

Studi Eksperimental Hubungan Parameter Proses Pemessinan *Wire EDM* dengan Kekerasan Permukaan untuk Material AISI 1148

Sigit Yoewono Martowibowo⁽¹⁾, Satrio Pinandito⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesa 10, Bandung 40132

Ringkasan

Perkembangan teknologi dewasa ini menghasilkan material dengan kekuatan yang tinggi, bentuk yang makin rumit dan ketelitian produk yang semakin meningkat menuntut teknologi baru dibidang pemessinan. Teknologi proses pemessinan non konvensional dapat menyelesaikan problem-problem tersebut.

Proses pemessinan *Wire EDM* adalah jenis proses pemessinan non konvensional yang menggunakan pahat berupa kawat. Kelemahan proses ini seperti halnya proses pemessinan non konvensional yang lain adalah waktu pemessinan yang lama.

Penelitian ini dilakukan untuk mengumpulkan data pemessinan sebagai upaya mencari kondisi pemotongan optimum bagi material baja karbon medium yang banyak digunakan sebagai material cetakan.

Abstract

Technology development advances in recent years produce materials having higher strength, complicated shape and high accuracy. These have placed demands on the new technology in machining processes. Non-conventional machining processes are providing effective solutions to the problem mentioned above.

Wire EDM machining is one of some non-conventional machining processes which is using wire as tool. The limitation of this technique as also happened with other non-conventional machining processes is a lower rate of material removal comparing to the conventional processes.

This study was conducted to obtain data in order to optimize machining condition of medium carbon steel using for die material.

Keywords: *Wire EDM, rate of metal removal, surface roughness*

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur dewasa ini, mengalami perubahan-perubahan menyangkut teknologi produksi pemessinan, yaitu :

- Penemuan baru material dengan kekuatan yang sangat tinggi, dikenal dengan HSTR (*High Strength Temperature Resistant*).
- Bentuk produk yang diinginkan semakin rumit.
- Tuntutan akan ketelitian dan ketepatan yang lebih baik.
- Tuntutan fleksibilitas terhadap makin cepat berubahnya bentuk produk.

Perkembangan tersebut menuntut proses pemessinan yang dapat mengatasi keterbatasan proses pemessinan konvensional (proses bubut, freis, gerinda, dsb.). Proses non konvensional adalah jawaban akan tuntutan tersebut. Proses non konvensional terdiri atas berbagai macam proses pemessinan, seperti : AJM, USM, EDM, ECM, dsb¹.

Proses *Wire EDM* merupakan satu dari beberapa jenis proses pemessinan yang dapat menjawab kebutuhan teknologi pengerjaan logam. Proses *Wire EDM* adalah jenis proses non konvensional yang menggunakan proses pengerosian material berdasarkan loncatan bunga api listrik (*electric discharge*)

yang terjadi pada celah di antara kawat (katoda) dengan benda kerja (anoda). Namun demikian proses pemessinan dengan *Wire EDM* memiliki beberapa keterbatasan, antara lain :

- Kecepatan pembuangan geram atau kecepatan pemessinan (*rate of metal removal*) yang relatif rendah jika dibandingkan dengan proses pemessinan konvensional.
- Hanya dapat mengerjakan material yang bersifat konduktor dan mempengaruhi kekerasan permukaan (*surface roughness*) benda kerja.

Berdasarkan kebutuhan teknologi pemessinan dan keterbatasan yang dimiliki *Wire EDM* seperti yang telah diuraikan di atas maka diperlukan suatu penelitian untuk mengoptimalkan proses pemessinan dengan *Wire EDM*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan data keternessinan proses *Wire EDM* sehingga dapat dipilih suatu kondisi pemessinan yang optimum, yaitu kecepatan pemessinan yang besar dengan kekasaran permukaan yang cukup rendah. Dalam suatu proses pemessinan, apabila harga kecepatan pemessinan besar maka harga kekasaran permukaan yang dihasilkan akan besar sehingga tidak mungkin mendapatkan kecepatan pemessinan besar dengan kekasaran permukaan terkecil.

2. PERALATAN DAN PROSEDUR EKSPERIMEN

Proses pemesinan *Wire EDM* adalah proses pengerosan material hasil sejumlah loncatan bunga api listrik yang terjadi pada celah di antara pahat (berbentuk kawat) dengan benda kerja. Loncatan bunga api listrik tersebut tidak terjadi secara kontinu tetapi secara periodik.

