

## ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES PENGEBORAN ALUMINIUM 6061

Betriqil Jannah<sup>1\*</sup>, Andi Sanata<sup>2</sup>, Robertoes Koekoeh KW<sup>2</sup>, Salahuddin Junus<sup>2</sup>,  
M Edoward Ramadhan<sup>2</sup>, Hary Sutjahjono<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember

\*email: 191910101007@mail.unej.ac.id

### ABSTRACT

*This research aims to determine the influence of spindle speed, tool diameter, and coolant on the surface roughness in the process of drilling Aluminum 6061 and identify the most optimal variable. Surface roughness is significantly affected by the spindle speed variable, which contributes to 46,47% of the outcome. The coolant variable contributes 31,17%, while the tool diameter variable has the smallest percentage contribution of 9,61%. The process variables for spindle speed (535 RPM, 865 RPM, 1520 RPM) resulted in surface roughness values of (1,467  $\mu\text{m}$ , 1,349  $\mu\text{m}$ , 2,079  $\mu\text{m}$ ) respectively. For the tool diameter variable (8 mm, 10 mm, 12 mm), the surface roughness values were (1,765  $\mu\text{m}$ , 1,701  $\mu\text{m}$ , 1,429  $\mu\text{m}$ ) respectively. Regarding the coolant variable (water, dromus, oil), the surface roughness values were (1,995  $\mu\text{m}$ , 1,387  $\mu\text{m}$ , 1,541  $\mu\text{m}$ ) respectively. The most optimal surface roughness was achieved with a spindle speed of 865 RPM, resulting in a surface roughness value of 1.349  $\mu\text{m}$ . Similarly, a tool diameter of 12 mm resulted in a surface roughness value of 1.429  $\mu\text{m}$ , and the use of dromus as a coolant resulted in a surface roughness value of 1.387  $\mu\text{m}$ .*

*Keywords: surface roughness, drilling, aluminum 6061.*

### PENDAHULUAN

Dengan semakin majunya perkembangan kehidupan manusia, zaman juga mengalami kemajuan pesat. Hal ini dipicu oleh kemajuan teknologi yang sangat maju, yang tidak terlepas dari penggunaan unsur logam dalam hampir semua alat yang digunakan oleh manusia. Oleh karena itu, logam memainkan peran aktif dalam kehidupan manusia dan mendukung perkembangan teknologi saat ini. Untuk memperbaiki sifat-sifat logam ini, manusia berusaha mengubah bentuknya melalui proses manufaktur, suatu cara atau proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu benda. Proses manufaktur sangat erat kaitannya dengan rekayasa atau teknik, dengan tujuan menghasilkan komponen-komponen menggunakan material tertentu dengan mempertimbangkan bentuk, ukuran, dan strukturnya. Dalam konteks ini, bidang permesinan memiliki peran penting dalam kemajuan teknologi global. Dalam aspek

ekonomi, proses manufaktur diartikan sebagai aktivitas penambahan nilai, di mana bahan baku dikonversi menjadi produk yang memiliki nilai lebih tinggi daripada bahan aslinya. Perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur bertujuan untuk menciptakan nilai tambah ini dengan cara yang paling efisien (Cahyono, C. B., Hyasyoan, V. A., dan Mufti, I. M., 2021)

Dalam industri manufaktur proses pengeboran, penggilingan, pemintalan, dan pembubutan merupakan fase yang utama dari proses pemesinan tradisional. Pengeboran adalah salah satu metode yang paling murah dan sederhana dalam proses produksi dibandingkan metode yang lainnya (Kishore, G., dkk., 2021). Dalam prosesnya pengeboran dilakukan untuk menghasilkan lubang baik pada material logam maupun nonlogam (Manivel, R., Sivakumar, R., dan Ramesh, C., 2020).

Pengeboran adalah sebuah proses di mana sebuah lubang berbentuk bulat dibuat pada lembaran kerja dengan menggunakan

alat pemotong berputar yang disebut bor. Tujuan dari proses ini adalah untuk membuat lubang, lubang bertingkat, dan memperbesar lubang. Gerakan pemakanan dan pemotongan dalam proses pengeboran dilakukan oleh pahat bor. Pahat bor memiliki dua mata pemotong dan melakukan gerakan pemotongan karena diputar oleh *spindle* mesin bor. Kecepatan putaran *spindle* dan gerakan pemakanan dapat diatur pada berbagai tingkat yang tersedia pada mesin (Akhmadi, A. N., Wulandari, R., dan Mustofa, A., 2021).

