

OPTIMASI NILAI KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ST 37 BERDASARKAN PADA PARAMETER PROSES PEMBUBUTAN MENGUNAKAN METODE TAGUCHI

Eka Mahdi Ananta, Anis Siti Nurrohkayati*, Agus Mujianto, Hery Try Waluyo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur
Jl. Ir. H. Juanda No.15, Sidodadi, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75124
Telp (0541)748511

*Koresponden Email: asn826@umkt.ac.id

Abstrak

Mesin bubut adalah salah satu mesin perkakas yang paling banyak digunakan di bengkel mekanik, baik di industri manufaktur maupun di lembaga pendidikan dan profesional-teknis. Proses pembubutan mempunyai tuntutan yang harus diperhatikan seorang operator yaitu kekasaran permukaan benda kerja hasil pengerjaan. Berdasarkan permasalahan kekasaran permukaan hasil pembubutan salah satu penyebabnya adalah parameter-parameter yang digunakan tidak sesuai sehingga hasil kekasaran permukaan benda kerja tidak memenuhi standar. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh dan kombinasi parameter yang optimal untuk mendapatkan nilai kekasaran yang memenuhi standar proses manufaktur turning yaitu 0,5-6 μm . Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Taguchi. Adapun parameter yang digunakan kecepatan putaran spindle, gerakan pemakanan, kedalaman potong, pendingin dan sudut bebas muka mata pahat sesuai dengan rancangan penelitian orthogonal array $L_8(2^5)$ pada metode Taguchi yang dimana penelitian ini dilakukan 8 kali percobaan dengan 4 kali pengulangan, serta terdapat 2 level dan 5 faktor. Hasil dari proses pembubutan selanjutnya akan dilakukan uji kekasaran menggunakan Surface Roughness Taster untuk mengetahui nilai kekasarannya. Nilai kekasaran yang diperoleh akan dianalisa menggunakan analysis of variance (ANOVA) yang berfungsi untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh dan kombinasi parameter yang optimal terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan. Dari hasil analisa diperoleh yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah gerakan pemakanan dengan persentase tertinggi 43,23 %. Kemudian, Kombinasi parameter yang optimal didapatkan kecepatan spindle 235 rpm, gerakan pemakanan 0,059 mm/rad, kedalaman potong 0,5 mm, pendingin menggunakan oli dan sudut buang muka mata pahat 10° yang menghasilkan nilai rata-rata kekasaran permukaan 3,279 μm .

Kata Kunci: Mesin Bubut; Metode Taguchi; orthogonal array; Kekasaran Permukaan; ANOVA.

Pendahuluan

Mesin perkakas dalam dunia industri adalah mesin yang sangat berperan penting dalam mendukung keberhasilan proses produksi yang pada umumnya mesin ini dipekerjakan atau digunakan dalam hal perbaikan komponen tertentu dan pembuatan suatu mesin (A dkk., 2019). Hasil pengolahan dari permesinan yang diperlukan dalam proses produksi dilihat dari tingkat ketelitian, kepresisian dan kualitas permukaan benda kerja yang baik. Kepresisian dan kekasaran permukaan pemrosesan yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan atau kebutuhan.

Mesin berperan penting dalam membantu manusia dalam proses produksi, pekerjaan meningkat dari segi hasil dan kecepatan sesuai yang diinginkan (Abimayu & Nurdin, 2019). Mesin bubut adalah salah satu mesin perkakas yang paling banyak digunakan di bengkel mekanik, baik di industri manufaktur maupun di lembaga pendidikan dan profesional-teknis (Sutrisna dkk., 2017). Proses pembubutan adalah salah satu proses yang paling umum dalam manufaktur. Dalam proses rotasi, material dicekam pada spindle yang berputar, proses ini membutuhkan pahat sebagai penyayat material atau benda kerja guna mengurangi dimensi dari benda kerja sesuai kebutuhan (Irvan dkk., 2018).

Proses pembubutan mempunyai tuntutan yang harus diperhatikan seorang operator yaitu kekasaran permukaan benda kerja hasil pengerjaan. Ketahanan terhadap kelelahan, keausan dan sebagainya dipengaruhi oleh tingkat kekasaran permukaan komponen mesin, oleh sebab itu kekasaran permukaan benda hasil pembubutan

memiliki fungsi yang sangat penting. kekasaran permukaan merupakan salah satu distorsi karena proses pemotongan pemesinan. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan hasil yang terbaik seperti kekasaran permukaan, segi bentuk dan tingkat kepresisian ukuran harus diakomodasi dari operasi pemesinan yang tepat (A dkk., 2019). Parameter pemotongan, geometri dan sudut mata pahat adalah salah satu faktor penyebab kekasaran permukaan (Budi & Dwipayana, 2020).

