

TUGAS AKHIR

Pengaruh Anil Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Brinell Besi Cor Putih



**Disusun sebagai syarat menyelesaikan Studi Strata Satu
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Oleh:

Wildan Arya Nanda Subekti

D200190141

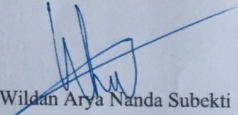
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2023

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Anil Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Brinell Besi Cor Putih”** yang dibuat untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan dipakai untuk mendapat gelar kesarjana di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali sumber informasi saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 25 November 2023
Yang menyatakan,



Wildan Arya Nanda Subekti

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Anil Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Brinell Besi Cor Putih”** telah disetujui oleh pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

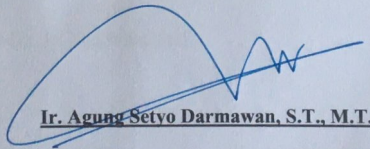
Dipersiapkan oleh:

Nama : **Wildan Arya Nanda Subekti**
NIM : **D200190141**

Disetujui pada:

Hari : Sabtu
Tanggal : 25 November 2023

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Anil Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Brinell Besi Cor Putih” telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan disahkan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Wildan Arya Nanda Subekti

NIM : D200190141

Disetujui pada :

Hari :

Tanggal :

Dewan Penguji :

Ketua : Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

(.....)

Anggota 1 : Ir. Tri Widodo Besar Riyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. (.....)

Anggota 2 : Dr. Ir. Ngafwan, M.T.

(.....)

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik

Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D.

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 51/II/2023 Tanggal 25 Maret 2023 tentang Pembimbing Tugas Akhir, dengan ini :

Nama : Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

Pangkat/Jabatan : Penata / Lektor

Kedudukan : Pembimbing Tugas Akhir

memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa

Nama : Wildan Arya Nanda Subekti

NIM : D200190141

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 9

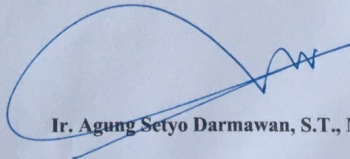
Judul/Topik : Pengaruh Anil Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Brinell Besi Cor Putih.

Rincian Soal/Tugas :

1. Mengetahui struktur mikro yang terdapat pada besi cor putih (*white cast iron*) sebelum dan sesudah proses anil
2. Mengetahui kekerasan besi cor putih (*white cast iron*) sebelum dan sesudah proses anil.

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 30 Maret 2023
Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

*) Dibuat rangkap 3 (tiga)
1. Untuk Kajur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

MOTTO

“Allah SWT tidak akan membebani seorang hamba melainkan sesuai dengan kemampuannya”

(QS Al-Baqarah:286)

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)”

(QS. Al-Insyirah, 94:6-7)

“Tidak ada mimpi yang gagal, yang ada hanyalah mimpi yang tertunda. Cuma sekiranya kalau teman-teman merasa gagal mencapai mimpi, jangan khawatir, mimpi-mimpi lain bisa diciptakan”

(Windah Basudara)

“Hanya karena prosesmu lebih lama, bukan berarti kamu gagal”

“Hadiah terbaik adalah apa yang kamu miliki dan takdir terbaik adalah apa yang sedang kamu jalani”

HALAMAN PERSEMBAHAN



Allhamdulillahirobil'alamin, Allahumma Sholli'ala Sayyidina Muhammad Wa'alaali Sayyidina Muhammad. Sujud syukur kusembahkan kepada-Mu ya Allah atas nikmat, karunia, petunjuk dan kelancaran yang Engkau berikan hingga akhirnya Tugas Akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Semoga atas keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depan yang cerah dan modal untuk meraih cita-cita. Dengan kerendahan hati dan bangga, penulis mempersembahkan karya ini untuk:

“Bapak dan Ibu Tercinta”

Kepada Bapak Imam Subekti dan Ibu Jumiyyati tercinta. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya sederhana ini karena telah memberikan kasih sayang, selalu mendoakan, menasehati dan meridhoi ketika melakukan hal lebih baik. Semoga dengan karya sederhana ini menjadi langkah awal untuk membuat Bapak dan Ibu bahagia.