Kekasaran permukaan merupakan salah satu parameter untuk menentukan mutu suatu pekerjaan permesinan. Faktor yang bisa mempengaruhi kualitas kekasaran permukaan ialah jenis material, kecepatan potong, pahat yang digunakan, laju pemakanan, sudut potong, kedalaman potong, serta laju pelepasan *chip*. Selain itu, kondisi mesin dan pengaturan alat potong yang kurang akurat, pengekaman benda kerja, serta kompetensi operator juga dapat mempengaruhi kualitas kekasaran permukaan (Abbas, H., Bontong, Y., dan Aminya, Y., 2013). Nilai tinggi rendahnya permukaan suatu material yang diukur melalui suatu titik acuan disebut kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan bisa digunakan untuk mempelajari kelekatan dan konsep gesekan diantara dua permukaan material, sifat korosi dandaerah sentuh deformasi pada material, serta aliran listrik dan panas pada material (Budiana, B., dkk. 2020).

Aluminium paduan adalah alternatif yang sangat umum digunakan untuk menggantikan baja. Kelebihan utama aluminium adalah bobotnya yang lebih ringan, dan selain itu, aluminium juga memiliki sifat-sifat yang tahan terhadap korosi, serta memiliki kekuatan dan keuletan yang cukup baik. Karena alasan ini, industri manufaktur semakin beralih untuk menggunakan aluminium sebagai bahan pembuatan komponen (Retyawan, O. N., Yaningsih, I., dan Sukanto, H., 2018). Dalam penelitian ini, aluminium 6061 digunakan sebagai bahan uji. Paduan aluminium dari seri 6000 mengandung silikon dan magnesium, yang membentuk magnesium silisida, sehingga membuat aluminium seri ini dapat mengalami perlakuan panas (heat-treatable). Meskipun aluminium seri ini

memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan aluminium paduan seri 2000 dan 7000, namun aluminium jenis ini lebih mudah dibentuk dan memiliki daya tahan yang sedang terhadap korosi (Retyawan, O. N., Yaningsih, I., dan Sukanto, H., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk untuk mengetahui bagaimana pengaruh kecepatan spindle, diameter pahat, dan cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan pada proses pengeboran Aluminium 6061 dan variasi mana yang memiliki pengaruh paling optimal (halus).

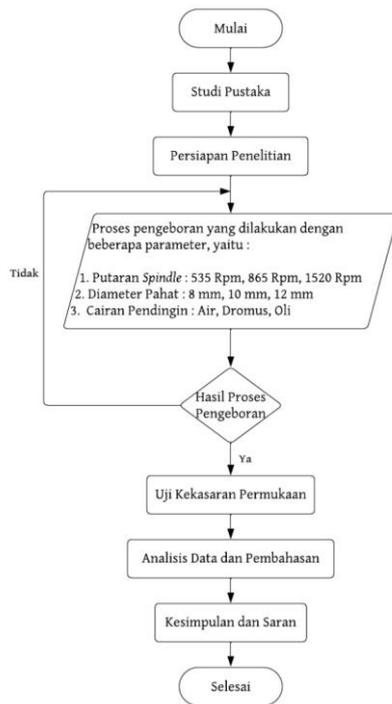
## METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode experimental, yaitu dengan membandingkan variabel yang berupa kecepatan spindle dengan variasi (535 RPM, 865 RPM, 1520 RPM), diameter pahat dengan variasi (8 mm, 10 mm, 12 mm), dan cairan pendingin dengan variasi (air, dromus, oli) terhadap kekasaran permukaan.

### Waktu dan Tempat Penelitian

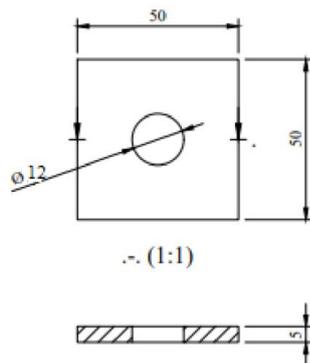
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2023 - Juni 2023 di Laboratorium Kerja Logam dan Laboratorium Uji Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

### Skema Penelitian



**Alat dan Bahan**

- a. Mesin bor Vertical Drilling Machine ZN5032A
- b. Pahat bor High Speed Steel (HSS)
- c. Alat uji kekasaran Surface Roughness Tester TR220
- d. Aluminium 6061 dengan panjang 50 mm dan lebar 50 mm serta tebal 5 mm.



