

ANALISA RASIO PEMAMPATAN TEBAL GERAM DAN GAYA POTONG SPESIFIK DENGAN DAN TANPA PENDINGIN TERHADAP PROSES TURNING

Disusun oleh :

Isnan Harijanto

Dosen Jurusan Teknik Mesin, FTI, ITATS

Jalan Arief Rahman Hakim 100, Surabaya

ABSTRAK

Dalam suatu proses pemesinan gaya potong sangat berpengaruh dalam suatu perencanaan mesin perkakas. Hal ini karena gaya potong merupakan salah satu parameter dalam perhitungan dan analisa perencanaan mesin perkakas. Untuk mengukur gaya-gaya yang tirade panda proses pemotongan panda mesin bubut dibutuhkan suatu alat yang disebut dynamometer. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan gaya potong spesifik dari benda kerja yang berdasarkan percobaan *dynamometer* panda proses turning dengan menggunakan logam S45C. Pada setiap percobaan dilakukan perubahan putaran spindle untuk mengetahui kecepatan potong dan pengaruhnya terhadap perubahan gaya potong dapat diamati panda dinamometer tersebut. Dengan sudut potong pahat, kecepatan makan, dan kedalaman konstan agar hasil yang diharapkan sesuai dengan yang dikehendaki dan bisa dipertanggung jawabkan di dunia industri.

Dari analisa hasil percobaan dengan pengukuran dua arah vertikal dan horizontal didapatkan semakin besar kecepatan potong, gaya potong spesifik juga akan naik. Pada percobaan tanpa pendingin $v_1=22.14$ m/min, $K_{s1}=2068.77$ N/mm², $v_2=32.47$ m/min, $K_{s2}=2409.17$ N/mm², $v_3=53.13$ m/min, $K_{s3}=2838.07$ N/mm², $v_4=77.48$ m/min, $K_{s4}=3178.47$ N/mm². Sedangkan panda arah horizontal mulai dari $v_1=22.14$ m/min, $K_{s1}=1633.33$ N/mm², $v_2=32.47$ m/min, $K_{s2}=1989.73$ N/mm², $v_3=53.13$ m/min, $K_{s3}=2253.33$ N/mm², $v_4=77.48$ m/min, $K_{s4}=2613.33$ N/mm². Pada percobaan dengan pendingin $v_1=22.14$ m/min, $K_{s1}=1851.23$ N/mm², $v_2=32.47$ m/min, $K_{s2}=2068.77$ N/mm², $v_3=53.13$ m/min, $K_{s3}=2409.17$ N/mm², $v_4=77.48$ m/min, $K_{s4}=2838.07$ N/mm². Sedang panda arah horizontal mulai dari $v_1=22.14$ m/min, $K_{s1}=1381.8$ N/mm², $v_2=32.47$ m/min, $K_{s2}=1633.33$ N/mm², $v_3=53.13$ m/min, $K_{s3}=1891.07$ N/mm², $v_4=77.48$ m/min, $K_{s4}=2253.33$ N/mm². Untuk cutting ratio panda percobaan tanpa pendingin $v_1=22.14$ m/min, $\lambda_{h1}=5.75$, $v_2=32.47$ m/min, $\lambda_{h2}=5.8$, $v_3=53.13$ m/min, $\lambda_{h3}=5.8$, $v_4=77.48$ m/min, $\lambda_{h4}=5.9$, panda percobaan dengan pendingin $v_1=22.14$ m/min, $\lambda_{h1}=5.3$, $v_2=32.47$ m/min, $\lambda_{h2}=5.3$, $v_3=53.13$ m/min, $\lambda_{h3}=5.4$, $v_4=77.48$ m/min, $\lambda_{h4}=5.45$

Kata kunci : Gaya potong, Ratio pemampatan tebal geram, Gaya potong spesifik.

ABSTRACT

In the machine cutting force is very influential in reply to certain tolls machine planning. This matter because cutting force is based from calculation parameter in planning analysis tools machine. For is to measure force wich happened at cutting process to lathe machine needed tolls is name dynamometer.

Set of problem in research is how so ascertain seeks spesific cutting energy speciment to be founded trying dynamometer turning process in brass with material S45C. The every trying executed change spindle rotation for is known cutting velocity and change cutting force can percieve dynamometer is latter with angel cutting tools, feeding of velocity, and influened wich respect of depth cutting constant so that crops hope appropriate desired and be able justify in industry global.

