

PENGARUH KECEPATAN SPINDEL DAN GERAK MAKAN MESIN BUBUT KONVENTIONAL DENGAN PAHAT HSS TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ST 45

Deken¹, Frans R. Bethony², Formanto Paliling³, Chendry Johan⁴

¹Mahasiswa Teknik Mesin
Universitas Kristen Indonesia Toraja
^{2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Kristen Indonesia Toraja

Email :
dekenpatulen@gmail.com
formanto@ukitoraja.ac.id

ABSTRAK

Baja adalah logam paduan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai *grade*-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan nikel. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya.

Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekasaran pada material ST 45 pada proses pembubutan dengan variasi kecepatan spindel dan gerak makan menggunakan pahat HSS.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa proses bubut baja ST 45 menggunakan pahat HSS dengan parameter pengaruh kecepatan spindel dan gerak makan, pada kecepatan spindel 180 rpm, 240 rpm, 360 rpm, 520 rpm, 640 rpm, 760 rpm, dengan gerak makan koston 0,2 mm/rev dan kedalaman potong 0,4 mm diperoleh nilai kekasaran 0,035 μm 0,034 μm 0,033 μm 0,03 μm 0,028 μm 0,019 μm .

Dan pada gerak makan 0,1 mm/rev 0,16 mm/rev 0,2 mm/rev 0,23 mm/rev 0,35 mm/rev 0,5 mm/rev dengan kecepatan spindel konstan 620 rpm dan kedalaman potong 0,4 mm diperoleh nilai kekasaran 0,028 μm 0,029 μm 0,032 μm 0,034 μm 0,037 μm 0,042 μm .

Kata kunci : Kecepatan Spindel, Gerak Makan, Pahat HSS, Material/baja ST 45, Kekasaran Permukaan.

ABSTRACT

Steel is an alloy of iron as the basic element and carbon as the main alloying element. The carbon content in steel ranges from 0.2% to 2.1% by weight according to the grade. The function of carbon in steel is as a hardening element. Other alloying elements commonly added besides carbon are manganese (manganese), chromium (chromium), vanadium, and nickel. By varying the content of carbon and other alloying elements.

This study aims to determine the roughness value of the ST 45 material in the turning process with variations in spindle speed and feed motion using an HSS chisel.

The results of the study show that the ST 45 steel lathe Process uses an HSS chisel with the parameters of the influence of spindle speed and feeding motion, at spindle speeds of 180 rpm, 240 rpm, 360 rpm, 520 rpm, 640 rpm, 760 rpm, with a constant feeding motion of 0.2 mm/rev and a depth of cut of 0.4 mm obtained a roughness value of 0.035 m 0.034 m 0.033 m 0.03 m 0.028 m 0.019 m. And at feeding 0.1 mm/rev 0.16 mm/rev 0.2 mm/rev 0.23 mm/rev 0.35 mm/rev 0.5 mm/rev with a constant spindle speed of 620 rpm and a depth of cut 0.4 mm, the roughness value is 0.028 m 0.029 m 0.032 m 0.034 m 0.037 m 0.042 m.

Keywords: Spindle Speed, Feeding Motion, HSS Chisel, ST 45 Material/steel, Surface Roughness.

I. Pendahuluan

Pada masa kini, penggeraan dengan mesin sudah menjadi kebutuhan pada industri manufaktur. Mesin sudah memiliki peran utama dalam membantu manusia dalam proses produksi, karena dengan menggunakan mesin, pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dan baik dalam segi kecepatan dan hasil yang tentu sesuai dengan yang dikehendaki. Pekerjaan yang dimaksud berupa proses pembubutan, pengefraisan, pengeboran, penyekrapan dan proses-proses permesinan yang lain. permesinan juga merupakan salah satu teknologi proses produksi yang banyak dijumpai dan digunakan mulai dari bengkel kecil, bidang pendidikan kejuruan, dan industri pembuatan komponen-komponen mesin [1].