PRINSIP EDM - Pahat dan benda kerja sebagai elektroda (katoda dan anoda) berada di dalam cairan dielektrikum yang pada dasarnya bersifat sebagai media isolator. Untuk menghasilkan loncatan bunga api listrik antara kawat dan benda kerja, tegangan listrik yang diberikan pada kedua elektroda harus melampaui *break down voltage* (tegangan yang dapat menimbulkan loncatan bunga api listrik). *Break down voltage* dipengaruhi oleh :

- Jarak terdekat antara pahat dan benda kerja.
- Sifat isolator cairan dielektrikum.
- Tingkat polusi dielektrikum yang terdapat pada celah di antara pahat dan benda kerja.

Beda tegangan yang terjadi antara pahat dan benda kerja akan menghasilkan medan listrik di celah tersebut. Akibat medan listrik tersebut, elektron-elektron akan bergerak dari katoda menuju anoda. Dalam pergerakannya, elektron-elektron akan menumbuk molekul-molekul cairan dielektrikum. Apabila energi kinetik elektron tersebut besar, maka tumbukan akan menghasilkan ion positif dan elektron yang berasal dari molekul dielektrikum. Elektron baru tersebut akan bergabung dengan elektron yang berasal dari katoda, sedangkan ion-ion positif akan bergerak menuju katoda. Dalam hal ini jumlah dan kecepatan elektron yang bergerak menuju anoda lebih besar daripada jumlah ion positif yang bergerak menuju katoda. Dengan demikian terjadi dua aliran ion yang bergerak menuju kutub yang berlawanan dan membentuk saluran ion-ion. Akibat adanya saluran ion-ion tersebut, tahanan listrik di saluran mencapai harga yang rendah sekali. Cairan dielektrikum yang semula bersifat isolator tiba-tiba menjadi saluran yang bersifat konduktor. Akibatnya, dalam waktu yang sangat singkat terjadi loncatan bunga api listrik dari katoda menuju anoda. Secara skematik proses EDM diperlihatkan pada Gambar (1).

Loncatan bunga api listrik mempunyai temperatur yang sangat tinggi, yaitu 8000~12000°C. Bagian permukaan benda kerja bila dipanaskan sampai temperatur tersebut akan mengalami pelelehan. Dielektrikum yang berada disekitar permukaan benda kerja akan menguap. Karena pelelehan dan penguapan hanya terjadi setempat, sedangkan dielektrikum yang lain tetap dalam kondisi cair maka akan terbentuk gelembung-gelembung uap. Gelembung uap akan membesar seiring dengan kenaikan volume dan tekanan akibat kenaikan temperatur.

Setelah loncatan bunga api listrik terjadi, temperatur yang semula sangat tinggi akan menurun drastis. Penurunan temperatur menyebabkan material yang meleleh akan membeku dan mengakibatkan gelembung uap pecah akibat penurunan volume dan tekanan yang tiba-tiba. Ledakan gelembung uap mengakibatkan terjadinya erosi pada benda kerja karena material yang membeku akan terlempar keluar membentuk serbuk-serbuk halus (geram). Proses pengerosian ini yang mengakibatkan material benda kerja terpotong.

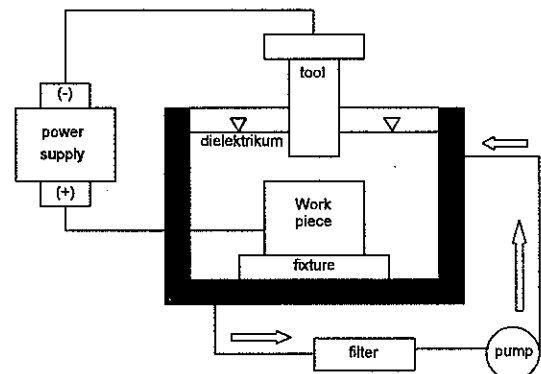
Proses pengerosian yang sama juga terjadi pada permukaan material pahat. Tetapi karena kecepatan elektron yang menumbuk benda kerja lebih tinggi daripada kecepatan

ion positif yang menumbuk pahat, maka erosi yang terjadi pada benda kerja lebih besar daripada erosi yang terjadi pada pahat. Proses pengerosian ini disebut asimetrik. Dengan mengatur parameter pemesinan, proses pengerosian yang terjadi pada benda kerja dapat mencapai sebesar 95% dan pada pahat sebesar 5%.