Hasil pemesinan pada kekasaran permukaan sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil suatu produk. Karena permukaan setiap benda kerja mempunyai nilai berbeda-beda dalam kekasaran permukaan benda kerja yang dipengaruhi oleh kebutuhan pada dunia industri. Salah satu pertimbangan penentuan kualitas produk logam adalah dengan menguji nilai kekasaran yang terjadi pada logam (Budi & Dwipayana, 2020).

Penggunaan metode taguchi sangat efektif dalam meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya. Metode taguchi sendiri adalah perbaikan kualitas melalui percobaan “baru”, artinya membuat penghampiran atau pendekatan lain yang memberikan taju kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*). Pada metode taguchi terdapat perancangan parameter dalam upaya untuk meningkatkan produk atau mencegah variabilitas yang tinggi. Pada perancangan parameter dilakukan penentuan parameter supaya performansi produk tidak berubah terhadap penyebab perubahan atau variabilitas (Wuryandari dkk., 2009). Setelah dilakukan penentuan parameter selanjutnya melakukan desain percobaan atau eksperimen khusus yang merupakan desain faktorial dari *orthogonal array* yang terdapat pada metode taguchi. Selanjutnya setelah melakukan proses pembubutan sesuai tabel *orthogonal*, setelah proses pembubutan akan dilakukan uji kekasaran untuk mendapatkan nilai kekasaran hasil pembubutan. Selanjutnya *Analysis of Variance* (ANOVA) pada metode Taguchi akan membantu mengidentifikasi parameter-parameter yang berkontribusi sehingga estimasi model dapat ditentukan (Asfar dkk., 2018).

Berdasarkan permasalahan kekasaran permukaan hasil pembubutan salah satu penyebabnya adalah parameter-parameter yang digunakan tidak sesuai sehingga hasil kekasaran permukaan benda kerja tidak memenuhi standar. Dari permasalahan yang ada lahirlah pemikiran optimasi nilai kekasaran permukaan baja ST 37 berdasarkan pada parameter proses pembubutan menggunakan metode Taguchi.

Metode

Metode taguchi adalah ide dari gagasan Dr. Genichi Taguchi mengenai *quality engineering* sudah di di gunakan dalam jangka Panjang dijepang. Ide beliau tentang desain eksperimen sudah di perkenalkan di dunia barat sejak tahun 1980-an. Merancang kualitas ke dalam setiap produk dan proses yang sesuai adalah sasaran *quality engineering*. Pengenalan usaha peningkatan ini sebagai metode *off-line quality control*. Metode taguchi adalah perbaikan kualitas melalui percobaan “baru”, artinya membuat penghampiran atau pendekatan lain yang memberikan taju kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*). Metode *off-line* taguchi sangat efektif dalam meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya. Taguchi mengusulkan rekayasa kualitas untuk tujuan memastikan bahwa kinerja produk atau prosesnya tidak terpengaruh atau tahan terhadap faktor yang sulit dikendalikan. Pada metode Taguchi terdapat perancangan parameter dalam upaya untuk meningkatkan produk atau mencegah variabilitas yang tinggi. Pada perancangan parameter dilakukan penentuan parameter agar performansi produk tidak berubah terhadap penyebab perubahan atau variabilitas (Wuryandari dkk., 2009).

Pada penelitian ini menggunakan kontrol faktor dan *noise factor*. Adapun tabel Kontrol faktor dan *noise factor* penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1 dan 2 berikut:

1. Faktor Kontrol

Faktor kontrol terdiri dari 5 parameter dengan masing masing parameter terdiri dari 2 level. Adapun parameter dan level ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kontrol Faktor

	Faktor Kontrol	Level	
		1	2
A	Kecepatan spindel	235	350
B	Gerakan pemakanan	0,059	0,103
C	Kedalaman potong	0,5 mm	0,75mm
D	Pendingin	Oli	Air
E	Sudut bebas muka mata pahat	8°	10°

2. Noise Factor

Noise factor terdiri dari 3 faktor dan masing-masing faktor terdiri dari 2 level. Mengenai noise factor dan level ditunjukkan pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Noise Factor

