

## ABSTRAK

Proses Pemesinan merupakan salah satu proses untuk menghasilkan produk dengan cara memotong material dengan mempergunakan pahat yang terpasang pada mesin perkakas. Tujuan utama proses pemesinan dipilih sebagai proses produksi adalah untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan ketelitian yang diinginkan (sesuai dengan spesifikasi). Proses pemesinan yang baik (optimum) mempunyai ongkos dan waktu produksi yang paling rendah, serta kecepatan penghasilan keuntungan yang paling tinggi. Untuk menaikkan produktivitas, maka perlu diusahakan pengecilan waktu produksi yaitu dengan jalan memperkecil waktu nonproduktif. Waktu nonproduktif mungkin masih dapat diperkecil dengan menggunakan perkakas bantu yang dipasangkan pada mesin perkakas. Pengujian kemampuan proses pemesinan dengan menggunakan perkakas bantu yang dilakukan untuk mengetahui apakah perkakas bantu tersebut memenuhi tujuan utama proses pemesinan yaitu ketelitian produk yang dihasilkan serta waktu produksi yang optimum. Penelitian ini memberikan nilai karakteristik ketelitian dan waktu produksi dari produk yang diuji dengan menggunakan perkakas bantu tersebut dan membandingkan dengan produk yang dimesin tanpa menggunakan perkakas bantu.

## PENDAHULUAN

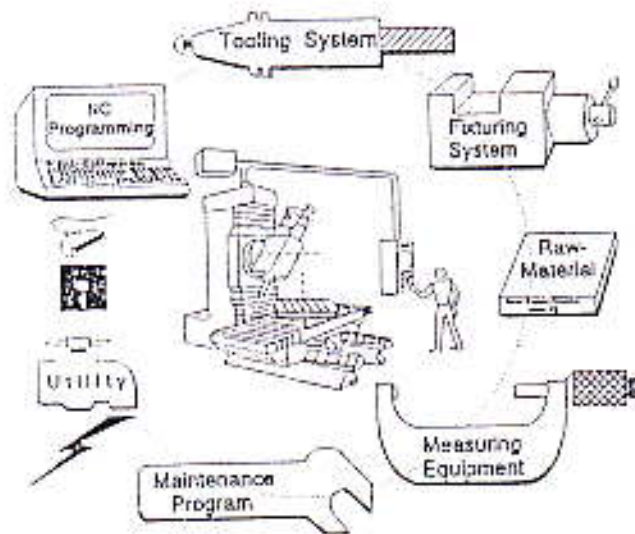
Dalam industri manufaktur tujuan utama adalah untuk menghasilkan produk melalui serangkaian kegiatan proses produksi. Menurut *Coco Ibrahim, 1987* ; Proses produksi dapat digambarkan sebagai suatu sistim masukan – keluaran (lihat Gambar 1).



Gambar 1 : Sistim Proses Produksi

Dimana masukan berupa faktor produksi yang terdiri dari material, tenaga kerja, mesin, modal dan informasi teknologi. Sedangkan sebagai pengubah atau transformasi adalah proses produksi yang terdiri dari cara-cara atau proses untuk menghasilkan produk dan hasil keluaran berupa produk. Istilah produk disini dalam arti yang lebih spesifik dalam industri manufaktur yaitu komponen, suku cadang (spare part) dan peralatan (equipments).

