

# STUDI PENGARUH MINYAK KELAPA SEBAGAI FLUIDA DIELEKTRIK ALTERNATIF TERHADAP KINERJA EDM *DIE SINKING* PADA BENDA KERJA AISI P21

Tjun Mahsunadi<sup>(1)</sup> dan Sigit Yoewono<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Unit Sosio Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung,

Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung 40135

Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649

Email : [cun\\_sunadi@yahoo.com](mailto:cun_sunadi@yahoo.com)

<sup>(2)</sup>Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung,

Jl. Ganesa No 10, Bandung 40132

Phone/Fax : 022. 250 4243 / 253 4099

## Abstrak

Akhir-akhir ini harga bahan bakar minyak (BBM) dunia melambung tinggi dan berdampak pada masyarakat Indonesia, walaupun pemerintah sudah lebih dini mengantisipasinya dengan sosialisasi penggunaan gas untuk mengurangi penggunaan BBM. Pengetahuan dan kesadaran masyarakat tentang kesehatan semakin meningkat serta perhatian terhadap dampak lingkungan hidup akibat perkembangan industri dengan meningkatnya penggunaan BBM. Hal tersebut merupakan peringatan bagi pihak industri dan konsumen lainnya untuk segera mengurangi penggunaan energi berbasis minyak mineral dan beralih pada bahan yang ramah lingkungan.

EDM *Die Sinking* pada umumnya menggunakan fluida dielektrik yang berasal dari BBM seperti minyak tanah, oli, dsb. Untuk mengganti BBM sebagai fluida dielektrik telah dilakukan percobaan menggunakan minyak kelapa. Pengaruh minyak kelapa sebagai fluida dielektrik alternatif terhadap karakteristik kinerja EDM *Die Sinking* telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Agar dapat digunakan lebih luas sebagai fluida dielektrik standar dituntut lebih banyak pengujian melalui eksperimen.

Dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh minyak kelapa terhadap kinerja EDM *Die Sinking* untuk pemesinan benda kerja AISI P21. Eksperimen dilakukan menggunakan fluida dielektrik minyak kelapa dan minyak tanah dengan menggunakan elektroda grafit. Sebagai respons kinerja proses yang dihasilkan adalah MRR (*Material Removal Rate*) dan SR (*Surface Roughness*) benda kerja.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan menggunakan elektroda grafit, maka minyak kelapa menghasilkan MRR dan SR benda kerja yang lebih besar daripada minyak tanah. Dengan demikian minyak kelapa cocok untuk digunakan pada proses pemotongan kasar.

**Keywords:** EDM, coconut oil, material removal rate, surface roughness

## NOMENCLATURE :

EDM : *Electrical discharged machining*

$V_o$  : *Tegangan(V)*

$T_{on}$  : *Pulse on time( $\mu s$ )*

$T_{off}$  : *Pulseofftime( $\mu s$ )*

Gr : *Graphit*

$I_p$  : *Arus (A)*

MRR : *Material removal rate (gram.min<sup>-1</sup>)*

SR : *Surface roughness( $\mu m$ )*

Ra : *Average surface roughness ( $\mu m$ )*

## 1. Pendahuluan

Aspek yang merangsang pengembangan teknik dan proses manufaktur adalah kebutuhan untuk ketelitian dimensi, meningkatnya kualitas pengerjaan dan kualitas permukaan benda kerja. Disamping itu, faktor yang penting pula, adalah tuntutan untuk menciptakan metode pengerjaan yang tidak berbahaya bagi

kesehatan operator dan ramah bagi lingkungan [1]. Keunggulan minyak berbasis mineral dalam aspek kinerja pengerjaan cukup baik dibandingkan dengan gas namun mudah terbakar, merusak lingkungan dan saat ini harganya fluktuatif dan mahal. Berkembangnya industri manufaktur, dengan sendirinya membutuhkan minyak untuk

