

Pengaruh Arus Listrik Terhadap Temperatur Spesimen Dan Laju Pemotongan Pada *Edm Drilling*

Tjuk Oerbandono, Ari Noviyanto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono 167 Malang 65165, Indonesia

[E-mail: toerbandono@yahoo.de](mailto:toerbandono@yahoo.de)

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of temperature variation of electrical current of the workpiece and the cutting rate of EDM drilling. This study is experimental design, the independent variable used is electrical current with variation of 8,5A, 12,5A, 18A, 25A, and 36A. . While the dependent variable is the temperature of the workpiece and cutting rate. Specimens used are made of steel ST 37. Electrodes used were copper (Cu) and the fluid used was kerosene. The result of this study showed that the higher the electric current, increasing temperature of workpiece from 53.1 ° C to 119.9 ° C. The value of cutting rate has increased from 16.9805 to 40.7158 mm³/mnt mm³/mnt.

Keywords: EDM Drilling, electrical current, temperature of workpiece, cutting rate.

PENDAHULUAN

Industri manufaktur mengalami perkembangan yang cukup pesat. Adanya tuntutan terhadap produk manufaktur yang memiliki kualitas dan tingkat akurasi tinggi serta waktu pengerjaan sesingkat mungkin, maka dicarilah solusi melalui parameter proses yang tepat, pemilihan alat yang akan digunakan agar diperoleh kualitas produk yang baik dengan sekecil mungkin terjadinya cacat produk. Hal tersebut tentu akan sulit jika hanya mengandalkan proses pemotongan konvensional. Untuk memperoleh hasil pemotongan dengan tingkat akurasi yang tinggi pada material dengan *machinability* yang rendah mungkin bisa diatasi dengan teknologi permesinan non konvensional (*non conventional machinery*).

Beberapa jenis proses pemotongan logam *non conventional* antara lain: *Chemical Machining* (CHM), *Electro Chemical Machining* (ECM), *Ultrasonic Machining* (UCM), *Electrical Discharge Machining* (EDM). Proses pengerjaan dengan EDM adalah proses pengerjaan material dengan menggunakan loncatan bunga api listrik (*sparking*) yang terjadi antara elektroda pahat dan benda kerja melalui suatu media isolator yang disebut fluida dielektrik [1]. Proses ini mampu mengerjakan logam atau paduan yang sangat keras sekalipun dan juga mampu

mengerjakan benda kerja dengan bentuk permukaan yang rumit sehingga EDM sering digunakan untuk pengerjaan pada proses pembuatan cetakan (*dies*) dan pahat dari baja yang sangat keras. Akan tetapi jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional, pengerjaan dengan EDM bisa dikatakan relatif lebih mahal. Dengan adanya dorongan kebutuhan untuk menghasilkan produk yang berkualitas sesuai dengan kebutuhan menyebabkan proses permesinan dengan EDM tetap digunakan[1].

Pengoperasian mesin EDM terutama EDM *drilling* umumnya hanya mengandalkan pengalaman operator dan belum ada standar yang digunakan sehingga untuk pengerjaan produk yang sama dengan operator yang berbeda sering kali menghasilkan kualitas produk yang berbeda. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi beberapa parameter pada pemotongan menggunakan mesin EDM *drilling*.

Parameter permesinan EDM terdiri dari parameter dasar yang meliputi arus listrik, *on time*, *off time*, polaritas dan mekanik servo. Pada penelitian ini parameter yang digunakan adalah arus listrik. Parameter arus berhubungan erat dengan energi *sparking*, yang mana energi yang terkandung tiap terjadinya *sparking* digunakan untuk melelehkan dan menguapkan sejumlah kecil

material yang akan meninggalkan bekas berupa kawah-kawah halus pada permukaan benda kerja.

Dalam penelitian sebelumnya, permasalahan pengaruh variasi arus listrik terhadap temperatur benda kerja dan laju pemotongan benda kerja hasil proses *drilling EDM* belum jelas diketahui, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang hal tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh arus listrik terhadap perubahan temperatur *specimen*/benda kerja dan laju pemotongan benda kerja pada proses *EDM drilling*.

