

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU *HEATED-CHAMBER*
PADA PROSES 3D *PRINTING* TERHADAP KEKUATAN
TARIK MATERIAL *POLYLACTIC ACID* (PLA)**



DIMAS SETYA NUGRAHA

1502620059

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2024

Analisis Pengaruh Variasi Suhu *Heated-Chamber* Pada Proses *3D Printing* Terhadap Kekuatan Tarik Material *Polylactic Acid* (PLA)

Dimas Setya Nugraha

Dosen pembimbing 1: Ahmad Kholil, S.T., M.T., Dosen pembimbing 2: Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu *heated chamber* pada proses pencetakan 3D terhadap kekuatan tarik material *polylactic acid* (PLA), serta menentukan suhu optimal *heated chamber* yang dapat meningkatkan kekuatan tarik. Metodologi penelitian ini melibatkan pencetakan spesimen PLA menggunakan mesin *3D printing* yang dimodifikasi dengan penambahan pemanas ruang. Kemudian pada ruang utama printer dikondisikan dengan menerapkan beberapa variasi *temperature* yaitu 40°C, 55°C, 60°C, dan tanpa *heater*. Setiap spesimen dilakukan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik yang terkalibrasi untuk mengukur gaya maksimum, tegangan maksimum, dan regangan. Hasil pengujian menunjukkan nilai gaya maksimum pada setiap variasi yaitu pada suhu 40°C sebesar 0,66 kN, suhu 55°C sebesar 0,58 kN, suhu 60°C sebesar 0,85 kN dan pada suhu non heater sebesar 0,75 kN. Untuk Nilai Tegangan maksimum pada setiap variasi yaitu pada suhu 40°C sebesar 13,75 MPa, suhu 55°C sebesar 12,75 MPa, suhu 60°C sebesar 17,29 MPa, dan pada suhu non heater sebesar 15,69 MPa. Serta untuk nilai regangan pada setiap variasi yaitu pada suhu 40°C sebesar 20,95%, suhu 55°C sebesar 24,13%, suhu 60°C sebesar 27,72% dan pada suhu non heater sebesar 33,53%. Dari hasil pengujian maka nilai gaya maksimum dan tegangan maksimum tertinggi berada pada variasi suhu 60°C yaitu sebesar 0,85 kN dan 17,29 MPa. Serta nilai regangan maksimum tertinggi ada pada variasi suhu ruang tanpa menggunakan heater yaitu sebesar 33,53%. Dari hasil nilai tersebut maka dapat disimpulkan bahwa suhu dalam ruang pemanas memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik material PLA.

Kata Kunci : pencetakan 3D, PLA, Uji Struktur micro, Uji Tarik

Analysis of the Effect of Heated-Chamber Temperature Variations in the 3D Printing Process on the Tensile Strength of Polylactic Acid (PLA) Material

Dimas Setya Nugraha

Supervisor 1: Ahmad Kholil, S.T., M.T., Supervisor 2: Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of heated chamber temperature variations in the 3D printing process on the tensile strength of polylactic acid (PLA) material, as well as determine the optimal heated chamber temperature that can increase tensile strength. This research methodology involves printing PLA specimens using a modified 3D printing machine with the addition of a heated chamber. Then, the main chamber of the printer was conditioned by applying several temperature variations, namely 40°C, 55°C, 60°C, and without heater. Each specimen was tensile tested using a calibrated tensile testing machine to measure maximum force, maximum stress, and strain. The test results show the maximum force value in each variation, namely at a temperature of 40 ° C of 0.66 kN, a temperature of 55 ° C of 0.58 kN, a temperature of 60 ° C of 0.85 kN and at a non-heater temperature of 0.75 kN. For the maximum stress value in each variation, namely at a temperature of 40 ° C of 13.75 MPa, a temperature of 55 ° C of 12.75 MPa, a temperature of 60 ° C of 17.29 MPa, and at a non-heater temperature of 15.69 MPa. As well as for the strain value in each variation, namely at a temperature of 40 ° C by 20.95%, a temperature of 55 ° C by 24.13%, a temperature of 60 ° C by 27.72% and at a non-heater temperature of 33.53%. From the test results, the maximum force value and the highest maximum stress are in the 60 ° C temperature variation, which is 0.85 kN and 17.29 MPa. And the highest maximum strain value is in the room temperature variation without using a heater, which is 33.53%. From the results of these values, it can be concluded that the temperature in the heating chamber has a significant influence on the tensile strength of PLA materials.

