

The Influence of pulse times to hardness of aluminum 7075 processed by electrical discharge machining

Abu Rizal Firdaus^a, Moch. Syamsul Ma'arif^{a,1}, Redi Bintarto^a, Iis Siti Aisyah^b

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang, 65145

^bProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, 65144

¹syamsulm@ub.ac.id

Abstract. This study examines the hardness of 7075 Aluminum alloy processed by EDM machining as pulse-on and pulse-off times are varied. This study uses Electrical Discharge Machining (EDM) with a C-TEK ZNC 320 Series, and the specimens are tested for hardness using a Rockwell Hardness Tester. The material used is Aluminum 7075. EDM is chosen because it does not require deformation force during machining and is suitable for machining elastic, easy-to-form materials with high thermal conductivity, such as aluminum 7075. The electrode used is copper (Cu) with a diameter of 25.4 mm and a length of 50 mm. The process parameters used are pulse-on times of 50 μ s, 75 μ s, and 100 μ s, and pulse-off times of 4 μ s, 6 μ s, and 9 μ s. The data consist of 9 specimens (cells). The average hardness measurements from experiments 1 and 9 are 28.03 HBR and 50.80 HBR, respectively. Analysis of variance (ANOVA) shows that the calculated F value is 71.55, and the α value at 0.05 is 5.14. The increase in pulse-on and pulse-off times significantly influences surface hardness: a longer pulse-on time produces longer sparks and delivers more heat to the workpiece, thereby increasing hardness. A long pulse-off time will result in prolonged cooling, thereby making the workpiece's surface harder.

Keywords: use-on time, pulse-off time, EDM, hardness, aluminium alloy

Received: September 30, 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/ydapnm85>

PENDAHULUAN

Proses pemesinan nonkonvensional menjadi pilihan yang tepat ketika pembuatan benda kerja dengan proses pemesinan konvensional sulit dilakukan. Salah satu proses pemesinan nonkonvensional yang sering digunakan adalah Electrical Discharge Machining (EDM). Proses ini telah digunakan secara efektif pada pemesinan material yang keras, berkekuatan tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi. Oleh karena itu, proses ini sering digunakan ketika geometri, dimensi, dan toleransi dari benda kerja tidak dapat dicapai dengan proses pemesinan yang lain, seperti proses frais maupun sekrap. EDM sinking merupakan proses pemotongan logam dengan menggunakan erosi yang terjadi karena adanya sejumlah loncatan bunga api listrik. Loncatan bunga api listrik terjadi secara periodik pada celah di antara katoda (benda kerja) dan anoda (pahat) di dalam cairan dielektrik, sehingga membuat EDM sinking mampu melakukan proses pemesinan untuk benda kerja dengan kontur yang kompleks [1].

Dalam proses pemesinan dengan EDM, pelelehan dan penguapan material benda kerja mendominasi proses pengikisan material, dan meninggalkan crater yang tipis pada permukaan benda kerja. Dalam EDM tidak ada proses kontak dan gaya pemotongan antara pahat dan material benda kerja. Hal ini mengakibatkan tidak adanya tegangan mekanis, chatter, dan problem getaran seperti yang pasti terjadi pada proses pemesinan tradisional.

Electrical Discharge Machining (EDM) mempunyai parameter yang memengaruhi kualitas produk, salah satunya adalah pulse-on time dan pulse-off time. Pulse-on time berbanding terbalik dengan pulse-off time, di mana pulse-on time adalah saat terjadinya pelepasan energi, dan pulse-off time adalah saat pelepasan energi tidak terjadi. Tetapi pada hasil nilai kekerasan permukaan akan berbanding lurus, di mana pulse-on time dan pulse-off time semakin lama, maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Aluminium 7075 adalah logam ringan dengan berat sepertiga dari berat baja dan kekuatan sebanding dengan baja, yaitu sebesar 572 MPa. Karena sifat ringan inilah, industri pesawat terbang menggunakan aluminium 7075 untuk material struktur pesawat. Hal ini akan memengaruhi penggunaan bahan bakar sehingga biaya operasional menurun. Kelebihan lain yang dimiliki aluminium 7075 adalah konduktivitas termal yang baik [2].