Noise Factor		Level	
		1	2
X	Operator	Kompeten	Tidak
Y	Suhu Ruangan	Pagi	Sore
Z	Ketajaman Pahat	Tajam	Tidak

3. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini berdasarkan dari perancangan orthogonal array yaitu L8(2⁵) dimana 8 adalah banyaknya percobaan dan 4 adalah banyaknya pengulangan, serta memiliki 2 level dan 5 faktor (Asfar dkk., 2018). Mengenai rancangan penelitian ditunjukkan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rancangan Penelitian

Trial	A	B	E C x D	C	A x C	A x D	D	Data Uji Kekasaran				Total	Rata-rata
								Z	Y	X	D		
								R1	R2	R3	R4		
1	1	1	1	1	1	1	1						
2	1	1	1	2	2	2	2						
3	1	2	2	1	1	2	2						
4	1	2	2	2	2	1	1						
5	2	1	2	1	2	1	2						
6	2	1	2	2	1	2	1						
7	2	2	1	1	2	2	1						
8	2	2	1	2	1	1	2						

Prosedur Penelitian

Adapun tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Proses Pembubutan

Proses pembubutan dilakukan dengan pembubutan rata-rata sebanyak 8 kali percobaan dengan masing-masing percobaan melakukan pengulangan sebanyak 4 kali. Adapun spesimen yang dibubut memiliki diameter 25,4 mm dan panjang 60 mm dengan 20 mm yang tercekam pada chuck dan 20 mm panjangnya pembubutan. Adapun proses pembubutan:

- Pertama siapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk proses pengujian yaitu mesin bubut, pahat bubut HSS, dial indicator, jangka sorong, surface roughness tester dan benda kerja poros baja ST 37.
- Benda kerja yang telah disiapkan untuk pengujian diberikan penomoran pada setiap sampelnya
- Memasang benda kerja pada chuck mesin bubut dan menyenternya menggunakan dial indicator hingga benda kerja berada pada posisi yang presisi.
- Memasang dan menyetting pahat bubut HSS pada toolpost hingga ujung mata pahat senter dengan sumbu specimen atau benda kerja.
- Menyetting kecepatan spindle sesuai dengan kecepatan yang sudah di tetapkan.
- Menyetting gerakan pemakanan sesuai dengan variasi eksperimen yang sudah ditetapkan.
- Menyetting kedalaman pemakanan sesuai dengan kedalaman yang sudah di tetapkan.
- Memberikan oli dan air radiator pada spesimen atau benda kerja sesuai dengan variasi eksperimen yang sudah di tetapkan.
- Melakukan proses pembubutan secara otomatis.
- Melepas spesimen atau benda kerja setelah selesai proses pembubutan.

2. Pengujian Kekerasan

Adapun proses pengujian kekerasan sebagai berikut:

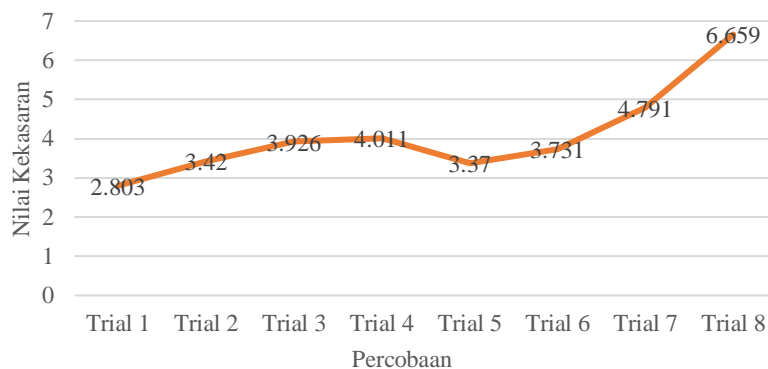
- Siapkan spesimen atau benda kerja yang sudah di bubut.
- Mengaktifkan *roughness tester* dengan menekan tombol power.
- Menyeting *roughness tester* hingga menunjukkan angka 0 di monitor.
- Tempelkan sensor di atas spesimen atau benda kerja yang sudah di bubut sesuai parameter yang ditentukan dan tunggu hingga proses selesai.
- Hasil pada *roughness tester* akan keluar.

