

Analisis Kuat Arus dan *Wire Speed* Pada Permesinan *Wire Cut* EMS 45 Terhadap Kekasaran Permukaan Roda Gigi Lurus

Muas M.¹, Rusdi Nur^{2,3*}, Usman⁴ dan Firman Arif⁵

^{1,2,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

³Center for Materials and Manufacturing, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

* email: rusdinur@poliupg.ac.id

Abstract: *Wire cut is a high-tech machining process and can be used to make high-precision products. This study aims to analyze the results of the workpiece surface and study the effect of current strength and wire speed on wire cut machining of EMS 45 on the surface roughness of straight gears. The results analyzed were the surface roughness values obtained by testing the surface roughness. The variations in the current used were 3 amperes, 5 amperes, and 7 amperes, while the wire speed used was 8 mm / min, 10 mm / min, and 12 mm / min. In the wire cut machining process, brass cutting materials are used with a wire diameter of 0.25 mm. The results showed that the greater the current and wire speed used, the lower the surface roughness value, conversely the smaller the current and the wire speed used, the higher the surface roughness value. The results of data analysis using the ANOVA analysis method, correlation, and regression get the optimal conditions for obtaining low surface roughness values and fast cutting time, namely at a current of 7 amperes with a wire speed of 10 mm/min.*

Keywords: EMS 45; wire cut; surface roughness; straight gear; wire speed

Abstrak: Wire cut merupakan salah satu proses pemesinan yang memiliki teknologi tingkat tinggi dan dapat dipergunakan untuk membuat produk secara massal dan kepresisian tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hasil permukaan benda kerja serta mempelajari pengaruh kuat arus dan *wire speed* pada permesinan *wire cut* bahan EMS 45 terhadap kekasaran permukaan roda gigi lurus. Hasil permukaan yang dianalisa adalah nilai kekasaran permukaan yang didapatkan dengan melakukan pengujian kekasaran permukaan. Variasi arus yang digunakan yaitu 3 ampere, 5 ampere, dan 7 ampere, sedangkan *wire speed* yang digunakan yaitu 8 mm/min, 10 mm/min, dan 12 mm/min. Dalam proses permesinan *wire cut* digunakan bahan pemotong jenis kuningan dengan diameter kawat 0.25 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar arus dan *wire speed* yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin rendah, sebaliknya semakin kecil arus dan *wire speed* yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin tinggi. Hasil analisa data dengan menggunakan metode analisis ANOVA, korelasi, dan regresi mendapatkan kondisi optimal untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang rendah dan waktu potong yang cepat yaitu pada arus 7 ampere dengan *wire speed* 10 mm/min.

Kata kunci : EMS 45, *wire cut*, kawat kuningan, kekasaran permukaan, roda gigi lurus, *wire speed*

I. PENDAHULUAN

Mesin *wire cut* memiliki kemampuan menghasilkan produk presisi tinggi dengan berbagai tingkat kekasaran permukaan yang diinginkan [1]. Kekasaran permukaan, khususnya pada beberapa produk presisi tinggi, merupakan parameter yang perlu diperhatikan. Produk yang dihasilkan dengan nilai kekasaran permukaan tertentu akan menentukan fungsionalitas produk tersebut. Ketepatan nilai kekasaran permukaan suatu produk akan menentukan apakah produk tersebut dapat berfungsi dengan baik atau tidak [2]. Roda gigi merupakan produk presisi yang biasanya ditemukan dalam berbagai sistem mekanisme penggerak, dimana dalam penerapannya terkadang membutuhkan kekasaran permukaan rendah (halus). Roda gigi lurus merupakan jenis roda gigi yang memiliki bentuk sederhana. Kontur roda gigi yang konsisten mengakibatkan proses pemesinan roda gigi lurus relatif lebih mudah dilakukan dibanding proses pemesinan jenis roda gigi lainnya.