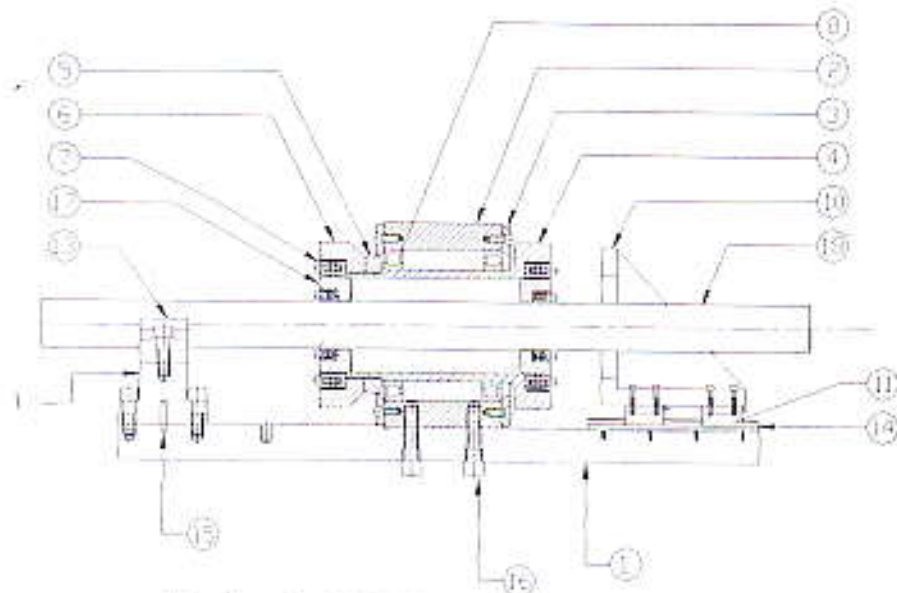
Salah satu faktor produksi adalah penggunaan mesin untuk melakukan kegiatan proses produksi. Misalnya untuk melakukan proses pemesinan digunakan mesin perkakas kontrol numerik. Untuk meningkatkan kemampuan mesin perkakas kontrol numerik dalam melakukan proses pemesinan, maka mesin harus didukung oleh suatu sistim pengoperasian yang baik (*Taufiq Rochim, 1993*) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.



**Gambar 2 : Sistem pendukung pengoperasian mesin perkakas kontrol numerik**

Sistem pendukung pengoperasian mesin perkakas kontrol numerik terdiri dari ; Pemrograman Kontrol Numerik (Numerically Control Programming), Sistem Pemerkakasan (Tooling System), Sistem Perkakas Bantu (Fixture System), Peralatan Pengukuran Produk (Measurement Equipment), Bahan Mentah (Raw Material), Keperluan air, udara bertekanan, oli, minyak dll. (Utility), Program Perawatan Mesin (Maintenance Programme).

Pada Labor Inti Teknologi Produksi Jurusan Teknik Mesin FT-UA telah dikembangkan beberapa perkakas bantu dan memiliki mesin perkakas kontrol numerik yang canggih yang mempunyai kemampuan melakukan berbagai macam proses pemesinan. Dalam riset ini dilakukan pengujian kemampuan perkakas bantu yang telah dikembangkan dan dibuat yaitu *Block Indexer* (lihat Gambar 3) untuk mendukung pengoperasian proses pemesinan.



**Gambar 3 : Perkakas Bantu *Block Indexer***  
(Keterangan nomor komponen lihat gambar lampiran)

Yang menjadi masalah dalam penelitian ini adalah apakah perkakas bantu tersebut mampu mendukung pengoperasian proses pemesinan dengan baik yaitu dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan ketelitian (spesifikasi) yang diinginkan serta waktu produksi yang rendah.

Penelitian ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui dan memperoleh informasi serta karakteristik dari kemampuan mesin yang dimiliki untuk melakukan proses pemesinan. Dan dari hasil penelitian ini diharapkan Labor Inti Teknologi Produksi Jurusan Teknik Mesin FT-UA mempunyai pengetahuan dan teknologi untuk membuat komponen-komponen, suku cadang dan peralatan mekanik yang bisa dipasarkan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode eksperimen (pengujian), yaitu mengoperasikan penggunaan perkakas bantu *Block Indexer* di atas meja mesin perkakas kontrol numerik MC-520. Pengujian dilakukan secara bertahap sebagai berikut :

- a. Tahap 1, yaitu menset-up perkakas bantu *Block Indexer* di atas meja mesin.
- b. Tahap 2, yaitu melakukan jenis-jenis operasi proses pemesinan sesuai kemampuan proses pemesinan yang bisa dilakukan oleh mesin perkakas.
- c. Tahap 3, yaitu melakukan pengujian ketelitian geometri dari produk/komponen yang dibuat. Ketelitian geometri meliputi dimensi, bentuk dan kehalusan permukaan. Pengujian kehalusan permukaan tidak dilakukan karena kehalusan permukaan tidak begitu dipengaruhi oleh perkakas bantu.
- d. Tahap 4, yaitu pembahasan data hasil pengujian

## TINJAUAN PUSTAKA

Proses pemesinan atau proses pemotongan logam dengan menggunakan pahat (perkakas potong) pada mesin perkakas merupakan salah satu dari lima macam proses produksi. Menurut *Taufiq Rochim, 1993* definisi proses pemesinan adalah merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah suatu bentuk produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong, yaitu dengan menggunakan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas. Terjadinya pemotongan karena adanya gerakan relatif antara pahat dengan benda kerja.

