

PENGARUH *HEAT TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN BAJA CrMoV DENGAN MEDIA *QUENCH* YANG BERBEDA

Elvis A. Sumaraw

Peneliti Bidang Validasi dan Sertifikasi, LAPAN

e-mail : elvis.sumaraw@yahoo.com

ABSTRACT

Heat treatments had been tested to enhance the hardness of CrMoV alloy steel. Heat treatments designed was heating at 1000°C, holding time 1 hour then quenched at water, oil and air respectively. From any cooling media used, water cooling media (rapid cooling) to produce highest hardness number ~ 909 HV. It was seen from microstructure test, the effect of solute atom carbon in ferro atom in martensite structure as a result of rapid cooling while in an initial specimen which was not yet hardened, the hardness number ~ 278 HV. So, it resulted almost 2,3 times the initial hardness number. In this paper the hardening mechanism for alloy steel is discussed.

Keywords: *Heating, Holding time, Cooling media, Martensite*

ABSTRAK

Telah dilakukan pengujian perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan baja paduan CrMoV. Desain perlakuan panas yang dilakukan adalah pemanasan pada temperatur 1000°C ditahan selama 1 jam kemudian dilakukan pendinginan masing-masing pada air, oli dan udara bebas. Dari berbagai media pendingin yang digunakan maka media pendingin air (pendinginan cepat) menghasilkan nilai kekerasan tertinggi ~909 HV. Dari pengujian struktur mikro terlihat pengaruh kelarutan karbon dalam besi pada struktur martensit sebagai akibat dari pendinginan cepat. Pada sampel awal (sampel uji yang belum diberi perlakuan panas) menghasilkan nilai kekerasan sebesar ~278 HV. Terjadi peningkatan nilai kekerasan 2,3 kali dari semula. Pada tulisan ini dibahas mekanisme pengerasan baja paduan.

Kata kunci : *Pemanasan, Waktu tahan, Media pendingin, Martensit*

1 PENDAHULUAN

Saat ini LAPAN sedang mengembangkan roket dengan bahan bakar komposit untuk keperluan pengorbit satelit. Roket ini berukuran diameter 420 mm, RPS 420. Salah satu komponen roket adalah sirip. Sirip roket terbuat dari bahan yang ringan agar berat struktur keseluruhan dari roket tidak terlalu besar. Fungsi utama dari sirip roket adalah untuk menjaga agar roket saat terbang tidak mengalami rotasi. Untuk mendapatkan kontur sirip yang presisi perlu penggunaan tool (pahat potong) untuk memotong dan membentuk. Salah satu bahan untuk pahat potong adalah baja CrMoV. Baja

CrMoV ini harus mempunyai kekerasan yang cukup agar mampu menusuk benda kerja (aluminium bahan sirip/sayap). Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan *heat treatment* (perlakuan panas) *hardening*. Perlakuan panas *hardening* dimaksudkan untuk mendapatkan bahan teknik yang keras. Perlakuan panas *hardening* dengan melakukan pemanasan pada temperatur austenisasi $\pm (900^{\circ}\text{s.d}1000^{\circ})\text{C}$ kemudian dilakukan pencelupan ke dalam media pendingin (air, oli, udara). Kekerasan yang terjadi akibat adanya struktur martensit yang terbentuk pada saat pencelupan dalam media pendingin air/oli (Pollack, 1977).

Tujuan Penelitian ini untuk mendapatkan material keras yang dapat digunakan untuk material *tool* (pahat potong). Pahat potong ini digunakan untuk pabrikan komponen roket seperti: sayap, sirip,udukan sirip, pemotongan tabung roket.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat-sifat Baja CrMoV

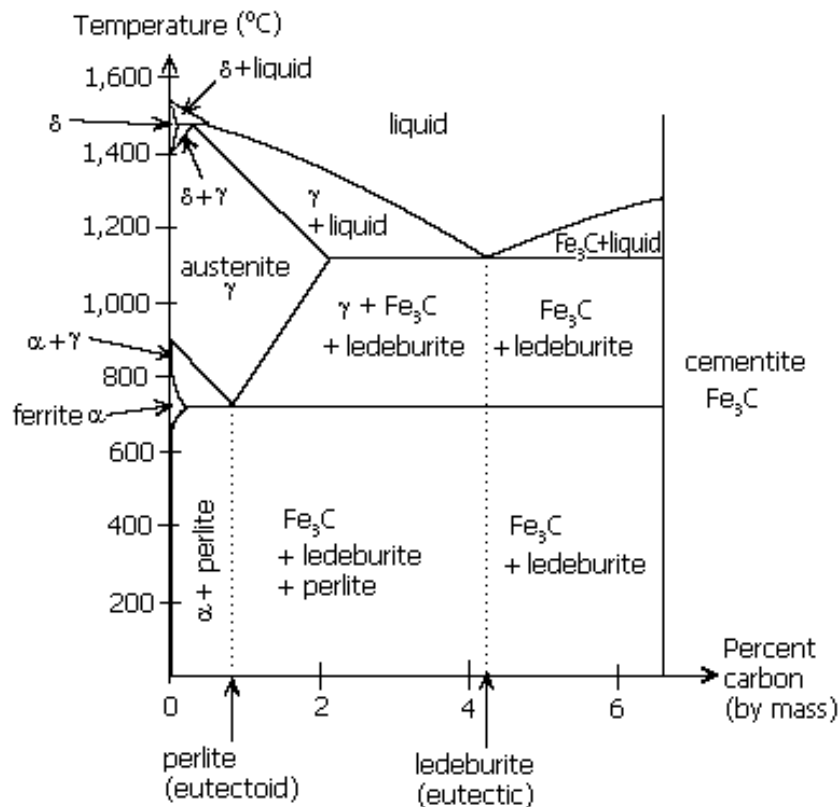
Baja CrMoV adalah baja karbon dengan paduan utama *chromium*, *molybdenum* dan *vanadium*. Sifat-sifat yang dimiliki oleh baja CrMoV adalah sebagai berikut:

- Kekuatannya baik pada suhu tinggi,
- Mempunyai ketangguhan dan kelenyutan pada semua kondisi.
- Mempunyai ketahanan terhadap kejutan panas tinggi.
- Kemampuan untuk dikeraskan.
- Stabilitas yang baik selama pengerasan.

Baja CrMoV adalah jenis baja berkualitas tinggi yang dibuat untuk diaplikasikan sebagai pahat potong (*cutting tool*), alat pembentuk (*forming*) dan sebagai cetakan (*dies*) dimana diperlukan sifat tidak mulur, tahan aus dan memerlukan kekerasan yang tinggi. [Pollack, 1977]

2.2 Diagram Fasa Pembentukan Besi-Karbon

Fasa didefinisikan sebagai daerah logam yang secara fisik dan mekanik terpisah, secara kimia homogen. Dua fasa dikatakan berbeda jika mempunyai bentuk fisik yang berbeda (padat, cair dan gas) atau mempunyai bentuk fisik sama tetapi komposisi dan struktur kristal berbeda. Apabila dua fasa mempunyai komposisi sama dan struktur sama tetapi sifat magnetik berbeda, maka dapat dikatakan kedua fasa tersebut berbeda. Transformasi fasa adalah perubahan suatu fasa atau perubahan fasa awal menjadi satu fasa baru.



Gambar 2-1: Diagram fasa besi-karbon (John, 1983)

Perubahan yang terjadi pada transformasi fasa meliputi: bentuk fisik, komposisi kimia, struktur kristal. Difusi atom adalah pergerakan atom yang menyebabkan berubahnya posisi relatif atom tersebut terhadap atom tetangganya dengan pergerakan acak atau tidak teratur (John, 1983).

Baja CrMoV dengan temperatur pemanasan 1000°C (sumbu tegak pada Gambar 2-1) selama 1 jam adalah larutan padat besi gamma (γ -iron/*austenite*) dengan komposisi karbon 1,4 % (sumbu datar Gambar 2-1).

