

PENGARUH TYPE Pengerasan TERHADAP DISTRIBUSI KEKERASAN, KEDALAMAN DIFUSI DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON RENDAH (MILD STEEL) YANG TELAH DIKARBURISASI

Irham Suyanto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Univ. Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo 59 Surabaya
Email: cak_irham@yahoo.com

ABSTRAK

Kerusakan komponen mesin seringkali disebabkan oleh pemilihan sifat material yang kurang sesuai dengan kondisi kerja komponen. Poros misalnya memerlukan sifat yang ulet dan juga sifat yang keras, sifat mekanik yang demikian sulit untuk dipenuhi dengan perlakuan panas biasa. Pengerasan permukaan menjadi alternative pemecahan karena sifat mekanik yang dihasilkan mempunyai sifat mekanik yang ulet pada permukaan dan keras pada bagian luarnya. Sifat ini cocok untuk poros yang membutuhkan sifat ulet dan keras pada bagian permukaan karena bergesekan dengan komponen lain. Proses karburising terdiri dari dua tahap yaitu tahap difusi dan tahap pengerasan. Penelitian ini memvariasikan tiga type pengerasan yaitu type A, type B dan type C disesuaikan dengan kondisi material awal. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah kedalaman difusi maksimal pada type D dan kekerasan permukaan maksimal diperoleh type A, sedangkan kedalaman difusi dan kekerasan minimum diperoleh pada type B. Struktur mikro diperoleh struktur martensit dan ferrite pada type A dan D, sedangkan type B berstruktur martensit, pearlit dan ferrit.

Kata kunci: karburising, pengerasan, difusi, kekerasan, struktur mikro.

PENDAHULUAN

Kerusakan komponen mesin yang disebabkan oleh keausan mencapai 55%, yang terdiri dari keausan adesif (25%), abrasif (20%) dan keausan lain (10%). Sehingga diperlukan usaha memperbaiki sifat mekanik material untuk mengurangi resiko kerusakan akibat keausan. Salah satu usaha untuk memperbaiki sifat mekanik tahan keausan adalah perlakuan panas.

Peningkatan kekerasan dengan laku panas mengurangi resiko terhadap kerusakan akibat keausan. Akan tetapi peningkatan kekerasan tersebut mendorong

material menjadi getas, hal ini menjadi titik lemah pengerasan material dengan perlakuan panas.

Sifat mekanik utama baja karbon rendah (mild steel) adalah ulet, sehingga sangat diperlukan untuk bahan komponen-komponen yang memerlukan sifat ulet tersebut. Salah satu komponen yang memerlukan sifat ulet adalah poros, akan tetapi material yang ulet cenderung mempunyai sifat kekuatan, keuletan dan tahan aus yang rendah.

Untuk memperoleh sifat mekanik material (baja) yang tahan aus, kuat, keras dan ulet diperlukan perlakuan panas khusus. Dalam hal ini pengerasan permukaan merupakan solusi yang umum dilakukan. Peningkatan kekerasan permukaan meningkatkan sifat tahan aus material (Suryanto, 2005).

Pengerasan permukaan (Case hardening) adalah pengerasan yang dilakukan hanya untuk mendapatkan sifat keras pada permukaan dan tetap ulet pada bagian inti tetap lunak dan ulet. Sehingga secara keseluruhan material bersifat ulet dan kuat serata tahan aus dipermukaan.

Pengerasan permukaan (case hardening) dapat dilakukan dengan merubah komposisi kimia (kadar karbon) pada permukaan material dan pemanasan permukaan. Yang termasuk pengerasan permukaan dengan merubah komposisi kimia adalah Karbusing.

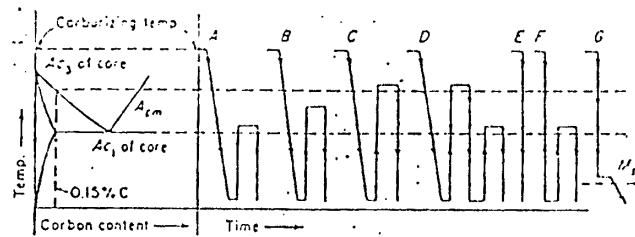
Peningkatan kadar karbon di permukaan baja pada proses karburisasi terjadi dengan adanya proses difusi atom karbon pada temperature karburisasi. Selama proses karburisasi terjadi tiga proses penting yaitu pelepasan karbon dari media karburisasi, penguraian karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan karbon aktif serta difusi atom ke dalam permukaan baja.

