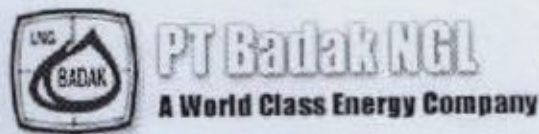




# SEMINAR NASIONAL MATERIAL DAN METALURGI (SENAMM V) 2012

5-6 September 2012 - Kampus ITS Sukolilo Surabaya

**Penguasaan Teknologi Material dan Metalurgi  
untuk Mendukung Kemandirian Industri Nasional  
"Inovasi Teknologi Mobil Listrik Masa Depan"**



Jurusan Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



ISBN 978-602-9494-14-3

**Proses Normalizing Baja Cor ASTM A583-93 untuk Aplikasi Roda Kereta Api**Ery Hidayat<sup>[1]</sup>, Budi H. Setiamarga<sup>[2]</sup><sup>1</sup>Jurusan Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung, Indonesia<sup>2</sup>Program Studi Teknik Material, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, Indonesia**Kontak Person:**

Ery Hidayat

Jl. Kanayakan No 21 Dago, Bandung. (40135)

Telp: 022-2500241, Fax: 022-2502649, E-mail: eryhidayat@yahoo.com

**ABSTRAK**

Studi terhadap Baja Cor ASTM A 583-93 untuk proses pengecoran roda kereta api telah dilakukan. Proses single normalizing (pada 775°C dan 800°C) dan double normalizing (single normalizing yang dilanjutkan dengan normalizing tahap 2 pada 750°C) telah dilakukan pada material ini untuk mendapatkan peningkatan kekerasan yang diinginkan, yaitu untuk daerah telapak roda kereta api (wheel rim) yang bersentuhan dengan rel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses single normalizing menghasilkan kekerasan yang semakin tinggi karena adanya penghalusan pada morfologi lamellar fasa Perlit. Proses single normalizing pada 775°C menghasilkan fasa Perlit yang lebih halus dibandingkan dengan proses single normalizing pada 800°C sehingga kekerasannya menjadi lebih baik pula. Proses double normalizing pada 750°C justru akan menurunkan kekerasannya karena perubahan morfologi fasa Perlit yang cenderung terputus-putus dan menebal, mengarah pada bentuk bulat.

**Kata kunci :** Baja cor ASTM A 583-93, single normalizing, double normalizing

**ABSTRACT**

Study of Cast Steel ASTM A583-93 for railways service casting process has been carried out. Single normalizing (at 775°C and 800°C) and double normalizing processes (single normalizing continued with normalizing step 2 at 750°C) have been done on this material to obtain the desired increase in hardness to the wheel rim in contact with the rails.

The results indicate that single normalizing process produces a higher hardness due to a refinement in the lamellar morphology of pearlite phase. Single normalizing process at 775°C produces a finer pearlite phase with higher hardness compared to normalizing process at 800°C. Double normalizing process at 750°C will make Pearlite phase to be transformed from lamellar into disjointed morphology. Pearlite will become shorter and thicker, leading to spherical morphology.

**Keywords :** Steel casting ASTM A583-93, single normalizing, double normalizing

**1. PENDAHULUAN**

Secara umum roda kereta api yang digunakan di Indonesia merujuk pada peraturan menteri perhubungan nomor : KM.41 Tahun 2010, tentang standar spesifikasi teknis kereta yang ditarik dengan lokomotif. Roda kereta tersebut, harus memenuhi persyaratan:

1. roda kereta terbuat dari baja tempa, baja roll atau baja tuang
2. roda harus memiliki kekerasan lebih rendah dari kekerasan jalan rel
3. jenis roda adalah roda pejal
4. profil roda sesuai profil jalan rel untuk kereta api di Indonesia

Roda kereta api bisa dibuat dengan proses *forging* dan proses *casting*. Proses *forging* adalah proses pembentukan logam dengan ditempa dalam kondisi panas pada bahan baja sampai

membentuk roda kereta. Sedangkan proses *casting* merupakan proses pembuatan roda kereta yang relatif baru, dimana roda kereta dibuat dengan proses pengecoran logam.