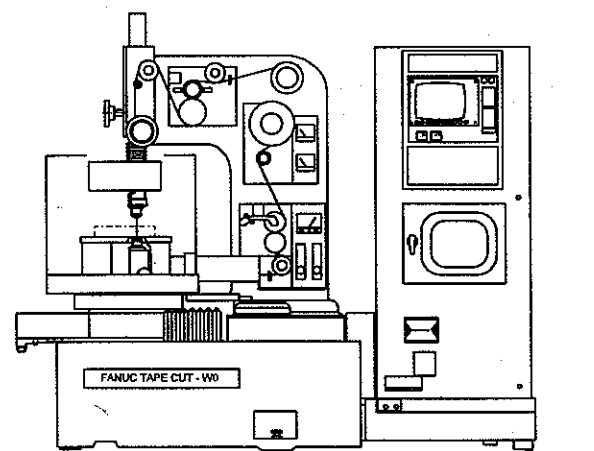
Geram yang dihasilkan proses ini akan terbawa cairan dielektrikum. Cairan dielektrikum yang telah digunakan disaring untuk memisahkan geram, kemudian dialirkan kembali menuju tangki penampungan. Cairan dielektrikum dapat dipakai berulang-ulang sampai mencapai kondisi tertentu dimana harus diganti dengan cairan baru.

PERALATAN - Mesin *Wire EDM* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Wire EDM CNC Fanuc Tape Cut W0²*. Secara skematik mesin *Wire EDM* diperlihatkan pada Gambar (2).

Komponen-komponen yang terlibat dalam proses pemesinan adalah :



Gambar 1 Skematik Proses EDM



Gambar 2 Mesin *Wire EDM*

1. Kawat.
Material kawat yang biasa digunakan berdiameter 0.05 ~ 0.3 mm. Kawat dengan diameter kurang dari 0.1 mm biasanya terbuat dari Tungsten atau Molybdenum sedangkan kawat dengan diameter lebih besar dari 0.1 mm menggunakan material kuningan (*brass*).
Diameter kawat akan mempengaruhi radius profil benda kerja yang akan dibuat, sehingga untuk pemotongan yang cermat diperlukan diameter kawat yang kecil. Konsekuensi penggunaan diameter kawat yang kecil adalah tebal benda kerja yang dapat dipotong menjadi semakin kecil.
2. Benda kerja, berupa material konduktor.
3. Cairan dielektrikum, berupa air dengan tahanan spesifik $1\sim 2 \times 10^4 \Omega \text{ cm}$.
4. Parameter pemesinan.
Parameter pemesinan pada mesin *Wire EDM* terdiri atas :
 - a. *No load voltage (open gap voltage)*.
No load voltage adalah tegangan pada celah antara katoda dan anoda sebelum terjadi loncatan bunga api listrik. Harga *no load voltage* dapat diatur antara 0 ~ 8. Angka ini bukan harga tegangan sebenarnya, tetapi menunjukkan angka yang mewakili besarnya tegangan.
 - b. *Capacitor*.
Harga *capacitor* antara 1 ~ 9 mewakili besarnya energi listrik yang dapat disimpan dalam *capacitor*. Energi ini kemudian akan dilepaskan apabila tegangan antara katoda dan anoda sudah melampaui *break down voltage*.
 - c. *On time*.
On time menyatakan periode terjadinya loncatan bunga api listrik. Harga *on time* dapat diatur pada angka 0 ~ 9.
 - d. *Off time*.
Off time menyatakan periode tidak terjadi loncatan bunga api listrik. Pada saat ini terjadi pengisian kapasitor. Harga *off time* dapat diatur pada angka 1 ~ 199. Semakin besar harga *off time* semakin kecil harga kecepatan pemesinan.
 - e. *Servo voltage*.
Servo voltage mengatur jarak antara katoda dan anoda. Harganya dapat diatur antara 0 ~ 63 , yang mana satu satuan ekuivalen dengan 2 volt. Semakin besar harga *servo voltage* semakin kecil harga kecepatan pemesinan.
 - f. *Wire feed*.
Wire feed mengatur kecepatan kawat atau mengatur putaran *wire feed roller*. Harga *wire feed* dapat diatur antara 1 ~ 10 m/min. Pemilihan harga *wire feed* bergantung pada ketebalan benda kerja.
 - g. *Wire tension*.
Wire tension mengatur tegangan kawat. Harga *wire tension* dapat diatur antara 80 ~ 1500 gram unit. Harga *wire tension* dibatasi oleh diameter kawat, ketebalan benda kerja dan kestabilan proses pemotongan.

