



Pengaruh Arus Ampere Pulse On Time dan Kecepatan Potong Edm Wirecut Terhadap Kekerasan Baja Ss304

Bima Dwi Prasetya Putra¹, Mualifi Usman^{2*}, Askan³

^{1,2,3}Prodi Teknik Mesin, Universitas Darul 'Ulum Jombang, Jombang, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:

Wirecut EDM

SS304

ampere current

pulse on time

cutting speed

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of variations in ampere current, pulse on time, and cutting speed in the Wirecut EDM process on the hardness of Stainless Steel 304. An experimental method was employed using a Fanuc Type C400iC Wirecut EDM machine. The test material was SS304 with dimensions of 30x30x50 mm, cut using a 0.25 mm brass wire. The varied parameters were current (5, 10, 15 A), pulse on time (10, 20, 30 μ s), and cutting speed (2, 4, 6 mm/min). The hardness of the cut material was tested using the Rockwell method. The results showed that a low current (5 A) produced more stable and higher hardness values compared to higher currents. The best parameter combination was achieved at 5 A current, 30 μ s pulse on time, and 4 mm/min cutting speed, yielding the highest hardness value. Conversely, the combination of 10 A current, 30 μ s pulse on time, and 2 mm/min cutting speed resulted in the lowest hardness. The interaction between the three parameters was proven to affect machining quality, making the precise selection of parameters crucial. This research confirms that optimizing WEDM parameters can improve the hardness quality of SS304 material.

Pendahuluan

Seiring perkembangan teknologi kebutuhan berbagai sektor industri saat ini, proses pemesinan memainkan peran penting di mana akurasi, penyelesaian permukaan, kualitas, dan biaya menjadi penting. EDM (Electrical Discharge Machining) adalah proses manufaktur yang banyak digunakan

karena kemampuannya untuk menghasilkan bentuk yang rumit, penyelesaian permukaan yang lebih baik dan integritas permukaan, permukaan bebas gerinda, dan pemesinan bagian-bagian miniatur dari material yang sulit dikerjakan [1][2]. Salah satu material yang banyak digunakan adalah Stainless Steel 304, yang dikenal memiliki sifat

*Corresponding author: mualifiusman7@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.12756>

Received 4 August 2026; Received in revised form 15 August 2026; Accepted 16 August 2026

Available online 24 August 2026

mekanik yang baik, tetapi proses pemotongan konvensional sering menghasilkan deformasi termal tinggi dan mengurangi kualitas permukaan. EDM Wirecut menjadi alternatif yang efisien karena mampu menghasilkan dimensi presisi dengan permukaan akhir yang lebih baik dibanding pemotongan mekanis biasa [3].

Electrical Discharge Machining (EDM) merupakan proses pemesinan non konvensional yang menggunakan energi listrik berupa percikan (*spark*) antara elektroda dan benda kerja untuk mengikis material. Proses ini berlangsung dalam media cairan dielektrik yang berfungsi sebagai isolator sekaligus media pendingin selama proses pemesinan berlangsung [4][5]. Keunggulan utama dari proses EDM adalah kemampuannya untuk memproses material yang sangat keras [6]. Proses ini sangat efektif digunakan untuk memproduksi komponen dengan geometri kompleks, lubang kecil, serta komponen presisi tinggi yang sulit dibuat menggunakan metode pemesinan konvensional [7]. Selain itu, proses EDM juga menghasilkan gaya pemotongan yang sangat kecil sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya deformasi pada benda kerja [8].

Pada proses EDM pengikisan material tidak terjadi melalui kontak langsung antara wire dan benda kerja seperti pada proses pemotongan konvensional. Sebaliknya, material dihilangkan melalui proses pelelehan dan penguapan akibat energi panas dari percikan listrik. Temperatur yang dihasilkan selama proses percikan dapat mencapai lebih dari 8000°C [9][10]. Parameter-parameter pemotongan pada EDM Wirecut seperti arus listrik, pulse-on time, pulse-off time, kecepatan kawat dan tegangan kawat (*wire tension*) berpengaruh terhadap karakteristik hasil pemotongan [11]. Selain itu, pengaruh parameter WEDM seperti pulse on/off time, arus listrik, dan kecepatan kawat terhadap Material Removal Rate pada AISI 304 juga

