

STUDI TENTANG PENENTUAN WAKTU, ONGKOS DAN EFISIENSI PEMESINAN SERTA KORELASINYA DENGAN KUALITAS PRODUK PADA PROSES TURNING DENGAN MESIN BUBUT CNC TU-2A

Dwi Basuki Wibowo, Sugiyanto *)

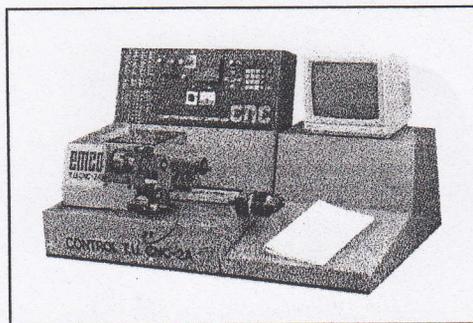
Abstrak

Penelitian ini membahas pengaruh kedalaman pemotongan terhadap angka kekasaran permukaan, ongkos pemesinan terhadap efisiensi pemesinan serta waktu pemotongan total terhadap ongkos pemesinan dengan mesin CNC bubut TU-2A. Tujuan penelitian ini adalah menentukan korelasi antar variable pengujian tersebut sehingga dapat diketahui kombinasi putaran spindle, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemotongan yang ideal dimana produk yang dihasilkan masih relatif halus dan ongkos pemesinannya relatif rendah. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar kedalaman potong (sampai $a = 1$ mm) serta semakin rendah rpm spindle (hingga $n = 700$ rpm), kekasaran permukaan makin besar. Sementara itu efisiensi pemesinan berkorelasi positif terhadap ongkos pemesinan, padahal efisiensi pemesinan berhubungan langsung (linier) dengan waktu pemesinan. Waktu pemesinan yang rendah bias dicapai dengan menset kedalaman pemotongan tinggi ($a = 1$ mm), putaran spindle tinggi ($n = 1200$) dan kecepatan pemakanan rendah ($F = 60$ mm/menit), yang bias digunakan untuk proses pengkasaran. Sementara untuk proses penghalusan/finishing dianjurkan menggunakan putaran spindle tinggi $n = 1200$ rpm, kedalaman pemotongannya rendah $a = 0,2$ mm dan kecepatan pemakanannya rendah $F = 60$ mm/menit.

Kata Kunci : Bubut, CNC, Kekasaran, Korelasi, Ongkos

PENDAHULUAN

Bagi suatu industri pemesinan, pengertian tentang mengestimasi waktu dan ongkos pembuatan suatu produk adalah sangat penting. Orang yang diserahi tanggung jawab untuk keperluan ini disebut *estimator* yang memiliki pengetahuan tentang dasar-dasar proses pemesinan, komponen biaya produksi, harga material benda kerja dan pahat serta biaya operator per jam. Pengetahuan dasar di atas harus didukung oleh data-data penelitian terutama yang berkaitan dengan pemilihan variable pemotongan serta penentuan biaya produksi untuk proses tertentu. Terlebih bila industri yang bersangkutan telah memanfaatkan mesin-mesin CNC (Computer Numerically Controlled Machine) sebagai mesin perkakas utama pembuat produk. Investasi pengadaan mesin CNC (lihat Gb-1) yang relatif besar menjadi dasar pertimbangan untuk mengestimasi unit cost disamping biaya operator yang memiliki keahlian khusus di bidang pemrograman CNC.



