



**ANALISIS KEKUATAN *BENDING* MATERIAL
ABS (*ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE*)
PRODUK 3D *PRINTING***

SKRIPSI

ASHARI RAMADHAN

2010311047

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2024



**ANALISIS KEKUATAN *BENDING* MATERIAL
ABS (*ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE*)
PRODUK 3D *PRINTING***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

ASHARI RAMADHAN

2010311047

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
2024**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI


Skripsi diajukan oleh:

Nama : Ashari Ramadhan
NIM : 2010311047
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS KEKUATAN *BENDING* MATERIAL
ABS (*ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE*)
PRODUK 3D *PRINTING*


Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.


(Budhi Martana, S.T., M.M.)

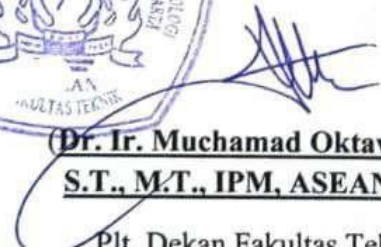
Penguji Utama


**(Dr. Damora Rhakasywi,
S.T., M.T.)**

Penguji Lembaga


(Ir. Sugeng Prayitno, M. T.)

Penguji III (Pembimbing)


**(Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng)**

Plt. Dekan Fakultas Teknik


(Ir. Fahrudin S.T., M.T.)

Ka.Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 9 Januari 2024

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Ashari Ramadhan

NIM : 2010311047

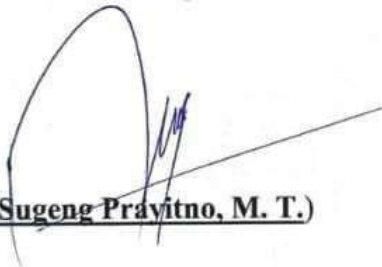
Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Judul Skripsi : ANALISIS KEKUATAN *BENDING* MATERIAL
ABS (*ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE*)
PRODUK 3D *PRINTING*

Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis atas arahan dari dosen pembimbing.

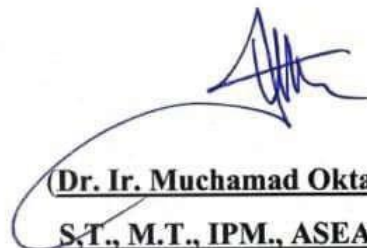
Menyetujui,

Pembimbing 1



(Ir. Sugeng Prayitno, M. T.)

Pembimbing 2



(Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng)

Jakarta, 17 Januari 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin



(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ashari Ramadhan

NIM : 2010311047

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksamaan dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 17 Januari 2024

Yang Menyatakan,



1000
REPUBLIK INDONESIA
METERAI
TEMPEL
BB5ALX073466173

(Ashari Ramadhan)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ashari Ramadhan
NIM : 2010311047
Fakultas : Teknik
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi

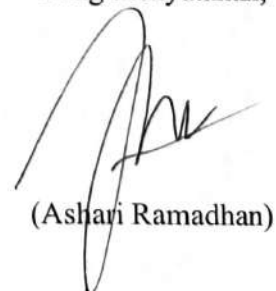
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas Skripsi saya yang berjudul:

“ANALISIS KEKUATAN *BENDING* MATERIAL ABS (*ACRYLONITRILE
BUTADIENE STYRENE*) PRODUK 3D PRINTING”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 17 Januari 2024

Yang menyatakan,


(Ashari Ramadhan)

**ANALISIS KEKUATAN *BENDING* MATERIAL
ABS (*ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE*)
PRODUK *3D PRINTING***

