

## **PENDEKATAN SISTEMATIK PENENTUAN PARAMETER PROSES FREIS TEGAK UNTUK MEMINIMALKAN KEKASARAN PERMUKAAN**

**Darto**\*

### **Abstraksi**

Kekasaran permukaan pada suatu komponen mesin merupakan hasil pengerjaan suatu mesin perkakas yang dapat mengakibatkan kegagalan kerja pada suatu komponen mesin. Proses freis tegak merupakan satu proses pemesinan yang menyebabkan kekasaran permukaan pada benda kerja yang sulit untuk dikendalikan. Untuk mengetahui sejauh mana hasil kekasaran permukaan hasil proses freis dapat dikendalikan maka perlu adanya penelitian yang menggabungkan antara variabel proses freis dengan variabel jenis benda kerja. Penggabungan antar variabel tersebut bertujuan untuk mendapatkan variabel proses freis yang paling optimal.

Penelitian ini menggunakan 3 tingkat pengerjaan pada proses freis dengan parameter proses pemesinan yaitu kedalaman pemotongan, putaran spindle, kecepatan makan dan diameter pahat freis. Material yang digunakan yaitu baja, besi cor, aluminium dan plastik.

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan material aluminium mempunyai nilai rata-rata kekasaran yang paling kecil jika dibandingkan dengan material baja, besi cor dan plastik pada kondisi parameter proses pemotongan yang sama. Kekasaran material yang semakin besar cenderung menghasilkan kekasaran permukaan hasil proses freis yang semakin besar. Sedangkan kenaikan nilai rata-rata kekasaran permukaan cenderung meningkat tajam lebih disebabkan oleh diameter pahat freis yang digunakan.

**Kata Kunci:** Parameter Proses *Freis*, Kekasaran Permukaan

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Kekasaran permukaan pada suatu komponen mesin merupakan hasil pengerjaan suatu mesin perkakas yang dapat mengakibatkan kegagalan kerja pada suatu komponen mesin. Kegagalan yang diakibatkan oleh kekasaran permukaan dari suatu komponen mesin hasil proses pemesinan dapat mempengaruhi beberapa atribut fungsional produk, misal kontak yang menyebabkan bentuk permukaan tidak benar, kelelahan atau keausan.

Kualitas permukaan yang dikerjakan ditentukan oleh kecepatan pembuatan menurut perencanaan sifat kimia dan sifat fisik serta kekasaran permukaan hasil proses pemesinan. Sifat fisik mekanisme permukaan material yang dikerjakan ditentukan oleh sifat kimia dari logam, mikogeometri, kekuatan, kekerasan, tegangan sisa dan ketahanan terhadap keausan serta ketahanan terhadap korosi

Berdasarkan dua paragraf di atas maka penelitian ini dilakukan dengan latar belakang untuk menentukan parameter proses pemesinan yang ideal sehingga didapatkan hasil kekasaran permukaan yang minimal dengan dasar prediksi hasil pengujian dari berbagai jenis material yang dikombinasikan dengan level proses pemesinan.

---

\* Dosen Tetap Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang

**Permasalahan**

Permasalahan dalam penelitian ini yang diangkat adalah untuk menentukan parameter proses freis sehingga menghasilkan produk dengan nilai rata-rata kekasaran yang paling minimum pada berbagai jenis material.

**Tujuan Penelitian**

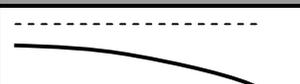
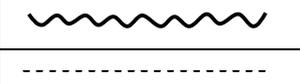
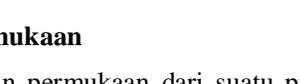
Tujuan penelitian yang diharapkan adalah mendapatkan parameter proses freis yang paling cocok untuk berbagai jenis material sehingga mendapatkan nilai rata-rata kekasaran yang paling minimum.