Proses bubut dalam industri manufaktur digunakan untuk membuat produk dalam jumlah massal sehingga diperlukan pemantauan terhadap kondisi permesinan. Salah satu teknik untuk memantau kondisi pemotongan dengan melibatkan pengukuran gaya pemotongan. Perubahan gaya pemotongan menunjukkan perubahan dalam

parameter proses permesinan, seperti kecepatan potong, kecepatan makan, kedalaman potong dan kondisi mesin perkakas. Dengan demikian akurasi permesinan dapat ditingkatkan melalui umpan balik gaya pemotongan. Gaya pemotongan juga digunakan untuk menghitung daya pemotong sehingga dapat diketahui beban biaya listrik yang dibutuhkan dalam proses permesinan [2].

Salah satu proses pengerasan permukaan adalah karburasi padat, yang bertujuan meningkatkan kadar karbon (C) dilapisan permukaan baja sehingga didapatkan kekerasan permukaan kekerasan yang lebih besar dari bagian dalamnya.

Kualitas permukaan sangatlah penting dalam proses pembuatan komponen mesin. Hal ini dapat dilihat dengan tingkat kehalusan dan kekerasan permukaan benda yang dihasilkan. Perkembangan industri manufaktur, khususnya industri menengah pada *workshop* yang bergerak dalam bidang jasa perbaikan dan pembuatan komponen mesin industri di Indonesia sangatlah pesat [3].

Permukaan yang dikerjakan sedikit banyak akan selalu terdapat penyimpangan dari permukaan yang ideal, hal ini dapat disebabkan ketidak lurusan pemakanan pada proses pengefraisan. Juga perbedaan kekerasan bahan akan dapat mengakibatkan pahat menjadi tumpul dan ini juga akan mengakibatkan penyimpangan. Dalam pengembangan material sebagai komponen kontruksi dan perkakas kualitas, produk yang dibuat dengan mesin perkakas sangat penting peranannya untuk menghasilkan produk yang presisi. Untuk itu ada beberapa *factor* yaitu: kondisi dan kemampuan mesin, material yang digunakan, sistem pendinginan serta operatornya. (Dicky Suprianto, Syamsul Rizal, 2009).

Era globalisasi menuntut berbagai industri manufaktur untuk berinovasi agar dapat bersaing di pasar nasional dan pasar internasional. Adanya era membuat industri bergerak guna meningkatkan kualitas, kecepatan kerja, keamanan, meminimalkan biaya produksi, serta rama lingkungan. Peningkatan kualitas produk hasil olahan mesin selalu dihubungkan dengan kesesuaian dimensi dan nilai kekasaran permukaan. Hal tersebut membuat kekerasan permukaan sebagai standard kecepatan dan kualitas produk. (Amir Mashudi, Nur Aini Susanti, 2019).

Pada masa kini penggunaan dari mesin-mesin perkakas sangat dibutuhkan untuk mempermudah manusia dalam mencukupi kebutuhan dalam bidang industri manufaktur. Pada era globalisasi ini menuntut berbagai industri manufaktur agar berinovasi agar dapat bersaing di

pasar nasional dan internasional. Mesin bubut adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda dengan cara memasukkan benda kerja atau spesimen kedalam penampang kemudian di tahan agar benda kerja dapat berputar dan dapat terjadi pemotongan pada benda atau spesimen tersebut. (Refa Anugrah Mahendra, 2021).

Mesin perkakas adalah salah satu pendukung dari berkembangnya industri manufaktur di seluruh dunia. Dilihat dari negara-negara maju seperti Jepang, Jerman dan Amerika serikat dengan perkembangan industri mereka menjadi pemasok utama di dunia.

Penggunaan mesin bubut sendiri sangat diperlukan untuk produksi massal terutama dalam pembuatan suku cadang dalam skala besar dan dalam jangka waktu yang cepat juga tentunya.

