

JURNAL TEKNO

Volume 17

Nomor 1

Maret 2012

ISSN 1693 - 8739

TEKNO

JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO DAN KEJURUAN

TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS NEGERI MALANG

TEKNO

JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO DAN KEJURUAN

KETUA PENYUNTING

Tri Atmaji Sutikno

WAKIL KETUA PENYUNTING

Setiadi Cahyono Putro

PENYUNTING PELAKSANA

Wahyu Sakti Gunawan Irianto

Muladi

Ahmad Fahmi

Sujito

PENYUNTING AHLI

Amat Mukhadis (Universitas Negeri Malang)

Achmad Sonhadji (Universitas Negeri Malang)

Paryono (Universitas Negeri Malang)

M. Isnaeni (Universitas Gadjah Mada)

Soeharto (Universitas Negeri Yogyakarta)

Sumarto (Universitas Pendidikan Indonesia Bandung)

Budiono Ismail (Universitas Brawijaya)

Oscar Mangisengi (Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

TATA USAHA

Triyanna Widiyaningtyas

M Zainal Arifin

ALAMAT REDAKSI : Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang. Jawa Timur, Telp. 0341 - 551312 psw 304, 0341 - 7044470, Fax : 0341 - 559581 E-mail: sujitoum04@yahoo.com, zainal@um.ac.id

Jurnal Ilmiah **TEKNO** diterbitkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, Terbit pertama kali pada tahun 2004 dengan judul **TEKNO**

Jurnal Ilmiah **TEKNO** diterbitkan dua kali dalam setahun. yaitu pada bulan Maret dan September Redaksi menerima artikel hasil penelitian atau analisis konseptual. Redaksi sepenuhnya berhak menentukan suatu artikel layak/tidak dimuat. dan berhak memperbaiki tulisan selama tidak merubah isi dan maksud tulisan. Naskah yang tidak dimuat tidak dikembalikan dan setiap artikel yang dimuat akan dikenai biaya cetak.

Jurnal Ilmiah **TEKNO** diterbitkan di bawah pembinaan Tim Pengembangan Jurnal Universitas Negeri Malang. **Pembina :** Suparno (Rektor). **Penanggung Jawab:** Pembantu Rektor I, Ketua : Ali Saukah. **Anggota:** Suhadi Ibnu. Amat Mukhadis. Mulyadi Guntur Waseno. Margono Staf Teknis : Aminarti S. Wahyuni, Ma'arif. **Pembantu Teknis :** Stefanus Sih Husada. Sukarto Akhmad Munir.

TEKNO

JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO DAN KEJURUAN

Daftar Isi

<i>M Jauharul Fuady</i>	Penerapan Query Expansion Pada Multilingual Text Retrieval	1 – 8
<i>Ella Lalfakhiroh Tri Atmadji</i>	Implementasi Metode Pembelajaran Think Pair Share (TPS) Untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Mata Pelajaran Teknik Komputer dan Jaringan	9 – 16
<i>Devita Syam Ekaputri Hari Putranto</i>	Penerapan Metode <i>Project Based Learning</i> Dengan Strategi <i>Team Teaching</i> Untuk Meningkatkan Motivasi, Keaktifan, dan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Produktif Multimedia	17 – 26
<i>Hardini Ratna Puspitawati Heru Wahyu Herwanto</i>	Perancangan Sistem Informasi Inventarisasi Laboratorium Berbasis Web	27 – 32
<i>Laila Nurwahyunita Suwasono</i>	Penerapan Model Pembelajaran Perpaduan <i>Numbered Heads Together</i> (NHT) dan <i>Problem Based Learning</i> (PBL) Untuk Meningkatkan Keaktifan Siswa	33 – 38
<i>Wahyu Nugraha Putra Sujono</i>	Perbedaan Hasil Belajar TIK Menggunakan Model Kooperatif Tipe <i>Team Games Tournament</i> (TGT) Dengan Model <i>Direct Instruction</i> (DI) Pada Materi Menggunakan Rumus dan Fungsi Openoffice.Org Calc	39 – 42
<i>Aripriharta Rini Nur Hasanah Teguh Utomo</i>	Pemodelan <i>SVPWM Inverter</i> Sebagai Penggerak Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Berbasis Metode <i>Vector Control</i>	43 – 48
<i>Triyanna Widiyaningtyas</i>	Desain dan Implementasi Jurnal Perkuliahan Berbasis Web Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang	49 – 58
<i>Oktaviani Indria Purnama Setiadi Cahyono Putro</i>	Pengaruh Faktor Keaktifan Dan Variasi Metode Pembelajaran Terhadap Hasil Belajar Dasar Pemrograman Pascal	59 – 65
<i>Roni Prastya Aditama Mahros Darsin Sumarji</i>	Sumarji, Perubahan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI H13 Akibat Variasi Arus Pada Proses <i>Electrical Discharge Machining</i> (EDM) <i>Sinking</i> Menggunakan Elektroda Grafit	66 – 72