MATERIAL BENDA UJI DAN KAWAT -

Material yang digunakan sebagai benda uji adalah Baja Karbon Medium AISI 1148. Material ini digunakan untuk *punch holders, die holders, guide plates, jigs, fixtures* dan

bending dies. Benda uji disiapkan dalam bentuk balok/paralelepipedum dengan ukuran 20 x 10 x 200 mm. Material kawat yang digunakan adalah kuningan dengan diameter 0.2 mm.

PROSEDUR PENGAMBILAN DATA - Benda uji diletakkan pada meja kerja sedemikian rupa sehingga sisi benda uji tegak lurus dengan arah pemotongan. Kemudian parameter pemesinan diatur pada harga yang dipilih. Waktu pemesinan adalah waktu yang dibutuhkan untuk memotong benda uji sepanjang 20 mm pada suatu kombinasi parameter pemesinan. Untuk benda uji yang lain harga parameter diatur dengan ketentuan salah satu harga parameter diubah sedangkan parameter yang lain dipilih tetap pada harga tertentu.

Parameter pemesinan diatur berdasarkan jumlah data yang akan diambil. Data yang dicatat adalah harga parameter pemesinan, waktu pemesinan dan harga kekasaran permukaan. Proses pemesinan diulangi untuk kombinasi parameter pemesinan yang lain (mengubah salah satu dari ketujuh parameter pemesinan, sementara enam parameter lainnya diatur konstan).

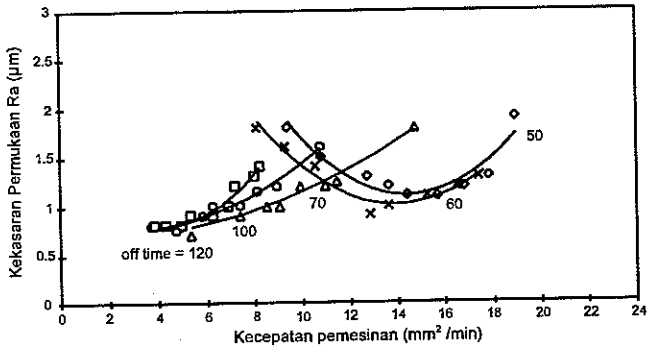
3. HASIL PENGUJIAN

Setelah dilakukan pengujian, dari tujuh parameter pemesinan yang terdapat pada mesin *Wire EDM* hanya lima parameter yang dapat dikombinasikan karena parameter *wire feed* dan *wire tension* sangat kecil pengaruhnya terhadap kecepatan pemesinan dan kekasaran permukaan (untuk diameter kawat dan tebal benda kerja yang sama³ - 3 m/min dan 950 gram unit⁴). Pada penelitian ini *wire feed* dan *wire tension* dipilih harga 3 m/min dan 950 gram unit⁴.

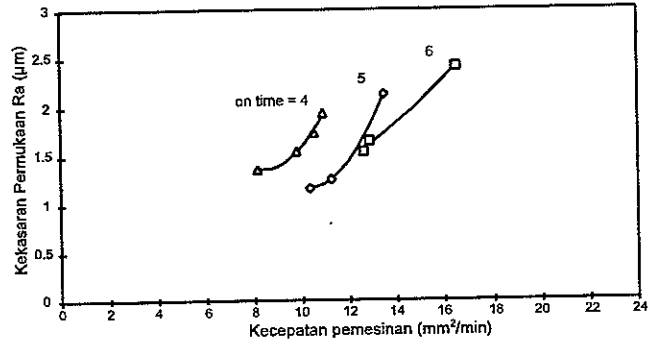
Data waktu pemesinan dan dimensi benda kerja kemudian diolah untuk mendapatkan harga kecepatan pemesinan yang akan digunakan sebagai parameter optimisasi. Parameter optimisasi lainnya adalah kekasaran permukaan, diperoleh dengan melakukan pengukuran permukaan hasil pengerjaan *wire EDM* pada alat ukur kekasaran **TALYSURF**.