From analysis result of attemp with measurement two vertical direction and horizontal got is ever greater of cutting speed, spesific cutting energy progressively go up, for at attemp not coolent $v_1=22.14$ m/min, $K_{s1}=2068.77$ N/mm², $v_2=32.47$ m/min, $K_{s2}=2409.17$ N/mm², $v_3=53.13$ m/min, $K_{s3}=2838.07$ N/mm², $v_4=77.48$ m/min, $K_{s4}=3178.47$ N/mm². while at horizontal direction start from $v_1=22.14$ m/min, $K_{s1}=1633.33$ N/mm², $v_2=32.47$ m/min, $K_{s2}=1989.73$ N/mm², $v_3=53.13$ m/min, $K_{s3}=2253.33$ N/mm², $v_4=77.48$ m/min, $K_{s4}=2613.33$ N/mm². at attemp with coolent $v_1=22.14$ m/min, $K_{s1}=1851.23$ N/mm², $v_2=32.47$ m/min, $K_{s2}=2068.77$ N/mm², $v_3=53.13$ m/min, $K_{s3}=2409.17$ N/mm², $v_4=77.48$ m/min, $K_{s4}=2838.07$ N/mm². while at horizontal direction start from $v_1=22.14$ m/min, $K_{s1}=1381.8$ N/mm², $v_2=32.47$ m/min, $K_{s2}=1633.33$ N/mm², $v_3=53.13$ m/min, $K_{s3}=1891.07$ N/mm², $v_4=77.48$ m/min, $K_{s4}=2253.33$ N/mm². For cutting ratio at attemp not coolent $v_1=22.14$ m/min, $\lambda_{h1}=5.75$, $v_2=32.47$ m/min, $\lambda_{h2}=5.8$, $v_3=53.13$ m/min, $\lambda_{h3}=5.8$, $v_4=77.48$ m/min, $\lambda_{h4}=5.9$, at attemp with coolent $v_1=22.14$ m/min, $\lambda_{h1}=5.3$, $v_2=32.47$ m/min, $\lambda_{h2}=5.3$, $v_3=53.13$ m/min, $\lambda_{h3}=5.4$, $v_4=77.48$ m/min, $\lambda_{h4}=5.45$

Key word : Cutting force, Cuting ratio, Spesific cutting energy

LATAR BELAKANG

Dalam perkembangannya industri permesinan merupakan salah satu alternatif pengolahan logam menjadi suatu produk yang siap pakai. Pada saat ini telah banyak pembuatan komponen-komponen dari suatu mesin yang dibuat dengan menggunakan mesin-mesin perkakas, baik konvensional maupun non konvensional. Tetapi saat ini masih banyak perusahaan yang menggunakan mesin konvensional. Oleh karena itu untuk menghasilkan produk dengan hasil yang maksimal dan dengan biaya ekonomis, kita dituntut untuk meningkatkan efisien dengan ketelitian dan produktifitas yang tinggi.

Dalam melakukan pembuatan produk pemesinan banyak proses yang harus dilalui dengan berbagai macam mesin perkakas salah satunya adalah proses turning atau bubut. Pada proses tersebut banyak faktor-faktor atau parameter yang mempengaruhi hasil dari proses pembubutan, selain itu penanganan terhadap pembuatan komponen harus cermat dan teliti sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam proses produksi.

Saat ini persaingan dalam dunia pemesinan semakin ketat, untuk itu kita dituntut untuk terus meningkatkan efisiensi dan efektifitas dari proses pemesinan itu sendiri dengan melakukan berbagai macam penelitian-penelitian yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan proses produksi. Salah satunya adalah dengan meneliti sejauh mana pengaruh penggunaan cairan pendingin terhadap "cutting ratio" dan "Specific cutting energi" pada mesin bubut.

PERMASALAHAN

Banyak diantara beberapa operator mesin bubut yang hanya dengan mengkira-kira dalam memilih jenis cairan pendingin dan tidak begitu diperhatikan dalam penggunaannya dan pengaruhnya terhadap mesin dan benda kerja, sehingga sering terjadi kerusakan pada benda kerja atau pahat akibat hal tersebut. Untuk itu diharapkan dengan dilakukan penelitian ini, dapat mengurangi kerusakan pada pahat dan benda kerja akibat proses produksi serta dapat mengoptimalkan penggunaan cairan pendingin yang tentunya dapat mengoptimalkan hasil proses produksi.

TUJUAN PENELITIAN

Untuk mendapatkan hasil dari analisa "Cutting Ratio" dan "Specific Cutting Energi" pada kondisi treatment dengan dan tanpa pendingin terhadap proses turning.

BATASAN MASALAH

Agar penelitian tidak menyimpang dari masalah yang ada maka perlu adanya pembatasan masalah agar tujuan yang diinginkan dapat dicapai. Adapun batasan-batasan tersebut meliputi :

1. Mesin bubut konvensional tipe JXC/J-46
2. Pahat yang digunakan jenis HSS.
3. Sudut k_r pahat 90° , $\gamma_o = 15^\circ$
4. Bahan dari S45C.
5. Dimensi benda kerja : $D = 25$ mm, Panjang = 100 mm.
6. Jenis cairan pendingin yang digunakan dari jenis cairan emulsi.
7. Perbandingan cairan pendingin 1 : 15 liter Air
8. Pendinginan dilakukan dengan di kucurkan (flooding).
9. Kecepatan aliran cairan pendingin 0.025 L/detik
10. Parameter yang digunakan :
 - Kedalaman potong (a) = 1.5 mm
 - Pemakanan (f) = 0.0079 in/put
= 0,2 mm/put
 - Putaran Spindel = 300, 440, 720, 1050 rpm
11. Cutting ratio (λ_h) dihitung berdasarkan tebal geram sebelum terpotong terhadap tebal geram sesudah terpotong.

12. Specific cutting energi (K_s) dihitung berdasarkan gaya potong pada pahat (diukur dengan dynamo meter) dan luas penampang geram sebelum terpotong.