Berdasarkan gerakan relatif antara pahat dengan benda kerja yang dipotong dapat diklasifikasikan jenis proses pemesinan yaitu ; membubut (turning), mengefreis (milling), menggurdi (drilling), mengetam (shaping), menggerinda (grinding) dan menggergaji (broaching).

Proses-proses pemesinan ini bisa dilakukan pada mesin perkakas. Mesin perkakas berdasarkan pengendalian operasinya dapat dibagi atas dua jenis yakni ; pertama mesin perkakas biasa (*universal*) dengan kendali operator. Kedua mesin perkakas kontrol numerik (*Numerically control machine tool – NC Machine Tool*) yang dikendalikan dengan menggunakan komputer (*NC Programming*).

Dalam penelitian ini digunakan mesin perkakas jenis kontrol numerik yaitu Mesin Perkakas Kontrol Numerik STAMA-MC 520 yang mampu melakukan beberapa proses pemesinan sekaligus, yakni ; mengefreis, menggurdi, meluaskan lubang dan mengetap.

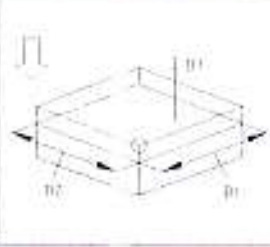
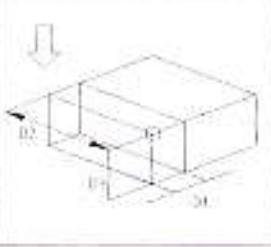
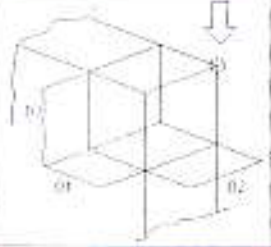
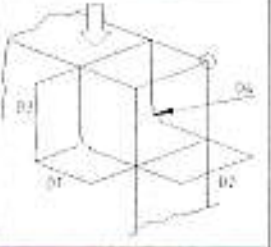
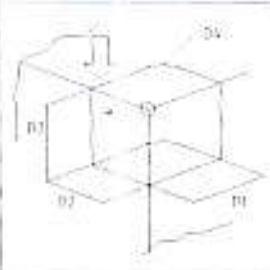
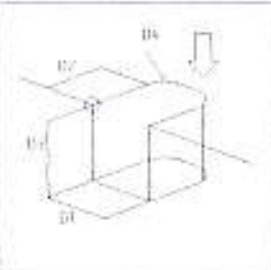
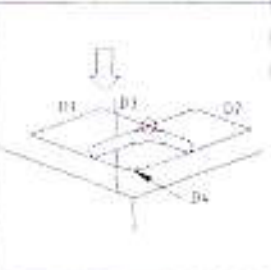
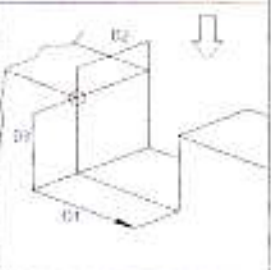

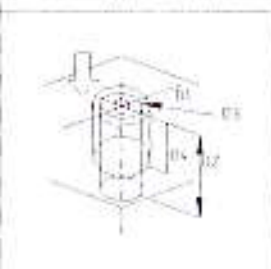
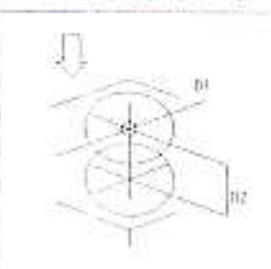
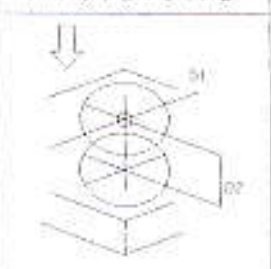
Perkakas bantu seperti yang telah disebutkan pada Pendahuluan adalah sebagai alat pendukung sistem operasi proses pemesinan pada mesin perkakas. Secara prinsip perkakas bantu berfungsi sebagai alat untuk melokasikan dan mencekam benda kerja dalam ruang (meja) kerja mesin perkakas untuk produksi seri/masal (*Coco Ibrahim, 1986*).