Proses pembuatan roda kereta tersebut tidak selesai pada tahap proses *forging* atau *casting* saja. Kedua proses tersebut dilanjutkan dengan proses perlakuan panas untuk mencapai spesifikasi teknis yang telah ditetapkan sesuai dengan standar yang berlaku. Berdasarkan standar ASTM A 583-93, *Standard Specification for Cast Steel Wheels for Railway Service*, pembuatan roda kereta dengan proses pengecoran logam diklasifikasikan menjadi beberapa kelas. Roda kereta yang digunakan untuk penumpang atau barang umumnya menggunakan kelas B dan C.[1]

Bandanadjaja[2] telah membuktikan bahwa proses perlakuan panas pada temperatur  $850^{\circ}\text{C}$  dengan pendinginan udara bebas menghasilkan nilai kekerasan yang lebih rendah dari standar ASTM A583-93 kelas B. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang proses perlakuan panas, yang bisa menghasilkan nilai kekerasan sesuai dengan standar ASTM A583-93 pada kelas B.

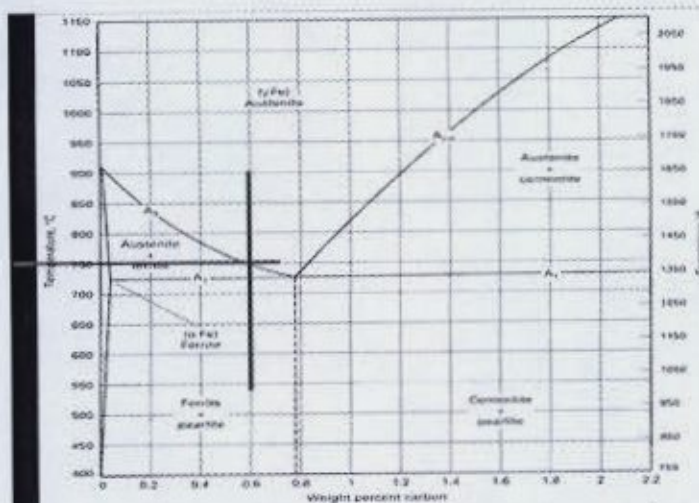
Proses pemanasan *Multiple normalizing* biasanya dilakukan pada bahan baja dengan dimensi relatif besar. Proses *normalizing* yang pertama menggunakan temperatur lebih tinggi dibandingkan proses *normalizing* kedua, yang bertujuan untuk memperhalus perlit. Proses pemanasan yang kedua dengan temperatur yang lebih rendah biasanya didekatkan ke garis A3. Proses pemanasan yang kedua tidak akan menghilangkan efek menguntungkan dari proses *normalizing* yang pertama.[3] Menurut standar ASTM A583-93, roda kereta untuk kelas L, A, B, dan C, proses perlakuan panas dilakukan pada bagian *rim*, yaitu bagian terluar roda yang bersinggungan dengan rel nya. Roda dipanaskan pada temperatur yang tepat untuk menghaluskan butiran dan bagian rim roda di *quench*, dimana proses pendinginan yang terjadi dalam kondisi terkontrol.[1] Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses *normalizing* baja cor, yang bisa menghasilkan sifat mekanik yang sesuai dengan standar ASTM A583-93 kelas B.

## 2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ASTM A583-93 hasil proses pengecoran di lab. Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Bandung. Bahan yang dibuat mengacu pada standar dengan memvariasikan kandungan Mangan 0,6% dan 0,8%. Tahapan proses penelitian yang dilakukan adalah persiapan sampel uji untuk proses *single normalizing* dan *double normalizing* yang ditunjukkan pada tabel 1. Proses pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi proses pengujian komposisi bahan dengan *Optical Emission Spectroscopy (OES)*, proses pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro dengan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*.

Untuk menentukan temperatur *single normalizing* dan *double normalizing* digunakanlah gambar 1.