Hasil Uji Kekasaran

Setelah dilakukan proses pembubutan, selanjutnya dilakukan uji kekasaran menggunakan *surface roughness tester* untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan pada material. Mengenai hasil uji kekasaran ditunjukkan pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Kekasaran

Data Uji Kekasaran				Total	Rata-rata
R1	R2	R3	R4		
2,909	2,714	2,780	2,810	11,213	2,803
2,858	3,709	3,902	3,211	13,680	3,420
3,838	3,919	3,948	4,002	15,707	3,926
3,771	3,924	4,060	4,289	16,044	4,011
3,264	3,365	3,690	3,162	13,481	3,370
3,410	3,459	3,957	4,098	14,924	3,731
5,803	4,785	4,430	4,149	19,167	4,791
6,498	6,533	6,796	6,809	26,636	6,659



Gambar 1 Grafik Rata-Rata Nilai Kekasaran

Berdasarkan nilai rata-rata yang didapatkan hasil uji kekasaran dari proses pembubutan dapat dilihat bahwa nilai kekasaran yang paling rendah dihasilkan oleh kombinasi pada *trial 1* dengan rata-rata nilai kekasaran 2,803 μm dan nilai kekasaran tertinggi dihasilkan oleh kombinasi pada *trial 8* dengan rata-rata nilai kekasaran 6,659 μm .

Berdasarkan nilai kekasaran selanjutnya melakukan analisa agar mengetahui faktor-faktor apa saja yang paling berpengaruh terhadap nilai tingkat kekasaran. Pada penelitian ini metode Taguchi yang akan digunakan dalam menganalisa.

Hasil analisa dengan metode Taguchi

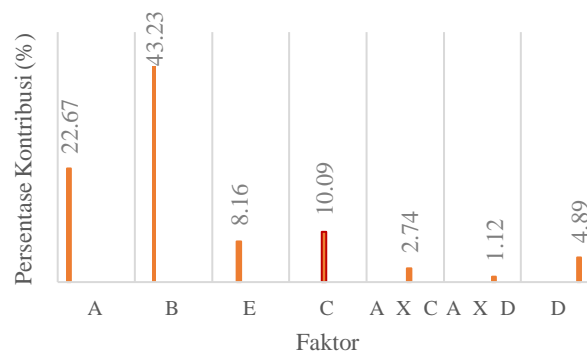
Penjelasan menggunakan menggunakan metode taguchi adalah sebagai berikut:

1. Hasil *Analysis of Variance* (ANOVA)

Perhitungan ANOVA dilakukan untuk mengetahui parameter dan level apa saja yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Mengenai hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil ANOVA

Source	SS	v	V	F	P
A	9.64	1	9.64	76.53	22.67
B	18.39	1	18.39	145.95	43.23
E	3.47	1	3.47	27.56	8.16
C	4.29	1	4.29	34.05	10.09
A x C	1.17	1	1.17	9.25	2.74
A x D	0.47	1	0.47	3.77	1.12
D	2.08	1	2.08	16.50	4.89
e	3.02	24	0.13		0.30
T	42.53	31			100



Gambar 2 Persentase Kontribusi

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA, parameter B (Gerakan pemakanan) diketahui memiliki pengaruh paling besar terhadap kekasaran permukaan menghasilkan nilai *sum of square* (SS) sebesar 18,39 dan persentase kontribusi sebesar 43,23 %. Dapat disimpulkan gerakan pemakanan atau faktor B sangat berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan pada sampel yang telah diuji. Sedangkan yang tidak berpengaruh terdapat pada faktor D (pendingin) dengan nilai SS 2,08 dan persentase kontribusi 4,89%. Rangkaian masing-masing faktor dari nilai SS dari yang sangat berpengaruh hingga yang tidak berpengaruh adalah sebagai berikut:

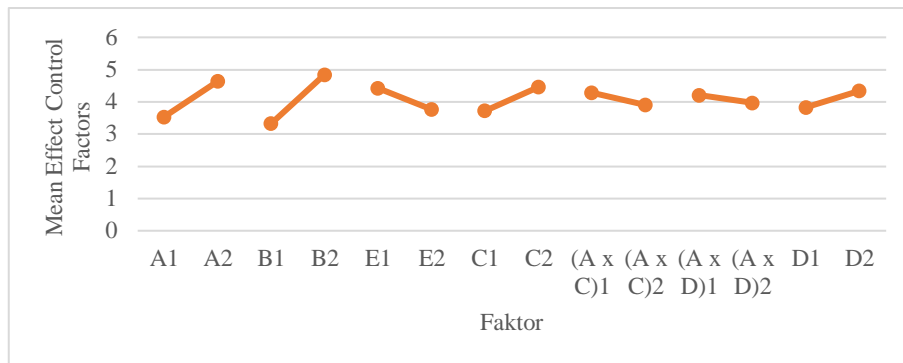
- Faktor B (gerakan pemakanan) : 18,39
- Faktor A (kecepatan spindle) : 9,64
- Faktor C (kedalaman potong) : 4,29
- Faktor E (sudut buang muka mata pahat) : 3,47
- Faktor D (pendingin) : 2,09
- Faktor A x C (interaksi kecepatan spindle dan kedalaman potong) : 1,17
- Faktor A x D (interaksi kecepatan spindle dan pendingin) : 0,47