Difusi karbon ke permukaan baja mengikuti hukum Fick's (Fick's law):

$$\frac{C_x - C_o}{C_s - C_o} = 1 - \operatorname{erf} \left[\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right] \quad (1)$$

- dengan D = Koefisien difusi (m^2/s)
C_s = Konsentrasi karbon pada permukaan (%)
C_o = Konsentrasi karbon awal (%)
C_x = Konsentrasi karbon pada jarak x dari permukaan (%)
t = Lama waktu karburisasi (detik)
x = Jarak dari permukaan (mm)

Kekerasan permukaan hasil karburising tergantung pada proses pengerasan setelah terjadi difusi. Proses pengerasan tersebut tergantung pada kondisi material awal dan Thelning (1984) mengemukakan 7 proses pengerasan terhadap baja hasil karburising seperti terlihat pada Gambar 1 dibawah.



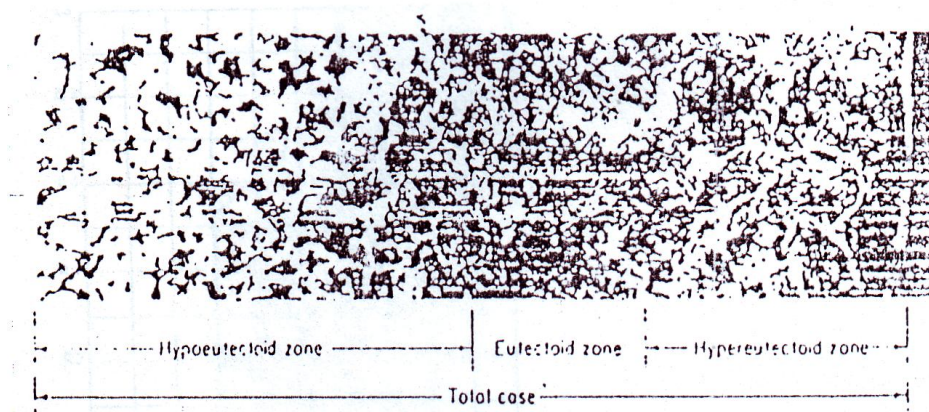
TREATMENT	CASE	CORE
A (Best adapted to fine-grained steels)	Refined; excess carbide not dissolved.	Unrefined; soft and machinable.
B (Best adapted to fine-grained steels)	Slightly coarsened; some solution of excess carbide.	Partially refined; stronger than A; erratic.
C (Best adapted to fine-grained steels)	Somewhat coarsened; solution of excess carbide favored; austenite retention promoted in highly alloyed steels.	Refined; maximum core strength and hardness. Better combination of strength and ductility than B.
D (Best treatment for coarse-grained steels)	Refined; solution of excess carbide favored; austenite retention minimized.	Refined; soft and machinable; maximum toughness and resistance to impact.
E (Adapted to fine-grained steels only)	Unrefined with excess carbide dissolved; austenite retained; distortion minimized; file-hard when carbon content is high.	Fully hardened.
F (Adapted to fine-grained steels only)	Refined; solution of excess carbide favored; austenite retention minimized.	Low hardness; high toughness.
G (Interrupted quench; martempering)	Unrefined with excess carbide dissolved; austenite retained; distortion minimized; file-hard when carbon content is high.	Fully hardened.

Gambar 1 Siklus proses pengerasan pada baja yang dikarburisasi (Thelning, 1984)

Ali (2005), menyimpulkan pengerasan permukaan dengan karburising tergantung terhadap temperature pemanasan dan holding time. Kekerasan meningkat dengan meningkatnya temperature pemanasan.

Suryanto (2005), menyimpulkan peningkatan temperature pemanasan dari 850°C, 900°C dan 950°C meningkatkan sifat tahan aus material menjadi 167%, 186% dan 273%.

