

## Design Of Micro-Edm Machines

Bagus Sukoco<sup>1</sup>, Zeffry Sinaga<sup>2</sup> Otniel<sup>3</sup>, Jou Vanka<sup>4</sup>, M. Irfan Naufal<sup>5</sup>, Triyono<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Prodi Sarjana, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti – Jakarta

<sup>6</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti – Jakarta

<sup>6</sup> Corresponding author: triyono@trisakti.ac.id

**Abstract.** The basic principle of machining micro-EDM is the same as large power EDM machines which are currently widely used in the industry, namely using electrothermal energy. Micro EDM is capable of making small holes up to m. This paper is about the design of Micro-EDM machines. Power $\mu$ 100 supply controller with a relaxation generator system, and for positioning using C language programming with the Arduino Mega 2560 type platform. The planned scope of the study includes: geometric characterization and engine performance, rate of metal removal, electrode wear, and surface roughness of the cutting results. The results of the research that have been achieved are mechanical designs of 3 X, Y and Z axes and their controllers. The data that has been obtained is the geometric accuracy of Micro-EDM machine tools and the testing of cutting results with pointed end electrodes. Straightness deviation of motion for X and Y axes can reach 0.001 mm, while straight motion deviation and straightness for the direction of Z axis is 0.002 mm. This value has been able to produce a gap between the electrode and the workpiece of 0.025 mm. The cutting test has been successfully carried out.

**Abstrak.** Prinsip dasar pemesinan EDM-mikro sama dengan mesin EDM daya besar yang saat ini banyak digunakan di industri, yaitu menggunakan energi elektrotermal. EDM-Mikro mampu membuat lubang kecil sampai dengan 100  $\mu$ m. Makalah ini tentang rancangbangun mesin EDM-Mikro. Pengontrol Catu daya dengan sistem pembangkit relaksasi, dan untuk pemosisian menggunakan pemrograman bahasa C dengan platform Arduino tipe Mega 2560. Direncanakan lingkup kajian meliputi: karakterisasi geometrik dan unjuk kerja mesin, laju pembentukan geram, keausan elektroda, dan kekasaran permukaan hasil pemotongan. Adapun hasil penelitian yang telah tercapai ialah rancangbangun mekanik 3 Sumbu X, Y dan Z beserta pengontrolnya. Data yang telah diperoleh adalah ketelitian geometrik mesin perkakas EDM-Mikro dan uji coba hasil pemotongan dengan elektroda berujung runcing. Penyimpangan kelurusan gerak untuk Sumbu X dan Y dapat mencapai 0,001 mm, sedangkan penyimpangan gerak lurus dan ketegaklurusan untuk arah Sumbu Z sebesar 0,002 mm. Nilai ini sudah mampu untuk menghasilkan gap antara elektroda dengan benda kerja sebesar 0,025 mm. Uji coba pemotongan telah berhasil dilakukan.

**Keywords:** Arduino, EDM-Mikro, Ketelitian Geometrik, Mesin Perkakas, Rancang Bangun.

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

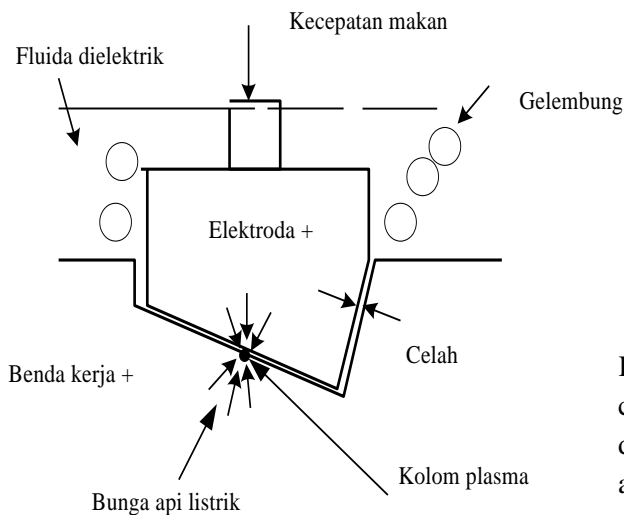
### Pendahuluan

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat (rancangbangun) mesin EDM-Mikro untuk proses *sinking*, menggurdi (*drilling*) dan pengefreisan (*milling*). Manfaat penelitian diantaranya adalah untuk menambah peralatan laboratorium baik untuk pendidikan ataupun penelitian, sehingga perkembangan kemajuan bidang pemesinan mikro dapat diikuti. Selain itu diharapkan mahasiswa memiliki pengalaman dalam