Berdasarkan uraian di atas, paduan aluminium 7075 dan kekerasan yang dihasilkan dari proses EDM dapat dipengaruhi oleh pulse-on time dan pulse-off time. Oleh karena itu, kekerasan pada permukaan aluminium 7075 yang telah dipengaruhi oleh EDM harus diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pulse-on time dan pulse-off time terhadap kekerasan aluminium 7075 pada proses EDM.

Penelitian ini dilakukan karena penelitian sebelumnya yang menggunakan EDM dengan variabel yang sama menyimpulkan bahwa current dan pulse-on time memberikan pengaruh besar terhadap kekerasan permukaan. Kekerasan permukaan yang besar disebabkan oleh spark (current dan pulse-on time) yang terlalu besar dan lama, sedangkan proses pendinginya (pulse-off time) terlalu cepat. Kekerasan yang kecil disebabkan spark (current dan pulse-on time) yang kecil tetapi pendinginan lambat [3].

Electrical Discharge Machining (EDM)

Electrical Discharge Machine merupakan mesin produksi nonkonvensional yang memanfaatkan proses konversi listrik dan panas, di mana energi listrik digunakan untuk memunculkan loncatan bunga api (spark) dan proses pemakanan material terjadi akibat energi panas yang ditimbulkan dari bunga api tersebut. Proses EDM merupakan proses pengerjaan material yang dilakukan dengan memanfaatkan loncatan bunga api listrik (spark) yang terjadi pada celah di antara elektroda dan benda kerja. Loncatan bunga api tersebut terjadi tidak kontinu, akan tetapi timbul secara periodik terhadap waktu. Dalam EDM tidak ada proses kontak dan gaya pemotongan antara pahat dan material benda kerja. Hal ini mengakibatkan tidak adanya tegangan mekanis, chatter, dan problem getaran seperti yang pasti terjadi pada proses permesinan tradisional. Karena EDM tidak menimbulkan tegangan mekanik selama proses, maka akan menguntungkan manufaktur benda kerja dengan bentuk yang rumit.

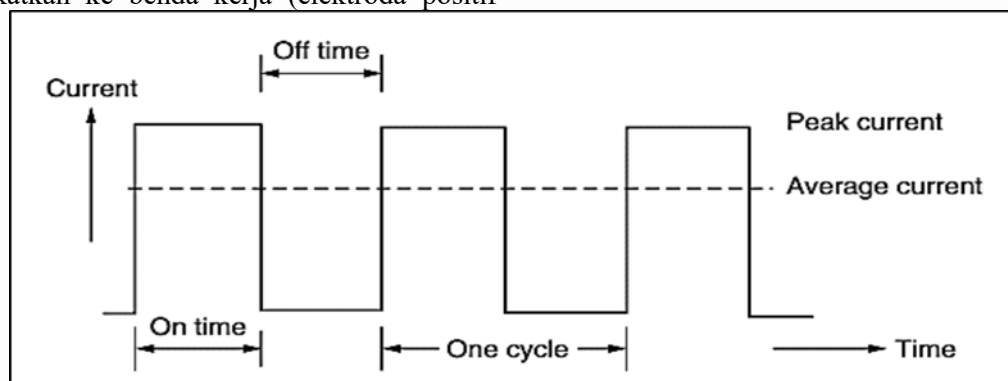
Cara Kerja Electrical Discharge Machining (EDM)

Pada proses awal EDM, elektroda yang berisi tegangan listrik didekatkan ke benda kerja (elektroda positif

mendekati benda kerja/turun). Di antara dua elektroda ada minyak isolasi (tidak menghantarkan arus listrik), yang pada EDM dinamai cairan dielektrik. Walaupun cairan dielektrik adalah sebuah isolator yang bagus, beda potensial listrik yang cukup besar menyebabkan cairan membentuk partikel yang bermuatan, yang menyebabkan tegangan listrik melewatinya dari elektroda ke benda kerja. Adanya grafit dan partikel logam yang tercampur dalam cairan dapat membantu transfer tegangan listrik dalam dua cara: partikel-partikel (konduktor) membantu dalam ionisasi minyak dielektrik dan membawa tegangan listrik secara langsung, serta partikel-partikel dapat mempercepat pembentukan tegangan listrik dari cairan.