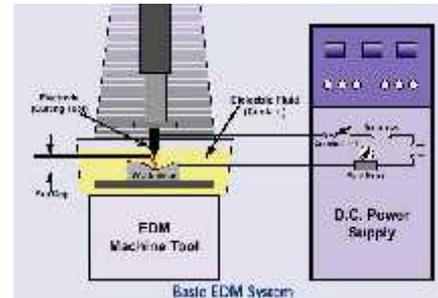
TINJAUAN PUSTAKA

Prinsip Kerja EDM (*Electro Discharge Machining*)

Prinsip kerja EDM (*electro discharge machining*) dalam memotong atau mengikis benda yaitu dengan pemanfaatan loncatan bunga api (*sparking*) yang terjadi antara benda kerja dengan elektroda. Oleh karena itu elektroda dan benda kerja harus terbuat dari bahan yang bersifat konduktor. Proses permesinan dimulai dari pemasangan benda kerja dan elektroda yang dipasang dengan posisi sedemikian rupa sehingga keduanya tidak bersentuhan secara langsung. Keduanya dipisahkan oleh jarak, dimana jarak tersebut diisi oleh cairan *isolator*. Seiring dengan berkurangnya jarak antara *tool* dan benda kerja maka akan terjadi loncatan bunga api yang akan berubah menjadi kalor. Setiap loncatan elektroda yang bergerak dengan kecepatan tinggi akan menumbuk permukaan benda kerja.

Bagian dari permukaan benda kerja yang tertumbuk loncatan bunga api akan mengalami kenaikan temperatur sekitar 8000–12000 °C yang akan mengakibatkan terjadinya pelelehan lokal pada bagian tersebut. Setelah terjadinya loncatan bunga api listrik, maka aliran listrik menjadi terhenti, yang menyebabkan terjadinya penurunan temperatur secara mendadak dan akan mengakibatkan gelembung uap. Bagian material yang meleleh akan terpancar keluar dari permukaan meninggalkan bekas-bekas berupa kawah halus pada permukaan material, bagian yang terpancar ini secepatnya akan membeku dan kembali

membentuk partikel – partikel halus yang terbawa oleh cairan dielektrik yang bersirkulasi dan dibersihkan oleh filter. Proses erosi yang terjadi bukan hanya pada permukaan benda kerja tetapi juga dipermukaan pahat.



Gambar 1. Skema dasar EDM [2].

Untuk melakukan proses permesinan dengan EDM (*electro discharge machining*) dibutuhkan 4 komponen, yaitu:

1. Elektroda
2. Benda kerja
3. Fluida dielektrik
4. Arus listrik DC

EDM memiliki banyak kelebihan dibandingkan mesin – mesin konvensional [3], antara lain:

- Mampu mengerjakan logam yang sangat keras yang tidak mudah dikerjakan oleh mesin konvensional.
- Proses EDM mampu mengerjakan permukaan dalam bentuk yang kompleks.
- Mampu memotong logam yang memiliki paduan sangat keras dengan keakuratan tinggi dan hasil yang baik
- Proses mampu dikerjakan dengan mudah tanpa banyak memerlukan pengawasan dari operator karena mesin bekerja dengan otomatis
- Selama proses permesinan, tidak terjadi kontak langsung antara *tool* dengan benda kerja.

Loncatan Bunga Api Listrik (*Sparking*)

Secara keseluruhan proses pengerjaan material dengan EDM (*electro discharge machining*) adalah suatu proses yang kompleks. Elektroda (pahat) dan benda kerja berada dalam fluida dielektrik yang berfungsi sebagai media *isolator*. Agar loncatan bunga api listrik bisa terjadi maka beda tegangan

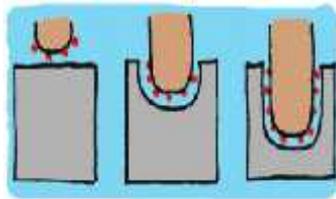
listrik pada celah antara pahat dan benda kerja harus lebih besar dari *break down voltage* atau tegangan yang memungkinkan terjadinya loncatan bunga api listrik, *Break down voltage* tergantung pada [4]:

Jarak terdekat antara pahat dan benda kerja

- Sifat isolator fluida dielektrik
- Tingkat pengotoran geram pada celah dielektrik

Proses terjadinya *sparking* dapat diuraikan sebagai berikut:

- Pengaruh medan listrik yang ada antara pahat dan benda kerja menyebabkan terjadinya pergerakan ion positif dan elektron yang masing-masing menuju kutub yang berlawanan. Akhirnya terbentuklah suatu saluran ion yang bersifat konduktif.
- Pada kondisi tersebut maka arus listrik dapat mengalir melalui saluran ion tersebut dan terjadilah loncatan bunga api.