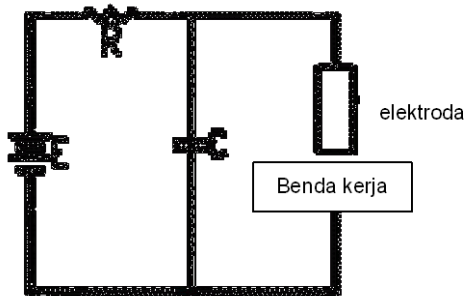
penerapan pengetahuan rancangbangun suatu mesin. Penelitian ini sedang berjalan, hal yang telah dapat diselesaikan dilaporkan dalam makalah ini.

**Studi Pustaka.** Penelitian tentang EDM-Mikro diantaranya dikemukakan oleh Leera Raju, dkk., 2016.[1] Menurutnya berbagai publikasi tentang EDM-Mikro meliputi eksperimen terkait dengan mesin, metode optimasi, fitur jenis pemotongan mikro, pemodelan dan simulasi sampai ke aplikasinya. Menurut[2], dikemukakan bahwa

EDM-Mikro prinsip kerjanya sangat mirip dengan EDM. Energi elektrothermal diperoleh dari plasma yang terbentuk pada fluida dielektrik antara elektroda dengan kutub positif dengan benda kerja yang memiliki polaritas negatif, lihat Gambar 1. Juga diperoleh dari konversi energi kinetik elektron yang menumbuk benda kerja. Lebih lanjut disampaikan bahwa sistem pembangkit daya bisa menggunakan sistem *Rotary Impuse Generator*, atau menggunakan sistem Relaksasi seperti pada Gambar 2.



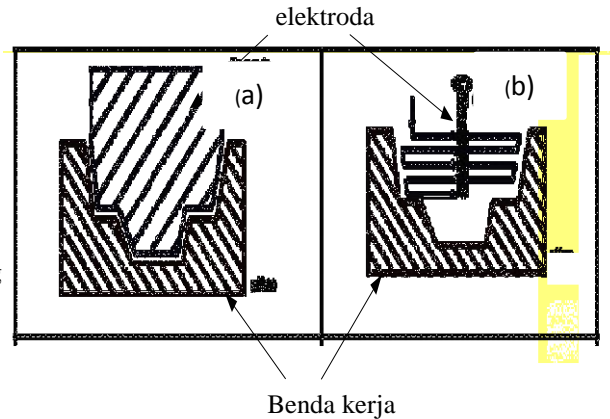
**Gambar 1.** Prinsip kerja EDM [2]



**Gambar 2.** Relaxation Generator [2]

Lebih lanjut menurut [1] disampaikan bahwa perbedaan pokok antara EDM konvensional dengan EDM-Mikro terletak pada daya yang rendah, Kuat Arus lebih kecil dari 3A, tegangan antara 10 sampai dengan 120 V serta parameter proses yang lain juga rendah dibandingkan pada EDM. Akan tetapi menurut [3] Kuat Arus yang digunakan antara 0,1 sampai dengan 100 mA. Selanjutnya [4]

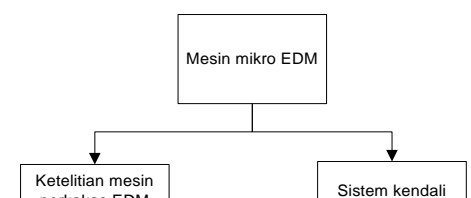
mempublikasi hasil penelitiannya yang berjudul *Micro-EDM-milling Development of new machining technology for micro-machining*. Gambar 3 menjelaskan proses pengefreisan untuk membuat kantong (pocket), a) cara konvensional sedang b) menggunakan elektroda berputar.



