

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR *SOLUTION TREATMENT*  
TERHADAP LAJU KEAUSAN DAN KEKERASAN  
BAJA HADFIELD**



IMAM FAIZAL  
NIM: 41320120033

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2022

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR *SOLUTION TREATMENT* TERHADAP  
LAJU KEAUSAN DAN KEKERASAN BAJA HADFIELD



Disusun oleh:

Nama : Imam Faizal  
NIM : 41320120033  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
JULI 2022

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR *SOLUTION TREATMENT* TERHADAP LAJU KEAUSAN DAN KEKERASAN BAJA HADFIELD

Disusun oleh:

Nama : Imam Faizal  
NIM : 41320120033  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 22 Juli 2022

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

Penguji Sidang I



(Haris Wahyudi, S.T., M.Sc.)

NIP. 116780510


Penguji Sidang II



(Gian Villany Gorwa, S.T., M. Si.)

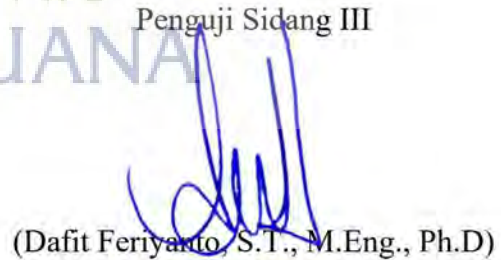
NIP. 119800639

Penguji Sidang III



(Subekti, S.T., M.T.)

NIP. 118730612



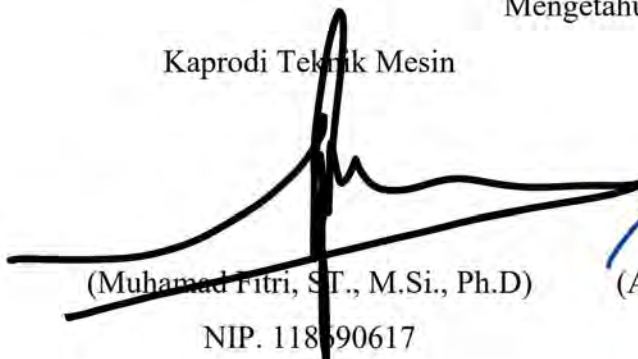
(Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., Ph.D)

NIP. 118900633

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA



(Muhamad Fitri, ST., M.Si., Ph.D)

NIP. 118690617



(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIP. 216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Imam Faizal

NIM : 41320120033

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis pengaruh temperatur *solution treatment* terhadap laju keausan dan kekerasan baja hadfield

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 22 Juli 2022



Imam Faizal

## PENGHARGAAN

Segala puji bagi Tuhan YME yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercubuana.

Ucapan terima kasih ini dipersembahkan untuk orang-orang yang telah berjasa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng, selaku Rektor Universitas Mercubuana.
2. Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Muhamad Fitri, Ph.D, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin.
4. Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi dan Koordinator Tugas Akhir.
5. Gian Villany Golwa, S.T., M.Si., selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin.
6. Bapak Haris Wahyudi, ST. M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan arahan serta bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Para dosen beserta para karyawan Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.
8. Kedua orang tua yang telah selalu mendukung dan mendoakan serta memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan dalam melaksanakan Tugas Akhir yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
10. Semua pihak yang membantu pelaksanaan Tugas Akhir dan tidak bisa disebutkan satu per-satu.

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut.

Jakarta, 22 Juli 2022



Imam Faizal

## ABSTRAK

Baja Hadfield merupakan salah satu dari jenis baja yang telah dikembangkan sampai saat ini dimana baja ini memiliki kandungan Mn yang tinggi atau biasa disebut *high manganese steel*. Baja Hadfield memiliki unsur paduan dengan rasio komposisi C:Mn dipertahankan sebesar 1:10. Baja Hadfield dikenal dengan sifat mekaniknya yang memiliki ketangguhan, kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi. Baja Hadfield yang berasal dari proses pengecoran logam masih memiliki sifat mekanik yang kurang baik akibat dari adanya endapan karbida pada batas butir. Hal ini disebabkan oleh laju pendinginan yang lambat pada proses pembuatannya. Oleh karena itu perlakuan panas dibutuhkan untuk memperbaiki struktur dari baja Hadfield yaitu dengan melarutkan karbida yang berada pada batas butir ke dalam matriks austenit sehingga didapatkan fasa austenit yang terbebas dari karbida pada batas butir yang disebut proses *solution treatment*. Pada penelitian ini ditunjukkan untuk menganalisa pengaruh temperatur austenisasi proses *solution treatment* pada baja hadfield menggunakan proses pemanasan awal (*pre-Heat*) sebelum mencapai temperatur austenisasi. Temperatur yang digunakan untuk *pre-Heat* adalah 600°C dengan waktu penahanan selama 60 menit. Temperatur austenisasi yang digunakan adalah 1150°C dan 1200°C dengan waktu penahanan selama 30 menit. Laju pemanasan yang digunakan adalah 5°C/menit. Setelah proses austenisasi kemudian dilanjutkan dengan proses pendinginan secara cepat atau *quenching* menggunakan media air pada temperatur kamar. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji laju keausan menggunakan metode *pin on disk*, uji kekerasan menggunakan metode Vickers dan Rockwell serta pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop digital dan analisa komposisi menggunakan *scanning electron microscope & energy dispersion spectroscopy*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terjadi perubahan pada struktur mikro, ketahanan aus dan kekerasan baja hadfield setelah dilakukan perlakuan panas. Semakin tinggi temperatur austenisasi yang digunakan maka semakin banyak karbida yang terlarut kedalam matriks austenit sehingga didapatkan fasa austenit dengan sedikit karbida pada batas butir dan semakin besar ukuran butir austenitnya. Semakin tinggi temperatur austenisasi juga mengakibatkan semakin tingginya nilai ketahanan aus juga kemampuan pengerasan. Akan tetapi nilai kekerasan baja hadfield mengalami penurunan setelah dilakukan perlakuan panas seiring dengan semakin tingginya temperatur austenisasi. Peningkatan kemampuan pengerasan dapat dilihat dari peningkatan nilai kekerasan pada daerah permukaan baja hadfield sebelum dan sesudah dilakukan uji keausan. Terjadinya pengerasan ini diakibatkan oleh adanya proses pengerasan regang pada daerah yang terkena uji laju keausan.