Di indonesia sendiri perkembangan sektor industri mesin perkakas masih jauh tertinggal. Balai Mesin Perkakas, Teknik Produksi, dan Otomasi – BPPT (disingkat BMEPPO – BPPT) berencana membuat mesin bubut *CNC* yang akan di-reverse desainnya dari mesin bubut *Leadwell T-6* buatan Taiwan. (Ardhi Priantoko, 2016).

Dalam penelitian ini penulis ingin membahas tentang “Penaruh kecepatan spindel dan gerak makan menggunakan mesin bubut konvensional terhadap kekerasan material ST 45 menggunakan pahat HSS”.

II. Fasilitas Metode Penelitian

2.1. Tabel

Tabel 2.1 Data Hasil Penelitian Variasi Kecepatan Spindel

No	Kecepatan Spindel (rpm)	Parameter Konstan	Spesimen	Tingkat Kekasaran (Ra μm)					Ra Rata-rata	Ra Total
				R1	R2	R3	R4	R5		
1	180	Gerak Makan 0,2 (mm/rev)	1	0,041	0,022	0,035	0,039	0,035	0,034	0,035
			2	0,036	0,045	0,042	0,031	0,036	0,038	
			3	0,050	0,041	0,039	0,022	0,020	0,034	
2	240	d_0 24,5 mm	1	0,024	0,026	0,047	0,021	0,043	0,032	0,034
			2	0,018	0,054	0,040	0,045	0,045	0,040	
			3	0,020	0,038	0,022	0,040	0,036	0,031	
3	360	Baja ST 45	1	0,019	0,027	0,016	0,035	0,038	0,027	0,033
			2	0,033	0,046	0,054	0,046	0,036	0,043	
			3	0,051	0,049	0,058	0,022	0,036	0,030	
4	520	Pahat HSS	1	0,014	0,013	0,014	0,027	0,020	0,017	0,03
			2	0,025	0,027	0,017	0,027	0,028	0,029	
			3	0,015	0,018	0,020	0,035	0,027	0,014	
5	640		1	0,041	0,021	0,033	0,037	0,034	0,033	0,028
			2	0,019	0,027	0,023	0,023	0,024	0,023	
			3	0,037	0,036	0,056	0,028	0,037	0,028	
6	760		1	0,031	0,038	0,033	0,024	0,014	0,002	0,03
			2	0,023	0,031	0,017	0,018	0,029	0,023	
			3	0,018	0,047	0,031	0,042	0,040	0,035	

Tabel 2.2 Data Hasil Penelitian Variasi Gerak Makan

No	Gerak Makan (mm/rev)	Parameter Konstan	Spesimen	Tingkat Kekasaran (Ra μm)					Ra Rata-rata	Ra Total	
				R1	R2	R3	R4	R5			
1	0,1	Kecepatan Spindel 620 (rpm)	1	0,050	0,036	0,025	0,023	0,033	0,033	0,028	
			2	0,048	0,025	0,019	0,020	0,026	0,027		
			3	0,024	0,035	0,020	0,032	0,015	0,025		
	0,16		1	0,020	0,035	0,045	0,053	0,025	0,035	0,029	
			2	0,032	0,020	0,022	0,028	0,032	0,026		
			3	0,025	0,030	0,022	0,032	0,035	0,028		
2	0,2	24,5 mm	1	0,040	0,020	0,030	0,025	0,032	0,029	0,032	
			2	0,037	0,024	0,031	0,028	0,034	0,030		
			3	0,030	0,026	0,033	0,021	0,025	0,027		
	0,23		1	0,014	0,037	0,026	0,030	0,025	0,026	0,034	
			2	0,037	0,045	0,040	0,045	0,047	0,042		
			3	0,025	0,030	0,038	0,049	0,035	0,035		
3	0,35	Baja ST 45	1	0,040	0,056	0,040	0,050	0,030	0,043	0,037	
			2	0,046	0,040	0,045	0,029	0,021	0,027		
			3	0,019	0,046	0,043	0,032	0,027	0,033		
	0,5		1	0,040	0,047	0,055	0,039	0,038	0,043	0,042	
			2	0,036	0,053	0,045	0,051	0,041	0,045		
			3	0,032	0,036	0,043	0,042	0,038	0,038		