- Temperatur *normalizing* ke 1,  $800^{\circ}\text{C}$  (perpotongan dengan garis  $A_3+50^{\circ}\text{C}$ )
- Temperatur *normalizing* ke 2,  $775^{\circ}\text{C}$
- Temperatur *double Normalizing* adalah proses pemanasan dimana temperatur *normalizing* yang pertama menggunakan temperatur  $800^{\circ}\text{C}$  atau  $775^{\circ}\text{C}$  kemudian proses *normalizing* yang kedua dengan temperatur  $750^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 1. Cara menentukan temperatur *normalizing* menggunakan diagram Fe-C<sup>(6)</sup>

Tabel 1. Sampel bahan Penelitian

No	% Mn	Step Normalizing	Temperatur Normalizing
1	0,6	single normalizing	775 <sup>0</sup> C
2	0,8	single normalizing	775 <sup>0</sup> C
3	0,6	double normalizing	775 <sup>0</sup> C
4	0,8	double normalizing	775 <sup>0</sup> C
5	0,6	single normalizing	800 <sup>0</sup> C
6	0,8	single normalizing	800 <sup>0</sup> C
7	0,6	double normalizing	800 <sup>0</sup> C
8	0,8	double normalizing	800 <sup>0</sup> C

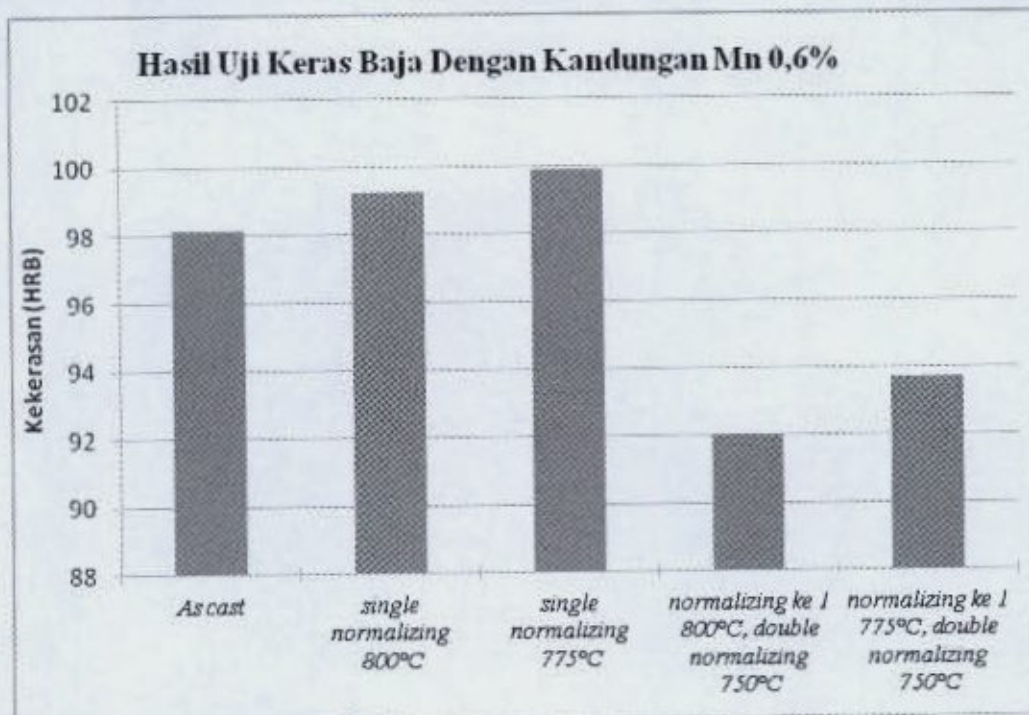
### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses pengecoran baja, dilakukan sebanyak 2 *charging*, dengan memvariasikan komposisi Mangan. Komposisi yang dihasilkan dari proses pengecoran pada tabel 2, telah sesuai dengan standar ASTM A583-93, dengan variasi kandungan Mangan 0,66% dan 0,84%.