“Dosen Pembimbing Tugas Akhir”

Kepada Bapak Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir saya yang sudah membantu, mengarahkan, mengajari dan menasehati sampai karya ini selesai.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan nikmat-Nya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Anil Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Brinell Besi Cor Putih”, dapat diselesaikan dengan lancar berkat dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan penuh ketulusan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah membantu, membimbing, serta mengarahkan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
4. Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan mengarahkan selama masa perkuliahan.
5. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama menempuh jenjang pendidikan.
6. Rekan kelompok bimbingan Tugas Akhir yaitu Ridho Adhi Pratama, Harir Arkham, Rizal Bagus Ramadhan yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir.
7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2019 dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pengaruh Anil Pada Suhu 850°C Dengan Waktu Tahan 20 Menit Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Brinell Besi Cor Putih

Wildan Arya Nanda Subekti, Agung Setyo Darmawan
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura
Email : wildanarya098@gmail.com

ABSTRAK

Pada dunia industri pengecoran logam sering kita dengar jenis besi cor yang disebut besi cor putih. Besi cor putih merupakan salah satu besi cor yang tidak mempunyai grafit sehingga memiliki sifat mekanik yang sangat keras namun getas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh anil pada temperatur 850°C dengan waktu tahan 20 menit terhadap struktur mikro, komposisi kimia fasa, serta nilai kekerasan pada besi cor putih. Pengujian metalografi dan uji komposisi dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS), sedangkan pengujian kekerasan dilakukan dengan metode brinell. Hasil dari pengujian SEM-EDS menunjukkan bahwa pada besi cor putih yang telah dilakukan proses anil terdapat fasa grafit, sementit (Fe_3C), dan perlit. Pada fasa grafit terdapat unsur *Carbon* (C) sebesar 79,88% berat, *Ferro* (Fe) sebesar 16,11% berat, dan *Oxygen* (O) sebesar 4% berat. Kemudian pada fasa sementit (Fe_3C) terdapat unsur *Ferro* (Fe) sebesar 92,60% berat, *Carbon* (C) sebesar 7,30% berat, dan *Oxygen* (O) sebesar 0,10% berat. Dan pada fasa perlit terdapat unsur *Ferro* (Fe) sebesar 86,31% berat, *Silicon* (Si) sebesar 4,49%, *Carbon* (C) sebesar 3,59% berat, *Aluminium* (Al) sebesar 1,09% berat, serta unsur *Oxygen* (O) sebesar 4,49% berat. Hasil dari pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terjadi pada raw material dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 474,163 BHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada spesimen uji yang telah dianil dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 379,497 BHN.

Kata kunci: Besi cor putih, struktur mikro, kekerasan brinell, anil

The Effect of Annealing at a Temperature of 850°C with a Holding Time of 20 Minutes on the Microstructure and Brinell Hardness of White Cast Iron

Wildan Arya Nanda Subekti, Agung Setyo Darmawan

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Muhammadiyah

University of Surakarta Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : wildanarya098@gmail.com

ABSTRACT

In the world of the metal casting industry, we often hear about a type of cast iron called white cast iron. White cast iron is a type of cast iron that does not have graphite so it has mechanical properties that are very hard but brittle. This research aims to determine the effect of annealing at a temperature of 850°C with a holding time of 20 minutes on the microstructure, phase chemical composition, and hardness value of white cast iron. Metallographic testing and composition testing were carried out using Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS), while hardness testing was carried out using the Brinell method. The results of SEM-EDS testing show that white cast iron that has undergone an annealing process contains graphite, cementite (Fe₃C) and pearlite phases. In the graphite phase there are Carbon (C) elements of 79.88% by weight, Ferro (Fe) by 16.11% by weight, and Oxygen (O) by 4% by weight. Then in the cementite phase (Fe₃C) there are Ferro elements (Fe) amounting to 92.60% by weight, Carbon (C) by 7.30% by weight, and Oxygen (O) by 0.10% by weight. And in the pearlite phase there are Ferro (Fe) elements of 86.31% by weight, Silicon (Si) by 4.49%, Carbon (C) by 3.59% by weight, Aluminum (Al) by 1.09% by weight, and Oxygen (O) element is 4.49% by weight. The results of hardness testing show that the highest hardness value occurs in raw material with an average hardness value of 474.163 BHN. Meanwhile, the lowest hardness value occurred in test specimens that had been annealed with an average hardness value of 379,497 BHN.

Key words: White cast iron, microstructure, brinell hardness, annealing

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR.....	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Diagram fasa	9
2.2.2 Pengertian besi cor	11
2.2.3 Anil.....	14
2.2.4 Pengujian metalografi	15
2.2.5 Pengujian Brinell.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Rancangan Penelitian	21
3.2 Bahan dan Alat	22