Gambar 1 - Mesin CNC Bubut TU-2A

* Staf Pengajar Jurusan Mesin UNDIP
Staf Pengajar Jurusan Mesin UNDIP

Pada proses pembubutan terdapat 3 variabel pemotongan yang harus diatur/dikendalikan oleh operator yaitu putaran spindle n (rpm), kedalaman potong a (mm), dan kecepatan makan F (mm/min). Untuk putaran spindle tetap, penetapan kedalaman potong yang relatif besar menghasilkan waktu pemotongan yang singkat namun disisi lain produk yang dihasilkan kasar. Hal yang sama juga terjadi pada putaran spindle tetap dan kedalaman potong dibuat kecil namun kecepatan pemakanan ditetapkan besar, juga menghasilkan waktu pemotongan yang singkat namun produk yang dihasilkan juga kasar (Coco Ibrahim, 1988). Karena waktu pemotongan berhubungan linier dengan ongkos produksi maka hal yang diharapkan dalam pembuatan suatu produk adalah mempersingkat waktu produksi namun yang dihasilkan tetap berkualitas baik. Demikian pula waktu pemotongan yang singkat juga akan mengurangi waktu pembuatan produk yang berarti meningkatkan pula efisiensi pemesinan (Coco Ibrahim, 1987). Oleh karena terdapat cukup banyak variabel yang terlibat yaitu n , a , dan F sebagai variabel bebas yang sangat menentukan besarnya waktu pemotongan, sementara itu ongkos pengerjaan produk, efisiensi pemesinan dan kualitas produk bergantung pada waktu pemotongan, maka diperlukan evaluasi/kompromi dalam menetapkan variabel bebas pemotongan tersebut diatas.

Pada proses pembubutan terdapat 4 elemen dasar pemotongan yang sangat berpengaruh terhadap proses produksi yaitu :

1. Kecepatan potong : $v = \pi \cdot d \cdot n / 1000$, m/menit (1)

Dimana d = diameter rata-rata = $(d_o + d_m) / 2$, mm

2. Kecepatan makan : $F = f \cdot n$, mm/menit (2)

3. Waktu pemotongan : $t_c = 1 / F$, menit (3)

4. Kecepatan penghasilan geram : $Z = A \cdot v$, cm^3/menit (4)

Dimana A = penampang geram sebelum terpotong = $f \cdot a$, mm

Dari persamaan (1) dan (2) nampak bahwa semakin tinggi putaran spindle semakin besar pula harga kecepatan potong dan kecepatan makan. Sementara dari persamaan (3), semakin tinggi kecepatan makan, waktu pemotongan menjadi lebih singkat (Coco Ibrahim, 1987).

Parameter kualitas produk tidak nampak dari formulasi di atas. Kualitas produk biasanya dinyatakan oleh ketelitian bentuk dimensi yang bias dicapai serta kekasaran permukaan. Dalam penelitian ini menggunakan mesin bubut CNC TU-2A yang memiliki resolusi 0,01 mm. Kekasaran permukaan produk diukur oleh alat ukur *Surface Roughness Test* yang dapat menunjukkan kekasaran hingga kisaran μm (1/1000 mm).

Waktu pemotongan itu sendiri terdiri dari beberapa komponen yaitu komponen waktu pemotongan sesungguhnya t_c (lihat pers. 3), waktu non produktif t_a , serta waktu pemesinan per produk rata-rata t_m . Sedangkan efisiensi pemesinan dihitung dari ratio t_c terhadap t_m , seperti dinyatakan oleh persamaan (7) (Coco Ibrahim, 1988).

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{uw} + \frac{t_s}{n_t} \quad (\text{menit / produk}) \quad (5)$$

Dimana t_{LW} , t_{AT} , t_{RT} , t_{uw} dan t_s/n_t masing-masing menyatakan waktu pemasangan benda kerja (menit/produk), waktu penyiapan yaitu waktu yang diperlukan untuk menggerakkan pahat dari posisi siap untuk memotong (menit/produk), waktu pengakhiran yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa pahat ke posisi semula (menit/produk), waktu pengambilan produk jadi (menit/produk) dan bagian dari waktu penyiapan mesin beserta perlengkapannya yang dibagi rata-rata produk yang direncanakan untuk dibuat saat itu.

$$t_m = t_a + t_c + t_d \frac{t_c}{T} \quad (\text{menit / produk}) \quad (6)$$

Dimana t_d dan T masing-masing menyatakan waktu pergantian benda kerja (menit/produk) dan umur pahat (menit).

$$\eta = \frac{t_c}{t_m} \times 100\% \quad (7)$$

Untuk mendapatkan kepastian keuntungan yang diperoleh harus dihitung secara teliti ongkos produksi yang komponen-komponennya terdiri dari ongkos pemesinan C_m dan ongkos pahat C_e .

$$C_m = c_m \cdot t_m \quad (8)$$

$$C_e = c_e \cdot (t_{ca}/T) \quad (9)$$

Dimana C_m , c_m , C_e , c_e dan t_{ca} masing-masing menyatakan ongkos pemesinan per produk (Rp./produk), ongkos pemesinan per menit (Rp./menit), ongkos pahat per produk (Rp./produk), ongkos tiap mata pahat per produk (Rp./mata potong pahat/produk) dan waktu mata potong pahat digunakan untuk melakukan pemotongan sesungguhnya (menit).