METODOLOGI PENULISAN

Adapun metodologi yang dilakukan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Studi literature
Dilakukan untuk memperoleh dasar teori yang digunakan untuk mendukung penulisan laporan, dengan membaca buku.
2. Penelitian
Dilakukan agar bisa mengamati secara langsung yang terjadi pada proses pemotongan logam dan pengaruh dari hasil benda kerja.
3. Analisa data dilakukan setelah melakukan penelitian dengan hasil yang berupa data yang di perlukan dalam penelitian.
4. Penulisan
Dilakukan setelah penelitian dan analisa data supaya mempermudah penyajian.

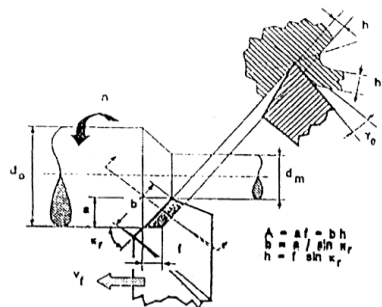
DASAR TEORI

Elemen Dasar Proses Pemesinan

Berdasarkan gambar teknik, dinyatakan spesifikasi geometri suatu produk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis proses pemesinan harus dipilih sebagai suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuatnya.

Bagi suatu tingkatan proses, ukuran obyektif ditentukan dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif tersebut dicapai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong). Setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. Pekerjaan seperti ini akan ditemui dalam setiap perencanaan proses pemesinan. Untuk itu perlu dipahami lima elemen dasar proses pemesinan yaitu :

1. Kecepatan potong (cutting speed) : v (mm / min)
2. Kecepatan makan (feeding speed) : vf (mm / min)
3. Kedalaman potong (depth of cut) : a (mm)
4. Waktu pemotongan (cutting time) : tc (min)
5. Kecepatan penghasil geram (rate of metal removal) : z (cm³/ min)



Gambar 1 Proses Bubut

Umur pahat merupakan dasar pertimbangan yang penting dalam proses pemotongan logam, kondisi yang memberikan umur hidup yang terlalu pendek akan menjadi tidak ekonomis dikarenakan oleh ongkos penggantian pahat akan menjadi tinggi.

Semakin besar keausan / kerusakan yang diderita pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jikalau pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada saat ujung pahat sama sekali akan rusak. Kerusakan fatal seperti ini tidak boleh terjadi sebab gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusakkan seluruh pahat, mesin perkakas dan benda kerja, serta dapat membahayakan operator yang melayani mesin tersebut.

Sudut Geser dan Ratio Pemampatan Tebal Geram (*Cutting Ratio*)

Pada proses pemotongan logam menggunakan mesin perkakas, geram yang dihasilkan bervariasi. Tetapi gaya potongnya tidak akan melebihi harga maksimum yang dicapai setelah bidang geser terbentuk dengan orientasi sebesar sudut geser (Φ) relatif terhadap kecepatan potong, karena gaya potong (F_v) merupakan fungsi dari sudut geser (Φ), maka sudut geser maksimum dapat dicari dengan nol.

$$\frac{\partial F_v}{\partial \Phi} = 0$$

Sehingga diperoleh:

$$2\Phi + \eta - \gamma_0 = 90^\circ$$

Maka:

$$\Phi = 45^\circ + \frac{\gamma_0}{2} - \frac{\eta}{2}$$

Menurut Merchant persamaan diatas ternyata hanya untuk pemotongan sejenis plastik sintetis yang mempunyai kristal tunggal dan tidak berlaku pada logam yang mempunyai struktur poli kristal. Meskipun demikian dari rumus tersebut dan berdasarkan logika dapat ditarik kesimpulan:

1. Sudut geser (Φ) ditentukan oleh sudut geram (γ_0). Semakin besar sudut geram maka sudut geser akan membesar dan menyebabkan penurunan luas bidang geser, sehingga menurunkan gaya potong.
2. Koefisien gesek tidak mungkin sama dengan nol. Dengan demikian, berdasarkan analisis geometrik gaya (lingkaran merchant) maka sudut geser tidak mungkin melebihi suatu harga yaitu:

$$\Phi < 45^\circ + \frac{\gamma_0}{2}$$

Tebal geram sebelumnya terpotong (h) hanya mungkin sama besar dengan tebal geram (h_e) bila:

$$\Phi = 45^\circ + \frac{\gamma_0}{2}$$

Oleh sebab itu, berdasarkan hal diatas dan kenyataan dalam praktek maka:

$$h_e > h$$

Jadi, seolah-olah geram dimampatkan maka hasil bagi antara tebal geram dengan tebal geram sebelum terpotong disebut sebagai rasio pemampatan tebal geram (*Cutting Ratio*)

$$\lambda_h = \frac{h_e}{h} > 1$$

Dalam setiap keadaan pada proses pemesinan menginginkan λ_h yang sekecil mungkin (mendekati satu) karena dapat memberikan keuntungan bertahap sebagai berikut:

- a. λ_h kecil menaikkan Φ
- b. Φ besar akan menurunkan F
- c. F kecil akan menurunkan temperatur pemotongan dan daya pemotongan.

Cairan Pendingin

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin juga mampu menurunkan gaya potong dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih atau pembawa gerinda dan melumasi elemen pembimbing (*ways*) mesin

perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Tetapi peran utama dari cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi.