Tabel 2. Komposisi kimia hasil pengecoran

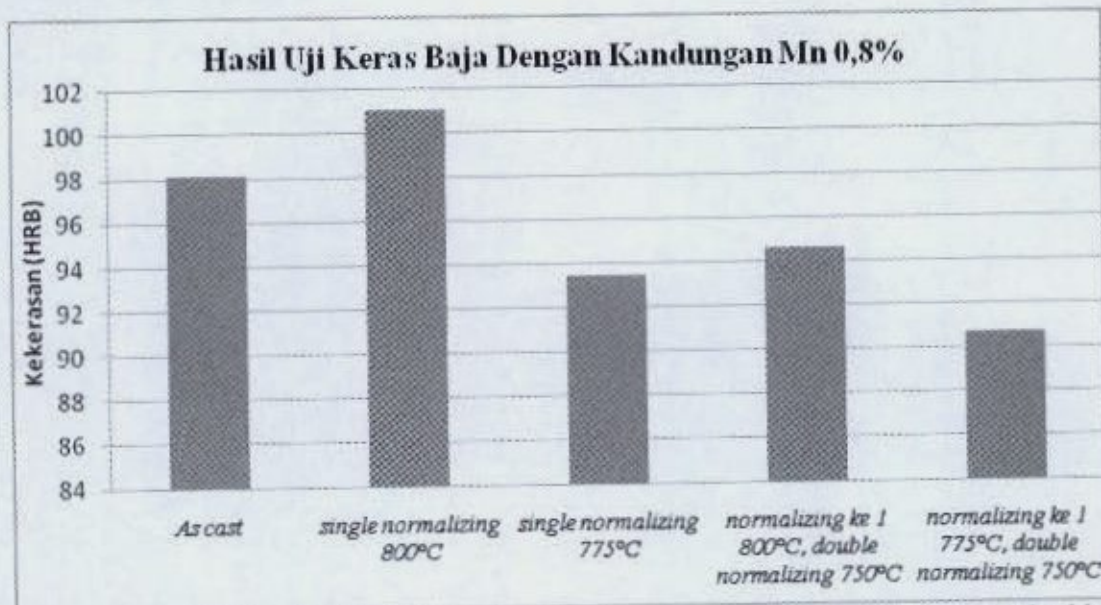
%C	%Mn	%Si	%S	%P
<b>Charging 1</b>				
0,58	0,66	0,34	0,01	0,01
<b>Charging 2</b>				
0,60	0,84	0,35	0,01	0,01

Perlakuan lanjut dari baja hasil proses pengecoran adalah proses perlakuan panas, *single normalizing* dan *double normalizing* pada sampel uji yang disusun pada tabel 1. Hasil uji keras baja setelah proses *normalizing* dan *double normalizing* dengan kandungan Mangan 0,6% ditunjukkan pada gambar 2.



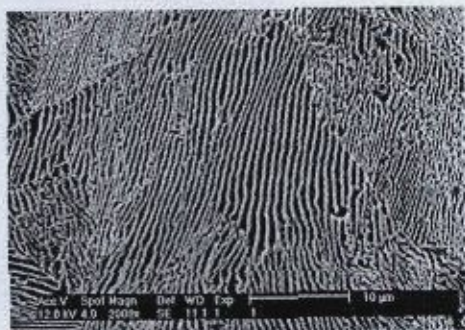
Gambar 2. Grafik hasil uji kekerasan baja hasil proses *single normalizing* dan *double normalizing* dengan kandungan Mn 0,6%

Hasil uji keras baja setelah proses *normalizing* dan *double normalizing* dengan kandungan Mangan 0,8% ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil uji kekerasan baja hasil proses *single normalizing* dan *double normalizing* dengan kandungan Mn 0,8%

Struktur mikro baja cor *as cast* dengan variasi kandungan Mangan pada (gambar 4-5) menghasilkan struktur perlit dengan butiran yang kasar dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

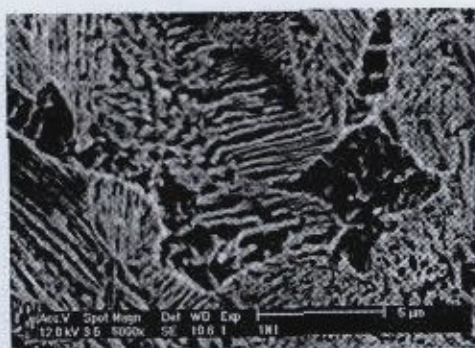


Gambar 4. Struktur mikro Baja *As cast* dengan Mn 0,6%, Rata-rata kekerasan 98,2 HRB