Gambar 2. Proses terjadinya *sparking* [5].

Proses Terjadinya Saluran Ion

Terjadinya medan listrik antara pahat dan benda kerja menyebabkan elektron–elektron bebas yang berada dipermukaan pahat akan tertarik menuju benda kerja. Dalam pergerakan menuju benda kerja, elektron – elektron yang memiliki energi kinetik tersebut akan bertumbukan dengan molekul–molekul fluida dielektrik.

Pada proses tumbukan tersebut akan terjadi keadaan [3], yaitu: Tumbukan biasa, dimana elektron tersebut kurang energi kinetiknya.

1. Jika energi kinetik elektron tersebut sangat tinggi, maka akan menghasilkan elektron baru yang berasal dari molekul dari fluida dielektrik. Molekul dari fluida dielektrik yang telah kehilangan elektron

akan menjadi ion positif dan akan tertarik kearah elektroda pahat.

2. Dengan adanya proses tabrakan tersebut akan menghasilkan elektron-elektron baru dan ion–ion positif baru, maka akan terbentuk suatu saluran ion.

Dengan terbentuknya saluran ion tersebut maka tahanan listrik pada saluran tersebut menjadi rendah sehingga terjadi pelepasan energi listrik dalam waktu singkat berupa loncatan bunga api listrik.

Proses Pemotongan Material

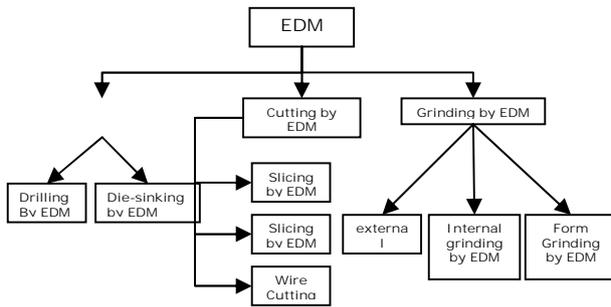
Pada pemotongan material (*Discharge Process*) dengan mesin EDM dapat diuraikan sebagai berikut [4]: Setiap *sparking* yang terjadi menyebabkan suatu pemusatan aliran elektron yang bergerak dengan kecepatan tinggi dan menumbuk permukaan benda kerja.

- Bagian dari benda kerja ini akan mengalami kenaikan temperatur dan akan menyebabkan pelelehan lokal pada bagian tersebut. Kondisi seperti ini terjadi juga pada permukaan elektroda. Pada saat bersentuhan terjadi juga penguapan, baik pada elektroda kerja maupun fluida dielektrik. Kenaikan temperatur menyebabkan membesarnya volume maupun tekanan gelembung uap tersebut.
- Setelah terjadi *sparking* maka aliran listrik terhenti yang akan menyebabkan penurunan temperatur secara mendadak yang akan menyebabkan gelembung uap dan akhirnya bagian material yang meleleh tersebut akan terpancar keluar dari permukaan dan meninggalkan bekas berupa kawah-kawah halus, bagian–bagian yang terpancar tersebut akan membeku dengan cepat dan akan terbawa oleh aliran fluida dielektrik

Kategori Permesinan EDM (*Electro Discharge Machining*)

Berdasarkan proses pengerjaannya, EDM dapat dikelompokkan secara garis besar sebagai berikut:

1. proses *sinking*
2. proses *cutting*
3. proses *grinding*



Gambar 3. Katagori permesinan EDM [3]

Proses sinking

Adalah Proses Permesinan EDM yang mana bentuk akhir dari benda kerja ditentukan langsung oleh bentuk elektroda. Proses ini dibagi menjadi dua, yaitu:

1. *Drilling*

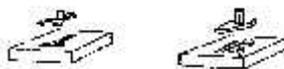
Proses ini meliputi semua proses pengerjaan pembuatan lubang atau lekukan dengan elektroda berpenampang tetap. Lubang yang dihasilkan dapat berupa lubang tembus (*through hole*), ataupun lubang tidak tembus (*blind hole*) Pembuatan lubang dalam permesinan EDM dapat dilakukan dengan dua cara yaitu. Elektroda menekan sambil berputar atau hanya menekan.