Pulse-off Time

Pulse-off Time adalah waktu selama tidak ada pelepasan yang ditampilkan pada Gambar 1. Selama waktu ini, puing-puing akibat percikan dan erosi dikeluarkan dari celah antara benda kerja dan elektroda. Pembilasan memperbaiki kondisi ionisasi, dengan demikian, pemilihan waktu pulse-off time yang tepat menghasilkan pemesinan yang stabil. (Qudeiri :2020). Pulse-off time juga memiliki pengaruh cukup besar terhadap kekerasan permukaan benda kerja. Dengan semakin besar nilai yang dipakai, maka semakin lama pula tidak ada loncatan bunga api listrik yang dilepaskan ke permukaan benda kerja sehingga membuat lapisan benda kerja tidak mengalami perlakuan panas, tetapi akan membuat pendinginan yang lama. Hal ini menyebabkan nilai kekerasan lebih besar.



Gambar 1. Diagram *pulse-on time* dan *pulse-off time* terhadap waktu

Aluminium

Aluminium banyak digunakan dalam dunia industri karena sifatnya yang ringan, ketahanan korosi yang baik, dan mudah dibentuk (Mandala & Siradj, 2016). Pembentukan aluminium biasanya dilakukan dengan cara ditempa, dengan rol, dengan ekstrusi, dan juga dengan menggunakan mesin konvensional maupun

nonkonvensional. Dalam pemanfaatannya, aluminium juga dapat digunakan sebagai cetakan/mold. Biasanya, pembentukan cetakan dari aluminium menggunakan mesin EDM sinking. Hal ini dikarenakan mesin EDM mampu membuat bentuk profil yang rumit dengan ketelitian yang tinggi. Berikut ini merupakan properti aluminium 7075 yang merupakan bahan penelitian.

Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik yang berpengaruh terhadap pemilihan dan penggunaan material untuk kegunaan tertentu. Terdapat beberapa metode pengujian kekerasan yaitu, 1. Metode pengujian dengan penekanan (*indentation method*) dan 2. Metode goresan. Metode pengujian dengan penekanan merupakan pengujian kekerasan terhadap material, di mana kekerasannya ditentukan dengan menganalisis indentasi pada benda uji sebagai reaksi terhadap pembebanan tekan. Pada metode pengujian ini terdapat dua tipe beban yaitu: a. *Minor load*, yaitu beban yang digunakan untuk menentukan posisi dari indenter di permukaan spesimen, serta b. *Major load*, yaitu beban yang digunakan untuk memberikan bekas yang nanti akan diukur untuk menentukan kekerasan. Pengujian ini sendiri dibagi menjadi tiga metode sesuai dengan indenter yang digunakannya, yaitu *Brinell*, *Rockwell*, dan *Vickers*.

Metode berikutnya adalah metode goresan, yang dikenalkan oleh Friedrich Mohs, yang membagi kekerasan material di dunia ini berdasarkan skala (yang kemudian dikenal sebagai skala *Mohs*). Skala ini bervariasi dari nilai 1 untuk kekerasan yang paling rendah, sebagaimana dimiliki oleh material *talca*, hingga skala 10 sebagai nilai kekerasan tertinggi, sebagaimana dimiliki oleh intan.

METODOLOGI

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan metode *experimental research* (penelitian eksperimental), yaitu melakukan pengamatan untuk mengetahui sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga akan didapatkan data tentang bagaimana aluminium 7075 dipengaruhi oleh *pulse-on time* dan *pulse-off time* pada proses pemotongan *Electrical Discharge Machining* (EDM) terhadap kekerasan permukaan pada aluminium. Komposisi kimia aluminium 7075 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia aluminium 7075

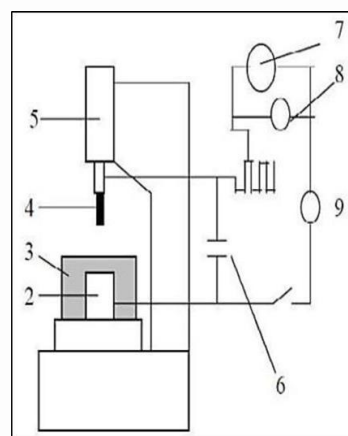
Elemen	Persentase
Si	0,4%
Fe	0,5 %
Cu	1,2%-2,0 %
Mn	0,3 %
Mg	2,1%-2,9 %

