

**ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS MEMANFAATKAN  
LIMBAH PADA TEMPERATUR PROSES KARBURISASI 900°  
C TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN  
PENGERASAN BAJA AISI 1020**

**SKRIPSI**



**Disusun oleh :**

**NAMA : ELFIS BRIA GONCALVES NHEU**

**NIM : 2011074**

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


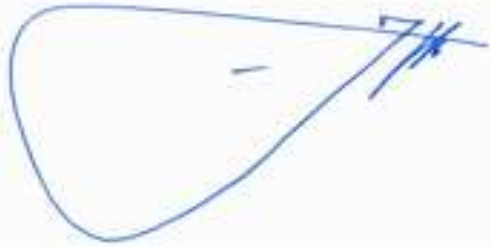
**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS MEMANFAATKAN**  
**LIMBAH PADA TEMPERATUR PROSES KARBURISASI 900°**  
**C TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN**  
**PENGERASAN BAJA AISI 1020**

**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** : Elfis Bria Goncalves Nheu  
**NIM** : 2011074  
**Jurusan** : Teknik Mesin S-1  
**Fakultas** : Teknologi Industri

<p><b>Mengetahui,</b></p> <p><b>Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1</b></p>  <p><u>Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.</u> NIP. P. 1031400477</p>	<p><b>Diperiksa / Disetujui</b></p> <p><b>Dosen Pembimbing</b></p>  <p><u>Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.</u> NIP. Y. 1030400405</p>
--	---



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 : Elfis Bria Goncalves Nheu  
NIM : 2011074  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : **ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS  
MEMANFAATKAN LIMBAH PADA  
TEMPERATUR PROSES KARBURISASI  
900° C TERHADAP STRUKTUR MIKRO  
DAN KEDALAMAN Pengerasan BAJA  
AISI 1020**

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

<p>Ketua</p>  <p><u>Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.</u> NIP. 1031400477</p>	<p>Sekretaris</p>  <p><u>Tutut Nani Prihatmi, Ss., S.Pd., M.Pd</u> NIP. P. 1031500493</p>
Anggota Penguji	
<p>Penguji I</p>  <p><u>Ir. Soeparno Djiwo, MT.</u> NIP. Y. 1018600128</p>	<p>Penguji II</p>  <p><u>Gerald Aditvo Pohan, ST., M.Eng</u> NIP. P. 1031500492</p>

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Elfis Bria Goncalves Nheu  
NIM : 2011074  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Tempat/ Tanggal Lahir : Betun, 06 April 2000  
Alamat Asal : Dusun Uma Manfatin, Desa Angkaes, Kecamatan  
Weliman, Kabupaten Malaka, Nusa Tenggara Timur

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






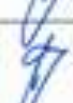
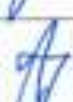



### Menyatakan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang ‘ **ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS MEMANFAATKAN LIMBAH PADA TEMPERATUR PROSES KARBURISASI 900° C TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN PENGKERASAN BAJA AISI 1020** ’ adalah hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya.



## LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Elfis Bria Goncalves Nheu  
NIM : 2011074  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : **ANALISA VARIASI LAJU ALIRAN GAS  
MEMANFAATKAN LIMBAH PADA  
TEMPERATUR PROSES KARBURISASI  
900° C TERHADAP STRUKTUR MIKRO  
DAN KEDALAMAN Pengerasan BAJA  
AISI 1020**

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	Perbaikan 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	Pebaikan Data Struktur Mikro	2 Agustus 2024	
15	Perbaikan Keterangan Gambar Hasil Pengujian	2 Agustus 2024	
16	Seminar Hasil dan Revisi	4 Agustus 2024	
17	Perbaikan 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, 17 Agustus 2024



Elfis Brita Goncalves Nheu  
NIM. 20.11.074

**Elfis Bria Goncalves Nheu<sup>1</sup>, I Komang Astana Widi<sup>2</sup>**  
Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Email : [elfisnheu09042000@gmail.com](mailto:elfisnheu09042000@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 1020 dan menggunakan dapur *fluidized bed furnace*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan media limbah pada proses karburasi terhadap karakteristik baja AISI 1020. Karakteristik yang diteliti meliputi kedalaman lapisan keras, 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 1020 dengan variasi laju aliran 40 cm<sup>3</sup>/min merupakan kondisi paling optimal untuk menghasilkan pengerasan permukaan baja AISI 1020. Tingkat ketebalan baja AISI 1020 dengan variasi 40 cm<sup>3</sup>/min ini menunjukkan konsentrasi karbon semakin merata antara permukaan dan bagian dalam baja AISI 1020. Kandungan karbon dan besi pada baja AISI 1020 dengan variasi 40 cm<sup>3</sup>/min peningkatan signifikan pada kandungan karbon sebesar 103,9% dan peningkatan kandungan besi sebesar 34,8% dari raw material.

**Kata Kunci : Baja AISI 1020, Carburizing, Limbah Kandungan Karbon**



**Elfis Bria Goncalves Nheu<sup>1</sup>, I Komang Astana Widi<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email : [elfisnheu09042000@gmail.com](mailto:elfisnheu09042000@gmail.com)

### **ABSTRACT**

Carburizing is a surface hardening process that involves heating metal (steel) above 850°C in an environment containing carbon. In this research, the carburizing media used were waste photocopy powder and coconut shell charcoal, with AISI 1020 steel as the material and a fluidized bed furnace as the equipment. The study aims to analyze the effect of using waste media in the carburizing process on the characteristics of AISI 1020 steel. The characteristics investigated include the depth of the hardened layer, the thickness of the carbon layer, and the carbon and iron content on the steel surface. The variation in gas flow rate is also considered in this research. The results of this study show that the use of waste media in the carburizing process increases the depth of the hardened surface layer of AISI 1020 steel, with a flow rate of 40 cm<sup>3</sup>/min being the most optimal condition for achieving surface hardening of AISI 1020 steel. The thickness of the AISI 1020 steel with a 40 cm<sup>3</sup>/min variation indicates that the carbon concentration is more evenly distributed between the surface and the inner part of the AISI 1020 steel. The carbon and iron content in AISI 1020 steel with a 40 cm<sup>3</sup>/min variation shows a significant increase in carbon content of 103.9% and an increase in iron content of 34.8% from the raw material.

**Keywords: AISI 1020 Steel, Carburizing, Carbon-containing Waste**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metodologi Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.2 Klasifikasi Baja .....	9
2.2.1 Jenis – jenis Baja.....	10
2.2.2 Pengaruh Unsur Paduan.....	11
2.3 Struktur Mikro Baja.....	13
2.4 Sifat Mekanis Baja .....	21
2.4.1 Kekerasan.....	21
2.4.2 Ketangguhan .....	23
2.4.3 Keuletan.....	24
2.4.4 Kelelahan ( <i>Fatigue</i> ).....	24
2.5 Baja AISI 1020 .....	25
2.6 Perlakuan Panas / <i>Heat Treatment</i> .....	25
2.7 Klasifikasi Proses <i>Heat Treatment</i> .....	27
2.7.1 <i>Thermal Treatment</i> .....	27
2.7.2 <i>Thermochemical Treatment</i> .....	29

2.8 Proses Perlakuan <i>Carburizing</i> .....	32
2.8.1 Macam-macam Proses Karburisasi.....	34
2.9 <i>Fluidized Bed Furnace</i> .....	35
2.9.1 Suplai Gas Dalam <i>Fluidized Bed Furnace</i> .....	36
2.9.2 Media Pemanasan <i>Fluidized Bed Furnace</i> .....	37
2.9.3 Karakteristik <i>Fluidized Bed Furnace</i> .....	37
2.9.4 Parameter <i>Fluidized Bed Furnace</i> .....	38
2.10 Waktu Penahanan ( <i>Holding Time</i> ) .....	39
2.11 <i>Quenching</i> .....	40
2.12 Limbah Serbuk <i>Fotocopy</i> .....	42
2.13 Arang Bathok Kelapa .....	43
2.14 Laju Aliran Gas dan Temperatur .....	44
2.15 Pengujian Yang Digunakan .....	45
2.15.1 Uji Kedalaman Pengerasan.....	45
2.15.2 Pengujian Struktur Mikro .....	47
2.15.3 Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy</i> .....	49
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>51</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	51
3.2 Penjelasan Diagram Alir.....	52
3.2.1 Studi Literatur .....	52
3.2.2 Persiapan Alat Dan Bahan .....	52
3.2.3 Penentuan Variabel Penelitian .....	59
3.2.4 Proses Pembuatan Sampel .....	59
3.2.5 <i>Carburizing</i> .....	61
3.2.6 Proses Pengujian Sampel .....	62
3.2.6 Kesimpulan .....	65
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>66</b>
4.1 Data Hasil Pengujian .....	66
4.1.1 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro .....	66
4.1.2 Data Hasil Pengujian Kedalaman Pengerasan .....	69
4.1.3 Data Hasil Pengujian SEM-EDX.....	70
4.2 Pengolahan Data dan Pembahasan .....	75
4.2.1 Pengolahan Data dan Pembahasan Pengujian Struktur Mikro .....	75
4.2.2 Pengolahan Data dan Pembahasan Pengujian Kedalaman Pengerasan.....	81
4.2.3 Pengolahan Data dan Pembahasan Pengujian SEM-EDX .....	85

<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>93</b>
5.1 Kesimpulan.....	93
5.2 Saran .....	93
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>94</b>
<b>LAMPIRAN – LAMPIRAN.....</b>	<b>99</b>
Lampiran 1. Biodata Penulis .....	99
Lampiran 2. Surat Keterangan Pembimbing .....	100
Lampiran 3. Surat Pengantar Data Hasil Pengujian .....	101
Lampiran 4. Data Hasil Pengujian.....	103

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram fasa Fe <sub>3</sub> C.....	13
Gambar 2. 2 Diagram <i>Time-Temperature-Transformations</i> .....	14
Gambar 2. 3 Transformasi fasa <i>austenite</i> menjadi <i>ferit</i> dan .....	15
Gambar 2. 4 Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i> .....	16
Gambar 2. 5 <i>Photomicrograph Austenite</i> .....	17
Gambar 2. 6 Batas ferit perbesaran 500x.....	18
Gambar 2. 7 Sementit perbesaran 1000x .....	19
Gambar 2. 8 <i>Microstructure of pearlite</i> perbesaran 2500x.....	19
Gambar 2. 9 Struktur mikro <i>martensit</i> .....	20
Gambar 2. 10 Struktur mikro bainit perbesaran perbesaran 500x .....	21
Gambar 2. 11 Pengujian <i>Rockwell</i> .....	22
Gambar 2. 12 Daerah Ketangguhan .....	23
Gambar 2. 13 Penentuan Tegangan Plastic Setelah Patah .....	24
Gambar 2. 14 Klasifikasi perlakuan panas.....	27
Gambar 2. 15 Proses Difusi Secara Interstisi Substitusi .....	32
Gambar 2. 16 Proses <i>Pack Carburizing</i> .....	33
Gambar 2. 17 Pengaruh Temperatur Pada Kedalaman Difusi Atom .....	34
Gambar 2. 18 Skema <i>fluidized bed furnace</i> .....	36
Gambar 2. 19 Ilustrasi Suplay Gas dalam <i>Fluidised Bed Furnace</i> .....	37
Gambar 2. 20 Diagram <i>Continous Cooling Transformation (CCT)</i> .....	40
Gambar 2. 21 Laju Pendinginan Media Pendingin .....	41
Gambar 2. 22 Grafik Pendinginan Langsung.....	41
Gambar 2. 23 Pendinginan Tunggal ( <i>Singel Quenching</i> ) .....	42
Gambar 2. 24 Limbah serbuk <i>fotocopy</i> .....	43
Gambar 2. 25 Arang Batok Kelapa.....	44
Gambar 2. 26 Grafik Temperatur terhadap aliran gas.....	45
Gambar 2. 27 Ilustrasi pengujian kekerasan <i>vickers</i> .....	46
Gambar 2. 28 Alat pengujian <i>vickers</i> .....	47
Gambar 2. 29 Alat pengujian SEM.....	50
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	51
Gambar 3. 2 <i>Fluidized bed furnace</i> .....	52
Gambar 3. 3 Seling.....	53