Ashari Ramadhan

ABSTRAK

3D Printing adalah teknologi pencetakan di era digital yang modern. Dalam dunia industri teknologi ini disebut juga sebagai teknologi *rapid prototyping*. *Rapid prototyping* adalah teknologi yang menggabungkan antara teknologi yang modern, contohnya adalah pada saat ingin melaksanakan proses manufaktur diperlukan *drafter*, dan *drafter* membutuhkan *software design* berbasis CAD/CAE. Material ABS adalah material yang paling umum digunakan. Selain harganya yang murah, material ini bersifat kuat dan dapat didaur ulang. *Acrylonitrile butadiene styrene* adalah filamen yang banyak digunakan pada *3D printing*. Namun, paling lazim digunakan untuk pencetakan injeksi maupun ekstrusi. Proses penelitian ini menggunakan material ABS pada hasil cetak tiga dimensi. Adapun skenario parameternya yaitu *nozzle temperature*, *nozzle diameter*, dan *nozzle speed*. Pemodelan spesimen menggunakan bantuan *software fusion 360* sesuai standarisasi ASTM D955 untuk digunakan pada proses pengujian 3 titik *bending*. Hasil pengujian spesimen diperoleh bahwa parameter pada *3D printing* sangat penting khususnya penggunaan parameter *nozzle*. Hasil penelitian ini memberikan data bahwa parameter *3D printing* berpengaruh terhadap nilai yang berbeda setiap spesimen, seperti lebar, tinggi, panjang *span*, *maximum load*, kekuatan *bending*. Hasil pengujian data kekuatan *bending* sebesar 51.4 Mpa hingga 79.4 Mpa, dan data modulus elastisitas *bending* sebesar 1549.7 Mpa hingga 3311 Mpa. Material ABS memiliki ketangguhan yang bagus, dikarenakan untuk mencapai patahan pada material tersebut membutuhkan nilai tegangan patah hampir sebesar 80 Mpa. Variasi parameter *nozzle* yang baik dari nilai rata – rata, yaitu (temperature 235°C, diameter 0,6 mm, speed 30 mm/s).

Kata Kunci: *3D printing*, ASTM D955, uji *bending*, ABS

**ANALYSIS OF THE BENDING STRENGTH OF ABS
(ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE) MATERIAL
3D PRINTING PRODUCT**

Ashari Ramadhan

ABSTRACT

3D printing is a printing technology in the modern digital age. In the industrial world, this technology is also referred to as rapid prototyping technology. Rapid prototyping is a technology that combines modern technology, for example, when you want to carry out the manufacturing process, a drafter is needed, and a drafter needs a CAD / CAE-based design software. ABS material is the most commonly used material. In addition to its low price, this material is strong and and recyclable. Acrylonitrile butadiene styrene is a filament widely used in 3D printing. However, it is most commonly used for injection molding and extrusion. This research process uses ABS material on three-dimensional prints. The parameter scenarios are nozzle speed, nozzle temperature, and nozzle diameter. Specimen modeling using the help of fusion 360 software according to ASTM D955 standardization for use in the 3-point bending testing process. The specimen test results obtained that the parameters in 3D printing are very important, especially the use of nozzle parameters. The results of this study provide data that 3D printing parameters affect different values for each specimen, such as width, height, span length, maximum load, bending strength. The results of testing bending strength data of 51.4 Mpa to 79.4 Mpa, and bending elasticity modulus data of 1549.7 Mpa to 3311 Mpa. ABS material has good toughness, because to achieve fractures in the material requires a fracture stress value of almost 80 Mpa. Good nozzle parameter variation from average values, namely (temperature 235 °C, diameter 0.6 mm, speed 30 mm / s).

Keywords: *3D printing, ASTM D955, bending test, ABS*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “ANALISIS KEKUATAN *BENDING* MATERIAL ABS (*ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE*) PRODUK 3D *PRINTING*” dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Dalam penyelesaiannya, penulis menyadari bahwa Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dengan bantuan berupa materi, informasi, bimbingan, serta dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung dan tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan kelancaran dalam penyusunan Skripsi ini.
2. Keluarga penulis, Papaku Orsiba Pasla, Mamaku Ibu Mili Aslamia, dan kakakku Annisa Ramadhani yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan kepada penulis.
3. Kekasihku Nurul Aulia yang selalu menemani dan memberikan dukungan sejak SMA hingga sekarang.
4. Seluruh keluarga penulis yang memberikan bantuan dan informasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Sugeng Prayitno, M. T. dan Bapak Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran, dan mengoreksi kekurangan.
6. Bapak Fahrudin, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan skripsi.

