

## STUDI STRUKTURMIKRO DAN KEKERASAN BAJA ASSAB CORRAX ANNEALING

Parikin, Mohammad Dani, A.H. Ismoyo dan N. Effendi

Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN  
Kawasan Puspipetek, Serpong, Tangerang 15314

### ABSTRAK

**STUDI STRUKTURMIKRO DAN KEKERASAN BAJA ASSAB CORRAX ANNEALING.** Pengujian sifat kekerasan dan pengamatan strukturmikro baja *Assab Corrax* anil telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan sebagai studi awal pencarian bahan tahan operasi suhu tinggi. Bahan diberi perlakuan *anil* untuk melihat perubahan butiran dan sifat kekerasan. Dua buah variasi dilakukan; *anil*-suhu konstan pada 400°C dan *anil* waktu penahanan konstan selama 4 jam. Hasil memperlihatkan bahwa kekerasan bahan terhadap waktu penahanan berfluktuasi antara 200 Hv sampai dengan 400 Hv sedang kekerasan terhadap suhu cenderung naik dari 200 Hv sampai 500 Hv oleh peristiwa presipitasi. Disimpulkan bahwa kekerasan bahan terhadap waktu penahanan tidak terprediksi nyata dan peningkatan kekerasan akibat suhu *anil* disebabkan oleh presipitasi. Mikrografi permukaan mendukung fenomena ini.

**Kata kunci :** Baja assab corrax, strukturmikro, kekerasan

### ABSTRACT

**STUDY OF MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF ASSAB CORRAX STEEL ANNEALING.** Hardness testing and microstructures investigation have been performed at annealed Assab Corrax steel. This preliminary research is gain to look for the high temperature operation resisting materials. The steels were annealed to observe grains and hardness changes in two ways; annealing-temperature constant (400°C) and annealing- time hold constant (4 hours). The results show that the hardness vs. time-hold fluctuates between 200 Hv and 400 Hv, meanwhile it tends to increase due to precipitation hardening by means annealing temperatures. In summary, the hardness is unpredictable by means time-hold and it improves due to precipitation role. The surface micrographs support the phenomena.

**Key words :** Assab corrax steel, microstructure, hardness

### PENDAHULUAN

Baja merupakan bahan komoditi penting dalam industri rekayasa struktur atau konstruksi. Bahan serbaguna ini memiliki beberapa sifat karakteristik, seperti keras, lunak, liat, dan mampu bentuk yang sangat dibutuhkan. Kekuatan dan kemampuan bahan diubah menjadi bentuk-bentuk praktis tertentu merupakan sifat yang banyak diminati para perkerayasa.

Baja *Assab-Corrax* [1] merupakan salah satu baja perkakas (*tooling materials*) yang di produksi PT. *Assab Corrax Indonesia*. Baja ini diklasifikasikan sebagai baja cetak plastis (*plastic mould steels*) yang berketahanan korosi tinggi dan kemampuan gores sedang. Komposisi kimia baja ini adalah: 0,03%C, 12,00%Cr, 1,40%Mo, 0,30%Mn, 0,30%Si, 9,2%Ni dan 1,6%Al.

Penelitian sifat mekanik pada Baja Assab Corrax dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan struktur yang dipergunakan pada suhu dan tekanan tinggi.

Karakterisasi ini dilakukan untuk memperoleh bahan struktur yang dapat digunakan sebagai komponen perakitan (*assembly*) Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