Struktur mikro hasil karburisasi akan menunjukkan struktur mikro yang bervariasi akibat perbedaan kadar karbon hasil difusi. Untuk baja karbon rendah (mild steel) struktur mikro akan berubah dari permukaan keinti dengan struktur hypereutectoid pada permukaan, lebih dalam menunjukkan struktur eutectoid dan tetap berstruktur hypoeutectoid pada daerah inti seperti terlihat pada Gambar 2



Gambar 2 Distribusi struktur mikro baja karbon rendah hasil karburisasi (Suyanto, 1998)

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis material (baja) yang dikarburisasi adalah baja karbon rendah yang berbentuk selinder dengan diameter 19mm dengan komposisi hasil uji *spektrometer* sebagai berikut:

Kadar karbon (C)	= 0.18 %
Sulfur (S)	= 0.035 %
Silikon (Si)	= 0.25 %
Phospor (P)	= 0.035 %
Mangan (Mn)	= 0.14 %

Dengan struktur mikro Ferrite dan Pearlite dan kekerasan 189 HVN.

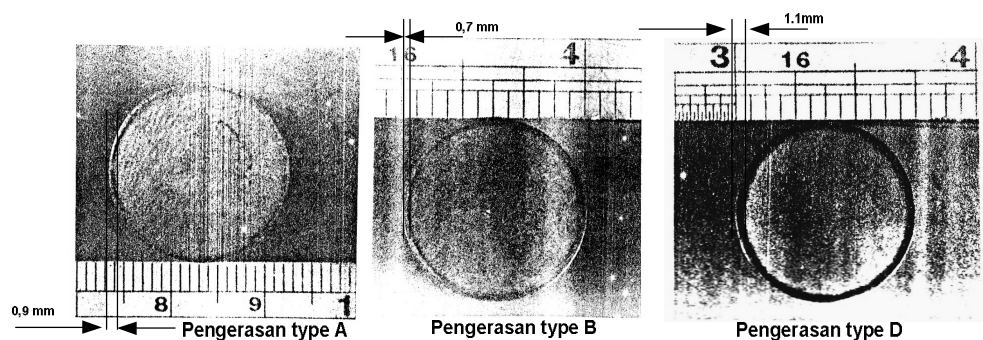
Spersimen dengan komposisi kimia seperti tersebut diatas dikarburisasi dengan metode pack-karburising kemudian dilakukan proses pengerasan. Dari 7 (tujuh) proses pengerasan hasil karburisasi, pada penelitian ini dipilih tiga proses pengerasan disesuaikan dengan kondisi baja yang diteliti. Ketiga *type* pengerasan tersebut adalah A, B dan D.

Hasil proses pengerasan dilakukan uji kekerasan dengan metode Vickers untuk mendapatkan distribusi kekerasan sepanjang permukaan dan uji metalografi untuk mengetahui struktur mikro hasil pengerasan permukaan.

Hasil Penelitian dan Diskusi

Difusi

Sesuai dengan hukum Fick's terjadi difusi karbon kedalam permukaan specimen akibat adanya kadar karbon yang sangat tinggi diluar spesimen. Untuk masing-masing hasil karburising terjadi perbedaan kedalaman difusi karbon seperti di Gambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil Pengamatan Makro Ketebalan Difusi Karbon

Dari Gambar 3 kedalaman difusi maksimal untuk tipe pengerasan D sekitar 1.1 mm dan kedalaman minimum untuk tipe pengerasan B. Hal ini disebabkan perbedaan holding time pada type D paling besar, disamping itu *temperature* juga berpengaruh terhadap kedalaman difusi. Perbedaan pengaruh *temperature* nampak dengan perbedaan kedalaman difusi untuk *type* pendinginan A dan B walaupun mempunyai holding time sama menunjukkan kedalaman yang berbeda yaitu 0.9 mm untuk *type* A dan 0.7 mm untuk *type* B. Kalau dihubungkan dengan hukum Fick's, *temperature* berpengaruh dengan konstanta difusi (D), semakin besar *temperature* konstanta difusi semakin besar, hal ini yang menguatkan dugaan kedalaman difusi berpengaruh terhadap kedalaman difusi. Sehingga dapat dikatakan tidak terjadi penyimpangan hasil eksperimen jika dihubungkan dengan teori yang berkembang.

