



**PENGARUH *HEAT TREATMENT TEMPERING*
DENGAN VARIASI *HOLDING TIME*
TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA AAR M201 GRADE B+**

SKRIPSI

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

Oleh,

**Danny Ekasurya Sasmita
NIM 101910101028**

**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 Muhammmad 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 :

Bapak (Wisnu Purwanto) dan Ibu (Anis Nurmawati). 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.

Adik (Ibrahim Kurniawan) dan adik (Pasya Arya Wanatirta) tersayang. Hidup memang penuh dengan tantangan, tetapi itu bukanlah hambatan untuk terus maju. Terimakasih buat do'a, bantuan dan semangat yang selalu kalian kirimkan buat saya.

Kakek-Nenek, dan Semua Keluarga Besar saya.

Bapak-bapak Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah meluangkan waktu, pikiran dan kesabarannya.

Almamater Tercinta, Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Jember.

MOTTO

Education is the most powerful weapon which you can use to change the world.
(Nelson Mandela)

Knowing is not enough, we must apply. Willing is not enough, we must do
(Johann Wolfgang von Goethe)

It is literally true that you can succeed best and quickest by helping others to
succeed.
(Napoleon Hill)

Strength does not come from physical capacity, it comes from an indomitable will
(Gandhi)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Danny Ekasurya Sasmita**

NIM : **101910101028**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Pengaruh *Heat Treatment Tempering* Dengan Variasi *Holding Time* Terhadap Sifat Mekanik Baja AAR M201 Grade B+” 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,

Danny Ekasurya S
NIM. 101910101028

SKRIPSI

**PENGARUH *HEAT TREATMENT TEMPERING*
DENGAN VARIASI *HOLDING TIME*
TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA AAR M201 GRADE B+**

Oleh

Danny Ekasurya Sasmita

101910101028

Pembimbing :

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

Dosen Pembimbing Anggota : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh *Heat Treatment Tempering* dengan Variasi *Holding Time* terhadap Sifat Mekanik Baja AAR M201 Grade B+” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Selasa, 30 September 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

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

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

Anggota I,

Anggota II,

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

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP. 19691201 199602 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

PENGARUH *HEAT TREATMENT TEMPERING* DENGAN VARIASI *HOLDING TIME* TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA AAR M201 GRADE B+. Danny Ekasurya Sasmita, 101910101028; 2014; halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam perkembangan dunia saat ini, logam banyak sekali dibutuhkan manusia, baik untuk keperluan sehari-hari ataupun untuk bisnis. Meskipun saat ini telah ditemukan komposit sebagai pengganti logam, namun tidak semua komposit dapat menggantikan fungsi logam. Seperti halnya pada perusahaan kereta api yang menggunakan baja sebagai dasar kereta api. 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 perkereta-apian 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 (*Asociation of American Railroad*) M201 adalah standar yang digunakan sebagai acuan atau panduan untuk pembuatan konstruksi perkereta-apian. 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 specimen 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 tempering* dengan variasi *Holding Time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam. Sedangkan parameter yang diamati adalah kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro.

Nilai kekuatan tarik rata – rata pada variasi *holding time* 3 jam adalah sebesar 64,5 kg/mm². Sedangkan untuk variasi *holding time* 3,5 jam nilai kekuatan tariknya lebih rendah yakni 64,33 kg/mm². Pada variasi *holding time* 4 jam nilai kekuatan tariknya 62,97 kg/mm². Semakin lama *holding time tempering* pada baja AAR Grade B+ maka dapat menyebabkan nilai kekuatan tarik semakin rendah.

Dari hasil analisa berupa grafik pada penelitian ini diketahui bahwa, nilai rata-rata kekerasan optimal pada variasi *holding time* 3 jam adalah sebesar 153 BHN. Nilai kekerasan pada *holding time* 3,5 jam sebesar 148 BHN. Nilai kekerasan pada *holding time* 4 jam sebesar 146 BHN. Semakin lama *holding time tempering* pada baja AAR Grade B+ maka dapat menyebabkan nilai kekerasan semakin rendah.

Sedangkan untuk pengamatan struktur mikro pada spesimen, terjadi perubahan pada nilai diameter butirnya, sehingga mengakibatkan nilai kekuatannya berbeda. Pada *holding time* 3 jam rata-rata diameter butirnya sebesar 0,023 mm. Pada *holding time* 3,5 jam rata – rata diameter butirnya sebesar 0,025 mm. Pada *holding time* 4 jam rata – rata diameter butirnya sebesar 0,031 mm. Semakin lama *holding time tempering* pada baja AAR Grade B+ maka dapat menyebabkan ukuran butirnya membesar.