**Kata Kunci:** baja hadfield, sifat mekanik, *solution treatment*, struktur mikro.

**ANALYSIS OF THE EFFECT SOLUTION TREATMENT TEMPERATURE ON WEAR RATE AND HARDNESS OF HADFIELD STEEL**

**ABSTRACT**

*Hadfield steel is one of the types of steel that has been developed to date where this steel has a high Mn content or commonly called high manganese steel. Hadfield steel has alloying elements with a composition ratio of C:Mn maintained at 1:10. Hadfield steel is known for its mechanical properties, which have high toughness, hardness and wear resistance. Hadfield steel derived from the metal casting process still has poor mechanical properties due to the presence of carbide deposits at the grain boundaries. This is due to the slow cooling rate in the manufacturing process. Therefore, heat treatment is needed to improve the structure of Hadfield steel by dissolving the carbide at the grain boundaries into the austenite matrix so that the austenite phase is free from carbide at the grain boundaries which is called the solution treatment process. In this study, it is shown to analyze the effect of the austenization temperature of the solution treatment process on hadfield steel using a pre-heat process before reaching the austenizing temperature. The temperature used for pre-heating is 600°C with a holding time of 60 minutes. The austenizing temperatures used were 1150°C and 1200°C with a holding time of 30 minutes. The heating rate used is 5°C/min. After the austenization process, it is followed by a rapid cooling process or quenching using water at room temperature. The tests carried out in this study were the wear rate test using the pin on disk method, the hardness test using the Vickers and Rockwell methods and the observation of the microstructure using a digital microscope and composition analysis using a scanning electron microscope & energy dispersion spectroscopy. Based on the results of the tests that have been carried out, there is a change in the microstructure, wear resistance and hardness of the hadfield steel after heat treatment. The higher the austenitic temperature used, the more carbide dissolved into the austenite matrix so that the austenite phase is obtained with less carbide at the grain boundaries and the larger the austenite grain size. The higher the austenizing temperature, the higher the wear resistance and hardening ability. However, the hardness value of hadfield steel decreased after heat treatment along with the higher austenization temperature. The increase in hardenability can be seen from the increase in the hardness value in the hadfield steel surface area before and after the wear test. This hardening is caused by the strain hardening process in the area affected by the wear rate test.*

**Keywords:** *hadfield steel, mechanical properties, solution treatment, microstructure.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2. BAJA HADFIELD	6
2.2.1. Komposisi Kimia Baja Hadfield	7
2.2.2. Pengaruh Unsur Paduan	8
2.2.3. <i>Carbon</i> (C)	11
2.2.4. <i>Manganese</i> (Mn)	12
2.2.5. <i>Chromium</i> (Cr)	13



2.2.6.	Nickel (Ni)	13
2.2.7.	<i>Molybdenum</i> (Mo)	14
2.2.8.	Silicon (Si)	15
2.2.9.	<i>Phosporus</i> (P)	15
2.3.	PERLAKUAN PANAS BAJA HADFIELD	15
2.4.	SIFAT MEKANIK MATERIAL	17
2.5.	PENGUJIAN <i>PIN ON DISK</i>	18
2.6.	PENGUJIAN KEKERASAN	20
2.6.1.	Pengujian Kekerasan Vickers	20
2.6.2.	Pengujian Kekerasan Rockwell	21
2.7.	PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO	23
2.7.1.	Mikroskop Digital	26
2.7.2.	SEM - EDS	27
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>28</b>
3.1.	DIAGRAM ALIR	28
3.1.1.	Penjelasan Diagram Alir	29
3.1.2.	Diagram Alir Pengujian	30
3.1.3.	Penjelasan Diagram Alir Pengujian	31
3.2.	ALAT DAN BAHAN	33
3.2.1.	Alat	33
3.2.2.	Bahan	35
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>36</b>
4.1.	HASIL PENELITIAN	36
4.1.1.	Struktur Mikro dan Komposisi	36
4.1.2.	Pengujian Kekerasan	40

