

KARAKTERISTIK PERMUKAAN BAJA PERKAKAS HASIL PROSES ELEKTRO DISCHARGE MACHINING (EDM)

Sigit Yoewono, *)

I. PENDAHULUAN

EDM adalah proses pemotongan dimana proses pengikisan material dilakukan oleh loncatan bunga api listrik antara dua buah elektroda yaitu pahat dan benda kerja dalam suatu medium dielektrik.

Proses pengerjaan dengan EDM telah berkembang mantap menjadi suatu proses pemesinan yang maju, terutama untuk pembuatan benda kerja dengan bentuk-bentuk yang rumit.

Proses EDM sekarang telah menjadi salah satu bagian yang penting dalam pembuatan perkakas dan cetakan. Hal ini tidak dipungkiri lagi sejak penerapannya dalam meningkatkan produktivitas pembuatan perkakas dan cetakan. Namun demikian EDM di dalam penggunaannya membawa sejumlah masalah. Salah satu masalahnya adalah dalam optimisasi parameter-parameter prosesnya, agar dapat menghasilkan proses EDM yang diharapkan ditinjau dari kecepatan pemakanan, keausan pahat, kehalusan permukaan yang dihasilkan, dan sebagainya.

Masalah lain yang tak diinginkan dari proses EDM adalah kerusakan pada permukaan benda kerja. Proses pemotongan dihasilkan karena terjadinya erosi pada benda kerja dan juga pada pahat (meskipun lebih kecil) dimana mekanisme keausan pada pahat (elektroda) sangat dipengaruhi oleh panas. Untuk baja perkakas, yang memiliki toleransi yang rendah terhadap panas yang masuk, kerusakan panas yang disebabkan oleh EDM dapat memperpendek umur perkakas, terutama pada bagian-bagian yang mengalami fluktuasi beban thermal yang cepat, (misalnya cetakan plastik) atau beban kejut yang berat (misalnya cetakan untuk tempa dan stamping). Opitz [1] menyebutkan bahwa kekasaran permukaan yang baik hasil pekerjaan EDM adalah $1 \mu\text{m}$ dan permukaan yang kasar berkisar antara $40 \mu\text{m} - 50 \mu\text{m}$ dinyatakan dalam bentuk kedalaman total (R_t).

Permukaan benda kerja yang dikerjakan dengan proses EDM akan mengalami perubahan struktur dan dapat dibedakan dalam 4 lapisan yaitu :

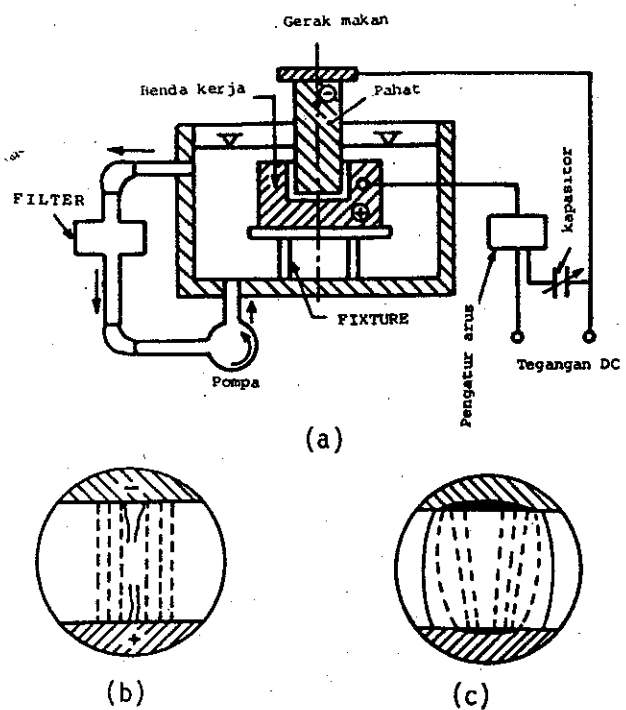
- Lapisan tepi luar (white layer)
- Lapisan tengah, yang mengalami pengerasan
- Lapisan transisi, yang mengalami pelunakan
- Lapisan material induk.