SUMMARY

PENGARUH HEAT TREATMENT TEMPERING DENGAN VARIASI HOLDING TIME TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA AAR M201 GRADE B+. Danny Ekasurya Sasmita, 101910101028; , 2014; 85 pages; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

In the development of today's world, people need a lot of metal, good for everyday use or for business. Although it has now been found composites instead of metal, but not all composites can replace the function of the metal. As with the railway companies that use steel as the base rail. Steel is one of the many types of metal in use, one of which is on the railway construction as the material for the rails, or on the train itself as side frames. Railroad industry today is highly developed. This can be determined by the number of orders the construction of the railway company 'foundry, one of which is PT. Barata Indonesia. Standard AAR (Association of American Railroad) M201 is the standard used as a reference or guide for the manufacture of railway construction. In order to be eligible construction standards, there are several processes that must be performed, including the process of making molds, metal melting process, pouring process, heat treatment, quality control processes, and finishing processes. The purpose of some of the process is to maximize the Performance of railway construction.

Preparation of specimens, heat treatment, and testing specimens made at PT. BARATA INDONESIA in Gresik. The timing of the research May 19 to July 17 in 2014 Variables used variations on the heat treatment tempering with variations Holding Time 3 hours, 3.5 hours and 4 hours. While the parameters measured were tensile strength, hardness, and microstructure.

The average value of tensile strength - the average holding time is 3 hours variation is equal to $64,5 \text{ kg} / \text{mm}^2$. As for the 3,5 hours holding time variation of the strength of its lower value ie $64,33 \text{ kg} / \text{mm}^2$. In the 4 hours holding time variation of the

strength of its value $62,97 \text{ kg / mm}^2$. The longer the holding time of tempering the steel AAR Grade B +, it can cause the lower tensile strength values.

From the analysis in the form of graphs in this research note that, the average value of the optimal hardness variation in holding time is 3 hours at 153 BHN. Hardness value on holding time of 3,5 hours at 148 BHN. Hardness values at 4 hours holding time of 146 BHN. The longer the holding time of tempering the steel AAR Grade B + then can lead to lower hardness values.

As for the observation of the microstructure of the specimen, a change in the value of the grain diameter, thus resulting in different strength values. In the holding time is 3 hours average grain diameter of 0,023 mm. On average holding time of 3,5 hours average grain diameter of 0,025 mm. On average holding time 4 hours average grain diameter of 0,031 mm. The longer the holding time of tempering the steel AAR Grade B +, it can lead to enlarged grain size.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Pengaruh *Heat Treatment Tempering* Dengan Variasi *Holding Time* Terhadap Sifat Mekanik Baja Aar M201 Grade B+**. 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: Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T.

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 Sumarji S.T., M.T dan Bapak Hary Sutjahjono 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 Ir. F.X Kristianta M.T., dan Bapak Dedi Dwi Laksana S.T., 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, 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 Gi`, 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 (Woro Sekar Sari) yang telah banyak membantu terselesainya skripsi ini, terimakasih untuk bantuan, motivasi dan kerja samanya;
9. Adek, terimakasih atas semua motivasi, semangat, dukungan, perhatian, bantuan, serta nasehatnya;
10. Yoghi, Marta, Arya, Sella, Ferdi, Banu Tito, Ganda, Ega, Arif N F, teman - teman kontrakan dan alm. Mocha 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, 30 September 2014

Danny Ekasurya Sasmita

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>	16
2.5 Heat Treatment	17
2.5.1 Penormalan (<i>Normalizing</i>)	18
2.5.2 Temper (<i>Temperring</i>)	19
2.5.3 Pengerasan (<i>Hardening</i>)	21
2.6 Pengujian Bahan	22
2.6.1 Uji Tarik	22
2.6.2 Uji Kekerasan	26
2.6.3 Uji Struktur Mikro	26
2.7 Hipotesis	32
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Tempat dan Waktu	33
3.2 Alat dan Bahan	33
3.2.1 Alat	33
3.2.2 Bahan	33
3.3 Metode Pelaksanaan	34
3.3.1 Pelaksanaan Penelitian	34
3.3.2 Penyajian Data.....	33
3.3.3 Variabel Pengukuran	34
3.4 Alur Kerja Penelitian	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Data Percobaan	41
4.1.1 Data Kekuatan Tarik	41
4.1.2 Data Kekerasan	43
4.1.3 Dara Struktur Mikro.....	45
4.2 Pembahasan	46
4.2.1 Pembahasan Kekuatan Tarik	46
4.2.2 Pembahasan Kekerasan	51
4.2.3 Pembahasan Struktur Mikro	53

