

Karakteristik Dielektrik Solar, Minyak Goreng, Minyak Tanah dan Aquades Ditinjau dari Variasi Tegangan Terhadap Spark Gap Hasil Ekperimen Dengan Labscale EDM Shinking

SUHARDJONO, B. PRAMUJATI, SAMPURNO dan GEDE SURYA W.P.P
Lab. Mesin Perkakas Jurusan Teknik Mesin FTI – ITS, Surabaya
suhardjono@me.its.ac.id

Abstrak: Performansi kualitas dan produktivitas proses EDM tidak hanya dipengaruhi oleh parameter mesin yang bisa diatur seperti tegangan, arus, arc on dan off time, tetapi juga sangat tergantung pada cairan dielektrik yang digunakan. Kekuatan dielektrikum tentu saja dipengaruhi oleh jenisnya, semakin kuat sifat dielektrikumnya maka semakin besar percikan bunga api listrik yang dihasilkan. Dengan demikian material benda kerja yang leleh sampai menguap akibat panas bunga api tersebut juga semakin besar, sehingga timbul kawah-kawah kecil pada permukaan benda kerja. Untuk mempelajari karakteristik beberapa jenis cairan dielektrik yang murah dan mudah didapat di pasaran, maka dibuatlah *Labscale EDM Shinking* dengan daya sekitar 3 kW. Empat jenis cairan dielektrik yang dicoba adalah Solar, Minyak Tanah, Minyak Goreng dan Aquades. Kekuatan dielektrikum diukur dalam bentuk *Spark Gap*, yaitu celah maksimum antara elektroda dan benda kerja pada saat bunga api listrik menyala (ON) pada suatu tegangan tertentu. Hasil memperlihatkan bahwa kenaikan tegangan dari 70 – 300 Volt DC didapatkan *Spark Gap* rata-rata naik dari 0.13 – 0.75 mm untuk Solar, 0.10-0.31 untuk minyak tanah, 0.11 – 0.46 mm untuk minyak goreng dan 0.014 – 0.13 mm untuk Aquades. Hanya minyak goreng yang mempunyai tren kenaikan *Spark Gap* eksponensial dengan naiknya tegangan, sedangkan cairan dielektrik yang lain memberikan tren yang linear, sehingga mudah dilakukan interpolasi atau ekstrapolasi.

Kata Kunci: Cairan dielektrik, EDM Shinking, Spark Gap

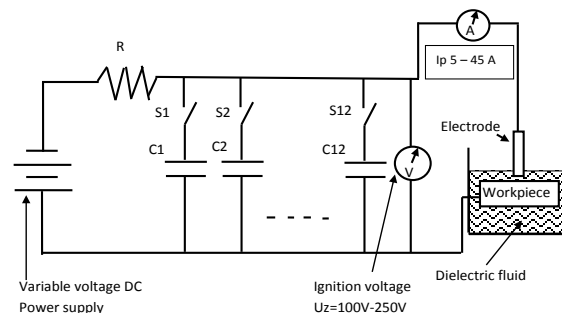
1. PENDAHULUAN

Keberhasilan proses EDM (*Electrodischarge Machining*) tidak hanya tergantung dari parameter fisik seperti tegangan, arus, *arc on* dan *off time* semata, namun parameter lain termasuk jenis elektrode, kekerasan material benda kerja, frekuensi *power supply* yang digunakan dan bahkan jenis cairan atau fluida dielektrik-pun sangat menentukan unjuk kerja baik kualitatif maupun kuantitatif.

2. SKEMA PERALATAN

Labscale EDM shinking yang dikembangkan menggunakan rangkaian sederhana, yaitu rangkaian relaksasi (*relaxation circuit*) seperti gambar 1 dibawah ini. Prinsip kerja dari rangkaian relaksasi tersebut dapat dijelaskan sebagai-berikut:

Arus listrik dari catu daya (*power supply*) DC mengalir melalui tahanan R untuk mengisi muatan yang ada pada kapasitor hingga mencapai *breakdown voltage*, yaitu tegangan yang dibutuhkan untuk membangkitkan bunga



Gambar 1. Diagram rangkaian listrik relaksasi sebagai *spark generator* labscale EDM Shinking.

