

HARDENING PADA BAJA AISI C 1045

Adi Saputra Ismy

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Abstrak

Sifat mekanik suatu logam tidak hanya tergantung dari komposisi kimia, tetapi juga pada struktur mikro dan proses perlakuan akhir. Pengerasan (hardening) adalah salah satu bentuk perlakuan panas dimana pengerasan dilakukan dengan memanaskan baja di daerah austenit, kemudian didinginkan cepat. Untuk itu telah disiapkan 15 buah material uji baja AISI C1045 dengan pengaruh perbedaan temperature austenitisasi 800, 850, 900, 950, 1000° C dan media pendingin air, oli SAE 20/40 dan emulsi. Satu buah material yang tidak dikeraskan digunakan sebagai pembandingan peningkatan kekerasan. Komposisi karbon pada baja AISI C1045 adalah 0,43 – 0,50%. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kecenderungan peningkatan kekerasan terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh naiknya temperature pemanasan tetapi juga laju pendinginan, dimana kekerasan optimum diperoleh pada temperature 850° C, holding time 15 menit dan pendinginan air, yaitu HV = 572,2. Kekerasan maksimum dengan media pendingin emulsi diperoleh nilai kekerasan HV = 427,8 juga pada temperature 950° C.

Kata Kunci: Hardening, Temperatur austenite, Holding Time, kekerasan Optimum.

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan pada kontruksi dan produk-produk tertentu sudah sangat berkembang, seperti pemakaian bahan logam yang mempunyai sifat-sifat atau karakteristik yang berbeda dengan bahan non logam.

Baja adalah salah satu logam yang paling banyak digunakan, penggunaan baja sangat menguntungkan karena mempunyai kekuatan yang cukup tinggi. Sifat-sifat mekanik baja juga dapat diubah-ubah menjadi sifat yang diinginkan sesuai kemampuan dari baja itu sendiri, seperti dengan proses perlakuan panas.

Salah satu proses perlakuan panas yang sering digunakan yaitu proses pengerasan (hardening), yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dari baja, agar baja lebih tahan terhadap penetrasi, indentasi maupun goresan.

Kemampuan baja untuk dikeraskan tergantung dari jumlah karbon yang dapat larut didalam martensit, disamping austenit sisa. Pada pendinginan cepat tersebut karbon tidak dapat berdifusi keluar karena temperaturnya sudah

Proses perlakuan panas pengerasan adalah salah satu bentuk perlakuan panas yang dilakukan terhadap suatu logam/logam paduan, yang bertujuan untuk mengubah atau memperbaiki sifat-sifat tertentu dari logam dalam keadaan padat, yang dilakukan melalui kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kondisi-kondisi tertentu.

Proses perlakuan hardening terhadap baja dilakukan dengan memanaskan baja hingga temperature mencapai austenit, kemudian dilakukan holding time beberapa saat untuk menyeragamkan (homogen) bentuk struktur mikro sampai ke intinya. Setelah proses tersebut selesai, lalu dilanjutkan dengan proses pendinginan cepat dengan cara memcelupkannya pada media pendingin. Dimana laju pendinginan akan berpengaruh terhadap nilai kekerasan yang diperoleh.

austenit, dimana pada saat pendinginan cepat karbon yang telah larut didalam austenit sebagian besar dapat membentuk sangat rendah. Hal ini akan merubah sifat mekanik dan struktur kristalnya.

Untuk melihat sejauh mana peningkatan kekerasan pada baja, maka dilakukan penelitian terhadap baja yaitu baja karbon AISI C1045, kemampuan baja ini untuk dikeraskan tergolong menengah. Walaupun demikian hasil yang diperoleh dari penelitian ini tidak dapat mewakili untuk menentukan peningkatan kekerasan dari baja dengan spesifikasi berbeda.

Pada proses hardening ini divariasikan temperature austenit dan media pendingin dengan waktu penahanan (holding Time) tetap. Diharapkan dari perlakuan ini akan didapat kekerasan yang baik.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Hasil penelitian tersebut dianalisa statistic menggunakan analisa varian dua vaktor.