Gambar (3) s.d. (13) adalah grafik kekasaran permukaan terhadap kecepatan pemesinan hasil pengujian material AISI 1148 dengan *wire EDM*. Terlihat secara umum bahwa harga kekasaran permukaan akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan pemesinan. Dari pengujian terlihat bahwa parameter *no load voltage* di bawah 5, *capacitor* di bawah 6, *off time* di bawah 50 dan *servo voltage* di atas 15 akan menyebabkan proses pemesinan tidak stabil, seperti alarm menyala, suara dengung yang berfluktuasi, kawat putus dan permukaan benda kerja menjadi kotor akibat reaksi elektrolitik. Kombinasi parameter pemesinan dianjurkan dipilih pada angka-angka selain tersebut di atas.

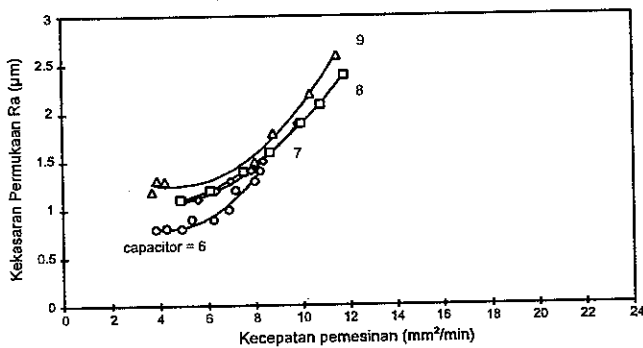
Pemilihan parameter proses bergantung pada parameter kekasaran permukaan atau kecepatan pemesinan yang ingin dicapai. Data yang diperoleh dari hasil pengujian diolah dan ditabelkan sebagai panduan untuk memilih parameter pemesinan optimum untuk mengerjakan AISI 1148 seperti yang dicantumkan dalam Tabel 1 dan 2. Dengan menggunakan parameter-parameter yang tercantum dalam tabel tersebut diharapkan proses pemesinan dapat berlangsung sesuai rencana.



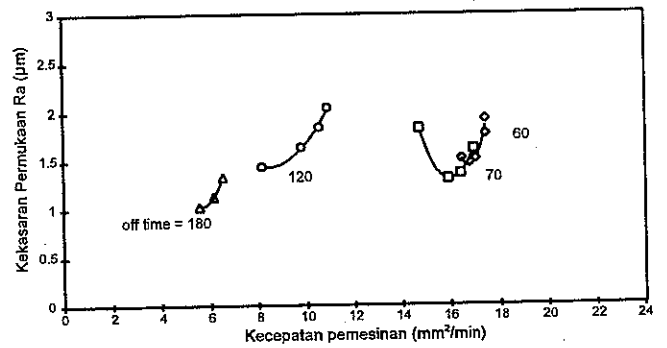
Gambar 3 Grafik untuk *no load voltage* yang berubah pada beberapa harga *off time*



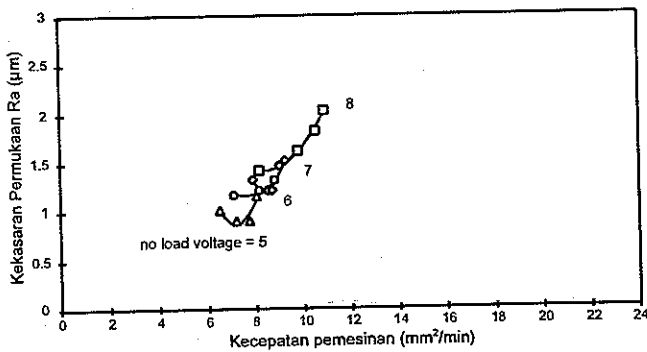
Gambar 6 Grafik untuk *capacitor* yang berubah pada beberapa harga *on time*



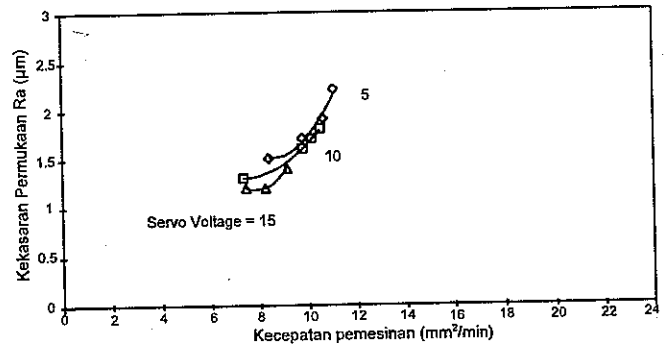
Gambar 4 Grafik untuk *no load voltage* yang berubah pada beberapa harga *capacitor*