**Gambar 3.** Pembuatan pocket a) dengan cara EDM konvensional b) dengan mesin EDM-mikro [3].

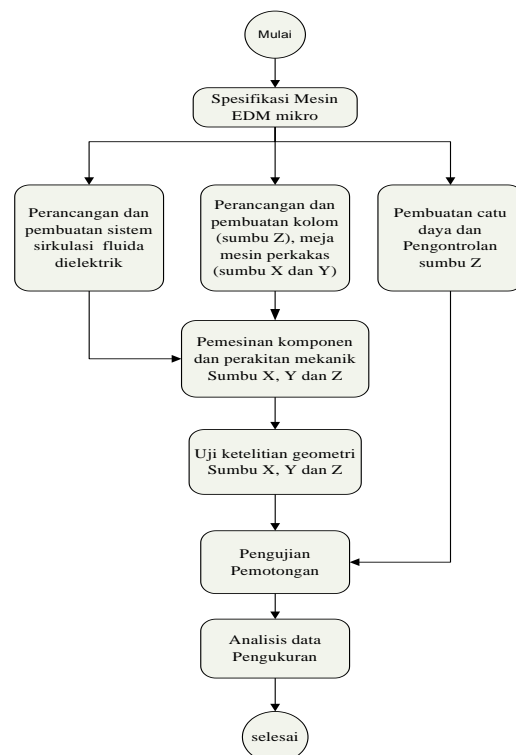
Kemudian [5] menyampaikan bahwa pembuatan cetakan mikro (*micromould*) dapat terwujud dengan baik. Pendekatan metode yang dilakukan adalah mengontrol keausan elektroda agar tumbuh secara linier, sehingga bentuk asli elektroda silinder atau penampang empat persegi dapat dipertahankan sebagaimana awalnya.

Lebih lanjut [3] melaporkan bahwa EDM-mikro dapat digunakan untuk membuat perkakas mikro (micro-tools), komponen mikro dan elemen mesin dengan fitur mikro. Alasannya adalah karena EDM-mikro memiliki ketepatan dan kehalusan permukaan yang tinggi. Pembahasannya difokuskan pada perencanaan parameter proses dan laju keausan elektroda pada proses wire, drilling, milling dan die-sinking. Selain itu secara khusus dibahas tentang pengontrolan keakuratan yang bisa dicapai EDM-mikro terutama pemosisian (positioning approaches) dan elektroda untuk penggerindaan. Selain itu, diharapkan penelitian akan dapat berlanjut sesuai dengan road map pada Gambar 4.



**Gambar 4.** *Road map* penelitian

**Gambar 4.** *Road map* penelitian



**Gambar 5.** Diagram Alir Penelitian

## Metode Penelitian

Berdasarkan referensi tersebut di atas, direncanakan mesin EDM-Mikro dengan spesifikasi sebagai berikut:

Panjang langkah sumbu X	: 300 mm
Panjang langkah sumbu Y	: 100 mm
Panjang langkah sumbu Z	: 70 mm
Pulse generator	: RC sirkuit
Dielektrik	: EDM-85
Material elektroda	: tungsten, tembaga
Kuat Arus	: 1 - 3A
Voltase	: 25 – 35V
Maksimal diameter elektroda	: 999 $\mu$ m

Penelitian terdiri atas beberapa tahap sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir Gambar 5. Penelitian dilakukan di Laboratorium Proses Produksi dan Laboratorium Metrologi Industri, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, yang memiliki berbagai jenis mesin perkakas termasuk mesin gerinda rata, silindrik dan alat ukur dimensi. Penelitian ini melibatkan satu kelompok mahasiswa yang sedang mengambil Tugas Akhir, terdiri atas 5 mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin. **Elemen pembimbing dan poros ulir bola.** Untuk memudahkan perancangan dan pembuatan, beberapa komponen penting menggunakan komponen-komponen yang lazim digunakan di industri. Untuk gerak linier digunakan elemen pembimbing (*linear guide*) dan bantalan linier, serta poros ulir bola (*ball screw*). Elemen mesin tipe ini menjamin gerakan yang lancar dan teliti di setiap sumbu gerak. Masing-masing dengan tipe sebagai berikut:

Linear Guide : Hiwin MGN12C dan IKO LWL 12.

Standar support unit : Hiwin BK Series dan BF Series.

Ball screw Hiwin : R12-2.5T3-FSI.