Difusivitas tergantung dari jenis atom yang larut, struktur bahan padat dalam perubahan temperature. Temperatur yang lebih tinggi menghasilkan difusivitas yang lebih tinggi pula. Semakin kecil atom maka akan memiliki difusivitas yang lebih tinggi, factor tumpukan atom (atomic packing factor) yang lebih rendah juga menyebabkan difusivitas menjadi lebih tinggi karena lubang sisipan akan lebih besar (factor tumpukan atom FCC = 0,74 dan factor tumpukan atom BCC = 0,68).

Perlakuan Pengerasan (Hardening)

Pengerasan atau hardening didefinisikan sebagai proses pemanasan sampai mencapai daerah austenit, yaitu kira-kira $30^{\circ} - 50^{\circ}$ diatas garis A_{c3} seperti pada gambar (3), kemudian dilakukan pendinginan dengan menggunakan media pendingin tertentu sampai terbentuknya martensit. Hal ini hanya dapat dilakukan pada kondisi non equilibrium [7].

Transformasi martensit mempunyai dua sifat penting [2] yaitu :

1. Transformasi terjadi tanpa difusi dan komposisi kimianya tidak berubah.
2. Proses transformasi hanya terjadi pada pendinginan dan berhenti pada saat pendinginan dihentikan.

Austenit dapat bertransformasi menjadi martensit bila temperature berada dibawah temperature kritis (A_1). Ketika berada dibawah garis M_s jumlah austenit yang bertransformasi menjadi martensit dapat dibaca dari garis horizontal pada kurva-S. Temperatur M_s untuk berbagai jenis baja

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh peningkatan kekerasan yang optimal dari proses pengerasan pada baja AISI C1045 dengan memvariasikan temperature Austenitisasi dan media pendingin.

TEORI DASAR

Difusi Atom

Bila suhu naik, atom-atom bergetar dengan energi yang lebih besar, dan sejumlah kecil atom akan berpindah dalam kisi seperti ditunjukkan pada gambar (2). Hal ini tidak hanya tergantung temperature, tetapi juga pada ikatan atom. Energi yang diperlukan sebuah atom untuk pindah tempat disebut energi aktivasi yang dapat dinyatakan dalam kalor / mol.

tergantung pada jumlah unsure paduan seperti rumus $M_s (^{\circ}C) = 561 - 474C - 33Mn - 17Cr - 21Mo$. [11].

Dalam proses pengerasan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain dapur pemanas yang digunakan untuk memanaskan material, temperature pemanasan, holding time agar material menjadi homogen dan media pendingin [12].

Temperatur Pemanasan

Pemanasan baja pada proses pengerasan dilakukan sampai temperature sekitar $30^{\circ} - 50^{\circ}$ diatas A_1 dan A_{1s} . Oleh karena itu perlu merujuk pada diagram kesetimbangan fasa. Temperatur pengerasan ditentukan sesuai dengan kadar karbonnya [7].

Holding Time

Holding time adalah lamanya waktu penahanan pada temperature pengerasan. Dalam proses pengerasan, lamanya waktu penahanan dilakukan tergantung dari besarnya tingkat kelarutan karbida dan ukuran butir yang dibentuk. Kelarutan karbida untuk beberapa jenis baja adalah berbeda. [12].

Media Quenching

Media quenching yang digunakan pada proses hardening baja sangat berpengaruh pada kekerasan yang dihasilkan. Pengaruh ini sangat tergantung pada laju pendinginan dari media quenching yang digunakan [13].

Kecepatan pendinginan relative pada beberapa media quenching adalah sebagai berikut :

1. Larutan air garam = 2,20
2. 10% Caustic Soda (NaOH) = 2,06
3. Air pada 0°C = 1,06
4. Air pada 18°C = 1,00
5. Air pada 100°C = 0,44
6. Minyak = 0,30
7. Udara = 0,028

Perubahan Struktur Pada Perlakuan Panas

Kekerasan baja setelah dicelupkan dingin terutama tergantung dari kadar karbonnya [13]. Kekerasan baja setelah dicelup dingin meningkat hamper berbanding lurus dengan kadar karbon sampai 0,6%, selanjutnya peningkatan gradient lebih kecil kalau kadar karbonnya meningkat.