Pengantar Redaksi

TEKNO....

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, bahwa Jurnal **TEKNO** Jurnal Teknologi Elektro dan Kejuruan edisi Volume 17 Nomor 1 Maret 2012 telah terbit sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

TEKNO adalah sebuah Jurnal Ilmiah yang diterbitkan oleh Teknik Elektro Universitas Negeri Malang. Jurnal ini merupakan salah satu media bagi para insan intelektual untuk mempublikasikan hasil penelitian ataupun konseptual pada bidang elektro dan kejuruan.

Dengan adanya media Jurnal Ilmiah **TEKNO** yang terbit secara berkala, diharapkan semakin menumbuhkan budaya menulis di kalangan civitas akademika dan membuat suasana akademis semakin berkembang, baik dalam pengajaran ataupun penelitian.

Ada 10 artikel yang terpilih dan dimuat pada edisi ini meliputi bidang Instrumentasi, Kendali, Sistem Radar, Sistem Tenaga dan Informatika. Kami ucapkan terima kasih kepada para pengirim artikel pada umumnya, dan ucapan selamat kepada pengirim artikel yang dimuat pada edisi ini.

Segala usaha terus-menerus dilakukan, baik aspek substansi maupun tampilan. Mudah-mudahan semua upaya yang dilakukan mampu meningkatkan kualitas Jurnal **TEKNO** secara bertahap, sesuai dengan rambu-rambu akreditasi jurnal nasional, dan sebagai media ilmiah bidang teknologi elektro dan kejuruan yang efektif dan efisien di Indonesia.

Walaupun kami telah berupaya secara maksimal disadari kekurangan mungkin masih terjadi. Oleh karena itu, apabila ada saran atau masukan perbaikan dari pembaca demi peningkatan kualitas jurnal ini sangat diharapkan. Atas segala saran dan masukan perbaikan kami ucapkan terima kasih.

Malang, Maret 2012
Redaksi

**PERUBAHAN NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO
BAJA AISI H13 AKIBAT VARIASI ARUS PADA PROSES
ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING (EDM) SINKING
MENGUNAKAN ELEKTRODA GRAFIT**

Ronny Prastya Aditama, Mahros Darsin, Sumarji

Abstrak: EDM (Electrical Discharge Machining) is the process of the workpiece with a spark jumps that occur in the gap between the electrode and the workpiece is immersed in a dielectric fluid and occur periodically. Material for die casting mold is generally made of tool steel (Tool Steel) AISI type H13 is processed using the EDM. This material is well known of its hardness and its toughness. The research aim is to determine current of EDM in finding the best hardness and its microstructure. In this study the current was varied 6, 9 and 12 amperes. While the other parameters held constantly. Observation shows that the highest hardness value of 689 VHN in the white layer when the current applied is 12 amperes. Whereas, the lowest hardness of 388.6 VHN at the side when using current of 6 amperes. The higher the current applied, the higher the temperature of the process. Consequently, it would enriched the carbon from melting electrode and dielectric fluids in the white layer. At last, the formed layer will contain more carbon than carbide (Fe_3C). In fact, increasing hardness in the white layer was not followed by increasing hardness in the layer below white layer as the heat was quickly removed by dielectric fluid. The recommended current to be used is 6 ampere; even though the hardness of the white layer is not optimum one but the white layer formed is the continuous one. In fact, the continuous white layer promising the longer life time of the mold.

