

Analisis Struktur Mikro Baja Tulangan Karbon Sedang

Tio Gefien Imami

Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan,
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesa 10 Bandung 40132, Indonesia
gefien@ymail.com

Abstrak. Pada percobaan ini akan dilakukan pengamatan metalografi pada baja tulangan karbon sedang. Sebelum dilakukan pengamatan metalografi, preparasi spesimen harus dilakukan, meliputi pembedahan (*mounting*), pengamplasan, pemolesan (*polishing*), dan pengetsaan (*etching*). Setelah dilakukan preparasi sampel, maka pengamatan metalografi dapat dilakukan di bawah mikroskop optik untuk diobservasi struktur mikronya. Hasil pengamatan struktur mikro akan lebih berarti bila dikuantifikasikan dalam nilai angka tertentu. Maka penggunaan analisis kuantitatif perlu dilakukan untuk menentukan ukuran butiran rata-rata berdasarkan *American Society for Testing and Materials* (ASTM) dengan metode Point Count, penentuan fraksi volume butiran menggunakan metode Hilliard Single-Circle, dan metode Aspect Ratio. Hasil yang diperoleh pada percobaan ini adalah berupa citra struktur mikro dari baja tulangan karbon rendah yang diamati menggunakan mikroskop Olympus™ yang disebut *photomicrograph*. Kemudian hasil *photomicrograph* tersebut akan dianalisis lebih lanjut untuk menghitung jumlah fasa tertentu pada spesimen dan mengukur besar butiran pada spesimen.

Kata kunci: metalografi, struktur mikro, *photomicrograph*, preparasi sampel, optimas.

1. Pendahuluan

Metalografi adalah cabang ilmu material yang mempelajari konstitusi dan struktur dari logam dan paduan logam serta kaitannya dengan sifat logam dan paduan tersebut [2]. Metalografi mempelajari karakterisasi struktur paduan atau material dengan menggunakan mikroskop optik [2]. Tujuan dilakukan analisis metalografi adalah untuk menentukan struktur mikro, seperti fasa logam, butiran, jarak antarbutiran, dislokasi, dan sebagainya [1]. Setiap metalografer harus mengetahui dan memahami berbagai macam pola mikrostruktur sebenarnya dari paduan logam [2]. Hal ini penting karena salah satu kunci dari pengamatan metalografer adalah untuk bisa menginterpretasikan apa yang dia lihat di bawah mikroskop dan membuat keputusan dan rekomendasi berdasarkan observasi [2]. Seorang metalografer tidak hanya merasa sebagai “*metal polisher*”, sebagaimana yang dipikirkan oleh orang-orang diluar keprofesiannya [2].

Ilmu mengenai metalografi pertama kali ditemukan oleh Henry Clifton Sorby (1826-1908) yang berasal dari Universitas Sheffield, Inggris [2]. Sorby merupakan seorang *geologist*, petrografer, mineralogist, sekaligus penemu ilmu metalografi [2].

Alat yang paling sering digunakan untuk mengamati mikrostruktur dari logam adalah mikroskop cahaya konvensional [3]. Pada dasarnya, mikroskop optik dapat digunakan untuk mengamati spesimen (menggunakan transmisi) dan refleksi cahaya [3]. Namun banyak material yang tidak dapat mentransmisikan cahaya, sehingga penggunaan mikroskop optik dibatasi hanya untuk melihat permukaan spesimen yang diamati yaitu menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) [3].

Pengamatan mikroskopik dapat memberikan informasi seputar komposisi material, perlakuan yang diberikan sebelumnya, dan sifat material [3]. Secara spesifik, informasi yang didapatkan dapat berupa ukuran butiran, fasa-fasa yang terdapat dalam paduan, homogenitas kimia, distribusi fasa, dan struktur elongasi yang terbentuk oleh deformasi plastis [3].

Tahapan dasar untuk melakukan preparasi pengamatan metalografi adalah *sectioning and cutting*, *mounting*, pengamplasan, *polishing*, dan pengetsaan [4]. Setelah dilakukan preparasi maka dilakukan analisis mikroskopik [4].

Sectioning and cutting merupakan tahapan dimana sampel yang akan dianalisis akan dibagi dan dipotong pada area yang menarik dan mudah diamati [4]. Setelah itu akan dilakukan *mounting*, yaitu pembedahan yang biasanya dilakukan menggunakan resin yang bertujuan untuk melindungi tepi spesimen dan mempertahankan bahan permukaannya dan memudahkan dalam melakukan tahapan selanjutnya yaitu pengamplasan dan pemolesan [4]. Setelah dilakukan *mounting*, maka dilakukan pengamplasan untuk meminimalkan kerusakan permukaan akibat pemotongan spesimen di awal [4]. Pengamplasan dilakukan dari kekasaran yang tinggi menuju tingkat kekasaran amplas yang rendah [4]. Setelah diampas, spesimen dipoles menggunakan serbuk alumina [4]. Tujuan dilakukan pemolesan ini adalah untuk menghilangkan kerusakan dan goresan pada permukaan sehingga permukaan dapat memantulkan cahaya dengan baik [4]. Kemudian spesimen dilakukan pengetsaan (*etching*) yang bertujuan untuk meningkatkan bentuk mikrostruktur butiran dan fasa secara optik [4]. Kemudian spesimen siap untuk diamati di bawah mikroskop optik dan dapat diobservasi struktur mikronya [4].

2. Metode Percobaan

2.1. Alat dan Bahan

2.1.1. Alat

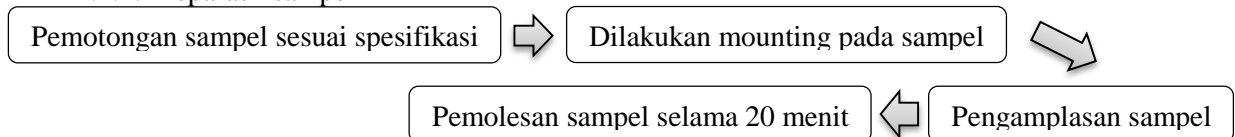
- a. Mikroskop Optik
- b. Komputer
- c. Alat Polishing
- d. Amplas (grade 100,200,400,1000, dan 1500 mesh)
- e. Program Optimas
- f. Sumpit
- g. Gelas bersih kosong

2.1.2. Bahan

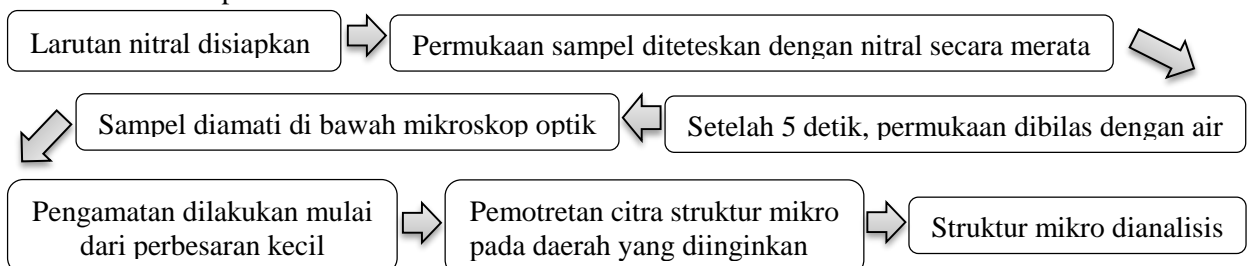
- a. Sampel baja tulangan karbon sedang
- b. Resin dan pengeras
- c. Vaseline
- d. Polisher serbuk alumina (ZACT™)
- e. Plastisin
- f. Larutan Nital
- g. Pipa paralon
- h. Papan Kaca

2.2. Prosedur Percobaan

2.2.1. Preparasi sampel

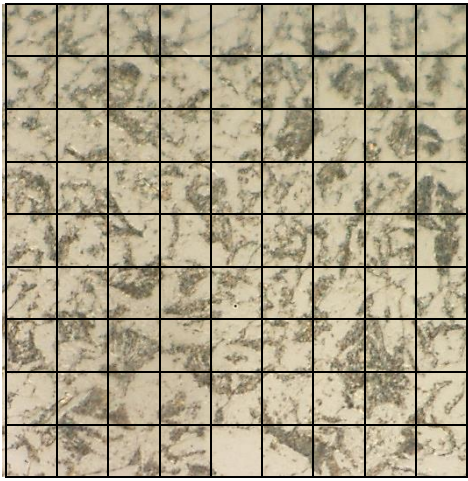


2.2.2. Persiapan dan analisis struktur mikro

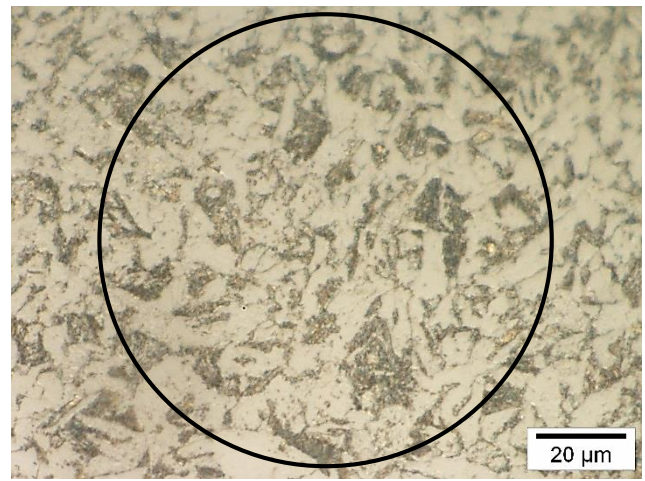


3. Hasil Percobaan dan Pembahasan

3.1. Data dan Perhitungan Mikrostruktur Percobaan



Gambar 1. Struktur mikro spesimen 3 dengan perbesaran 1000 kali



Gambar 2. Struktur mikro spesimen 3 dengan perbesaran 1000 kali

- a. Menghitung Jumlah Fasa Gelap dengan Metode Point Count

$$\% \text{ Fasa Gelap} = \frac{\text{Jumlah Fasa Gelap}}{\text{Jumlah Total Titik}} \times 100\% = \frac{(25 \times 1) + (48 \times \frac{1}{2})}{100} \times 100\% = 49\%$$

- b. Menghitung Besar Butiran Spesimen dengan Metode Hilliard (G)

$$G = -10 - 6,64 \log \frac{LT}{P \cdot M}$$

Diameter lingkaran = 2,35 inci = 5,969 cm

LT = Keliling lingkaran = $\pi D = 18,7522 \text{ cm}$

P = total jumlah perpotongan lingkaran dengan butiran = 51 titik

M = perbesaran = 1000 kali

$$G = -10 - 6,64 \log \frac{18,7522}{51 \cdot 1000} = 12,8052$$

3.2. Data dan Perhitungan Mikrostruktur Referensi



Medium-carbon AISI/SAE 1040 Steel

Gambar 3. Struktur mikro baja karbon sedang dengan perbesaran 667 kali [5]



Medium-carbon AISI/SAE 1040 Steel

Gambar 4. Struktur mikro baja karbon sedang dengan perbesaran 667 kali [5]

- a. Menghitung Jumlah Fasa Hitam dengan Metode Point Count

$$\% \text{ Fasa Hitam} = \frac{\text{Jumlah Fasa Hitam}}{\text{Jumlah Total Titik}} \times 100\% = \frac{(32 \times 1) + (32 \times \frac{1}{2})}{90} \times 100\% = 53,33\%$$

- b. Menghitung Besar Butiran Spesimen dengan Metode Hilliard (G)

$$G = -10 - 6,64 \log \frac{LT}{P \cdot M}$$

Diameter lingkaran = 2,16 inci = 5,4864 cm

LT = Keliling lingkaran = $\pi D = 17,2360 \text{ cm}$

P = total jumlah perpotongan lingkaran dengan butiran = 55 titik

M = perbesaran = 667 kali

$$G = -10 - 6,64 \log \frac{17,2360}{55 \cdot 667} = 12,0983$$

3.3. Pembahasan

Struktur mikro adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang membentuk pola tertentu dan dapat diamati melalui teknik metalografi. Fasa adalah suatu sistem yang homogen yang memiliki sifat fisik dan kimia yang sama yang terdiri atas satu jenis kristal. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Struktur kristal adalah susunan terkecil atom-atom dalam logam yang biasanya ditunjukkan dengan pemodelan. Butiran adalah kumpulan struktur kristal yang memiliki orientasi yang sama. Dan pertemuan antara beberapa butiran yang memiliki orientasi yang berbeda akan menghasilkan batas-batas butiran.

Kekuatan butiran berbeda-beda sesuai dengan temperaturnya saat itu. Pada suhu rendah, logam cenderung menjadi getas dan keras sehingga energi yang dimiliki oleh butiran lebih rendah daripada energi yang tersimpan pada batas butiran. Sehingga ketika diberikan beban, maka patahan cenderung terjadi melewati butiran, bukan melewati batas butiran sehingga logam cenderung menjadi getas. Sedangkan pada temperatur tinggi, logam memiliki energi yang besar pada butiran dan memiliki energi yang lebih rendah pada batas butiran. Hal ini dikarenakan ketika logam dinaikkan temperaturnya maka energi yang tersimpan pada batas butiran akan turun sehingga batas butiran akan berperilaku seperti fluida dan dapat mengalami slip pada batas butiran. Akibatnya logam akan menjadi lebih ulet.