2.3 Proses Perlakuan Panas

Dalam proses perlakuan panas ada beberapa faktor yang menentukan dan mempengaruhi proses perlakuan panas tersebut, yaitu:

a. Temperatur Pemanasan

Dengan melihat Gambar 2-3, temperatur pemanasan sebesar 1000° C yaitu pemberian panas sampai temperatur yang telah ditentukan pada proses perlakuan panas sampai mencapai temperatur transformasi yang dilakukan. Besarnya temperatur penahanan (*holding time temperature*) yang digunakan untuk mencapai daerah transformasi tertentu berpengaruh terhadap penyebaran ferit dan sementit. Untuk mendapatkan penyebaran ferit dan sementit yang baik, pemanasan diusahakan berjalan perlahan, sehingga transformasi berjalan linier bersama naiknya temperatur yang timbul pada baja. (Pollack, 1977)

b. Waktu Penahanan

Dengan melihat Gambar 2-3, waktu penahanan (*holding time*) selama 1 jam, dilakukan setelah temperatur pemanasan telah mencapai temperatur yang dikehendaki. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan bentuk struktur kristal yang sempurna pada temperatur transformasi sehingga waktu tahan ditentukan sesuai dengan kebutuhan pengujian serta disesuaikan dengan

spesifikasi material yang akan diuji. (Pollack, 1977)

c. Kecepatan Pendinginan

Dengan melihat Gambar 2-2, kecepatan pendinginan (*cooling rate*) ditunjukkan dengan garis putus-putus dari kiri atas ke kanan bawah, contohnya : 1000°F/second. Kecepatan pendinginan berpengaruh terhadap hasil transformasi dan sifat mekanik. Dalam hubungan tersebut dipakai suatu diagram transformasi (TTT diagram = *Time Temperature Transformation diagram*) (Pollack, 1977), untuk meramalkan struktur yang terjadi bila baja didinginkan dari temperatur *austenit* dengan kecepatan pendinginan tertentu. Kecepatan pendinginan yang lebih tinggi akan lebih cepat terjadinya kelarutan karbida. Dengan demikian perlu direncanakan dan diketahui proses pendinginan yang akan dilakukan serta media pendingin yang akan dipakai. Kesalahan dalam menggunakan media pendingin dapat berakibat fatal pada material uji (Pollack, 1977).

d. Perlakuan Panas Celup (Quench)

Dengan merujuk pada Gambar 2-3, perlakuan panas ini dilakukan dengan memanaskan sampel uji sampai temperatur *austenisasi* 1000°C, dipertahankan beberapa saat pada temperatur tersebut, lalu didinginkan dalam beberapa media pendingin (air, oli, udara). Pada temperatur pemanasan 1000°C (sumbu tegak Gambar 2-2) larutan padat CrMoV ditahan selama 1 jam kemudian dicelup dengan cepat dan waktu pendinginan sangat cepat (sumbu datar Gambar 2-2) selama ± 2 detik. Kecepatan pendinginan $\pm 1000^\circ\text{F}/\text{detik}$. Gambar 2-2 mempunyai korelasi yang saling menguatkan dengan Gambar 2-3.

e. Perubahan Struktur Mikro Saat Transformasi

Terbentuknya struktur mikro fasa pada saat transformasi dari fasa *austenit* ada dua macam yaitu:

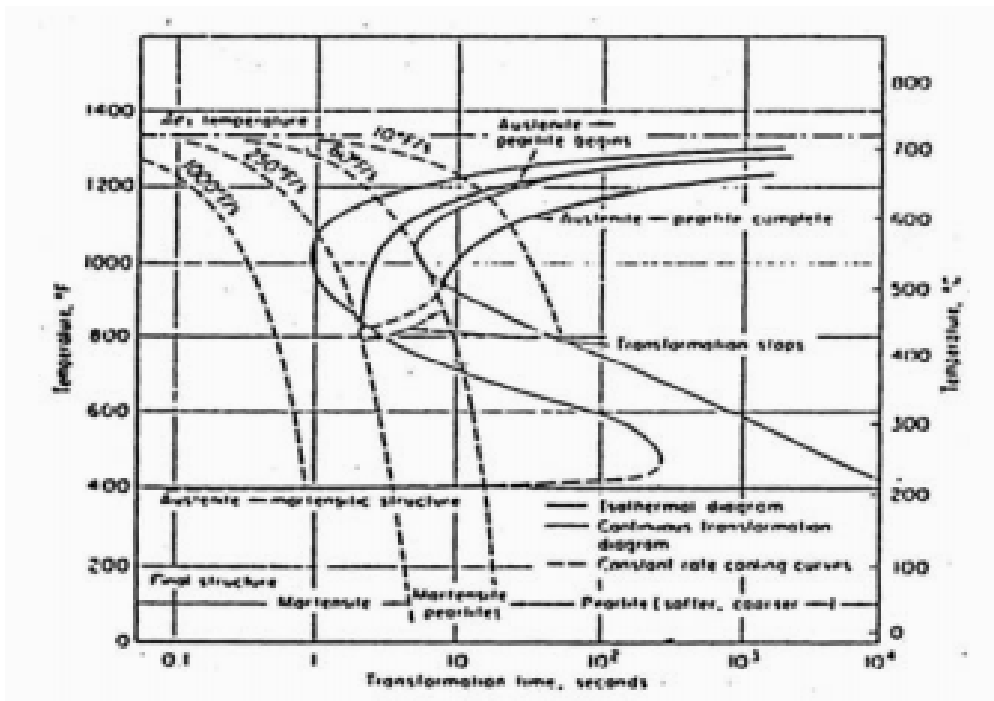
- Pembentukan *Ferit* dan *Perlit*

Bila *austenit* pada baja hipereutektoid didinginkan sampai temperatur kritis, maka akan terjadi perubahan fasa dari *austenit* ke *perlit* yang dimulai dengan terbentuknya *ferit* kemudian baru terbentuk *perlit*.

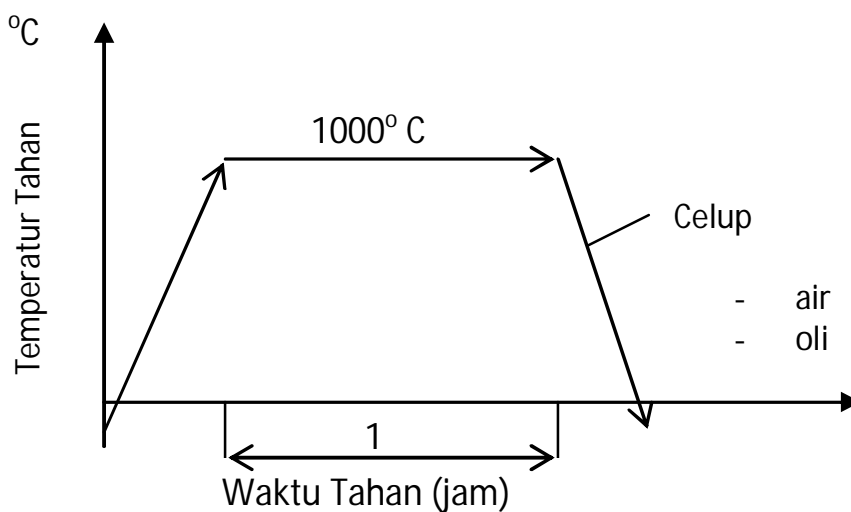
- Pembentukan *Martensit*

Bila *austenit* pada baja hipereutektoid dipanaskan sampai temperatur *austenisasi* ($> 723^{\circ}\text{C}$) dan ditahan untuk beberapa lama kemudian

dicelup dengan cepat (*rapid cooling*) ke dalam media pendingin (air atau oli) maka *austenit* akan berubah menjadi *martensit* yang sangat keras. Pada Gambar 2-2 pendinginan dari suhu 1000°C dengan penurunan temperatur sebesar $1000^{\circ}\text{F/detik}$ (Gambar 2-2 sumbu tegak) akan memotong kurva S (hidung-dagu) pada daerah *martensit* awal dan *martensit* akhir sehingga fasa yang terbentuk adalah fasa yang keras (*martensite*).