Ongkos pahat merupakan bagian yang penting dari seluruh ongkos produksi. Pada umumnya ongkos pahat/menit dapat mencapai orde yang sama dengan ongkos kepemilikan mesin perkakas CNC/menit. Dalam penelitian ini komponen ongkos pahat tidak diikutsertakan karena tidak dilakukan pengujian mengerjakan produk dalam jumlah banyak (mass production). Komponen ongkos ini dalam praktek harus ditambahkan dengan ongkos pemesinan seperti telah disebutkan diatas.

Penelitian ini bertujuan mencari parameter pemotongan yang ideal yang menghasilkan biaya produksi/pemotongan terkecil namun kualitas produknya masih tetap baik. Penelitian ini sendiri sangat bermanfaat bagi laboratorium proses produksi maupun industri kecil pemesinan dalam hal prosedur kalkulasi untuk mengestimasi biaya pemesinan, informasi proses pemesinan bubut yang menghasilkan waktu pemotongan yang relatif singkat namun produk yang dihasilkan masih berkualitas baik, serta memberikan cara sederhana untuk menghitung/mengestimasi waktu pemotongan sesungguhnya dan waktu non-produktif dari suatu proses pemesinan pada mesin bubut CNC TU-2A

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi 2 hal utama, yaitu pengujian dan analisa data seperti berikut ini.

1. Pengujian pengaruh kedalaman pemotongan terhadap angka kekasaran permukaan
Sample material benda kerja yang diuji sebanyak 15 buah. 5 sampel uji untuk putaran spindle $n = 1200$ rpm, 5 sampel untuk $n = 900$ rpm dan 5 sampel lainnya untuk $n = 700$ rpm. Dalam pengujian ini untuk setiap putaran spindle diatas kedalaman potong divariasikan sebanyak 4 macam.
2. Pengujian pengaruh ongkos pemesinan terhadap efisiensi pemesinan

Sampel material benda kerja yang diuji sebanyak 15 buah. 5 sampel uji untuk kecepatan makan $F = 60$ mm/menit, 5 sampel untuk $F = 80$ mm/menit dan 5 sampel lainnya untuk $F = 100$ mm/menit. Dalam pengujian ini untuk setiap kecepatan pemakanan/feeding diatas kedalaman potong divariasikan sebanyak 4 macam.

3. Pengujian pengaruh waktu pemotongan pada fungsi gerakan pahat G01, G02 dan G03 terhadap ongkos pemesinan.

Sampel material benda kerja yang diuji sebanyak 3 buah. 1 sampel uji untuk gerakan G01, 1 sampel untuk gerakan G02 dan 1 sampel lainnya untuk gerakan G03 dengan kedalaman potong, putaran spindle dan kecepatan gerak pemakanan tetap dijaga konstan.

4. Analisa data dilakukan untuk menguji hubungan/korelasi antara kedalaman pemotongan dengan angka kekasaran permukaan, ongkos dengan efisiensi pemesinan, serta waktu pemotongan dengan ongkos pemesinan. Analisis menggunakan metode regresi Gauss Siedel.

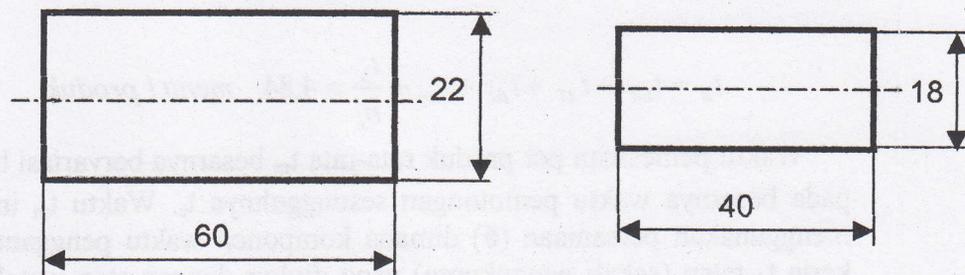
HASIL DAN PEMBAHASAN

➤ Pengujian

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pemotongan sebanyak 33 benda kerja dengan material aluminium cor produksi industri pengecoran Batur-Ceper dengan dimensi awal $L = 60$ mm dan $D = 22$ mm, dengan perincian sebagai berikut :