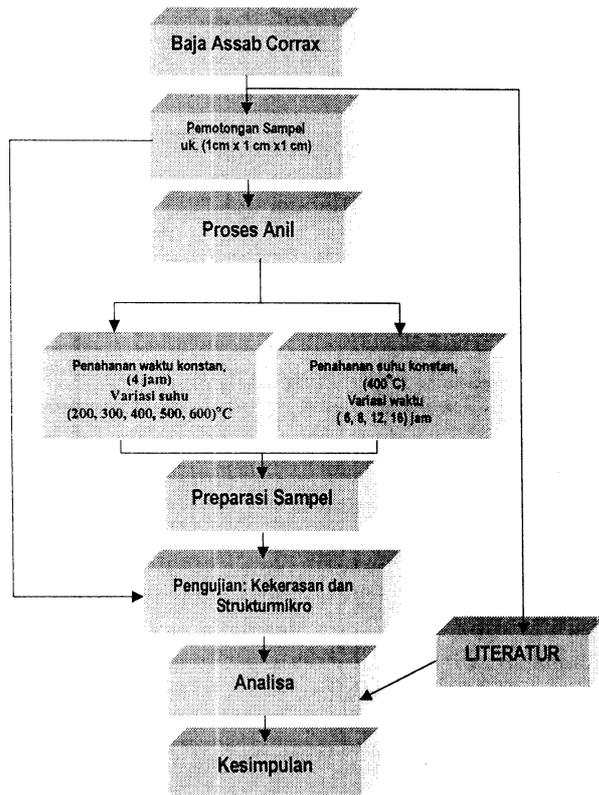
(PLTN), yang direncanakan akan dibangun dengan taraf ketangguhan dan keselamatan yang tinggi.

Kandungan Ni dan Al yang cukup tinggi menyebabkan bahan berturut-turut mampu dioperasikan pada suhu tinggi dan mampu *drawing* baik. Peningkatan sifat mampu bentuk dan *drawing* agar tidak retak (*cracking*) ketika dibebani kerja dapat dilakukan dengan proses *annealing* [2]. Proses ini merupakan proses laku panas dimana bahan mengalami pemanasan yang cukup lama pada suhu tertentu dan disertai pendinginan perlahan-lahan. Perlakuan panas ini dimaksudkan untuk memperlunak bahan logam agar mudah dalam pengerjaan dingin atau *machining*.

### METODE PERCOBAAN

Sampel uji diperoleh dari PT. *ASSAB STEEL INDONESIA*, dipotong sesuai keperluan perlakuan dan pengujian. Ada 10 buah sampel dipersiapkan dalam studi ini. Sebagian sampel diberi perlakuan proses *anil* pada

suhu konstan yaitu 400°C variasi waktu penahanan selama 6 jam, 8 jam, 12 jam dan 16 jam. Sebagian lagi pada waktu penahanan konstan yaitu 4 jam, variasi suhu *anil* sebesar 200°C, 300°C, 400°C dan 500°C. Uji kekerasan untuk mengetahui sifat mekanik dengan menggunakan metode *Vickers*. Pengujian metalografi untuk mengamati strukturmikro digunakan Mikroskop Optik.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Studi dimulai dari baja *assab corrax* yang didapat dari pabrik dipotong-potong dengan ukuran 1cmx 1cmx 1cm sebanyak 7 buah. Sampel asli diuji kekerasan dan strukturmikro. 4 (empat) buah sampel yang lain diperlakukan proses anil dengan suhu konstan pada 400°C dan variasi waktu penahanan selama 6 jam, 8 jam, 12 jam dan 16 jam. Sedangkan 3 (tiga) buah sampel yang lain diperlakukan proses *anil* dengan waktu penahanan konstan 4 jam dan variasi suhu *anil* yaitu sebesar 200°C, 300°C dan 500°C. Semua sampel kemudian dikarakterisasi dengan metode *Vickers* untuk diukur kekerasan bahan, mikroskop optik untuk dilihat strukturmikro bahan dan difraksi sinar-x untuk mengetahui struktur kristal bahan. Dengan variasi suhu dan waktu penahanan dapat diperoleh grafik dari kekerasan dan selanjutnya dibandingkan. Mekanisme proses preparasi dan pengujian sampel seperti pada Gambar 1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan Mikro *Vickers* berbeban indenter 0,2 kgf. Tabel 1 menunjukkan

data hasil pengukuran dengan alat ini berdasarkan variabel suhu dan waktu penahanan konstan. Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan grafik hubungan plot data-data dari Tabel 1.