Secara khusus atau untuk tujuan lain perkakas bantu juga berfungsi sebagai alat untuk mengurangi waktu *set-up* benda kerja di atas meja mesin dan untuk mengerjakan benda kerja-benda kerja dengan bentuk yang bervariasi/kompleks dalam jumlah yang kecil, dalam hal ini dirancang perkakas bantu khusus.

Dalam penelitian yang dilakukan digunakan perkakas bantu khusus yang telah dikembangkan dan dibuat yaitu *Block Indexer* (lihat Gambar 3) yang ditempatkan di atas meja Mesin Perkakas STAMA-MC 520 yang berfungsi sebagai pemegang dan melokasikan bahan baku berbentuk batang silinder padat untuk membuat produk berbentuk blok-blok empat persegi. Gambar 4 memperlihatkan bentuk-bentuk proses pemesinan yang bisa dilakukan pada blok-blok tersebut.

Prinsip kerja dari perkakas bantu ini adalah menggunakan bahan berbentuk batang silinder padat, bahan batangan dijepit dengan menggunakan pemegang utama (*main clamp*) yang sekaligus berfungsi untuk memutar. Pada bagian ujung, dimana komponen akan dimesin, diperkuat dengan sebuah *sub clamp* yang bisa menyenter sendiri. *Sub clamp* ini nanti akan berfungsi sebagai pemegang tunggal setelah bendakerja dipisahkan dari batang.

Dengan menggunakan perkakas bantu khusus ini sebuah komponen yang akan dibuat dalam berbagai geometri bisa langsung dimesin tanpa memerlukan perkakas bantu lain, persiapan, pergantian *set-up* dan pembongkaran.

FACE	SIDE	SQUARE STEP	ROUNDED STEP
			
2 SIDE POCKET	3 SIDE POCKET	4 SIDE POCKET	SQUARE SLOT
			
DRILLED HOLE	TAPPED HOLE	BLIND BORE	THROUGH BORE
			

Gambar 4 : Jenis-jenis pemesinan pada blok

## **Pengujian Kemampuan Proses Pemesinan Menggunakan Perkakas Bantu *Block Indexer***

Pengujian kemampuan yang dilakukan meliputi pengujian ketelitian geometri dan waktu produksi dari komponen yang telah dimesin. Pengujian ketelitian geometri yaitu ketelitian dimensi dan bentuk (kerataan, kelurusan, ketegaklurusan, kesejajaran dan kebulatan). Pengujian waktu produksi (waktu pemotongan dan waktu non produktif) yaitu waktu non produktif yang meliputi waktu yang diperlukan untuk memposisikan dan melokasikan bendakerja, pemasangan dan pembongkaran benda kerja. Sedangkan waktu pemotongan yaitu waktu yang diperlukan untuk memotong bendakerja menjadi komponen yang diinginkan akan sama antara memakai dan tanpa perkakas bantu untuk komponen yang sama. Waktu pemotongan ini tidak dilakukan pengujiannya.

### **Cara Pengujian Ketelitian Dimensi, Kerataan, Kelurusan, Ketegaklurusan, Kesejajaran dan Kebulatan**

Pengujian ketelitian dilakukan dengan menggunakan alat ukur dimensi dan bentuk yang disebut juga dengan proses pengukuran ketelitian dimensi dan bentuk. Yang dimaksud dengan ketelitian adalah sesuatu yang menyatakan tingkat mendekati nilai nominal atau ideal atau suatu nilai yang dianggap benar.

**Ketelitian dimensi**, dimensi yang teliti adalah dimensi yang memberikan hasil pengukuran yang mendekati nilai dimensi yang dianggap benar. Pengukuran dimensi digunakan alat ukur linier seperti jangka sorong atau mikrometer. Untuk pengukuran dengan ketelitian yang tinggi digunakan alat ukur yang mempunyai resolusi yang lebih tinggi.

**Ketelitian kelurusan**, adalah bila jarak antara setiap titik pada garis tersebut terhadap dua bidang saling tegak lurus dan paralel terhadap garis itu, lebih kecil dari suatu harga batas yang tertentu untuk masing-masing bidang tersebut. Untuk mengetahui ketelitian kelurusan dilakukan analisis kelurusan sebuah garis yang terbentuk dari sekumpulan titik-titik pada jarak tertentu terhadap dua bidang saling tegak lurus dan paralel terhadap garis itu. Jarak titik-titik tersebut diukur dengan menggunakan alat ukur pembanding (*dial indicator*).