Elemen	Persentase
Cr	0,18%-0,28 %
Zn	5.1%-6,1 %
Ti	0,2 %
Al	Balance

Proses pemotongan EDM dalam penelitian ini dilakukan di workshop Teknik Mesin Universitas Negeri Malang, dan pengukuran nilai kekerasan permukaan dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Pada penelitian kali ini terdapat tiga variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pulse-on time* sebesar 50 μ s, 75 μ s, 100 μ s dan *pulse-off time* sebesar 4 μ s, 6 μ s, 9 μ s. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekerasan permukaan pada hasil permesinan EDM. Adapun variabel terkontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda tembaga dengan diameter 25,4 mm dan panjang 50 mm.

Mesin EDM yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin EDM C-TEK model ZNC 320 tahun 2012 dengan skema instalasi mesin sebagai berikut:

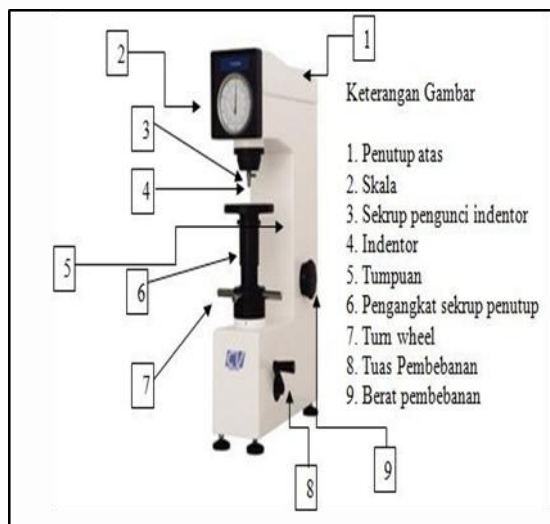


Gambar 2. Skema instalasi mesin EDM

Keterangan:

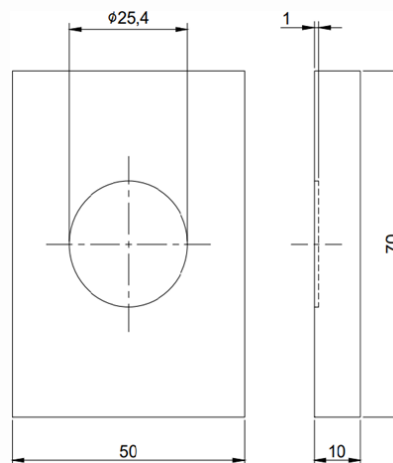
1. Meja mesin EDM *sinking*
2. Cekam benda kerja
3. Cairan dielektrik
4. *Electrode*
5. Kepala mesin EDM *sinking*
6. Kapasitor
7. Generator arus pulsa (amperemeter)
8. Voltmeter
9. *Power supply*

Alat untuk mengukur nilai kekerasan yang digunakan adalah *Rockwell-type hardness tester* seperti di Gambar 3.



Gambar 3 Rockwell type hardness tester

Material yang digunakan adalah aluminium 7075 dengan dimensi 50 mm x 70 mm x 10 mm dengan kedalaman pengerjaan 1 mm. Desain spesimen terlampir pada Gambar 4.



Gambar 4 Dimensi benda kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari spesimen hasil permesinan sesuai dengan variasi yang diberikan, kemudian dilakukan pengukuran untuk memperoleh data yang dihasilkan sehingga dapat mengetahui pengaruh dari variasi yang telah dilakukan. Pengukuran yang telah dilakukan adalah pengujian kekerasan dengan menggunakan alat *Rockwell Hardness Tester* dan setiap variasi dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali sehingga didapatkan nilai rata-rata dari ketiga pengulangan tersebut pada setiap variasi. Dari pengukuran yang telah dilakukan diperoleh data sebagai berikut:

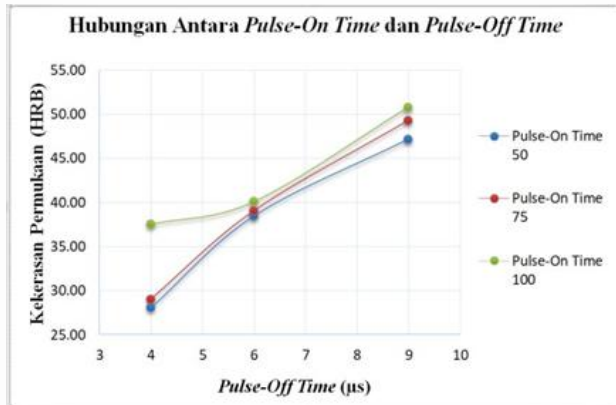
Tabel 2 Data hasil pengujian dan pengukuran kekerasan permukaan

Spesimen	Pulse-on Time (μ s)	Pulse-off Time (μ s)	Kekerasan Permukaan			
			1	2	3	Rata-rata
1.	50	4	26.4	28.4	29.3	28.03
2.	50	6	36	40.8	38.5	38.43
3.	50	9	49.3	46.5	45.7	47.17
4.	75	4	28.6	30.9	27.7	29.07
5.	75	6	36.1	42.5	38.6	39.07
6.	75	9	48.2	48.5	51.3	49.33
7.	100	4	37.3	36.9	38.3	37.50
8.	100	6	37.3	40.6	42.3	40.07
9.	100	9	50.3	50.8	51.3	50.80

Hubungan antara pulse-on time dan pulse-off time terhadap nilai kekerasan permukaan

Berdasarkan grafik hubungan antara *pulse-on time* dan *pulse-off time* terhadap nilai kekerasan permukaan, terlihat pada titik biru bahwa *pulse-on time* 50 μ s dengan *pulse-off time* 4 μ s menghasilkan nilai kekerasan 28.03 HRB; untuk *pulse-on time* 50 μ s dengan *pulse-off time* 6 μ s, nilai kekerasan yang dihasilkan adalah sebesar 38.43 HRB; serta pada *pulse-on time* 50 μ s dengan *pulse-off time* 9 μ s, nilai kekerasan yang dihasilkan adalah sebesar 47.17 HRB.

Pada titik merah, *pulse-on time* 75 μ s dengan *pulse-off time* 4 μ s menghasilkan nilai kekerasan permukaan 29.07 HRB; untuk *pulse-on time* 75 μ s dengan *pulse-off time* 6 μ s, kekerasan permukaan yang dihasilkan adalah 39.07 HRB; serta pada *pulse-on time* 75 μ s dengan *pulse-off time* 9 μ s, nilai kekerasan yang dihasilkan adalah sebesar 49.33 HRB.



Gambar 5. Grafik hubungan antara *pulse-on time* (μ s) dan *pulse-off time* (μ s) terhadap nilai kekerasan permukaan (HRB)

Pada titik hijau, *pulse-on time* 100 μ s dengan *pulse-off time* 4 μ s menghasilkan nilai kekerasan permukaan 37.50 HRB; pada *pulse-on time* 100 μ s dengan *pulse-off time* 6 μ s, kekerasan permukaan yang dihasilkan adalah 40.07 HRB; serta pada *pulse-on time* 100 μ s dengan *pulse-off time* 9 μ s, nilai kekerasan yang dihasilkan adalah sebesar 50.80 HRB.

Grafik tersebut menunjukkan perbedaan nilai kekerasan permukaan (HRB), di mana permukaan paling keras muncul pada *pulse-on time* 100 μ s. Dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai *pulse-on time*, permukaannya akan semakin keras. Pelepasan energi yang dihasilkan oleh *pulse-on time* yang besar menimbulkan percikan api yang semakin lama dan menimbulkan pemanasan pada permukaan benda kerja yang mendapatkan suhu yang tinggi. Hal ini menyebabkan permukaan benda kerja semakin keras.