2.2. Rumus

a. Rumus Kecepatan Spindel

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} \quad (2.1)$$

Dimana:

v_c = Kecepatan potong (m/menit)

d = diameter benda kerja (mm)

n = Kecepatan spindel

$\pi = 3,14$

b. Rumus Gerak Makan

$$f = \frac{v_f}{n} \quad (2.2)$$

Dimana:

v_f = kecepatan makan

(mm/menit)

f = Gerak Makan (mm/rev)

n = kecepatan putar spindel

(rpm)

c. Rumus Kedalaman Potong

$$a = \frac{d_o + d_m}{2} \quad (2.3)$$

Dimana:

a = kedalaman pemakanan (mm)

d_o = diameter awal (mm)

d_m = diameter akhir (mm)

2. Spidol



3. Sarung Tangan



4. Gerinda Potong



5. Pahat Bubut

2.3. Alat dan Bahan

a. Alat yang digunakan

1. Mesin Bubut Konvensional



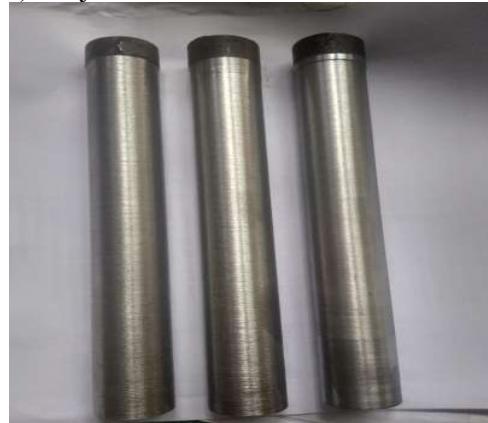
6. Jangka Sorong (*Vernier Caliper*)



7. Mistar (Penggaris)



- b. Bahan yang digunakan
1) Baja ST 45



Spesimen 1, 2 dan 3 Baja ST 45

2.4. Lampiran



Gambar 1: Pembuatan Lubang *Center*.



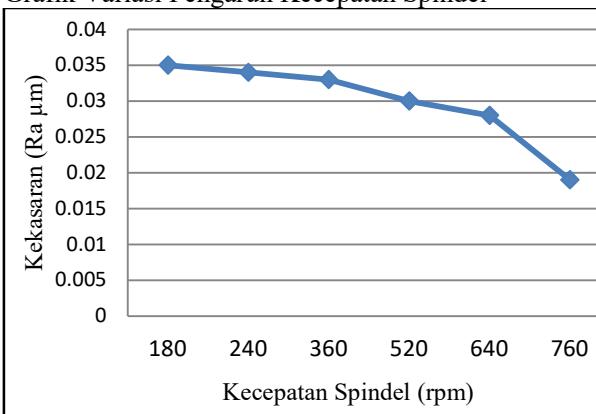
Gambar 2: Penyetelan Gerak Makan dan Kedalaman Potong pada mesin bubut konvensional.



Gambar 3: Proses Pembubutan.

III. Hasil dan Pembahasan

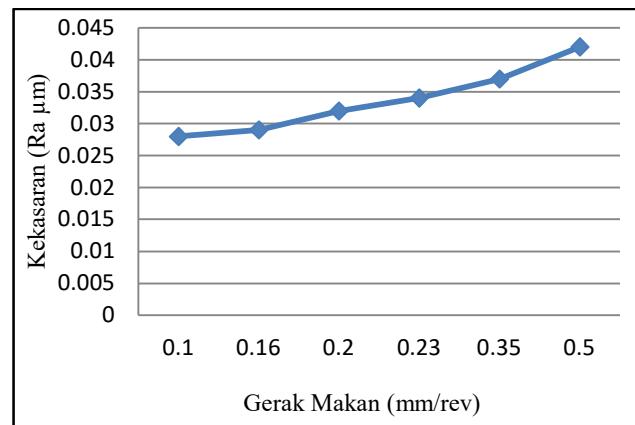
Grafik Variasi Pengaruh Kecepatan Spindel