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Klasifikasi paduan logam.....	7
2.2 Struktur mikro baja karbon rendah yang terdiri dari atas ferrit dan perlit	8
2.3 Struktur mikro baja karbon sedang yang terdiri dari atas ferrit dan perlit	9
2.4 Struktur mikro baja karbon tinggi yang terdiri dari atas sementit dan perlit...	10
2.5 Diagram <i>Electric Arc Furnace</i>	16
2.6 Daerah <i>Normalizing</i>	19
2.7 Daerah <i>Tempering</i>	21
2.8 Grafik Pengujian Tarik	23
2.9 Alat uji tarik.....	26
2.10 Metode pengujian kekerasan Brinnel	28
2.11 (a) Butir-butir dari cuplikan hasil pengetsaan yang diamati dengan mikroskop,(b) Bentuk Permukaan butir hasil poles dan etsa yang menghasilkan refleksi cahaya yang berbeda.	29
2.12 Foto struktur mikro untuk menghitung diameter butir dengan metode <i>planimetric</i> (Jefferies)	30
3.1 Pola Y - Block	35
3.2 Pemotongan Y - Block.....	35
3.3 Spesimen uji tarik ASTM 370 – 12a	36
3.4 Diagram alir penelitian	34
4.1 Foto makro hasil uji tarik dengan <i>holding time</i> 3 jam.....	47
4.2 Foto makro hasil uji tarik dengan <i>holding time</i> 3,5 jam	47
4.3 Foto makro hasil uji tarik dengan <i>holding time</i> 4 jam.....	48
4.4 Grafik nilai rata – rata kekuatan tarik variasi waktu penahanan (<i>holding time</i>).....	49
4.5 Grafik nilai rata – rata kekuatan <i>yield point</i> variasi waktu penahanan (<i>holding time</i>).....	50

4.6	Grafik nilai rata – rata persentase <i>elongation</i> variasi waktu penahanan (<i>holding time</i>).....	50
4.7	Grafik nilai rata – rata persentase <i>reduction</i> variasi waktu penahanan (<i>holding time</i>).....	51
4.8	Grafik nilai kekerasan (BHN) pada Baja AAR Grade B+ 1x normalising dan tempeing dengan variasi <i>holding time</i> 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam.....	52
4.9	struktur mikro spesimen 1 dengan <i>holding time</i> 3 jam perbesaran 50x.	53
4.10	struktur mikro spesimen 1 dengan <i>holding time</i> 3,5 jam perbesaran 50x	54
4.11	struktur mikro spesimen 1 dengan <i>holding time</i> 4 jam perbesaran 50x.	55
4.12	Foto struktur mikro untuk menghitung diameter butir dengan metode <i>planimetric</i> (Jefferies)	56
4.13	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 1 dengan <i>holding time</i> 3 jam	58
4.14	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 2 dengan <i>holding time</i> 3 jam	59
4.15	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 3 dengan <i>holding time</i> 3 jam	60
4.16	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 1 dengan <i>holding time</i> 3,5 jam	61
4.17	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 2 dengan <i>holding time</i> 3,5 jam	62
4.18	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 3 dengan <i>holding time</i> 3,5 jam	63
4.19	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 1 dengan <i>holding time</i> 4 jam	64
4.20	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 2 dengan <i>holding time</i> 4 jam	65

4.21	Struktur mikro <i>plainmetric</i> pada spesimen 3 dengan <i>holding time</i> 4 jam	66
4.22	Grafik hubungan anatar diameter butir dengan lama waktu <i>holding</i> <i>time</i> pada heat treatment tempering	68

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
2.6 Standar uji brinell	27
3.1 Perbandingan komposisi material AAR M 201 Grade B+.....	34
3.2 Data kekuatan dan kekerasan casting	38
3.3 Data foto struktur mikro.....	38
4.1 Data kekuatan tarik	43
4.2 Data kekerasan.....	44
4.3 Data struktur mikro.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Perhitungan kekuatan tarik Logam	72
B. Tabel data dan hasil	81
C. Dokumentasi	82