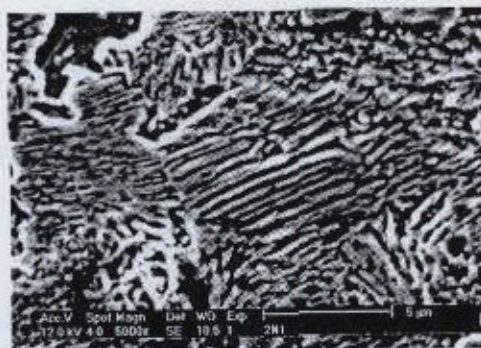


Gambar 5. Struktur mikro Baja *As cast* dengan Mn 0,8%, Rata-rata kekerasan 98,1 HRB

Struktur mikro yang dihasilkan pada baja setelah proses *single normalizing* pada temperatur 800°C, dengan variasi kandungan Mangan ditunjukkan pada (gambar 6-7) dengan menggunakan SEM, menghasilkan perlit yang lebih halus dibandingkan baja cor *as cast*.

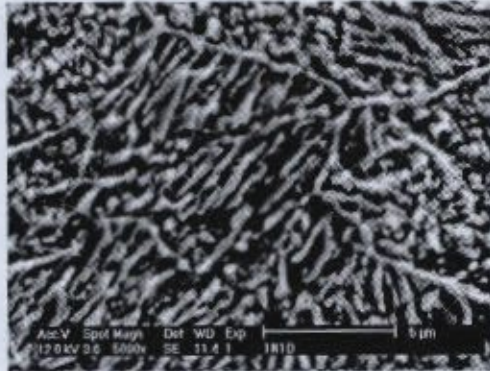


Gambar 6. Struktur mikro Baja, dengan perlakuan *single normalizing* 800°C, dengan Mn 0,6% Rata-rata kekerasan 99,2 HRB

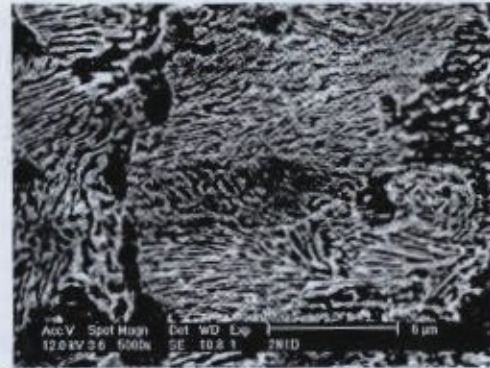


Gambar 7. Struktur mikro Baja, dengan perlakuan *single normalizing* 800°C, dengan Mn 0,8% Rata-rata kekerasan 101,1 HRB

Struktur mikro yang dihasilkan dari proses *double normalizing* dengan *single normalizing* 800°C yang ditunjukkan pada gambar (8-9), menghasilkan struktur mikro perlit dengan morfologi perlit yang berubah dari lamellar menjadi terputus-putus memendek dan menebal mengarah pada bentuk bulat.

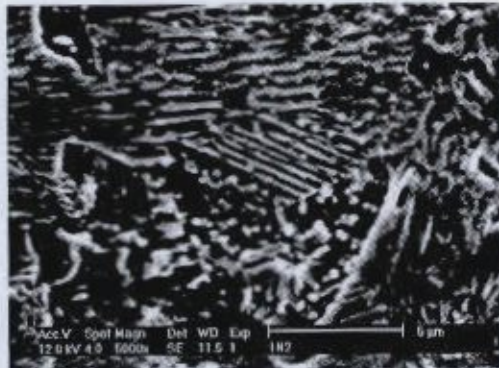


Gambar 8. Struktur mikro Baja, dengan perlakuan *normalizing* ke 1 800°C, *double normalizing* 750°C, dengan Mn 0,6%, Rata-rata kekerasan 92 HRB



Gambar 9. Struktur mikro Baja, dengan perlakuan *normalizing* ke 1 800°C, *double normalizing* 750°C, dengan Mn 0,8%, Rata-rata kekerasan 94,6 HRB

Struktur mikro yang dihasilkan pada baja setelah proses *single normalizing* pada temperatur 775°C, dengan variasi kandungan Mangan ditunjukkan pada (gambar 10-11) dengan menggunakan SEM, menghasilkan struktur mikro perlit 100%.