Menurunkan nilai tingkat kekasaran permukaan dari suatu benda kerja diperlukan perlakuan yang berbeda dari kedua variabel proses yang digunakan antara kuat arus dengan *wire speed*. Lebih lanjut dikemukakan oleh Tosun et.al.yang menambahkan bahwa kuat arus dan *wire speed* sangat

mempengaruhi nilai tingkat kekasaran permukaan suatu produk yang rendah (halus). Akan tetapi, penelitian pada kekasaran permukaan suatu produk masih perlu untuk dikembangkan lagi [3].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hasil permukaan benda kerja serta mempelajari pengaruh kuat arus dan *wire speed* pada permesinan *wire cut* bahan EMS 45 terhadap kekasaran permukaan roda gigi lurus.

II. METODE PENELITIAN

A. Material

Persiapan benda kerja yang dibentuk menjadi roda gigi lurus (*spur gear*), benda kerja yang digunakan adalah EMS 45 dengan ukuran 70mm x 70mm x 25mm. Proses pemotongan dikerjakan pada mesin gergaji dan kemudian *facing* dengan menggunakan mesin milling. Benda kerja yang telah dipotong menjadi kotak persegi seperti pada gambar 6 selanjutnya akan diberikan lubang tengah untuk tempat memasukkan kawat mesin *wire cut* pada waktu akan dikerjakan.



Gambar 1. Benda Kerja EMS 45

B. Permesinan *wire cut*

Proses permesinan *wire cut* menggunakan mesin *wire cut* merek ONA AF-25 [4]. Pada proses permesinan *wire cut* terdapat dua variabel permesinan yang akan digunakan yaitu; kuat arus dan *wire speed*. Arus yang digunakan yaitu; 3 ampere, 5 ampere, dan 7 ampere, sedangkan *wire speed* yang digunakan adalah 8 mm/menit, 10 mm/menit, dan 12 mm/menit. Selain itu bahan dari *wire* (kawat) pemotong yang digunakan adalah jenis kuningan (*brass*) dengan tebal kawat 0.25 mm. Proses selanjutnya adalah proses pengukuran atau pengambilan data kekasaran permukaan roda gigi lurus yang sudah dikerjakan pada mesin *wire cut*. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kekasaran permukaan yaitu *surface roughness tester* MITUTOYO SURFTTEST SJ-310.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk roda gigi yang telah dilakukan proses permesinan *wire cut* dapat dilihat pada gambar 2.



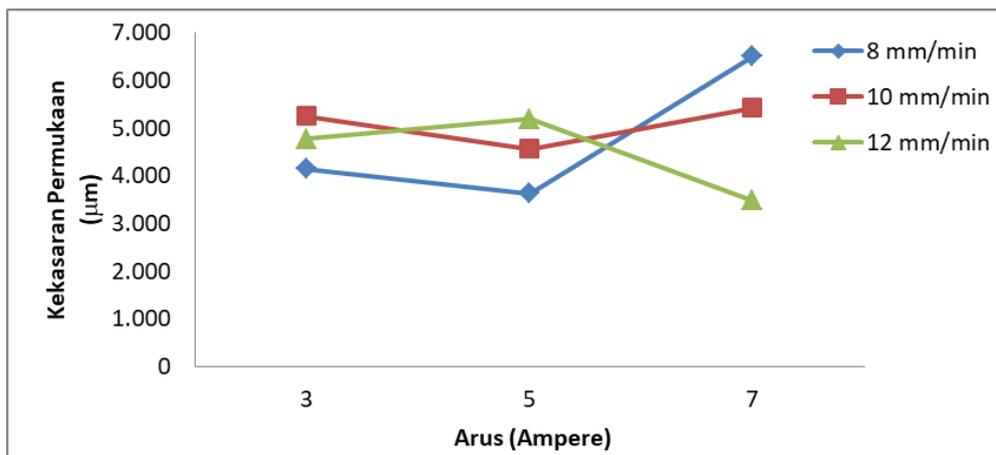
Gambar 2. Roda gigi hasil permesinan *wire cut*