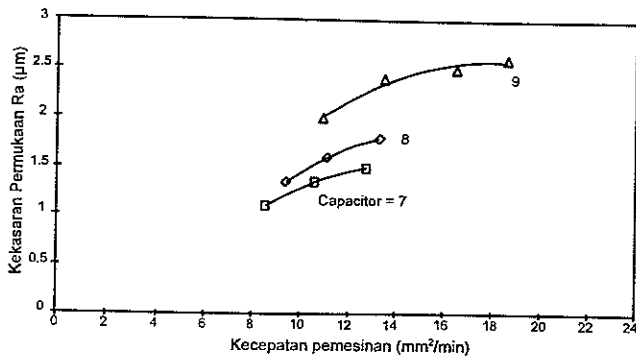
Gambar 7 Grafik untuk *capacitor* yang berubah pada beberapa harga *off time*



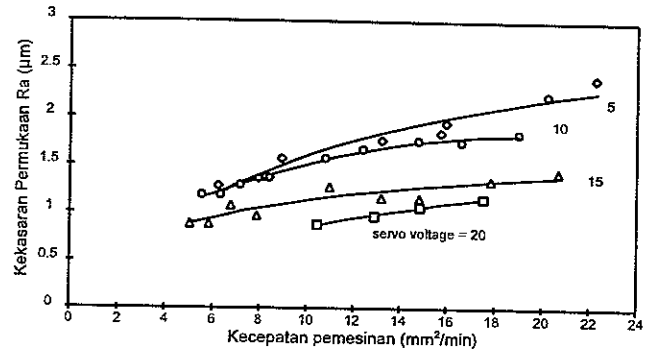
Gambar 5 Grafik untuk *capacitor* yang berubah pada beberapa harga *no load voltage*



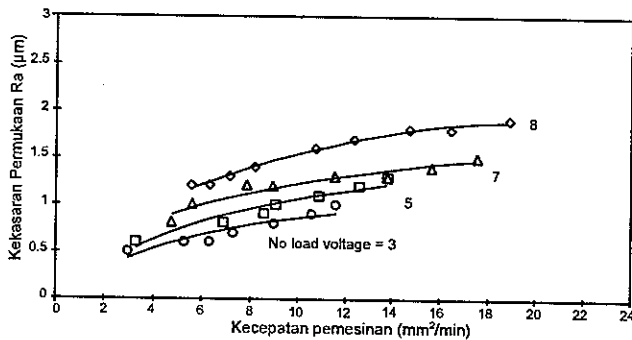
Gambar 8 Grafik untuk *capacitor* yang berubah pada beberapa harga *servo voltage*



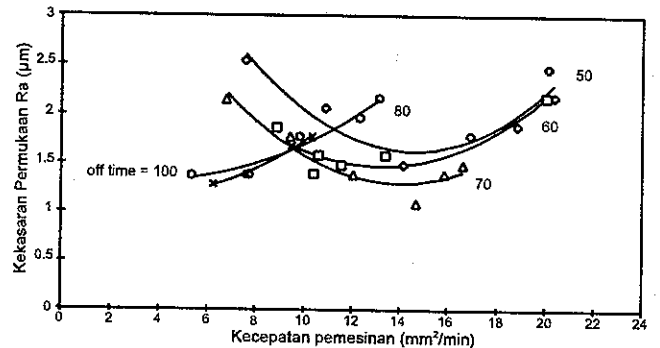
Gambar 9 Grafik untuk *on time* yang berubah pada beberapa harga *capacitor*



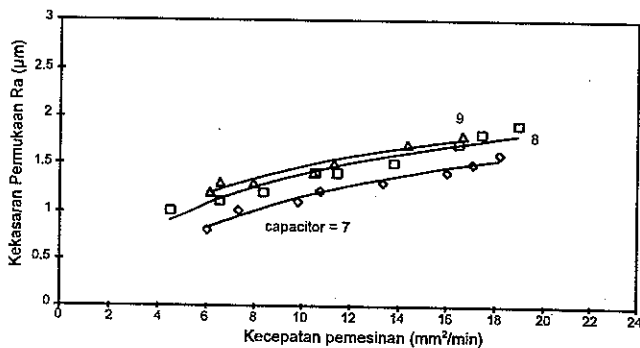
Gambar 12 Grafik untuk *off time* yang berubah pada beberapa harga *servo voltage*