II. KARAKTERISTIK PERMUKAAN

Untuk kejadian-kejadian pada proses EDM secara garis besar adalah :

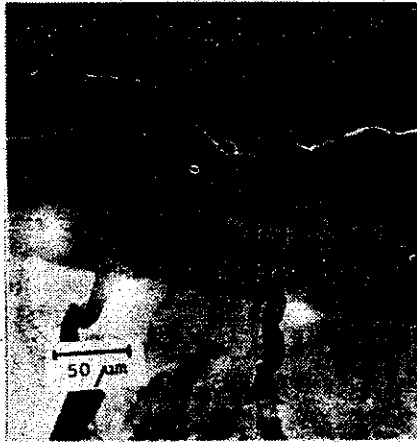
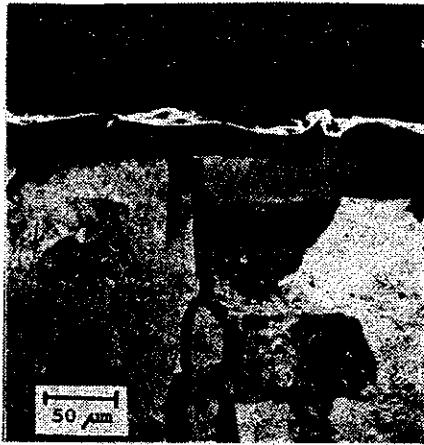
1. Terbentuknya saluran ion pada celah antara pahat dan benda kerja akibat adanya tegangan yang diberikan pada kedua elektroda yang terendam dalam cairan dielektrikum.
2. Pelepasan bunga api listrik, dimana aliran elektron menabrak anoda dan ion-ion positif menghantam katoda.
3. Pencairan setempat (lokal) dan penguapan sebagian permukaan benda kerja.

Secara skematis proses EDM dan kejadian-kejadian yang disebutkan di atas dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. a. Skematis mesin EDM
b. Saluran ion yang terbentuk di antara pahat dan benda kerja dan pelepasan bunga api listrik.
c. Pencairan setempat.

*) Lab. Metrologi Jurusan Mesin ITB.



Gambar 2. Permukaan Material baja perkakas hasil pengerjaan EDM

Di bawah mikroskop dapat dilihat permukaan material dengan bentuk-bentuk kawah dan retak-retak halus (gambar 2) pada beberapa tempat. Bentuk geometri dari kawah yang dihasilkan dari proses EDM banyak dipengaruhi oleh energi bunga api listrik yang diberikan.

Terjadinya retak-retak halus dan kawah disebabkan oleh :

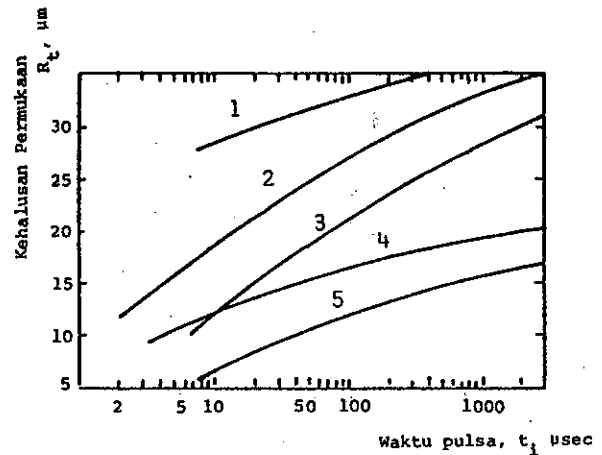
1. Temperatur bunga api listrik yang tinggi dan pendinginan yang cepat selama proses berlangsung.
2. Adanya desakan dari gas yang terperangkap di bawah lapisan tepi luar (white layer).

Untuk menganalisa permukaan benda kerja hasil proses EDM dapat dilakukan tidak hanya dari aspek metalurgis tetapi dapat pula dilihat dari aspek topografi.