Keywords: EDM, white layer, crack

Perkembangan teknologi pemesinan disebabkan oleh penemuan material baru yang kompleks sehingga dituntut adanya material perkakas yang lebih baik serta perlunya komponen dengan tingkat kepresisian yang sangat tinggi. Hal tersebut menuntut adanya suatu mesin perkakas yang baru yaitu EDM (*Elektrical Discharge Machining*). Proses EDM adalah proses pengerjaan benda kerja dengan sejumlah loncatan bunga api yang terjadi pada celah antara elektrode dan benda kerja yang terendam dalam fluida dielektrik dan terjadi secara periodik. Teknologi EDM ini makin banyak digunakan di industri manufaktur untuk *mold* maupun proses permesinan material yang sangat kuat dan keras seperti *tool steel* dan *advance* material dengan menghasilkan produk yang mempunyai

kepresisian yang tinggi, bentuk rumit, dan kualitas permukaan yang baik.

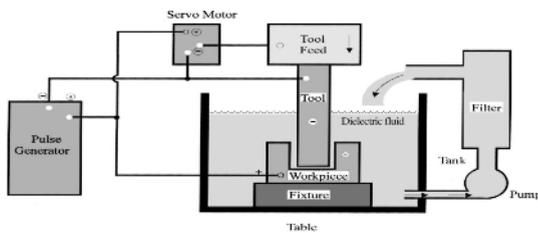
Proses *die casting* digunakan untuk pembuatan berbagai macam *spare parts* otomotif dari bahan aluminium yang dijalankan secara otomatis maupun manual sesuai dengan kebutuhan operator. Salah satu bagian yang penting dari *die casting* adalah *mold* yang berfungsi sebagai membentuk benda kerja yang dibuat. Material *mold* untuk *die casting* umumnya terbuat dari baja perkakas (*Tool Steel*) tipe AISI H13 yang diproses menggunakan EDM. Material ini dipilih karena nilai kekerasannya dan nilai impaknya juga optimum.

Salah satu komponen mesin EDM yang penting adalah elektroda. Grafit merupakan allotropi karbon yang mempunyai pori dan konduktivitas termal yang tinggi sehingga dapat berfungsi se-

bagai penghantar arus sehingga dapat digunakan sebagai elektroda grafit. Grafit merupakan bahan non logam relatif baru yang dapat digunakan sebagai elektroda. Meskipun umur pakai dari tool tersebut sangat pendek namun kecepatan penyayatannya lebih cepat dibandingkan dengan tool dari berbagai logam lainnya.

EDM (*Electrical Discharge Machining*)

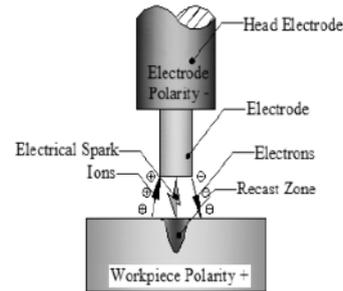
Proses EDM (*Electrical Discharge Machining*) adalah proses pengerjaan benda kerja dengan sejumlah loncatan bunga api yang terjadi pada celah antara elektrode dan benda kerja yang terendam dalam fluida dielektrik dan terjadi secara periodik. Setiap bagian-bagian dari mesin EDM perlu diperhatikan penggunaannya agar menghasilkan produk yang sesuai dengan yang diharapkan. Bagian-bagian dari mesin EDM dapat dilihat seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Komponen Mesin EDM