Gambar 2. Dimensi Benda Kerja

Komposisi dan sifat mekanik aluminium 6061 ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Aluminium 6061

Si	0,63
Mg	0,98
Fe	0,19
Cu	0,18

Cr	0,05
Zn	0,10
Ti	0,08
Unsur Lain	0,15
Al	<i>Balance</i>

Tabel 2. Sifat Mekanik Aluminium 6061

Sifat – Sifat Mekanik	Nilai
Modulus Young	69 GPa
Kekuatan Tarik	125 Mpa
Kekuatan Yield	55 MPA
Elongasi	25-30%

**Variabel Penelitian**

Penelitian ini memiliki variabel terikat kekasaran permukaan dan variabel kontrol Aluminium 6061, serta variabel bebas seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Variabel Bebas

Kode	Kontrol Faktor	Satuan	Level		
			1	2	3
A	Kecepatan Spindle	Rpm	535	865	1520
B	Diameter Pahat	mm	8	10	12
C	Cairan Pendingin	-	Air	Dromus	Oli

**Pengambilan Data**

Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kekasaran permukaan (*Surface Roughness Tester*), dengan meletakkan sensor jarum *stylus* pada posisi yang tetap di atas bahan yang akan diuji, dan kemudian membiarkannya diam hingga proses pengukuran selesai. Proses pengambilan data kekasaran permukaan dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan 3 kali pengulangan menggunakan benda kerja yang sama pada setiap pengulangan.

**Metode Analisis**

Penelitian ini menggunakan beberapa metode, antara lain:

1. Studi literatur.
2. Pengambilan data
3. Menganalisis data menggunakan perhitungan ANOVA

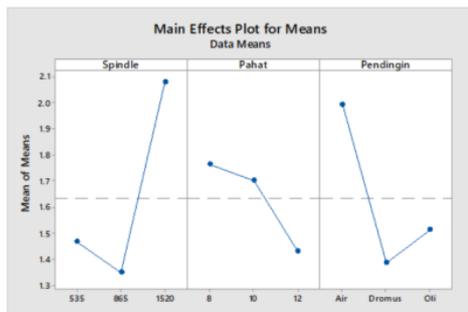
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

Hasil nilai kekasaran permukaan yang berhasil didapatkan dari pengukuran tersebut terdapat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian

No	Faktor			Nilai Ra Setiap Replikasi (µm)			Means
	Spindle (Rpm)	Pahat (mm)	Pendingin	1	2	3	
1	535	8	Air	0.497	3.149	1.537	1.728
2	535	10	Dromus	0.841	1.988	1.326	1.385
3	535	12	Oli	0.648	1.374	1.843	1.288
4	865	8	Dromus	1.742	1.466	0.928	1.379
5	865	10	Oli	0.731	0.988	1.479	1.066
6	865	12	Air	2.297	0.932	1.582	1.604
7	1520	8	Oli	4.240	0.609	1.714	2.188
8	1520	10	Air	3.003	3.006	1.951	2.653
9	1520	12	Dromus	1.722	1.481	0.985	1.396



Gambar 3. Main Effect Plot for Means

Gambar 3 menunjukkan rata-rata yang didapatkan dari variabel proses kecepatan spindle 865 RPM adalah 1,349 µm, variabel proses diameter pahat 12 mm adalah 1,429 µm, variabel proses cairan pendingin dromus 1,387 µm. Penelitian yang digunakan adalah *smaller is better*, maka dapat disimpulkan variabel kecepatan spindle 865 RPM, diameter pahat 12 mm, dan cairan pendingin dromus adalah hasil yang paling optimal.

**Analisis Varians (Anova)**

Anova merupakan teknik analisa yang digunakan untuk memperkirakan nilai secara kuantitatif pengaruh dari setiap faktor pada semua pengukur respon. Tabel 3 merupakan hasil perhitungan anova.

