



**PENGARUH *REPEATED NORMALIZING* PADA *SIDE FRAME* BERBAHAN
BAJA AAR GRADE B+ TERHADAP PERUBAHAN
SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh,

Woro Sekar Sari
NIM 101910101069

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim...

Syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan RidhoMu Ya Allah.

Shalawat dan Salam selalu tercurahkan untuk Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini semoga dapat menjadi akhir yang indah dan awal yang lebih baik bagi langkah saya di masa depan.

Skripsi ini Saya Persembahkan Kepada :

Ibu (Yayuk Sri Rahayu) dan Bapak (Sudarno). Terimakasih untuk do'a, cinta, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, keikhlasan, bimbingan, didikan, nasehat, teladan, perjuangan dan atas segala yang telah diberikan dengan tulus ikhlas kepada saya hingga saya bisa meraih semua ini.

Kakak (Asri Octa Roseyda), Kakak (Danang Bakti Setia), Kakak (Dena Andriany), dan Adek (Zivanna Maisya H.S) tersayang. Hidup memang penuh dengan tantangan, tetapi itu bukanlah hambatan untuk terus maju. Terimakasih buat do'a, ilmu, nasehat, bantuan dan semangat yang selalu kalian kirimkan buat saya.

Kakek-Nenek, dan Semua Keluarga Besar saya.

Bapak Ibu Guru TK Permata; SD Negeri Tambak Rejo 1; SMP Negeri 5 Sidoarjo; SMA Negeri 1 Indramayu; Ustadz-Ustadz yang mengajari saya mengaji; Bapak-bapak Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Almamater Tercinta, Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Jember.

MOTTO

”Hadapi masa lalu tanpa penyesalan. Hadapi hari ini dengan tegar dan percaya diri.
Siapkan masa depan dengan rencana yang matang dan tanpa rasa khawatir.”
(Hary Tanoesoedibjo)

“Jika Anda tidak pernah dikritik, Anda akan seperti orang yang tidak pernah sukses.”

”I hear and I forget. I look and I remember. I do and I know.”
(Confucius)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Woro Sekar Sari**

NIM : **101910101069**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Pengaruh *Repeated Normalizing* Pada *Side Frame* Berbahan Baja AAR Grade B+ Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, September 2014
Yang menyatakan,

Woro Sekar Sari
NIM. 101910101069

SKRIPSI

**PENGARUH *REPEATED NORMALIZING* PADA *SIDE FRAME*
BERBAHAN BAJA AAR GRADE B+ TERHADAP PERUBAHAN
SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

Oleh

Woro Sekar Sari

101910101069

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Sumarji, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh *Repeated Normalizing* Pada Side Frame Berbahan Baja AAR Grade B+ Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Jum’at, 26 September 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. FX. Kristianta, M.Eng
NIP. 19650120 200112 1 001

Sumarji, S.T., M.T.
NIP. 19680202 199702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP. 19681205 199702 1 002

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP. 19670123 199702 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

PENGARUH *REPEATED NORMALIZING* PADA *SIDE FRAME* BERBAHAN BAJA AAR GRADE B+ TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO. Woro Sekar Sari, 101910101069; 2014; 108 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Logam banyak sekali digunakan manusia untuk kebutuhan bisnis maupun sehari-hari. Baja adalah salah satu dari jenis logam yang banyak sekali dalam penggunaannya, salah satunya adalah pada konstruksi kereta api sebagai bahan untuk rel, maupun pada bagian kereta api itu sendiri seperti *side frame*. Industri perkeretaapian saat ini sangat berkembang. Hal ini dapat diketahui dengan banyaknya pesanan konstruksi bagian dari kereta api di perusahaan pengecoran logam, salah satunya adalah PT. Barata Indonesia. Standar AAR (*Association of American Railroad*) M201 adalah standar yang digunakan sebagai acuan atau panduan untuk pengecoran baja. Agar menjadi konstruksi yang memenuhi kriteria standar, ada beberapa proses yang harus dilakukan, diantaranya adalah proses pembuatan cetakan, proses peleburan logam, proses *pouring*, proses *heat treatment*, proses *quality control*, dan proses *finishing*. Tujuan dari beberapa proses tersebut adalah untuk memaksimalkan performa dari konstruksi kereta api.