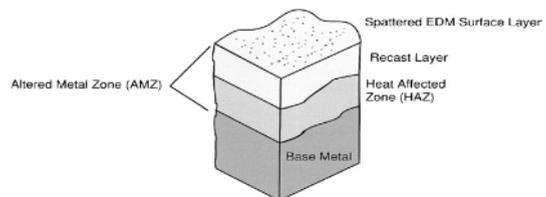
Proses EDM ditunjukkan pada Gambar 2, diawali dengan loncatan bunga api listrik yang mempunyai energi yang tinggi dan akan menumbuk benda kerja sehingga permukaan benda kerja maupun pahat akan mengalami kenaikan suhu yang tinggi kurang lebih 8000–12.000 °C panas tersebut cukup untuk membuat benda kerja maupun elektroda meleleh dan terjadi penguapan. Setelah terjadi loncatan bunga api listrik, maka aliran listrik terhenti sesaat, sehingga menyebabkan penurunan temperatur secara mendadak yang disebabkan oleh cairan dielektrik, hal ini mengakibatkan lelehan material benda kerja maupun pahat akan membeku de-

ngan cepat dan gelembung gas akan mengkerut, sehingga terpancar keluar dari permukaan dan meninggalkan bekas berupa kawah-kawah.



Gambar 2. Prinsip Kerja EDM

Struktur mikro hasil proses EDM terdapat tiga jenis lapisan yaitu *white layer*, HAZ, converted layer. *White layer* merupakan lapisan yang telah mengalami proses discharge, pada lapisan ini ditemukan struktur pemadatan kaya karbon. HAZ terbentuk karena adanya pemanasan cepat dan siklus pendinginan selama proses EDM. Siklus pemanasan-pendinginan dan tersebarnya bahan selama permesinan mengakibatkan adanya tegangan sisa termal, kelemahan batas butir, dan retak batas butir. Struktur mikro hasil proses EDM dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Mikro Hasil Proses *Electrical Discharge Machining* (EDM)

Baja Baja AISI H13

Baja karbon merupakan paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C) dengan sedikit unsur Si, P, Mn, S dan Cu. Baja karbon menurut komposisi kimianya dibedakan menjadi sebagai berikut. Baja karbon rendah 0,05–0,3% C (*low carbon steel*). Sifatnya mudah ditempa dan mudah dimesin. Baja karbon menengah 0,3 – 0,5% C (*medium carbon steel*). Kekuatan

lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Baja karbon tinggi 0,60 – 1,50% C (*high carbon steel*). Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas, dipotong.

Baja AISI H13 merupakan baja karbon menengah karena mempunyai kandungan karbon sebesar 0,38% C. Baja ini merupakan jenis *hot work tool steel* yang ekuivalen dengan SKD61, DIN 1.2344, SS 2242, BS BH13. AISI H13 memiliki kekerasan sebesar 179 BHN yang sering digunakan untuk material *die* untuk *die casting* karena memiliki kekerasan dan nilai impak optimum untuk cetakan *die casting*.

Struktur baja dibedakan menjadi tiga bentuk utama, yaitu:

1. *Ferrite* yaitu kristal besi murni, terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. *Ferrite* merupakan bagian baja yang paling lunak. *Ferrite* murni tidak akan cocok digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.
2. Karbida besi (Fe_3C), mengandung 6,7% karbon. *Cementite* dalam baja merupakan unsur yang paling keras (Fe_3C lebih keras 270 kali dari besi murni).
3. *Pearlite*, merupakan campuran erat antara *ferrite* dan *cementite* dengan kandungan zat arang sebesar 0,8%. Kristal *ferrite* terdiri dari serpihan *cementite* halus yang memperoleh penempatan saling berdampingan dalam lapisan tipis mirip lamel.

METODE

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian adalah baja AISI H13 dengan dimensi panjang 30 mm, lebar 30 mm dan tinggi 10 mm. Elektroda grafit diameter shoulder 10 mm, diameter pin 20 mm, dan pan-

jang pin 10 mm. Mesin EDM tipe Jiann Sheng NCF 304 N. Pasta pembersih (autosol), resin dan hardener, mesin poles, cairan nital 40%. Mesin uji digital digital *Micro Vickers Hardness Tester* tipe TH712 dengan beban 0,95 kg dan Mikroskop Metalografi *Olympus BX41M*

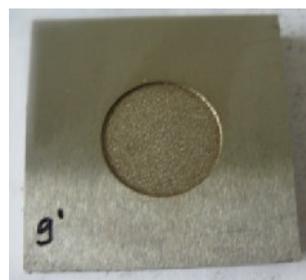
Prosedur Pengujian

Mempersiapkan bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian kemudian meletakkan benda kerja yang sesuai di atas ragam mesin EDM. Parameter arus yang digunakan adalah 6 ampere, 9 ampere dan 12 ampere. Setiap parameter dilakukan 3 kali pengulangan. Setelah proses EDM benda kerja dibersihkan kemudian pembuatan spesimen untuk pengujian sesuai standar ASTM. kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan uji struktur mikro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Proses EDM