api listrik pada celah (*gap*) antara elektrode dan benda kerja (*workpiece*) melalui cairan dielektrik. Peran dari fluida dielektrik adalah sebagai isolator pada tegangan rendah dan saat tegangan melewati *breakdown voltage* atau *Ignition voltage* fluida ini akan berubah sifat menjadi konduktor listrik yang baik, sehingga arus listrik dapat mengalir dari polaritas positif (+) ke polaritas negatif (-) dan pada saat itulah timbul percikan bunga api listrik atau *spark*. Karena besarnya arus listrik yang mengalir saat bunga api listrik menyala inilah yang disebut *pulse*

current. Lamanya nyala bunga api listrik ini sangat tergantung pada besarnya muatan yang mengisi kapasitor. Jika muatan pada kapasitor besar, maka *spark* yang terjadi lebih lama, sehingga lebih banyak material dari benda kerja yang mampu dilelehkan dan diuapkan. Dengan demikian untuk setiap percikan bunga api listrik yang lebih lama nyalanya akan terjadi kawah (*crater*) yang lebih dalam dan lebih lebar. Periode waktu nyala bunga api listrik ini kemudian lebih dikenal dengan *Arc On time*, sedangkan periode waktu saat pengisian kapasitor hingga mencapai *breakdown voltage* disebut sebagai *charging time* dan saat ini tidak timbul bunga api listrik sehingga dikenal sebagai *Arc Off time*.

Besar kecilnya percikan bunga api listrik ini dapat diatur dengan memvariasikan tegangan dari catu daya (*power supply*). Semakin tinggi tegangan yang diberikan, maka semakin besar juga spark gap yang digunakan untuk mencapai *breakdown voltage* yang lebih besar akibatnya percikan bunga api listrik yang terjadi juga lebih besar. Konsekuensinya adalah kawah yang lebar dan dalam akan terbentuk dan berakibat kekasaran permukaan hasil pemesinan menjadi kasar, namun produktivitas menjadi semakin besar, sehingga cocok untuk proses pengkasaran (*roughing*).

Breakdown voltage sendiri sangat dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu pertama, jarak terdekat antara elektrode dan benda kerja, kedua sifat isolasi dari fluida dielektrik dan yang ketiga adalah tingkat polusi fluida dielektrik yang mengalir diantara elektrode dan benda kerja.

Khusus untuk daya isolasi dari fluida dielektrik ini sangat tergantung pada jenisnya. Oleh karena itu pada penelitian ini dicoba empat jenis fluida dielektrik yang mudah didapat di pasaran dengan harga yang relatif murah. Empat jenis tersebut adalah Solar, Minyak goreng, Kerosine atau minyak tanah, dan Aquades (air suling). Selain itu fluida dielektrik untuk proses EDM mempunyai beberapa syarat diantaranya adalah memiliki viskositas rendah, tidak menghasilkan gelembung-gelembung gas yang berbahaya selama proses berlangsung serta tidak mudah terbakar (*non-inflammable*).

3. METODOLOGI

Percobaan yang dilakukan dengan labscale EDM shinking menggunakan parameter sebagai-berikut:

Arus power supply: 5 A

Variasi Tegangan : 70, 120, 180, 220, dan 300 Volt.

Kapasitor : 200 μ F

Tahanan R: 3.1 Ω

Daya power supply: 3000 Watt

Dielektrik: Solar, Minyak goreng, Kerosine dan Aquades.

Benda kerja: SKD 11 (100mm x 38mm x 4mm)

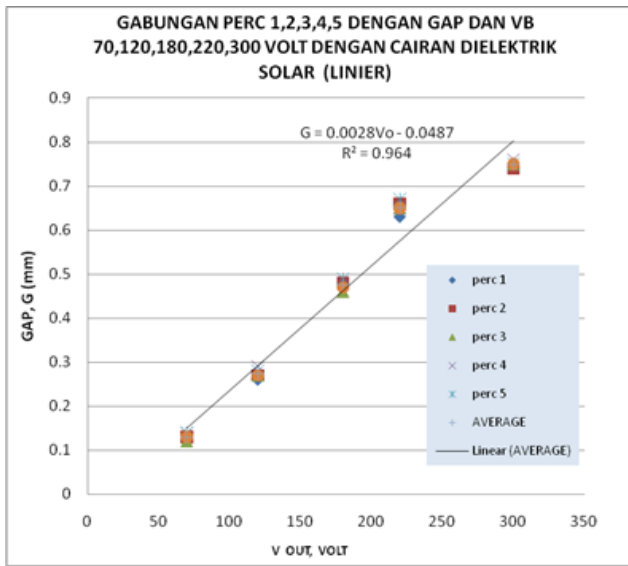
Elektrode : Tembaga (copper) ϕ 2.75mm x 100mm.