Mampu keras adalah sifat yang menunjukkan kemampuan baja yang dikeraskan pada keadaan tertentu, dan seberapa dalam dari permukaan yang didinginkan strukturnya menjadi martensit.

Bahwa mampu keras baja dapat diperoleh dari diagram temperature transformasi dan waktu (TTT diagram) dan diagram pendinginan kontinyu (CCT diagram) dari pendinginan kritisnya. Makin besar laju pendinginan kritis, makin panjang daerah celup dinginnya, maka makin baik mampu kerasnya [13].

Analisa Statistik

Dalam mendefinisikan pengaruh dari hasil penelitian digunakan analisis varian dengan klasifikasi varian dua factor.

Percobaan Faktorial Dua Faktor

Percobaan factorial yang hanya mencakup dua factor, katakanlah A dan B. Ada a tingkatan factor A dan b tingkatan factor B. Dua factor factorial digambarkan dalam setiap percobaan berisi seluruh kombinasi perlakuan ab.

Observasi dalam sel ke-ij dan dalam pengulangan ke-k. dinotasikan dengan Y_{ijk} . Dalam pengumpulan data, abn observasi dapat dilakukan dalam susunan random.

Tabel 1. Tabel Analisis Varian Untuk Klasifikasi Dua arah, Model Efek Tetap.

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kuadrat	F_0
A perla- lakuan	SS_A	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
B perla- kuan	SS_B	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Interaksi SS_{AB} (A-1)(b-1)			$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	SS_E	$ab(n-1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n - 1)}$	
Total	SS_T	$abn - 1$		

PEMBAHASAN

Setelah material uji mengalami proses perlakuan panas pengerasan (hardening), dengan bervariasi temperature austenitisasi dan media pendingin maka didapat nilai kekerasan .

Tabel 3. Pengaruh Temperatur Austenitisasi dan Media Terhadap Nilai Kekerasan.

Temp	Media Pendingin									
	Air			Rerata	Oli SAE 2440					
800	483	481	485	483	482,0	198	198	198	203	197
850	572	573	572	574	572,2	223	218	221	224	220
900	514	512	515	515	514,4	249	248	247	245	247
950	455	457	456	453	454,8	266	264	263	267	264
1000	378	375	374	376	375,8	251	254	253	252	254

Temp	Media Pendingin						
	Rerata	Emulai				Rerata	
800	198,4	270	271	289	273	268	270,2
850	221,2	297	299	295	296	297	296,8
900	247,2	370	371	373	369	366	370,8
950	264,8	429	427	423	430	427	427,8
1000	252,8	345	344	346	347	343	345,0

Proses pengerasan baja AISI C1045 dilakukan untuk mendapatkan kekerasan yang dibutuhkan suatu baja dalam operasi (pemukainya), salah satunya adalah dengan proses hardening, yaitu dengan cara memanaskan 30-50°C baja diatas

temperature kritisnya, lalu ditahan (holding) dalam waktu tertentu untuk menghomogenkan strukturnya. Kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat agar tidak menyentuh garis laju pendinginan kritis (critical cooling rate) untuk menghasilkan struktur martensit ketika sampai pada temperature 400°C (martensit start). Martensit bersifat keras dan getas, diaman ukuran jarum-jarum martensit dipengaruhi oleh ukuran/besar butir austenit sebelum transformasi terjadi. Martensit dengan jarum-jarum yang halus bersifat keras dan lebih ulet dibandingkan dengan yang kasar.

