

## PENGARUH KANDUNGAN *SPHEROIDITE* TERHADAP SIFAT KEKERASAN PADA BAJA KARBON SEDANG

Hasan Basrih, Sanserlis, Hasian Pohan, Iceu Rufiana,  
Zulhamshah, Suharto, Sugijono dan Kebamoto

Departemen Fisika, FMIPA - UI  
Kampus Baru UI, Depok

### ABSTRAK

**PENGARUH KANDUNGAN *SPHEROIDITE* TERHADAP SIFAT KEKERASAN PADA BAJA KARBON SEDANG.** Pada penelitian ini dilakukan pembuatan fasa *spheroidite* pada baja karbon sedang lewat proses *anil*. Kemudian kandungan (persentase) *spheroidite* dihitung serta dilakukan karakterisasi sifat kekerasan (*hardness*). Diperoleh bahwa semakin besar kandungan (persentase) *spheroidite*, baja semakin lunak. Sifat kekerasan *spheroidite* yang diperoleh berada pada daerah 75 HRB dengan kandungan (persentase) *spheroidite* 6,74 %. Nilai kekerasan tersebut jauh lebih kecil dari kekerasan fasa martensit. Hasil yang diperoleh cocok dengan hasil literatur karena titik hasil perhitungan kandungan *spheroidite* terhadap kekerasan berimpitan dengan kurva yang sama pada literatur.

**Kata kunci :** *Spheroidite, Medium-carbon*

### ABSTRACT

**THE INFLUENCE OF SPHEROIDITE PHASE CONTENT TO THE HARDNESS OF MEDIUM-CARBON STEEL.** Spheroidite phase in medium-carbon steel has been performed by annealing process. The content of spheroidite phase in samples has been calculated and their hardness has also been measured. It has been found that the decreasing of their hardness due to the increasing of spheroidite phase content. As the spheroidite phase content reached 6.74% the hardness down to 75 HRB which is smaller than of martensite phase. This result is in agreement to literatures.

**Key words :** Spheroidite, Medium-carbon

### PENDAHULUAN

Perkembangan aplikasi industri berbahan baku baja karbon sedang khususnya pada pembuatan mur dan baut untuk kendaraan bermotor dewasa ini mengikuti tuntutan pasar yang meliputi : baja harus mudah dibentuk (lunak) dan memiliki sifat keras dalam pemakaian, peningkatan produksi dengan penggunaan bahan baku baja berkadar karbon sedang melalui penghematan biaya produksi yaitu umur peralatan lebih lama dan waktu pengerjaan yang relatif singkat, dan menghasilkan mur dan baut yang berkualitas tinggi yang memiliki sifat kekerasan dan keuletan tinggi sehingga mampu bersaing dalam pemasaran. Tuntutan ini hanya dapat dipenuhi apabila strukturmikro dari baja karbon sedang pada saat pengerjaan berada dalam fasa *spheroidite*.

Sifat mekanik material (bahan) tergantung pada strukturmikro material, yang pembentukannya berdasarkan pada hubungan fasa-fasa. Salah satu

bentuk strukturmikro yang penting dalam kaitan dengan sifat mekanis adalah *spheroidite* yaitu baja karbon yang memiliki fasa *cementit* ( $Fe_3C$ ) berbentuk *spheris* di antara matriks  $\alpha$ -ferit.

Untuk baja karbon tinggi, *spherodisasi* dapat terjadi dalam waktu yang sangat lama sekali (18 jam sampai dengan 24 jam). Pada proses *spherodisasi* ini akan terjadi penguraian *lamel-lamel cementit* dari struktur pearlit yang kemudian akan membentuk *cementit globular* yang merupakan bentuk geometri yang paling setimbang karena tegangan permukaannya hampir 0 (nol) [1-3].

Hasilnya adalah suatu material yang strukturmikronya mengandung *cementit* berbentuk *spheris*, sehingga lebih mudah dibentuk dan kemampuan proses lebih dapat ditingkatkan, serta deformasi dengan mudah terlokalisasi, akibatnya material tersebut sangat tangguh, tidak getas, dan memudahkan pembuatan produk berupa mur dan baut.

## TEORI

*Spheroidizing* adalah proses yang digunakan untuk meningkatkan pengolahan dan reorientasi batas butir dengan cara memodifikasinya melalui proses *anil* pada suhu tertentu dan dalam kurun waktu tertentu pula. Hasilnya adalah suatu material yang lebih mudah dibentuk, dan kemampuan proses lebih dapat ditingkatkan. Umumnya proses ini sangat lambat yaitu memerlukan waktu sampai 24 jam pada suhu di atas 700 °C [1-3], dan hasil yang diperoleh adalah material yang ukuran butirnya hampir bulat sehingga deformasi dengan mudah terlokalisasi, akibatnya material tersebut sangat tangguh dan berpengaruh pada desain produk.

Jika proses dipertahankan pada suhu tertentu maka butir *spheroidite* akan diperluas, dan *cementit* akan berubah menjadi butir dalam tiap lapisan. Adanya butir *spheris* kecil dari fraksi *cementit* yang menyebabkan baja pada fasa *spheroidite* dapat terhindar dari keretakan (*crack*) saat pemrosesan.

Fasa *spheroidite* dapat dibentuk dari perlakuan *anil* fasa *pearlit* atau *bainit* melalui *austenit*. Dalam penelitian ini proses *anil* yang dilakukan adalah mengubah fasa *austenit* menjadi fasa *pearlit* kemudian menjadi fasa *spheroidite* [4-5]. Hal ini dilakukan karena fasa awal material uji adalah martensit.

## METODE PERCOBAAN

Untuk memastikan bahwa baja hasil *anil* sudah dalam fasa *spheroidite* atau belum dilakukan uji morfologi dengan mikroskop optik yang dikonfirmasi dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Sedangkan uji kekerasan dilakukan pada 3 titik pada sampel dengan menggunakan uji *Vickers*. Hal ini dilakukan untuk mengakomodari pengaruh radial terhadap homogenitas fasa *spheroidite*.

Pada penghitungan prosentasi *spheroidite* pada material dengan menggunakan foto morfologi fasa *spheroidite*, terdapat beberapa langkah yang dilakukan sebagai berikut :

- Perhitungan banyaknya butir *cementit* yang dipotong oleh garis yang membentuk daerah bujur sangkar dan nyatakan sebagai  $I_1 \times I_2$ .
- Penentuan jumlah butir dalam suatu daerah luasan ( $n$ ) dengan menggunakan rumus [6] :

$$n = \frac{500 \left( \frac{M}{100} \right)^2 (I_1 \times I_2)}{(L_1 \times L_2)} \dots \dots \dots (1)$$

- $n$  = jumlah butir tiap satu satuan luas
- $M$  = perbesaran mikroskop
- $L_1$ (or $L_2$ ) = panjang garis yang saling berpotongan membentuk luasan dan butir terdapat di dalamnya
- $I_1$  (or  $I_2$ ) = jumlah butir yang dipotong oleh  $L_1$  dan  $L_2$

- Penghitungan ukuran grain dengan menggunakan rumus :

$$G = \frac{\log n}{0.301} + 1 \dots \dots \dots (2)$$

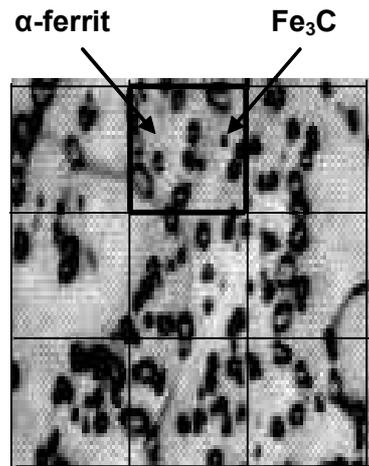
- Perhitungan prosentasi *spheroidite* menggunakan rumus :

$$\% SA = \frac{\text{jumlah butir (n) hasil perhitungan}}{\text{Jumlah butir (n) tabel}} \dots (3)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosentasi (kandungan) *spheroidite* dalam suatu material hasil *anil* proses dapat dihitung dengan menggunakan metode *ferrite*. Butiran-butiran yang terdapat dalam suatu daerah luasan dihitung untuk mengetahui jumlah butir, ukuran butir per satu satuan luas daerah.

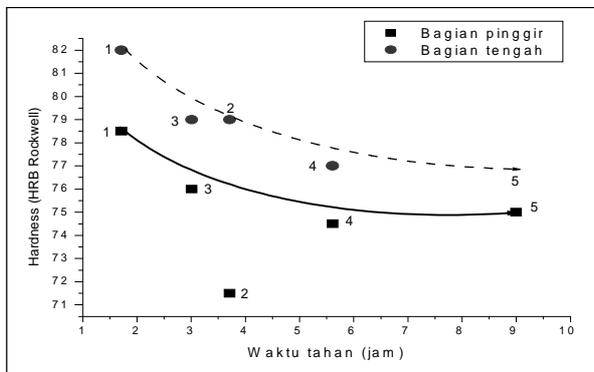
Kemudian dengan membandingkan jumlah butir hasil perhitungan dengan jumlah butir rata-rata yang terdapat dalam satu satuan luasan maka diperoleh prosentasi *spheroidite* yang dinyatakan dalam persen persatuan luas (Gambar 1).



**Gambar 1.** Fase *spheroidite* dan metode perhitungan kandungan *spheroidite*. Daerah luasan (garis tebal) hasil *anil* 27 jam yang memuat jumlah butir yang di tengah sebanyak 6 butir dan yang dipotong garis sebanyak 6 butir. Jadi banyaknya butir ( $I_1 \times I_2$ ) yang dibatasi oleh  $L_1 \times L_2$  adalah  $6 + (1/2 \times 6) = 9$ .

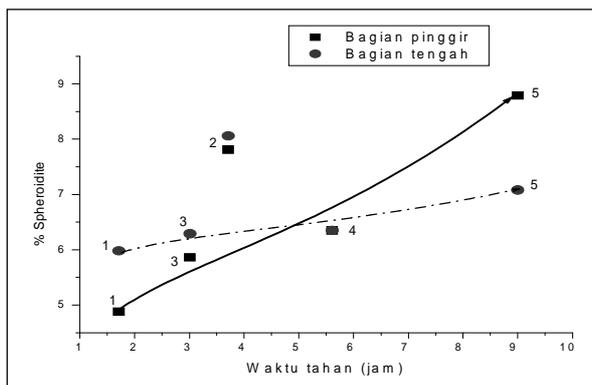
Gambar 2 memperlihatkan bahwa lamanya waktu tahan (*shocking*) berpengaruh terhadap kekerasan. Namun demikian, perlu ditambahkan bahwa kekerasan bagian pinggir berbeda dengan bagian tengah karena adanya perbedaan gradien suhu secara radial. Bagaimanapun juga, lamanya waktu tahan tersebut mengakibatkan penurunan kekerasan yang relatif linier pada waktu tahan 0 jam sampai 6 jam. Di atas 6 jam penurunan kekerasan tidak signifikan. Ini mengindikasikan bahwa pembuatan fasa *spheroidite* pada baja yang material awalnya fasa martensit dengan ukuran kawat seperti pada sampel dalam penelitian ini

tidak perlu lebih lama dari 6 jam. Pengaruh ukuran dan fasa awal bahan baku serta kapasitas *furnace* (dapur) akan sangat mempengaruhi hasil ini.



**Gambar 2.** Grafik pengaruh waktu tahan terhadap *hardness* baja karbon sedang 45 K. (1) *anil* 6 jam, (2) *anil* 8 jam, (3) *anil* 10 jam, (4) *anil* 18 jam dan (5) *anil* 27 jam.

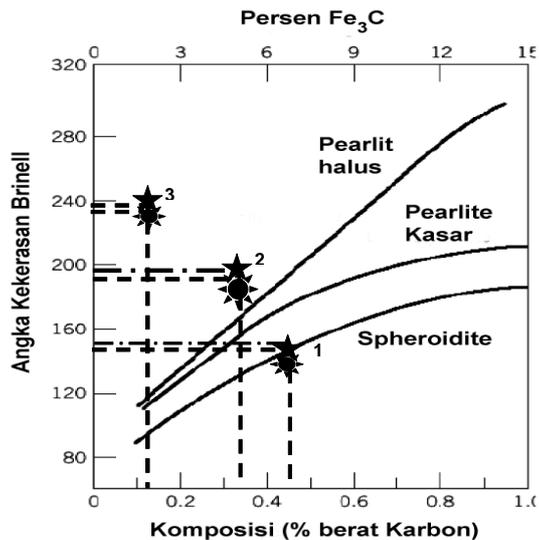
Dari Gambar 3, apabila data nomor 2 diabaikan karena mungkin terjadi penyimpangan, maka dapat dikatakan bahwa jumlah persentase *spheroidite* sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu tahan. Pengaruh waktu tahan ini menentukan keberlangsungan proses difusi atom C, sehingga karbon yang telah terlepas dari ikatannya dalam fasa *pearlit* atau fasa *bainit* larut dalam suatu matriks ferit membentuk karbida (fasa *cementit*). Artinya semakin lama waktu tahan, proses difusi semakin lama dan kemungkinan atom karbon yang larut semakin banyak, sehingga ketika terjadi transformasi fasa dapat dihasilkan prosentasi *spheroidite*nya semakin tinggi.



**Gambar 3.** Pengaruh waktu tahan terhadap % *Spheroidite* pada baja karbon sedang 45 K. (1) *anil* 6 jam, (2) *anil* 8 jam, (3) *anil* 10 jam, (4) *anil* 18 jam dan (5) *anil* 27 jam

Apabila nilai *Hardness HRB* dari data hasil pengukuran *difitting* pada grafik *Hardness* literatur [1] maka di peroleh hasil seperti pada Gambar 4.

Tampak bahwa kekerasan baja karbon sedang *grade* 45 K hasil penelitian ini relatif cocok dengan literatur. Sedangkan baja *grade* SCM 435 dan SA 12 yang dianil di industri kurang cocok dengan literatur. Ketidakcocokan ini mungkin disebabkan oleh pengaruh



**Gambar 4.** *Hardness HRB* berbagai fasa menurut literatur [1] serta hasil penelitian ini. (1) baja karbon sedang 45 K hasil anil di FMIPA-UI, (2) baja *grade* SCM 435 hasil anil industri dan (3) baja *grade* SA 12 hasil anil industri  
 \* = Bagian pinggir  
 \* = Bagian tengah

*grade* (komposisi kimiawi unsur) atau dimensi *furnace* atau dapur dengan kapasitas besar. Bagaimanapun, keperluan industri memiliki toleransi yang jauh lebih besar dari hasil studi literatur.

## KESIMPULAN

- Terdapat hubungan yang pasti antara lama waktu tahan terhadap kandungan fasa *spheroidite* dimana semakin lama waktu tahan maka kandungan *spheroidite* semakin banyak. Namun demikian, terdapat suatu waktu tahan maksimum dimana setelah melewati waktu ini penambahan kandungan *spheroidite* menjadi tidak signifikan.
- Berdasarkan literatur nilai *hardness* baja karbon sedang berada dalam daerah *spheroidite*. Ini membuktikan bahwa baja dengan kandungan karbon 0,45 % berat yang fasa awalnya martensit dengan *hardness*nya 55 HRC Rockwell (565 HRB Brinell) dapat dijadikan fasa *spheroidite* sampai 6,74 % dengan *hardness*nya turun hingga 75 HRB lewat proses anil.
- Metode perhitungan kandungan *spheroidite* yang digunakan dalam penelitian ini relatif memadai dan cocok untuk analisis kandungan *spheroidite*.

## DAFTARACUAN

- CALLISTER, Jr, WILLIAM D. *Materials Science and Engineering An Introduction*, Fourth Edition, Dept. of Metallurgical Engineering The University of Utah: US, (1997)
- \_\_\_\_\_, Chapter 10: *Phase Transformation in Metals*, . 29 hlm. <http://www.matsceng.ohio->

[state.edu/mse205/lectures/chapter10/chap10\\_slide1.gif](http://state.edu/mse205/lectures/chapter10/chap10_slide1.gif)

- [3]. \_\_\_\_\_, Lab IV- *Heat Treatments of Steels*. 11 hlm. <http://web.utk.edu/~swen1/MSE201/handouts/HTofSteel.pdf>
- [4]. HASIAN POHAN, Studi Pembentukan Fasa Spheroidite Melalui Proses Anil pada Baja Karbon Rendah, (*Thesis S-2 Fisika FMIPA-UI*), Jakarta, (2006)
- [5]. ICEU RUFIANA, *Studi Minimalisasi Waktu pada Proses Pembentukan Fasa Spheroidite Baja Karbon Sedang dan Rendah*, (Thesis S-2 Fisika FMIPA-UI), Jakarta, (2006)
- [6]. Japan Industrial Standard Handbook, Ferrous Materilas & Metallurgy I, JIS G0552, (1998)710-717