Keywords: 3D printing, PLA, microstructure test, tensile test

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Analisis Pengaruh Variasi Suhu *Heated-Chamber* Pada Proses *3D Printing*
Terhadap Kekuatan Tarik Material *Polylactic Acid* (PLA)

Penyusun : Dimas Setya Nugraha

NIM : 1502620059

Disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP. 197908312005011001



Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.
NIP. 198310132008121002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Drs. Sopiyan, M.Pd.
NIP. 196412231999031002

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Analisis Pengaruh Variasi Suhu Heated-Chamber Pada Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Material Polylactic Acid (PLA)

Penyusun : Dimas Setya Nugraha

NIM : 1502620059

Tanggal Ujian : 4 Juli 2024

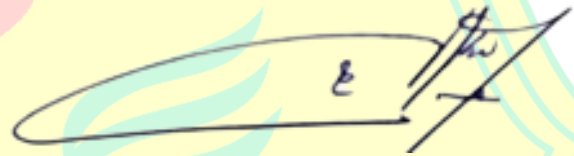
Disetujui oleh :

Pembimbing I



Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP. 197908312005011001

Pembimbing II



Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.
NIP. 198310132008121002

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji



Dra. Ratu Amilia Avianti, M.Pd.
NIP. 196506161990032001

Sekretaris



Dr. Imam Mahir, S.Pd., M.Pd.
NIP. 198404182009121001

Dosen Ahli



Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T.
NIP. 197812122006042002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Drs. Sopiyan, M.Pd.
NIP. 196412231999031002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta. sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi

Jakarta, 4 Juli 2024
Yang membuat pernyataan



Dimas Setya Nugraha
1502620059



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Dimas Setya Nugraha
NIM : 1902620099
Fakultas/Prodi : Teknik / Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : dimas.setyan321@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Pengaruh Variasi Suhu Heated Chamber Pada Proses 3D Printing terhadap kekuatan tarik material Polylactic Acid (PLA)

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 24 Juli 2024

Penulis

(Dimas Setya Nugraha)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Skripsi ini berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Suhu Heated-Chamber Pada Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Material Polylactic Acid (PLA)”.

Saya menyadari bahwa keberhasilan penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, saya ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Sopiyan, M.Pd selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Dosen-dosen Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh Pendidikan S1.
4. Para Staff dan Karyawan Jurusan Pendidikan Teknik Mesin yang telah banyak membantu saya dalam melaksanakan skripsi ini.
5. Kepada Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah membantu penulis dalam melakukan pengujian spesimen untuk skripsi ini.
6. Orang tua saya yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan materiil yang tiada henti.
7. Teruntuk Sahabat Saya Ahmad Danish Azka, Kharisma Handayani, dan Teman-teman di jurusan Pendidikan Teknik Mesin, khususnya angkatan 2020, yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Serta Semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan, baik langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Saya menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, saya dengan lapang dada menerima segala kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Jakarta, 4 Juli 2024



Dimas Setya Nugraha



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Rumusan masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Rapid Prototyping</i>	4
2.2 <i>Fused Deposition Modelling</i>	7
2.3 <i>3D Printing (Ender 5 Plus)</i>	7
2.4 <i>Filament PLA (Polyactid Acid Plus)</i>	9
2.5 Perpindahan Panas.....	10