kegiatan operasional terutama sebagai fluida pelumas dan pendinginan mesin. Kebanyakan jenis minyak komersial untuk operasional mesin industri berbasis minyak mineral, karena mempunyai beberapa keuntungan yaitu meningkatkan produktifitas dan kualitas operasi selama proses produksi maupun pendinginan produk. Demikian pula kebutuhan akan fluida pemotong (*cutting fluid*) juga meningkat. Meskipun fluida pemotong digunakan secara luas di industri, para pengguna berharap agar ada jaminan kesehatan bagi operator selama proses produksi berlangsung. Minyak berbasis mineral harus higienis dan harus ramah lingkungan. Beberapa literatur menyatakan bahwa sekitar 80% dari semua penyakit yang timbul akibat pekerjaan operator disebabkan oleh kontak fluida pemotong dengan kulit [2-6]. Menurut perkiraan, di Amerika Serikat ada sekitar 700.000 sampai 1 juta operasi mesin menggunakan fluida pemotong dapat menyebabkan iritasi atau alergi [7]. Bakteri dan jamur yang larut dalam fluida pemotong dapat menghasilkan toksin mikroba yang sangat berbahaya bagi operator [8]. Untuk mengatasi masalah tersebut, dicoba berbagai alternatif pemakaian pelumas sintesis, pelumas padat, gas dan pelumas berbasis tumbuhan (minyak jarak, kedelai dan lain-lain).

Pada pengoperasian mesin EDM, minyak berfungsi sebagai fluida dielektrik dan isolator. Fluida dielektrik komersial kebanyakan berbasis minyak mineral seperti juga fluida pemotong. Fluida yang umum digunakan pada EDM *Die Sinking* adalah minyak tanah. Berbagai literatur hasil penelitian menyatakan bahwa pengerjaan logam, dengan fluida berbasis organik yang alami yaitu minyak nabati (*vegetable oil*), dapat menjadi modus pengerjaan ramah lingkungan dengan kinerja yang diperoleh sama dengan menggunakan fluida berbasis minyak mineral dalam pengerjaan logam [9]. Fluida dielektrik digunakan dalam EDM memiliki karakteristik kekuatan dielektrik tinggi, pendinginan efektif, kemampuan pembilasan dan sifat fluiditas yang baik. *Material Removal Rate* (MRR) dipengaruhi oleh jenis dielektrik dan metode pembilasan [10]. Berbagai jenis pembilasan dapat dilakukan, yaitu pembilasan injeksi, pembilasan hisap, pembilasan sisi dan pembilasan dengan memompa dielektrik [11]. Menurut Lonardo dan Bruzzone bahwa

pembilasan selama operasi pemotongan kasar akan mempengaruhi MRR, sedangkan dalam operasi penghalusan/akhir, dapat mempengaruhi *Surface Roughness* (SR) [12]. Dalam pembilasan digunakan fluida dielektrik senyawa hidrokarbon atau air. Air deionisasi digunakan untuk EDM *Wire Cut* dan untuk EDM *Die Sinking* presisi tinggi karena viskositas rendah dan bebas karakteristik karbon. Fluida dielektrik melalui celah antara kedua elektroda (benda kerja dan pahat) untuk menghilangkan kotoran gas dan padat selama proses pemesinan dan untuk mempertahankan suhu fluida dielektrik sehingga berfungsi pula sebagai pendingin.

Penelitian dalam pengembangan EDM bermaksud agar fluida dielektrik berbasis organik diganti dengan air murni atau larutan konsentrasi air yang rendah [7]. Beberapa larutan konsentrasi air yang rendah adalah minyak kedelai, minyak kacang, minyak bunga matahari, minyak kelapa, minyak zaitun, minyak sawit dan ekstrak minyak dari biji *Moringa oleifera*. Minyak kelapa, dinyatakan sebagai fluida dielektrik alternatif pengganti minyak mineral dan ramah lingkungan [13-15]. Pemilihan minyak kelapa sebagai fluida dielektrik pada EDM *Die Sinking* karena minyak kelapa mudah didapat dan ramah lingkungan. Namun belum banyak dilakukan kajian lanjut sebagai fluida dielektrik EDM. Penelitian mengenai penggunaan minyak kelapa sebagai fluida dielektrik telah dilakukan di beberapa negara tropis seperti India, Sri Lanka, Malaysia dan Indonesia. Agar dapat digunakan sebagai fluida dielektrik standar, perlu kajian lebih banyak lagi melalui eksperimen.