Tabel 3. Hasil Perhitungan ANOVA

Sumber	DK	S	M	F-Hitung
A (Kecepatan Spindle)	2	0,921	0,460	3,646
B (Diameter Pahat)	2	0,190	0,095	0,754
C (Cairan Pendingin)	2	0,618	0,309	2,466
Error	2	0,253	0,126	-
St	7	1,981	0,283	-
Mean	1	23,965	-	-
ST	8	25,947	-	-

Persen kontribusi dari tiap faktor kendali yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Persen Kontribusi

Simbol	Parameter	Persen Kontribusi
A	Kecepatan Spindle	46,47%
B	Diameter Pahat	9,61%
C	Cairan Pendingin	31,17%
E	Error	12,75%
<b>Total</b>		<b>100%</b>

**Kecepatan Spindle**

Dari persen kontribusi yang dapat dilihat pada Tabel 5, didapatkan persen kontribusi sebesar 46,47% dengan persentase terbesar dibandingkan variabel lainnya yang berarti variabel kecepatan spindle memiliki pengaruh yang besar terhadap nilai kekasaran permukaan hasil pengeboran material aluminium 6061. Berdasarkan grafik dari Gambar 3 *Main Effects Plot for Means* pada variabel kecepatan spindle didapatkan hasil yang paling optimal yaitu pada kecepatan spindle 865 RPM dengan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan sebesar 1,349 µm. Pada variabel kecepatan spindle 535 RPM didapatkan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan sebesar 1,467 µm dan pada variabel kecepatan spindle 1520 RPM didapatkan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan sebesar 2,079 µm dengan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan paling besar. Namun pada variabel kecepatan spindle didapatkan nilai F-hitung sebesar : 3,646 yang lebih kecil dari nilai F-tabel  $F(0.05;2;2) = 19.00$  sehingga pada  $H_0$  diterima, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi kecepatan spindle tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Semakin meningkat kecepatan spindle maka semakin halus (kecil) kekasaran permukaan yang didapatkan. Begitupun sebaliknya jika semakin pelan kecepatan spindle maka

semakin kasar (besar) kekasaran permukaan yang yang didapatkan (Burli, M. F., Yudo, E., dan Pranandita, N., 2021).

#### Diameter Pahat

Dari persen kontribusi yang dapat dilihat pada Tabel 5, didapatkan persen kontribusi sebesar 9,61% yang berarti variabel diameter pahat memiliki pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan hasil pengeboran material aluminium 6061. Berdasarkan grafik dari Gambar 3 *Main Effects Plot for Means* pada variabel diameter pahat didapatkan hasil yang paling optimal yaitu pada diameter pahat 12 mm dengan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan sebesar 1,429  $\mu\text{m}$ . Pada variabel diameter pahat 10 mm didapatkan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan sebesar 1,701  $\mu\text{m}$  dan pada variabel diameter pahat 8 mm didapatkan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan sebesar 1,765  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan paling besar. Namun pada variabel diameter pahat didapatkan nilai F-hitung sebesar : 0,754 yang lebih kecil dari nilai F-tabel  $F(0.05;2;2) = 19.00$  sehingga pada  $H_0$  diterima, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi diameter pahat tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Semakin besar diameter pahat maka semakin halus (kecil) kekasaran permukaan yang yang didapatkan. Begitupun sebaliknya jika semakin kecil diameter pahat maka semakin kasar (besar) kekasaran permukaan yang yang didapatkan (Ansyori, A., dan Saputra, R., 2019).

#### Cairan Pendingin

Dari persen kontribusi yang dapat dilihat pada Tabel 5, didapatkan persen kontribusi sebesar 31,17% yang berarti variabel cairan pendingin memiliki pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan hasil pengeboran material aluminium 6061. Berdasarkan grafik dari Gambar 3 *Main Effects Plot for Means* pada variabel cairan pendingin didapatkan hasil yang paling optimal yaitu pada cairan pendingin dromus dengan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan sebesar 1,387  $\mu\text{m}$ . Pada variabel cairan pendingin oli didapatkan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan sebesar 1,514  $\mu\text{m}$  dan pada variabel cairan pendingin air didapatkan rata-rata hasil nilai kekasaran

permukaan sebesar 1,995  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata hasil nilai kekasaran permukaan paling besar. Namun pada variabel cairan pendingin didapatkan nilai F-hitung sebesar : 2,466 yang lebih kecil dari nilai F-tabel  $F(0.05;2;2) = 19.00$  sehingga pada  $H_0$  diterima, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi cairan pendingin tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Semakin cair cairan pendingin maka semakin halus (kecil) kekasaran permukaan yang yang didapatkan. Begitupun sebaliknya jika semakin kental cairan pendingin maka semakin kasar (besar) kekasaran permukaan yang yang didapatkan (Juliansah, P. dan Zulfitriyanto, 2022).