4.1.3. Pengujian <i>Pin on disk</i>	41
4.1.4. Pengujian Kekerasan Setelah Dilakukan Uji <i>Pin on disk</i>	43
4.2. PEMBAHASAN	44
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>46</b>
5.1. KESIMPULAN	46
5.2. SARAN	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN – LAMPIRAN</b>	<b>49</b>
Lampiran 1. Gambar Alat dan Bahan	49
Lampiran 2. Gambar Proses Spesimen Pengujian	53
Lampiran 3. Perhitungan Hasil POD	54
Lampiran 4. Hasil UJI SEM EDS	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Persipitas karbida pada struktur mikro baja Hadfield	7
Gambar 2.2. Pengaruh C terhadap Kekuatan Tarik dan Keuletan Baja Hadfield	11
Gambar 2.3. Pengaruh Mn terhadap Kekuatan Tarik dan Keuletan Baja Hadfield	12
Gambar 2.4. Pengaruh Cr terhadap Kekuatan Tarik dan Keuletan Baja Hadfield	13
Gambar 2.5. Pengaruh Ni terhadap Kekuatan Tarik dan Keuletan Baja Hadfield	14
Gambar 2.6. Pengaruh Mo terhadap Kekuatan Tarik dan Keuletan Baja Hadfield	14
Gambar 2.7. Diagram Fasa Fe-Mn	16
Gambar 2.8. Pengujian <i>Pin on disk</i>	19
Gambar 2.9. Uji Vickers Indentor Piramid	21
Gambar 2.10. Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C	23
Gambar 2.11. (a) Struktur mikro ferit, (b) struktur Kristal BCC	24
Gambar 2.12. (a) Struktur mikro austenit, (b) struktur kristal FCC	24
Gambar 2.13. Struktur mikro Sementit	25
Gambar 2.14. Struktur mikro perlit	25
Gambar 2.15. (a) Struktur mikro Martensit, (b) struktur kristal BCT	26
Gambar 2.16. Ilustrasi pantulan cahaya permukaan logam	27
Gambar 3.1. Diagram Alir Tugas Akhir	28
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengujian	30
Gambar 3.3. Alur Proses Perlakuan Panas	31
Gambar 4.1. Struktur mikro menggunakan mikroskop digital sampel <i>As cast</i>	37
Gambar 4.2. Struktur mikro menggunakan mikroskop digital sampel HT 1150	37
Gambar 4.3. Struktur mikro menggunakan mikroskop digital sampel HT 1200	37
Gambar 4.4. Struktur mikro menggunakan SEM sampel <i>As cast</i>	38
Gambar 4.5. Struktur mikro menggunakan SEM sampel HT 1150	39
Gambar 4.6. Struktur mikro menggunakan SEM sampel HT 1200	39
Gambar 4.7. Grafik Nilai Laju Keausan Uji POD	42
Gambar 4.8. Abrasi <i>Pin on disk</i>	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2. Komposisi Kimia Baja Hadfield	8
Tabel 2.3. Unsur Paduan terhadap Kecenderungan Larut atau Membentuk Karbida	9
Tabel 2.4. Skala Pengujian Rockwell	23
Tabel 2.5. Skala Pengujian Superficial Rockwell	23
Tabel 3.1. Alat yang digunakan dalam penelitian	33
Tabel 3.2. Bahan yang digunakan dalam penelitian	34
Tabel 3.3. Komposisi kimia spesimen baja hadfield	35
Tabel 4.1. Hasil EDS sampel <i>As cast</i>	38
Tabel 4.2. Hasil EDS sampel HT 1150	39
Tabel 4.3. Hasil EDS sampel HT 1200	40
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Kekerasan Vickers	40
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell B	41
Tabel 4.6. Hasil Pengujian <i>Pin on disk</i>	41
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Setelah Uji POD	43
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell B Setelah Uji POD	44

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1. <i>Volume wear rate</i>	19
Persamaan 2.2. Panjang lintasan uji POD	19
Persamaan 2.3. <i>Volume</i> yang berkurang uji POD	20
Persamaan 2.4. Nilai Kekerasan Vickers	21
Persamaan 2.5. Diagonal rata-rata hasil indentasi Vickers	21



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
Fe	Ferrum / Besi
C	<i>Carbon</i> / Karbon
Mn	<i>Mangan</i>
Cr	<i>Chromium</i>
Mo	<i>Molybdenum</i>
Ni	<i>Nickel</i>
Si	<i>Silicon</i>
P	<i>Phosporus</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microcope</i>
EDS	<i>Energy Dispersion Spectroscopy</i>
POD	<i>Pin on disk</i>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA