

**ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS MEMANFAATKAN LIMBAH
PADA TEMPERATUR PROSES KARBURISASI 700° C TERHADAP
STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN Pengerasan BAJA AISI
1050**

SKRIPSI



Disusun oleh :

Nama : Niko Wardanae
NIM : 2011044

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
AGUSTUS 2024**

LEMBAR PERSETUJUAN
ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS MEMANFAATKAN LIMBAH
PADA TEMPERATUR PROSES KARBURISASI 700° C TERHADAP
STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN Pengerasan BAJA AISI
1050

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik
Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh:

Nama : Niko Wardanae
NIM : 2011044
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Fakultas : Teknologi Industri

Mengetahui,

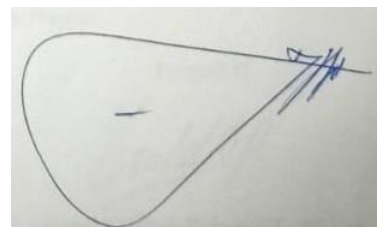
Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1



Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP. P. 1031400477

Diperiksa / Disetujui

Dosen Pembimbing



Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.
NIP. Y. 1030400405



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Niko Wardanae
NIM : 2011044
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : **ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS
MEMANFAATKAN LIMBAH PADA
TEMPERATUR PROSES KARBURISASI 700° C
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN
PENGKERASAN BAJA AISI 1050**

Dipertahankan di hadapan tim penguji jenjang Strata I (S-1) Pada :

Hari / Tanggal : Kamis, 15 Agustus 2024

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : A

Panitia Penguji Skripsi

Ketua

Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP. 1031400477

Sekretaris

Tutut Nani Prihatmi, Ss., S.Pd., M.Pd
NIP. P. 1031500493

Anggota Penguji

Penguji I

Ir. Soeparno Djiwo, MT.
NIP. Y. 1018600128

Penguji II

Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng
NIP. P. 1031500492

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

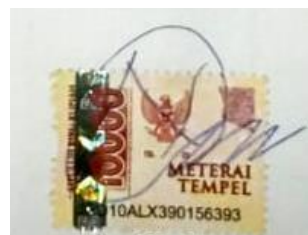
Nama : Niko Wardanae
NIM : 2011044
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Tempat/ Tanggal Lahir : Kediri, 14 Februari 2002
Alamat Asal : Dusun Temurejo, Desa Wonoagung, RT.19/RW. 08, Kec
Kasembon, Kab Malang

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Menyatakan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang “ **ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS MEMANFAATKAN LIMBAH PADA TEMPERATUR PROSES KARBURISASI 700°C TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN Pengerasan Baja AISI 1050** ” adalah hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya.











Malang, 31 Agustus 2024



Niko Wardanae
NIM. 20.11.044

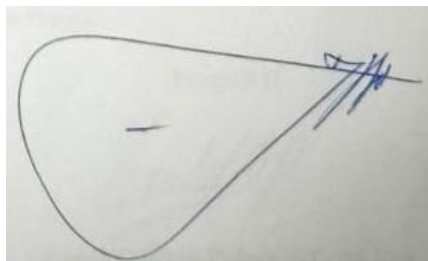
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Niko Wardanae
NIM : 2011044
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : **ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS
MEMANFAATKAN LIMBAH PADA
TEMPERATUR PROSES KARBURISASI 700° C
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN
PENGERASAN BAJA AISI 1050**

NO	Materi Bimbingan	Waktu	Paraf
1	Pengajuan Judul Skripsi	29 Maret 2024	
2	Konsultasi Proposal BAB I, II, Dan III	13 April 2024	
3	Perbaikan Rumusan Masalah	16 April 2024	
4	Perbaikan Penulisan Tinjauan Pustaka, Tata Letak Gambar dan Tabel	17 April 2024	
5	Seminar Proposal	24 April 2024	
6	Perbaikan Penulisan Alat dan Bahan	26 April 2024	
7	Perbaikan Penulisan Struktur Proses Carburizing	27 April 2024	
8	Konsultasi Hasil Pengujian Struktur Mikro	13 Mei 2024	
9	Perbaikan Hasil Pengujian Struktur Mikro	20 Mei 2024	
10	Konsultasi Hasil Pengujian Titik Kedalaman Pengerasan	25 Mei 2024	