**Ketelitian ketegaklurusan**, Dua garis atau bidang yang berpotongan sehingga membentuk sudut  $90^{\circ}$  disebut saling tegak lurus. Dua bidang atau dua garis dikatakan tegaklurus bila kesalahan kesejajaran relatif terhadap suatu referensi ketegaklurusan tidak melebihi harga tertentu. Konsep pengukuran sama dengan pengukuran kelurusan dengan menggunakan alat ukur pembanding.

**Ketelitian kerataan**, bidang permukaan dinyatakan rata bila perubahan jarak tegak lurus dari titik-titik pada permukaan itu terhadap bidang geometrik yang sejajar dengan permukaan yang diuji adalah lebih kecil dari suatu harga batas tertentu. Untuk mengetahui ketelitian kerataan dilakukan analisis kerataan yaitu dengan cara mengukur kelurusan garis-garis yang membentuk bidang rata.

**Ketelitian kesejajaran**, menyangkut bidang, garis dan sumbu. Suatu garis dinyatakan sejajar terhadap suatu bidang apabila perbedaan maksimum antara jarak setiap titik pada garis itu relatif terhadap bidang tersebut tidak melebihi suatu harga tertentu. Konsep pengukuran sama dengan pengukuran kelurusan dengan menggunakan alat ukur pembanding.

**Ketelitian kebulatan**, menyatakan keliling dari suatu bentuk bulat harus terletak diantara dua lingkaran yang sebidang dan sepusat dengan jarak (beda jari-jari) sebesar harga tertentu. Ketelitian kebulatan diketahui dengan menggunakan alat ukur kebulatan (*Roundtest*).

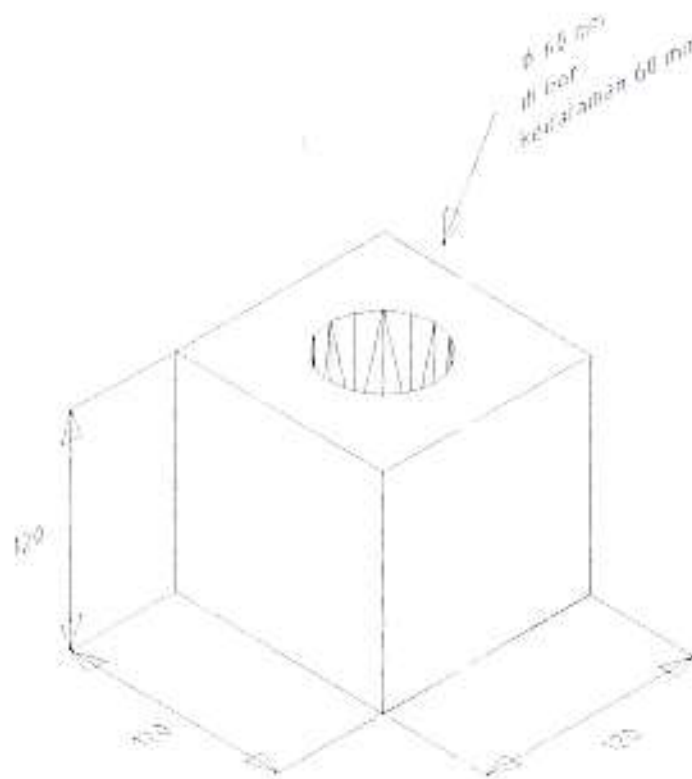
## DATA HASIL PENGUJIAN

Untuk mendapatkan data hasil pengujian pertama dilakukan proses pengukuran (minimal 3x) ketelitian geometrik dari komponen yang telah dimesin. Proses pemesinan dilaksanakan dengan kondisi pemesinan sebagai berikut :

- Material bendakerja : Baja paduan (S 45 C)
- Pahat : End Chiper (jenis Karbida/CERMET)  
Diameter 16 mm
- Kecepatan potong : 125 m/min (2500 rpm)
- Kecepatan makan : 400 mm/min
- Kedalaman potong aksial : 1 mm
- Kedalaman potong radial : 16 mm

Bentuk-bentuk proses pemesinan yang dilakukan seperti Gambar 4, dimana panjang pemesinan maksimum 120 mm. Sedangkan pengukuran ketelitian geometri tanpa menggunakan perkakas bantu *Block Indexer* dilakukan terhadap sebuah komponen yang dimesin seperti Gambar 5, dimana kesemua elemen ketelitian geometri terdapat pada komponen ini.