Dalam paper ini akan ditinjau hubungan antara kekasaran permukaan hasil proses pemotongan kasar dengan kekasaran permukaan hasil proses pemotongan halus, dimana proses pemotongan halus dilakukan pada material hasil proses pemotongan kasar.



Gambar 3. Profil skematik hasil pengerjaan EDM



Gambar 4. Pengaruh waktu pulsa pada kekasaran permukaan.

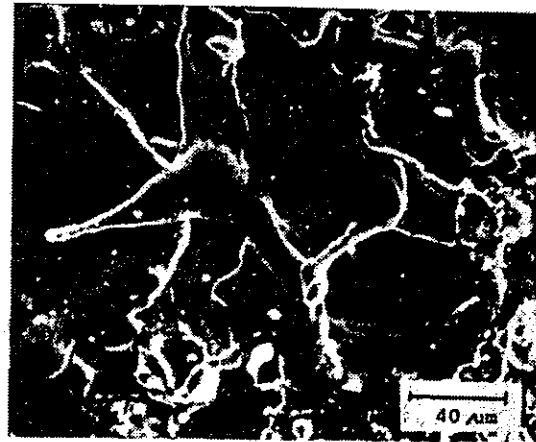
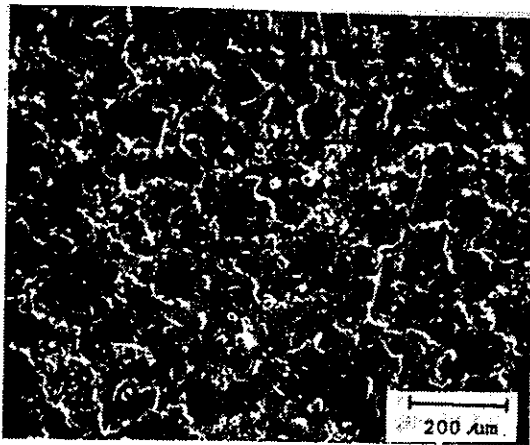
1. AISI 4140, $U_o = 40$ V, $i_f = 19$ A, pahat : Graphite (-)
2. AISI 8120, $U_o = 40$ V, $i_f = 34$ A, pahat : Cu (+)
3. AISI 4140, $U_o = 40$ V, $i_f = 19$ A, pahat : Cu (+)
4. AISI 1045, $U_o = 40$ V, $i_f = 15$ A, pahat : Graphite (-)
5. AISI 1095, $U_o = 40$ V, $i_f = 10$ A, pahat : Cu (+)

Permukaan hasil proses kasar dan pengerjaan lanjut dengan proses halus secara skematik diperlihatkan pada gambar 3.

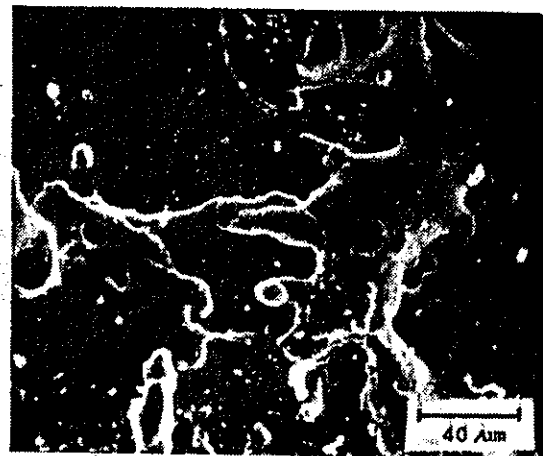
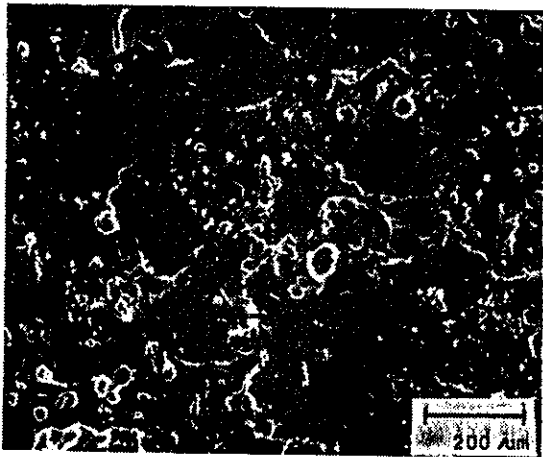
Pada gambar 4 diberikan kekasaran permukaan (R_t) terhadap waktu pulsa dari beberapa material baja perkakas. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya waktu pulsa akan menambah harga kekasaran permukaan.