Gambar 2-2: Diagram TTT baja karbon eutektoid (Pollack, 1977)



Gambar 2-3: Proses Quenching (Celup)

3 METODE PENGUJIAN

3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dimaksudkan untuk mendapatkan bahan baja yang sesuai agar dapat menentukan temperatur yang sesuai untuk perlakuan panas. Pengujian komposisi dilakukan dengan menggunakan "Spektrometer Emisi". Dengan penembakan sebanyak dua kali pada sampel uji berukuran (30 x 30 x 10)mm dan diambil harga rata-ratanya.

3.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dimaksudkan untuk mengetahui kekerasan dari masing-masing sampel uji, yaitu: awal, pendinginan air, pendinginan oli dan pendinginan udara. Pengujian dilakukan terhadap 4 buah sampel uji berukuran (10x10x10)mm. Satu buah sampel uji tanpa perlakuan panas dan 3 buah sampel uji dengan perlakuan panas. Sampel dengan perlakuan panas masing-masing 1 buah sampel uji ditahan 1000°C selama 1 jam kemudian dicelup dalam oli SAE 40 sebanyak 1 liter, 1 buah sampel uji ditahan 1000°C selama 1 jam kemudian dicelup dalam air sebanyak 1 liter dan 1 buah sampel uji ditahan 1000°C kemudian dibiarkan di udara luar.

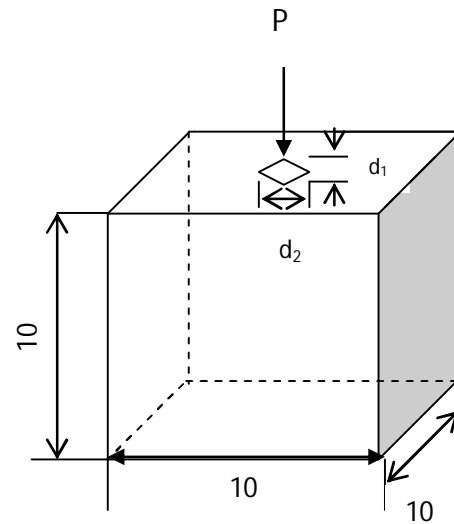
Pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium Jurusan Metalurgi UI menggunakan mesin uji kekerasan Vickers (*Micro Hardness Tester*), dengan beban uji (P) sebesar 1000 gr, jarak antara jejak 250 mikron. Pengukuran kekerasan dilakukan terhadap 4 buah sampel uji kekerasan dan terhadap masing-masing sampel uji dilakukan 5 kali penjejakan.

Bekas jejak penekanan diukur diagonal rata-ratanya.

$$[\bar{d} = (d_1 + d_2)/2]. \text{ (mm)} \quad (3-1)$$

Nilai kekerasan dihitung dengan rumus (Surdia,1992):

$$HV = \frac{1,854 \times P}{(d)^2} \text{ (gram/mm)} \quad (3-2)$$



Gambar 3-1: Sampel Uji Kekerasan Vickers

3.3 Pengujian Metalografi

Sampel uji metalografi disiapkan sebanyak 4 buah, 1 buah tanpa perlakuan panas dan 3 buah dengan perlakuan panas. Sampel uji dengan perlakuan panas 1 buah dengan pemanasan pada 1000°C selama 1 jam kemudian didinginkan dalam oli SAE 40 sebanyak 1 liter, 1 buah dengan pemanasan pada 1000°C selama 1 jam kemudian didinginkan dalam air sebanyak 1 liter dan 1 buah dengan pemanasan pada 1000°C kemudian didinginkan di udara luar.

Pengujian metalografi dimaksudkan untuk mengetahui struktur yang didapat dari sampel uji: awal, pendinginan air, pendinginan oli dan pendinginan udara. Ukuran sampel uji (10x10x10)mm dimounting dengan resin epoksi dalam cetakan diameter 20 mm tebal 15 mm untuk memudahkan pengampelasan. Permukaan sampel uji setelah dibentuk, digosok dengan kertas ampelas mulai dari no 200 s.d no. 2000 menggunakan serbuk alumina, kemudian keringkan dengan kain flannel hingga permukaan sampel uji mengkilat seperti cermin. Sampel uji yang siap diuji diberi larutan etsa 3 % nital (nitrogen alkohol) pada permukaan yang akan difoto dengan pembesaran 500 kali.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan hasil yang terbaik maka dilakukan beberapa percobaan dan pengujian laboratorium. Di bawah ini akan diuraikan mengenai hasil pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, dan pengujian metalografi.