Hasil proses *electrical discharge machining* ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Hasil proses EDM

Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan pada tiap spesimen hasil proses EDM dengan variasi arus. Table 1 dan Tabel 2 menunjukkan data hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan uji kekerasan vickers,

kemudian pada Gambar 5 menunjukkan grafik perbandingan kekerasan raw material dan hasil proses EDM variasi arus.

Tabel 1. Data Kekerasan Raw Material (VHN)

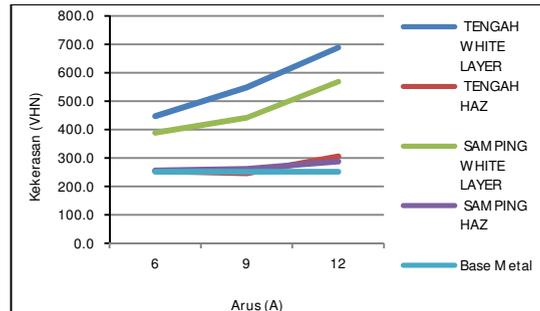
Spesimen	Kekerasan
1	234,5
2	269,2
3	251,1
Rata-Rata	251,6

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kekerasan (VHN)

Arus (A)	Tengah		Samping		Spesimen
	WL	HAZ	WL	HAZ	
6	430,7	249,8	381	267,9	1
	484,6	242,2	394,3	236,6	2
	428,1	269,2	390,5	265,1	3
9	568,4	282,4	485,6	225,4	1
	531	241,9	399,2	288	2
	545,5	269,6	439,2	272,6	3
12	681,7	330,5	565,2	252,1	1
	661	298,2	578,4	298,2	2
	724,4	289,1	615,2	312,1	3

Kekerasan *raw material* memiliki rata-rata 251,6 VHN. Proses EDM dengan menggunakan arus 12 ampere memiliki kekerasan *white layer* dan HAZ yang paling tinggi. Kekerasan yang paling rendah terdapat pada arus 6 ampere, hal ini dikarenakan semakin meningkatnya arus yang diberikan maka temperatur proses juga akan meningkat dan mengakibatkan asupan panas semakin besar sehingga pada saat itu proses pengayaan karbon yang didapat dari peleburan antara kandungan karbon dari elektroda dan cairan dielektrik pada bagian *white layer* semakin meningkat sehingga lapisan yang terbentuk akan memiliki kandungan karbon yang lebih banyak. Pemanasan permukaan pada pembuatan benda kerja disebabkan oleh *spark* yang menyebabkan *double hardening* permukaan pada temperatur melebihi 900° C, temperatur ini merupakan temperatur *hardening* baja yang digunakan pada proses tersebut. Namun untuk daerah di bawah lapisan *white layer* perubahan nilai kekerasan

tidak begitu signifikan karena panas tidak sempat merambat de-ngan waktu yang bersamaan didinginkan oleh cairan dielektrik.



Gambar 6. Grafik Nilai Kekerasan Hasil EDM

Kekerasan benda kerja hasil proses EDM mengalami peningkatan dibandingkan dengan kekerasan *raw material*. Semakin besar arus maka semakin besar juga energi *discharge* yang mengenai permukaan benda kerja. Peningkatan besarnya energi meningkatkan jarak elektroda terhadap permukaan benda kerja dan kemudian kecepatan pendinginan juga akan meningkat sehingga terbentuk karbida yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Oleh karena itu *white layer* memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan logam induk.