- Pengujian pengaruh kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan

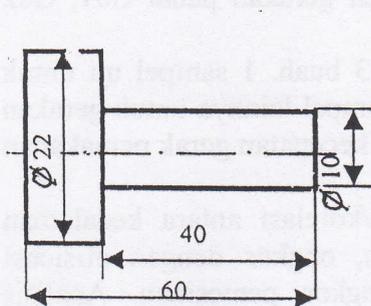
Dalam pengujian ini digunakan sebanyak 15 material benda kerja, seperti diuraikan pada point 1 Metode Penelitian. Kedalaman potong divariasikan yaitu 0,2 mm, 0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm dan 1,0 mm dari 22 mm menjadi diameter 18 mm sepanjang 40 mm (lihat gambar-2).



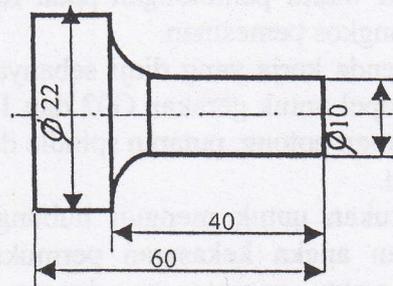
Gambar 2 - Dimensi benda kerja untuk pengujian kekasaran dan Efisiensi pemesinan, sebelum dan setelah pemotongan

- Pengujian pengaruh ongkos pemesinan terhadap efisiensi pemesinan
Dalam pengujian ini digunakan sebanyak 15 material benda kerja, seperti diuraikan pada point 2 Metode Penelitian. Kedalaman potong divariasikan yaitu 0,2 mm, 0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm dan 1,0 mm dari diameter semula 22 mm menjadi diameter 18 mm sepanjang 40 mm (lihat gambar - 2).
- Pengujian pengaruh waktu pemotongan pada fungsi gerakan pahat G01, G02 dan G03 terhadap ongkos pemesinan.

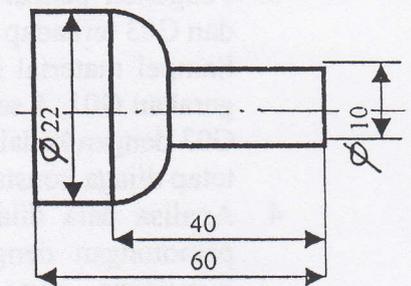
Dalam pengujian ini digunakan 3 material benda kerja, seperti diuraikan pada point 3 Metode Penelitian. Setelah itu dilakukan pembubutan masing-masing material uji dari diameter 22 mm menjadi diameter 10 mm sepanjang 40 mm (lihat gambar – 3).



Gambar Benda Uji G01



Gambar benda uji G02



Gambar benda Uji G03

Gambar 3 - Dimensi benda kerja setelah pemotongan untuk pengujian Pengaruh waktu pemotongan terhadap ongkos pemesinan

- Perhitungan waktu non-produktif t_a dan waktu pemesinan per produk rata-rata t_m . Waktu non-produktif t_a besarnya tetap (sekali pengukuran) yang dihitung menggunakan persamaan (5), dimana seluruh komponen waktu persamaan tersebut besarnya diukur dengan stop watch yaitu :

$$\begin{aligned}
 t_{LW} &= 0,08 \text{ menit/produk} & t_{RT} &= 0,05 \text{ menit/produk} \\
 t_{uw} &= 0,09 \text{ menit/produk} & t_{AT} &= 0,08 \text{ menit/produk} \\
 t_s/n_t &= 4,54 \text{ menit/produk}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian :

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{uw} + \frac{t_s}{n_t} = 4,84 \text{ menit / produk}$$

Waktu pemesinan per produk rata-rata t_m besarnya bervariasi bergantung pada besarnya waktu pemotongan sesungguhnya t_c . Waktu t_m ini dihitung menggunakan persamaan (6) dimana komponen waktu penggantian benda kerja t_d tetap (sekali pengukuran) yang diukur dengan stop watch ($t_d = 0,5$ menit) dan umur pahat T diasumsikan 40 jam.