**KAJIAN PUSTAKA**

**Konfigurasi Permukaan**

Ketidaksempurnaan alat ukur dan cara pengukuran maupun cara evaluasi hasil pengukuran maka suatu permukaan sesungguhnya tidaklah dapat dibuat duplikasinya melainkan hanya mendekati bentuk yang sesungguhnya dan ini biasanya kita sebut sebagai permukaan terukur. Ketidakteraturan konfigurasi suatu permukaan bila ditinjau dari profinya dapat diuraikan menjadi beberapa tingkat seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Ketidakteraturan Kongfigurasi Suatu Profil<sup>[4]</sup>

Tingkatan	Profil terukur; bentuk grafik hasil dari pengukuran	Istilah	Contoh kemungkinan penyebabnya
1		Kesalahan bentuk ( <i>form error</i> )	Kesalahan bidang-bidang pembimbing dari mesin, lenturan dari perkakas dan benda kerja, kesalahan posisi pada waktu pemegangan benda kerja, distorsi sewaktu proses hardening
2		Gelombang ( <i>waviness</i> )	Kesalahan bentuk perkakas, kesalahan penyenteran perkakas, getaran sewaktu proses pemotongan
3		Alur ( <i>Grooves</i> )	Bekas dari pemotongan (bentuk ujung pahat dan gerak makan)
4		Serpihan ( <i>Flake</i> )	Proses pembentukan geram, deformasi akibat proses pancar pasir, pembentukan modul pada elektro plating
5			Kombinasi ketidakteraturan dari tingkat 1 sampai dengan 4

**Kekasaran Permukaan**

Kekasaran permukaan dari suatu produk hasil proses pemesinan bisa mempengaruhi beberapa atribut kefungsiian dari suatu produk, seperti kontak yang menyebabkan bentuk permukaan, kelelahan dan keausan. Oleh karena itu kekasaran permukaan menjadi salah satu aspek mutu terpenting di dalam hasil akhir suatu proses pemesinan.

Terdapat berbagai parameter kekasaran permukaan yaitu yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak lurus dan arah mendatar seperti rata-rata kekasaran ( $R_a$ ), kekasaran kuadratik ( $R_q$ ) dan kedalaman total ( $R_y$  atau  $R_{max}$ ). Yang digunakan dalam penelitian ini adalah

paramter  $R_a$  (rata-rata kekasaran). Dimana definisi rata-rata kekasaran adalah integral dari nilai mutlak menyangkut tingginya profil kekasaran atas panjang evaluasinya. Rata-rata kekasaran ( $R_a$ ) ditetapkan dengan menggunakan persamaan:

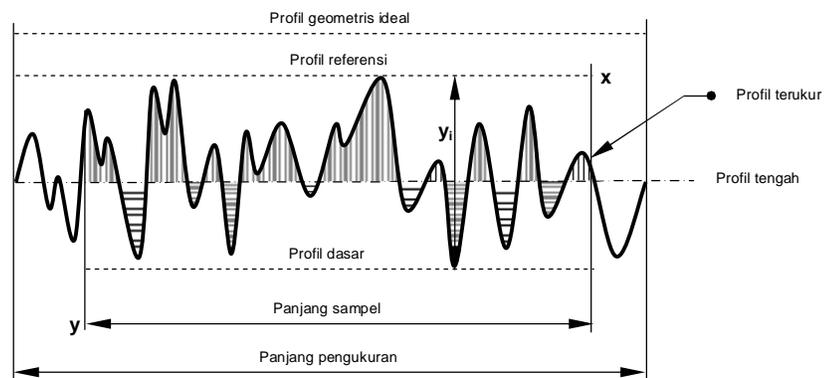
$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |Y(x)| dx$$

Dimana:

$R_a$  = rata-rata kekasaran permukaan

L = panjang sampel pengukuran

Y = koordinat dari profil kurva



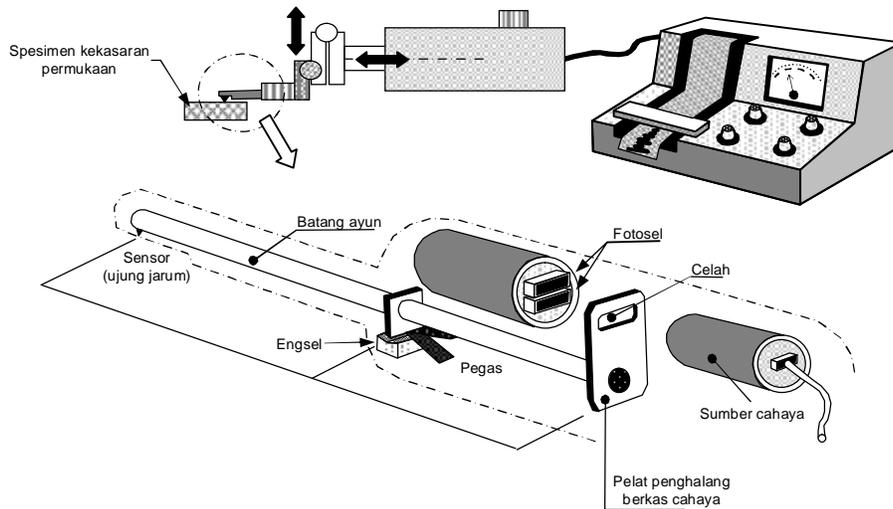
Gambar 1. **Profil Kekasaran Permukaan**<sup>[4]</sup>