Setiap variasi arus yang digunakan pada proses *electrical discharge machining* nilai kekerasan *white layer* dan HAZ bagian tengah lebih tinggi daripada bagian samping. Hal ini disebabkan lapisan *white layer* di bagian tengah lebih tebal dibandingkan dengan bagian samping karena metode *flushing* yang digunakan adalah *side flushing*. Metode *side flushing* ini menyebabkan pada logam yang meleleh yang belum sempat membeku terbawa oleh cairan dielektrik sehingga *white layer* pada bagian samping lebih tipis dibandingkan pada bagian tengah. Pada penurunan ketebalan terjadi karena cairan disemprotkan dari samping pada saat *discharge* yang mengenai permukaan benda kerja.

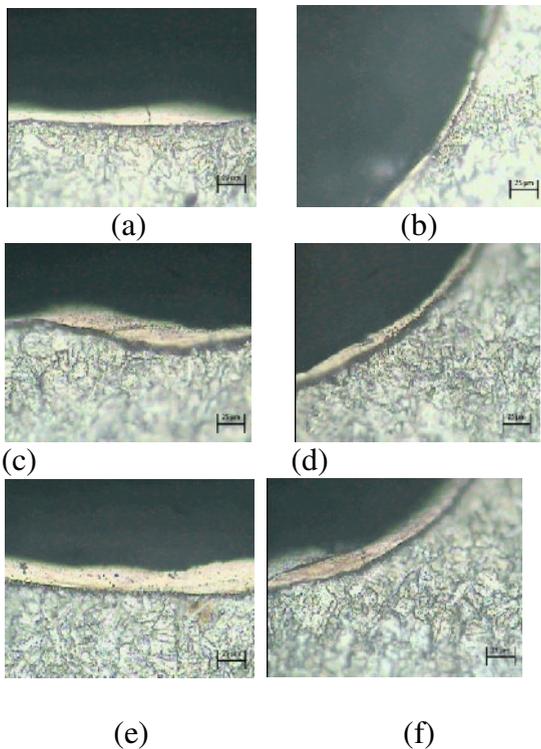
Hasil Uji Ketebalan Struktur Mikro

Pengujian ketebalan lapisan struktur mikro dimaksudkan untuk mengetahui dampak dari proses *discharge* mesin EDM terhadap ketebalan lapisan. Tabel 3 meru-pakan data hasil pengujian ketebalan la-pisan struktur mikro dengan menggunakan *software* Image J.

Tabel 3. Ketebalan lapisan hasil EDM (µm)

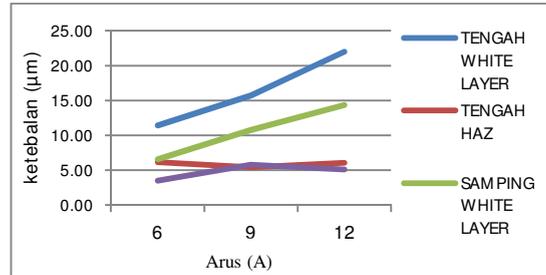
Arus (A)	Tengah		Samping		Spesi-men
	White layer	HAZ	White layer	HAZ	
6	10,2	5,56	6,63	3,69	1
	11,24	6,34	6,18	3,39	2
	12,85	6,6	6,94	3,44	3
9	16,32	5,21	11,79	6,18	1
	15,62	4,48	10,42	5,21	2
	15,29	6,61	10,14	5,97	3
12	20,49	5,56	14,83	5,21	1
	23,27	6,6	13,86	5,01	2
	22,22	6,62	14,04	4,84	3

Sampel foto uji ketebalan lapisan disajikan pada Gambar 7 sampai Gambar 9 di bawah ini dengan pembesaran 500x:



Gambar 7. Lapisan white layer: (a) dan (b) pada arus 6 ampere, (c) dan (d) pada arus 9 ampere dan (e) dan (f) pada arus 12 ampere

Dari tabel di atas dapat diketahui nilai rata-rata ketebalan setiap variasi arus sehingga dapat dilihat grafik perbandingan ketebalan antara bagian *white layer* dengan daerah terkena panas (HAZ), seperti Gambar 8.