Sebagai bahan pembahasan digunakan baja perkakas AISI D2 (C 15%, Cr 12%, Mo 1.0%), dipanaskan sampai temperatur 1060°C , didinginkan di udara sehingga mencapai harga kekerasan rata-rata $50 R_c$. Untuk memperlihatkan tekstur permukaan pada material baja perkakas hasil proses EDM, beberapa peneliti menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM), seperti yang diperlihatkan gambar 5, 6, 7.

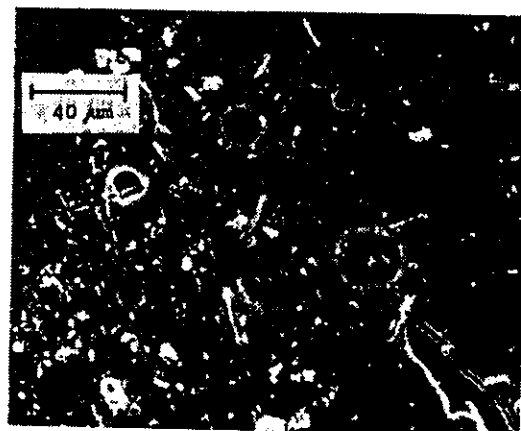
Dalam gambar 5, permukaan yang relatif halus diperoleh untuk waktu pulsa $6,0 \mu\text{sec}$.



Gambar 5. Bentuk permukaan baja perkakas AISI D2
Pahat : Cu (+), $U_o = 40$ V, $i_f = 40$ A,
 $t_i = 6,0$ μ sec.



Gambar 6. Bentuk permukaan baja perkakas AISI D2
Pahat : Cu (+), $U_o = 40$ V, $i_f = 40$ A,
 $t_i = 80$ μ sec.



Gambar 7. Bentuk permukaan baja perkakas AISI D2
Pahat : Cu (+), $U_o = 40$ V, $i_f = 40$ A,
 $t_i = 2800$ μ sec.

Bucklow dan Cole [5] menyatakan bahwa perbandingan diameter dan kedalaman kawah berkisar antara 5 sampai dengan 50 dengan harga diameter kawah antara $1 \mu\text{m}$ sampai dengan $20 \mu\text{m}$.

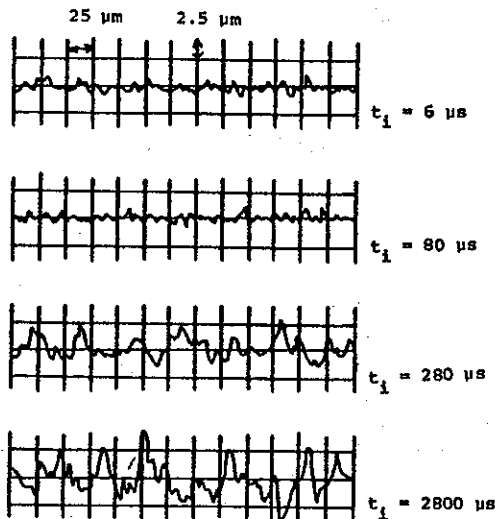
Waktu pulsa yang lebih besar ($80 \mu\text{sec}$) akan menghasilkan kawah yang lebih besar $\pm 400 \mu\text{m}$ (gambar 6). Bila waktu pulsa dinaikkan menjadi $2800 \mu\text{sec}$, maka lebar kawah menjadi sangat besar dan timbul retak-retak pada permukaan material (gambar 7).

