

## PENERAPAN LOGARITMA PADA PARAMETER PERMESINAN UNTUK MENENTUKAN KEMUDAHAN PROSES *ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING*

NIDIA LESTARI

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND Yogyakarta

Email: nidianina14@akprind.ac.id

### ABSTRACT

*The ease of machining a work piece by Electrical Discharge Machining (EDM) processes is determined by  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  theory. A method in order to obtain the forecast model which can be used as initial prediction that made the EDM process easier by using an approach between the required energy during machining process and  $\lambda$ ,  $\theta$ , and  $\rho$  variables has been developed in this research. A methods used for establishing the formula is Logarithm-Algebra Operations.*

*The formula chosen in this investigation is generated by Logarithm-Algebra Operations which has  $R^2$  value of 0.7477. This result shows that the percentage of formula effect on value of total energy of discharge pulses ( $E_t$ ) predicted is 74.77%. Material which has the lowest value calculated using  $E \approx \lambda^{0,2156} \cdot \theta^{0,7} \cdot \rho^{0,2537}$  formula is the material that is predicted will be the easiest to be machined so that the suitable electrodes could be determined. The suitable electrodes will reduce the energy needed during machining and the tool electrode wear.*

**Keywords:** *the ease of EDM process, forecast model, Logarithm-Algebra Operations*

### PENDAHULUAN

*Electrical Discharge Machining (EDM)* telah berkembang pada tahun 1943. EDM terkenal dalam hal kemampuannya untuk membuat bentuk kompleks pada logam-logam yang sangat keras. Penggunaan yang umum untuk Mesin EDM adalah dalam pembuatan *dies* perkakas potong dan cetakan (*molds*) yang terbuat dari baja yang telah dikeraskan, *tungsten carbide*, *high speed steel*, dan material lain. Mesin EDM juga dapat memproses ukuran produk yang sangat kecil (*micro machining*) yang tidak mungkin dikerjakan dengan metode konvensional. *Removal material* benda kerja dilakukan oleh loncatan bunga api (*spark*). *Material removal rate*-nya sekitar  $0.3 \text{ cm}^3/\text{min}$  dengan *overcut* 0,020 mm sampai 0,63 mm. Proses permesinan non-konvensional ini tidak ada kontak langsung antara pahat dengan benda kerja, sehingga keausan pahat jadi sangat kecil.

EDM merupakan suatu proses permesinan non-konvensional di mana pelepasan material terjadi karena adanya

loncatan listrik yang melalui *tool electrode* ke benda kerja melalui cairan dielektrik. Keuntungan dari EDM adalah ketidakbergantungnya kekerasan sebuah material benda kerja untuk diproses. Semua material dapat di *machining* selama material tersebut bersifat konduktor, seperti: baja, baja paduan, grafit, material keramik [1,2]. Berdasarkan teori  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  kemudahan proses EDM ditentukan oleh konduktivitas termal ( $\lambda$ ), temperatur titik leleh ( $\theta$ ), dan tahanan listrik sebuah material ( $\rho$ ) [2]. Teori ini lebih baik daripada teori sebelumnya yaitu teori  $\lambda \cdot \theta$  [3-6].

Studi kasus dari penelitian ini adalah menganalisa secara logaritma hubungan antara energy total ( $E_t$ ) dengan teori  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  sehingga didapatkan sebuah persamaan hubungan antara variabel  $\lambda$ ,  $\theta$ , dan  $\rho$  dengan  $E_t$  yang dibutuhkan selama proses EDM dalam kaitannya dengan kemudahan permesinan pada EDM.

**METODE PENELITIAN**

Logaritma adalah operasi aljabar yang merupakan kebalikan dari eksponen atau pemangkatan.