Beberapa istilah profil yang terpenting seperti berikut:

- Profil geometri ideal adalah profil dari permukaan ideal yang dapat berupa garis lurus, lingkaran maupun garis lengkung
- Profil terukur adalah profil dari permukaan terukur
- Profil referensi adalah profil yang digunakan sebagai referensi untuk menganalisa ketidakteraturan dari konfigurasi permukaan.
- Profil dasar adalah profil referensi yang digeser ke bawah sampai menyinggung titik terendah profil terukur
- Profil tengah profil referensi yang digeser ke bawah sedemikian rupa sehingga jumlah luasan daerah di atas profil tengah sampai profil terukur adalah sama dengan jumlah luasan daerah di bawah profil tengah sampai ke profil terukur.

### Prinsip Dasar Pengukuran Kekasaran Permukaan

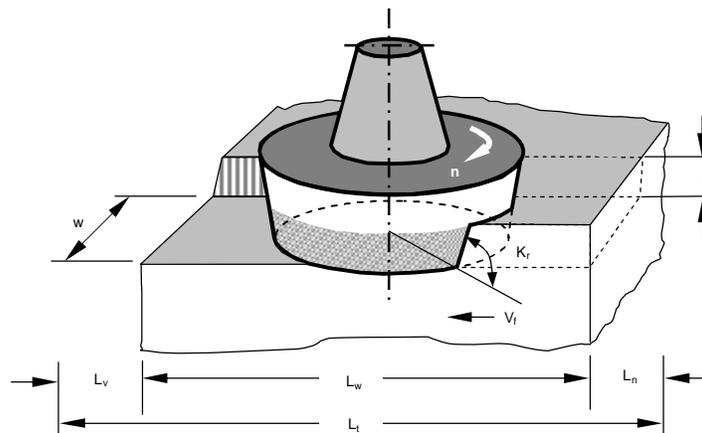
Prinsip dasar pengukuran kekasaran permukaan menggunakan alat ukur dengan pengubah optoelektrik yang umumnya dirancang dengan penggabungan beberapa prinsip dasar dari photosel, berkas cahaya, system optik dan pengolah sinyal. Penerapan gabungan prinsip dasar tersebut terlihat pada gambar 2 pengubah optoelektrik yang digunakan pada sensor alat ukur kekasaran permukaan.



Gambar 2. Alat Ukur Kekasaran Dengan Prinsip Pengubah Optoelektrik<sup>[4]</sup>

### Proses Freis

Dalam penelitian ini proses freis yang dilakukan adalah proses freis tegak dengan menggunakan mesin freis universal konvensional. Elemen dasar proses freis dapat ditentukan dengan memperhatikan gambar 3 dengan tiga komponen yang saling mempengaruhi yaitu benda kerja, pahat freis dan mesin freis yang digunakan.



Gambar 3. Proses Pemesinan Freis Tegak<sup>[5]</sup>

Benda kerja:

- $w$  = lebar pemotongan benda kerja (mm)
- $L_w$  = panjang pemotongan (mm)
- $a$  = kedalaman pemotongan (mm)

Pahat freis:

- $d$  = diameter luar pahat (mm)
- $z$  = jumlah gigi pahat (buah)
- $K_r$  = sudut potong utama ( $^{\circ}$ )

Mesin freis:

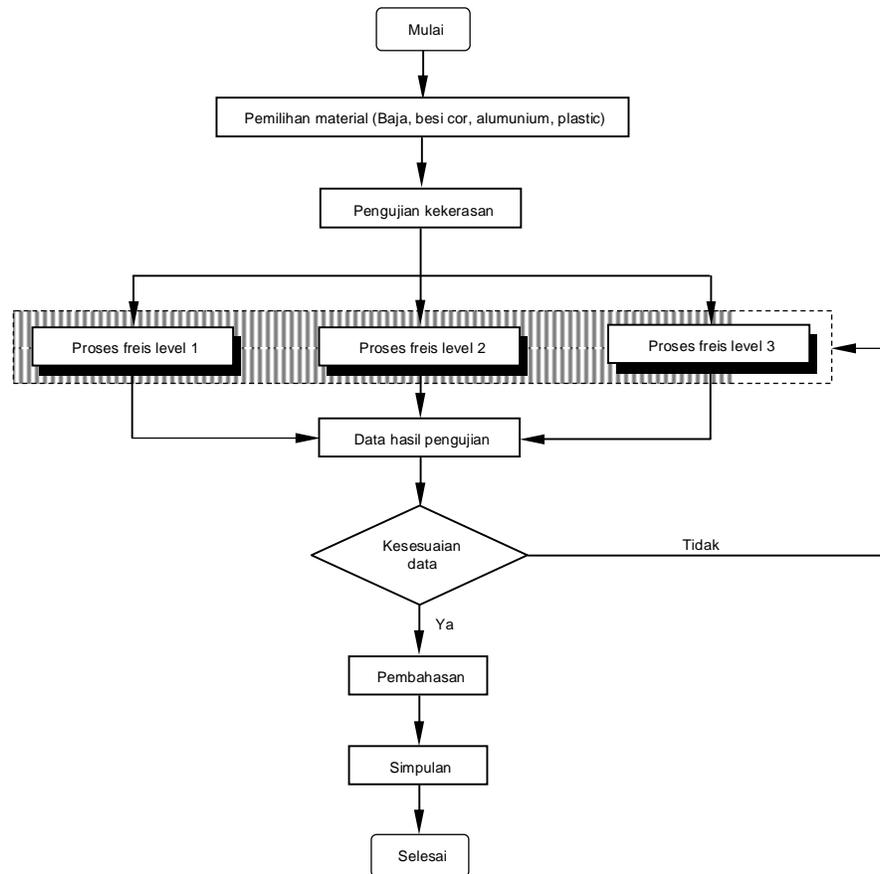
- $n$  = putaran spindel (rpm)
- $V_f$  = kecepatan makan (mm/min)

#### **Elemen Dasar Proses Freis**

1. Kecepatan potong  
 $V_c = (\pi \cdot d \cdot n)/1000$  (m/min)
2. Gerak makan pergigi  
 $f_z = V_f/(z \cdot n)$  (r/min)
3. Waktu pemotongan  
 $t_c = L_w/V_f$  (min)
4. Kecepatan penghasilan geram  
 $Z = (V_f \cdot a \cdot w)/1000$  (cm<sup>3</sup>/min)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Diagram Alir Penelitian



### Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang dengan memvariasikan jenis material benda uji (baja, besi cor, aluminium dan plastik) dengan tingkat proses pemesinan freis (kedalaman pemotongan, putaran spindle, kecepatan makan dan diameter pahat). Level tingkat proses pemesinan tersebut terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Level Proses Pemesinan *Freis*

Parameter		Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kedalaman pemotongan (a)	mm	0.2	0.3	0.5
B	Putaran spindle (n)	rpm	102	310	570
C	Kecepatan makan ( $V_f$ )	mm/min	49.6	67.8	120
D	Diameter pahat (d)	mm	12	14	16

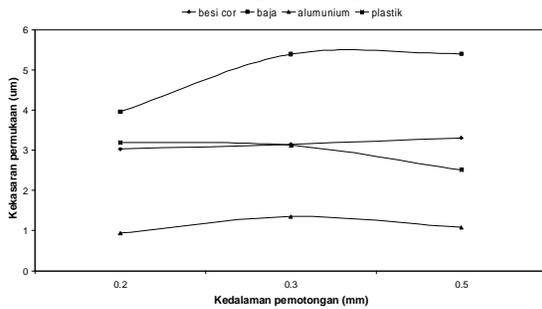
Hasil Pengujian Kekerasan Benda Uji

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekerasan Material Benda Uji

Material	Nilai Kekerasan
Besi Cor	104.5 HRB
Baja	79.5 HRB
Aluminium	50.9 HRB
Plastik	85 – 110 HRR

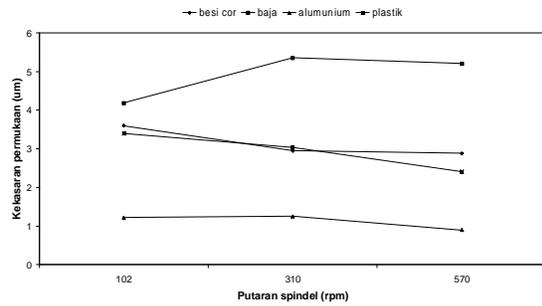
Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