Tabel 1. Kekerasan baja assab corrax hasil proses *anil*

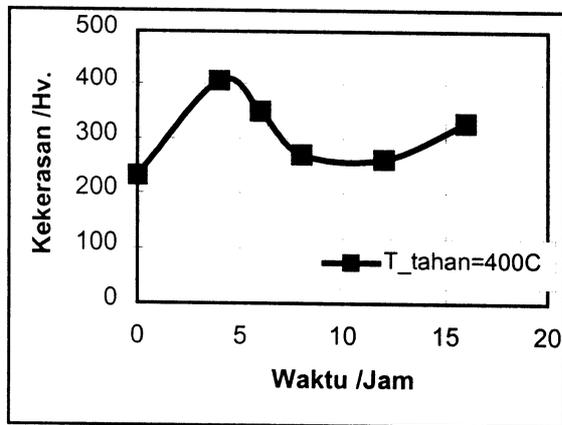
No.	Kode Sampel	Kekerasaan (Hv)
1.	BAC T0H0	232
2.	BAC T4H6	349
3.	BAC T4H8	270
4.	BAC T4H12	261
5.	BAC T4H16	328
6.	BAC T2H4	231
7.	BAC T3H4	232
8.	BAC T5H4	482
9.	BAC T6H4	359

Hv= kgf/mm<sup>2</sup>

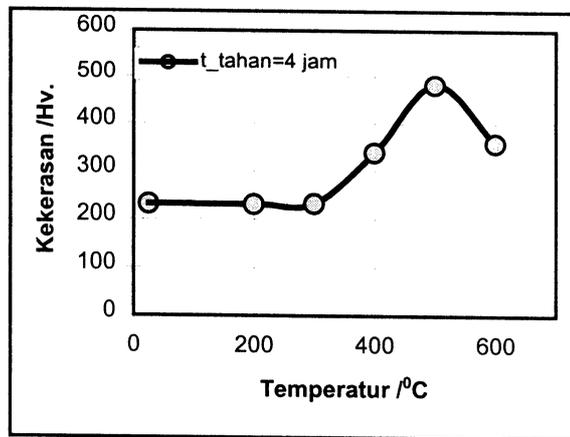
Sebelum proses *anil* pada suhu 400°C, Baja Assab Corrax memiliki kekerasan 231,8 kgf/mm<sup>2</sup>. Namun setelah di *anil* kekerasan bahan ini bervariasi terhadap waktu penahanan, seperti terlihat pada Gambar 2. Kekerasan mencapai maksimum pada penahanan selama 6 jam sebesar hampir 350 kgf/mm<sup>2</sup>. Setelah 6 jam berikutnya kekerasan menurun hingga mendekati angka terendah sebesar 261,3 kgf/mm<sup>2</sup>. Tidak ada angka kekerasan yang tetap terhadap waktu penahanan, karena nilai kekerasan bahan ini berfluktuasi di sekitar 231,8 kgf/mm<sup>2</sup> dan 349,1 kgf/mm<sup>2</sup>. Oleh karena itu prediksi angka kekerasan terhadap waktu penahanan sangat sulit dan secara kasar ditentukan dari garis lurus pada angka sekitar 300 kgf/mm<sup>2</sup>.

*Slope* penurunan garis sangat tajam dari waktu penahanan 6 jam ke 8 jam ini dimungkinkan sebagai akibat pembentukan butiran (*grain*) yang membesar. Pertumbuhan butiran ini disebabkan oleh adanya penggabungan sekelompok partikel/kristal kecil, membentuk butiran yang semakin besar, atau penggabungan partikel-partikel presipitat [3], sehingga ukuran terus bertambah besar dan terakhir presipitat melepaskan diri menjadi bagian yang berdiri sendiri, karena memiliki struktur kristal berbeda (*inkoheren*) dengan matriks induk. Tidak terbentuk regangan lokal sehingga dislokasi dapat bergerak bebas dan baja pun semakin lunak.

Pada proses *anil* dengan waktu penahanan konstan (4 jam) dengan variasi suhu *anil* pada 200°C, 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C diperoleh angka kekerasan seperti pada Gambar 3. Kekerasan bahan mula-mula hampir konstan dari suhu 200°C hingga 300°C di sekitar bahan asli, angka semakin meningkat dan menuju maksimum pada suhu *anil* 500°C, tetapi menurun kembali ketika suhu *anil* dinaikkan ke 600°C. Fenomena ini dapat dijelaskan dari tahap pembentukan presipitasi.



Gambar 2. Kekerasan pada suhu anil 400°C terhadap variasi waktu penahanan



Gambar 3. Kekerasan terhadap variasi suhu anil dan waktu penahanan konstan selama 4 jam.