Bentuk pangkat

$$x^a = m \quad \dots\dots\dots (1)$$

Bentuk akar

$$\sqrt[a]{m} = x \quad \dots\dots\dots (2)$$

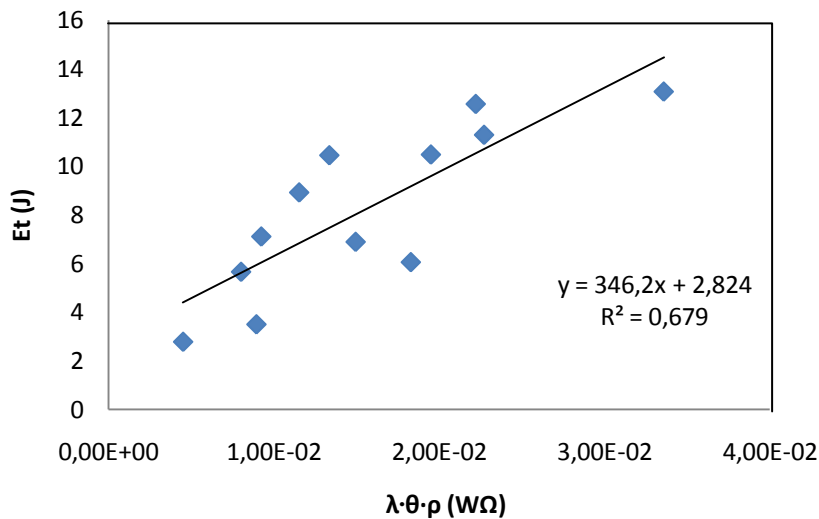
Bentuk Logaritma

$${}^x \log m = a \quad \dots\dots\dots (3)$$

Suku-suku pada ruas kanan pada persamaan 1, 2, dan 3 menunjukkan bilangan yang dicari atau hendak dihitung pada masing-masing bentuk. Persamaan yang dibentuk dapat diselesaikan dengan mengikuti kaidah-kaidah logaritma

Langkah-langkah analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mencari kaidah logaritma yang sesuai untuk melakukan operasi matematika terhadap variabel  $\lambda$ ,  $\theta$ ,  $\rho$ , dan  $E_t$ .
2. Menghitung nilai energi ideal pada gambar 1 dari persamaan garis pada grafik data percobaan E versus teori  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$ .
3. Nilai  $E_t$  ideal digunakan dalam perhitungan logaritma.
4. Operasi aljabar logaritma dilakukan dengan mensubstitusi dan eliminasi persamaan untuk mendapatkan konstanta di mana konstanta tersebut merupakan pangkat dari variabel  $\lambda$ ,  $\theta$ ,  $\rho$ .



Gambar 1. Hasil korelasi teori  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  antara Energi dengan  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  [2]

Ada 12 jenis material uji yang digunakan: aluminium (AL), brass (Br), cooper (Cu), steel (Fe), molybdenum (Mo), nickel (Ni), platinum (Pt), silver (Ag), stainless steel (SS), tantalum (Ta), titanium (Ti), tungsten (W). Diameter benda kerja 300  $\mu\text{m}$ . Tungsten-silver (Ag-W) dengan dimensi 10 mm  $\times$  10 mm  $\times$  1,2 mm sebagai tool electrode nya. Ag-W digunakan karena ketahanannya dan

banyak digunakan di industri. Melting point nya 3683 K, thermal conductivity 160 W/m.K dan electrical resistivity 3.52  $\times 10^{-6}$  ohm.cm. Kedalaman potong permesinan 100  $\mu\text{m}$ , dengan tegangan 110 V, kapasitansi 3300 pf dan feed rate 5  $\mu\text{m/s}$ .

Teori  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  digunakan dalam menentukan sulit atau mudahnya suatu material diproses dengan EDM dan

energi (E) yang digunakan dalam memproses benda kerja dinyatakan dalam hubungan:

$$E \approx \lambda \cdot \theta \cdot \rho \dots\dots\dots (4)$$

semakin kecil hasil nilai  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  suatu material maka semakin kecil energi yang dibutuhkan untuk memproses material tersebut.

Kaidah Logaritma yang digunakan:

$${}^x \log mn = {}^x \log m + {}^x \log n \dots\dots\dots (5)$$

$${}^x \log m^a = a {}^x \log m \dots\dots\dots (6)$$

Sehingga, jika persamaan (4) diselesaikan dengan metode operasi aljabar logaritma, maka persamaan logaritma-nya ditulis sebagai berikut:

$$E \approx \lambda^a \cdot \theta^b \cdot \rho^c \dots\dots\dots (4)$$

Nilai  $E_t$  ideal digunakan dalam perhitungan logaritma pada persamaan (4) sehingga diperoleh nilai a, b, dan c.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

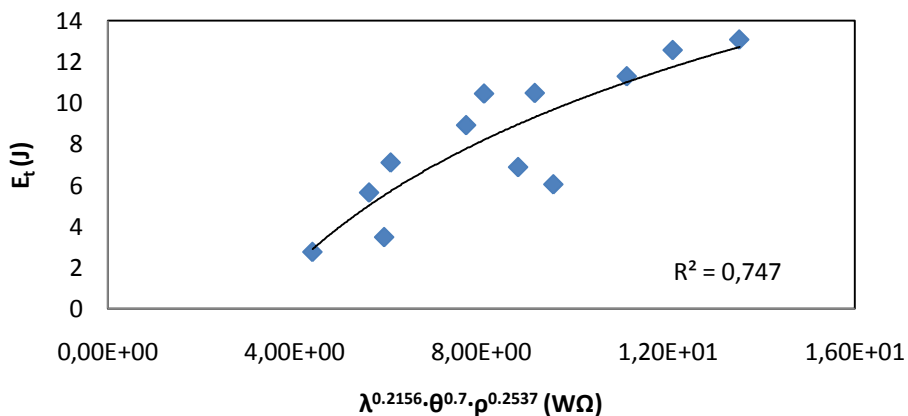
*Forecast model* teori  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  dilakukan dengan menggunakan kaidah logaritma. Analisis dengan menggunakan