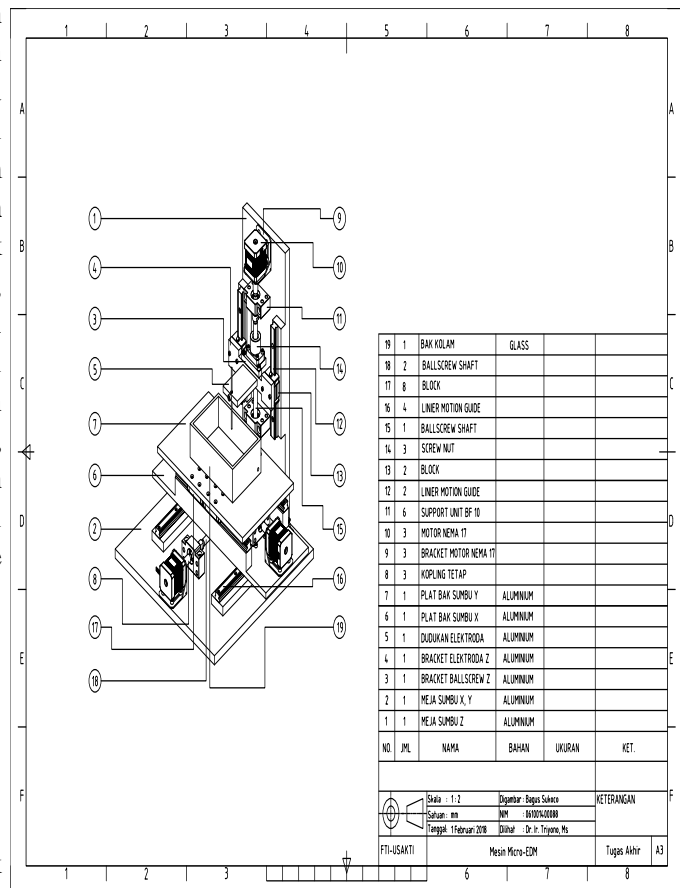
Penggerak : motor stepper Nema 17

**Alat ukur.** Untuk mengetahui ketelitian geometrik mesin yang dibuat digunakan jam ukur (dial indicator) dengan kecermatan (resolution) 0,001 mm. Selain itu, pengukuran ketelitian gerak mesin

menggunakan alat bantu ukur meja rata (granite surface plate) sebagai datum, batang paralel (parallel block) dan penyiku. Penyiku untuk mengetahui ketegak lurus gerak dalam arah sumbu Z. Dalam hal ini pengukuran dilakukan pada bidang X-Z (bidang yang terbentuk oleh sumbu X dan Z) dan bidang Y-Z (bidang yang terbentuk oleh sumbu Y dan Z).

## Hasil dan Pembahasan.

Gambar susunan (rakitan) desain mekanik mesin perkakas EDM-Mikro ditunjukkan pada Gambar 7. Di dalam gambar rancangan tersebut tidak disertakan komponen sistem sirkulasi yang terdiri atas bak penampung, pompa, injektor, katup dan selang. Selain itu juga belum disertakan panel catu daya serta pengontrolnya.