Prosedur percobaan dapat dijelaskan sebagai-berikut:

1. Elektrode dan benda kerja dibenamkan dalam fluida dielektrik, misal Solar. Kemudian elektrode disentuhkan pada benda kerja dengan mengukur terjadinya kontak dengan Ohmmeter, dan titik kontak ini dijadikan referensi nol.
2. Selanjutnya elektrode dinaikkan agar terjadi celah (*gap*) sejauh 1-2 mm.
3. Catu daya diset pada tegangan yang ditentukan, misalnya 120 Volt sebagai tegangan luaran (V_{OUT}) dan di "on"kan.
4. Elektrode diturunkan agar mendekati benda kerja, sehingga celah (*gap*) menjadi kecil dan pada saat mulai terjadi bunga api listrik celah tersebut dicatat besarnya dan dinyatakan sebagai *spark gap*.
5. Langkah pertama sampai keempat diulangi untuk tegangan yang lain dan untuk fluida dielektrik yang berbeda.
6. Olah data.

4. HASIL DAN DISKUSI

Hasil percobaan pengaruh tegangan terhadap spark gap untuk fluida dielektrik jenis solar ditunjukkan pada gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat jelas pengaruh tegangan sangat signifikan terhadap perubahan spark gap. Hal ini dipastikan bahwa kekuatan sifat dielektrikum untuk solar cukup tinggi.



Gambar 2. Grafik fungsi Tegangan V_{OUT} terhadap *Spark-gap* hasil percobaan dengan mesin Labscale EDM Shinking untuk cairan dielektrik solar.

Grafik fungsi tegangan luaran V_{out} terhadap *spark gap* G dapat didekati dengan fungsi linear persamaan empiris sebagai-berikut:

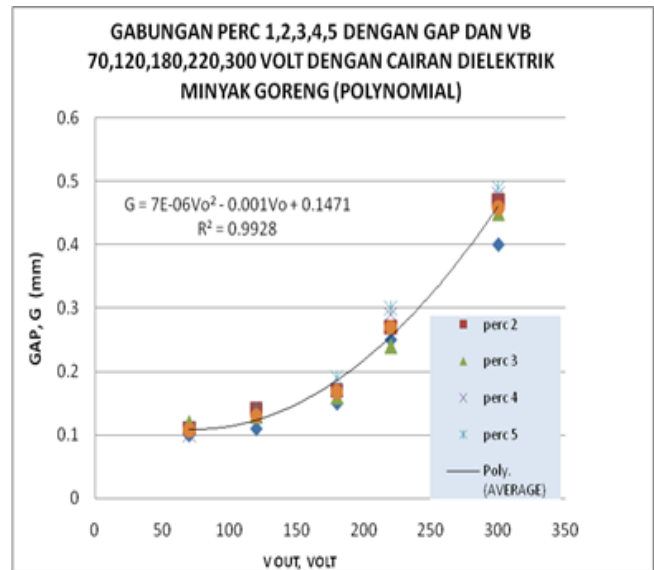
$$G_{solar} = 0.0028 V_{OUT} - 0.0847 \text{ (mm)}$$

Persamaan ini mempunyai faktor korelasi yang baik sebesar 0.964, dimana faktor korelasi 1 berarti bahwa hasil percobaan tepat sama dengan hasil persamaan empiris tersebut.

Untuk cairan dielektrik minyak goreng, karakteristik fungsi tegangan terhadap *spark gap* diperlihatkan pada gambar 3.

Pada grafik gambar 3 terlihat karakteristik minyak goreng sangat berbeda dibandingkan dengan dielektrik solar. Untuk minyak goreng memperlihatkan kurva yang kwadratis, sehingga dapat dikatakan bahwa pada tegangan rendah (kurang dari 200V) hanya sedikit berpengaruh pada *spark gap*, tetapi pada tegangan tinggi diatas 200V pengaruh tegangan ini cukup signifikan. Penyebab karakteristik yang kwadratis tersebut harus diteliti lebih lanjut, karena terjadi keunikan yang tidak dimiliki cairan fluida dielektrik yang lain.

Persamaan empiris untuk minyak goreng ini adalah $G_{minyak\ goreng} = 7 \cdot V_{OUT}^2 - 0.001V_{OUT} + 0.1471 \text{ (mm)}$ dengan faktor korelasi $R^2=0.9927$.