Pembuatan specimen, proses *heat treatment*, dan pengujian spesimen dilakukan di PT. BARATA INDONESIA di Gresik. Waktu pelaksanaan penelitian 19 Mei sampai dengan bulan 17 Juli 2014. Variabel yang digunakan variasi pada *heat treatment normalizing* dengan 1x *normalizing*, 2x *normalizing*, 3x *normalizing*, 4x *normalizing*, 5x *normalizing*. Sedangkan parameter yang diamati adalah kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro.

Dari hasil analisa berupa grafik pada penelitian ini diketahui bahwa, nilai rata-rata kekerasan optimal pada variasi 1x *normalizing* adalah sebesar 163 BHN. Nilai kekerasan pada variasi 2x *normalizing* sebesar 159 BHN. Nilai kekerasan pada variasi 3x *normalizing* sebesar 158 BHN. Nilai kekerasan pada variasi 4x *normalizing*

sebesar 152 BHN. Nilai kekerasan pada variasi 5x *normalizing* sebesar 144 BHN. Semakin banyak pengulangan *normalizing* pada baja AAR Grade B+ maka dapat menyebabkan nilai kekerasan semakin rendah.

Nilai kekuatan tarik optimal terjadi pada variasi 1x *normalizing* adalah sebesar 58,01 kg/mm². Sedangkan untuk variasi 2x *normalizing* nilai kekuatan tariknya lebih tinggi yakni 61,75 kg/mm². Pada variasi 3x *normalizing* nilai kekuatan tariknya 58,01 kg/mm². Pada variasi 4x *normalizing* nilai kekuatan tariknya 58,14 kg/mm². Dan pada variasi 5x *normalizing* nilai kekuatan tariknya 57,57 kg/mm². Sehingga nilai kekuatan tarik maksimal dari 5 kali pengulangan didapat pada 2x pengulangan *normalizing*.

Sedangkan untuk pengamatan struktur mikro pada spesimen, terjadi perubahan pada nilai diameter butirnya, sehingga mengakibatkan nilai kekuatannya berbeda. Pada *normalizing* 1x rata-rata diameter butirnya sebesar 0,0219 mm. Pada *normalizing* 2x rata-rata diameter butirnya sebesar 0,0181 mm. Pada *normalizing* 3x rata-rata diameter butirnya sebesar 0,0199 mm. Pada *normalizing* 4x rata-rata diameter butirnya sebesar 0,0203 mm. Pada *normalizing* 5x rata-rata diameter butirnya sebesar 0,0311 mm.

SUMMARY

EFFECT REPEATED NORMALIZING ON SIDE FRAME AAR GRADE B+ STEEL MATERIAL ON MECHANICAL PROPERTIES AND MICRO STRUCTURES. Woro Sekar Sari, 101910101069; 2014; 108 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Metal commonly used by human for bussines necessity or daily necessity. Steel is one kind of metal that has many purposes, one of them is on rail construction as the material for that rail, although in rail parts itself like side frame. Nowadays, industry of railroad is developing. It can be known by how many construction that be order from railroad in industry of foundry, one of them is PT. Barata Indonesia. AAR M201 standard is a manual of standards and recommended practices casting details. In used the construction that can to be standard criteria, there are some prosses in foundry, they are moulding, melting, pouring, heat treatment, quality control, and finishing. The purpose is to maximal performance from railroad construction.

Specimen fabrication, heat treatment, and specimen testing were done in PT. Barata Indonesia, Gresik. The research on 19 May until July 17, 2014. The variable that was used is variation on heat treatment normalizing by 1x normalizing, 2x normalizing, 3x normalizing, 4x normalizing, 5x normalizing. In the other hand, the parameter that was observed is hardness, tensile strength, and micro structure.