Tahapan yang dilakukan pada percobaan ini dimulai dari preparasi sampel. Sampel berupa baja karbon sedang tulangan beton dilakukan mounting. Setelah resin mengeras, maka dilakukan pengamplasan pada bagian yang terdapat spesimen. Kemudian dilakukan pemolesan dengan ZACT™ selama 20 menit sampai permukaan spesimen dapat memantulkan cahaya dengan baik. Setelah itu sampel dietsa menggunakan larutan nital selama 5 detik dan dibilas dengan air. Setelah itu sampel diamati di bawah mikroskop optik dan diperoleh gambar mikro strukturnya dan kemudian dilakukan pengamatan dan perhitungan.

Pada percobaan yang dilakukan, nilai persen fasa gelap yang terdapat pada spesimen 3 sebesar 49%. Jika dianggap fasa yang berwarna gelap merupakan *cementite*, maka dalam spesimen tersebut terdapat 49% *cementite* dan 51% *ferrite* total. Kemudian ukuran butiran yang diperoleh pada spesimen 3 sebesar 12,8052 (sesuai standar ASTM). Sedangkan nilai persen fasa gelap yang diperoleh pada spesimen referensi adalah sebesar 53,33% dan ukuran butiran sebesar 12,0983 (sesuai standar ASTM). Hasil yang diperoleh dari referensi tidak berbeda jauh dari percobaan yang telah dilakukan sehingga percobaan ini dianggap sudah baik dan sesuai literatur.

Pengujian metalografi ini sangat penting dalam bidang metalurgi. Salah satu gambaran pentingnya metalografi adalah untuk menciptakan suatu logam atau paduan khusus yang memiliki sifat dan karakteristik tertentu yang memiliki kelebihan dalam pengaplikasiannya. Selain metalografi terdapat metode-metode lain yang dapat digunakan untuk karakterisasi bahan, antara lain *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan analisis difraksi sinar-X (*XRD Analysis*).

4. Simpulan

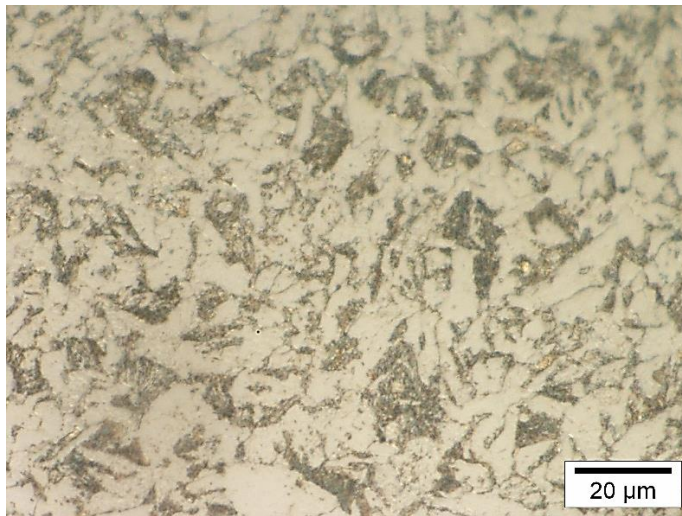
Pada percobaan yang telah dilakukan, nilai persen fasa gelap yang terdapat pada spesimen 3 sebesar 49%. Jika dianggap fasa yang berwarna gelap merupakan *cementite*, maka dalam spesimen tersebut terdapat 49% *cementite* dan 51% *ferrite* total. Kemudian ukuran butiran yang diperoleh pada spesimen 3 sebesar 12,8052 (sesuai standar ASTM). Sedangkan nilai persen fasa gelap yang diperoleh pada spesimen referensi adalah sebesar 53,33% dan ukuran butiran sebesar 12,0983 (sesuai standar ASTM). Hasil yang diperoleh dari referensi tidak berbeda jauh dari percobaan yang telah dilakukan sehingga percobaan ini dianggap sudah baik dan sesuai dengan literatur.