11	Perbaiki Posisi Titik Kedalaman Struktur Mikro	15 Juni 2024	
12	Konsultasi Hasil Pengujian Struktur SEM-EDX	8 Juli 2024	
13	Konsultasi Laporan Skripsi BAB IV Dan V	30 Juli 2024	
14	Perbaiki Data Struktur Mikro	2 Agustus 2024	
15	Perbaiki Keterangan Gambar Hasil Pengujian	2 Agustus 2024	
16	Seminar Hasil dan Revisi	4 Agustus 2024	
17	Perbaiki Lampiran Data Pengujian	6 Agustus 2024	
18	Konsultasi Hasil Akhir Skripsi	8 Agustus 2024	

Dosen Pembimbing



Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.
NIP. Y. 1030400405

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya. Saya sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Mesin S-1 yang menempuh tugas akhir atau skripsi di Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam melaksanakan tugas skripsi ini, penulis banyak mengalami hambatan-hambatan dalam proses penyusunannya. Oleh karena itu, penulis banyak mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan bimbingan dari:

1. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D selaku Rektor ITN Malang
2. Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT., selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Teknologi Industri ITN Malang
3. Bapak Dr. Eko Yohanes Setyawan., ST. MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang
4. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing
5. Bapak Dosen Penguji I dan Penguji II Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, ITN Malang
6. Kedua Orang Tua yang selalu mendukung dalam segi doa serta finansial dalam proses pembuatan skripsi ini
7. Teman-teman yang memberikan semangat dan banyak membantu hingga terselesaikan skripsi ini

Saya berharap dengan membaca skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, dalam hal ini yang dapat menambah wawasan kita mengenai ilmu pengetahuan bagaimana berproses pada saat melaksanakan tugas akhir. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, maka penulis mengharapkan kritik dan saran dari Bapak/Ibu Dosen demi kebaikan menuju ke arah yang lebih baik.

Malang, 31 Agustus 2024

Niko Wardanae
NIM. 20.11.044

Niko Wardanae¹, I Komang Astana Widi²

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email : nikowardana14@gmail.com

ABSTRAK

Carburizing merupakan proses pengerasan permukaan dengan memanaskan logam (baja) di atas suhu 850°C dalam lingkup yang mengandung karbon. Pada penelitian ini media karburasi yang digunakan ialah limbah serbuk fotocopy dan arang bathok kelapa dengan menggunakan material baja AISI 1050 dan menggunakan dapur *fluidized bed furnace*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan media limbah pada proses karburasi terhadap karakteristik baja AISI 1050. Karakteristik yang diteliti meliputi kedalaman kekerasan baja, ketebalan lapisan karbon, serta kandungan karbon dan besi pada permukaan baja. Variasi laju aliran gas juga dipertimbangkan dalam penelitian ini. Hasil Penelitian ini pengaruh media limbah pada proses *carburizing* meningkatkan kedalaman lapisan kekerasan permukaan baja AISI 1050 variasi laju alir gas 60 cm³ lebih tebal dengan diperoleh 44,609 μm dibandingkan laju alir gas 40 cm³ 34,426 μm, dan laju alir gas 20 cm³ 14,605 μm. Pengujian mikrovickers rata-rata tingkat pengerasan 209,72 pada variasi laju alir gas 20 cm³, 232,02 pada variasi laju alir gas 40 cm³, 834,52 pada laju alir gas 60 cm³. Pengujian SEM-EDX dengan menentukan komposisi tinggi kadar karbon dalam bentuk persentase. spot yang telah di ambil memiliki lapisan karbon yang cukup tinggi pada variasi laju Alir 60 cm³/min dengan perbesaran 300X. sehingga komposisi tinggi kadar karbon sebesar 0,90%.