penyelesaian matematika dasar seperti logaritma, bisa digunakan untuk mengembangkan formula baru.

$$E \approx \lambda^{0,2156} \cdot \theta^{0,7} \cdot \rho^{0,2537} \dots\dots\dots(5)$$

Formula pada persamaan (5) merupakan pendekatan nilai E dengan variabel  $\lambda$ ,  $\theta$ , dan  $\rho$ . Operasi aljabar logaritma memberikan variabel berpangkat yang ideal untuk mendistribusikan nilai masing-masing variabel tersebut terhadap energi. Nilai dari pangkat masing-masing variabel dipengaruhi oleh seberapa besar pengaruh nilai variabel tersebut terhadap nilai energi sehingga dapat mengkontribusikan diri bersama variabel lainnya untuk dapat membentuk nilai mendekati energi (ruas kiri).

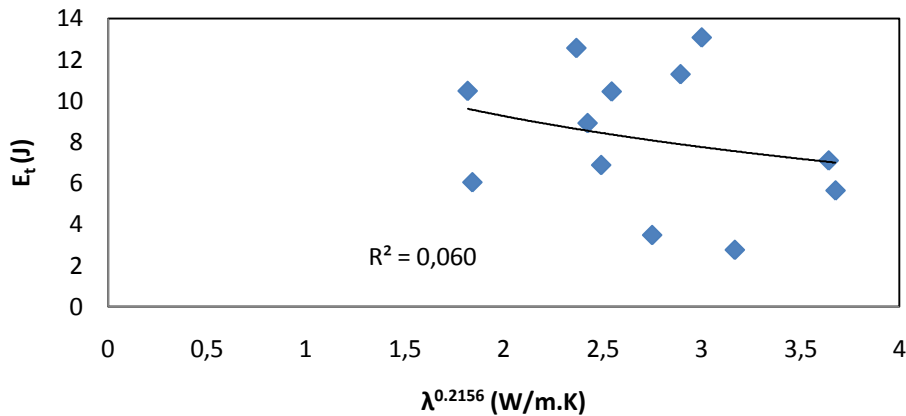
Persamaan (5) dianalisa dengan menggunakan metode regresi untuk melihat keterkaitannya dengan *total energy of discharge pulse*. Jenis *trendline* yang dipilih berdasarkan penyebaran data adalah logaritmik. Gambar 2 menunjukkan nilai koefisien korelasi operasi aljabar logaritma antara Energi dengan  $\lambda^{0,2156} \cdot \theta^{0,7} \cdot \rho^{0,2537}$  bernilai 0,7477. Nilai tersebut lebih baik dari teori  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  yaitu 0,6794.



Gambar 2. Hasil korelasi operasi aljabar logaritma antara Energi dengan  $\lambda^{0,2156} \cdot \theta^{0,7} \cdot \rho^{0,2537}$

Penerapan formula persamaan (5) pada setiap variabel yang dijadikan

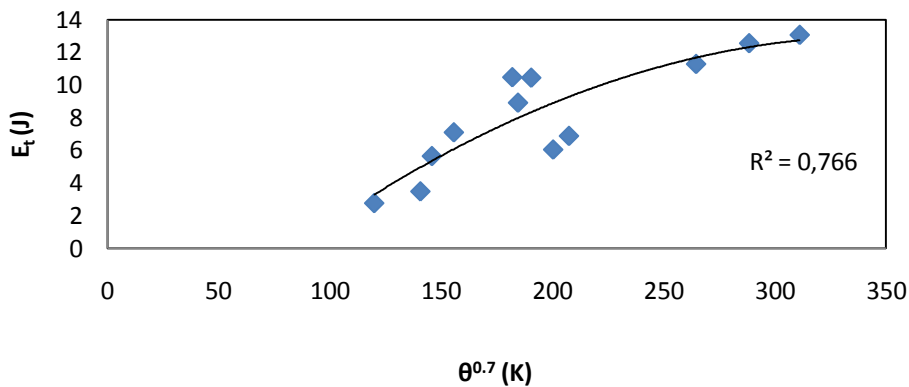
parameter, dapat dilihat pada gambar 3, 4, dan 7



Gambar 3. Hasil korelasi operasi aljabar logaritma antara  $\lambda^{0,2156}$  dengan energi.