Walaupun saat ini minyak tanah lebih murah dibandingkan dengan minyak kelapa namun minyak tanah sudah mulai langka, sejak pemerintah Republik Indonesia mensosialisasikan penggunaan gas sebagai bahan bakar. Dengan meningkatnya harga minyak mineral dunia, maka tidak ada alternatif lain selain mencari sumber energi lain diluar minyak mineral atau energi terbarukan yang ramah lingkungan.

Fluida dielektrik mempunyai peranan penting selama operasi pengerjaan EDM. Kinerja proses pengerjaan sangat dipengaruhi oleh sifat fluida dielektrik yang digunakan. Jadi, jenis fluida dielektrik tersebut akan

mempengaruhi kinerja proses pemesinan EDM Die Sinking, yaitu:

- MRR (*Material Removal Rate*) yaitu kecepatan penghasilan geram benda kerja.
- TWR (*Tool Wear Rate*) yaitu kecepatan keausan elektroda.
- VR (*Volumetric Relative*) yaitu perbandingan antara TWR dan MRR.
- SR (*Surface Roughness*) yaitu kekasaran permukaan benda kerja.

Optimasi kinerja EDM yang diinginkan adalah nilai MRR yang tinggi, nilai TWR dan VR yang rendah dan nilai SR yang rendah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh fluida dielektrik minyak kelapa dengan menggunakan elektroda grafit terhadap kinerja proses pemesinan EDM, yaitu: MRR dan SR benda kerja.

## 2. Prosedur Eksperimen

2.1 Peralatan EDM dan parameter pemesinan Mesin perkakas yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mesin EDM *Die Sinking*, 4-LC(Charmilles Technologies SA) yang ada di laboratorium Teknik Manufaktur Negeri Bandung, dengan modifikasi tanki fluida dielektrik dan pembilasan memakai pompa.

Fluida dielektrik adalah minyak kelapa dan minyak tanah sebagai pembanding. Sifat-sifat dielektrik minyak kelapa dan minyak dielektrik standar ditampilkan pada tabel 1. Elektroda yang digunakan adalah grafit dengan diameter 10 mm dan panjang 20 mm. Berat jenis grafit 0.0017 gr/mm<sup>3</sup>. Parameter proses pemesinan yang dipilih adalah: Tegangan  $V_o = 100$  V, Arus ( $I_p$ ) = 1 A, pulse on-time( $T_{on}$ ) = 1  $\mu$ s dan pulse off-time( $T_{off}$ ) = 1  $\mu$ s. Polaritas yang dipilih adalah normal (elektroda negatif, benda kerja positif), dan waktu pengerjaan 60 menit setiap eksperimen.

Tabel 1. Sifat-sifat dielektrik minyak kelapa dan dielektrik minyak standar [14]

Property	Coconut oil / minyak kelapa	Standar oil (IEC296)
Dielectric Strength(kV)	60	50
Pour Point(°C)	20	-40
Flash Point(°C)	170 - 225	154
Moisture Content(mg/kg)	1.0	1.5
Viscosity(cSt) at 40°C	29	13
Density(kg/dm <sup>3</sup> ) at 20°C	0.917	0.897

Tabel 2. Komposisi kimia baja AISI P21

Nama unsur paduan AISI P21	Prosentase
C	0.1-0.15
Si	0.15-1.0
Mn	1.0-2.0
Ni	2.50-3.50
Cu	0.70-1.50
Mo	0.10-0.40

## 2.2 Spesimen benda kerja

Spesimen benda kerja memakai material baja perkakas AISI P21, dengan ukuran 20 mm x 18 mm x 10 mm sebanyak 2 buah. Komposisi kimia AISI P21 dapat dilihat pada tabel 2.

## 2.3 Instrumen pengukur

Instrumen pengukur yang digunakan adalah:

- Vernier Caliper* digital digunakan untuk mengukur dimensi benda kerja dan elektroda, kecermatan mencapai 0.001 mm.
- Alat timbang merek *Electronic Scale TH-500*, kapasitas 500 gram dengan kecermatan 0.1 gram untuk mengukur massa benda kerja dan elektroda sebelum dan sesudah eksperimen.
- Alat pengukur kekasaran permukaan benda kerja adalah Mitutoyo SJ-301 *Surface roughness*.

