

## Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap *Spark Gap* Pada Proses EDM Shinking

Suhardjono, Bambang Pramujati, Winarto

Lab. Mesin Perkakas, Jurusan Teknik Mesin FTI - ITS, Surabaya

E-mail: suhardjono@me.its.ac.id

### ABSTRAK

Performansi proses EDM (*Electric Discharge Machining*) sangat tergantung pada parameter pemesinan yang digunakan, seperti tegangan, arus, *arc on* dan *arc off time*, *spark gap*, cairan dielektrik. Parameter ini tentu saja akan mempengaruhi performansi baik kualitas maupun kuantitas. Kualitas disini berkaitan erat hubungannya dengan kekasaran permukaan, sedangkan kuantitas berhubungan dengan laju pembuangan geram atau metal *removal rate*. Pada studi eksperimen ini dikembangkan mesin EDM *shinking* yang sederhana dengan menggunakan *power supply* berupa rangkaian relaksasi dengan variasi tegangan sebagai berikut: 70, 135, 170, 235, 270, 310, 370, 440, 520, 560 Volt DC serta dua variasi kapasitans, yaitu 33  $\mu\text{F}$  dan 300  $\mu\text{F}$ . Arus maksimum 5A dan daya 1800 Watt. Elektrode yang digunakan adalah tembaga dan dielektriknya berupa kerosene (minyak tanah). Dari masing-masing variasi tegangan dan kapasitans tersebut diukur sebagai respons adalah *spark gap*, yaitu jarak maksimum antara pahat dan benda kerja saat terjadi *spark* atau percikan bunga api listrik. Kawah (*crater*) yang terjadi pada permukaan benda kerja akibat percikan bunga api listrik tersebut divisualisasi dengan foto. Hasil dari studi eksperimen memperlihatkan bahwa kenaikan tegangan dari 70 volt hingga 560 volt memberikan kenaikan *spark gap* dari rata-rata 0.09 mm menjadi 0.18 mm untuk kapasitans 33  $\mu\text{F}$  dan kenaikan *spark gap* dari 0.22 mm hingga 0.34 mm untuk kapasitans 300  $\mu\text{F}$ .

Kata Kunci: EDM, *spark gap*, tegangan, kapasitan

### 1. Pendahuluan

Proses pemesinan EDM (*Electrical Discharge Machining*) termasuk proses pemesinan modern, dimana pahat (*tool*) dalam hal ini disebut elektrode tidak harus lebih keras daripada material benda kerja yang dimesin. Proses ini ditemukan sekitar tahun 1970 an, namun berkembang pesat dalam industri dalam dua dekade berikutnya. Di Indonesia mesin EDM baru masuk industri manufaktur dengan pesat sekitar awal tahun 2000. Jenis proses EDM yang banyak dijumpai dalam industri adalah jenis Wire Cut dan Shinking EDM. Jenis Wire Cut menggunakan kawat tembaga dengan diameter 0,10 mm – 0,30 mm untuk proses pemotongannya. Sedangkan Jenis shinking menggunakan elektrode yang sesuai dengan rongga cetakan yang akan dibuat.

Dalam industri manufaktur, proses pemesinan non konvensional EDM *Sinking* banyak digunakan untuk pembuatan produk-produk seperti *dies* untuk cetakan plastik yang menuntut kualitas berupa kekasaran permukaan hasil pemotongan yang halus dan kepresisian yang tinggi. Pada pembuatan *dies* dengan proses EDM, perautan tidak hanya terjadi pada benda kerja tetapi juga terjadi pada elektroda (*tool*). Hal ini menyebabkan terjadinya keausan pahat(elektroda). Dengan terjadinya keausan pada elektroda mengakibatkan ketelitian

dimensi yang dihasilkan berkurang, dan keausan pahat yang terjadi, konfigurasiya tidak dapat ditentukan sehingga hal ini akan dapat mempengaruhi kekasaran permukaan yang dihasilkan. Kedua hal tersebut tidak diinginkan terjadi pada proses pembuatan dies sehingga perlu diminimalisasi