Gambar 3. 4 Mesh.....	54
Gambar 3. 5 Jangka Sorong .....	54
Gambar 3. 6 Timbangan Digital.....	55
Gambar 3. 7 Mesin Poles .....	55
Gambar 3. 8 Baja AISI 1020.....	56
Gambar 3. 9 Serbuk Fotocopy .....	57
Gambar 3. 10 Arang Batok Kelapa.....	57
Gambar 3. 11 Gas Propana.....	58
Gambar 3. 12 Gas Nitrogen .....	58
Gambar 3. 13 Spesimen Struktur Mikro .....	60
Gambar 3. 14 Spesimen Uji Mikro Vickers.....	60
Gambar 3. 15 Spesimen Uji SEM-EDX .....	61
Gambar 3. 17 Alat Uji Mikro Vickers .....	62
Gambar 3. 18 Alat Uji Struktur Mikro.....	64
Gambar 3. 19 Alat Uji SEM-EDX .....	65
Gambar 4. 1 Struktur Mikro Raw Material.....	66
Gambar 4. 2 Struktur mikro Laju aliran 20 cm <sup>3</sup> /min .....	67
Gambar 4. 3 Struktur mikro Laju aliran 40 cm <sup>3</sup> /min .....	68
Gambar 4. 4 Struktur mikro Laju aliran 60 cm <sup>3</sup> /min .....	69
Gambar 4. 5 SEM Raw Material dengan pembesar x500.....	71
Gambar 4. 6 SEM Laju Aliran 20 dengan pembesaran x500 .....	72
Gambar 4. 7 SEM Laju Aliran 40 dengan pembesaran x500 .....	73
Gambar 4. 8 SEM Laju Aliran 60 dengan pembesaran x500 .....	74
Gambar 4. 9 Struktur Mikro Raw Material.....	75
Gambar 4. 10 Struktur mikro Laju aliran 20 cm <sup>3</sup> /min .....	76
Gambar 4. 11 Struktur mikro laju alir 40 cm <sup>3</sup> /min .....	77
Gambar 4. 12 Struktur mikro laju alir 60 cm <sup>3</sup> /min .....	78
Gambar 4. 13 Grafik Ketebalan Lapisan Karbon.....	79
Gambar 4. 14 Grafik Kedalaman Pengerasan Raw Material .....	82
Gambar 4. 15 Grafik Kedalaman Pengerasan Laju aliran 20 cm <sup>3</sup> /min.....	82
Gambar 4. 16 Grafik Kedalaman Pengerasan Laju aliran 40 cm <sup>3</sup> /min.....	83
Gambar 4. 17 Grafik Kedalaman Pengerasan Laju aliran 60 cm <sup>3</sup> /min.....	83
Gambar 4. 18 Grafik Hasil Uji Kedalaman Pengerasan .....	84

Gambar 4. 19 SEM Raw Material dengan pembesar x500.....	86
Gambar 4. 20 SEM Laju Aliran 20 dengan pembesaran x500 .....	87
Gambar 4. 21 SEM Laju Aliran 40 dengan pembesaran x500 .....	88
Gambar 4. 22 SEM Laju Aliran 60 dengan pembesaran x500 .....	90
Gambar 4. 23 Persentase Kadar Karbon Baja AISI 1020 .....	91

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Hardness Table</i> .....	23
Tabel 2. 2 Unsur Kimia AISI 1020 .....	25
Tabel 2. 3 Prinsip utama dari perlakuan panas termokimia.....	29
Tabel 4. 1 Data Hasil Ketebalan Lapisan Tanpa Perlakuan (Raw Material) .....	67
Tabel 4. 2 Data Hasil Ketebalan Lapisan Variasi Laju Aliran 20 cm <sup>3</sup> /min.....	67
Tabel 4. 3 Data Hasil Ketebalan Lapisan Variasi Laju Aliran 40 cm <sup>3</sup> /min.....	68
Tabel 4. 4 Data Hasil Ketebalan Lapisan Variasi Laju Aliran 60 cm <sup>3</sup> /min.....	69
Tabel 4. 5 Data Hasil Uji Kedalaman Pengerasan Spesimen Baja AISI 1020 .....	70
Tabel 4. 6 Kandungan komposisi Raw material .....	71
Tabel 4. 7 Kandungan komposisi laju alir 20 cm <sup>3</sup> /min.....	72
Tabel 4. 8 Kandungan komposisi laju alir 40 cm <sup>3</sup> /min.....	73
Tabel 4. 9 Kandungan komposisi laju alir 20 cm <sup>3</sup> /min.....	74
Tabel 4. 10 Data Hasil Ketebalan Lapisan Tanpa Perlakuan (Raw Material) .....	75
Tabel 4. 11 Data Hasil Ketebalan Lapisan 0 Variasi Laju Aliran 20 Cm <sup>3</sup> /min .....	76
Tabel 4. 12 Data Hasil Ketebalan Lapisan Variasi Laju Aliran 40 Cm <sup>3</sup> /min .....	78
Tabel 4. 13 Data Hasil Ketebalan Variasi Laju Aliran 60 Cm <sup>3</sup> /min.....	79
Tabel 4. 14 Data Hasil Uji Kedalaman Pengerasan Spesimen.....	81
Tabel 4. 15 Kandungan komposisi Raw material .....	86
Tabel 4. 16 Kandungan komposisi laju alir 20 cm <sup>3</sup> /min.....	87
Tabel 4. 17 Kandungan komposisi laju alir 40 cm <sup>3</sup> /min.....	89
Tabel 4. 18 Kandungan komposisi laju alir 60 cm <sup>3</sup> /min.....	90