From result analysis of graphic in this research could be seen that the average value of optimal hardness on variation 1x normalizing is 163 BHN. The value of hardness on variation 2x normalizing is 159 BHN. The value of hardness on variation 3x normalizing is 158 BHN. The value of hardness on variation 4x normalizing is 152 BHN. The value of hardness on variation 5x normalizing is 144 BHN.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pengaruh *Repeated Normalizing* Pada *Side Frame* Berbahan Baja AAR Grade B+ Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Ir. F.X Kristianta M.T., dan Bapak Sumarji S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
4. Bapak Hary Sutjahjono S.T., M.T., dan Bapak Ir. Ahmad Syuhri M.T., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Dosen-dosen Fakultas Teknik khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah mengajar selama proses pencapaian gelar S1 UNEJ;
6. Bapak, Ibu, Mas, Mbak, Adek, Kakek - nenek, serta keluarga besar yang selalu memberi motivasi, semangat, dan dukungannya.
7. Mbak Fitri, Pak Fariq, Pak Benny, Pak Mulyadi, Pak Mul, Pak Aripin, Pak Bambang, Pak Sarto, Pak Joko, Pak Hadi, Pak Didik, Pak Nurul, Pak Gianto, Pak Bagyo, Pak Khosyim, Mas Fivit, Mas Sandy, Pak Slamet dan para pegawai di

PT. Barata Indonesia yang telah banyak membantu dalam proses penelitian untuk penyusunan skripsi ini;

8. Teman seperjuanganku dalam penelitian (Danny Ekasurya Sasmita) yang telah banyak membantu terselesainya skripsi ini, terimakasih untuk bantuan, motivasi dan kerja samanya;
9. Amas Danny E. S., terimakasih atas semua motivasi, semangat, dukungan, perhatian, bantuan, serta nasehatnya;
10. Bang Irfan “Bledug”, Bang Arya, Sella (Ibun), Bagus (Bakri), Marta, Bang Ferdi, Bang Yoghi, R.Eko (Raju), Ega, Eva S., Ika Y., Mbak Ayu, Akbar, Asep, alm. Mocha dan Kimmo terimakasih telah menjadi kawan baikku.
11. Kawan-kawan seangkatan Teknik Mesin 2010 “Mech-X”, semoga kita semua sukses dimasa depan.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya, penulis berharap semoga karya tulis tertulis ini dapat memberi manfaat dan sumbangan bagi ilmu pengetahuan.

Jember, 26 September 2014

Woro Sekar Sari

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengecoran Logam	5
2.2 Baja	6
2.2.1 Baja Karbon.....	7
2.2.2 Sifat Mekanik	10
2.3 AAR M201 Grade B+	11
2.4 Melting	15
2.4.1 <i>Electric arc-furnace</i>	15

2.4.2 <i>Induction Furnace</i>	17
2.5 Heat Treatment	18
2.5.1 Penormalan (<i>Normalizing</i>)	19
2.5.2 Temper (<i>Temperring</i>)	22
2.5.3 Pengerasan (<i>Hardening</i>)	22
2.6 Pengujian Bahan	23
2.6.1 Pengujian Tarik.....	23
2.6.2 Pengujian Kekerasan	28
2.6.3 Pengujian Struktur Mikro	29
2.7 Hipotesis	33
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Tempat dan Waktu	34
3.2 Alat dan Bahan	34
3.2.1 Alat	34
3.2.2 Bahan	34
3.3 Metode Pelaksanaan	35
3.3.1 Pelaksanaan Penelitian	35
3.3.2 Penyajian Data.....	39
3.4 Alur Kerja Penelitian	40
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Proses Perlakuan Panas <i>Normalizing</i>	43
4.2 Data Percobaan	44
4.2.1 Data Kekerasan	45
4.2.2 Data Kekuatan Tarik	47
4.2.3 Data Struktur Mikro	49
4.3 Pembahasan	58
4.3.1 Pembahasan Kekerasan	58
4.3.2 Pembahasan Kekuatan Tarik	59
4.3.3 Pembahasan Struktur Mikro	65

BAB 5. PENUTUP	90
5.1 Kesimpulan	90
5.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	93