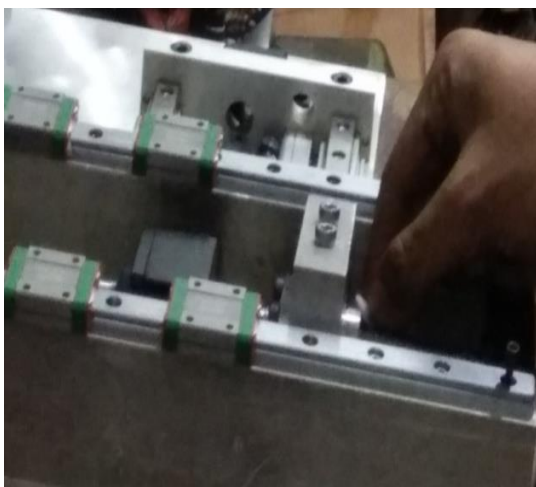


**Gambar 7.** Gambar rakitan desain mesin EDM-Mikro

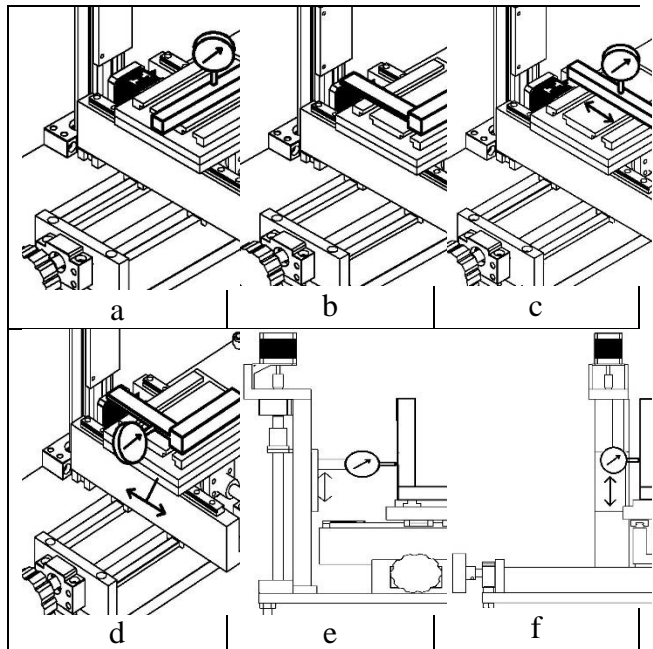
Selanjutnya adalah proses pemesian meja, kolom, ujung poros ulir bola yang perlu disesuaikan dengan bantalan maupun koplingnya. Guna menjamin kekokohan kolom mesin dan ketegaklurusannya terhadap meja maka perakitannya menggunakan pin pengarah. Pin dirakit ke meja dan kolom menggunakan suaian paksa, oleh karena itu digunakan mesin gerinda silindrik luar agar diperoleh toleransi yang sempit. Kemudian, Gambar 8. memperlihatkan poros ulir bola yang akan dirakit dan Gambar 9. memperlihatkan *linear bearing* yang telah terpasang.



**Gambar 8.** Poros ulir bola yang akan dirakit, untuk penggerak dalam arah Sumbu X



**Gambar 9.** Salah satu tahap pembuatan mesin adalah perakitan komponen. Nampak elemen pembimbing dan bantalan linier yang telah terpasang



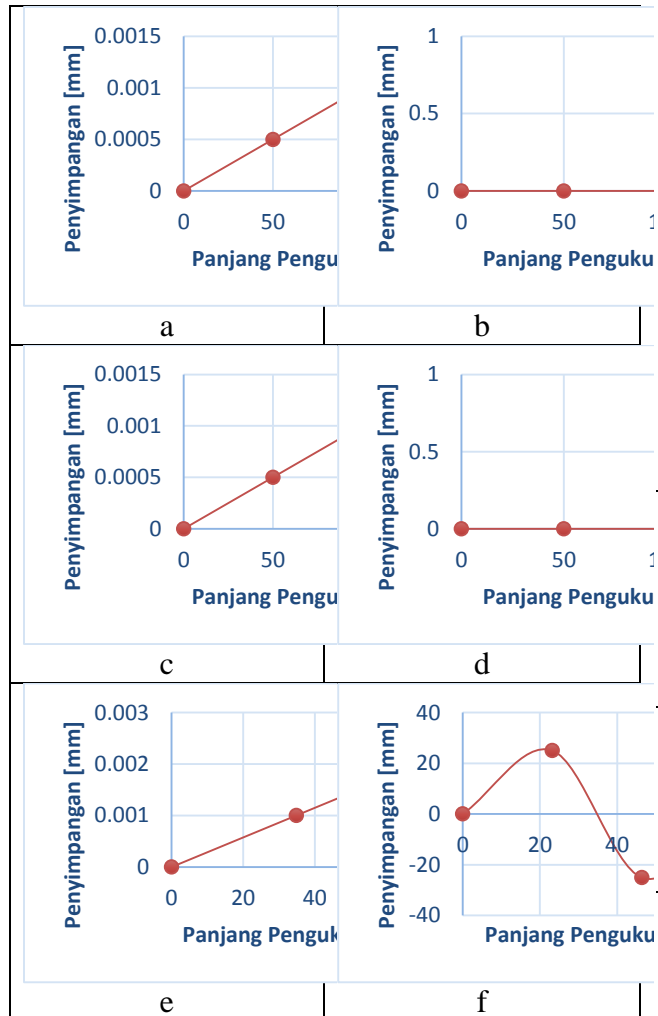
**Gambar 10.** Pengukuran Ketelitian Geometri Mesin Mikro-EDM, berturut turut kelurusan a) dan b) arah Sumbu X diukur pada bidang XZ dan XY, c) dan d) dalam arah Sumbu Y diukur pada bidang YX dan YZ, e) ketegak lurus sumbu Z terhadap meja dan f) ketegak lurus sumbu Z terhadap meja diukur pada bidang ZY.