7. Seluruh jajaran dosen maupun staf di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah membantu semua proses awal hingga akhir.
8. Alby Maska, S.T. selaku abang tingkat Teknik Mesin 2018 yang telah membantu saya merekomendasi pencetakan 3D, dan memberikan saran.
9. Eriel Yusran, Muhammad Destri Mardhani, Muhammad Zuhri Alfaridz selaku teman seperjuangan skripsi angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan semangat.
10. Optimis 2020 selaku teman angkatan Teknik Mesin UPNVJ 2020 yang telah memberikan dukungan selama penulisan skripsi ini.
11. Optimis 2019 selaku abang tingkat Teknik Mesin UPNVJ 2019 yang telah memberikan bantuan selama proses penginputan nilai.
12. Optimis 2020 selaku abang tingkat Teknik Mesin UPNVJ 2018 yang telah memberikan ide, saran, dan dukungan selama penulisan skripsi ini.

Penulisan laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Masih terdapat kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca agar laporan ini dapat menjadi lebih baik lagi.

Jakarta, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PERNYATAAN PERSTUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. 3D Printing.....	6
2.1.1. Controller Board.....	6
2.1.2. Filamen.....	7
2.1.3. Frame	7

2.1.4.	Komponen Penggerak	7
2.1.5.	PSU (<i>Power Supply Unit</i>)	8
2.1.6.	<i>Print Bed</i>	8
2.1.7.	<i>Print Bed Surface</i>	8
2.1.8.	<i>Print Head</i>	8
2.2.	<i>Fused Deposition Modeling (FDM)</i>	9
2.3.	Kekuatan Produk	10
2.4.	Filamen <i>Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)</i>	11
2.5.	Parameter Mesin <i>3D Printing</i>	13
2.5.1.	<i>Bed Temperature</i>	13
2.5.2.	<i>Layer Height</i>	13
2.5.3.	<i>Brim Width</i>	13
2.5.4.	Perimeter	13
2.5.5.	<i>Nozzle Temperature</i>	14
2.5.6.	<i>Extrusion Width</i>	14
2.5.7.	<i>Infill Density</i>	14
2.5.8.	<i>Infill Patern</i>	14
2.5.9	<i>Nozzle Diameter.</i>	14
2.5.10.	<i>Nozzle Speed</i>	15
2.6.	G – <i>Code 3D Printing</i>	15
2.7.	Mekanisme Proses Mesin <i>3D Printing</i>	16
2.7.1.	Modelling Objek 3D	16
2.7.2.	Proses Pencetakan	16
2.7.3.	Proses <i>Finishing</i>	16
2.8.	Pengujian <i>Bending</i>	16
2.9.	Penelitian Terdahulu.....	18

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2. Diagram Alir.....	21
3.3. Prosedur Penelitian.....	22
3.4. Persiapan Proses Penelitian	22
3.5. Penentuan Parameter	24
3.6. Desain Produk Uji	24
3.7. Proses <i>Slicing</i> Data CAD	24
3.8. Pencetakan Produk Uji	25
3.9. Proses Uji <i>Bending</i>	25
3.10. Pengumpulan dan Pengolahan Data	25
3.11. Analisis Data.....	25
3.12. Kesimpulan	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Persiapan Spesimen	26
4.1.1. Pemodelan Spesimen	26
4.1.2. <i>Slicing</i> Data	27
4.1.2.1. Analisis Skenario Parameter	27
4.1.2.2. Proses <i>Slicing</i> Data.....	29
4.1.3. Proses Pencetakan Spesimen.....	31
4.2. Pengujian <i>Bending</i>	32
4.3. Hasil Pengujian <i>Bending</i>	34
4.3.1. Data Pengujian <i>Bending</i> dengan Parameter <i>Nozzle</i> Variasi <i>Temperature</i> 235°C Terhadap 3 Level Diameter dan 3 Level <i>Speed</i>	37
4.3.2. Data Pengujian <i>Bending</i> dengan Parameter <i>Nozzle</i> Variasi <i>Temperature</i> 240°C Terhadap 3 Level Diameter dan 3 Level <i>Speed</i>	38