3.2.1	Bahan penelitian.....	22
3.2.2	Alat penelitian	23
3.3	Sampel	28
3.4	Lokasi Penelitian	28
3.5	Prosedur Penelitian.....	28
3.5.1	Proses pemotongan spesimen.....	28
3.5.2	Proses <i>polishing</i>	29
3.5.3	Proses etsa	29
3.5.4	Proses pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	30
3.5.5	Proses perlakuan panas anil	31
3.5.6	Proses pengujian kekerasan Brinell ASTM E10.....	31
3.6	Jadwal Penelitian	32
3.7	Rancangan Analisis Data.....	32
3.7.1	Pengujian metalografi	33
3.7.2	Pengujian kekerasan.....	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Hasil Pengujian Metalografi.....	35
4.1.1	Analisa Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) Besi Cor Putih (<i>White Cast Iron</i>) Raw Material	35
4.1.2	Analisa Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (EDS) Besi cor Putih (<i>White Cast Iron</i>) Raw Material	36
4.1.3	Analisa Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Besi cor Putih (<i>White Cast Iron</i>) Anil.....	39
4.1.4	Analisa Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (EDS) Besi Cor Putih (<i>White Cast Iron</i>) Anil.....	40
4.2	Hasil Pengujian Kekerasan Brinell.....	44
BAB V PENUTUP.....		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA.....		48
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram fasa besi karbida (Callister & Rethwisch, 2014).....	9
Gambar 2.2 Diagram keseimbangan besi karbon	10
Gambar 2.3 Struktur mikro besi cor kelabu	11
Gambar 2.4 Struktur mikro besi cor nodular	12
Gambar 2.5 Struktur mikro besi cor putih	13
Gambar 2.6 Struktur mikro besi cor mampu tempa	14
Gambar 2.7 Diagram fasa karbida besi, menunjukkan rentang temperatur perlakuan panas untuk baja karbon.....	15
Gambar 2.8 Skema cara kerja mikroskop optik	16
Gambar 2.9 Skema pengujian SEM	18
Gambar 2.10 Skema indentor pengujian Brinell.....	19
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3.2 Besi cor putih	22
Gambar 3.3 Autosol	22
Gambar 3.4 Larutan etsa	23
Gambar 3.5 Mesin <i>metal cutting</i>	23
Gambar 3.6 Mesin poles	24
Gambar 3.7 Amplas	24
Gambar 3.8 Jangka Sorong	25
Gambar 3.9 Alat uji mikroskop optik	25
Gambar 3.10 Alat uji <i>Scanning Electron Microscopy</i>	26
Gambar 3.11 Tungku pemanas (<i>furnace</i>).....	27
Gambar 3.12 Alat uji kekerasan Brinell.....	27
Gambar 3.13 Bentuk dan ukuran spesimen uji	28
Gambar 3.14 Diagram <i>heat treatment</i> 850°C dengan <i>holding time</i> 20 menit.....	31
Gambar 3.15 Histogram hasil pengujian kekerasan Brinell.....	34
Gambar 4.1 Foto Struktur Mikro Besi Cor Putih.....	36
Gambar 4.2 Titik mikrograf <i>SEM</i> untuk <i>EDS line analysis</i> fasa sementit pada besi cor putih	37
Gambar 4.3 <i>Line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 1)	37

Gambar 4.4 Titik mikroskop SEM untuk <i>EDS line analysis</i> fasa perlit pada besi cor putih	38
Gambar 4.5 <i>Line analysis</i> fasa perlit besi cor putih (spektrum 2)	39
Gambar 4.6 Foto struktur mikro besi cor putih setelah proses anil	40
Gambar 4.7 Titik mikroskop SEM untuk <i>EDS line analysis</i> fasa grafit pada besi cor putih	41
Gambar 4.8 <i>Line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 1)	41
Gambar 4.9 Titik mikroskop SEM untuk <i>EDS line analysis</i> fasa sementit pada besi cor putih	42
Gambar 4.10 <i>Line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 2)	42
Gambar 4.11 Titik mikroskop SEM untuk <i>EDS line analysis</i> fasa perlit pada besi cor putih	43
Gambar 4.12 <i>Line analysis</i> fasa perlit besi cor putih (spektrum 3)	44
Gambar 4.13 Pengaruh anil terhadap kekerasan brinell besi cor putih.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal penelitian tugas akhir	32
Tabel 3.2 Hasil <i>line analysis</i> fasa sementit besi cor putih	33
Tabel 3.3 Hasil <i>line analysis</i> fasa perlit besi cor putih	33
Tabel 3.4 Hasil pengujian kekerasan Brinell	33
Tabel 4.1 Hasil <i>line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 1).....	38
Tabel 4.2 Hasil <i>line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 2).....	39
Tabel 4.3 Hasil <i>line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 1).....	41
Tabel 4.4 Hasil <i>line analysis</i> fasa sementit besi cor putih (spektrum 2).....	43
Tabel 4.5 Hasil <i>line analysis</i> fasa perlit besi cor putih (spektrum 3).....	44
Tabel 4.6 Data hasil pengujian kekerasan brinell	45

DAFTAR NOTASI

BHN	Nilai Kekerasan Brinell	Kgf/mm
P	Pembebanan	Kgf
d	Diameter Indentor	mm