4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian dilakukan pada sebuah sampel uji, dengan nilai komposisi

paduan baja CrMoV ditampilkan pada Tabel 4-1.

4.2 Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian nilai kekerasan masing-masing sampel uji diperlihatkan pada Tabel 4-2.

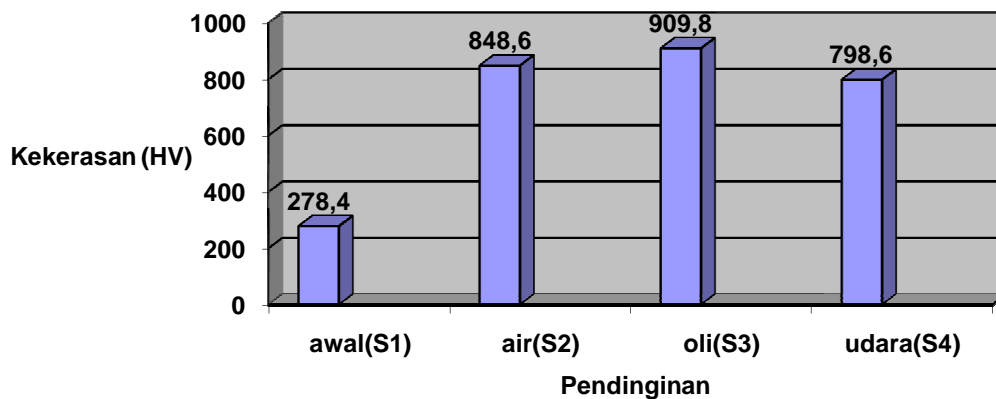
Hasil pengujian kekerasan rata-rata dari masing-masing sampel uji dibuat grafik nilai kekerasan rata-rata seperti Gambar 4-1.

Tabel 4-1: KOMPOSISI KIMIA BAJA CrMoV

UNSUR	SIMBOL	KOMPOSISI KIMIA (% wt)
Carbon	C	1,4
Silicone	Si	0,3
Mangan	Mn	0,3
Molybden	Mo	1,0
Vanadium	V	0,4
Chrom	Cr	12,0
Ferro (sisanya)	Fe	~ 100

Tabel 4-2: HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

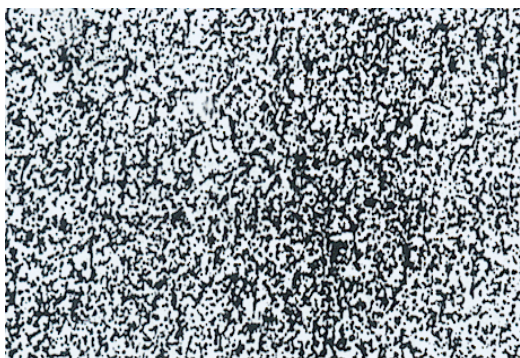
No.	Kode Sampel Uji	Nama Benda Uji	Angka Kekerasan (HV)		
			đ dari 5 kali penjejakan (micrometer)	5 kali penjejakan (HV)	Nilai Rata-rata (HV)
1.	S1	Baja CrMoV (awal)	81,5;81,5;82; 81,5;81,5	279,1;279,1;275,7; 279.1;279.1	278,42
2.	S2	Baja CrMoV (dengan pendingin air)	45,0;45,2;45,2; 45,3;45,0	915,5;907,4;907,4; 903,4;915,5	909,84
3.	S3	Baja CrMoV (dengan pendingin oli)	46,5;46,8;46,8; 47,0;46,6	857,4;846,4;846,4; 839,2;853,7	848,62
4.	S4	Baja CrMoV (dengan pendingin udara)	48,0;48,3;48,0; 48,5;48,1	804,6;794,7;804,6; 788,1;801,3	798,66



Gambar 4-1: Kurva nilai kekerasan rata-rata (HV) masing-masing sampel uji

4.3 Hasil Pengujian Metalografi

Hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 4-2 sampai dengan Gambar 4-5



Gambar 4-2: Struktur Mikro Sampel Uji Awal, etsa 3 % nital, 500X



Gambar 4-3: Struktur Mikro Sampel Uji pendinginan Air, etsa 3 % nital 500 X



Gambar 4-4: Struktur Mikro Sampel Uji Pendinginan Oli, etsa 3% nital, 500X



Gambar 4-5: Struktur Mikro Sampel Uji Pendinginan Udara, etsa 3 % nital, 500 X

4.4 Pembahasan

4.4.1 Komposisi paduan baja CrMoV

Berdasarkan Tabel 4-1 Komposisi Baja **CrMoV** ternyata baja ini mengandung karbon sejumlah 1,4% berat keseluruhan. Baja ini termasuk baja karbon hipereutektik (kandungan karbon > 0,8 % wt)(Surdia, 1992).

4.4.2 Nilai kekerasan, metalografi dan identifikasi fasa

Nilai kekerasan tertinggi sebesar ~909,84HV diperoleh sampel uji S2 dengan perlakuan panas pendingin air. Untuk sampel uji S1 (awal) hanya memberikan nilai kekerasan rata-rata sebesar ~278,42 HV. Untuk sampel uji S3 perlakuan panas dengan pendingin oli memberikan nilai kekerasan rata-rata sebesar ~848,62 HV. Untuk sampel uji S4 perlakuan panas pendinginan udara memberikan nilai kekerasan rata-rata sebesar ~ 798,66 HV.

Nilai kekerasan rata-rata sampel uji S2 sebesar ~909,42 HV, terjadi peningkatan nilai kekerasan 2,3 kali dari nilai kekerasan awal. Demikian pula pada sampel uji S3 nilai kekerasan rata-rata ~848,62 HV, terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 2,05 kali dari kekerasan awal. Hal ini dimungkinkan karena adanya fasa martensit yang terjadi dengan sel satuan BCT (Body Centered Tetragonal) dimana atom atom karbon belum sempat berdifusi karena cepatnya pendinginan (Van Vlack, 1991).

Dari Gambar 4-2 sampai Gambar 4-5 menunjukkan struktur mikro dari masing-masing sampel uji untuk berbagai macam media pendingin. Dari foto metalografi Gambar 4-3 sampel uji S2 pendinginan air dan Gambar 4-4 sampel uji S3 pendinginan oli terlihat adanya garis-garis halus menyerupai jarum yang merupakan ciri khas struktur martensit dengan latar belakang terang. Sedang pada sampel uji S1 (awal) tidak diberikan perlakuan panas Gambar 4-2 terlihat struktur ferit dan perlit. Pada sampel uji S4 pendinginan udara Gambar 4-5 karena

waktu pendinginan yang lama, maka fasa yang terbentuk adalah fasa ferit dan perlit.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Baja CrMoV ini dapat ditingkatkan nilai kekerasannya menjadi 2,3 kali lipat dari kekerasan awal (sebelum diberi perlakuan panas) dengan nilai kekerasan sebesar 278,42 HV, perlakuan panas *hardening*, dan pendinginan celup di air mengakibatkan nilai kekerasan naik menjadi sebesar ~909,84 HV.
- Peningkatan nilai kekerasan ini (dengan media pendingin air) diakibatkan karena terbentuknya struktur martensit yang ditandai dengan banyaknya garis-garis halus

menyerupai jarum yang merupakan ciri-ciri dari struktur martensit dengan latar belakang terang.

- Baja CrMoV ini masuk dalam kelompok baja hiper eutektoid, karena kandungan karbon 1,4 % lebih besar dari 0,8 %.

DAFTAR RUJUKAN

- John, Vernon, 1983. *Introduction in Engineering Materials*, Mc. Graw Hill Inc., New York.
- Pollack, H.W., 1977. *Physical Metallurgy*, Reston Publishing, Virginia.
- Surdia, Tata, dan Shinroku Saito, 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Surdia, Tata, dan Kenji Chijiwa, 1980. *Teknik Pengecoran Logam*, Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Van Vlack, L., 1991. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.