Dari gambar SEM di atas dapat diambil kesimpulan bahwa waktu pulsa yang besar tidak diinginkan karena akan menghasilkan retak pada permukaan. Untuk menganalisa konfigurasi permukaan dilakukan pula analisa topografi dengan menggunakan stylus.

Sebenarnya pengukuran konfigurasi permukaan dengan menggunakan stylus sangat kurang keandalannya karena hasil pengukuran akan bergantung kepada diameter stylus, cut off, panjang pengukuran dan kadangkala lokasi pengukuran pada permukaan material yang hendak diukur. Namun demikian stylus adalah alat yang sederhana untuk mengevaluasi konfigurasi permukaan.

Pengukuran konfigurasi permukaan dengan menggunakan stylus yang sensitif (Talysurf) pada material baja perkakas tersebut di atas diperlihatkan pada gambar 8.

Setelah mengalami proses pengerjaan EDM kasar dilakukan pula proses pengerjaan EDM halus pada benda kerja yang sama. Beberapa peneliti [2, 3, 4] dengan menggunakan SEM memperlihatkan keadaan permukaan material seperti yang

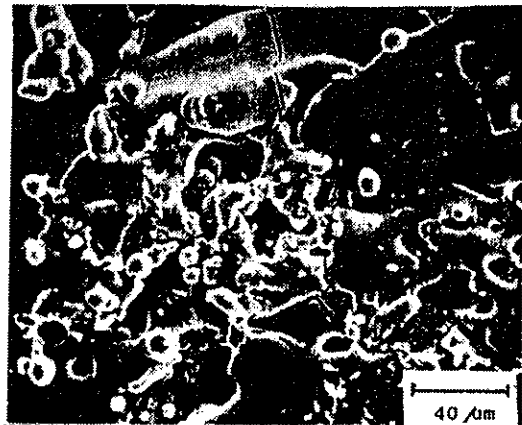
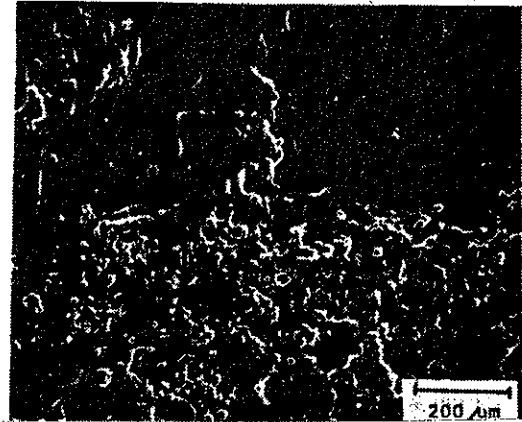


Gambar 8. Profil permukaan baja perkakas AISI D2, untuk waktu pulsa yang berbeda-beda.

diberikan pada gambar 9, 10, 11.

Proses pengerjaan EDM halus ini dilakukan dengan memberikan waktu pulsa yang tetap sedangkan waktu pelepasan bunga api listrik diubah yaitu ; 10, 120 dan $300 \mu\text{sec}$.