Hal yang sama terjadi dengan parameter *pulse-off time*, di mana permukaan yang lebih keras muncul ketika *pulse-off time* adalah 9 μ s. Dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai *pulse-off time*, permukaannya akan semakin keras. Waktu-waktu tidak ada pelepasan energi yang dihasilkan oleh *pulse-off time* 9 μ s akan mengakibatkan pendinginan yang lebih lama pada permukaan benda kerja, yang mengakibatkan kekerasan pada benda kerja semakin tinggi.

Di mana nilai kekerasan tertinggi terjadi pada parameter *pulse-on time* 100 μ s dan *pulse-off time* 9 μ s, dapat dijelaskan bahwa *pulse-on time* yang besar menyebabkan pemanasan suhu tinggi, dan diikuti

dengan pendinginan yang lama akibat *pulse-off time* yang besar, yang menyebabkan kekerasan pada permukaan benda kerja tinggi.

Hal ini memberikan pengaruh terhadap parameter proses, di mana *current* dan *pulse-on time* memberikan pengaruh besar terhadap kekerasan permukaan. Kekerasan permukaan yang besar disebabkan oleh *spark* (*current* dan *pulse-on time*) yang terlalu besar dan lama, sedangkan proses pendinginnya (*pulse-on time*) terlalu cepat. Kekerasan yang kecil disebabkan *spark* (*current* dan *pulse-on time*) yang kecil tetapi pendinginan lambat [3].

Heat input sangat berpengaruh terhadap struktur mikro logam. Hal ini terjadi karena arus yang besar akan meningkatkan masukan panas, sehingga memperlambat laju pendinginan. Dapat dijelaskan bahwa *pulse-on time*, yang memberikan lamanya energi panas pada permukaan aluminium, akan berpengaruh pada *heat input* yang dihasilkan, dan *heat input* akan berpengaruh pada *pulse-off time* yang memberikan hasil pendinginan yang berbeda [4].

KESIMPULAN

Pulse-on time dan *pulse-off time* dalam proses EDM berpengaruh pada kekerasan material aluminium 7075. Semakin tinggi nilai *pulse-on time* dan *pulse-off time*, semakin tinggi pula nilai kekerasannya. Hal ini dikarenakan semakin besar durasi pelepasan energi dan tidak adanya pelepasan energi, maka semakin tinggi pula temperatur dan pendinginan yang mengubah nilai kekerasan aluminium 7075. Nilai kekerasan permukaan yang paling kecil terjadi pada parameter *pulse-on time* 50 μ s, *pulse-off time* 4 μ s dengan nilai kekerasan permukaan 28.03 HRB. Sedangkan nilai kekerasan paling besar terjadi pada parameter *pulse-on time* 100 μ s, *pulse-off time* 9 μ s dengan nilai kekerasan permukaan 50.80 HRB.

KONTRIBUSI PENULIS

Abu Risal Firdaus, bertugas untuk mengambil data dan melakukan analisis data. Juga menulis *paper asli*. Moch. Syamsul Ma'arif, bertugas menentukan topik penelitian serta menganalisis data. Juga melakukan supervisi serta menyusun metode. Redi Bintarto menyiapkan spesimen dan menentukan data yang diambil serta menyetel pengujian. Iis Siti Aisyah, bertugas untuk pengolahan data dan *read proof* artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bisono, Rahayu M. 2015. Optimasi Multi-Respons Pada Proses Electrical Discharge Machining (EDM) Sinking Material Baja Perkakas DAC Dengan Menggunakan Metode Taguchi-Grey-Fuzzy. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [2] Budiarti, P. Ilman, M. 2018. Studi Experimental Fatik Korosi Aluminium Paduan 7075-T6 Pada Lingkungan 3,5% NaCl Dengan Inhibitor Na₂CrO₄. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

- ,
- [3] Yuliyanto. 2017. Analisi Kekerasan Permukaan Titanium-6Al-4V Pada Proses EDM Sinking Dengan Aplikasi Response Surface Methodology (RSM). Politeknik Manufaktur Negeri Belitung. Industri Airkantung Sungailiat.
 - [4] Wijoyo. Indriyanto, B. 2016. Pengaruh Masukan Panas (Hest Input) Terhadap Ketangguhan Impak Sambungan Las TIG Al-13, 5Si. Universitas Surakarta. Karanganyar.