Analisa Statistik (*Varian*)

Untuk analisa data yang diperoleh berdasarkan desain eksperimen, khususnya desain acak sempurna, akan ditinjau desain dengan sebuah observasi tiap unit eksperimen. Misalkan ada k buah perlakuan dimana terdapat n_i unit eksperimen untuk perlakuan ke i ($i = 1, 2, \dots, k$), jika data pengamatan dinyatakan dengan Y_{ij} ($i = 1, 2, \dots, k$) dan ($j = 1, 2, \dots, n_i$), Y_{ij} berarti nilai pengamatan dari unit eksperimen ke j karena perlakuan ke i , maka untuk keperluan analisisnya, data tersebut sebaiknya disusun seperti dalam Tabel 2.2.

Dari Tabel 2.2 ini kemudian dihitung besaran-besaran yang diperlukan ialah :

Jumlah nilai pengamatan untuk tiap perlakuan

$$J_i = \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}$$

Jumlah seluruh nilai pengamatan

$$J = \sum_{i=1}^k J_i$$

Rata-rata pengamatan untuk tiap perlakuan $\bar{Y}_i = J_i / n_i$

Rata-rata seluruh nilai pengamatan $\bar{Y} = J / \sum_{i=1}^k n_i$

$\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan

$$= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2$$

R_y = Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata

$$= j^2 / \sum_{i=1}^k n_i$$

P_y = Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan

$$= \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2$$

$$= \sum_{i=1}^k (J_i^2 / n_i) - R_y$$

E_y = Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) kekeliruan eksperimen.

$$= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$$

$$= \sum Y^2 - R_y - P_y$$

Tabel 1 Data Pengamatan untuk Desain Acak Sempurna

	Perlakuan				Jumlah
	1	2	...	k	
Data pengamatan	Y_{11}	Y_{21}	...	Y_{k1}	
	Y_{12}	Y_{22}	...	Y_{k2}	
	
	
	Y_{1n1}	Y_{2n2}	...	Y_{knk}	
Jumlah	J_1	J_2	...	J_k	$J = \sum_{i=1}^k j_i$
Banyak pengamatan	n_1	n_2	...	n_k	$\sum_{i=1}^k n_i$
Rata-rata	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	...	\bar{Y}_k	$\bar{Y} = j / \sum_{i=1}^k n_i$

Setelah harga-harga diatas diperoleh, maka disusun sebuah daftar analisis varians disingkat ANAVA, seperti dapat dilihat pada table berikut :

Hipotesa :

Ho : Berisikan bahwa perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon.

Bila $F_{hit} > F_{tabel}$ maka hopotesa Ho ditolak, yang artinya perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon.

Tabel 2 Daftar Anava untuk Data dalam Percobaan

Sumber Variasi	dk	JK	KT	EKT	F
Rata-rata	1	13.80	13.80	-	13.6
Makanan	3	0.005	0.0017	$\sigma_r^2 + \phi(M)$	
Kekeliruan	8	0.001	0.000125	σ_r^2	

METODOLOGI PENELITIAN

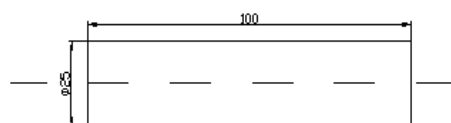
Persiapan

Persiapan-persiapan yang diperlukan pada waktu melakukan penelitian haruslah dipersiapkan dengan matang, Yang bertujuan agar mengurangi terjadinya kesalahan dan waktu yang digunakan menjadi efektif dan efisien. Diantara persiapan-persiapan yang dilakukan akan di bahas berikut ini.

Mesin Perkakas

Pada percobaan ini mesin perkakas yang digunakan adalah mesin bubut konvensional yang terdapat di Lab. Proses Produksi I Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Adapun Type dari mesin bubut tersebut adalah JXC/J-46.

Benda Kerja



Gambar 2. Dimensi benda kerja sebelum proses

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah :

- o Bahan : Carbon Steel S45C
- o Bentuk : Silinder
- o Diameter : 25 mm
- o Panjang : 100 mm

Pahat Potong

Pahat yang digunakan dalam percobaan ini adalah dari jenis HSS (High Speed Steel). Geometri pahat diatur dan di jaga sebagai berikut :

- Sudut potong utama (Kr) : 90°
- Sudut geram : 15°

Persiapan Dalam Proses Pembubutan

Kondisi pemotongan adalah sebagai berikut :

- Kedalaman potong : 1.5 mm
- Diameter awal (d₀) : 25 mm
- Diameter akhir (d₁) : 22 mm
- Diameter rata-rata (d) :

$$\left(\frac{d_0 + d_1}{2} \right) = \left(\frac{25 + 22}{2} \right) = 23.5 \text{ mm}$$

- Gerak makan (feeding) : 0.0079 in/put = 0.2 mm/put
- Putaran Spindel : 300,440,720,1050(rpm)
- Alat-alat Pendukung :
Dinamo meter, Jangka Sorong, Micrometer, Gergaji, Alat asah pahat, Kunci pas, Bak penampung cairan pendingin (jerigen), Selang, Penampung geram

Langkah Percobaan

Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan percobaan guna mendapatkan data untuk analisa :