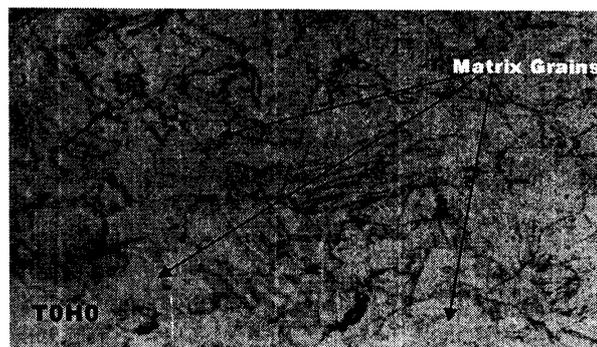
Peningkatan kekerasan bahan akibat proses anil oleh karena terbentuknya presipitat-presipitat pada baja tersebut. Presipitat muncul karena baja mengandung unsur Al. Presipitat ini merupakan endapan unsur yang mampu menghalangi pergerakan dislokasi, sehingga baja paduan ini bertambah keras. Pengerasan presipitasi (*precipitation hardening*) ini melalui beberapa tahapan. Mula mula atom terlarut terpisah dari fasa matriks dan siap bernukleasi atau pengintian yang dikenal dengan sebutan *pre-precipitation*. Proses ini terjadi pada zona *Guinier Preston (GP)* [4,7] yang memiliki struktur kristal yang sama dengan matriksnya. Setelah terjadi nukleasi maka terbentuk kisi baru dan membentuk fasa presipitat yang koheren dengan kisi matriksnya. Di sekitar presipitat metastabil (*intermediate precipitation*) ini terdapat daerah regangan besar pada matriks. Pada tahap ini, dislokasi tidak mampu bergerak bebas melampaui daerah regangan lokal, sehingga gangguan yang dibutuhkan dislokasi untuk bergerak semakin besar, dan ini menyebabkan kekerasan baja paduan meningkat.

Berdasarkan fakta tersebut, pada suhu 200°C tahap *pre-precipitation* belum ada. Sedang diatas suhu ini mulai terjadi pembentukan presipitat sehingga pada suhu 300°C dan pada 500°C kekerasan bahan meningkat. Diatas suhu 500°C kekerasan menurun yang disebabkan oleh terjadinya pergantian struktur butiran lama oleh butiran baru yang bebas regangan, sehingga memudahkan pergerakan dislokasi

### Struktur mikro

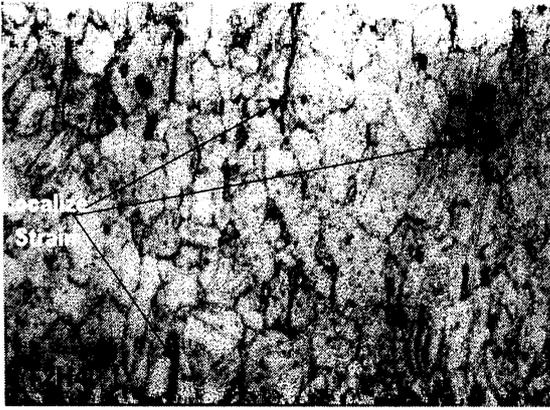
Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik (MO), yang cukup menawarkan analisis permukaan bahan secara lengkap. Studi struktur mikro ini terkait pada kemampuan membedakan secara detail komposisi kimia, struktur atau orientasi berlainan, dalam daerah yang berdekatan. Teknik penampakan struktur mikro hampir seluruhnya didasarkan pada tanggapan detail konstituen terhadap

radiasi datang atau pada kualitas intensitas radiasi yang dipancarkan oleh obyek saat tereksitasi secara sempurna. Kekontrasan obyek diperlihatkan sebagai daerah terang dan gelap. Efek refraksi pada batas fasa dapat membiaskan cahaya terang dan menggelapkan daerah tetangganya. Intensitas efek ini bergantung pada indeks bias [4,5]. Struktur mikro permukaan baja anil ini dianalisis berdasarkan daerah terang-gelap atau tinggi-rendah intensitas cahaya. Hasil pengamatan struktur mikro ini ditunjukkan dalam Gambar 4 sampai dengan Gambar 12 dengan perbesaran 400 kali.