menjadi dasar penting dalam merancang uji parameter pemotongan [12].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa parameter arus listrik memiliki pengaruh signifikan terhadap MRR pada proses EDM Wirecut. Semakin besar arus listrik yang digunakan, maka energi percikan meningkat sehingga laju pelepasan material juga meningkat, namun dapat menyebabkan permukaan menjadi lebih kasar. Selain itu, kontribusi arus terhadap kualitas permukaan dapat mencapai lebih dari 80% dibandingkan parameter lainnya, yang menunjukkan bahwa arus listrik merupakan faktor dominan dalam proses EDM Wirecut [13]. Namun, penggunaan pulse on-time yang terlalu besar dapat menyebabkan kerusakan permukaan seperti terbentuknya kawah yang lebih besar dan penurunan kualitas finishing [14].

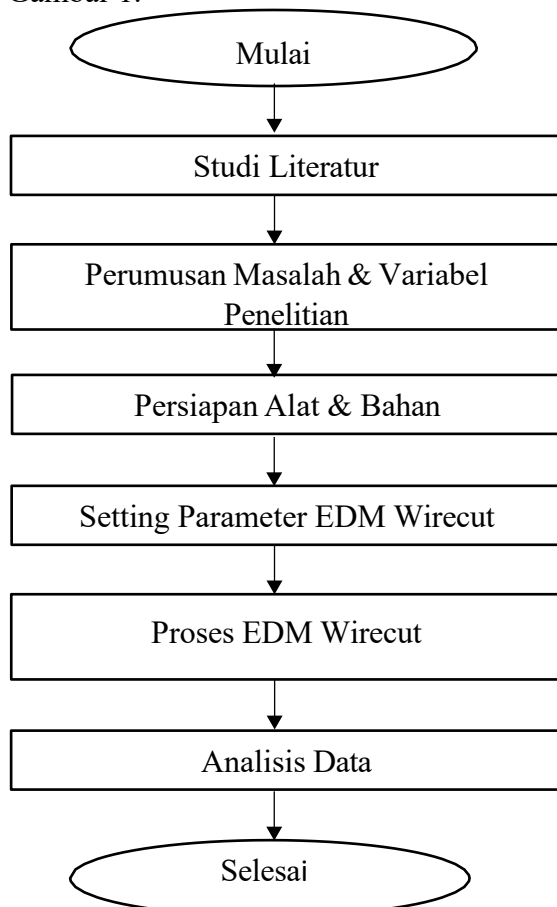
Selain itu, variasi kecepatan potong (*cutting speed*) juga berpengaruh terhadap stabilitas proses pemotongan [15]. Kecepatan kawat yang terlalu rendah dapat menyebabkan ketidakstabilan percikan listrik, sedangkan kecepatan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan konsumsi kawat tanpa peningkatan signifikan pada MRR. Oleh karena itu, diperlukan optimasi parameter untuk mendapatkan kombinasi terbaik antara kecepatan potong dan kualitas hasil pemesinan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus ampere, pulse on time dan kecepatan potong edm wirecut terhadap kekerasan baja ss304.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan rancangan faktorial tiga faktor (arus, pulse on time, dan kecepatan potong) yang dianalisis secara simultan menggunakan uji hipotesis ANAVA, sehingga tidak hanya menampilkan tren deskriptif seperti pada penelitian-penelitian terdahulu, tetapi juga memverifikasi secara statistik faktor dan interaksi mana yang benar-benar berpengaruh signifikan terhadap kekerasan baja Stainless Steel 304 hasil pemotongan EDM Wirecut.

Metode Penelitian

Penelitian pada parameter EDM Wirecut dilakukan di PT. Ultra Prima Abadi dan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Darul 'Ulum Jombang, yang beralamat di Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Penggunaan metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan langkah awal menyiapkan bahan uji, alat uji, dan pelaksanaan uji kekerasan Rockwell. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Alat dan Bahan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah Stainless Steel 304 dengan dimensi $30 \times 30 \times 50$ mm dan kawat kuningan 0,25 EDM wire tipe hard merek JTECH dengan berat bersih 5 kg yang akan digunakan dalam memotong Stainless Steel 304.