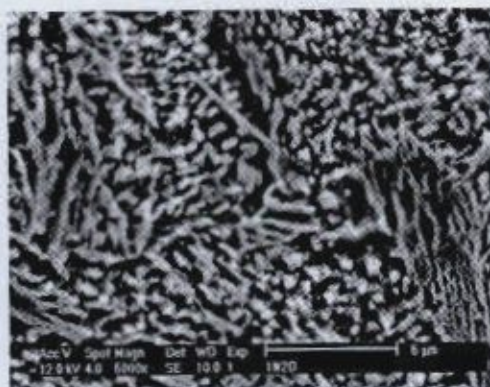


Gambar 10. Struktur mikro Baja, dengan perlakuan *single normalizing* 775°C, dengan Mn 0,6% Rata-rata kekerasan 99,9 HRB

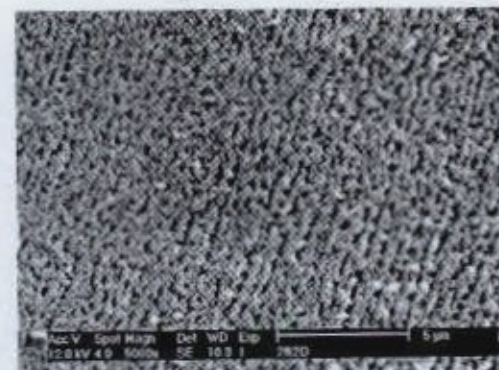


Gambar 11. Struktur mikro Baja, dengan perlakuan *single normalizing* 775°C, dengan Mn 0,8% Rata-rata kekerasan 93,4 HRB

Struktur mikro yang dihasilkan dari proses *double normalizing* dengan *single normalizing* 775°C, yang ditunjukkan pada gambar (12-13), menghasilkan struktur mikro perlit dengan morfologi perlit yang berubah dari lamellar menjadi terputus-putus memendek dan menebal mengarah pada bentuk bulat.



Gambar 12. Struktur mikro Baja, dengan perlakuan *normalizing* ke 1 775°C, *double normalizing* 750°C, dengan Mn 0,6%, Rata-rata kekerasan 93,7 HRB



Gambar 13. Struktur mikro Baja, dengan perlakuan *normalizing* ke 1 775°C, *double normalizing* 750°C, dengan Mn 0,8%, Rata-rata kekerasan 90,7 HRB

Baja yang diproses *single normalizing* mengalami perubahan struktur mikro, dari perlit kasar berubah menjadi perlit halus. Nilai kekerasan dari bahan yang telah mengalami proses *normalizing* meningkat lebih keras dibandingkan *as cast*. Proses *double normalizing* yang dilakukan pada temperatur 750°C, tidak memberikan efek perlit menjadi lebih halus, morfologi perlit berubah dari lamellar mengarah pada morfologi *spherical*, dan diikuti dengan penurunan nilai kekerasan. Komposisi kandungan Mangan yang berbeda memberikan nilai kekerasan yang berbeda, dimana dengan kandungan Mangan yang lebih tinggi meningkatkan nilai kekerasan.

## 5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *single normalizing* menghasilkan kekerasan yang semakin tinggi karena adanya penghalusan pada morfologi lamellar fasa Perlit. Proses *single normalizing* pada 775°C menghasilkan fasa Perlit yang lebih halus dibandingkan dengan proses *single normalizing* pada 800°C sehingga kekerasannya menjadi lebih baik pula. Proses *double normalizing* pada 750°C justru akan menurunkan kekerasannya karena perubahan morfologi fasa Perlit yang cenderung terputus-putus dan menebal, mengarah pada bentuk bulat.

## DAFTAR PUSTAKA

1. *Annual Book of ASTM Standards*. (2004) : *Iron and Steel Products*, ASTM International
2. Bandanadjaja, B. (2010) : *Laporan Penelitian Rekondisi Roda KA Dengan Metoda Cladding dan Pembuatan Roda KA Dengan Metoda Pengecoran*, Laporan Akhir Penelitian Polman-BPPT.
3. *ASM Handbook Volume 4 Heat Treating* (2005), ASM International.