4.3.3.	Data Pengujian <i>Bending</i> dengan Parameter <i>Nozzle</i> Variasi <i>Temperature</i> 245°C Terhadap 3 Level Diameter dan 3 Level <i>Speed</i>	39
4.4.	Analisis Hasil Pengujian <i>Bending</i>	40
4.4.1.	Analisis Hasil Pengujian Beban Maksimal <i>Bending</i>	41
4.4.1.1.	Beban Maksimal Variasi <i>Temperature Nozzle</i>	41
4.4.1.2.	Beban Maksimal Variasi Diameter <i>Nozzle</i>	42
4.4.1.3.	Beban Maksimal Variasi <i>Speed Nozzle</i>	43
4.4.2.	Analisis Hasil Pengujian Kekuatan <i>Bending</i>	44
4.4.2.1.	Kekuatan <i>Bending</i> Variasi <i>Temperature Nozzle</i>	45
4.4.2.2.	Kekuatan <i>Bending</i> Variasi Diameter <i>Nozzle</i>	46
4.4.2.3.	Kekuatan <i>Bending</i> Variasi <i>Speed Nozzle</i>	47
4.4.3.	Analisis Hasil Pengujian Modulus Elastisitas <i>Bending</i>	48
4.4.3.1.	Modulus Elastisitas <i>Bending</i> Variasi <i>Temperature Nozzle</i> ...	49
4.4.3.2.	Modulus Elastisitas <i>Bending</i> Variasi Diameter <i>Nozzle</i>	50
4.4.3.3.	Modulus Elastisitas <i>Bending</i> Variasi <i>Speed Nozzle</i>	52
4.5.	Pembahasan	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1.	Kesimpulan.....	55
5.2.	Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properti Material ABS	12
Tabel 4.1 Skema Parameter <i>Temperature Nozzle</i> 235°C.....	27
Tabel 4.2 Skema Parameter <i>Temperature Nozzle</i> 240°C.....	28
Tabel 4.3 Skema Parameter <i>Temperature Nozzle</i> 245°C.....	29
Tabel 4.4 Data Pengujian Berat Awal dan Akhir Tiap Spesimen.....	35
Tabel 4.5 Data Pengujian <i>Temperature Nozzle</i> 235°C Terhadap 3 Level Diameter <i>Nozzle</i> dan 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	37
Tabel 4.6 Data Pengujian <i>Temperature Nozzle</i> 240°C Terhadap 3 Level Diameter <i>Nozzle</i> dan 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	38
Tabel 4.7 Data Pengujian <i>Temperature Nozzle</i> 245°C Terhadap 3 Level Diameter <i>Nozzle</i> dan 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	39
Tabel 4.8 Data Pengujian Beban Maksimal <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level <i>Temperature Nozzle</i>	41
Tabel 4.9 Data Pengujian Beban Maksimal <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level Diameter <i>Nozzle</i>	42
Tabel 4.10 Data Pengujian Beban Maksimal <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	43
Tabel 4.11 Data Pengujian Kekuatan <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level <i>Temperature Nozzle</i>	45
Tabel 4.12 Data Pengujian Kekuatan <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level Diameter <i>Nozzle</i>	46
Tabel 4.13 Data Pengujian Kekuatan <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	47
Tabel 4.14 Data Pengujian Modulus Elastisitas <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level <i>Temperature Nozzle</i>	49
Tabel 4.15 Data Pengujian Modulus Elastisitas <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level Diameter <i>Nozzle</i>	50
Tabel 4.16 Data Pengujian Modulus Elastisitas <i>Bending</i> Variasi Parameter 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	52
Tabel 4.17 Sifat Karakteristik Material ABS.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Fused Deposition Modeling</i>	10
Gambar 2.2 Struktur ABS	12
Gambar 2.3 Skema Pengujian <i>Bending</i>	17
Gambar 2.4 Ukuran Spesimen Standar ASTM D955.....	18
Gambar 2.5 Grafik <i>Trendline</i> Kekuatan <i>Bending</i>	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Mesin 3D <i>Printing</i> Ender-3	22
Gambar 3.3 Material ABS.....	23
Gambar 3.4 Mesin <i>Bending</i> Tensilon RTF-2410.....	23
Gambar 3.5 Jangka Sorong.	23
Gambar 3.6 Timbangan Digital.....	24
Gambar 3.7 Diameter <i>Nozzle</i>	24
Gambar 4.1 Pembuatan Model Standar ASTM D955	26
Gambar 4.2 Pemilihan Material Ultimaker 5.6.0.....	30
Gambar 4.3 Pemilihan <i>Temperature Nozzle</i> Ultimaker 5.6.0.....	30
Gambar 4.4 Pemilihan <i>Speed Nozzle</i> Ultimaker 5.6.0	30
Gambar 4.5 Pemilihan Diameter <i>Nozzle</i> Ultimaker 5.6.0	31
Gambar 4.6 Proses <i>Slicing</i> Spesimen	31
Gambar 4.7 Proses Pencetakan Spesimen.....	32
Gambar 4.8 Hasil Pencetakan Spesimen.....	32
Gambar 4.9 Proses Pengukuran Berat Awal Spesimen	33
Gambar 4.10 Proses Pengukuran Lebar dan Tinggi Spesimen	33
Gambar 4.11 Pelaksanaan Pengujian <i>Bending</i>	33
Gambar 4.12 Spesimen yang Telah Diuji <i>Bending</i>	34
Gambar 4.13 Proses Pengukuran Berat Akhir Spesimen.....	34
Gambar 4.14 Grafik Berat Awal dan Akhir Spesimen.....	36