Gambar 2. Stainless Steel 304

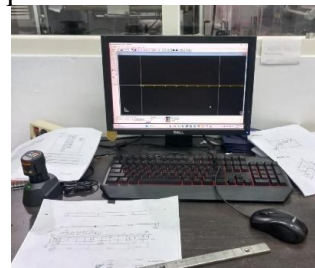


Gambar 3. Kawat Pemotongan Diameter 0,25
Peralatan yang digunakan antara lain adalah:
a. Mesin EDM Wirecut Fanuc Type C400iC



Gambar 4. Mesin EDM Wirecut

b. Komputer



Gambar 5. Komputer Pemrograman Pemotongan

c. Kunci L

d. Jangka sorong

e. Alat uji Rockwell Model MOPA03



Gambar 6. Alat uji Rockwell

Tahapan Penelitian

Pada tahapan-tahapan penelitian dilakukan mekanisme sebagai berikut ini:

- a. Pemotongan Stainless Steel 304 dengan mesin EDM Wirecut

Proses pemotongan dimulai dengan membuat program dan simulasi pemotongan dengan cara menggambar benda kerja dengan dimensi yang sebenarnya di *Software CAM I* komputer yang terhubung dengan mesin *wirecut* C400iC. Mengatur parameter pemotongan berupa arus *ampare*, *pulse on time* dan kecepatan potong kemudian memulai pemotongan dengan mesin *EDM Wirecut C400iC*.

- b. Uji kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin uji kekerasan *Rockwell* dengan prosedur spesimen yang telah terpotong kemudian dibersihkan, diberi tanda atau titik dengan menggunakan spidol atau stipex atau penanda lain sebanyak 5 titik, spesimen diletakkan pada landasan yang ada pada mesin *Rockwell hardness tester*, kemudian diberi beban dengan menggunakan handle hingga mencapai 150 kg dan ditahan kira-kira 15-20 detik. Selanjutnya, diukur jejak identitas dengan menggunakan teropong pengukur, lalu hasil pengukuran tersebut dicatat.

- c. Pengumpulan data hasil pengujian

Setelah didapatkan hasil pengujian, selanjutnya dapat diolah ke dalam tabel faktorial untuk mengevaluasi dampak perlakuan pengujian hipotesis dengan hasil akhir yakni tabel anova model acak.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji *Rockwell*

Proses pengujian menggunakan alat uji *Rockwell* Model MOPA03.

Satuan yang digunakan pada seluruh tabel dan pembahasan hasil pengujian adalah sebagai berikut: arus listrik dalam satuan Ampere (A), kecepatan potong dalam satuan mm/menit, pulse on time dalam satuan mikrodetik (μ s), dan nilai kekerasan hasil uji *Rockwell* dalam satuan HRC.

Tabel 1. Hasil Uji *Rockwell* pada Pulse On Time 10 μ s (Arus dalam A, Kecepatan Potong dalam mm/menit, Kekerasan dalam HRC)

	Arus	Pulse On Time		
		10		
		Kecepatan Potong		
		2	4	6
5		60	60	60
		63	65	58
		65	70	70
Jumlah		188	195	188
Rata-rata 10		62,6	65	62,6
		55	60	60
		63	63	58
		70	65	65
	Jumlah	188	188	183
Rata-rata 15		62,6	62,6	61
		50	55	55
		61	65	58
		70	70	70
	Jumlah	181	190	183
Rata-rata		60,3	63,3	61
	Total	557	573	554

Tabel 2. Hasil Uji *Rockwell* pada Pulse On Time 20 μ s (Arus dalam A, Kecepatan Potong dalam mm/menit, Kekerasan dalam HRC)

	Arus	Pulse On Time		
		20		
		Kecepatan Potong		
		2	4	6
5		60	60	70
		63	64	60
		70	70	80
Jumlah		193	194	210
Rata-rata 10		64,3	64,6	70
		70	60	50
		60	63	43
		80	70	55
	Jumlah	210	193	148
Rata-rata 15		70	64,3	49,3
		70	60	70
		58	53	63,5
		60	70	80
	Jumlah	188	183	213,5
Rata-rata		62,6	61	71,1
	Total	591	570	571,5

Tabel 3. Hasil Uji Rockwell pada Pulse On Time 30 μ s (Arus dalam A, Kecepatan Potong dalam mm/menit, Kekerasan dalam HRC)

Arus	Pulse On Time		
	30		
	Kecepatan Potong		
	2	4	6
5	50	60	70
	63	65	62
	70	70	80
Jumlah	183	195	212
Rata-rata 10	61	65	70,6
	50	70	60
	40	62	58
Jumlah	60	80	70
	150	212	188
Rata-rata 15	50	70,6	62,6
	55	70	40
	58	62,5	55
Jumlah	70	80	60
	183	212,5	155
	Rata-rata	61	70,8
Total	516	619,5	555