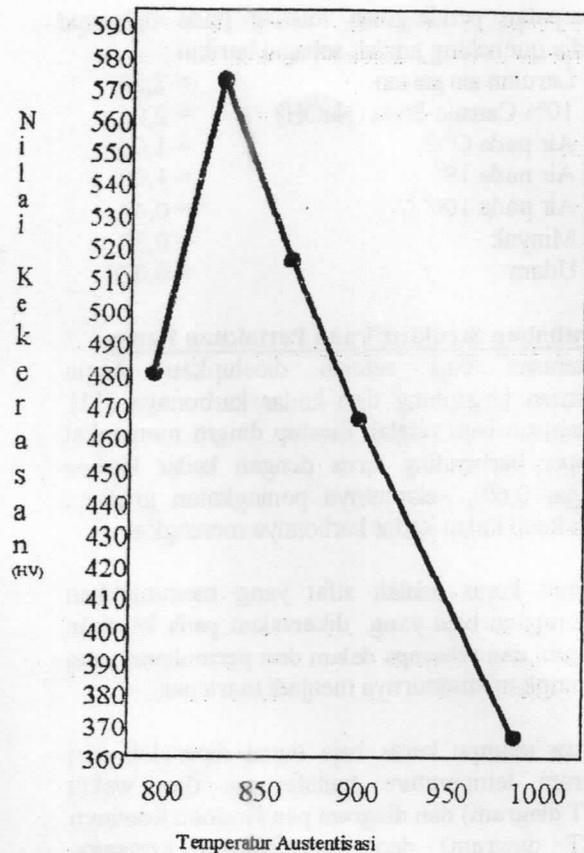
Temperatur pemanasan yang terlalu tinggi (pada daerah austenitisasi) akan menyebabkan terjadinya pertumbuhan butir, yang mengakibatkan terjadinya perbedaan besar butir austenit pada temperature austenitisasi yang berbeda. Juga menyebabkan selisih antara temperature austenitisasi ke temperature pembentukan martensit dengan persentase yang besar tidak tercapai dan menimbulkan austenit sisa yang lunak. Maka kekerasan yang maksimal tidak dapat dicapai.

Pendinginan yang terlalu cepat juga tidak baik, karena dapat menimbulkan keretakan pada material. Hal ini disebabkan terjadinya tegangan yang besar akibat transformasi dan selisih temperature.

Kekerasan Hasil Perlakuan

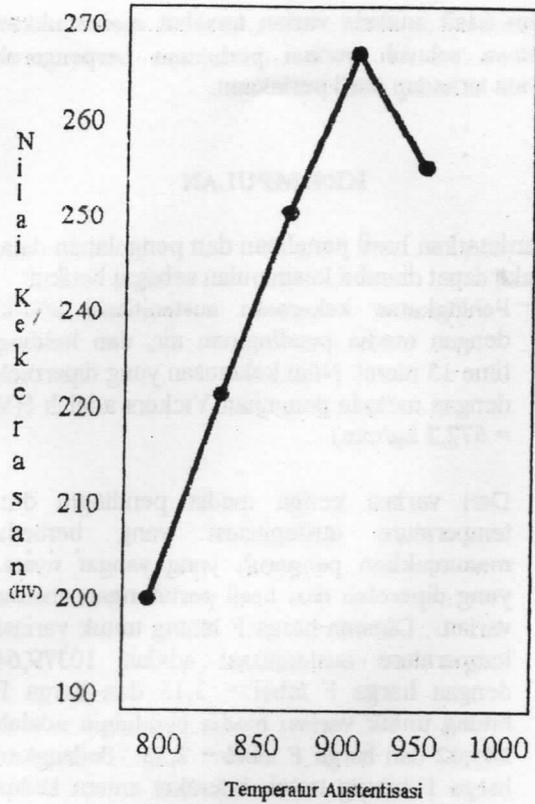
Gambar (3) memperlihatkan bahwa kekerasan maksimum yang diperoleh melalui pendinginan air dari temperature 850°C yaitu dengan nilai kekerasan, $\text{HV} = 572$.

Pada temperature ini karbon telah seluruhnya larut ke dalam austenit, sehingga pada saat pendinginan akan menghasilkan jumlah martensit yang besar dan jarum-jarum martensit yang lebih halus jika, dibandingkan dengan temperature pemanasan yang lebih tinggi. Martensit dengan jumlah yang besar akan menghasilkan kekerasan yang maksimal. Pada temperature pemanasan yang lebih tinggi dari 850°C cenderung terjadinya dekarburisasi akibat pemanasan yang relative lebih lama, sehingga kandungan karbon didalam austenit semakin berkurang.