Gambar 1. Grafik Pengaruh Kecepatan Spindel terhadap kekasaran baja ST 45 menggunakan pahat HSS

Pada grafik gambar 1 dapat dilihat bahwa pada analisis kekasaran permukaan baja ST 45 pada pembubutan dengan variasi kecepatan spindel 180 rpm, 240 rpm, 360 rpm, 520 rpm, 640 rpm, dan 740 rpm, menghasilkan nilai kekasaran yang paling tinggi pada $0,035 \mu\text{m}$ dengan kecepatan 180 rpm, kemudian pada kecepatan spindel 240 rpm nilai kekasaran turun menjadi $0,034 \mu\text{m}$, pada kecepatan spindel 360 rpm nilai kekasaran turun menjadi $0,033 \mu\text{m}$, pada kecepatan spindel 520 rpm nilai kekasaran menjadi $0,030 \mu\text{m}$, kemudian pada kecepatan spindel 640 rpm nilai kekasaran turun menjadi $0,028 \mu\text{m}$ hingga pada putaran 760 rpm nilai kekasaran turun menjadi $0,019 \mu\text{m}$.

Grafik Variasi Pengaruh Gerak Makan



Gambar 2. Grafik pengaruh gerak makan terhadap kekasaran baja ST 45 menggunakan pahat HSS.

Pada grafik gambar 2 dapat dilihat bahwa analisis kekasaran permukaan baja ST 45 pada pembubutan dengan variasi gerak makan $0,1 \text{ mm/rev}$ $0,16 \text{ mm/rev}$ $0,2 \text{ mm/rev}$ $0,23 \text{ mm/rev}$ $0,35 \text{ mm/rev}$ $0,5 \text{ mm/rev}$ dengan setting kecepatan spindel 620 rpm dan dengan kedalaman potong 0,4 mm menggunakan pahat HSS menghasilkan nilai kekasaran terendah $0,028 \mu\text{m}$ dengan gerak makan $0,1 \text{ mm/rev}$, pada gerak makan $0,16 \text{ mm/rev}$ nilai kekasaran naik menjadi $0,029 \mu\text{m}$, pada gerak makan $0,2 \text{ mm/rev}$ nilai kekasaran naik menjadi $0,032 \mu\text{m}$, pada gerak makan $0,23 \text{ mm/rev}$ nilai kekasaran naik menjadi $0,034 \mu\text{m}$, pada gerak makan $0,35 \mu\text{m}$ nilai kekasaran naik menjadi $0,037 \mu\text{m}$ dan pada gerak makan $0,5 \text{ mm/rev}$ nilai kekasaran naik menjadi $0,042 \mu\text{m}$.

Pembahasan

Dari hasil pengujian pada tabel 2.1 diatas, maka pada proses pembubutan dengan menggunakan baja ST 45 dan menggunakan jenis pahat HSS serta menvariasikan kecepatan spindel 180 rpm, gerak makan $0,2 \text{ mm/rev}$, dan kedalaman potong 0,4 mm. Pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan $0,034 \mu\text{m}$, pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan $0,038 \mu\text{m}$, pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran $0,034 \mu\text{m}$, sehingga didapatkan nilai kekasaran total yaitu: $0,035 \mu\text{m}$. Pada variasi kecepatan spindel 240 rpm, gerak makan $0,2 \text{ mm/rev}$, dan kedalaman potong 0,4 mm. Pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan $0,032 \mu\text{m}$, pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan $0,040 \mu\text{m}$, pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan $0,031 \mu\text{m}$, sehingga didapatkan nilai dengan kekasaran total yaitu: $0,034 \mu\text{m}$. Pada variasi kecepatan spindel 360 rpm, gerak makan