A. Kekasaran Permukaan (Surface Roughness)

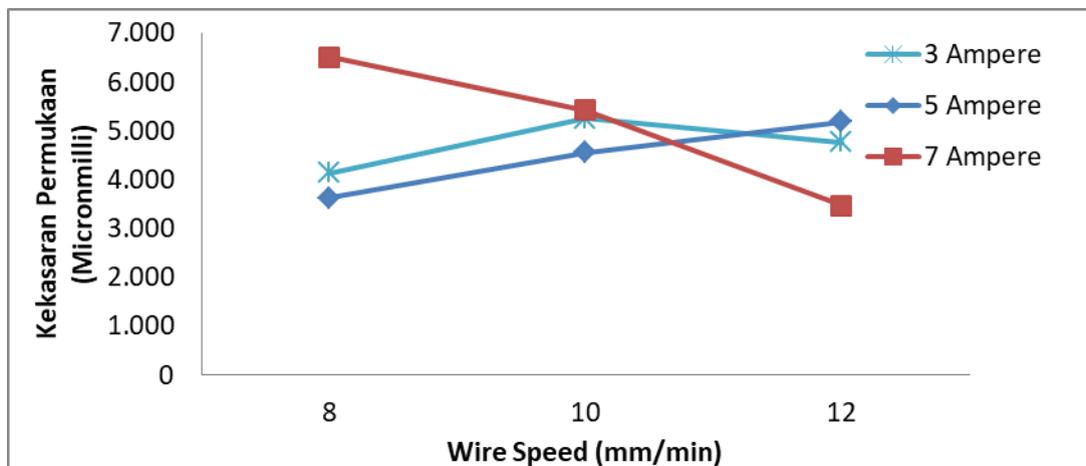
Adapun hasil dari pengujian kekasaran permukaan pada benda kerja roda gigi lurus yaitu ditunjukkan pada tabel 1 dan gambar 3 dan 4.

Tabel 1. Data hasil uji kekasaran permukaan

Arus (Ampere)	Wire Speed (mm/min)	Kekasaran permukaan (μm)			
		1	2	3	Rerata
3	8	4.155	4.244	4.043	4.147
3	10	5.155	5.440	5.163	5.253
3	12	4.712	4.728	4.877	4.772
5	8	3.771	3.512	3.600	3.628
5	10	4.584	4.537	4.564	4.562
5	12	5.356	5.120	5.108	5.195
7	8	6.279	6.773	6.470	6.507
7	10	5.389	5.433	5.445	5.422
7	12	3.574	3.509	3.350	3.478



Gambar 3. Kekasaran Permukaan pada Berbagai Tingkatan Arus Yang Berbeda.



Gambar 4. Kekasaran permukaan pada berbagai tingkat wire speed yang berbeda.

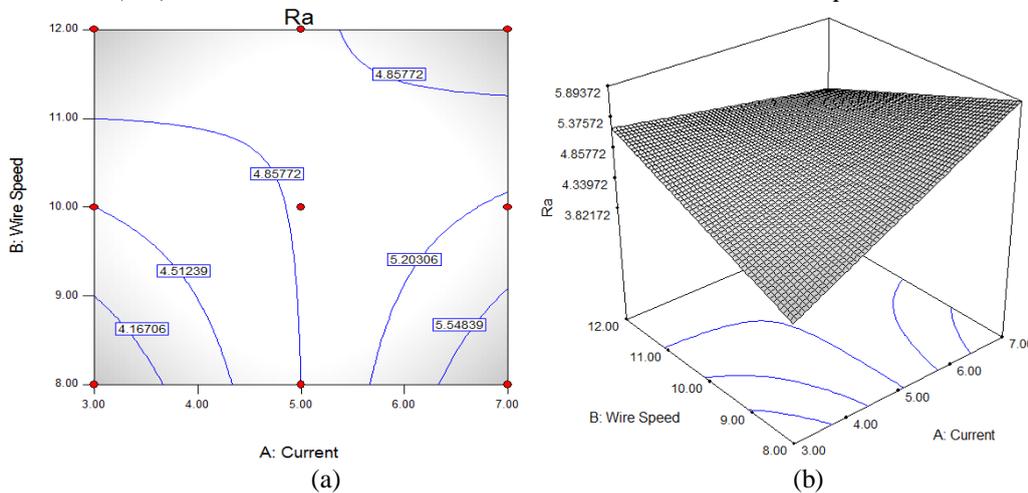
Gambar 3 menunjukkan kondisi dimana kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh variabel arus, pada tabel diatas terjadi fluktuatif terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan dari variasi variabel arus yang digunakan. Terdapat dua kondisi yang terjadi, yaitu jika arus yang digunakan besar dapat membuat nilai kekasaran permukaan rendah dan dapat juga membuat nilai kekasaran menjadi tinggi.