**Jumlah pulse.** Kemudian dilakukan penggabungan antara pengontrol dengan mesin perkakas EDM. Selanjutnya diobservasi kisar setiap 1 pulse karena kisar (*lead*) perpitch pada kenyataannya bisa berbeda dengan *pitch*. Pemosisian ke titik tertentu setaraf dengan sejumlah pulse ke motor stepper. Khusus pemosisian untuk Sumbu Z akan menentukan nilai gap antara elektroda dengan benda kerja. Penghitungan jumlah pulse untuk memperoleh gap tertentu, dengan cara sebagai berikut. Jika Panjang Pitch  $p$  [mm], 1 pulse akan memutar poros ulir sebesar sudut  $\alpha$  [ $^{\circ}$ /pulse], karena 1 putaran  $360^{\circ}$  maka dapat dihitung jumlah pulse yang dibutuhkan untuk memperoleh gap  $G$  [mm] antara benda kerja dengan elektroda, yaitu:

Jumlah pulse **JP** yang diperlukan untuk menghasilkan gap  $G$  adalah:

$$JP = \frac{360 G}{\alpha p} \quad [\text{pulse}] \quad (1)$$

Mesin ini direncanakan mampu melakukan operasi pengefreisan. Oleh karena itu pada setiap sumbu dilakukan pengamatan nilai G untuk setiap JP, minimal pengamatan dilakukan pada daerah kerja dari setiap sumbu sepanjang 100 mm.



**Gambar 11.** Grafik kelurusan dan ketegak lurusan, berturut turut a) dan b) grafik kelurusan gerak meja dalam arah Sumbu X diukur pada bidang XZ dan XY, c) dan d) adalah grafik kelurusan gerak dalam arah Sumbu Y diukur pada bidang YX dan YZ, e) ketegak lurusan sumbu Z terhadap meja diukur pada bidang ZX dan f) ketegak lurusan sumbu Z terhadap meja diukur pada bidang ZY.

**Pengujian Ketelitian Geometrik Mesin.** Telah dilakukan pengujian ketelitian gerak mesin dalam ketiga arah sumbu, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kelurusan, kesejajaran dan ketegak lurusan gerak masing-masing sumbu terhadap

datum. Gambar tersebut menunjukkan posisi jam ukur maupun arah gerak pengukuran untuk setiap sumbu, dengan panjang pengukuran masing-masing 100 mm.

Hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 11. yang dapat diambil kesimpulan bahwa mekanisme meja mesin ketelitian maksimal yang dapat dicapai adalah 0,002 mm dalam arah Sumbu Z. Nilai ini telah memenuhi syarat untuk menghasilkan gap antara elektroda dengan benda kerja sebesar 0,0025 mm. Sedangkan dalam arah sumbu X dan Y dapat mencapai 0,001 mm, juga memenuhi persyaratan gap minimal yang harus dapat dicapai. Selengkapanya penyimpangan disetiap sumbu gerak dapat dilihat pada Tabel 1.

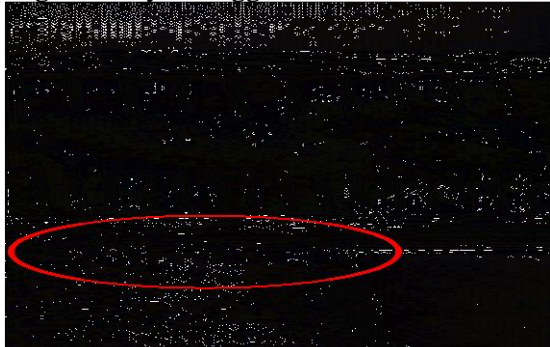
**Tabel 1.** Penyimpangan ketelitian gerak lurus/ketegak lurusan sumbu X, Y dan Z.