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 <i>Side frame</i> kereta api	5
2.2 Klasifikasi paduan logam	7
2.3 Struktur mikro baja karbon rendah	8
2.4 Struktur mikro baja karbon sedang.....	9
2.5 Struktur mikro baja karbon tinggi.....	10
2.6 Cawan	15
2.7 Sketsa bagian <i>Electric Arc Furnace</i>	16
2.8 Diagram Fe ₃ C.	20
2.9 Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i>	21
2.10 Mesin uji tarik.....	23
2.11 Gambaran singkat uji tarik dan datanya	24
2.12 Spesimen uji tarik	25
2.13 Batas Elastisitas	26
2.14 Alat uji kekerasan <i>brinell</i> dalam bentuk portable.....	28
2.15 Penekanan oleh bola baja keras	29
2.16 Mikroskop optik struktur mikro	31
2.17 Contoh menghitung diameter dengan metode <i>Planimetric</i> (Jeffries)....	32
3.1 Pola Y block	36
3.2 <i>Furnace heat treatment normalizing</i>	37
3.3 Pola pemotongan Y block.....	38
3.4 Spesimen uji tarik ASTM 370	38
3.5 Diagram alir penelitian	40
4.1 Grafik proses <i>normalizing</i> di PT. Barata Indonesia.....	43
4.2 Spesimen Y block	44
4.3 Struktur mikro pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 1x.....	50
4.4 Struktur mikro pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 1x.....	51

4.5	Struktur mikro pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 1x.....	51
4.6	Struktur mikro pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 2x.....	52
4.7	Struktur mikro pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 2x.....	52
4.8	Struktur mikro pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 2x.....	53
4.9	Struktur mikro pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 3x.....	53
4.10	Struktur mikro pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 3x.....	54
4.11	Struktur mikro pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 3x.....	54
4.12	Struktur mikro pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 4x.....	55
4.13	Struktur mikro pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 4x.....	55
4.14	Struktur mikro pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 4x.....	56
4.15	Struktur mikro pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 5x.....	56
4.16	Struktur mikro pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 5x.....	57
4.17	Struktur mikro pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 5x.....	57
4.18	Grafik rata-rata nilai kekerasan	58
4.19	Grafik rata-rata nilai kekuatan tarik.....	62
4.20	Grafik rata-rata nilai <i>Yield</i>	63
4.21	Grafik rata-rata persentase <i>elongation</i>	64
4.22	Grafik rata-rata persentase <i>reduction</i>	65
4.23	Struktur mikro spesimen 1 <i>normalizing</i> 1x dengan perbesaran 50x.....	66
4.24	Struktur mikro spesimen 1 <i>Normalizing</i> 2x dengan perbesaran 50x.....	67
4.25	Struktur mikro spesimen 1 <i>normalizing</i> 3x dengan perbesaran 50x.....	68
4.26	Struktur mikro spesimen 1 <i>normalizing</i> 4x dengan perbesaran 50x.....	69
4.27	Struktur mikro spesimen 1 <i>normalizing</i> 5x dengan perbesaran 50x.....	70
4.28	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 1x.....	72
4.29	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 1x.....	73
4.30	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 1x.....	74
4.31	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 2x.....	75
4.32	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 2x.....	76
4.33	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 2x.....	77

4.34	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 3x.....	78
4.35	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 3x.....	79
4.36	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 3x.....	80
4.37	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 4x.....	81
4.38	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 4x.....	82
4.39	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 4x.....	83
4.40	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 1 <i>normalizing</i> 5x.....	84
4.41	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 2 <i>normalizing</i> 5x.....	85
4.42	Struktur mikro <i>Planimetric</i> pada spesimen 3 <i>normalizing</i> 5x.....	86
4.43	Grafik hubungan antara diameter butir dengan pengulangan <i>heat treatment normalizing</i>	88

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Batas komposisi maksimum	12
2.2 Batas kekerasan.....	12
2.3 Batas kekuatan tarik	12
2.4 Batas ketangguhan	13
2.5 Material AAR Grade B+.....	13
3.1 Perbandingan komposisi material AAR M 201 Grade B+.....	35
3.2 Data kekuatan dan kekerasan <i>casting</i>	39
3.3 Data foto struktur mikro	40
4.1 Komposisi Baja AAR Grade B+	45
4.2 Data Kekerasan	46
4.3 Data kekuatan tarik	49
4.4 Hasil pengamatan struktur mikro Baja AAR Grade B+ setelah <i>heat treatment normalizing</i>	87

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A.1 Perhitungan kekuatan tarik logam	93
B.1 Tabel kekuatan tarik logam	101
C.1 Lampiran persiapan cetakan pasir	102
C.2 Lampiran persiapan penuangan logam	103
C.3 Lampiran persiapan <i>normalizing</i>	104
C.4 Lampiran persiapan pengujian.....	105
C.5 Lampiran alat pengujian	107
C.5 Lampiran dokumentasi bukti spesimen	108