Tegangan adalah salah satu parameter yang memiliki peranan penting terhadap hasil akhir dalam proses EDM. Variasi dari tegangan akan mengakibatkan perbedaan jarak *spark gap* yang akan mempengaruhi hasil dari proses pengerjaan yang dilakukan. Oleh karena itu, jarak *spark gap* yang tepat akan menghasilkan proses pemesinan yang optimal. Besar kecilnya dan lama durasi percikan bunga api listrik yang digunakan untuk mengerosi (mengikis) material yang sangat keras tersebut sangat menentukan cepat-lambatnya proses pemotongan dan kualitas kekasaran permukaan yang dihasilkan. Jadi dengan kata lain karakteristik percikan bunga api listrik tersebut berpengaruh baik pada produktivitas maupun kualitasnya. Parameter yang mengartur besar kecilnya bunga api listrik adalah tegangan dari sumber daya listrik yang diberikan, sedangkan durasi nyala bunga api listrik ditentukan salah satunya adalah dari kapasitas kapasitornya. Oleh karena itu pada penelitian ini mempelajari pengaruh variasi



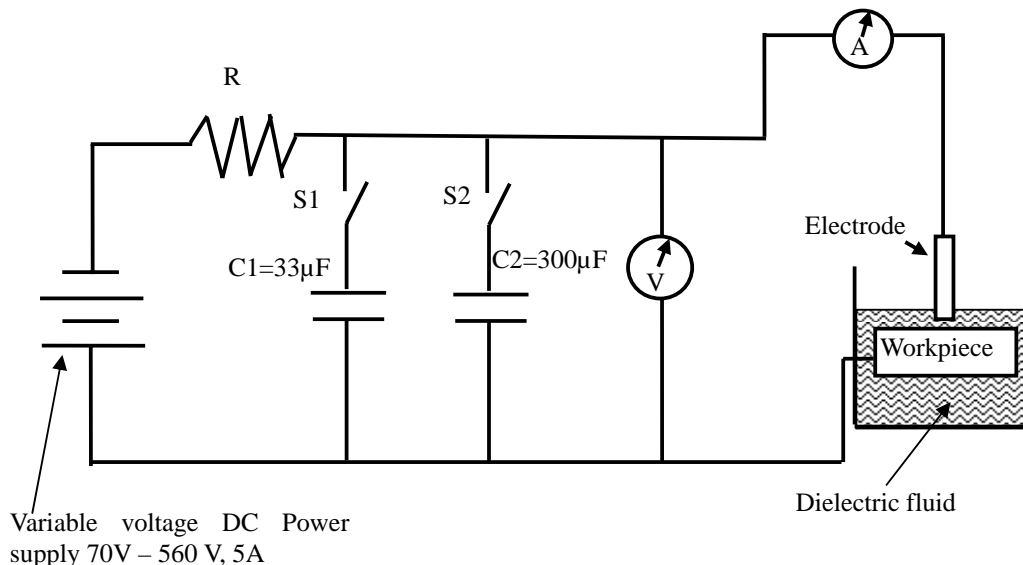
tegangan dan kapasitas dari kapasitor terhadap jarak *spark gap* yang terjadi. *Spark gap* inilah yang digunakan untuk mengukur besar-kecilnya bunga api listrik, selain secara visual terlihat pada kawah (crater) yang terjadi pada benda kerja. Dari karakteristik ini akan diperoleh besar jarak gap maksimum pada setiap perubahan nilai tegangan dan kapasitan.