Nilai koefisien korelasi antara  $\lambda$  dengan energi yang ditunjukkan gambar 4.6 bernilai 0,0602. Nilai ini lebih rendah

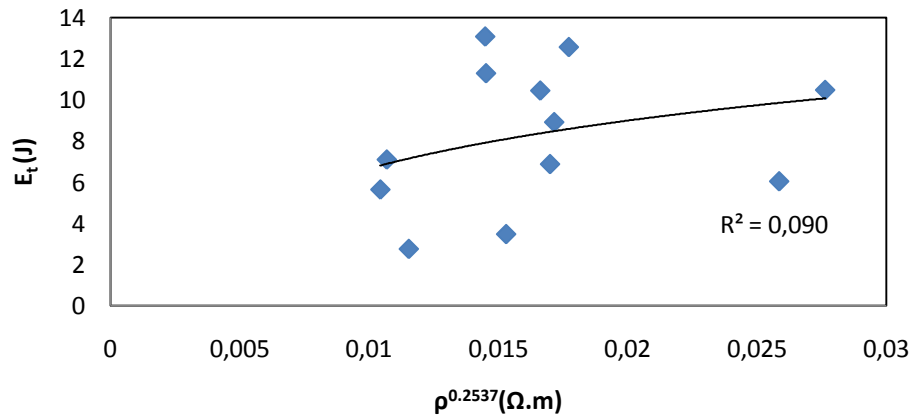
dibandingkan yang didapat dengan teori  $\lambda \cdot \theta \cdot \rho$  yaitu 0,0997.



Gambar 4. Hasil korelasi operasi aljabar logaritma antara  $\theta^{0,7}$  dengan energi.

Gambar 4 memberikan informasi nilai koefisien korelasi antara *melting point* dengan energi menggunakan operasi aljabar logaritma adalah sebesar 0,7662. Hal ini menunjukkan bahwa ada keterkaitan yang erat antara *melting point*

dengan energi yang dibutuhkan pada proses permesinan EDM. Gambar 7 menunjukkan nilai koefisien korelasi antara  $\rho$  dengan energi menggunakan operasi aljabar logaritma yang bernilai 0,090.



Gambar 7. Hasil korelasi operasi aljabar logaritma antara  $\rho^{0,2537}$  dengan energi.

## KESIMPULAN

Dari operasi aljabar logaritma yang telah dilakukan, diperoleh *forecast model* antara variabel  $\lambda$ ,  $\theta$ , dan  $\rho$  dengan  $E_t$  yang dibutuhkan selama proses EDM dalam kaitannya dengan kemudahan permesinan pada EDM.

Nilai koefisien korelasi operasi aljabar logaritma antara Energi dengan  $\lambda^{0,2156} \cdot \theta^{0,7} \cdot \rho^{0,2537}$  bernilai 0,7477. Nilai tersebut menunjukkan bahwa formula tersebut bisa digunakan sebagai prediksi awal besarnya energi yang dibutuhkan suatu material untuk diproses dengan *Electrical Discharge Machining*. Dengan memilih material yang tepat akan dapat mengurangi biaya produksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Berghausen, P.E., Brettschneider, H.D., Davis, M.F., 1963, Electro Discharge Machining Program, The Cincinnati Milling Machine Co., Document AD0423199 for the US Department of Commerce.
- [2] Ho, K.H., Newman, S.T., 2003, State of the Art Electrical Discharge Machining (EDM), *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 43, pp. 1287-1300.
- [3] Mahardika, M., Tsujimoto, T., Mitsui, K., 2008, A New Approach on the Determination of Ease of Machining by EDM Processes, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 48, pp. 746-760.
- [4] Mohri, N., Fukusima, Y., Fukuzawa, Y., Tani, T., Saito, N., 2003, Layer Generation Process on Work-Piece in Electrical Discharge Machining, *Annals of the CIRP*, Vol. 52/1, pp. 157-160.
- [5] Mohri, N., Fukuzawa, Y., Tani, T., Sata, T., 2002, Some Considerations to Machining Characteristics of Insulating Ceramics, *Annals of the CIRP*, Vol. 51/1, pp. 161-164.
- [6] Mohri, N., Suzuki, M., Furuya, M., Saito, N., 1995, Electrode Wear Process in Electrical Discharge Machining, *Annals of the CIRP*, Vol. 44/1, pp. 165-168.