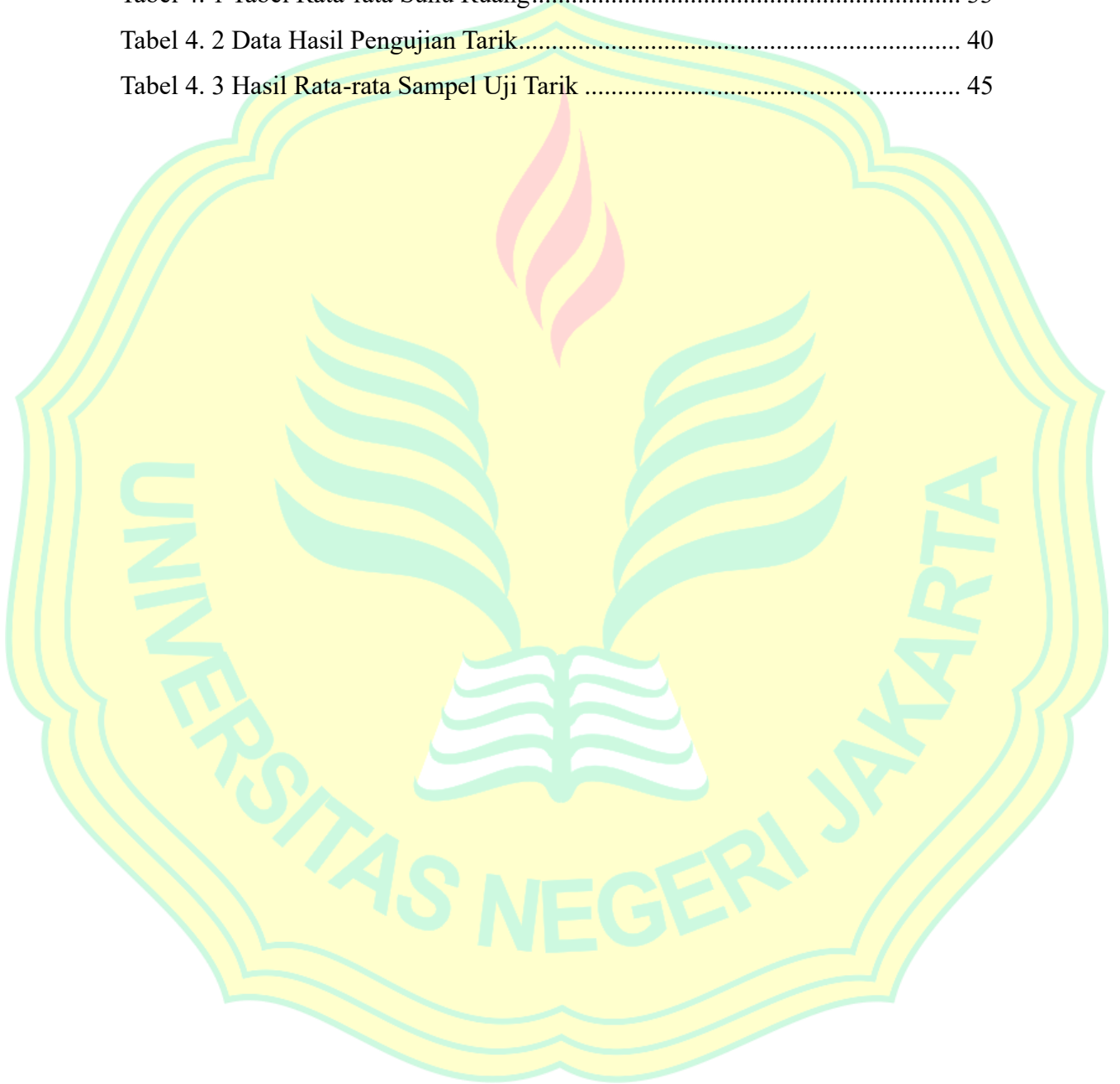
2.6	Rekayasa Termal.....	13
2.7	<i>Heated-Chamber</i>	15
2.8	Uji Tarik.....	15
2.9	Penelitian Relevan.....	18
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2	Tempat Penelitian	19
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	19
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	20
3.5	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	21
3.5.1	Studi Pustaka.....	21
3.5.2	Desain Objek 3D <i>Printing</i>	21
3.5.3	Persiapan Pencetakan.....	22
3.5.4	Pencetakan dan Parameter	23
3.5.5	Pengamatan Struktur <i>Micro</i>	26
3.5.6	Pengujian Tarik	27
BAB IV HASIL PENELITIAN		28
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian	28
4.1.1	Proses Pencetakan spesimen dengan heated Chamber	28
4.1.2	Hasil Pencetakan Spesimen	33
4.2	Analisis Data Penelitian.....	36
4.2.1	Analisis Struktur <i>Micro</i>	36
4.2.2	Analisis Proses Pengujian Tarik.....	38
4.3	Pembahasan	41
4.3.1	Hasil Analisis Struktur <i>Micro</i>	41
4.3.2	Hasil Analisis Uji Tarik.....	44