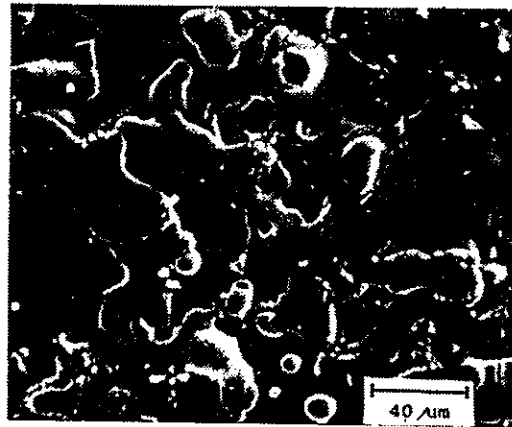
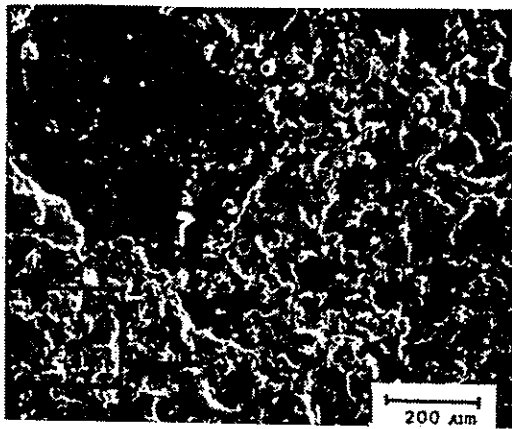
Dengan meningkatnya waktu pelepasan bunga api listrik maka karakteristik permukaan menjadi lebih baik. Hal ini disebabkan karena untuk waktu pelepasan bunga api listrik yang kecil ($10 \mu\text{sec}$), pelepasan bunga api listrik hanya mempengaruhi bagian permukaan material yang dekat dengan elektroda pahat (bagian puncak), sedangkan bagian



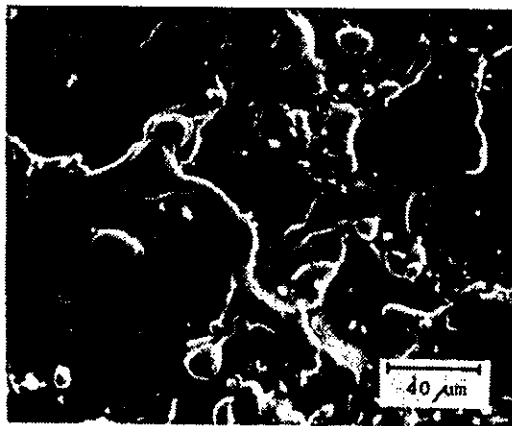
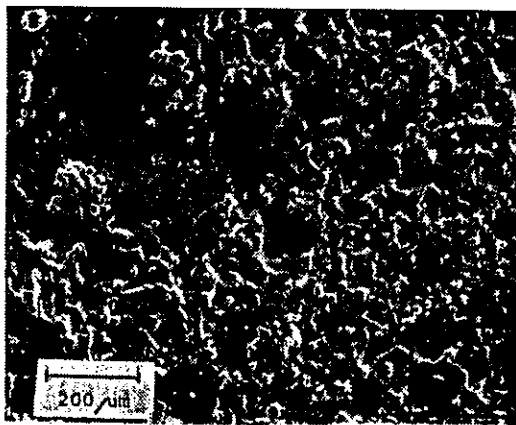
Gambar 9. Bentuk permukaan baja perkakas AISI D2 hasil proses EDM halus Pahat : Cu (+), $U_0 = 40 \text{ V}$, $i_f = 40 \text{ A}$, $t_e = 10 \mu\text{sec}$.

lembah dari permukaan belum sempat dipengaruhi. Menurut Kahng, efek dari waktu pelepasan bunga api listrik pada proses EDM terhadap kekasaran permukaan diperlihatkan pada gambar 12 untuk jenis material yang sama seperti yang diberikan pada gambar 4.

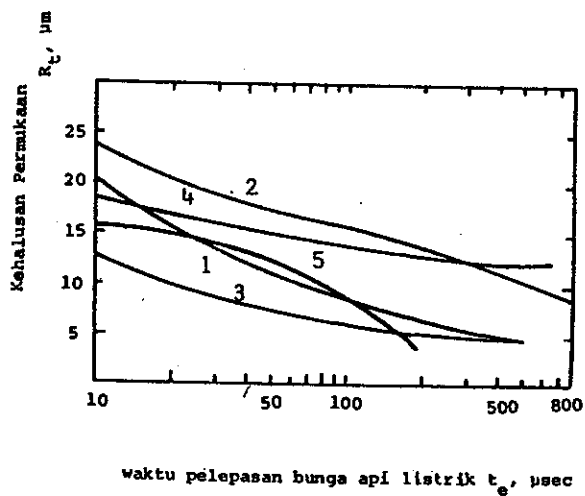
Hasil pengamatan konfigurasi permukaan hasil proses EDM halus dengan menggunakan stylus diperlihatkan pada gambar 13.