- Variasi kedalaman pemotongan



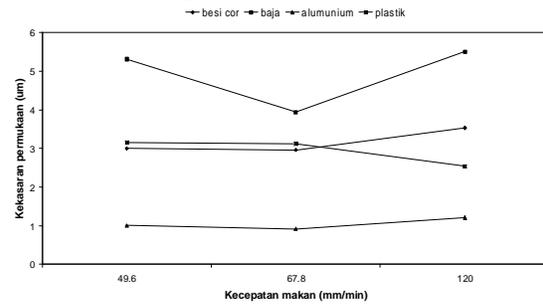
Gambar 4. Grafik Kedalaman Pemotongan Vs Kekasaran Permukaan

- Variasi putaran spindel



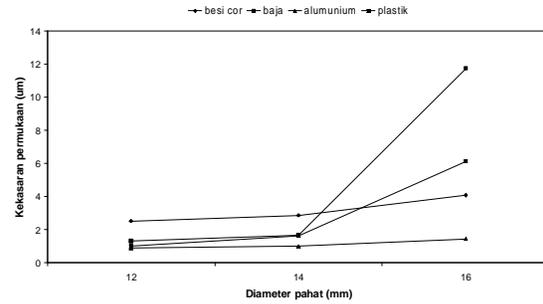
Gambar 5. Grafik Putaran Spindel Vs Kekasaran Permukaan

- Variasi kecepatan makan



Gambar 6. Grafik Kecepatan Makan Vs Kekasaran Permukaan

- Variasi diameter pahat



Gambar 7. Grafik Diameter Pahat Freis Vs Kekasaran Permukaan

Guna mendapatkan parameter proses pemesinan freis yang paling optimal pada masing-masing jenis material benda uji untuk mendapatkan kekasaran yang minimal maka dilakukan proses pendekatan secara sistematis.

Tabel 4. Kekasaran Permukaan Besi Cor Hasil Proses Freis

Level	a (A)	n (B)	V <sub>f</sub> (C)	d (D)	R <sub>a</sub> rata-rata
1	3.03	3.60	3.00	2.53	3.16
2	3.15	2.95	2.96	2.87	
3	3.31	2.88	3.53	4.09	
Jangkauan	0.26	0.72	0.57	1.56	X
Grade	4	2	3	1	
A <sub>min</sub>	3.03				
B <sub>min</sub>		2.88			
C <sub>min</sub>			2.96		
D <sub>min</sub>				2.53	

Berdasarkan tabel 4 maka dapat diprediksi kekasaran permukaan yang paling minimal dengan menggunakan parameter proses pemesinan freis yang paling optimal untuk material besi cor. Prediksi kekasaran permukaan besi cor akibat proses pemesinan freis dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 R_a \text{ prediksi} &= A_{\min} + B_{\min} + C_{\min} + D_{\min} - 3 \cdot R_a \text{ rata-rata} \\
 &= A_1 + B_3 + C_2 + D_1 - 3 \cdot R_a \text{ rata-rata} \\
 &= 3.03 + 2.88 + 2.96 + 2.53 - 3 \cdot 3.16 = 1.92 \text{ um}
 \end{aligned}$$

Prediksi kekasaran permukaan material cor hasil proses pemesinan freis tersebut dapat dicapai dengan prediksi menggunakan parameter proses pemesinan freis seperti berikut:

- Kedalaman pemotongan (a) = 0.2 mm
- Putaran spindel (n) = 570 rpm
- Kecepatan makan (V<sub>f</sub>) = 67.8 mm/min
- Diameter pahat freis (d) = 12 mm

Berdasarkan prediksi dari kekasaran permukaan di atas maka dilakukan proses pengujian kembali pada material besi cor untuk mendapatkan data kekasaran permukaan dengan parameter proses pemesinan freis yang direkomendasikan. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dan hasil yang didapatkan seperti tabel 5 dan dengan cara yang sama maka didapatkan data untuk jenis material yang lain