Gambar 4 Proses *drilling* EDM [3].

2. *Die sinking*

Proses ini meliputi semua proses pengerjaan lekukan (*cavity*) dengan



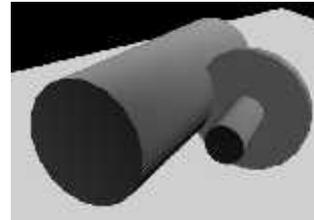
Gambar 5. Proses *die sinking* EDM [3]

Proses Cutting

Adalah proses pemotongan logam dengan elektroda bergerak memotong benda kerja bersamaan dengan timbulnya loncatan bunga api. Proses

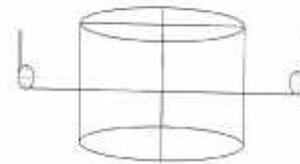
cutting dalam EDM dibagi dalam tiga macam, yaitu:

1. *Slicing* dengan dengan elektroda lempeng berputar



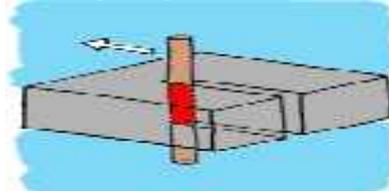
Gambar 6. Proses *Cutting* dengan lempeng berputar [3]

2. *Slicing* dengan pahat bentuk pita



Gambar 7. Proses *Cutting* dengan pita [3]

3. *Cutting* dengan elektroda kawat

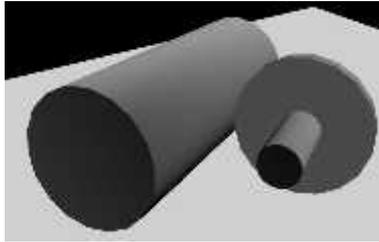


Gambar 8. *Cutting* dengan elektroda kawat [5]

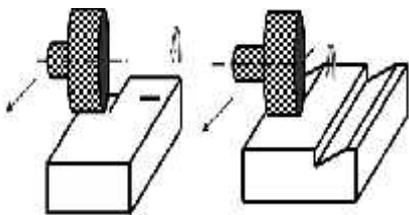
Proses Grinding

Proses ini menggunakan elektroda yang berputar atau benda kerja yang ikut berputar bentuk akhir benda kerja tergantung pada profil benda kerja dan gerakan relatif antara benda kerja dan elektroda . proses ini dibagi tiga macam yaitu:

1. *Eksternal grinding*
2. *Internal grinding*
3. *Profile grinding*



Gambar 9. Proses gerinda luar dengan EDM [3]

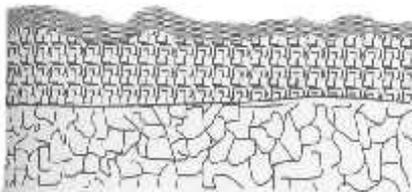


Gambar 10. Gerinda *surface* atau profil dengan EDM [3]

**Karakteristik Proses Permesinan EDM (*Electro Discharge Machining*)
Permukaan benda kerja yang dikerjakan dengan EDM**

Pada dasarnya proses pengerjaan pada EDM terjadi karena timbulnya loncatan bunga api listrik, sehingga temperaturnya mencapai 8000-12000°C. Temperatur yang sangat tinggi ini tentu akan mempengaruhi karakteristik permukaan benda kerja tersebut dan hal ini tergantung pada jenis materialnya.

Efek dari pada pengaruh panas terhadap permukaan benda kerja dapat dilihat pada gambar 11:



Gambar 11. Permukaan benda kerja [6]

1. Lapisan leleh dan beku kembali. Sebagian daripada lapisan ini telah terlempar keluar karena pecahan gelembung uap, sisanya masih melekat pada material induk.