Distribusi Kekerasan

Hasil uji kekerasan masing-masing *type* pengerasan ditabelkan seperti terlihat pada Tabel 1. Hasil uji kekerasan telah menunjukkan peningkatan kekerasan yang cukup signifikan pada daerah permukaan, dan semakin rendah kekerasan untuk daerah yang lebih jauh dari permukaan. Kondisi ini dapat

dipahami karena adanya difusi karbon pada permukaan sampai kedalaman tertentu sehingga terjadi peningkatan kadar karbon pada permukaan dan semakin menurun kadar karbonnya untuk daerah yang semakin jauh dari permukaan. Hal ini sesuai dengan persamaan difusi karbon yang dikemukakan oleh Fick (*Fick's Law*).

Perbedaan kekerasan pada daerah permukaan akibat perbedaan proses pengerasan untuk masing masing *type* pengerasan. Pada penelitian ini kekerasan permukaan terjadi kekerasan maksimum pada *type* pengerasan A yang disebabkan laju pendinginan pada *type* tersebut paling tinggi.

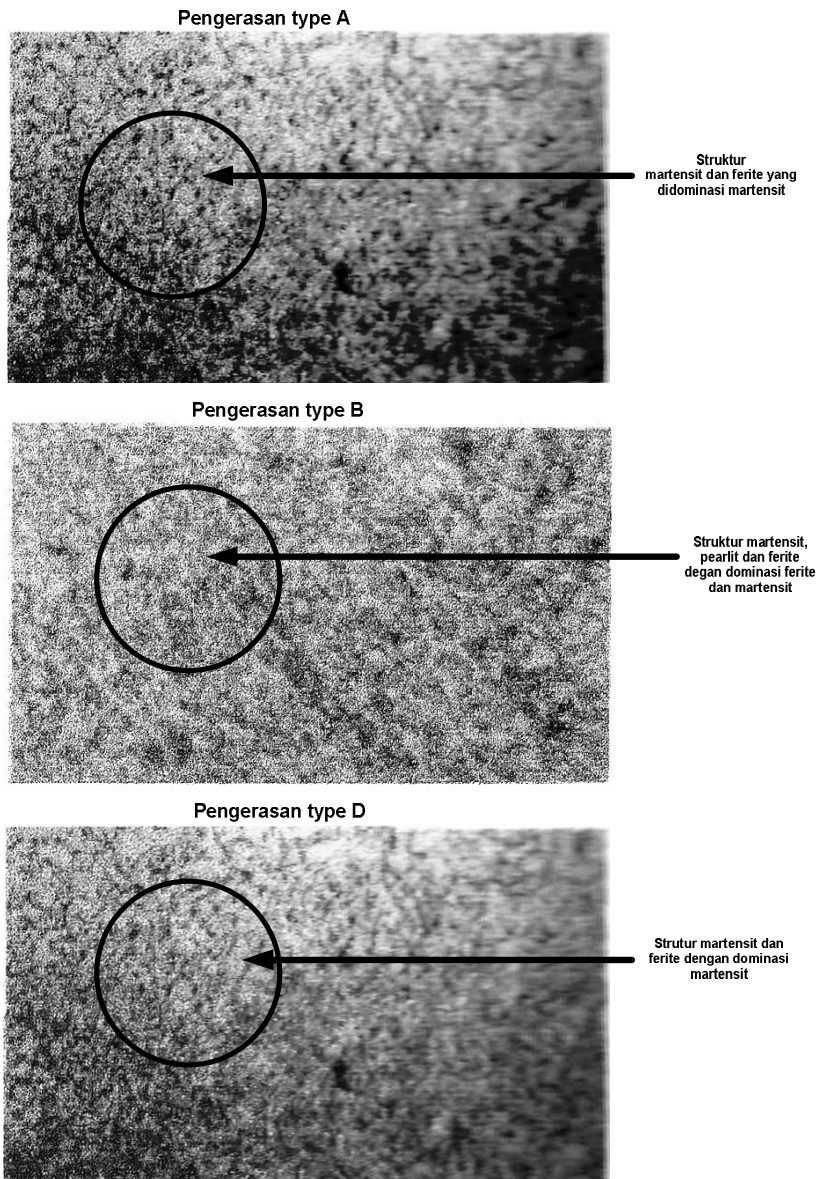
Tabel 1 Distribusi Kekerasan

Jarak dari permukaan (mm)	Kekerasan (HVN)		
	Type pengerasan A	Type pengerasan B	Type pengerasan D
0	647.5	483.2	638.1
1.5	403.3	358.4	399.4
2.5	217.5	202.1	210.3
3.5	215.9	219.4	194.8
4.5	213.6	205.7	194.2
9	212.9	204.2	194.1