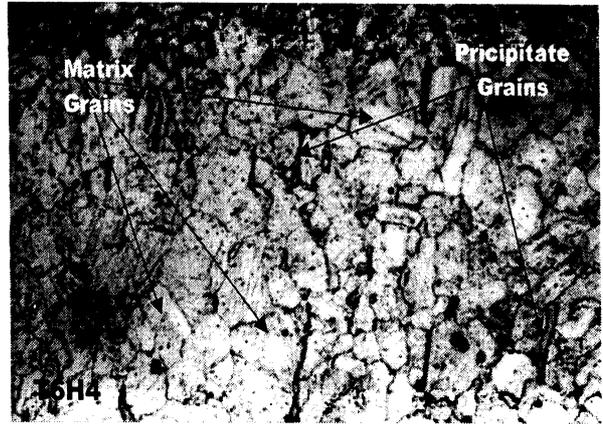


Gambar 4. Mikrograf baja assab corrax asli dari pabrik, perbesaran 400x

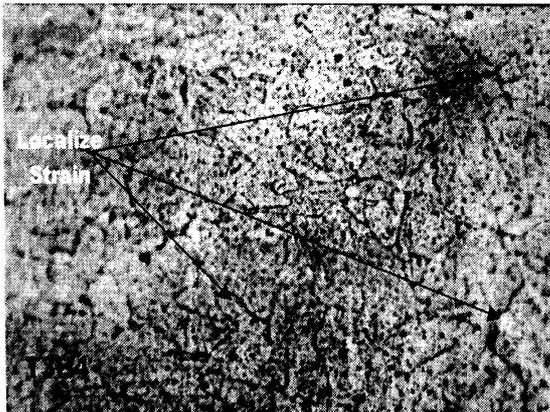
Mikrografi struktur permukaan bahan dengan perlakuan anil-waktu penahanan konstan selama 4 jam diberikan pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 8. Fenomena pengerasan seperti diberikan pada grafik dalam Gambar 3 jelas tergambar dan sangat mungkin terjadi pengerasan presipitasi [6,7]. Ketika suhu anil masih sekitar 200°C (T2H4) sampai 300°C (T3H4), butiran-butiran tidak banyak berubah sehingga harga kekerasan bahan masih di sekitar bahan asli (T0H0). Tetapi saat suhu anil dinaikkan hingga 500°C (T5H4) butiran kecil terlihat menyebar dan memperbanyak batas butiran (*grain boundary*). Akibat dari ini terbentuk regangan lokal sehingga dislokasi tidak mampu bergerak bebas dan baja pun semakin keras.



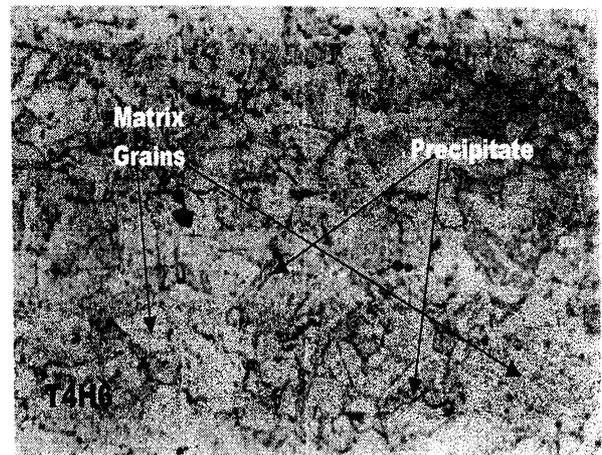
Gambar 5. Mikrograf baja assab corrax T2H4, perbesaran 400x



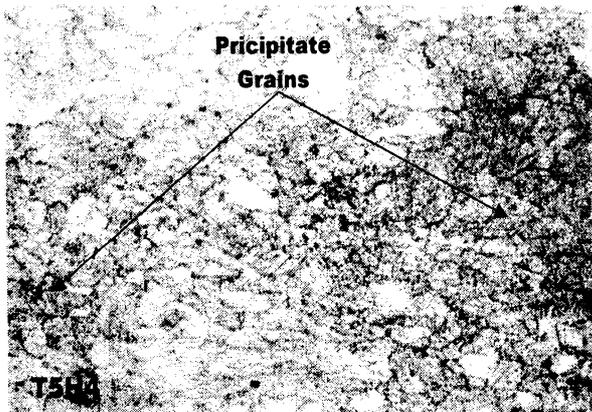
Gambar 8. Mikrograf baja assab corrax T6H4, perbesaran 400x