2. Lapisan yang mengalami pengerasan. Pengerasan terjadi karena adanya efek quenching dan efek kandungan karbon yang tinggi pada lapisan ini.
3. Lapisan lunak, bagian lapisan ini memiliki struktur yang berubah dan kekerasan yang lebih lunak sedikit daripada material induknya. Semuanya ini adalah karena efek thermal-annealing yang terjadi selama proses berlangsung. Lapisan ini tergantung daripada energi yang terkandung pada bunga api listrik tersebut.

Laju Pemotongan Material

Laju pemotongan logam didefinisikan sebagai besaran volume pengerjaan logam setiap satuan waktu. Pemotongan material adalah akibat terjadinya pembentukan kawah pada permukaan benda kerja. Apabila parameter – parameter lain dijaga tetap konstan maka besarnya kawah yang terjadi akan tergantung pada energi yang dilepaskan didalam proses pelepasan bunga api listrik (*sparking*). Apabila energi *sparking* yang digunakan terlalu besar maka akan menyebabkan adanya kawah – kawah yang dalam sehingga permukaan benda kerja akan semakin kasar.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan cara penelitian sesungguhnya. Untuk memperoleh informasi yang dapat diperoleh dengan eksperimen yang semuanya ditujukan untuk mengetahui pengaruh suatu variasi terhadap peristiwa yang terjadi.

Alat

- Mesin EDM
Merek: King Spark Pulse
Buatan: Jerman Tipe:YH- 120

Bahan

Bahan untuk benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Baja St 42 dengan kandungan sebagai berikut (www.efunda.com):
 - Material: Baja St 42 (AISI 1020)
 - Phospor (P): 0,04 %(max)
 - Karbon (C): 0,18-0,23 %
 - Mangan (Mn): 0,30-0,60 %

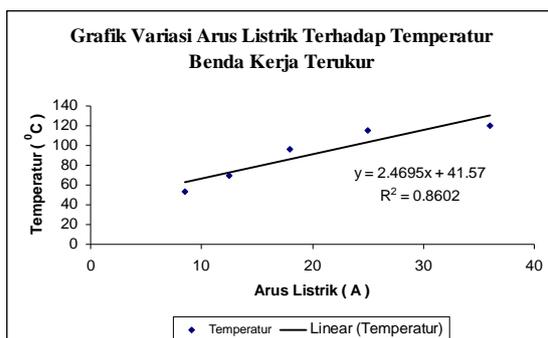
- Sulfur(S): 0,05 % (max)
2. Bahan elektroda yang digunakan adalah tembaga

Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas
 Variabel bebas adalah variabel yang besarnya kita tentukan dan berfungsi sebagai sebab dalam penelitian. Pada penelitian ini variabel bebas yang dipakai adalah arus listrik, arus listrik yang digunakan yaitu 8,5A, 12,5A, 18A, 25A, 36A.
2. Variabel terikat
 Variabel terikat adalah variabel yang besarnya itu dipengaruhi oleh parameter variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah temperatur benda kerja dan laju pemotongan benda kerja.
3. Variabel terkendali
 Variabel terkendali adalah variabel yang nilainya tetap dan ditentukan sebelum penelitian. Dalam penelitian ini parameter kendalinya adalah
 - Low voltage current : 1,5 A
 - High voltage current. 1 A
 - Off time: 2,5 second

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN Hubungan Arus Listrik dan Temperatur Benda Kerja



Gambar 12. Grafik pengaruh arus listrik terhadap temperatur benda kerja

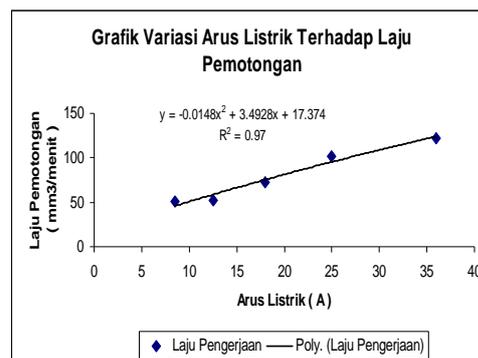
Gambar 12 hanya menganalisa arus listrik dari 8,5A sampai dengan 36 A sehingga dengan meningkatnya arus listrik temperatur