makan 0,2 mm/rev, dan kedalaman potong 0,4 mm. Pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,027 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,043 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,030 μm , sehingga didapatkan nilai dengan kekasaran total yaitu: 0,033 μm . Pada variasi kecepatan spindel 520 rpm, gerak makan makan 0,2 mm/rev, dan kedalaman potong 0,4 mm. Pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,017 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,029 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,014 μm , sehingga didapatkan nilai dengan kekasaran total yaitu: 0,03 μm . Pada variasi kecepatan spindel 640 rpm, gerak makan makan 0,2 mm/rev, dan kedalaman potong 0,4 mm. Pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,033 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,023 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,028 μm , sehingga didapatkan nilai dengan kekasaran total yaitu: 0,028 μm . Pada variasi kecepatan spindel 760 rpm, gerak makan makan 0,2 mm/rev, dan kedalaman potong 0,4 mm. Pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,002 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,023 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,035 μm , sehingga didapatkan nilai dengan kekasaran total yaitu: 0,019 μm . pada grafik didapatkan hubungan antara kecepatan spindel dan nilai kekasaran berbanding terbalik yakni bertambahnya kecepatan spindel maka nilai kekasaran akan semakin rendah.

Selanjutnya dari hasil pengujian kekasaran pada tabel 2.2 pada proses pembubutan dengan memvariasikan gerak makan 0,1 mm/rev, kecepatan spindel 620 rpm, dan kedalaman potong 0,4 mm. Pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,033 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,027 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,025 μm , sehingga didapatkan nilai kekasaran total yaitu: 0,028 μm . Pada variasi gerak makan 0,16 mm/rev, kecepatan spindel 620 rpm, dan kedalaman potong 0,4 mm, pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,035 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,026 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,028 μm , sehingga didapatkan nilai kekasaran total yaitu: 0,029 μm . Pada variasi gerak makan 0,2 mm/rev, kecepatan spindel 620 rpm, dan kedalaman potong 0,4 mm, pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,029 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,030 μm , pada spesimen 3 didapatkan

nilai kekasaran permukaan 0,027 μm , sehingga didapatkan nilai kekasaran total yaitu: 0,032 μm . Pada variasi gerak makan 0,23 mm/rev, kecepatan spindel 620 rpm, dan kedalaman potong 0,4 mm, pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,026 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,042 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,035 μm , sehingga didapatkan nilai kekasaran total yaitu: 0,034 μm . Pada variasi gerak makan 0,35 mm/rev, kecepatan spindel 620 rpm, dan kedalaman potong 0,4 mm, pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,043 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,027 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,033 μm , sehingga didapatkan nilai kekasaran total yaitu: 0,037 μm . Pada variasi gerak makan 0,5 mm/rev, kecepatan spindel 620 rpm, dan kedalaman potong 0,4 mm, pada spesimen 1 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,043 μm , pada spesimen 2 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,045 μm , pada spesimen 3 didapatkan nilai kekasaran permukaan 0,038 μm , sehingga didapatkan nilai kekasaran total yaitu: 0,042 μm . pada grafik dapat dilihat bahwa hubungan antara gerak makan dan nilai kekasaran pada proses pembubutan baja ST 45 adalah berbanding lurus yaitu semakin tinggi nilai pemakanan diikuti dengan naiknya nilai kekasaran permukaan.

IV. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pada proses pembubutan baja ST 45 dapat disimpulkan.