Ada beberapa penelitian yang dilakukan untuk mempelajari karakteristik dari variabel yang berpengaruh pada proses EDM. Atlantika (1993) melakukan penelitian tentang analisa RMR dan surface finish pada proses EDM dengan metode *response surface*, dengan hasil RMR dan kekasaran permukaan dipengaruhi oleh arus listrik dan *on time pulse*. Setiawan (1996) melakukan penelitian tentang RMR benda kerja dan elektroda pada proses EDM dengan metode fraksional faktorial dan hasilnya menyatakan bahwa RMR benda kerja dan elektroda dipengaruhi oleh arus listrik, *on time pulse*, *off time pulse*, polaritas, dan interaksi antara *on time* dan arus listrik. Sapto (2001) melakukan penelitian tentang optimasi laju keausan elektroda, kekasaran permukaan dan *overcut* pada proses EDM dengan metode *Taguchi Multi Response*, dan hasilnya menyebutkan keausan elektroda dan kekasaran permukaan dipengaruhi oleh arus listrik, *on time pulse* dan tegangan. Jadi besarnya laju pembuangan material atau *Rate of Metal Removal (RMR)* dan kekasaran permukaan (*surface roughness*) hasil pemotongan EDM *Sinking* tergantung pada beberapa parameter, seperti arus listrik (*pulse current*), *on time*, *off time* dan tegangan. Suhardjono (2004) melakukan penelitian tentang

pengaruh *Arc on* dan *Arc off* time terhadap kekasaran permukaan dan laju pembuangan geram hasil pemesinan *sinking* EDM, dan hasilnya menyebutkan untuk *off time* yang konstan dan *on time* yang semakin naik didapatkan nilai kekasaran permukaan yang semakin besar dan nilai MRR semakin naik. Sedangkan untuk *on time* yang konstan serta *off time* yang semakin naik didapatkan nilai kekasaran permukaan yang relatif konstan dan harga MRR semakin turun.

## 2. Metodologi

Rangkaian elektronik yang digunakan untuk membangkitkan percikan bunga api listrik (*spark*) untuk EDM *Shinking* adalah rangkaian relaksasi (*Relaxation circuit*) yang terdiri dari tahanan R dan kapasitor C seperti terlihat pada gambar 1 dibawah ini. Prinsip kerja proses EDM *Shinking* dapat dijelaskan sesuai dengan prinsip rangkaian listrik relaksasi tersebut. 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 api listrik pada celah (gap) antara elektrode pahat dan benda kerja (*workpiece*) melalui cairan dielektik. Peran dari fluida dielektik adalah sebagai isolator pada tegangan rendah dan saat tegangan melewati *breakdown 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*.



Gambar 1. Diagram skema rangkaian relaksasi (*Relaxation*) untuk EDM *Shinking*.