#### KESIMPULAN

1. Kekasaran permukaan yang sangat berpengaruh terhadap variabel proses adalah variabel kecepatan *spindle* yang memiliki kontribusi sebesar 46,47%, pada variabel cairan pendingin memiliki kontribusi sebesar 31,17%, dan variabel diameter pahat yang memiliki persen kontribusi terkecil sebesar 9,61%. Variabel proses pada kecepatan *spindle* (535 RPM, 865 RPM, 1520 RPM) dengan kekasaran permukaan sebesar (1,467  $\mu\text{m}$ , 1,349  $\mu\text{m}$ , 2,079  $\mu\text{m}$ ), variabel diameter pahat (8 mm, 10 mm, 12 mm) dengan kekasaran permukaan sebesar (1,765  $\mu\text{m}$ , 1,701  $\mu\text{m}$ , 1,429  $\mu\text{m}$ ), dan pada variabel cairan pendingin (air, dromus, oli) dengan kekasaran permukaan sebesar (1,99  $\mu\text{m}$ , 1,387  $\mu\text{m}$ , 1,541  $\mu\text{m}$ ).
2. Kekasaran permukaan yang paling optimal terdapat pada variasi kecepatan *spindle* 865 RPM dengan nilai kekasaran permukaan 1,349  $\mu\text{m}$ , pada variasi diameter pahat 12 mm dengan nilai kekasaran permukaan 1,429  $\mu\text{m}$ , dan pada variasi cairan pendingin dromus dengan nilai kekasaran permukaan 1,387  $\mu\text{m}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, H., Bontong, Y., dan Aminya, Y. 2013. *Pengaruh Parameter Pemotongan Pada Operasi Pemotongan Milling Terhadap Getaran Dan Tingkat Kekasaran Permukaan (Surface Roughness)*. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik

- Mesin XII (SNTTM XII), hlm. 971–976.
- Akhmadi, A. N., Wulandari, R., dan Mustofa, A. 2021. Pengaruh Variasi Putaran Mesin Terhadap Waktu Pengeboran Dengan Material Aluminium Al 6063 Pada Mesin Bor Duduk. *Journal Mechanical Engineering*, vol. 10, no. 1, hlm. 11–15.
- Ansyori, A., dan Saputra, R. 2019. *Pengaruh Diameter Mata Bor Terhadap Tingkat Kehalusan Permukaan Lubang Bor Pada Proses Permesinan Bor Magnesium AZ31*. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung*.
- Budiana, B. dkk. 2020. *Analisis Kekasaran Permukaan Besi ASTM36 dengan menggunakan Surftest dan Image –J. JAE*, vol. 4, no. 2, hlm. 49–54. doi: 10.30871/jaee.v4i2.2747.
- Burli, M. F., Yudo, E., dan Pranandita, N. 2021. *Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Drilling Baja SKD 11 Pada CNC Milling menggunakan Metode Taguchi*. Bangka Belitung: J-Proteksion.
- Cahyono, C. B., Hyasyoan, V. A., dan Mufti, I. M. 2021. *Analisa Pengaruh Kecepatan Potong (Cs) dan Material Benda Kerja Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) pada Mesin Bubut*. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, hlm. 1–10.
- Juliansah, P. dan Zulfitriyanto. 2022. *Analisa Kekasaran Permukaan Proses Bor Baja SKD 11 Pada Mesin CNC*. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, hlm. 438–444.
- Kishore, G., dkk. 2021. *Investigation of the surface roughness of aluminium composite in the drilling process*. *Materials Physics and Mechanics*, vol. 47, hlm. 739–746. doi: 10.18149/MPM.4752021\_8.
- Manivel, R., Sivakumar, R., dan Ramesh, C. 2020. *Advanced Drilling Machine*. *JXU*, vol. 14, no. 8, hlm. 457–461. doi: 10.37896/jxu14.8/050.
- Retyawan, O. N., Yaningsih, I., dan Sukanto, H. 2018. Pengaruh jenis proses pemotongan pada mesin milling terhadap getaran dan kekasaran permukaan dengan material aluminium 6061. *JTMI*, vol. 12, no. 1, hlm. 8–13. doi: 10.36289/jtmi.v12i1.63.