- Hasil Pengujian

- Pengaruh kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan. Tabel – 1 berikut memperlihatkan hasil pengujian tersebut dimana angka kekasaran permukaan R_z diukur dengan Surface Roughness Test di Lab. Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin UGM Yogyakarta. Notasi n , t , t_m dan F masing-masing menyatakan putaran spindle, kedalaman potong, waktu pemesinan per produk rata-rata dan feed.

Tabel 1 - Variasi kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan

No	n (rpm)	t (mm)	t _c (min)	t _m (min/prod)	R _z (μm)	F (mm/min)
1	1200	0,2	16,87	21,79	7,56	60
	900				9,82	
	700				10,94	
2	1200	0,4	9,79	14,67	9,98	60
	900				5,84	
	700				9,08	
3	1200	0,6	6,35	11,22	9,58	60
	900				12,70	
	700				12,82	
4	1200	0,8	4,80	9,66	9,60	60
	900				13,82	
	700				12,64	
5	1200	1,0	3,87	8,72	10,50	60
	900				17,60	
	700				22,56	

- Pengaruh ongkos pemesinan terhadap efisiensi pemesinan
Tabel berikut memperlihatkan hasil pengujian tersebut dimana t_m dihitung dengan menggunakan persamaan (6). Sedangkan ongkos pemesinan C_m dihitung menggunakan persamaan (8) dimana ongkos pemesinan permenit c_m diperoleh dari BLK Semarang (Balai Latihan Kerja) yang merupakan penjumlahan komponen biaya :
 - Maintenance and Repair sebesar Rp. 953,- /jam
 - Pemakaian listrik sebesar Rp. 240,- /jam
 - Tool accessories (too holder, clamping device, dll) sebesar Rp. 1540,- /jam
 - Operator sebesar Rp. 2500,- /jam

Sehingga :

$$c_m = (Rp.953,- + Rp.240,- + Rp.1540,- + Rp.2500,-)/60$$

$$c_m = Rp. 87,2,-/menit$$

Tabel 2 - Variasi ongkos pemesinan terhadap efisiensi pemesinan

No	n (rpm)	t (mm)	F (mm/min)	t _m (min/prod)	C _m (Rp./prod)	η (%)	t _c (min)
1	1200	0,2	60	21,78	1900,30	77	17,02
	900		80	18,05	1574,64	72	13,17
	700		100	15,82	1380,07	69	11,64
2	1200	0,4	60	14,67	1279,37	67	9,55
	900		80	11,72	1022,10	58	6,59
	700		100	10,54	992,6	54	5,49
3	1200	0,6	60	11,22	978,49	58	6,29
	900		80	9,10	793,61	46	4,37
	700		100	8,65	754,36	44	3,56
4	1200	0,8	60	9,66	842,45	49	4,56
	900		80	8,57	748,14	43	3,51
	700		100	7,95	693,80	39	3,14
5	1200	1,0	60	8,72	760,47	44	4,05
	900		80	8,51	742,01	42	3,48
	700		100	7,78	678,49	29	3,31

- Pengaruh waktu pemotongan terhadap ongkos pemesinan
Dari hasil pengujian masing-masing untuk gerakan pahat G01, G02 dan G03 pada putaran spindle $n = 900$ rpm diperoleh data-data seperti terlihat pada tabel 3.

➤ Pembahasan

Dengan menggunakan metode regresi Gauss Siedel, dengan bantuan software *Program Progres*, diperlihatkan bahwa hubungan antara kedalaman pemotongan dengan angka kekasaran, ongkos dengan efisiensi pemesinan dan waktu pemotongan dengan ongkos pemesinan secara statistik adalah linier dan masing-masing menunjukkan adanya korelasi yang significant antar variabelnya.

Tabel 3 - Variasi waktu pemotongan terhadap ongkos pemesinan

No	Kode-G	n (rpm)	t_m (min/prod)	t_c (min)	C_m (Rp./prod)
1	G01	900	15,89	9,11	1385,76
2	G02	900	15,33	8,45	1336,92
3	G03	900	14,64	7,93	1276,75