Pada daerah inti tidak terjadi peningkatan kekerasan yang signifikan disebabkan oleh tidak terjadinya perubahan komposisi kimia pada daerah inti. Peningkatan kekerasan yang kecil disebabkan oleh adanya perbedaan laju pendinginan yang tidak sama dengan material awal.

Struktur Mikro

Perbedaan *type* pengerasan berpengaruh terhadap stuktur mikro baja yang telah dikarburisasi. Perbedaan struktur mikro bukan hanya terjadi pada permukaan akan tetapi pada daerah ini juga menampilkan perubahan.. Pada Gambar 4 ditunjukkan perbedaan struktur mikro pada permukaan untuk masing-masing *type* pengerasan.



Gambar 4 Hasil Pengamatan Struktur Mikro Permukaan

Pada Gambar 4 ditunjukkan adanya perbedaan struktur mikro pada permukaan baja yang telah dikeraskan. Terjadi perbedaan struktur antar *type* pengerasan, *type* A struktur mikro terdiri dari martensit dan *ferrite* yang didominasi oleh martensit yang ditunjukkan dengan luasnya permukaan yang mengkilat lebih

luas dibanding dengan luasan yang cenderung buram. Permukaan mengilat merupakan ciri martensit apabila diamati secara mikro. Pada type B struktur mikro terdiri dari martensit, ferit dan pearlit, struktur pearlit diperoleh karena pendinginan yang terjadi relative lambat sehingga kesempatan terjadi pearlit cukup. Struktur tersebut ditunjukkan dengan adanya tiga variasi intensitas warna pada struktur mikro. Type pendinginan D struktur mikro terdiri dari martensit dan *ferrite*, walaupun tetap didominasi martensit akan tetapi prosentarnya menurun jika dibandingkan dengan type A.

Dengan adanya perbedaan struktur mikro maka struktur mikro tersebut akan berpengaruh terhadap sifat mekanik baja hal ini telah dijelaskan sebelumnya. Untuk type A yang didominasi martensit sifat mekaniknya paling keras, sedangkan type D karena ada kesempatan terbentuk pearlit maka kekerasan relative rendah jika dibanding dengan kedua struktur yang lain.

KESIMPULAN

1. Ketebalan difusi pada type A=0,9 mm, type B=0,7 mm dan type D=1.1 mm
2. Kekerasan permukaan pada type A=647,5 HVN, type B=483,2 HVN dan type D=638,1 HVN sedangkan kekerasan pada bagian inti tidak berbeda secara signifikan.
3. Struktur mikro pada type A dan type D terdiri dari martensit dan ferrite dengan perbandingan martensit lebih dominan pada type A sedangkan pada type B berstruktur martensit, pearlit dan *ferrite*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, U., 2005, Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Karburising, *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- Avner, Sidney, 1987, *Introduction to Physical Metallurgi*, 2nd edition, MC. Graw-Hill International Book Company, Tokyo.
- Hermawardi dan Hidayat, A., 2005, Analisa Perubahan Struktur akibat Heat Treatment pada Ligam ST, FC, dan Ni-Hard 4, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 7 No. 2 Hal 57-62, Jurusan Teknik Mesin UK Petra Surabaya.
- Suryanto, H., 2005, Karakteristik Keausan Lapisan Karburasi Baja Karbon Rendah, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 1 No. 1 Hal 25-35, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
- Suyanto, I., 1998, Pengaruh Variasi Pendinginan terhadap Kekerasan Baja Karbon ST.42 yang telah Terkarburisasi, *Laporan Tugas Akhir*, ITS Surabaya.
- Thelning, K. E., *Steel and Heat Treatment*, 2nd edition, Butterworths, London.