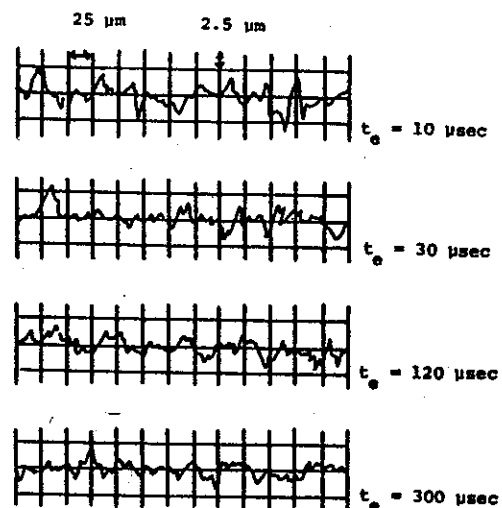
Gambar 10. Bentuk permukaan baja perkakas AISI D2.
Pahat : Cu (+), $U_o = 40$ V, $i_f = 40$ A,
 $t_e = 120$ μ sec.



Gambar 11. Bentuk permukaan baja perkakas AISI D2.
Pahat : Cu (+), $U_o = 40$ V, $i_f = 40$ A,
 $t_e = 300$ μ sec.



Gambar 12. Pengaruh waktu pelepasan bunga api listrik pada kehalusan permukaan pada proses EDM halus.



Gambar 13. Profil permukaan baja perkakas AISI D2 hasil proses EDM halus pada material hasil proses EDM kasar untuk waktu pelepasan bunga api listrik yang berbeda-beda.

III. KESIMPULAN

Perkakas dan cetakan yang dibuat dengan proses EDM biasanya akan mengalami beban-beban fatigue, kejut dan thermal.

Bila kerusakan permukaan, seperti retak-retak dan tegangan sisa tidak dihilangkan selama proses pembuatan dengan EDM maka umur perkakas dan cetakan tersebut akan menurun.

Pemakai EDM memandang bahwa kekasaran permukaan dipakai sebagai indikasi dari kerusakan permukaan dan penentuan kerusakan pada lapisan-lapisan permukaan.

Dengan menjaga waktu pulsa yang sekecil mungkin dan konstan, kemudian waktu pelepasan bunga api listrik yang cukup besar maka diharapkan lapisan tepi luar (white layer) yang mungkin mengandung retak-retak dapat dihilangkan. Untuk itu dalam pembuatan perkakas dan cetakan perlu dilakukan dua langkah pengerjaan yaitu, pengerjaan kasar untuk mendapatkan kecepatan pemotongan material (Rate of Metal Removal) yang besar, kemudian diikuti dengan pengerjaan halus sehingga dapat diperoleh kekasaran permukaan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Opitz, H., "New Developments in Spark Erosion Machining", *microtecnic*, Vol 13, No. 4, PP 147-153, 1959.
2. Kahng, C.H. and Rajurkar, K.P., "Surface Characteristics Behaviour Due to Rough and Fine Cutting by EDM" *Annals CIRP*, 25, 77-82, 1977.
3. Lee, L.C., "Surface Characteristics of Electro Discharge Machined Tool Steels", *Proceeding CIRP-UNESCO Conference*, 1985.
4. Barasch, M.M., "Effect of EDM on the Surface Properties of tool and Die Steels", *Metals Quarterly*, ASM, Nov, PP 48-51, 1965.
5. Bucklow, I.A and Cole. M., "Spark Machining" *Metallurgical Reviews*. Vol. 3, No. 6, June, 1969.