Kedua dilakukan pengukuran waktu produksi untuk bentuk-bentuk proses pemesinan yang dilaksanakan dengan menggunakan dan tanpa perkakas bantu *Block Indexer*.



**Gambar 5 : Komponen yang dimesin tanpa perkakas bantu *Block Indexer***

Hasil proses pengukuran ditabelkan seperti berikut : lihat Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1 : Data hasil proses pengukuran ketelitian geometri

Bentuk-bentuk Proses Pemesinan	Ketelitian Geometrik (mm)													
	Dimensi		Kelurusan		Ketegaklurusan		Kesejajaran		Kerataan		Kebulatan			
Face	0.055	0.061	0.064	-	-	-	-	-	-	0.080	0.080	0.081	-	-
	0.058	0.063	0.059	0.080	0.078	0.083	-	-	-	-	-	-	-	-
Side	0.066	0.057	0.057	0.076	0.079	0.086	0.080	0.091	0.080	-	-	-	-	-
	0.058	0.068	0.058	0.080	0.091	0.070	0.077	0.080	0.084	-	-	-	-	-
2-side pocket	0.066	0.057	0.058	0.086	0.080	0.074	0.075	0.078	0.087	-	-	-	-	-
	0.057	0.057	0.068	0.091	0.070	0.079	0.082	0.077	0.080	0.076	0.079	0.086	-	-
4-side pocket	0.057	0.068	0.058	0.076	0.079	0.085	0.072	0.079	0.087	0.076	0.078	0.087	-	-
	0.068	0.056	0.057	0.081	0.082	0.077	0.079	0.083	0.079	0.078	0.079	0.083	-	-
Square slot	0.066	0.057	0.057	-	-	-	0.075	0.078	0.086	-	-	-	0.072	0.080
	0.062	0.058	0.059	-	-	-	0.080	0.080	0.081	-	-	-	0.082	0.073
Blind bore	0.057	0.068	0.058	0.075	0.082	0.083	0.075	0.082	0.083	-	-	-	0.071	0.081
	0.057	0.068	0.058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Drilled hole	0.057	0.068	0.058	0.075	0.082	0.083	0.075	0.082	0.083	-	-	-	-	-
	0.057	0.068	0.058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tapped hole	0.057	0.068	0.058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.060	-	-	0.080	-	-	0.080	-	-	0.080	-	-	0.080	-
<b>Rata-rata</b>														

Tabel 2 : Data hasil pengukuran ketelitian geometri tanpa *Block Indexer*

Ketelitian Geometrik (mm)					
Dimensi	Kelurusan	Ketegaklurusan	Kesejajaran	Kerataan	Kebulatan
0.028	0.040	0.041	0.041	0.038	0.037
0.031	0.040	0.040	0.040	0.039	0.039
0.031	0.041	0.039	0.041	0.039	0.044
Rata-rata 0.030	Rata-rata 0.040	Rata-rata 0.040	Rata-rata 0.041	Rata-rata 0.039	Rata-rata 0.040

Tabel 3 : Data hasil proses pengukuran waktu produksi

Bentuk-bentuk Proses Pemesinan	Waktu Produksi	
	Dengan <i>Block Indexer</i>	Tanpa <i>Block Indexer</i>
Face	6.7	16.7
Side	6.0	17
Square steep	6.0	23
Rounder steep	6.0	23
2-side pocket	5.0	26
3-side pocket	5.5	34.5
4-side pocket	6.8	43.8
Square slot	7.5	20.5
Blind bore	7.5	20.5
Through bore	12.0	25.0
Drilled hole	3.3	8.3
Tapped hole	3.2	8.2

## PEMBAHASAN

Dari data hasil pengukuran terlihat dengan jelas bahwa tidak semua jenis pengukuran ketelitian geometrik bisa dilaksanakan terhadap bentuk proses pemesinan yang dihasilkan (lihat Gambar 4), kecuali pengukuran ketelitian geometri dimensi.