Gambar 3. Grafik fungsi Tegangan V_{OUT} terhadap *Spark-gap* hasil percobaan dengan mesin Labscale EDM Shinking untuk cairan dielektrik Minyak Goreng.

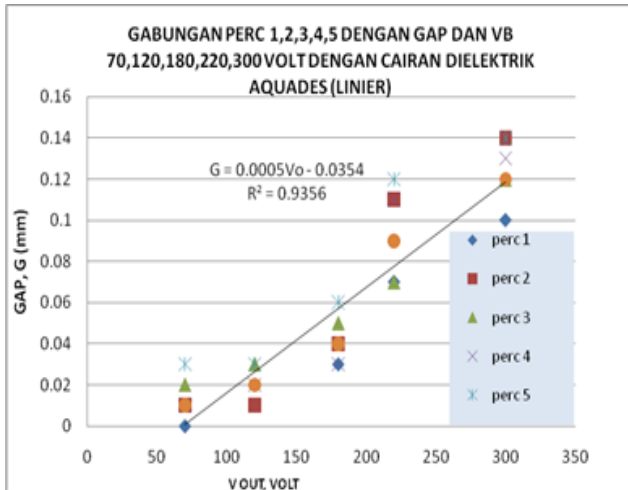
Karakteristik dielektrik Aquades ditinjau dari fungsi tegangan terhadap *spark gap* ditunjukkan pada gambar 4. Disini terlihat bahwa terjadi penyebaran data *spark gap* yang cukup besar untuk tiap tegangan yang diamati. Jadi untuk tegangan tertentu terkadang dengan *gap* yang cukup lebar sudah terjadi loncatan bunga api listrik (*spark*), namun terkadang dengan celah (*gap*) yang cukup sempit baru terjadi bunga api listrik. Jadi dapat dikatakan bahwa Aquades ini mempunyai sifat dielektrikum yang tidak stabil dibandingkan dengan jenis fluida dielektrikum yang lain.

Dielektrik dari Aquades ini memberikan karakteristik bahwa *spark gap* hampir tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan, karena perubahan tegangan dari 70 volt menjadi 300 Volt hanya terjadi perubahan *spark gap* dari 0.01 mm menjadi 0.12 mm. Hal ini tentu saja disebabkan oleh sangat tingginya kekuatan sifat isolator dari dielektrikum cairan ini, sehingga sifat konduktornya hanya dapat ditembus dengan jarak yang sangat dekat antara elektrode dan benda kerja. Karena sifat *spark gap* yang tidak sensitif terhadap tegangan inilah, maka Aquades biasa digunakan untuk proses *wire cut EDM* dengan tujuan agar kawat tidak mudah putus akibat perubahan tegangan.

Persamaan empirik spark gap sebagai fungsi dari tegangan untuk Aquades adalah

$$G_{Aquades} = 0.0005V_{OUT} - 0.0354 \text{ (mm)}$$

Dengan faktor korelasi yang tidak baik, yaitu $R^2=0.9356$.

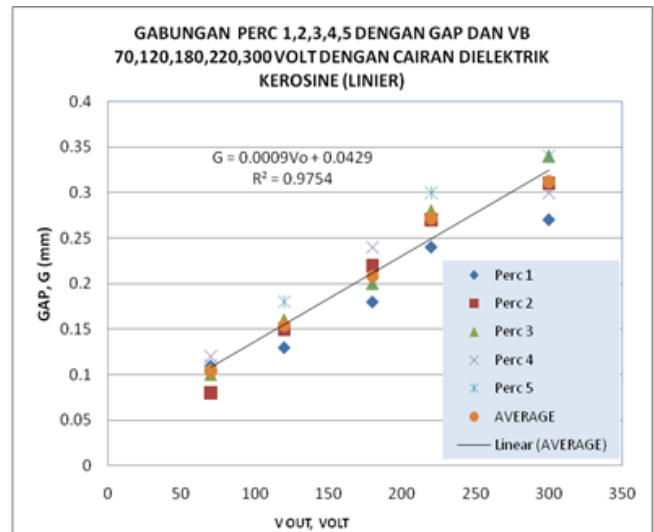


Gambar 4. Grafik fungsi Tegangan V_{OUT} terhadap *Spark-gap* hasil percobaan dengan mesin Labscale EDM Shinking untuk cairan dielektrik Aquades (air suling).