1. Membuat form pengambilan data sesuai dengan kebutuhan data yang akan diambil.
2. Mempersiapkan semua peralatan yang akan digunakan dalam percobaan pengambilan data.
3. Benda kerja berbentuk silinder dengan diameter 25mm dan panjang 100 mm.
4. Membuat campuran bahan pendingin air dan oli jenis cairan emulsi dengan perbandingan 1:5-20 Liter air.
5. Pengasahan pahat dengan sudut potong utama (Kr) 90° dan sudut geram 15°.
6. Persiapan mesin bubut konvensional dengan memasang pahat potong pada tool post dengan arah tegak lurus terhadap benda kerja.
7. Pengaturan gerak mesin terdiri dari gerak Spindel, pemakanan, dan kedalaman potong.
8. Setelah pengaturan mesin selesai maka percobaan dapat dilakukan, dengan mengukur gaya potong dengan dynamometer, dan mengelompokkan geram hasil dari setiap percobaan yang telah dilakukan untuk kemudian dilakukan pengukuran

Data Hasil Percobaan

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan didapat data-data sebagai berikut :

- Material : Baja Carbon S45C
- Sample : Silinder
- Mesin : JXC / J - 46
- Pahat : HSS
- Sudut Kr : 90°
- Sudut γ_o : 15°
- Feeding (f) : 0.2 mm/put.
- Kedalaman potong (a) : 1.5 mm

Tabel 3.1. Pengukuran gaya potong pada mesin bubut tanpa pendingin menggunakan dynamometer

NO	Putaran spindle (rpm)	Dynamo meter arah vertic al (µm)	Dynamo meter arah horizontal (µm)	Dynamo meter arah vertical (kg)	Dynamo meter arah horizontal (kg)
1	300	21	18	66.43	50
2	440	23	22	73.75	60.91
3	720	27	25	86.88	68.89
4	1050	31	29	97.30	80

Tabel 3.2. Pengukuran gaya potong pada mesin bubut dengan pendingin menggunakan dynamometer

NO	Putaran spindle (rpm)	Dynamo meter arah vertical (µm)	Dynamo meter arah horizontal (µm)	Dynamo meter arah vertical (kg)	Dynamo meter arah horizontal (kg)
1	300	17	15	56.67	42.30
2	440	20	18	63.33	50
3	720	23	21	73.75	57.89
4	1050	27	25	86.88	68.89

Tabel 3.3. Pengukuran tebal geram pada percobaan tanpa pendingin

NO.	Putaran Spindle (rpm)	h _c	h _c rata-rata
		(mm)	(mm)
1	300	1.14	1.15
		1.15	
		1.16	
2	440	1.15	1.16
		1.16	
		1.17	
3	720	1.15	1.16
		1.16	
		1.17	
4	1050	1.17	1.18
		1.18	
		1.19	

Tabel 3.4. Pengukuran tebal geram pada percobaan dengan pendingin

NO.	Putaran Spindle (rpm)	h _c	h _c rata-rata
		(mm)	(mm)
1	300	1.05	1.06
		1.06	
		1.07	
2	440	1.05	1.06
		1.06	
		1.07	
3	720	1.07	1.08
		1.08	
		1.09	
4	1050	1.08	1.09
		1.09	
		1.1	

ANALISA DATA

Perhitungan Kecepatan Potong (v)

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \quad (\text{m/min})$$

dimana :

d = Diameter rata-rata (mm)

n = Putaran spindle (rpm)

➤ Untuk n = 300 rpm

$$v = \frac{3.14 \times 23.5 \times 300}{1000} = 22.14 \text{ m/min}$$

➤ Untuk n = 720 rpm

$$v = \frac{3.14 \times 23.5 \times 720}{1000} = 53.13 \text{ m/min}$$

➤ Untuk n = 440 rpm

$$v = \frac{3.14 \times 23.5 \times 440}{1000} = 32.47 \text{ m/min}$$

➤ Untuk n = 1050 rpm

$$v = \frac{3.14 \times 23.5 \times 1050}{1000} = 77.48 \text{ m/min}$$

Perhitungan Specific Cutting Energy (Ks)

$$F = K_s \cdot A \implies K_s = \frac{F}{A} \quad \text{dimana :}$$

$$A = 1.5 \times 0.2 = 0.3 \text{ mm}^2$$

Karena hasil konversi gaya potong pada tabel dynamometer masih mempunyai satuan kilogram (kg), dapat dikalikan dengan grafitasi (g) dengan rumus sebagai berikut :

$$F = m \cdot g \quad (\text{N})$$

Dimana :

m = Massa (kg)

g = grafitasi bumi ($\frac{m}{dt^2}$)

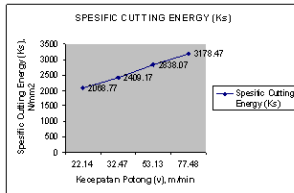
K_s = Specific Cutting Energy (N/mm²)

F = Gaya potong (N)

A = Penampang geram sebelum tepotong (mm²) = b.h = a.f

Tabel 4.1. Data hasil perhitungan gaya potong spesifik arah vertikal

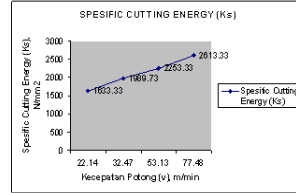
NO	Putaran Spindle (n), rpm	Kecepatan Potong (v), m/min	Gaya Potong (F), N	Penampang Geram (A), mm ²	Specific Cutting Energy (Ks), N/mm ²
1	300	22.14	620.63	0.3	2068.77
2	440	32.47	722.75	0.3	2409.17
3	720	53.13	851.42	0.3	2838.07
4	1050	77.48	953.54	0.3	3178.47



Specific Cutting Energy pada arah vertical (Tanpa pendingin)