Gambar 6. Mikrograf baja assab corrax T3H4, perbesaran 400x



Gambar 9 Mikrograf baja assab corrax T4H6, perbesaran 400x

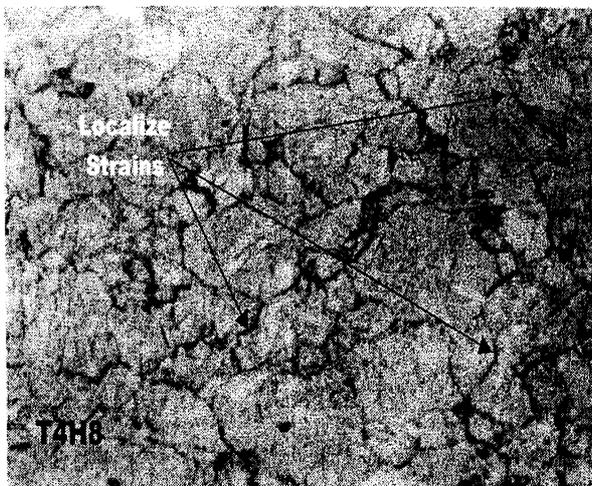


Gambar 7. Mikrograf baja Assab Corrax T5H4, perbesaran 400x

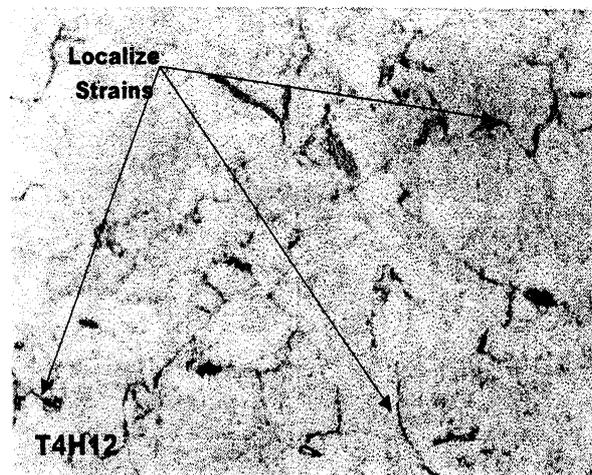
Pada suhu *anil* 600°C sebagian butiran membesar kembali dan masih dilingkupi butiran kecil, gejala ini terbaca dalam grafik pada Gambar 3 terjadinya penurunan angka kekerasan yang cukup signifikan. Gambar 7 dan Gambar 8 memperlihatkan fenomena pertumbuhan butiran yang mengakibatkan penurunan kekerasan pada produk anil 600°C. Mikrografi permukaan ini menginformasikan bahwa presipitas berukuran kecil banyak terbentuk dan ketika suhu *anil* dinaikkan dari

500°C menjadi 600°C, presipitasi ini berkumpul dan menyatu membentuk presipitas besar yang dikungkung matriks baja. Dari teori [7] dijelaskan bahwa; tahapan pengerasan presipitasi ini ada dua: zona GP (1) dan zona GP (2). Pada zona GP (1), presipitasi masih berbentuk *cluster* atau himpunan atom-atom yang larut padat pada kisi atom pelarut yang koheren dengan matriks Al. Kemudian suhu dinaikkan maka terjadi zona GP(2) yang merupakan presipitasi antar fasa yang halus. Pada kondisi ini dapat dijelaskan bahwa pada suhu yang lebih tinggi zona presipitasi berubah menjadi presipitat yang metastabil dengan jumlah yang lebih besar sehingga dislokasi mudah bergerak, dan akibatnya kekerasan menurun.