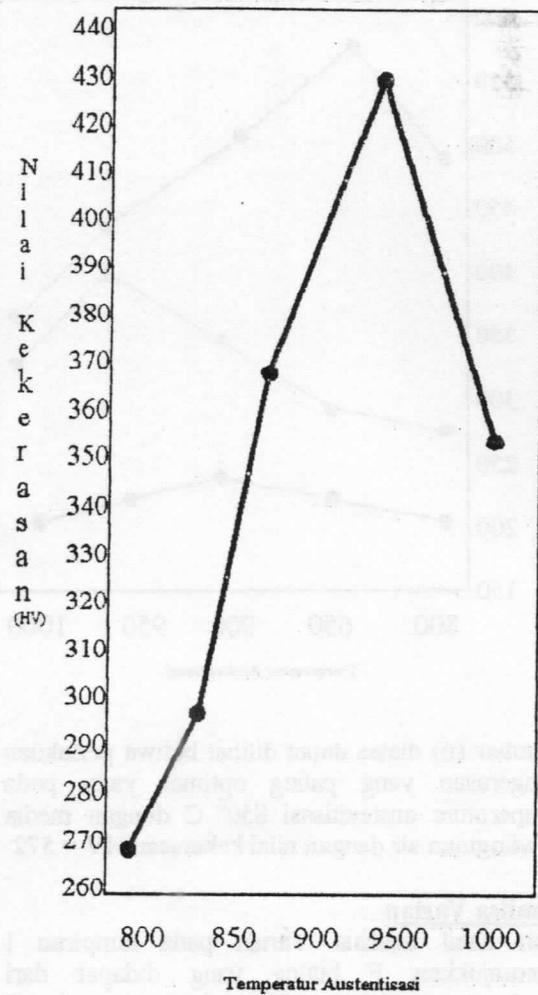
Gambar 3. Grafik Pengaruh Temperatur Austenitisasi Terhadap Nilai Kekerasan Pada Media Pendingin Air.

Sedang pengaruh variasi temperature austenitisasi pada media pendinginan oleh SAE 20/40 digambarkan pada gambar (4). Menunjukkan bahwa kekerasan maksimum yang diperoleh melalui pendinginan oli SAE 20/40 adalah pada temperature 950°C dengan nilai kekerasan, $\text{HV} = 264,8$. Pada pendinginan oli ini, laju pendinginannya lambat, sehingga tidak mampu menghasilkan martensit. Peningkatan kekerasan terjadi karena meningkatnya jumlah pearlit dibandingkan dengan ferit yang lunak.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur Austenitisasi terhadap Nilai kekerasan Pada media Pendingin Oli SAE 20/40.

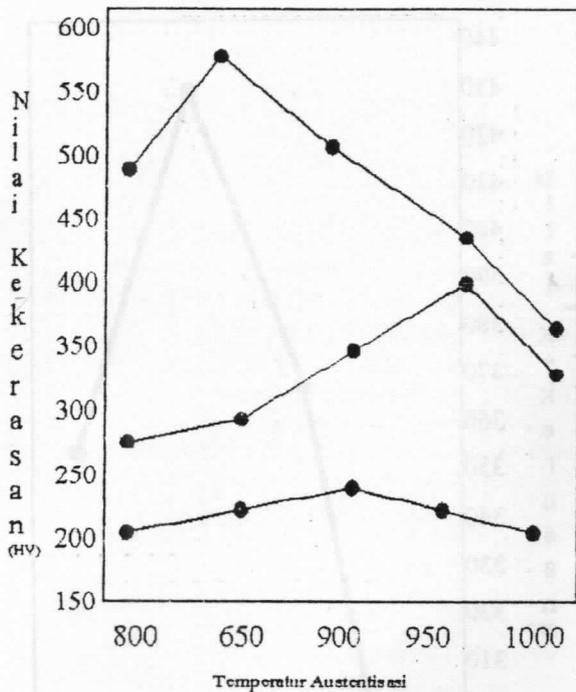
Gambar (5) dapat dilihat bahwa kekerasan maksimum yang dihasilkan melalui pendinginan emulsi dengan temperature austenitisasi 950° C yaitu dengan nilai kekerasan, HV = 427,8. Nilai kekerasan diperoleh dari terbentuknya martensit, tetapi relative lebih sedikit dibandingkan dengan pendinginan air. Berkurangnya karbon akibat dekarburasi dan terbentuknya struktur pearlit menyebabkan kekerasannya lebih rendah dibandingkan pendinginan air.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Temperatur Austenitisasi Terhadap Nilai Kekerasan Pada Media Pendinginan Emulsi.

Untuk membandingkan atau untuk mendapatkan kondisi optimal dari perlakuan pengerasan dari baja AISI C1045 ini , maka digambarkan sebuah grafik garis dari seluruh kondisi perlakuan yaitu pada gambar (6).

Temperatur Austentisasi (°C)	Nilai Kekerasan (HV)
800	268
850	297
900	368
950	428
1000	353



Gambar (6) diatas dapat dilihat bahwa perlakuan pengerasan yang paling optimal yaitu pada temperature austenitisasi 850° C dengan media pendinginan air dengan nilai kekerasan HV = 572

Analisa Varian

Dari hasil analisis Varian pada lampiran I menunjukkan F hitung yang didapat dari keseluruhan perlakuan nilainya lebih tinggi dari F tabel pada lampiran II.

Dalam hal ini diketahui bahwa variasi perlakuan berpengaruh nyata dihasilkan pada variasi temperature austenitisasi, dimana harga F hitung = 10379,64 dengan $F(0,05;2,60) = 3,15$ (tingkat kepercayaan 99,05%). Pada variasi media pendingin hasil perhitungan F hitung = 385,62 dengan harga $F(0,05;4,60) = 2,53$ (tingkat kepercayaan 99,05%) dan interaksi antara kedua perlakuan didapat F hitung = 495,399 dengan $F(0,05;8,60) = 2,10$ (tingkat kepercayaan 99,05%).

Tabel analisa varian ditunjukkan pada tabel (4) dibawah ini:

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	rata-rata Kuadrat	Fo
Media Pendingin	55159,55	4	13789,89	385,62
Temp Austenitisasi	742332,19	2	371.176,095	10379,64
Interaksi	141723,81	8	17715,48	495,399
Error	2145,6	60	35,76	
Total	941381,15	74		

Dari hasil analisis varian tersebut menunjukkan bahwa seluruh variasi perlakuan berpengaruh nyata terhadap hasil perlakuan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan kekerasan austenitisasi 850°C dengan media pendinginan air, dan holding time 15 menit. Nilai kekerasan yang diperoleh dengan metode pengujian Vickers adalah HV = 572,2 kg/mm).
2. Dari variasi ketiga media pendingin dan temperature austenitisasi yang berbeda menunjukkan pengaruh yang sangat nyata, yang diperoleh dari hasil perhitungan analisa varian. Dimana harga F hitung untuk variasi temperature austenitisasi adalah 10379,64 dengan harga F tabel = 3,15 dan harga F hitung untuk variasi media pendingin adalah 385,62 dan harga F tabel = 2,53. Sedangkan harga F hitung untuk interaksi antara kedua variasi adalah 495,399 dengan harga F tabel = 2,10.

DAFTAR PUSTAKA

1. Avner, H Sidney, *Introduction To Physical Metallurgi*, Second Edition, Mc Graw Hill Book Company, London, (1986).
2. Anonym, *ASM Hand Book Volume I*, Ninth Edition, ASM International, (1993).
3. Anonimus, *ASM Hand Book Volume 4*, Ninth Edition, ASM international, (1993).
4. Anonym, Zwick, *Buku Manual Alat Uji Kekerasan*, GMBH, West Germany.
5. Callister, Jr. William D, *Material Science and Engineering*, Third Edition, John Willey and Son Inc. New York, (1994).
6. Earl R. Parker, *Material Data Book*, Mc Graw Hill Book Company, New York, (1967).
7. Lakhtin, Y, *Engineering Physical Metallurgi*, First Edition, Foreign Language Publishing House, Moskow, USSR, (1957).
8. Suherman Wahid, *Perlakuan Panas*, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya, (1985).
9. Suherman Wahid, *Ilmu Logam I*, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya, (1985).
10. Suherman Wahid, *Pengetahaan Bahan*, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya, (1985).