Proses pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan gerakan sumbu mesin perkakas MC-520 untuk menggerakkan atau memindahkan posisi sensor alat ukur. Alat ukur yang digunakan adalah " $\mu$ U *Checker*" merek *Mitutoyo* dimana resolusinya dapat diset sampai sebesar 1  $\mu$ m (0.001 mm).

Berikut pembahasan data hasil proses pengukuran :

**Ketelitian dimensi**, pengukuran ini bisa dilakukan untuk bentuk semua proses pemesinan, dimana nilai rata-rata pengukuran yang didapatkan sebesar 0.060 mm dan jangkauan pengukuran berkisar dari 0.055 mm – 0.068 mm.

**Ketelitian kelurusan**, pengukuran ini bisa dilakukan untuk bentuk semua proses pemesinan, kecuali *face*, *blind bore*, *through bore* dan *tapped hole*.

Nilai rata-rata : 0.080 mm

Jangkauan : 0.076 mm – 0.086 mm



**Ketelitian ketegaklurusan**, pengukuran ini bisa dilakukan untuk bentuk semua proses pemesinan, kecuali *face*, *side* dan *tapped hole*.

Nilai rata-rata : 0.080 mm

Jangkauan : 0.075 mm – 0.087 mm

**Ketelitian kesejajaran**, pengukuran ini bisa dilakukan untuk bentuk proses pemesinan *3-side pocket*, *4-side pocket* dan *square slot*.

Nilai rata-rata : 0.080 mm

Jangkauan : 0.076 mm – 0.087 mm

**Ketelitian kerataan**, pengukuran ini hanya bisa dilakukan untuk bentuk proses pemesinan *face*.

Nilai rata-rata : 0.080 mm

Jangkauan : 0.080 mm – 0.081 mm

**Ketelitian kebulatan**, pengukuran ini bisa dilakukan untuk bentuk proses pemesinan *blind bore*, *through bore* dan *drilled hole*.

Nilai rata-rata : 0.079 mm

Jangkauan : 0.071 mm – 0.090 mm

Proses pengukuran ketelitian geometrik tanpa menggunakan perkakas bantu *Block Indexer* memberikan nilai ketelitian yang lebih baik dibandingkan dengan dengan menggunakan perkakas bantu *Block Indexer*.

Nilai rata-rata : 0.030 mm (ketelitian dimensi)

0.040 mm (ketelitian bentuk)

Jangkauan : 0.028 mm – 0.031 mm (ketelitian dimensi)

0.037 mm – 0.044 mm (ketelitian bentuk)

## KESIMPULAN

Ketelitian dimensi dan bentuk yang dihasilkan rata-rata lebih rendah dibandingkan dengan tanpa menggunakan perkakas bantu, hal ini disebabkan oleh pengaruh ketelitian geometri dan kekakuan pemegangan perkakas bantu *Block Indexer*.

Jenis Ketelitian	Ketelitian Rata-rata	
	Dengan Perkakas Bantu	Tanpa Perkakas Bantu
Ketelitian Dimensi	0,060 mm	0,030 mm
Ketelitian Bentuk	0,080 mm	0,040 mm

Waktu produksi jauh lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan perkakas bantu untuk menghasilkan komponen yang sama (lihat Tabel 3), apalagi komponen tersebut dibuat secara massal.

Dengan menggunakan perkakas bantu khusus (*Block Indexer*) sebuah komponen yang akan dibuat dalam berbagai geometri bisa langsung dimesin tanpa memerlukan perkakas bantu lain, persiapan, pergantian set-up dan pembongkaran.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Coco Ibrahim dan Yatna Yuwana, *Sistim Produksi*, Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri Jurusan Mesin FTI-ITB, Bandung 1987.
2. Coco Ibrahim, *Perkakas Bantu*, Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri Jurusan Mesin FTI-ITB, Bandung 1986.
3. Taufiq Rochim & Sri Hardjoko W., *Spesifikasi Geometris, Metrologi Industri & Kontrol Kualitas*, Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri Jurusan Mesin FTI-ITB, Bandung 1985.
4. Taufiq Rochim, *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*, Higher Education Development Support – JICA Project, Jakarta 1993.
5. Komang Bagiasna, *Pengujian Ketelitian Geometri Mesin Perkakas*, Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri Jurusan Mesin FTI-ITB, Bandung 1984.
6. Hoshi, Tetsutaro, *Technical Manual for Using Production Technology Core Laboratory*, Higher Education Development Support – JICA Project, Medan 1994.