5. Daftar Pustaka

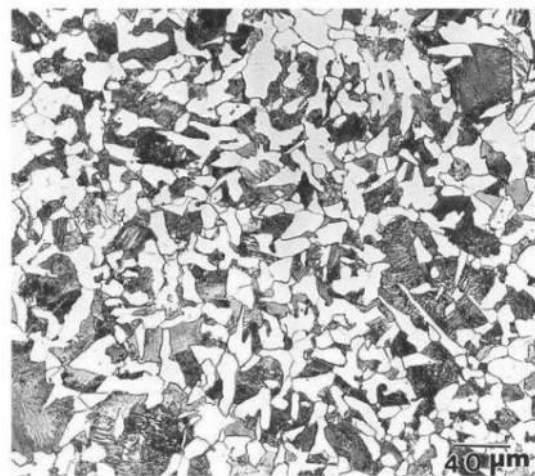
- [1] Callister, William D. 2009. *Materials Science and Engineering: An Introduction, Eight Edition*. United States: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] http://mimoza.marmara.edu.tr/~altan.turkeli/files/1-sample_preparation.pdf, diakses tanggal 14 April 2017 pukul 06.37 WIB.
- [3] http://www.uom.ac.mu/faculties/foe/mped/students_corner/practical.pdf, diakses tanggal 15 April 2017 pukul 06.57 WIB.
- [4] <http://www.metallographic.com/Technical/Basics.pdf>, diakses tanggal 15 April 2017 pukul 07.12 WIB.
- [5] <http://practicalmaintenance.net/?p=1559>, diakses tanggal 15 April 2017 pukul 12.17 WIB.

6. Lampiran

6.1. Foto-Foto Percobaan



Gambar 5. Struktur mikro spesimen 3 dengan perbesaran 1000 kali



Medium-carbon AISI/SAE 1040 Steel

Gambar 6. Struktur mikro baja karbon sedang dengan perbesaran 667 kali [5]



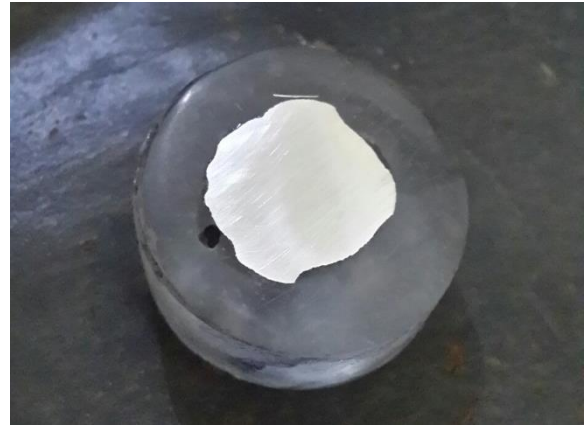
Gambar 7. Alat *Grinder Polisher*



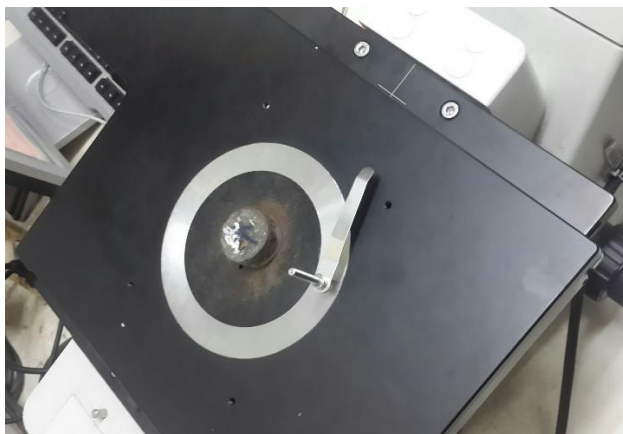
Gambar 8. Proses *polishing*



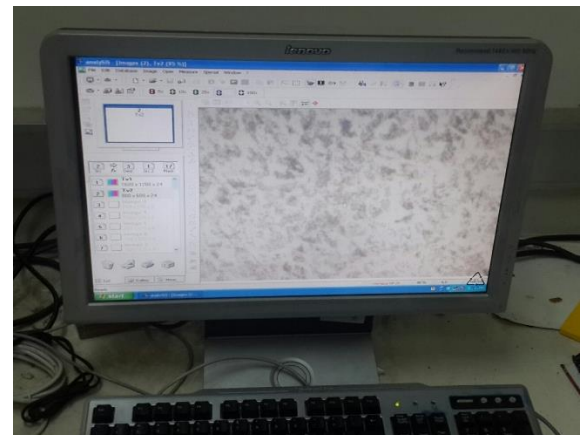
Gambar 9. Mikroskop optik



Gambar 10. Spesimen Baja Karbon Sedang



Gambar 11. Spesimen yang diamati dengan mikroskop optik



Gambar 12. Tampilan mikrostruktur spesimen pada monitor