Tabel 4.2. Data hasil perhitungan gaya potong spesifik arah horizontal

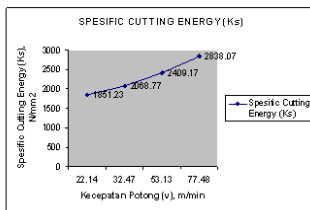
NO	Putaran Spindle (n), rpm	Kecepatan Potong (v), m/min	Gaya Potong (F), N	Penampang Geram (A), mm ²	Specific Cutting Energy (Ks), N/mm ²
1	300	22.14	490	0.3	1633.33
2	440	32.47	596.92	0.3	1989.73
3	720	53.13	676	0.3	2253.33
4	1050	77.48	784	0.3	2613.33



Specific Cutting Energy pada arah horizontal (Tanpa pendingin)

Tabel 4.3. Data hasil perhitungan antara kecepatan potong dan specific cutting energy arah vertikal (Dengan pendingin)

NO	Putaran Spindle (n), rpm	Kecepatan Potong (v), m/min	Gaya Potong (F), N	Penampang Geram (A), mm ²	Specific Cutting Energy (Ks), N/mm ²
1	300	22.14	555.37	0.3	1851.23
2	440	32.47	620.63	0.3	2068.77
3	720	53.13	722.75	0.3	2409.17
4	1050	77.48	851.42	0.3	2838.07

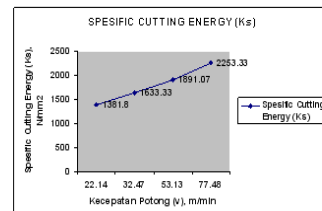


Grafik 4.3. Specific Cutting Energy (Ks) Arah vertical (Dengan Pendingin)

Specific Cutting Energy pada arah vertical (Dengan pendingin)

Tabel 4.4. Data hasil perhitungan antara kecepatan potong dan specific cutting energy arah horizontal (Dengan pendingin)

NO	Putaran Spindle (n), rpm	Kecepatan Potong (v), m/min	Gaya Potong (F), N	Penampang Geram (A), mm ²	Specific Cutting Energy (Ks), N/mm ²
1	300	22.14	414.54	0.3	1381.8
2	440	32.47	490	0.3	1633.33
3	720	53.13	567.32	0.3	1891.07
4	1050	77.48	676	0.3	2253.33

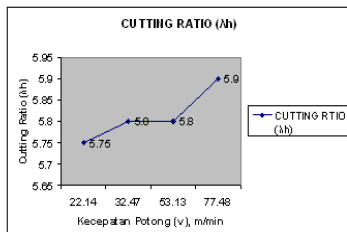


Grafik 4.4. Specific Cutting Energy (Ks) Arah Horizontal (Dengan Pendingin)

Specific Cutting Energy pada arah horizontal (Dengan pendingin)

Tabel 4.5. Data hasil perhitungan antara kecepatan potong dan cutting ratio (Tanpa pendingin)

NO	Putaran Spindle (n), rpm	Kecepatan Potong (v), m/min	Tebal Geram (hc), mm	Tebal Geram Sebelum Terpotong (h), mm	Cutting Ratio (λh)
1	300	22.14	1.15	0.2	5.75
2	440	32.47	1.16	0.2	5.8
3	720	53.13	1.16	0.2	5.8
4	1050	77.48	1.18	0.2	5.9

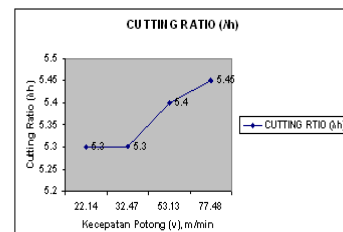


Grafik 4.5. Cutting Ratio (λh) Tanpa Pendingin

Cutting ratio pada percobaan tanpa pendingin.

Tabel 4.6. Data hasil perhitungan antara kecepatan potong dan cutting ratio (Dengan pendingin)

NO	Putaran Spindle (n), rpm	Kecepatan Potong (v), m/min	Tebal Geram (hc), mm	Tebal Geram Sebelum Terpotong (h), mm	Cutting Ratio (λh)
1	300	22.14	1.06	0.2	5.3
2	440	32.47	1.06	0.2	5.3
3	720	53.13	1.08	0.2	5.4
4	1050	77.48	1.09	0.2	5.45



Grafik 4.6. Cutting Ratio (λh) Dengan Pendingin

Cutting ratio pada percobaan dengan pendingin

Perhitungan Cutting Ratio (λh)

$$\lambda h = \frac{hc}{h} > 1$$

dimana :

- h_c = Tebal geram (mm)
- h = Tebal geram sebelum terpotong (mm)

Untuk mencari nilai h dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$h = f \sin Kr$$

$$= 0.2x \sin 90 = 0.2 \text{ mm}$$

Pemilihan Alternatif Pendekatan Persamaan Grafik Regresi

Setelah melakukan perhitungan dari beberapa persamaan grafik regresi maka telah diketahui nilai error yang terkecil dari setiap percobaan adalah sebagai berikut :

Specific cutting energy (Ks), Tanpa pendingin

1. Arah vertical
 - $R^2 = 0.9978$ pers. grafik *linier* $y = 375.8x + 1684.1$ dan
 - $R^2 = 0.9978$ pers. grafik *polynomial* $y = 375.8x + 1684.1$
2. Arah horizontal
 - $R^2 = 0.9965$ pers. grafik *linier* $y = 320.36x + 1321.6$ dan
 - $R^2 = 0.9965$ pers. grafik *polynomial* $y = 0.9x^2 + 315.86x + 13.26$