Kata Kunci : Baja AISI 1050, Carburizing, Limbah, Kandungan Karbon

Niko Wardanae¹, I Komang Astana Widi²

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email : nikowardana14@gmail.com

ABSTRACT

Carburizing is a surface hardening process that involves heating metal (steel) above 850°C in an environment containing carbon. In this study, the carburizing media used are photocopy powder waste and coconut shell charcoal, employing AISI 1050 steel as the material and utilizing a fluidized bed furnace. The purpose of this research is to analyze the effect of using waste media in the carburizing process on the characteristics of AISI 1050 steel. The characteristics examined include the depth of hardness of the steel, the thickness of the carbon layer, as well as the carbon and iron content at the surface of the steel. Variations in gas flow rates are also considered in this study. The results of this research indicate that the use of waste media in the carburizing process increases the depth of the hardened layer on the surface of AISI 1050 steel. At a gas flow rate of 60 cm³, the depth reached 44.609 μm, compared to 34.426 μm at a flow rate of 40 cm³, and 14.605 μm at a flow rate of 20 cm³. Microhardness testing using Vickers showed an average hardness level of 209.72 at a flow rate of 20 cm³, 232.02 at a flow rate of 40 cm³, and 834.52 at a flow rate of 60 cm³. SEM-EDX testing determined the composition of carbon content in percentage. The samples taken exhibited a high carbon layer at a flow rate of 60 cm³/min with a magnification of 300X, resulting in a high carbon content of 0.90%.

Keywords: AISI 1050 Steel, Carburizing, Waste, Carbon Content

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	2
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	3
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	4
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI	5
KATA PENGANTAR	7
ABSTRAK.....	8
ABSTRACT.....	9
DAFTAR ISI.....	10
DAFTAR GAMBAR	13
DAFTAR TABEL	15
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.6 Metodologi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.7 Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
2.2 Klasifikasi Baja	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Baja Dan Paduannya	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Struktur Mikro Baja.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Baja AISI 1050	Error! Bookmark not defined.
2.4 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.5 Proses Perlakuan Carburizing	Error! Bookmark not defined.
2.6 <i>Fluidized Bed Furnace</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7 Waktu Penahanan (<i>Holding Time</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.8 Quenching	Error! Bookmark not defined.

2.9 Limbah Serbuk Fotocopy	Error! Bookmark not defined.
2.10 Arang Batok Kelapa	Error! Bookmark not defined.
2.11 Laju Aliran Gas	Error! Bookmark not defined.
2.12 Uji Microvickers	Error! Bookmark not defined.
2.13 Uji Struktur Micro	Error! Bookmark not defined.
2.14 Uji SEM-EDX	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Penjelasan Diagram Alir	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Studi Literatur	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Persiapan Alat Dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.2.3 Penentuan Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2.5 Carburizing	Error! Bookmark not defined.
3.2.6 Proses Pengujian Sampel	Error! Bookmark not defined.
3.2.7 Pengolahan Data Dan Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
3.2.8 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHSAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Data Hasil Pengujian	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Hasil Uji Struktur Mikro (Tebal Lapisan Karbon) .	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Data Hasil Uji Kedalaman Kekerasan	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Data Hasil SEM EDX	Error! Bookmark not defined.
4.2 Analisa Data dan Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Hasil Analisa Data Uji Kedalaman Kekerasan	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Hasil Analisa Data Uji SEM EDX	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN-LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 1. Biodata Penulis	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2. Surat Keterangan Bimbingan	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3. Surat Keterangan Pengujian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4. Sertifikat Baja AISI 1050	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5. Data Pengujian Ketebalan lapisan	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6. Data Hasil Uji Kedalaman Kekerasan	Error! Bookmark not defined.