Tabel 4. Total dan Rata-Rata Hasil Uji Rockwell untuk Setiap Pulse On Time (Kekerasan dalam HRC)

	Arus			Total Besar
	5	10	15	
Total	1758	1660	1689	5107
Rata-rata	585,7	553	562,7	

Berdasarkan hasil pengujian, perubahan arus memberikan pengaruh terhadap nilai respon yang dihasilkan. Pada arus 5 A, nilai rata-rata hasil pengujian cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan arus 10 A dan 15 A. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pelepasan energi listrik pada arus rendah menghasilkan proses pemotongan yang lebih stabil sehingga kualitas permukaan atau karakteristik hasil pemesinan menjadi lebih baik.

Pada arus 10 A terjadi penurunan nilai respon pada beberapa kombinasi pulse on time dan kecepatan potong. Penurunan yang cukup signifikan terlihat pada pulse on time 30 μ s dengan kecepatan potong 2 mm/menit, dimana nilai hasil uji kekerasan berada pada kisaran 39-42 HRC. Kondisi ini diduga disebabkan oleh meningkatnya energi percikan listrik yang mengakibatkan ketidakstabilan proses erosi material.

Pada arus 15 A, nilai respon kembali meningkat pada beberapa kombinasi parameter, namun belum mampu melampaui hasil yang diperoleh pada arus 5 A. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan arus tidak selalu menghasilkan kualitas pemesinan yang lebih baik karena dipengaruhi oleh interaksi dengan parameter lainnya.

Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi antara arus, pulse on time, dan kecepatan potong terhadap hasil pemesinan Wire EDM pada Stainless Steel 304. Kombinasi parameter terbaik diperoleh pada arus 5 A, pulse on time 30 μ s, dan kecepatan potong 4 mm/menit dengan nilai hasil uji kekerasan tertinggi sebesar 67 HRC.

Sementara itu, kombinasi parameter yang menghasilkan nilai hasil uji kekerasan terendah terjadi pada arus 10 A, pulse on time 30 μ s, dan kecepatan potong 2 mm/menit dengan nilai sebesar 39 HRC. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa pemilihan parameter proses Wire EDM harus dilakukan secara tepat karena setiap parameter saling memengaruhi dalam menentukan kualitas hasil pemesinan. Secara umum dapat disimpulkan bahwa parameter arus rendah (5 A), pulse on time tinggi (30 μ s), dan kecepatan potong sedang (4 mm/menit) cenderung memberikan performa terbaik pada proses pemotongan Stainless Steel 304 menggunakan Wire EDM berdasarkan tren deskriptif data hasil pengujian.

Hasil Uji Hipotesis Desain Faktorial

Uji hipotesis dilakukan dengan menggunakan metode rancangan faktorial model campuran, untuk mengetahui apakah variasi arus ampere, pulse on time dan kecepatan potong berpengaruh terhadap kekerasan baja Stainless Steel 304. Tabel 5 menyajikan hasil faktorial $a \times b \times c$, Tabel 6 menyajikan hasil faktorial $a \times b$, Tabel 7 menyajikan hasil faktorial $a \times c$, dan Tabel 8 menyajikan hasil faktorial $b \times c$.

Tabel 5 Hasil Faktorial $a \times b \times c$

	a1			a2		
	b1	b2	b3	b1	b2	b3
c1	188	195	188	193	194	210
c2	188	188	183	210	193	148
c3	181	190	183	188	183	213,5
Total	557	573	554	591	570	571,5

	a3			Total
	b1	b2	b3	$a \times b \times c$
c1	183	195	212	1758
c2	150	212	188	1660
c3	183	212,5	155	1689
Total	516	619,5	555	5107

Tabel 6 Hasil Faktorial $a \times b$

	a1	a2	a3	Total
b1	557	591	516	1664
b2	573	570	619,5	1762,5
b3	554	571,5	555	1680,5
Total	1684	1732,5	1690,5	5107

Tabel 7 Hasil Faktorial $a \times c$

	a1	a2	a3	Total
c1	571	597	590	1758
c2	559	551	550	1660
c3	554	584,5	550,5	1689
Total	1684	1732,5	1690,5	5107

Tabel 8 Hasil Faktorial $b \times c$

	b1	b2	b3	Total
c1	564	584	610	1758
c2	548	593	519	1660
c3	552	585,5	551,5	1689
Total	1664	1762,5	1680,5	5107