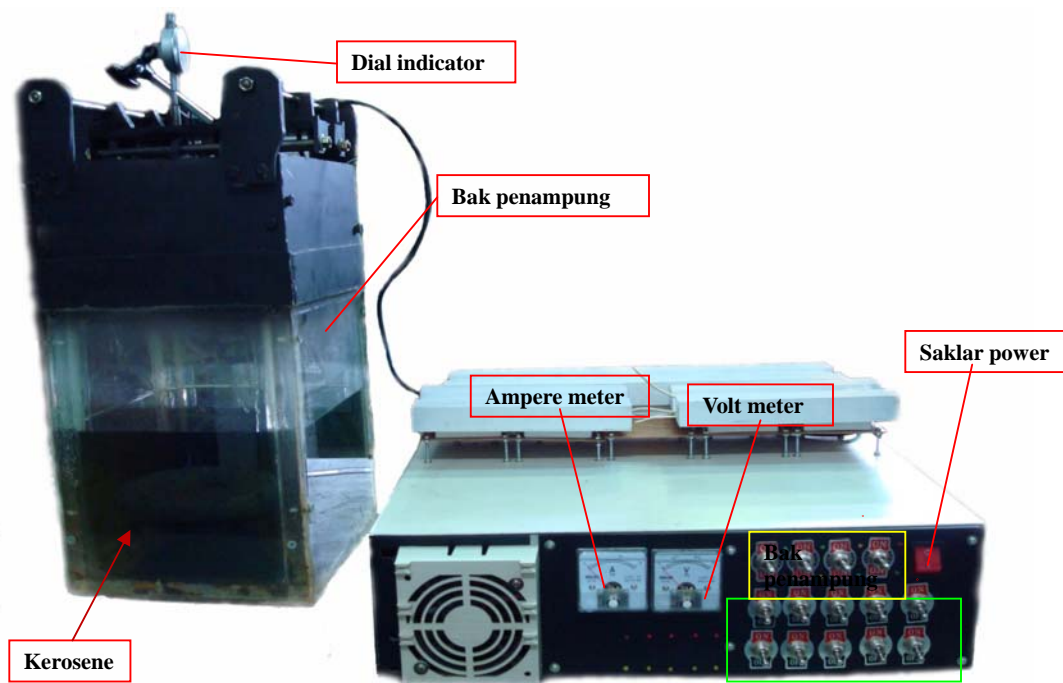
Lamanya nyala bunga api listrik ini sangat tergantung pada besarnya muatan yang mengisi kapasitor. Jika muatan pada kapasitor besar, maka *spark* yang terjadi lebih lama, sehingga lebih banyak material dari benda kerja yang mampu dilelehkan dan diuapkan. Dengan demikian untuk setiap percikan bunga api 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.

Penelitian untuk mencari respon *spark gap* ini diharapkan dapat mendapatkan gap yang optimal, karena semakin kecil gap semakin mudah terjadi hubung singkat (*short circuit*) yang sering mengakibatkan kerusakan yang fatal pada peralatan. Hasil penelitian ini juga diharapkan untuk kemungkinan desain mesin EDM shinking dengan kontrol manual yang lebih murah dan sederhana. Oleh karena itu dapat dimanfaatkan oleh industri kecil khususnya di Indonesia.

Realisasi rangkaian listrik gambar 1 ditunjukkan dalam foto rangkaian peralatan pada gambar 2 dibawah ini.