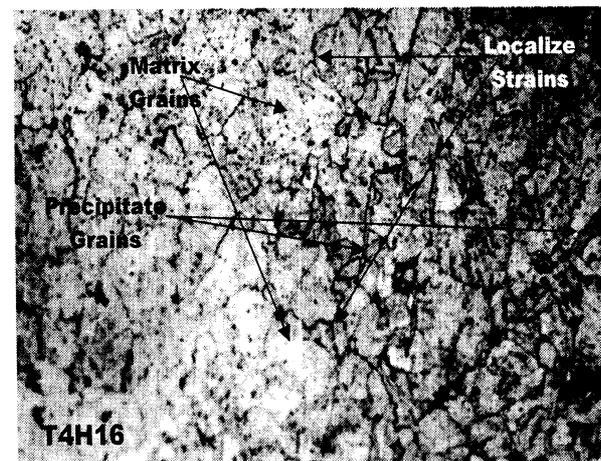
Sementara itu pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 12 diberikan mikrografi struktur permukaan bahan dengan perlakuan *anil*-suhu konstan pada 400°C. Fenomena pengerasan bahan sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 2 tidak terlihat signifikan dan cenderung berfluktuasi di sekitar angka 200 kgf/mm<sup>2</sup> sampai 400 kgf/mm<sup>2</sup>. Jika diamati dari T0H0 hingga T4H16 butiran teramati membesar (lunak) dan mengecil (keras). Pada waktu penahanan 6 jam dan 16 jam, butiran (*grain*) besar tercampur dengan butiran kecil memanjang (presipitat)



Gambar 10. Mikrograf baja *assab corrax* T4H8, perbesaran 400x



Gambar 11. Mikrograf baja *assab corrax* T4H12, perbesaran 400x



Gambar 12. Mikrograf baja *assab corrax* T4H16, perbesaran 400x

seperti lempeng dan jarum (*needle*). Boleh jadi butiran-butiran ini yang mampu menghalangi pergerakan dislokasi yang menyebabkan kekerasan bahan sedikit naik dari bahan asli (T0H0). Tetapi pada waktu

penahanan 8 jam dan 12 jam butiran/lempeng kecil ini tidak terlihat lagi seperti terlarut dalam matriks baja. Butiran-butiran besar mendominasi seluruh permukaan bahan tidak terbentuk peregangan lokal sehingga dislokasi dapat bergerak bebas dan baja pun menjadi lunak mendekati bahan asli.

## KESIMPULAN

Dari pengamatan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Baja *assab corrax* memiliki kekerasan fluktuatif sehingga sulit diprediksi terhadap waktu penahanan *anil*.
2. Kekerasan baja *assab corrax* terhadap suhu *anil* cenderung meningkat oleh presipitasi.
3. Mikrografi permukaan bahan memperlihatkan gejala pertumbuhan butiran dan presipitasi yang mampu menjelaskan fenomena pengerasan bahan.
4. Kekerasan bahan sebesar 482 Hv diperoleh saat *aniling* suhu 500°C selama 4 jam.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. PT. Assab Steel Indonesia, Leaflet, Informasi Produk Perkakas P.T. Assab Steel Indonesia, Jakarta
- [2]. SISWOSUWARNO, M., *Pengaruh Jenis Baja & Proses Pembuatan Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Mampu Bentuk*, Seminar on Sheet Formability PT. Krakatau Steel, Bandung (1991)
- [3]. ALI OMAR, M., *Elementary Solid State Physics : Principles and Application*, Adisson Wesley Publishing Company, Inc. Philippines (1975)
- [4]. MORI, T., and K. TANAKA, *Acta Metallography*, 21(1973) 571-574
- [5]. LAWRENCE H. VAN VLACK, alih bahasa IR. SRIATI DJAPRIE, M.E., M.MET., *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi kelima, Erlangga, Jakarta (1995)
- [6]. PARIKIN, *Determination of Residual Stresses in Cold-Rolled 304 Stainless Steel Plates Using Diffraction Technique and Rietveld Analysis*, Tesis S2, Link UI-QUT Australia (1998)
- [7]. N.L.M. VELDMAN, A.K. DAHLE AND D.H. ST. JOHN, *Material 98, Imetal. F. Mondolfo Aluminium Alloys Structure and Properties*, Butterworths & Co. Ltd., London, UK (1997)