Tabel 5. Validasi Kekasaran Permukaan Hasil Proses Pemesinan Freis

Material	Kekerasan	Prediksi Kekasaran Permukaan	Parameter proses freis optimal				Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Dengan Parameter Optimal	Prosentase (prediksi/aktual)
			Kedalaman pemotongan (a)	Putaran spindel (n)	Kecepatan makan (V <sub>f</sub> )	Diameter pahat (d)		
Besi cor	104.5 HRB	1.92	0.2	570	67.8	12	2.35	82%
	Tingkat jangkauan		4	2	3	1		
Baja	79.5 HRB	1.33	0.2	310	67.8	12	1.87	71%
	Tingkat jangkauan		3	4	2	1		
Aluminium	50.9 HRB	0.30	0.2	102	67.8	12	1.29	23%
	Tingkat jangkauan		2	3	4	1		
Plastik	85-110 HRR	0.35	0.5	570	120	12	1.65	21%
	Tingkat jangkauan		3	2	4	1		

## **PEMBAHASAN**

Berdasarkan table 5 di atas maka dapat dianalisis bahwa parameter proses yang paling dominan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil proses pemesinan freis adalah diameter pahat yang digunakan. Hal tersebut terlihat dari tingkat jangkauan dari semua jenis material benda uji menempati urutan yang pertama. Parameter proses pemesinan freis yang tidak dominan jika dibandingkan dengan ketiga parameter yang lain adalah kecepatan makan yang cenderung menempati urutan terakhir terhadap jangkauan dari hasil pengukuran kekasaran permukaan. Hal tersebut dapat dianalisis bahwa dengan semakin besarnya diameter pahat maka kekasaran permukaan yang terbentuk akan semakin meningkat. Kondisi tersebut terjadi karena dengan diameter yang semakin besar maka torsional yang terjadi pada ujung mata pahat freis akan semakin besar. Dengan semakin besarnya torsional yang terjadi maka kemungkinan untuk cepat aus pada mata pisau juga semakin besar. Di samping itu getaran yang ditimbulkan juga akan semakin besar pula. Diameter pahat freis yang semakin besar mempunyai keuntungan untuk proses pengkasaran suatu produk.

Hasil prediksi dengan hasil pengukuran actual setelah menggunakan parameter proses yang dianjurkan tergantung dari kekerasan material benda kerja. Dimana semakin keras material benda kerja maka prosentase prediksi akan semakin besar sedangkan pada material yang relative lunak prosentase prediksi terhadap aktualnya semakin kecil. Hal tersebut terjadi karena kekasaran prediksi yang secara sistematis hanya memperharikan pada empat aspek parameter proses pemesinan freis saja sedangkan aspek yang lain belum terakomodasi. Di samping itu juga semakin lunak suatu material maka tingkat kekakuan dari proses pemesinan juga akan semakin berkurang. Hal tersebut berimplikasi pada tingkat kekasaran permukaan hasil proses.

Berdasarkan grafik hasil pengujian dapat dilihat bahwa material aluminium mempunyai hasil pengujian kekasaran yang relative paling kecil. Hal tersebut dapat dianalisis bahwa material aluminium mempunyai sifat yang lunak tetapi ulet. Sifat tersebut berpengaruh pada proses yaitu sifat lunak tidak mudah mengakibatkan aus pada mata pahat freis sedangkan ulet akan memberikan stabilitas proses pemesinan yang cukup tinggi.

## **SIMPULAN**

1. Diameter pahat merupakan parameter yang paling dominan dalam penentuan kekasaran permukaan hasil proses pemesinan freis.
2. Semakin besar parameter proses pemesinan freis (kedalaman pemotongan, putaran spindel, kecepatan makan dan diameter pahat) maka mengakibatkan kekasaran permukaan hasil proses semakin meningkat.
3. Prediksi kekasaran permukaan hasil proses freis hanya sesuai untuk material dengan tingkat kekerasan yang cukup tinggi (besi cor dan baja).

4. Material alumunium mempunyai kekasaran permukaan hasil proses pemesinan freis yang paling kecil jika dibandingkan dengan besi cor, baja maupun plastic.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Boothroyd G., 1957, *Fundamental of Metal Machining and Machine Tools*, McGraw-Hill Book Company, New York
- [2] Mechanical Engineering Handbook Third Edition, 2006, *Manufacturing and Management Volume-3*, John Wiley & Son Inc., New Jersey
- [3] Mechanical Engineering Handbook Third Edition, 2006, *Material and Mechanical Design Volume-1*, John Wiley & Son Inc., New Jersey
- [4] Taufiq Rochim, 2000, Spesifikasi Geometrik, Metrologi Industri dan Kontrol Kualitas, Laboratorium Metrologi Industri, MPE, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- [5] Taufiq Rochim, 1985, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, Laboratorium Teknik Produksi – Pemesinan, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, Bandung