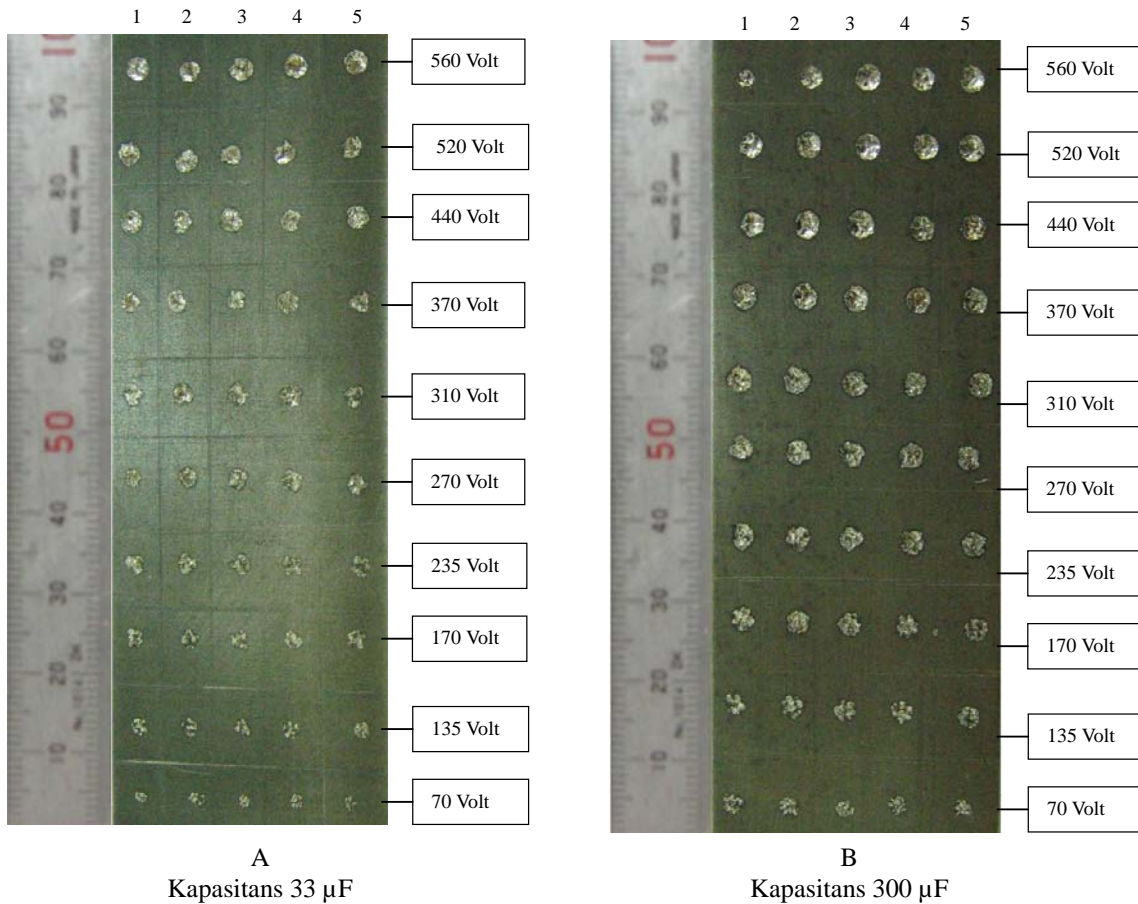


Gambar 2. Foto rangkaian peralatan percobaan variasi tegangan terhadap karakteristik *spark gap*.

### 3. Hasil dan diskusi

Hasil percobaan proses *Electrodischarge Machining* (EDM) secara visualisasi ditunjukkan pada gambar 3.



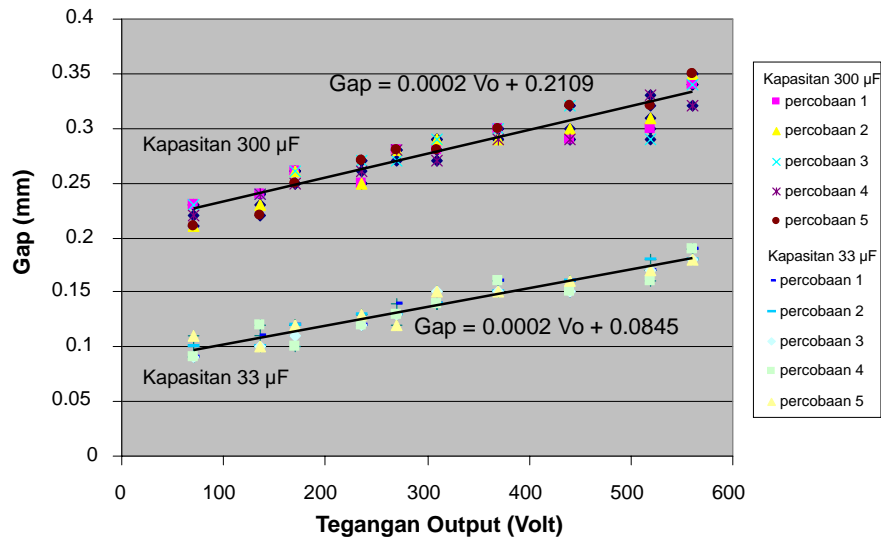


Gambar 3. Foto kawah (*cratter*) oleh  $\pm 20$  spark masing-masing akibat variasi tegangan.

Tabel I. Variasi tegangan terhadap jarak gap (spark gap) untuk Kapasitan 33  $\mu$ F dan 300  $\mu$ F.