Lampiran 7. Data Hasil SEM EDX **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Diagram fasa Fe3C **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 Diagram Time-Temperature-Transformations .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 Transformasi fasa austenite menjadi ferit dan sementit melalui difusi..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 Diagram Continuous Cooling Transformation ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5 Photomicrograph Austenite **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6 Batas ferit perbesaran 500x **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7 Sementit perbesaran 1000x..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8 Microstructure of pearlite perbesaran 2500x..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9 Struktur mikro martensit **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10 Struktur mikro bainit perbesaran perbesaran 500x **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11 Proses Difusi Secara Interstisi Substitusi **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 12 Proses Pack Carburizing..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 13 Pengaruh Temperatur Pada Kedalaman Difusi Atom **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 14 Skema fluidized bed furnace **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 15 Diagram Continous Cooling Transformation (CCT) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 16 Ilustrasi pengujian kekerasan vikers **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 17 Alat pengujian vikers..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 18 Alat Pengujian Struktur Mikro..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 19 Alat pengujian SEM-EDX..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 2 Mesin Fluidized Bed Furnace..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 3 Seling..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 4 Mesh..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 5 Jangka Sorong..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 6 Dapur Fluidized bed furnace **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 7 Mill Certificate Baja AISI 1050..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 8 Serbuk Fotocopy..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 9 Arang Batok Kelapa **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 10 Gas Propana (C3H8) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 11 Gas Nitrogen **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 12 Spesimen Uji Struktur Mikro **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 13 Spesimen Uji Mikro Vickers **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 14 Spesimen Uji SEM-EDX..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 15 Dapur Fluidized bed furnace **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 16 Alat Uji Microvickers..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 17 Alat Uji Struktur Mikro **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 18 Alat Uji SEM-EDX **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 1 Struktur mikro baja AISI 1050 sebelum perlakuan panas karburisasi **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2 Ketebalan lapisan dengan menggunakan laju aliran gas 20 cm³/min **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3 Ketebalan lapisan dengan menggunakan laju aliran gas 40 cm³/min **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 4 Ketebalan lapisan dengan menggunakan laju aliran gas 60 cm³/min **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 5 Grafik Kekerasan permukaan sebelum perlakuan panas karburisasi..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 6 Grafik Hubungan antara jarak kedalam pengerasan laju alir gas 20 cm³/min **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 7 Grafik Hubungan antara jarak kedalam pengerasan laju alir gas 40 cm³/min **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 8 Grafik Hubungan antara jarak kedalam pengerasan laju alir gas 20 cm³/min **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 9 SEM sebelum perlakuan panas karburisasi dengan pembesaran x500 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 10 SEM dengan Laju Alir gas 20 cm³/min dengan pembesaran x500..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 11 Grafik Komposisi laju aliran gas 20 cm³/min dengan penahanan 1 jam... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 12 SEM laju alir gas 40 cm³/min dengan pembesaran x500 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 13 Grafik Komposisi laju aliran gas 40 cm³/min dengan penahanan 1 jam.. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 14 SEM laju alir gas $60 \text{ cm}^3/\text{min}$ dengan pembesaran x500 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 15 Grafik Komposisi laju aliran gas $60 \text{ cm}^3/\text{min}$ dengan penahanan 1 jam .. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 16 Perbandingan ketebalan lapisan karbon **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 17 Perbandingan kedalaman pengerasan baja AISI 1050 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 18 Grafik perbandingan kadar karbon **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1050 **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 1 Ketebalan lapisan temperatur $700 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan laju aliran gas $20 \text{ cm}^3/\text{min}$ **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 Ketebalan lapisan temperatur $700 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan laju aliran gas $40 \text{ cm}^3/\text{min}$ **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 3 Ketebalan lapisan a temperatur $700 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan laju aliran gas $60 \text{ cm}^3/\text{min}$ **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 4 Kekerasan permukaan baja AISI 1050 sebelum perlakuan panas karburisasi **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 5 Kekerasan permukaan baja AISI 1050 pada laju aliran gas $20 \text{ cm}^3/\text{min}$ **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 6 Kekerasan permukaan baja AISI 1050 pada laju alir gas $40 \text{ cm}^3/\text{min}$ **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 7 Kekerasan permukaan baja AISI 1050 pada laju aliran gas 60 cm³/min **Error!**
Bookmark not defined.

Tabel 4. 8 Komposisi baja AISI 1050 sebelum perlakuan panas karburisasi **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 9 Komposisi dengan laju aliran gas 20 cm³/min dengan penahanan 1 jam **Error!**
Bookmark not defined.

Tabel 4. 10 Komposisi dengan laju aliran gas 40 cm³/min dengan penahanan 1 jam **Error!**
Bookmark not defined.

Tabel 4. 11 Komposisi dengan laju aliran gas 60 cm³/min dengan penahanan 1 jam **Error!**
Bookmark not defined.