2. *Mean Effect*

Metode taguchi memiliki karakteristik kualitas untuk menentukan hasil analisisnya. Penelitian ini menggunakan karakteristik *smaller the better*, dengan nilai semakin kecil semakin baik. Pengaruh *S/N Ratio Effect* digunakan untuk menentukan tingkat optimal parameter yang digunakan dalam proses pembubutan. Selanjutnya untuk mengetahui level optimum dari setiap faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan sampel yang diuji menggunakan analisa *mean effect*.

Tabel 7. S/N Rasio Effect

	A	B	E	C	A x C	A x D	D
			C x D				
Level 1	3.54	3.33	4.42	3.72	4.28	4.21	3.83
Level 2	4.64	4.85	3.76	4.46	3.90	3.97	4.34
Effect	1.10	1.52	0.66	0.73	0.38	0.24	0.51
Rank	2	1	4	3	6	7	5
Optimum	A2	B2	E1	C2			D2



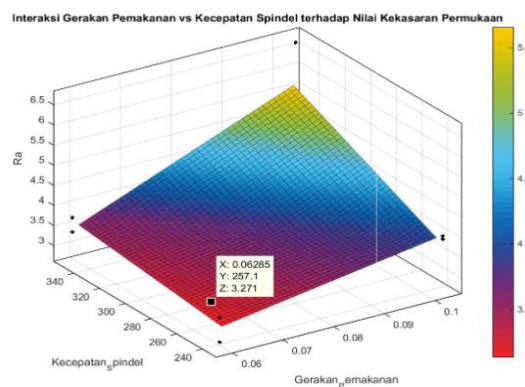
Gambar 3 Grafik Mean Effect Control Factors

. Berdasarkan hasil penjumlahan atau perhitungan pada tabel 7 dapat dilihat dan diketahui bahwa faktor B (gerakan pemakanan) level 1 yaitu 0,059 mm/rad dengan nilai terkecil yaitu 3,33. Adapun urutan level optimum dari setiap faktornya adalah sebagai berikut:

- a. B1 : Faktor B level 1 (gerakan pemakanan, 0,059 mm/rad)
- b. A1 : Faktor A level 1 (kecepatan putaran spindel, 235 rpm)
- c. C1 : Faktor C level 1 (kedalaman potong, 0,5 mm)
- d. E2 : Faktor E level 2 (sudut buang muka mata pahat, 10°)
- e. D1 : Faktor D level 1 (pendingin, Oli)

Interaksi Antar Faktor

- 1. Interaksi Gerakan pemakanan dengan kecepatan spindel



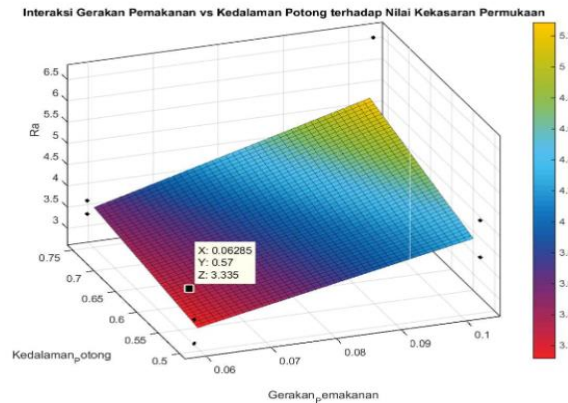
Gambar 3. Interaksi Gerakan pemakanan dengan Kecepatan Spindel

Keterangan:

- X = Gerakan pemakanan
- Y = Kecepatan Spindel
- Z = Nilai kekasaran

Berdasarkan interaksi antara gerakan pemakanan dan kecepatan spindle pada gambar 3 diatas, dapat diamati bahwa pada saat gerakan pemakanan rendah dan kecepatan spindle rendah pada saat yang sama, nilai kekasarannya lebih rendah dan saat gerakan pemakanan tinggi dan kecepatan spindle yang tinggi, juga menghasilkan nilai kekasaran yang tinggi (Abimayu & Nurdin, 2019).