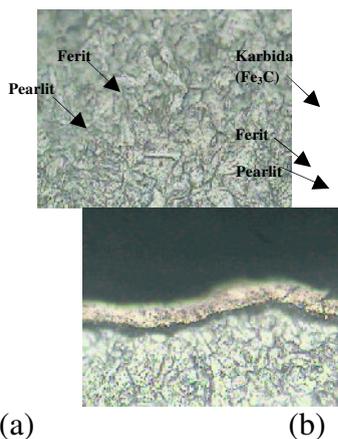
Gambar 8. Grafik Nilai Ketebalan Hasil EDM

Pada bagian samping ketebalan *white layer* lebih rendah hal ini dikarenakan energi *spark* yang terjadi lebih rendah hal ini disebabkan metode *flushing* yang digunakan. Metode *flushing* yang digunakan adalah *side flushing* sehingga hasil pemba-hasan dan pendinginan permukaan tidak merata, untuk bagian tengah energi *spark*-nya lebih besar karena lebih sedikit mengalami pendinginan. *White layer Thickness* (WLT) sebanding dengan peningkatan energi *discharge*. Hal ini disebabkan peningkatan energi saat arus diperbesar sehingga terjadi pengkayaan karbon dari elektroda beserta cairan dielektrik yang terjadi di permukaan material.

Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Lapisan *white layer* merupakan lapisan yang mengalami kontak langsung proses *discharge*. Lapisan ini terbentuk karena terjadi pendinginan oleh cairan dielektrik yang sangat cepat pada saat terjadi *discharge*. Oleh karena itu terbentuk lapisan yang mempunyai sifat sangat keras. Proses *flushing* mengakibatkan peleburan antara permukaan benda kerja dengan el-

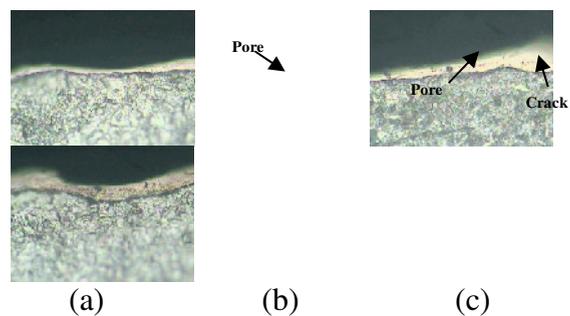
elektroda yang kaya akan karbon dan selanjutnya hasil peleburan kedua bahan tersebut bercampur menjadi satu lalu mengendap karena pengaruh pendinginan secara cepat oleh cairan dielektrik. Karbon pada *white layer* muncul sebagai karbida (Fe_3C) berbentuk struktur dendrit. Di bawah temperatur tinggi pada saat *discharge*, *white layer* dapat terabsorpsi karbon dari gelembung gas yang terjadi pada saat *discharge* dari cairan dielektrik hidrokarbon. Struktur dendrit pada karbida (Fe_3C) tersebut terjadi akibat dari pendinginan yang cepat karena semua logam yang berubah fasa dari cair ke fasa padat karena pendinginan cepat membentuk struktur dendrit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Struktur Mikro Pada Bagian: (A) Base Metal Dan (B) Hasil Proses EDM

Pada *base metal* hanya ditemukan struktur ferit dan pearlit, untuk ferit berwarna terang dan pearlit berwarna gelap. Hal ini sesuai dengan kandungan karbon pada bahan yaitu 0,38% C. Sedangkan material yang terkena proses EDM struktur ferit dan pearlit masih nampak hanya saja pada permukaan yang terkena *discharge* membentuk struktur karbida (Fe_3C) karena terjadi pengayaan karbon dari peleburan elektroda dan cairan dielektrik. Transisi dari *white layer* ke daerah terpengaruh panas (HAZ) dapat terlihat jelas pada mikroskop tetapi transisi dari HAZ ke logam induk tidak dapat terlihat.