- 1) Variasi kecepatan spindel pada permukaan baja ST 45 yakni semakin tinggi kecepatan spindel maka nilai kekasaran akan semakin menurun dengan hasil data pada kecepatan spindel 180 rpm diperoleh nilai kekasaran 0,035 μm , sedangkan pada kecepatan spindel 240 rpm nilai kekasaran menurun menjadi 0,034 μm . Jadi semakin tinggi kecepatan spindel maka akan semakin rendah nilai kekasaran pada permukaan benda kerja.
- 2) Variasi gerak makan pada permukaan baja ST 45 yakni semakin tinggi nilai pemakanan pada benda kerja maka nilai kekasaran akan naik. Pada gerak makan 0,1 mm/rev dengan nilai kekasaran 0,028 μm dan pada gerak makan 0,16 mm/rev nilai kekasaran menjadi 0,029 μm , nilai kekasaran mengalami peningkatan karena semakin tinggi nilai gerak makan maka nilai kekasaran yang dihasilkan akan tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Raul, dkk. (2016). "Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Tingkat Kedalaman

- Potong Pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja ST 41”.*
- [2] Dara Stella Hindom, dkk. (2014). “*Pengaruh Variasi Parameter Proses permesinan Terhadap Gaya Potong Pada Mesin Bubut Knuth DM-1000A*”.
- [3] Harsanta Hendra, dkk. (2019). “*Optimasi parameter proses ballburnishing pada pembuatan shaft S45C menggunakan mesin bubut konvensional*”.
- [4] Anugrah Mahendra, dkk. (2021). “*Analisa efektifitas uji kekasaran Baja ST 42 dengan variabel mekanik mesin dengan metode taguchi*”.
- [5] Arif Syarifuddin, (2012). “*Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Pada Proses Pembubutan Akibat Variasi Panjang Pahat (Tool Overhang) Pemakanan Dan Kecepatan Pemotongan*”.
- [6] Aulia Rachman Hanif, (2017). “*pengaruh waktu tahan dan temperatur pada proses normalizing terhadap kekerasan dan keuletan bahan Ems 45 setelah pengelasan*”.
- [7] Adi Pradana Rizki, dkk. (2019). “*Perbandingan mata pahat HSS dengan mata pahat Karbida untuk pemakanan benda kerja baja ST 41*”.
- [8] Choirul Muhamad Azhar, (2014). “*analisa permukaan benda kerja dengan variasi jenis material dan pahat potong*”.
- [9] Cahyo Nugroho Eko, (2019). “*Analisis pengaruh tempering terhadap sifat mekanik pada baja ST 45 C dengan media quenching oli sae 40*”.
- [10] Fahim Barok Al Azim, (2017). “*Pengaruh variasi kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong pada mesin bubut terhadap tingkat kehausan pahat HSS*”.
- [11] Hutari Syaputra, (2018). “*Surface Roughness Baja ST 37 Pada Proses Bubut Menggunakan Mata Pahat Kabrida*”.
- [12] Imam Ari Widodo, (2018). “*Analisa Struktur Mikro material ST 42 pada pengelasan tig dengan varasi temperature awal, arus dan sudut kampuh*”.
- [13] Mashudi Amir, dkk. (2019). “*Pengaruh media pendingin dan kecepatan putar terhadap hasil kekasaran permukaan benda kerja pada proses finishing*”.
- [14] Mulyadi, (2000). “*Ruang linkup manajemen material*”.
- [15] Melati Nurul Insani, (2019). “*Analisa struktur mikro material baja karbon rendah (ST 37)SNI akibat proses bending*”.
- [16] M. David Rachmad Hizbulah, (2017). “*Analisa Kekasaran Baja ST 37 Pada Proses Karburasi Dengan Media Arang Kayu Jati Berdasarkan Variasi Holding Time Dan Presentase Media*”.
- [17] Roni Suhartono, (2016). “*Geometri Pahat Bubut HSS Pada Proses Pembubutan Mikro Poros Baja Karbon Rendah Dari Hasil Pemotongan Menggunakan Las Oxy-Acetylen*”.
- [18] Syafi Imam, dkk. (2014). “*Analisis Pengaruh Kecepatan Spindel (rpm) Dan Pengaruh Pendingin Terhadap Kekasaran permukaan Material Baja Umum SGD 400 D Pada Mesin Bubut CNC*”.