Setelah uji hipotesis dilakukan dengan menggunakan metode rancangan faktorial model campuran, selanjutnya dilakukan tahapan akhir yaitu memasukkan hasil pada tabel akhir ANAVA sebagaimana disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Anava Hasil Akhir

Sumber Variasi	Dk	JK	KT	F_H	F_T
	1	321.990			
A	2	50	26	0,33	
B	2	210	104	1,35	
C	2	190	94	1,22	
AB	4	455	114	0,9	
AC	4	72	18	0,28	
BC	4	305	76	1,2	
ABC	8	999	125	1,9	
Galat	54	3.430	64		
Total	81	327.700			

Secara umum, peningkatan arus dari 5 ke 15 cenderung menurunkan nilai respon pada beberapa kombinasi perlakuan. Nilai rata-rata pada arus 5 relatif lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan arus 10 dan 15. Pada arus 5, peningkatan Pulse On Time dari 10 ke 30 cenderung meningkatkan respon. Namun, pada arus 10 dan 15 pola yang muncul tidak selalu konsisten. Kecepatan potong 4 mm/menit sering menghasilkan respon yang lebih tinggi dibandingkan level 2 dan 6 mm/menit. Hal ini terlihat pada hampir seluruh kombinasi arus dan Pulse On Time.

Untuk memverifikasi apakah tren deskriptif tersebut signifikan secara statistik, dilakukan pengujian hipotesis berdasarkan nilai Fhitung pada Tabel 9 yang dibandingkan dengan nilai Ftabel pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dan derajat bebas galat (dk galat) = 54. Nilai Ftabel yang diperoleh adalah 3,17 untuk faktor dengan dk = 2 (A, B, dan C), 2,54 untuk interaksi dengan dk = 4 (AB, AC, dan BC), serta 2,12 untuk interaksi ABC dengan dk = 8. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa seluruh nilai Fhitung, yaitu faktor A/arus (Fhitung = 0,33), faktor B/pulse on time (Fhitung = 1,35), faktor C/kecepatan potong (Fhitung = 1,22), interaksi AB (Fhitung = 0,90), AC (Fhitung = 0,28), BC (Fhitung = 1,20), maupun interaksi ABC (Fhitung = 1,90), berada di bawah nilai Ftabel masing-masing. Dengan demikian, secara statistik tidak ada satu pun faktor utama maupun interaksi antar faktor yang berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan baja Stainless Steel 304 pada taraf kepercayaan 95%. Tren penurunan dan peningkatan nilai kekerasan yang teramati pada data deskriptif lebih disebabkan oleh variasi acak (galat eksperimen) yang cukup besar (KT Galat = 64) dibandingkan variasi antar perlakuan, sehingga perbedaan nilai rata-rata antar level arus, pulse on time, maupun kecepatan potong belum dapat dianggap sebagai perbedaan yang nyata secara statistik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh variasi arus ampere, pulse on time, dan kecepatan potong pada proses EDM Wirecut terhadap kekerasan baja Stainless Steel 304, secara

deskriptif dapat disimpulkan bahwa arus rendah (5 A) cenderung menghasilkan proses pemotongan yang lebih stabil dan nilai kekerasan yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan arus 10 A dan 15 A, yang justru menunjukkan kecenderungan penurunan nilai kekerasan pada beberapa kombinasi perlakuan akibat meningkatnya energi percikan listrik yang menyebabkan ketidakstabilan proses erosi material. Kombinasi parameter yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada arus 5 A, pulse on time 30 μ s, dan kecepatan potong 4 mm/menit, sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada arus 10 A, pulse on time 30 μ s, dan kecepatan potong 2 mm/menit. Namun demikian, perlu ditegaskan bahwa hasil uji hipotesis ANAVA pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa baik faktor arus, pulse on time, kecepatan potong, maupun interaksi di antara ketiganya tidak memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap nilai kekerasan baja SS304 (seluruh nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$). Dengan demikian, kecenderungan arus sebagai faktor yang paling berpengaruh bersifat deskriptif berdasarkan tren nilai rata-rata, bukan merupakan kesimpulan yang terverifikasi secara statistik. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga parameter yang diuji, yaitu arus, pulse on time, dan kecepatan potong, memiliki interaksi yang kompleks dan variasi galat eksperimen yang relatif besar dalam memengaruhi kualitas hasil pemesinan. Oleh karena itu, disarankan pada penelitian selanjutnya untuk memperbesar jumlah replikasi dan/atau memperluas rentang level parameter guna meningkatkan sensitivitas uji statistik, sehingga pemilihan dan optimasi parameter proses Wire EDM pada material SS304 dapat dilakukan dengan dukungan bukti statistik yang lebih kuat.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darul

‘Ulum Jombang yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, serta ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan masukan konstruktif selama proses penyusunan artikel ini.