- Pengaruh kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan
 - Makin besar kedalaman pemotongan makin kasar produk yang dihasilkan, dan hubungan kedalaman pemotongan dengan kekasaran produk ini, untuk berbagai putaran spindle, mendekati linier. Hal yang sama, pada putaran spindle tertentu/tetap, naiknya kedalaman pemotongan juga makin meningkatkan kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan paling besar (yaitu $R_z = 22,56 \mu\text{m}$) dihasilkan pada putaran spindle $n = 700$ rpm, rpm paling rendah pada pengujian ini, dan kedalaman pemotongan $a = 1$ mm, kedalaman pemotongan paling besar pada pengujian ini.
 - Dari hasil uji korelasi (F-Test) diperoleh harga $F > F$ table yang menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara kedalaman pemotongan dan kekasaran permukaan produk. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi positif, artinya semakin kecil kedalaman pemotongan semakin kecil pula angka kekasaran permukaan demikian pula sebaliknya. Sementara dari data terlihat hal ini justru berbanding terbalik dengan putaran spindle yang ditetapkan, semakin kecil putaran maka semakin besar angka kekasaran permukaan yang dihasilkan.
- Pengaruh ongkos pemesinan terhadap efisiensi pemesinan
 - Pada kecepatan makan F tetap makin besar ongkos pemesinan, efisiensi pemesinannya makin besar pula dan hubungan ongkos pemesinan dengan efisiensi pemesinan ini, untuk berbagai kecepatan, mendekati linier. Efisiensi pemesinan juga meningkat secara linier dari putaran spindle rendah $n = 700$ rpm hingga $n = 1200$ rpm untuk kedalaman pemotongan tetap, seperti terlihat pada Tabel – 2. Hal yang sama juga nampak pada naiknya ongkos pemesinan karena ongkos pemesinan dan efisiensi pemesinan berhubungan linier. Efisiensi pemesinan atau ongkos pemesinan paling besar (yaitu $C_m = \text{Rp. } 1900,3,-$ atau $\eta = 77 \%$) dihasilkan pada putaran spindle $n = 1200$ rpm, rpm paling tinggi pada pengujian ini, dan kedalaman pemotongan $a = 0,2$ mm, kedalaman pemotongan paling rendah pada pengujian ini.

- Dari hasil uji korelasi (F-Test) diperoleh harga $F > F_{table}$ yang menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara ongkos pemesinan dan efisiensi pemesinan. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi positif, artinya semakin kecil ongkos pemesinan semakin kecil pula efisiensi pemesinannya demikian pula sebaliknya.
- Pengaruh waktu pemotongan terhadap ongkos pemesinan
 - Untuk putaran spindle tetap $n = 900$ rpm makin besar waktu pemotongan makin besar pula ongkos pemesinannya, dan hubungan waktu pemotongan dengan ongkos pemesinan ini, untuk berbagai kode-G, mendekati linier. Lamanya waktu pemotongan per produk rata-rata t_m seperti nampak pada table - 3 tidak berkaitan dengan kode-G yang dipilih (apakah G01, G02 ataupun G03) akan tetapi lebih ditentukan oleh panjang lintasan, putaran spindle atau kecepatan potong, kecepatan makan dan kedalaman potong. Untuk panjang lintasan, putaran spindle, kecepatan makan dan kedalaman potong yang sama pemilihan kode G01, G02 maupun G03 hampir tidak terdapat perbedaan lamanya waktu pemotongan. Hubungan linier antara waktu pemotongan dan ongkos pemesinan seperti yang diperoleh dari penelitian ini sesuai dengan persamaan (8) dimana ongkos pemesinan per produk C_m berbanding lurus dengan waktu pemotongan per produk rata-rata t_m .
 - Dari hasil uji korelasi (F-Test) diperoleh harga $F > F_{table}$ yang menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara waktu pemotongan dengan ongkos pemesinan. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi positif, artinya semakin besar waktu pemotongan semakin besar pula ongkos pemesinannya demikian pula sebaliknya.