No	Kapasitan ( $\mu$ F)	Tegangan Output (volt)	Jarak Gap (mm) (saat terjadi spark pertama)				
			1	2	3	4	5
1	33	70	0.09	0.10	0.09	0.09	0.11
2		135	0.11	0.10	0.10	0.12	0.10
3		170	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12
4		235	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13
5		270	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12
6		310	0.14	0.14	0.15	0.14	0.15
7		370	0.16	0.15	0.15	0.16	0.15
8		440	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16
9		520	0.17	0.18	0.17	0.16	0.17
10		560	0.19	0.18	0.18	0.19	0.18
1	300	70	0.23	0.21	0.23	0.22	0.21
2		135	0.24	0.23	0.24	0.24	0.22
3		170	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25
4		235	0.25	0.25	0.27	0.26	0.27
5		270	0.28	0.28	0.27	0.28	0.28
6		310	0.28	0.29	0.29	0.27	0.28
7		370	0.30	0.29	0.30	0.29	0.30
8		440	0.29	0.30	0.32	0.29	0.32
9		520	0.30	0.31	0.29	0.33	0.32
10		560	0.34	0.35	0.34	0.32	0.35





Gambar 4. Grafik fungsi tegangan output terhadap jarak gap (*spark gap*) untuk kapasitan 33µF dan 300µF

Data hasil percobaan pengaruh variasi tegangan terhadap spark gap yang ditunjukkan pada tabel I diatas akan lebih mudah dianalisis, maka tabel tersebut diplot dalam grafik fungsi seperti gambar 4. Grafik tersebut terlihat jelas bahwa semakin tinggi tegangan output dari catu daya ternyata semakin tinggi pula jarak gap antara elektrode dan benda kerja saat terjadi percikan bunga api listrik (*spark*) atau lebih dikenal dengan *spark gap*. Hal ini sudah jelas bahwa semakin tinggi tegangan, maka daya atau power yang tersedia juga besar agar terjadi ionisasi cairan dielektrik pada jarak gap antara elektrode dan benda kerja yang juga semakin besar.

Akibat dari spark gap yang besar dapat ditunjukkan pada gambar 3, yaitu terjadinya kawah (*crater*) yang berdiameter lebih besar dan kedalaman yang lebih dalam. Kawah yang lebih dalam dan besar ini tentu saja dihasilkan oleh semakin besarnya bunga api listrik yang terjadi.

Pengaruh besarnya kapasitan terlihat dari grafik gambar 4. Perubahan kapasitan 33 µF menjadi 300 µF memberikan kenaikan jarak gap rata-rata secara praktis dua kali lipat. Kenaikan jarak gap ini tentu saja dipengaruhi oleh semakin besar kapasitan, maka semakin besar pula energi listrik yang mampu disimpan dalam kapasitor tersebut. Namun bagaimana tren hubungan kapasitan dari kapasitor secara detail masih perlu diteliti lebih lanjut.

Rumus empiris spark gap untuk kapasitan 33µF:

$$\text{Spark gap} = 0.0002 V_o + 0.0845$$

Untuk kapasitan 300 µF

$$\text{Spark gap} = 0.0002 V_o + 0.2109$$

#### 4. Kesimpulan

Kawah hasil proses EDM yang terjadi semakin membesar seiring kenaikan parameter tegangan. Semakin besar nilai parameter tegangan yang digunakan akan memperbesar jarak gap antara pahat dan benda kerja. Kapasitan dari kapasitor yang semakin besar juga akan memperlebar jarak gap (*spark gap*).

#### Acknowledgements

Penelitian ini didanai oleh dana lokal DPP/SPP ITS tahun 2010. Dalam pelaksanaan penelitian dibantu oleh Dian Cahyadi mahasiswa jurusan teknik mesin ITS.

#### Daftar Pustaka

- [1] Guitrau, E. Bud, *The EDM Handbook*, Hanser Gardner Publications, 1997.
- [2] Suhardjono, *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.
- [3] 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, pp. 749-758, August 2009.