Pada gambar 4 diatas menunjukkan bahwa kekasaran permukaan dipengaruhi oleh variabel *wire speed*, pada hasil pengolahan data gambar 4 diatas terdapat hal yang sama pada hasil olah data sebelumnya pada gambar 3 yaitu perbandingan antara Arus yang digunakan terhadap kekasaran permukaan yang dimana terjadi fluktuatif. Semakin rendah *wire speed* yang diberikan maka, nilai kekasaran permukaan akan semakin tinggi dan akan semakin rendah.

Model kekasaran permukaan empiris akhir dalam bentuk *code factor* dan *actual factor* adalah sebagai berikut:

$$(Ra)^{-1} = 2.67 - 0.15 * A - 0.032 * B \tag{1}$$

$$(Ra)^{-1} = 3.19525 - 0.072750 * Current - 0.016250 * Wire Speed \tag{2}$$



Gambar 5. Model Kekasaran Permukaan Dalam Plot 2D (a) dan 3D (b)

B. Waktu Pemotongan (Cutting Time)

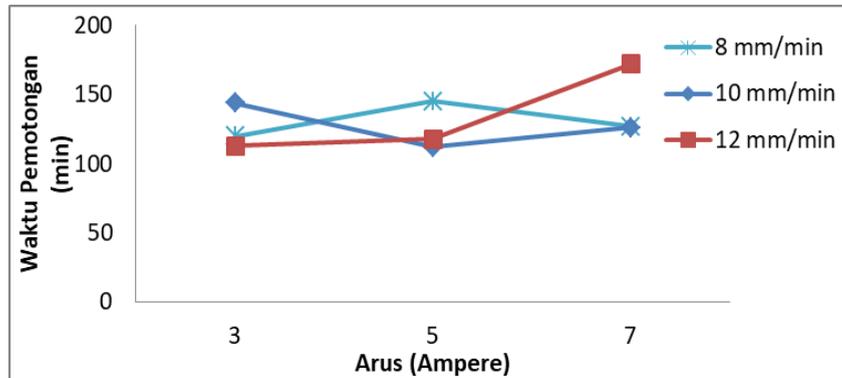
Persiapan benda kerja yang dibentuk menjadi roda gigi lurus (*spur gear*), benda kerja yang digunakan adalah EMS 45 dengan ukuran 70mm x 70mm x 25mm. Proses pemotongan dikerjakan pada mesin gergaji dan kemudian *difacing* dengan menggunakan mesin milling. Benda kerja yang

Setiap spesimen yang dibuat memiliki waktu pemotongan yang berbeda-beda, adapun variabel yang dapat mempengaruhi respon waktu pemotongan yaitu adalah kondisi kawat pemotong yang dapat putus kapan saja pada saat proses permesinan sedang berjalan. Selain itu kondisi mesin yang tidak optimal dapat membuat waktu permesinan menjadi lama.

Tabel 1. Data hasil waktu pemotongan

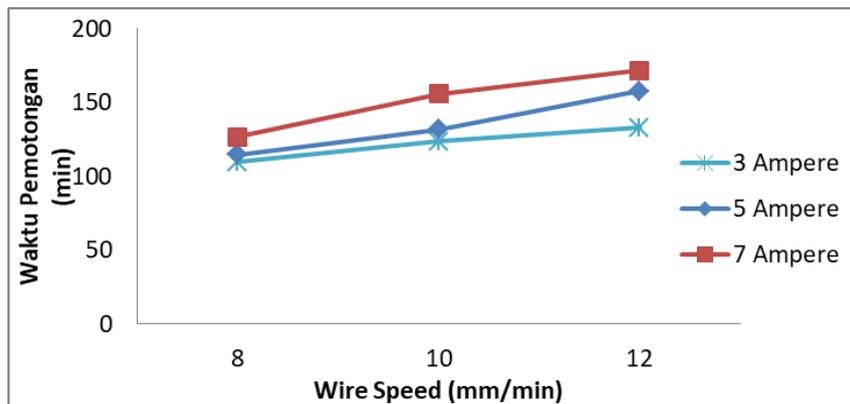
No	Arus (Ampere)	Wire Speed (mm/min)	Cutting Time (menit)	Keterangan
1	3	8	110	TidakPutus
2	5	8	124	Putus 1 kali
3	7	8	133	Putus 1 kali
4	3	10	115	Tidak putus
5	5	10	132	Putus 1 kali

6	7	10	158	Putus 2 kali
7	3	12	127	Putus 1 kali
8	5	12	156	Putus 2 kali
9	7	12	172	Putus 3 kali



Gambar 6. Grafik pengaruh variabel arus terhadap waktu pemotongan

Gambar diatas menunjukkan bahwa kondisi waktu pemotongan tertinggi yaitu pada arus sebesar 7 ampere dengan lama waktu pemotongan 172 menit. Sedangkan waktu pemotongan terendah yaitu pada arus sebesar 5 ampere dengan lama waktu pemotongan 110 menit.



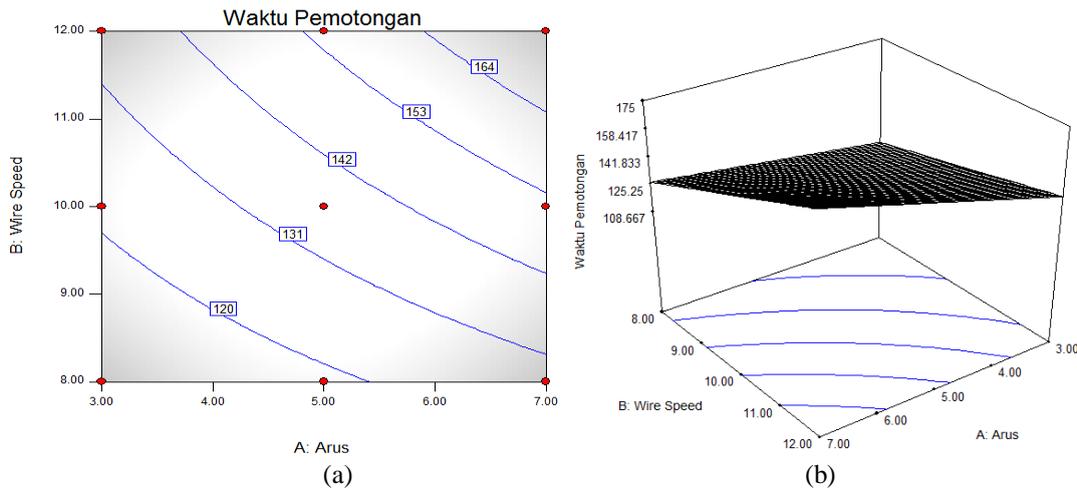
Gambar 7. Grafik pengaruh variabel *wire speed* terhadap waktu pemotongan.

Terlihat pada gambar 7, waktu pemotongan pada masing-masing ketiga level variabel *wire speed* mengalami peningkatan yang signifikan, dimana semakin cepat *wire speed* yang diberikan, maka waktu operasi/permesinan semakin lama. Waktu pemotongan yang tertinggi yaitu pada *wire speed* 12 mm/min. sedangkan waktu pemotongan terkecil yaitu pada *wire speed* 8 mm/min.

Model waktu pemotongan empiris akhir dalam bentuk *code factor* dan *actual factor* adalah sebagai berikut:

$$(CT)^{-1} = 136.33 + 14.67 * A - 18.50 * B + 5.50 * A * B \quad (4.3)$$

$$(CT)^{-1} = 75.91667 - 6.41667 * C + 2.37500 * WS + 1.37500 * C * WS \quad (4.4)$$



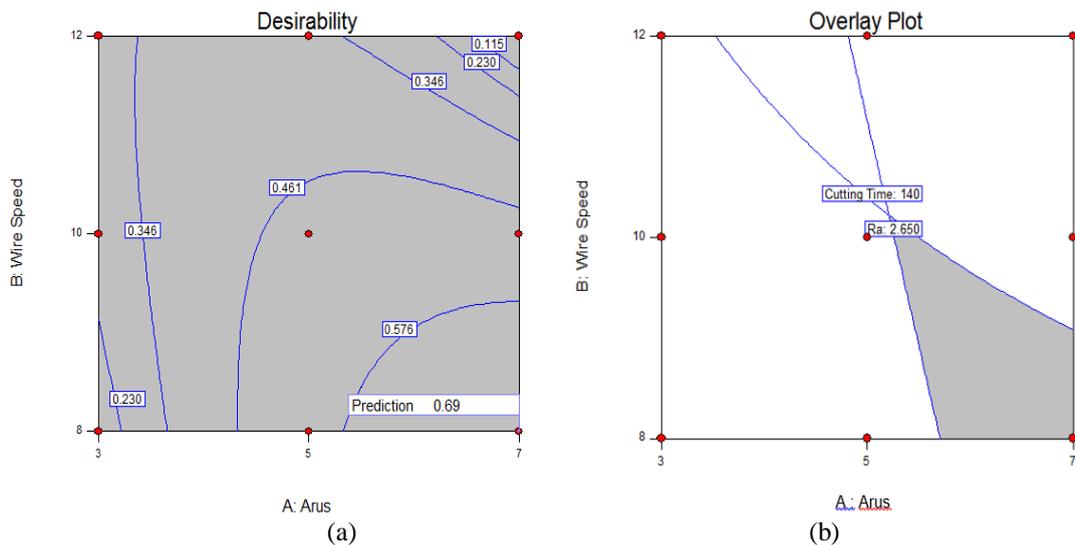
Gambar 8. Model Waktu Pemotongan Dalam Plot 2D (a) dan 3D (b)

C. Model Pengoptimalan

Adapun data dan hasil pemodelan untuk mendapatkan optimal dari parameter yang dimasukkan dapat dilihat dalam tabel 3 sebagai solusi optimal. Sedangkan Gambar 9 memperlihatkan desirability dan overlay plot untuk semua respon yang diperoleh.

Tabel 6. Solusi Optimal Yang Layak Untuk Parameter Permesinan Wire Cut.

No.	Arus	Wire Speed	Cutting Time	Ra	Desirability	
1	7.00	10.00	127	2.556	0.691	Selected



Gambar 9. Model Optimasi Desirability plot (a) dan Overlay Plot (b)

Optimalisasi grafis melibatkan pembuatan *overlay plot* yang dihasilkan oleh *super imposing* kontur untuk permukaan respon yang berbeda. Bagian dari *overlay plot* yang diarsir adalah batasan untuk semua tanggapan yang diinginkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 yang menentukan nilai variabel dependen yang diijinkan. Dalam kasus khusus ini, diinginkan untuk menentukan daerah yang

layak untuk pengaturan proses sehingga hasil kekasaran permukaan tidak boleh lebih dari $2,650 \mu\text{m}$, dan hasil waktu potong sebesar 140 menit (2 jam 20 menit).

D. Pembahasan

Setelah menganalisa data kondisi kawat pemotong, waktu pemotongan secara signifikan dipengaruhi oleh variabel arus dan *wire speed*. Karena apabila menggunakan *wire speed* yang cepat dan arus yang besar, maka dapat membuat media potong (kawat pemotong) dapat putus beberapa kali, yang paling banyak adalah tiga kali putus terdapat pada spesimen dengan arus sebesar 7 ampere dan *wire speed* 12 mm/min. Apabila kawat pemotong mengalami *cut off* maka secara tidak langsung proses permesinan akan terhenti karena kawat pemotong harus *disetting* ulang kembali, dan sudah pasti akan membutuhkan waktu saat kawatnya *disetting* kembali.

Kekasaran permukaan didominasi oleh variasi dari kedua variabel yang diberikan, yaitu kuat arus dan *wire speed*. Semakin lambat *wire speed* yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin besar, dan apabila *wire speed* semakin dinaikkan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin halus. Begitu juga terhadap variabel arus, jika nilai arus yang digunakan terlalu rendah maka nilai kekasaran permukaan akan menjadi semakin kasar, dan jika nilai arus ditambahkan secara bertahap akan membuat nilai kekasaran permukaan dapat semakin halus dan semakin kasar. Hal ini dikarenakan oleh pengaruh kuat arus pada mesin *wire cut* yang masing-masing memiliki perbedaan hasil pemotongan ketika disandingkan dengan variabel *wire speed*, pada kondisi arus yang rendah berpasangan dengan *wire speed* yang rendah dapat menghasilkan nilai kekasaran yang besar atau dengan kata lain menghasilkan permukaan yang kasar, dan ketika besar arus yang digunakan dinaikkan dan dipasangkan dengan *wire speed* yang lambat maka hasil kekasaran permukaan yang didapatkan adalah kasar. Dengan memperhatikan gambar 5, yaitu model kekasaran dalam tampilan 2D, sangat jelas bahwa nilai kekasaran permukaan secara signifikan semakin meningkat pada kondisi arus yang tinggi dan *wire speed* yang tinggi yaitu pada kecepatan 12 mm/min. Hasil penelitian ini juga sudah dikonfirmasi yang mempelajari kekasaran permukaan pada proses EDM bahan AISI 4140 [5] dan Nickel-based Alloy MAR-M247 [6].

Untuk meminimalisir putusnya kawat pemotong dapat diperhatikan pada model waktu pemotongan dalam bentuk 2D. Dimana nilai waktu pemotongan dipengaruhi oleh variabel arus dan *wire speed*. Arus dan *wire speed* yang tinggi dapat membuat waktu pemotongan semakin lama, sedangkan ketika arus dan *wire speed* yang digunakan diturunkan maka waktu pemotongan dapat dipercepat. Arus yang tinggi dapat membuat *thermal* suatu alat potong meningkat dan bisa menyebabkan terjadinya penurunan kualitas mekanik pada kawat pemotong tersebut. Ketika sifat mekanik kawat pemotong berubah dan semakin berkurang maka dapat membuat kekuatan kawat menurun dan melewati batas minimum *wire tension* (tegangan kawat) yaitu sebesar 50 kg/mm^2 , sehingga membuat kawat pemotong terputus. Selain itu, jika *wire speed* yang digunakan juga semakin cepat dapat menyebabkan kawat pemotong terputus, karena terjadinya ketidakseimbangan antara pemakanan yang terjadi dengan kecepatan pergerakan kawat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Variabel arus memberikan pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan roda gigi lurus. Semakin besar arus yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan roda gigi lurus semakin rendah, sebaliknya semakin kecil arus yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan roda gigi lurus semakin tinggi. Besar arus yang sangat cocok digunakan untuk mendapatkan

kekasaran permukaan yang rendah adalah 7 Ampere.

- b. Variabel *wire speed* memberikan pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan roda gigi lurus. Semakin besar nilai *wire speed* yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan roda gigi lurus semakin rendah, sebaliknya semakin kecil nilai *wire speed* yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan semakin tinggi, sehingga *wire speed* yang sangat bagus digunakan dalam membuat roda gigi lurus adalah 10 mm/min.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. C. Jameson, *Electrical discharge machining*. Society of Manufacturing Engineers, 2001.
- [2] B. Bhushan, "Surface roughness analysis and measurement techniques," in *Modern Tribology Handbook: Volume One: Principles of Tribology*, 2000.
- [3] N. Tosun, C. Cogun, and A. Inan, "The effect of cutting parameters on workpiece surface roughness in wire EDM," *Mach. Sci. Technol.*, 2003.
- [4] R. Nur, M. Muas, Apollo, and S. Risal, "Effect of Current and Wire Speed on Surface Roughness in the manufacturing of Straight Gear using Wire-cut EDM Process," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [5] M. A. Hassan, N. S. Mehat, S. Sharif, R. Daud, S. H. Tomadi, and M. S. Reza, "Study of the surface integrity of AISI 4140 steel in wire electrical discharge machining," in *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, 2009, vol. 2.
- [6] E. Uhlmann and D. C. Domingos, "Development and optimization of the die-sinking EDM-technology for machining the nickel-based alloy MAR-M247 for turbine components," in *Procedia CIRP*, 2013.