## 2.4 Menghitung MRR dan mengukur SR benda kerja

### 2.4.1 Menghitung MRR

Persamaan untuk menghitung MRR adalah sebagai berikut.

$$MRR = (M_a - M_b) / t_m \quad [\text{gram.menit}^{-1}] \quad (1)$$

dimana :

$M_a$  : massa benda kerja sebelum diproses EDM [gram]

$M_b$  : massa benda kerja setelah diproses EDM [gram]

$t_m$  : waktu proses pengerjaan [menit]

### 2.4.2 Mengukur SR

Kekasaran permukaan diukur menggunakan SJ-301 *Surface Roughness Tester*. Permukaan kekasaran masing-masing sampel diukur pada tiga posisi yang berbeda yaitu, kiri, tengah, dan kanan.

## 2.5 Prosedur dan hasil eksperimen

### 2.5.1 Prosedur eksperimen

Eksperimen untuk mengkaji pengaruh minyak kelapa sebagai fluida dielektrik alternatif terhadap kinerja EDM die sinking pada benda

kerja AISI P21, dilakukan dengan dua kali eksperimen: yaitu

1. Eksperimen pertama menggunakan dielektrik minyak tanah, benda kerja dari baja perkakas AISI P21 yang telah ditimbang massanya. Elektroda grafit, parameter proses yang dipilih, polaritas elektroda negatif, benda kerja positif dan waktu proses 60 menit. Tanki EDM yang telah dimodifikasi diisi 5 liter dielektrik minyak tanah. Posisi benda kerja dan elektroda grafit diatur harus terendam dalam cairan dielektrik. Proses dimulai dengan menghidupkan parameter proses yang telah dipilih, pada panel EDM yaitu arus  $I_p$ ,  $V_o$ ,  $T_{on}$ ,  $T_{off}$ , dan waktu proses. Bersamaan dengan itu juga pompa pembilasan dihidupkan. Selesai eksperimen pertama, selama 60 menit, benda kerja dan elektroda dilepas. Tanki dikuras dan dibersihkan.
2. Eksperimen kedua menggunakan dielektrik minyak kelapa. Pengaturan posisi benda kerja baja perkakas AISI P21, yang telah diukur massanya dan elektroda grafit, parameter proses, polaritas dan waktu proses sama dengan eksperimen pertama. Setelah tanki diisi dielektrik minyak kelapa sebanyak 5 liter, pengaturan posisi benda kerja dan elektroda grafit yang baru, sama seperti eksperimen pertama. Proses input dan pompa pembilasan dihidupkan dengan waktu proses sama dengan eksperimen pertama.

Hasil kedua eksperimen, setelah ditimbang massanya, dihitung masing-masing besarnya MRR. Demikian pula kekasaran permukaan benda kerja ditentukan dengan alat Mitutoyo SJ-301 *Surface roughness tester* dan ditabulasikan.

### 3. Hasil Eksperimen

#### 3.1 Hasil Eksperimen.

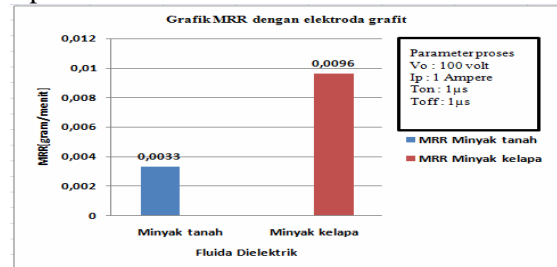
Data hasil eksperimen dapat dilihat pada tabel 3 :

Tahap	Dielektrik(5 liter)	Massa benda kerja(gram/menit)		MRR	SR
		Sebelum EDM	Setelah EDM		
Eksperimen-1	Minyak tanah	26.9	26.70	0.0033	1.55
Eksperimen-2	Minyak kelapa	27.1	26.42	0.0096	11.9

#### 3.2 Hasil MRR dan pembahasan

Hasil dari eksperimen menunjukkan bahwa MRR dengan fluida minyak tanah menghasilkan MRR 0.0033 gram/menit,

sedangkan pada eksperimen kedua dengan fluida minyak kelapa menghasilkan MRR 0.0096 gram/menit seperti diperlihatkan pada gambar 1. Dengan demikian maka MRR yang dihasilkan fluida dielektrik minyak kelapa lebih besar dibandingkan dengan hasil MRR dengan dielektrik minyak tanah. Hal ini menunjukkan bahwa fluida minyak kelapa lebih produktif dibandingkan dengan fluida minyak tanah pada parameter proses yang dipilih.