Karena pengaruh laju pendinginan yang cepat pada permukaan benda kerja oleh cairan dielektrik maka akan menimbulkan *residual stress* (tegangan sisa) pada permukaan *white layer*. Sedangkan kadar karbon pada lapisan ini sangat tinggi akan menimbulkan sifat yang cenderung getas sehingga tegangan sisa yang terjadi dapat memicu *microcrack* (keretakan) dan *pore* (lubang). *Spark* yang bekerja mengenai permukaan benda kerja kemudian didinginkan secara cepat dengan cairan dielektrik. Pemanasan ulang terjadi hingga temperatur yang sangat tinggi diikuti dengan pendinginan cepat menimbulkan *microcrack* pada permukaan benda kerja. *Microcrack* ini memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap kekuatan lelah pada hasil EDM. Kerusakan kecil pada permukaan akan berpengaruh pada degradasi kekuatan dan keandalan. Gambar 10 merupakan foto mikro pada lapisan *white layer* hasil proses EDM dengan variasi arus sebesar 6 A, 9 A, dan 12 A diamati pada mikroskop Olympus dengan pembesaran 500x:



Gambar 10. Struktur Mikro Hasil EDM: (A) 6 Ampere, (B) 9 Ampere, Dan (C) 12 Ampere

Gradien pendinginan sangat tinggi dari permukaan ke matrik karbida besi serta tegangan tarik yang dihasilkan oleh fenomena EDM saat *flushing* maka akan menciptakan orientasi retak yang cenderung tegak lurus terhadap permukaan *white layer*. Volume arus ditingkatkan maka akan mengakibatkan peningkatan *gradient termal* pada lapisan *recast layer* dan

akibatnya permukaan retak pada daerah *recast layer* menjadi meningkat lagi pula kandungan karbon material yang tinggi dapat mempengaruhi kerentanan retak pada material.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan material hasil proses *discharge* EDM *Sinking* berbanding lurus dengan kenaikan nilai variasi arus proses *discharge* EDM *Sinking*. Selain itu nilai kekerasan lapisan *white layer* berbanding lurus dengan ketebalan lapisan *white layer*. Namun hal ini tidak diikuti dengan kekerasan di bawah lapisan *white layer* karena panas akibat proses *discharge* belum sempat merambat ke lapisan tersebut disebabkan pendinginan cepat oleh cairan dielektrik. Untuk parameter yang direkomendasikan adalah menggunakan arus 6 ampere meskipun memiliki nilai kekerasan yang rendah namun profil *white layer* yang terjadi adalah secara kontinyu sehingga dapat diaplikasikan pada *dies* dengan *life time* yang panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Boujelbene M., Tebni W., Bayraktar E., Ben Salem S. 2008. *Influence of Machining Parameters On The Surface Integrity In Electrical Discharge Machining*. *Archive of Material Science and Engineering*, vol. 37, issue 2, pp. 110-116. Prancis.
- Darsin, Mahros. 2010. *Proses Permesinan Nonkonvensional*. Penerbit Jember University Press. Jember.
- Ekmekci B., Elkoca O., Tekkaya A.E., Erden A. 2005. *Residual Stress State and Hardness Depth In Electric Discharge Machining: De-Ionized Water As Dielectric Liquid*. *Machine Science and technology*. Pp. 9: 36-61. ISSN: 1091-0344 print/1532-2483 online. Prancis
- Kumar S., Singh R., Singh T.P. & Sethi B.L. 2009. *Surface Modification by Electrical Discharge Machining: A Review*. *Journal of Material Processing Technology* 2009. pp. 2675-3687. India.
- Khan, Ahsan, A. 2009. *Role of Heat Transfer on Process Characteristics During Electrical Discharge Machining*. *International Islamic University Malaysia*. Malaysia
- Rao, G., Satyanarayana S., & Praveen M. 2008. *Influence of Machining Parameters on Electric Discharge Machining of Maraging Steels-An Experimental Investigation*. *Proceeding of the World Congress on Engineering 2008*. Vol. II. WCE 2008. London, U.K.
- Tai, Y & lee, T. 2003. *Relationship Between EDM parameters and Surface Crack Formation*. *Journal of Material Processing Technology*, vol. 142, issue 3, pp. 676-683, ISSN.
- Wijanarko, A. 2011. *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jenis Material Elektroda Terhadap MRR, Kekasaran Permukaan, Wear Ratio Elektroda Hasil Proses Edm Sinking*. Presentasi TA Teknik Mesin ITS.
- Winarto. 2007. *Rangkuman Diskusi Kereaktifan Mold untuk Die-Casting*. <http://www.migas-indonesia.com>. Diakses pada tanggal 8 Februari 2012