benda kerja akan mengalami peningkatan. Pada arus listrik 8,5 A nilai temperatur 53,1°C, sedangkan pada arus listrik 36 A nilai temperatur mengalami peningkatan menjadi 119,9°C. Naiknya nilai temperatur benda kerja ini sangat dipengaruhi oleh loncatan bunga api yang terjadi. Semakin tinggi arus listrik maka semakin tinggi pula pelepasan panas dari energi sparking yang terjadi tersebut yang menyebabkan peningkatan temperatur benda kerja. Peningkatan temperatur benda kerja tersebut akibat dari kenaikan arus listrik antara 8,5 A sampai dengan 36 A tersebut mengikuti persamaan dibawah ini:

$$Y = 2,4695x + 41,57$$

Keterangan: y = temperatur benda kerja
 x = arus listrik

Hubungan Arus Listrik dan Laju Pemotongan Benda Kerja



Gambar 13. Grafik pengaruh arus listrik terhadap laju pemotongan benda kerja

Laju pemotongan benda kerja secara umum didefinisikan sebagai besarnya volume pengerjaan material setiap satuan waktu. Pemotongan material benda kerja adalah akibat terjadinya pembentukan kawah-kawah yang halus pada permukaan benda kerja. Apabila parameter-parameter permesinan dalam EDM dijaga konstan maka kecepatan pengerjaan material sebanding dengan energi yang dilepaskan selama proses sparking. Dengan kata lain bahwa apabila energi yang dilepaskan semakin besar, maka laju pemotongan benda kerja semakin meningkat.

Grafik tersebut menganalisis arus listrik dari 8,5 A sampai 36 A, dengan meningkatnya arus listrik maka laju pemotongan akan mengalami peningkatan. Pada arus listrik 8,5

A nilai laju pemotongan 16,9805 mm³/menit sedangkan pada arus listrik 36 A nilai laju pemotongan mengalami peningkatan menjadi 40,7158 mm³/menit. Naiknya nilai laju pemotongan ini dipengaruhi oleh loncatan bunga api yang terjadi selama proses pengerjaan. Semakin tinggi arus listrik maka semakin tinggi pula energi *sparking*, sehingga kecepatan pemakanan benda kerja semakin cepat dan laju pemotongan benda kerja meningkat. Peningkatan laju pemotongan benda kerja tersebut akibat dari kenaikan arus listrik antara 8,5 A sampai dengan 36 A tersebut mengikuti persamaan berikut:

$$Y = -0,0148x^2 + 3,4928x + 17,374$$

Keterangan: y = laju pemotongan
x = arus listrik

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh variasi arus listrik terhadap temperatur benda kerja dan laju pemotongan benda kerja yang telah dilakukan dapat disimpulkan. Bahwa semakin besar arus listrik dari (8,5A hingga 36A) akan meningkatkan nilai temperatur benda kerja. Hal ini ditunjukkan dengan persamaan $Y = 2,4695x + 41,57$. Untuk Y= temperatur dan x= arus listrik yang digunakan. Sedangkan semakin besar arus listrik (8,5A sampai dengan 36A) akan meningkatkan pula nilai laju pemotongan benda kerja. Hal ini ditunjukkan dengan persamaan

$$Y = -0,0148x^2 + 3,4928x + 17,374.$$

Y = laju pemotongan dan

x = arus listrik yang digunakan.

Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap jenis Logam yang lain dan jenis Pahat yang berbeda.
- Perlu dilakukan penelitian tentang dampak dari pengaruh jarak elektrode terhadap benda kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdulkadir, Erden., 2002, *Manufacturing Of Smaller Holes by Using Electrical Discharge Machining*. Turkey.
- [2]. Brown, James, 1998, *Advanced Machining Technology Handbook*, Missouri.
- [3]. Pandey, P.C, Shan, H,S, 1980, *Modern Machining Process*, Mc Graw Hill, New Delhi.
- [4]. Bagiasna, Komang, 1978, *Diklat Kuliah Teknik Mekanik II*, Departemen Mesin ITB, Bandung.
- [5]. Anonymous.www. charmilles. com / EDM principle Anonymous.www. Reliable EDM.com/
- [6]. El-Hofy,Hassan, 1998, *Advanced Machining Processes*, Production Engineering Department Alexandria Egypt.