2. Interaksi Kedalaman Potong dan Gerakan Pemakanan



Gambar 4. Interaksi Gerakan Pemakanan dan Kedalaman Potong

Keterangan:

X = Gerakan Pemakanan

Y = Kedalaman Potong

Z = Nilai kekasaran

Berdasarkan interaksi antara gerakan pemakanan dan kedalaman potong pada gambar 4 diatas dapat diamati bahwa pada saat gerakan pemakanan rendah dan kedalaman potong rendah pada saat yang sama, nilai kekasaran lebih rendah, dan apabila gerakan pemakanan tinggi dan kedalaman potong juga tinggi akan menghasilkan nilai kekasaran yang tinggi pula.

Konfirmasi Tes

Setelah didapatkan level yang optimum untuk setiap parameter, dilakukan uji validasi untuk memastikan bahwa data yang diperoleh dari level parameter tersebut memiliki nilai kekasaran permukaan yang rendah tidak melebihi *range* proses *turning*. Nilai kekasaran yang diperoleh dari verifikasi pengujian ditunjukkan pada tabel 8 berikut:

Tabel 8. Hasil eksperimen konfirmasi

Eksperimen Konfirmasi	Sampel	Nilai Kekasaran
	y1	2.613
	y2	3.364
	y3	3.445
	y4	3.695
Total		13.117
Rata-Rata		3.279

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kekasaran yang dihasilkan dari eksperimen konfirmasi yaitu 3.279 μ m. Nilai tersebut bisa dikatakan baik karena masuk dalam *range* proses *turning* yang memiliki rentang nilai kekasaran 0,5-6 μ m (Budi & Dwipayana, 2020). Sehingga kombinasi parameter dari konfirmasi tes ini dapat dinyatakan sebagai kombinasi parameter yang optimal.

Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan perhitungan dari proses pembubutan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter yang paling berpengaruh pada penelitian ini adalah gerakan pemakanan dengan persentase sebanyak 43,23%.
2. Kekasaran permukaan yang optimal diperoleh dari kombinasi parameter kecepatan spindel 235 rpm, gerakan pemakanan 0,059 mm/rad, kedalaman potong 0,5 mm, pendingin menggunakan oli dan sudut buang muka mata pahat 10° yang menghasilkan nilai rata-rata kekasaran permukaan 3,279 μm .

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini dengan baik dan lancar. Serta, terimakasih kepada seluruh pihak, Bapak Ibu Dosen dan rekan-rekan tim peneliti yang membantu dalam pelaksanaan pengambilan data dan analisa data penelitian ini, sehingga berjalan tepat waktu.

Daftar Pustaka

- A., Yufriзал., Indrawan, E., Helmi, N., Aziz, A., & Putra, Y. A. (2019). Pengaruh Sudut Potong dan Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Mild Steel ST 37. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(2).
- Abimayu, D., & Nurdin, H. (2019). Pengaruh Gerak Makan Dan Kecepatan Putaran Spindle Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Aluminium Pada Proses Pembubutan Menggunakan Bubut Konvensional. *Multidisciplinary Research and Development*, 1(4).
- Asfar, M., Tjahjaningsih, Y. S., & Haryono. (2018). Pengendalian Kualitas Produk Bata Ringan AAC dengan Metode Taguchi di PT AFU 28. Edisi Nopember, 8(2).
- Budi, R. S., & Dwipayana, H. (2020). Analisa Kekasaran Permukaan Material Aluminium Pada Proses Pembubutan Dengan Mesin Bubut BV-20. *Jurnal Teknik*, 6(2).
- Irvan, M. F., Qolik, A., & Basuki. (2018). Pengaruh Metode Penyayatan Laju Tinggi dan Sudut Buang Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Bubut Rata Menggunakan Pahat HSS Pada Bahan Bronze. *Teknik Mesin*, 1(2).
- Sutrisna, K., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2017). Pengaruh Variasi Kedalaman Potong dan Kecepatan Putar Mesin Bubut Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Baja ST 37. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(3).
- Wuryandari, T., Widiharih, T., & Anggraini, S. D. (2009). Metode Taguchi Untuk Optimalisasi produk pada Rancangan Faktorial. *Media Statistika*, 2(2).