Specific cutting energy (Ks), Dengan pendingin

1. Arah vertical
 - $R^2 = 0.9999$ pers. grafik *polynomial* $y = 52.84x^2 + 65.892x + 1730.8$
2. Arah horizontal
 - $R^2 = 0.9989$ pers. grafik *eksponensial* $y = 1176.4 e^{0.1614x}$

Cutting ratio (λh), Tanpa pendingin

$$R^2 = 0.9053 \text{ pers. grafik polynomial } y = 0.0125x^2 - 0.0175x + 5.7625$$

Cutting ratio (λh), Dengan pendingin

$$R^2 = 0.9333 \text{ pers. grafik polynomial } y = 0.0125x^2 - 0.0075x + 5.2875$$

**Analisa Statistik pada Cutting Ratio (λh).
Pada Percobaan Tanpa Pendingin**

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Geram dengan Variasi Kecepatan Potong Pada Percobaan Tanpa Pendingin.

	Kecepatan Potong (v), m/min				Jumlah
	v ₁ = 22.14	v ₂ = 32.47	v ₃ = 53.13	v ₄ = 77.48	
Hasil Pengukuran Geram	1.14 1.15 1.16	1.15 1.16 1.17	1.15 1.16 1.17	1.17 1.18 1.19	
Jumlah	3.45	3.48	3.48	3.54	13.95
Banyak Pengamatan	3	3	3	3	12
Rerata	1.15	1.16	1.16	1.18	1.1625

A. Hipotesis

Ho = Pengaruh kecepatan potong (tanpa pendingin) tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai Cutting ratio (λh).

B. Perhitungan

$$Ry = \frac{j^2}{\sum_{i=1}^k ni} = \frac{13.95^2}{12} = 16.22$$

$$Py = Vy = \sum_{i=1}^k (ji^2 / ni) - Ry$$

$$= \frac{3.45^2}{3} + \frac{3.48^2}{3} + \frac{3.48^2}{3} + \frac{3.54^2}{3} - 16.22$$

$$= \frac{11.9}{3} + \frac{12.11}{3} + \frac{12.11}{3} + \frac{12.53}{3} - 16.22$$

$$= 3.1 + 4.04 + 4.04 + 4.18 - 16.22$$

$$= 15.36 - 16.22$$

$$= -0.86$$

$$\sum Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{ni} Yij^2$$

$$= 1.14^2 + 1.15^2 + \dots + 1.18^2 + 1.19^2$$

$$= 16.22$$

$$Ey = \sum Y^2 - Ry - Py$$

$$= 16.22 - 16.22 - (-0.86)$$

$$= 0.86$$

Untuk mengetahui statistic F dari hasil percobaan dapat kita lihat pada table di bawah ini.

Tabel 4.8. Daftar anava untuk statistic F (tanpa pendingin)

Sumber Variasi	dk	JK	KT	EKT	F
Rata-rata	1	16.22	16.22	-	
Makanan	3	-0.86	-0.287	$\sigma_r^2 + \phi(M)$	-2.657
Kekeliruan	8	0.86	0.108	σ_r^2	
Jumlah	12	16.22	-	-	-

Jika untuk ini diambil taraf nyata $\alpha=0.05$, maka dari daftar D (dalam appendik) untuk distribusi F dengan $v_1=3$ dan $v_2=8$ didapat $F=4.07$. Karena $F = -2.657$ lebih kecil dari 4.07 maka H_0 diterima. Ini berarti keempat variasi kecepatan potong tersebut tidak memberikan pengaruh berarti terhadap Cutting ratio pada percobaan tanpa pendinginan.

Pada Percobaan dengan Pendingin

Tabel 4.9. Hasil Pengukuran Geram dengan Variasi Kecepatan Potong Pada Percobaan Dengan Pendingin

	Kecepatan Potong (v), m/min				Jumlah
	$v_1 = 22.14$	$v_2 = 32.47$	$v_3 = 53.13$	$v_4 = 77.48$	
Hasil Pengukuran Geram	1.05	1.05	1.07	1.08	
	1.06	1.06	1.08	1.09	
	1.07	1.07	1.09	1.1	
Jumlah	3.18	3.18	3.24	3.27	12.87
Banyak Pengamatan	3	3	3	3	12
Rerata	1.06	1.06	1.08	1.09	1.0725

A. Hipotesis

H_0 = Pengaruh kecepatan potong (tanpa pendingin) tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai Cutting ratio (λ_h)

Perhitungan

$$R_y = \frac{j^2}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{12.87^2}{12} = 13.80$$

$$\begin{aligned} P_y = V_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{j_i^2}{n_i} \right) - R_y \\ &= \frac{3.18^2}{3} + \frac{3.18^2}{3} + \frac{3.24^2}{3} + \frac{3.27^2}{3} - 13.80 \\ &= \frac{10.112}{3} + \frac{10.112}{3} + \frac{10.498}{3} + \frac{10.693}{3} - 13.80 \\ &= 3.371 + 3.371 + 3.499 + 3.564 - 13.80 \\ &= 13.805 - 13.80 \\ &= 0.005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 1.05^2 + 1.06^2 + \dots + 1.09^2 + 1.1^2 \\ &= 13.806 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\ &= 13.806 - 13.80 - 0.005 \\ &= 0.001 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui statistic F dari hasil percobaan dapat kita lihat pada table di bawah ini.