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian	47
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Filamen	10
Tabel 4. 1 Tabel Rata-rata Suhu Ruang.....	33
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Tarik.....	40
Tabel 4. 3 Hasil Rata-rata Sampel Uji Tarik	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Ilustrasi Stereo Lithography (SLA)</i>	4
Gambar 2. 2 <i>Ilustrasi Laminated Object Manufacture (LOM)</i>	5
Gambar 2. 3 <i>Ilustrasi Selective Laser Sintering (SLS)</i>	5
Gambar 2. 4 <i>Ilustrasi Solid Ground Curing (SGC)</i>	6
Gambar 2. 5 <i>Ilustrasi Fused Deposition Modeling (FDM)</i>	6
Gambar 2. 6 <i>3D Printing Ender 5 Plus</i>	8
Gambar 2. 7 <i>Filamen PLA</i>	9
Gambar 3. 1 <i>Diagram Alir Penelitian</i>	20
Gambar 3. 2 <i>Heated Chamber</i>	22
Gambar 3. 3 <i>Tampilan Ultimaker Cura</i>	24
Gambar 3. 4 <i>Setting Quality</i>	24
Gambar 3. 5 <i>Setting Infill</i>	25
Gambar 3. 6 <i>Setting Material</i>	25
Gambar 3. 7 <i>Setting Speed</i>	26
Gambar 3. 8 <i>Setting Build Plate Adhesion</i>	26
Gambar 4. 1 <i>Desain dan Ukuran Spesimen</i>	29
Gambar 4. 2 <i>Posisi Titik Termocouple dan heater</i>	30
Gambar 4. 3 <i>Grafik suhu ruang variasi Non Heater</i>	31
Gambar 4. 4 <i>Grafik Suhu ruang variasi 40°C</i>	31
Gambar 4. 5 <i>Grafik Suhu ruang variasi 55°C</i>	32
Gambar 4. 6 <i>Grafik Suhu ruang variasi 60°C</i>	32
Gambar 4. 7 <i>Gambar Hasil Spesimen Non Heater</i>	34
Gambar 4. 8 <i>Hasil Spesimen Suhu 40°C</i>	34
Gambar 4. 9 <i>Hasil Spesimen Suhu 55°C</i>	35
Gambar 4. 10 <i>Hasil Spesimen Suhu 60°C</i>	35
Gambar 4. 11 <i>Struktur Micro Sampel Non Heater</i>	36
Gambar 4. 12 <i>Struktur Micro Sampel Suhu 40°C</i>	37
Gambar 4. 13 <i>Struktur Micro Sampel Suhu 55°C</i>	37
Gambar 4. 14 <i>Struktur Micro Sampel Suhu 60°C</i>	38
Gambar 4. 15 <i>Hasil Patahan Sampel Non Heater</i>	39

Gambar 4. 16 Hasil Patahan Sampel Suhu 40°C	39
Gambar 4. 17 Hasil Patahan Sampel Suhu 55°C	39
Gambar 4. 18 Hasil Patahan Sampel Suhu 60°C	40
Gambar 4. 19 Gcode Start Pencetakan Spesimen.....	40
Gambar 4. 20 Analisis Kehalusan.....	42
Gambar 4. 21 Analisis Ukuran Layer.....	43
Gambar 4. 22 Analisis Void.....	44
Gambar 4. 23 Grafik Gaya Maks (kN).....	45
Gambar 4. 24 Grafik Tegangan Maks (MPa).....	46
Gambar 4. 25 Grafik Regangan (%)	46
Gambar 4. 26 Grafik Tegangan Regangan.....	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi (Foto) produk yang dihasilkan	51
Lampiran 2 Gambar Teknik	53
Lampiran 3 Data-Data Pengujian Tekan	54
Lampiran 4 Data-Data Temperatur suhu ruang	60
Lampiran 5 Data data pendukung lain yang berkaitan	62