KESIMPULAN

1. Terdapat korelasi positif antara kedalaman pemotongan dengan kekasaran permukaan. Artinya semakin besar kedalaman pemotongan, permukaan produk yang dihasilkan semakin besar. Sebaliknya semakin kecil kecepatan potong (atau putaran spindle) kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin besar.
2. Kekasaran permukaan paling besar (yaitu $R_z = 22,56 \mu m$) dihasilkan pada putaran spindle $n = 700$ rpm, rpm paling rendah pada pengujian ini, dan kedalaman pemotongan $a = 1$ mm, kedalaman pemotongan paling besar pada pengujian ini.
3. Terdapat korelasi positif antara ongkos pemesinan dan efisiensi pemesinan. Artinya semakin besar ongkos pemesinan semakin besar pula efisiensi pemesinannya. Baik efisiensi pemesinan maupun ongkos pemesinan keduanya meningkat secara linier dengan naiknya putaran spindle (dari $n = 700$ rpm hingga $n = 1200$ rpm).
4. Efisiensi pemesinan atau ongkos pemesinan paling besar (yaitu $C_m = Rp. 1900,3,-$ atau $\eta = 77 \%$) dihasilkan pada putaran spindle $n = 1200$ rpm, rpm paling tinggi pada pengujian ini, dan kedalaman pemotongan $a = 0,2$ mm, kedalaman pemotongan paling rendah pada pengujian ini.
5. Waktu pemotongan per produk rata-rata t_m berhubungan secara linier dengan ongkos pemesinan C_m , artinya makin lama waktu pemotongan makin besar pula ongkos pemesinannya.
6. Untuk panjang lintasan, putaran spindle, kecepatan makan dan kedalaman potong yang sama pemilihan kode G01, G02 maupun G03 hampir tidak terdapat perbedaan lamanya waktu pemotongan.

7. Pengukuran waktu menggunakan alat ukur waktu (stop watch) menghasilkan banyak kesalahan dimana pergerakan pahat relatif terhadap benda kerja dengan resolusi 0,01 mm tidak terlihat secara jelas oleh mata, khusus pada saat start (pahat awal bergerak) dan stop (pahat akan berhenti) pada suatu lintasan pemotongan.

SARAN

1. Agar permukaan produk yang dihasilkan baik (relatif halus) dianjurkan menggunakan putaran spindel tinggi $n = 1200$ rpm dan kedalaman pemotongannya rendah $a = 0,2$ mm. Namun setting ini akan mengakibatkan ongkos pemesinannya besar, sebesar Rp. 1900,3,-/produk untuk $F = 60$ mm/menit. Oleh karena itu penetapan rpm tinggi, kedalaman pemotongan rendah dan kecepatan pemakanan rendah dianjurkan untuk proses finishing/penghalusan saja.
2. Untuk kedalaman potong yang besar ($a = 1$ mm) dianjurkan gunakan rpm yang tinggi ($n = 1200$ rpm) dan kecepatan makan yang rendah ($F = 60$ mm/menit), untuk memperkecil kekasaran permukaan yang dihasilkan serta efisiensi pemesinannya tinggi. Setting ini dianjurkan untuk proses pengkasaran (roughing).
3. Proses pemesinan dengan kedalaman potong yang besar, putaran spindel yang tinggi, serta kecepatan makan yang tinggi yaitu $a = 1$ mm; $n = 1200$ rpm; dan $F = 100$ mm/menit, tidak dianjurkan digunakan karena disamping produk yang dihasilkan kasar juga mengakibatkan mesin bergetar yang pada akhirnya dapat mempengaruhi ketelitian produk yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Bhattacharya, I, Ham, Design of Cutting Tools, Use of Metal Cutting Theory, ASME, Dearborn, Michigan, 1969
2. Beer, Ferdinand P., Machine Tool Design, Prentice-Hall of India, New Delhi, 1989
3. EMCO Maeir & Co., Petunjuk Pemrograman Pelayanan EMCO TU-2A, Austri, 1988
4. F., Koeningsberger, Design Principles of Metal Cutting Machine Tool, Pergamon, McMillan Co, New York, 1966
5. Hald, Statistical Theory with Engineering Application, John Willey & Sons, New York, 1981
6. Ibrahim, Coco, Sistim Produksi, Jurusan Mesin ITB, Lab. Teknik Produksi dan Metalurgi, Bandung, 1987
7. Ibrahim, Coco, Analisa Program NC Untuk Menentukan Waktu, Ongkos dan Efisiensi Pemesinan, Seminar CAD/CAM, Jurusan Mesin ITB, Bandung, 1988
8. Rochim, Taufiq, Proses Pemesinan, Jurusan Mesin ITB, Lab. Teknik Produksi dan Metalurgi, Bandung, 1993
9. Ronald, E. Walpole, Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan, ITB, Bandung, 1986
10. Supranto, J., Statistik, Erlangga, Surabaya, 1986