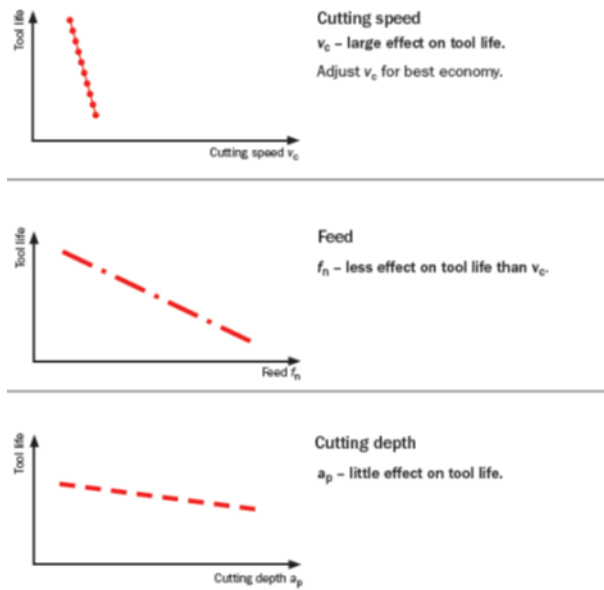
1. Kerusakan yang parah atau
2. VB = 0,3 mm, bila *flank* aus secara normal pada daerah B atau
3. VB_{maks} = 0,6 mm, *flank* aus secara tidak normal, tergores dalam daerah B

Bila bahan benda kerja, bahan alat iris, dan bentuk alat iris dipilih secara khusus, maka faktor yang paling dominan yang mempengaruhi umur alat iris adalah *cutting speed*.

$$\frac{v}{v_t} = \left(\frac{t_r}{t}\right)^n \quad (2)$$

dimana

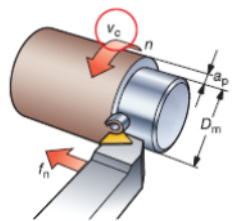
- n = konstanta
- v = *cutting speed*
- t = umur alat iris
- v_r = acuan *cutting speed* sesuai dengan acuan umur alat iris t_r



Gambar 5. Pengaruh *Cutting Speed*, *Feed rate*, dan *Cutting Depth* terhadap *Tool Life*

Effects of cutting speed

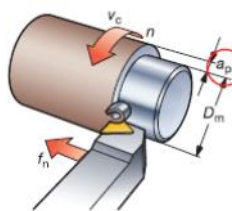
The single largest factor determining tool life



- Too high**
- Rapid flank wear
 - Poor finish
 - Rapid cratering
 - Plastic deformation

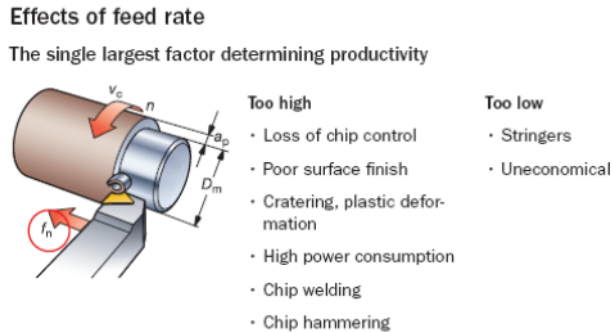
- Too low**
- Built-up edge
 - Uneconomical

Effects of depth of cut



- Too deep**
- High power consumption
 - Insert breakage
 - Increased cutting forces

- Too small**
- Loss of chip control
 - Vibrations
 - Excessive heat
 - Uneconomical



Gambar 6. *Trouble Shooting Efek Cutting Speed, Feed rate, dan Depth of Cut*

Untuk mengurangi keausan *tool*, bisa dengan menggunakan pelumas dan pen-dingin pada saat pengerjaan/pemotongan. Hal ini akan mengurangi gesekan (*friction*) dan suhu yang akan mengurangi keausan *tool*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan dan perhitungan-perhitungan adalah sebagai berikut :