Gambar 4.15 Aturan Menentukan Panjang <i>Span</i> Uji <i>Bending</i>	39
Gambar 4.16 Grafik Rata - Rata Beban Maksimal <i>Bending</i> 3 Level <i>Temperature Nozzle</i>	41
Gambar 4.17 Grafik Rata - Rata Beban Maksimal <i>Bending</i> 3 Level Diameter <i>Nozzle</i>	42
Gambar 4.18 Grafik Rata - Rata Beban Maksimal <i>Bending</i> 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	43
Gambar 4.19 Grafik Rata - Rata Kekuatan <i>Bending</i> 3 Level <i>Temperature Nozzle</i>	45
Gambar 4.20 Grafik Rata – Rata Kekuatan <i>Bending</i> 3 Level Diameter <i>Nozzle</i>	46
Gambar 4.21 Grafik Rata - Rata Kekuatan <i>Bending</i> 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	48
Gambar 4.22 Grafik Rata - Rata Modulus Elastisitas <i>Bending</i> 3 Level <i>Temperature Nozzle</i>	50
Gambar 4.23 Grafik Rata - Rata Beban Maksimal <i>Bending</i> 3 Level Diameter <i>Nozzle</i>	51
Gambar 4.24 Grafik Rata - Rata Beban Maksimal <i>Bending</i> 3 Level <i>Speed Nozzle</i>	52
Gambar 4.25 Spesimen B7.....	53
Gambar 4.26 Spesimen B20.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengujian *Bending*

Lampiran 2 Pembuatan Model Spesimen

Lampiran 3 Proses *Slicing* Data

Lampiran 4 Pencetakan Spesimen

Lampiran 5 Pengukuran Berat Awal

Lampiran 6 Pengukuran Berat Akhir Spesimen

Lampiran 7 Pengukuran *Width* , dan *Height* Spesimen

Lampiran 8 Pengujian *Bending*