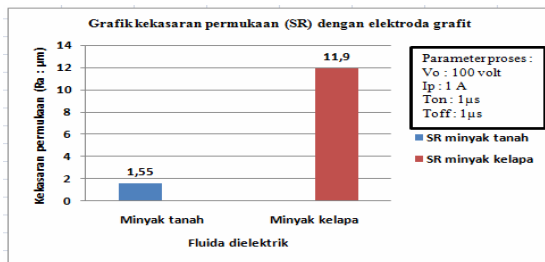
Gambar 1. Perbandingan MRR antara dielektrik minyak kelapa dan minyak tanah

Dengan hasil eksperimen tersebut, minyak kelapa sangat menguntungkan sebagai fluida dielektrik selain menghasilkan MRR yang lebih tinggi juga ramah lingkungan dan banyak tersedia di Indonesia.

#### 3.3 Hasil SR dan pembahasan

Kekasaran permukaan benda kerja (SR) yang dihasilkan dengan menggunakan fluida dielektrik minyak tanah sebesar  $R_a = 1.55 \mu\text{m}$ , sedangkan menggunakan fluida dielektrik minyak kelapa menghasilkan  $R_a = 11.9 \mu\text{m}$ . Jadi SR yang dihasilkan menggunakan dielektrik minyak kelapa lebih besar dibandingkan dengan SR menggunakan dielektrik minyak tanah. Hasil kedua eksperimen ditampilkan dalam grafik pada gambar 2, dengan parameter input yang dipilih. Dengan hasil eksperimen yang telah dilakukan maka minyak kelapa cocok digunakan untuk pengerjaan kasar pada EDM *die sinking* dengan parameter input (tegangan  $V_o = 100 \text{ V}$ , Arus  $I_p = 1 \text{ A}$ , pulsa on-time  $T_{on} = 1 \mu\text{s}$  dan pulsa off-time  $T_{off} = 1 \mu\text{s}$ ). Pengaruh parameter input akan dapat diprediksi lebih lanjut. Berdasarkan beberapa literatur bahwa MRR dan SR meningkat jika tegangan  $V_o$  meningkat[16]. Dengan arus yang besar akan meningkatkan MRR tapi mengurangi kekasaran permukaan. Dengan menggunakan elektroda grafit, maka arus harus tinggi, dan hasilnya tidak mengalami kerusakan. MRR

berbanding lurus dengan energi yang diterapkan selama on-time.



Gambar 2. Perbandingan SR antara dielektrik minyak kelapa dan minyak tanah

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil kedua eksperimen, dapat dilihat bahwa pengaruh minyak kelapa terhadap kinerja EDM *die sinking* yaitu MRR dan SR, dengan parameter input tegangan  $V_o = 100$  V, Arus  $I_p = 1$  A, pulsa *on-time*  $T_{on} = 1$   $\mu$ s dan pulsa *off-time*  $T_{off} = 1$   $\mu$ s, elektroda grafit dan polaritas elektroda negatif, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Bahwa MRR yang dihasilkan dengan menggunakan fluida dielektrik minyak kelapa, lebih produktif (291%) dibandingkan dengan dielektrik minyak tanah.
- Bahwa SR yang dihasilkan dengan menggunakan dielektrik minyak kelapa, jauh lebih besar (768%), dibandingkan dengan menggunakan dielektrik minyak tanah. Hal ini berarti dengan menggunakan dielektrik minyak kelapa hasilnya lebih kasar dibandingkan dengan memakai dielektrik minyak tanah.
- Dielektrik minyak kelapa cocok untuk proses pengerjaan kasar pada EDM *die sinking*.
- Hasil eksperimen tersebut merupakan respons positif yang menguntungkan karena dielektrik minyak kelapa merupakan dielektrik yang ramah lingkungan yang dapat menjadi pertimbangan sebagai dielektrik alternatif.
- Agar lebih dikenal luas dikalangan industri dan dapat menjadi dielektrik standar, dibutuhkan banyak eksperimen. Dengan demikian dapat dijadikan acuan untuk

menjadi dielektrik alternatif pengganti minyak berbasis mineral.