Hasil percobaan karakteristik fluida dielektrik minyak tanah (*kerosene*) ditinjau dari fungsi tegangan terhadap *spark gap* secara grafis ditunjukkan pada gambar 5. Kurva grafik tersebut juga dapat didekati dengan fungsi linear seperti fluida dielektrik solar, namun dengan sensitivitas yang berbeda. *Spark gap* untuk Minyak tanah mempunyai sensitivitas yang lebih rendah, yaitu sepertiga dari sensitivitas solar. Persamaan empiris *spark gap* G untuk fluida dielektrik minyak tanah sebagai fungsi tegangan dapat ditulis sebagai

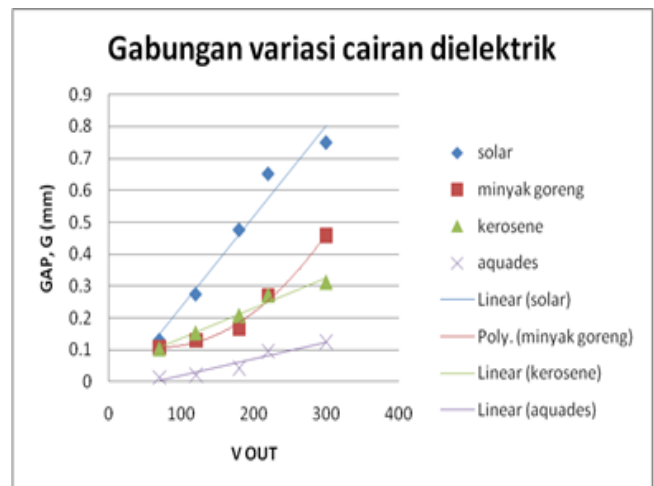
$$G_{minyak\ tanah} = 0.0009V_{OUT} + 0.0429 \text{ (mm)}$$

dengan faktor korelasi $R^2=0.9754$.



Gambar 5. Grafik fungsi Tegangan V_{OUT} terhadap *Spark-gap* hasil percobaan dengan mesin Labscale EDM Shinking untuk cairan dielektrik minyak tanah (*kerosene*).

Perbandingan karakteristik dari keempat cairan dielektrik yang diteliti dapat diplotkan dalam grafik pada gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan karakteristik cairan dielektrik Solar, Minyak Goreng, Minyak Tanah dan Aquades.

5. KESIMPULAN

Dari hasil diskusi diatas dapat disimpulkan beberapa butir yang penting sebagai-berikut:

- a. Cairan dielektrik solar, Aquades, Kerosine dari analisa grafik memperlihatkan trendline linier,

sedangkan cairan dielektrik Minyak Goreng memiliki treandline kwadratis.

- b. Secara umum, semakin besar tegangan yang digunakan semakin besar pula spark gap yang terjadi.
- c. Cairan dielektrik Solar memberikan sensitivitas Spark gap yang paling besar akibat perubahan tegangan, dimana sensitivitasnya praktis 3 kali lebih besar dibandingkan Minyak Tanah atau 7 kali lebih besar dibanding Aquades.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Masahiro Fujiki, Jun Ni and Albert J. Shih, **Investigation of the effect of electrode and fluid flowrate in near-dry EDM Milling**, International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 49, issue 10, August 2009, pages 749-758.
- Mu-Tian Yan and Yi-Ting Liu, **Design, Analysis and Experimental Study of a high Frequency Power Supply for finish cut of Wire-EDM**, International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 49, issue 10, August 2009, pages 793-796.
- Thomas R. Newton et.al., **Investigation of the Effect of Process Parameters on the Formation and Characteristics of Recast Layer in Wire-EDM of Inconel 718**. Materials Science and Engineering: A, volumes 513-514, 15 July 2009 pages 208-215.
- Jose Duarte Marafona and Arlindo Araujo, **Influence of Workpiece Hardness On EDM Performance**, International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 49, issue 9, July 2009, pages 744-748
- Suhardjono (2004), **Pengaruh Arc On dan Arc Off Time terhadap Kekasaran Permukaan dan Laju Pembuangan Geram Hasil Pemesinan Shinking EDM**, Jurnal „Teknik Mesin“ Universitas Kristen Petra, ISSN 1410-9867, vol. 6, no. 1, pp. 14-19, Mei 2004
- Suhardjono, Bambang Pramujati dan Winarto (2010), **Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Tegangan Dan Kapasitan Terhadap Spark Gap Untuk Rangkaian Relaksasi Pada Proses EDM Shinking**, Laporan Penelitian Guru Besar, LPPM-ITS.