Gambar 10 Grafik untuk *off time* yang berubah pada beberapa harga *no load voltage*



Gambar 13 Grafik untuk *servo voltage* yang berubah pada beberapa harga *off time*



Gambar 11 Grafik untuk *off time* yang berubah pada beberapa harga *capacitor*

4. KESIMPULAN

Data keternesinan yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan untuk proses *Wire EDM* menggunakan material benda kerja AISI 1148 sehingga mencapai proses yang optimum. Keuntungan lain yang diperoleh dengan menggunakan data keternesinan yang optimum adalah proses pemesinan dapat berjalan dengan kontinyu tanpa terjadi ketidakstabilan proses seperti kawat putus dan kerusakan permukaan benda kerja sehingga dapat menghemat waktu dan biaya proses pemesinan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amitabha Bhattacharyya, *New Technology*, The Institution of Engineers (India), Calcutta, India, (1977)
2. Fanuc Ltd., *Fanuc Tape Cut Series (W0/W1/W2) - Operator's Manual*, (1987)
3. Teddy, *Optimisasi Proses Pemesinan EDM Wire Cut CNC*, Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, (1996)
4. Satrio Pinandito, *Optimasi Proses Pemesinan EDM Wire Cut*, Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, (1997)

Tabel 1.

Data Pemesinan untuk Material AISI 1148 dengan Kekasaran Permukaan sebagai Dasar Pemilihan

No.	Kekasaran Permukaan Ra (m)	Kecepatan Pemesinan (mm ² /min)	NLV	C	On	Off	SV	WT	WF
1	0.3	4	5	6	4	120	10	950	3
2	0.4	5	5	6	4	100	10	950	3
3	0.5	7	5	6	4	80	10	950	3
4	0.6	3	7	6	4	199	10	950	3
5	0.7	7	7	6	4	120	5	950	3
6	0.8	9	7	6	4	100	10	950	3
7	0.9	13	5	6	4	60	10	950	3
8	1.0	13	8	6	4	80	5	950	3
9	1.1	16	5	6	4	50	10	950	3
10	1.2	17	6	6	4	50	10	950	3
11	1.5	18	7	6	4	50	10	950	3
12	1.6	17	8	6	4	50	15	950	3
13	1.7	17	8	9	4	70	10	950	3
14	1.8	18	8	7	4	50	10	950	3
15	2.0	20	8	6	4	60	5	950	3
16	2.1	6	8	9	4	180	10	950	3
17	2.2	9	8	8	4	120	10	950	3
18	2.3	6	8	8	4	180	10	950	3
19	2.4	14	8	9	5	120	10	950	3
20	2.5	22	8	6	4	50	10	950	3

NLV : No Load Voltage
 C : Capacitor
 On : On Time
 Off : Off Time
 SV : Servo Voltage
 WT : Wire Tension
 WF : Wire Feed

Tabel 2.

Data Pemesinan untuk Material AISI 1148 dengan Kecepatan Pemesinan sebagai Dasar Pemilihan

No.	Kecepatan Pemesinan (mm ² /min)	Kekasaran Permukaan Ra (m)	NLV	C	On	Off	SV	WT	WF
1	3	0.3	5	6	4	140	10	950	3
2	4	0.3	5	6	4	120	10	950	3
3	5	0.4	5	6	4	100	10	950	3
4	7	0.5	5	6	4	80	10	950	3
5	8	0.8	5	9	4	120	10	950	3
6	9	0.8	7	6	4	80	10	950	3
7	12	1.0	3	6	4	50	10	950	3
8	13	0.9	4	6	4	60	10	950	3
9	15	1.1	6	6	4	60	10	950	3
10	16	1.1	5	6	4	50	10	950	3
11	17	1.2	6	6	4	50	10	950	3
12	18	1.5	7	6	4	50	10	950	3
13	20	2.0	8	6	4	60	5	950	3
14	22	2.5	8	6	4	50	10	950	3

NLV : No Load Voltage
 C : Capacitor
 On : On Time
 Off : Off Time
 SV : Servo Voltage
 WT : Wire Tension
 WF : Wire Feed