Referensi

- [1] S. Hasil, P. Hardening, And D. A. N. Tempering, “Ring Mechanical Engineering (Ring Me),” Vol. 4, No. 1, Pp. 33–41.
- [2] P. D. S. C, “Urania Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir,” Vol. 27, No. 3, Pp. 123–132, 2021.
- [3] K. D. A. N. Perancangan, “Pengaruh Parameter Las Gesek Terhadap Sifat Mekanis Baja Tahan Karat Aisi 304 / Aisi 304,” 2021.
- [4] H. Setiawan And W. Wahyudin, “Optimasi Proses Edm Sinking Baja Hmd5 Di Mesin Makino Edaf3 Laboratorium Produksi Mesin Dan Perkakas,” Vol. 5, No. 1, Pp. 37–42, 2023.
- [5] C. Study And O. Hardness, “Studi Uji Kekerasan Rockwell Superficial Vs Micro Vickers,” Vol. 2, No. 2, 2017.
- [6] U. M. Area, “Pengaruh Parameter Pemotongan Wire Cut Elektrical Discharge Machine Terhadap Kekerasan Dan Kekasaran Permukaan Hasil Potong Baja Xw-5 Skripsi Oleh : Rico Nardo Siburian Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan Kekerasan Dan Kekasaran Permukaan Hasil Potong Baja Xw-5 Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area,” 2020.
- [7] I. N. Musyarrofah, T. Aisyah, V. Arwida, And F. Sari, “Pengaruh Variasi Beban Indentasi Terhadap Nilai Kekerasan Blok Standar Menggunakan Vickers Microhardness Tester (Indentation Load Variation Effect On The

- Hardness Value Of Standard Blocks Using A Vickers Microhardness Tester),” Pp. 34–37.
- [8] D. Mulyana, I. Azmy, A. Gabrian, R. Y. Widiatmoko, And P. Londa, “Optimasi Parameter Pemotongan Cnc Wet Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Stainless Steel Aisi 304,” Vol. 4, Pp. 1–8, 2022.
- [9] S. K. Saha And S. K. Choudhury, “Multi – Objective Optimization Of The Dry Electric Discharge Machining Process,” 2009.
- [10] S. Abdurrahman And S. Y. Lubis, “Peningkatan Efisiensi Mesin Wirecut Melalui Condition-Based Maintenance Berbasis Data Multisensor,” Vol. 21, No. 1, Pp. 9–16, 2026.
- [11] N. Naeim And M. A. Aboueleaz, “Experimental Investigation Of Surface Roughness And Material Removal Rate In Wire Edm Of Stainless Steel 304,” 2023.
- [12] J. M. Terapan, “Jurnal Mekanik Terapan Pengaruh Parameter Arus Discharge Dan Elektroda Terhadap Nilai Mrr Pada Proses Sinker Edm Material Aisi,” Vol. 01, No. 01, Pp. 54–60, 2020.
- [13] M. Manjaiah, R. F. Laubscher, A. Kumar, And S. Basavarajappa, “Parametric Optimization Of Mrr And Surface Roughness In Wire Electro Discharge Machining (Wedm) Of D2 Steel Using Taguchi-Based Utility Approach,” *Int. J. Mech. Mater. Eng.*, 2016, Doi: 10.1186/S40712-016-0060-4.
- [14] T. Chaudhary, A. Noor, And A. Kumar, “Effect Of Wire Tension On Different Output Responses During Wire Electric Discharge Machining On Aisi 304 Stainless Steel,” *Def. Technol.*, Vol. 15, No. 4, Pp. 541–544, 2019, Doi: 10.1016/J.Dt.2018.11.003.
- [15] M. A. Abdullah And B. A. Ahmed, “Enhancing Of Material Removal Rate And Surface Roughness In Wire Edm Process Using Grey Relational Analysis,” Vol. 14, No. 5, Pp. 17422–17427, 2024.