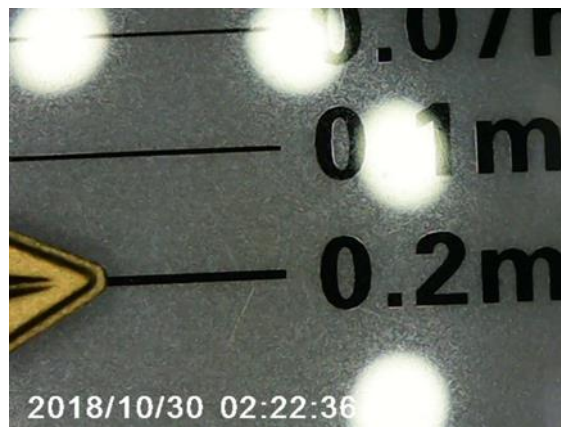
1. Penggunaan Timbangan emas dengan ketelitian 0,01 gram untuk mengetahui perbedaan berat *insert tools* yang sudah digunakan dengan yang baru ternyata masih belum menunjukkan perbedaan berat. Ini mungkin disebabkan karena keausan yang masih terlalu tipis sehingga perbedaan berat masih di bawah 0,01 *gram*.
2. Pengamatan dengan menggunakan Komparator sederhana sudah bisa terlihat keausan *insert tools* yang sudah digunakan. Tetapi keausan ini juga belum bisa terukur karena masih terlalu kecil.



Gambar 7. *Insert yang masih baru, pandangan atas*



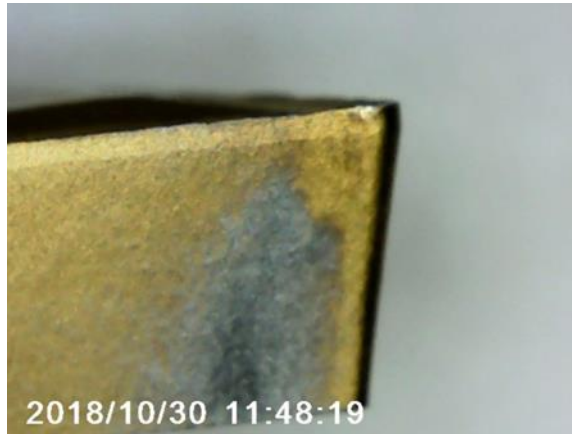
Gambar 8. *Insert* yang masih baru, pandangan samping



Gambar 9. *Insert* yang masih baru, dgn latar belakang garis pembanding



Gambar 10. *Insert* yang sudah digunakan, pandangan atas



Gambar 11. *Insert* yang sudah digunakan, pandangan samping



Gambar 12. *Insert* yang sudah digunakan, dengan latar belakang garis pembanding

4. KESIMPULAN

Penggunaan Komparator sederhana (*Viewer mini, mikroskop digital usb* dan timbangan emas) memberikan hasil yang bervariasi. Ketelitian 0.01 gram pada timbangan emas masih tidak dapat menunjukkan perbedaan yang signifikan antara *Insert tools* sudah digunakan dengan yang baru (dan keausan masih terlalu kecil, di bawah 0.01 gram). *Mini Viewer* dan *usb mikroskop* sudah bisa menunjukkan perbedaan tanda/ keausan pada *insert tools* yang digunakan. Tetapi belum bisa terukur karena masih terlalu kecil.

Hubungan antara keausan *insert tools* dengan parameter-2 pema-kanan belum bisa di dapat karena secara *visual* (dengan kom-parator sederhana dan timbangan emas) belum kelihatan secara signifikan

5. DAFTAR PUSTAKA

- Boothroyd, G., *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*, International Student Editions, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, 1975.
- Begeman, L., *Manufacturing Processes*, John Wiley & Sons, New York, 1977.

- Takeshi, G., Menggambar Mesin, Association for International Technical Promotion, Tokyo, 1981.
- Tungaloy, Turning & Boring Tools, Toshiba Tungaloy Co., Ltd., Japan, 1991.
- Tizit, - , Tizit Scanplan, Tizit, Plansee, Austria
- Sandvik Coromant, - , Turning Handbook, Sandviken, Sweden.
- Sandvik Coromant, - , Training Handbook, Sandviken, Sweden.
- Pardadi, J., Pengaruh Kecepatan dan Ketebalan Pemakanan terhadap Keausan Alat Iris serta Benda Kerja yang dihasilkan dengan Menggunakan Mesin Bubut CNC ET 242, Forum Teknik vol. 29, no 1, Januari 2005, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.