Sumbu	Panjang Pengukuran [mm]	Obyek	Bidang Pengukuran	Gambar/Grafik	Penyimpangan [mm]	Keterangan
X	100.000	Kelurusan	Bidang X-Z	A	0.001	Mesin ini mampu mencapai ketelitian dimensi paling tinggi 0.002 mm
		Kelurusan	Bidang X-Y	B	0.000	
Y	100.000	Kelurusan	Bidang Y-Z	C	0.001	
		Kelurusan	Bidang Y-X	D	0.001	
Z	69.600	Ketegak lurusan	Bidang Y-Z	E	0.002	
		Ketegak lurusan	Bidang X-Z	F	0.002	

**Hasil Pemotongan.** Pengontrol telah mampu menyuplai Kuat Arus dari 0 sampai dengan 3 Amp. Gambar 12. memperlihatkan 3 lubang hasil pemotongan dengan Kuat Arus 1, 2, dan 3 Amp. (kiri ke kanan) beserta skala penggaris sebagai



pembandingnya. Penelitian selanjutnya akan diukur diameter lubang hasil pemotongan dengan kuat arus yang lebih kecil, yang direncanakan pengukurannya menggunakan SEM.



**Gambar 12.** Hasil pemotongan 3 lubang dengan Kuat Arus 1, 2, dan 3 Amp. Benda kerja aluminium, akan tetapi kekerasan material tidak mempengaruhi unjuk kerja EDM.

### Kesimpulan

Dari pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain mesin perkakas EDM-Mikro telah berhasil diwujudkan sesuai dengan spesifikasi perancangannya, yaitu catu daya mampu menyuplai Kuat Arus antara 0 sampai dengan 3 Ampere, gap sebesar 0,025 mm dan elektroda maksimal 0,999 mm. Tegangan (voltage) dapat diatur dalam selang antara 25 sampai dengan 35 Volt.
2. Ketelitian mekanisme gerak dalam arah Sumbu X dan Y menghasilkan penyimpangan sebesar 0,001 mm, sedang dalam arah sumbu Z 0,002 mm. Nilai ini sudah mampu untuk menghasilkan gap antara elektroda dengan benda kerja sebesar 0,025 mm.

### Penghargaan

Terima kasih kepada Universitas Trisakti yang telah membiayai penelitian ini melalui Anggaran tahun 2017-2018. Kepada para mahasiswa Program Sarjana, Jurusan Teknik Mesin yang terlibat dalam penelitian juga diucapkan terima kasih.

### Referensi

- [1] Leera Raju, Somashekhar S Hiremath, A State-of-the-art Review on Micro Electro-Discharge Machining. Global Colloquium in Recent Advancement and Effectual Researches in Engineering, Science and Technology (RAEREST 2016), Procedia Technology 25 (2016) 1281–1288. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)2212-0173 © 2016. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).
- [2] J. Richard, R. Demellayer, Micro-EDM-milling Development of new machining technology for micro-machining. The Seventeenth CIRP Conference on Electro Physical and Chemical Machining (ISEM), Procedia CIRP 6 ( 2013 ) 292 – 296.
- [3] Z.Y.Yu., T.Masuzawa, .M.Fujino, Micro-EDM for Three-Dimensional Cavities - Development of Uniform Wear Method, I.I.S., University of Tokyo, Japan. Received 29 December 1997, Available online 1 July 2007. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)62810-8](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)62810-8)
- [4] S. Mahendran, dkk. A Review of Micro EDM, Proceeding of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010, Vol II, IMECS 2010, March 17-19, 2010, Hongkong
- [5] D.Tpham, S.SDimov. SBigot, A.Ivanov.KPopov: Micro-EDM—Recent Developments And Research Issues. Intelligent Systems Research Laboratory, Manufacturing Engineering Centre, School of Engineering, University of Wales Cardiff, Queen’s Buildings, PO Box 688, Cardiff CF2 3TE, UK. Available online 2 April 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.02.008>