Tabel 4.10. Daftar anava untuk statistic F (dengan pendingin)

Sumber Variasi	dk	JK	KT	EKT	F
Rata-rata	1	13.80	13.80	-	
Makanan	3	0.005	0.0017	$\sigma_t^2 + \theta(M)$	13.6
Kekeliruan	8	0.001	0.000125	σ_t^2	
Jumlah	12	16.22	-	-	-

Jika untuk ini diambil taraf nyata $\alpha=0.05$, maka dari daftar D (dalam appendik) untuk distribusi F dengan $v_1=3$ dan $v_2=8$ didapat $F=4.07$. Karena $F = 13.6$ lebih besar dari 4.07 maka H_0 ditolak. Ini berarti keempat variasi kecepatan potong tersebut memberikan pengaruh berarti terhadap Cutting ratio pada percobaan tanpa pendinginan.

KESIMPULAN

Hasil Gaya Potong Spesifik dan Rasio Pemampatan Tebal Geram

Pada percobaan menggunakan *dynamometer kantilever* dua arah (X, menunjukkan arah horizontal dan Y, menunjukkan arah vertical) pada proses turning. Dapat diketahui

Tanpa pendingin.			
Kecepatan Potong (v), m/min	Specific Cutting Energy (KS) Arah Vertical, N/mm ²	Specific Cutting Energy (KS) Arah Horizontal, N/mm ²	Cutting Ratio (λ_h).
22.14	2068.77	1633.33	5.75
32.47	2409.17	1989.73	5.80
53.13	2838.07	2253.33	5.80
77.48	3178.47	2613.33	5.90
Dengan pendingin.			
Kecepatan Potong (v), m/min	Specific Cutting Energy (KS) Arah Vertical, N/mm ²	Specific Cutting Energy (KS) Arah Horizontal, N/mm ²	Cutting Ratio (λ_h).
22.14	1851.23	1381.80	5.30
32.47	2068.77	1633.33	5.30
53.13	2409.17	1891.07	5.40
77.48	2838.07	2253.33	5.45

Hasil dari Pendekatan Persamaan Grafik

Berdasarkan data yang telah diperoleh maka didukung dengan beberapa pendekatan persamaan grafik, diantaranya :

- Regresi linier
- Regresi logarithmic
- Regresi polynomial
- Regresi power
- Regresi exponential

Maka dari kelima regresi hasil pendekatan grafik dipilih regresi yang mempunyai nilai *error* yang paling sedikit dari tiap-tiap percobaan diantaranya adalah sebagai berikut :

A. Specific cutting energy (Ks), Tanpa pendingin

1. Arah vertical

$$R^2 = 0.9978 \text{ pers. grafik linier } y = 375.8x + 1684.1 \text{ dan}$$

$$R^2 = 0.9978 \text{ pers. grafik polynomial } y = 375.8x + 1684.1$$

2. Arah horizontal

$$R^2 = 0.9965 \text{ pers. grafik linier } y = 320.36x + 1321.6 \text{ dan}$$

$$R^2 = 0.9965 \text{ pers. grafik polynomial } y = 0.9x^2 + 315.86x + 13.26$$

B. Specific cutting energy (Ks), Dengan pendingin

1. Arah vertical

$$R^2 = 0.9999 \text{ pers. grafik polynomial } y = 52.84x^2 + 65.892x + 1730.8$$

2. Arah horizontal

$$R^2 = 0.9989 \text{ pers. grafik exponential } y = 1176.4 e^{0.1614x}$$

C. Cutting ratio (λ_h), Tanpa pendingin

$$R^2 = 0.9053 \text{ pers. grafik polynomial } y = 0.0125x^2 - 0.0175x + 5.7625$$

D. Cutting ratio (λ_h), Dengan pendingin

$$R^2 = 0.9333 \text{ pers. grafik polynomial } y = 0.0125x^2 - 0.0075x + 5.2875$$

Hasil dari Analisa Statistik pada Ratio Pemampatan Tebal Geram

Dari analisa *statistic* pada *cutting ratio* maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Tanpa pendingin

$F_{hit} = -2.657$ lebih kecil dari

$F_{\text{tabel}} = 4.07$ maka H_0 diterima. Ini berarti keempat variasi kecepatan potong tersebut tidak memberikan pengaruh berarti terhadap *Cutting ratio* pada percobaan tanpa pendinginan.

Dengan pendingin

$F_{\text{hit}} = 13.6$ lebih besar dari F_{tabel}

$= 4.07$ maka H_0 ditolak. Ini berarti keempat variasi kecepatan potong tersebut memberikan pengaruh berarti terhadap *Cutting ratio* pada percobaan tanpa pendinginan.

DAFTAR PUSTAKA

Taufiq Rochim, Dr., 1993 Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, Lab. Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB, Bandung, Mei.

Boothroyd, Geoffrey, Knight, Wiston A, 1989 *Fundamental of Machining and Machine Tool*. Machel Dekker inc.

Sudjana, Msc. 1991 Desain Dan Analisis Eksperimen, Tarsito, Bandung,