- Untuk dapat menganalisis MRR terhadap pengaruh parameter proses lebih luas, maka datanya harus bervariasi misalnya arus 1 A, 1.5 A dan seterusnya begitu pula durasi pulsa(*on-time*), interval pulsa(*off-time*) juga harus bervariasi.

Rencana penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

Untuk pengembangan lebih lanjut pengaruh minyak kelapa terhadap kinerja proses EDM terutama dalam hal MRR dan SR akan dilakukan polaritas elektroda positif dan benda kerja negatif serta parameter proses tetap. Demikian pula penggunaan elektroda grafit dan tembaga serta variasi parameter input dapat dilakukan. Dengan demikian dapat diketahui kinerja antara kedua elektroda serta variasi parameter input pada fluida dielektrik minyak kelapa.

#### Daftar Pustaka

- Weinert, K., Inasaki, I., Sutherland, J. W. and Wakabayashi, T., "Machining and Minimum Quantity Lubrication", *CIRP Annals, Manufacturing Technology*, Vol.53, Issue 2, (2004), pp. 511-537.
- E.O. Bennett, E.O., "Water based cutting fluids and human health", *Tribol.Int.*, (1983), pp. 45-60.
- HSE, "Health Surveillance Occupational Skin Diseases", MS 24, HSE Books, (1991), London.
- HSE, "Medical Aspects of Occupational Asthma", MS 25, HSE Books, (1991), London.
- HSE, "Health Risk from metalworking fluids-aspect of Good Machine Design", IND (G) 167 L, HSE Books, (1994), London.
- HSE, "Metalworking Fluids(MWFs)Exposure Assesment", EH74/4, HSE Books, (2000), London.
- Korde, V. M., Phelps, T. J., Bienkowski, P.R. and White, D. C., "Biodegradation of chlorinated aliphatics and aromatic compounds in total-recycle expanded- bed reactors", *Appl. Biochem, Biotechnol.*, 45/46, (1993), pp. 731-740.
- Zeman A., Sprengel, A., D Niedermeier D., and Spath, M., "Biodegradable lubricants-

- studies on thermooxidation of metal-working fluids by differential scanning calorimetry (DSC)", *Thermochim. Acta*, 268, (1995), pp. 9-15.
- [9] Leao, F. N. and Pashby, I. R., "A review on the use on environmentally-friendly dielectric fluids in electrical discharge machining", *Journal of Material Processing Technology*, Vol. 149, Issues 1-3, (2004), pp. 341-346.
- [10] Van Tri, N. "Electrical Discharge Machining of Aluminum Alloy Using Classical Design of Experiment Approach", Master Thesis, (2002), Universiti Teknologi Malaysia.
- [11] Sommer, C., "Non-traditional machining handbook", First edition, Advance Publishing, (2000), Houston.
- [12] Lonardo, P.M. and Bruzzone. A.A., "Effect of flushing and electrode material on die sinking EDM", *Ann. CIRP*, Vol. 48, No. 1, (1999), pp. 123- 126.
- [13] Lawal, S.A., Choudhury, L.A., and Y. Nukman' Y., "Application of vegetable oli-based metalworking fluids in machining ferrous metal-A review", *International Journal of Machine tool and Manufacture*, January 2012, Journal homepage : [www.Elsevier.com/locate/ijmactool](http://www.Elsevier.com/locate/ijmactool).
- [14] D.C. Abeysundara\*, C. Weerakoon\* and J R Lucas\*, K.A.I. Gunatunga and K.C. Obadage, Coconut Oil as an Alternative to Transformer Oil, Department of Electrical Engineering, University of Moratuwa, Lanka Transformer Ltd, Angulana Station22. <http://www.agriculturalproductsindia.com/edible-oils/edible-oils-coconut-oil.html>
- [15] Suwarno Aditama (2005) "*Dielectric Properties of Palm Oils as Liquid Insulating Materials: Effects of Fat Content*". Department of Electrical Engineering, Bandung Institute of Technology, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia. Proceedings of 2005 Intemational Symposium on Electrical Insulating Materials, June 5-9, 2005, Kitakyushu, Japan.
- [16] Kunieda M., Lauwers B., Rajurkar K. P., Schumacher B. M. (2005), "*Advancing EDM through Fundamental Insight into the Process*", *Journal of Materials Processing Technology*, Annals of CIRP, Vol. 54(2), pp. 599-622.(57)