

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
INTISARI	xx
ABSTRACT	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Sifat-Sifat Berbagai Macam Polimer yang Diolah dengan Metode <i>3D Printing</i> FDM	4
2.2. Perubahan Sifat Mekanis dari Komposit Akibat Bahan Penguat	6
2.3. Penelitian Penggunaan Filamen Komposit dengan Bahan Penguat NCC dalam FDM	8
BAB III DASAR TEORI	11
3.1. Selulosa	11
3.2. Nanoselulosa	11
3.2.1. Kategori Nanoselulosa	12
3.3. Asam Laktat	14
3.4. PLA	15
3.4.1. Sifat-sifat PLA.....	15



3.5. Komposit	16
3.5.1. Klasifikasi Komposit.....	19
3.5.2. Nanokomposit	22
3.5.3. Sifat-sifat Nanokomposit.....	23
3.5.4. Metode Pembuatan Komposit berbentuk Filamen	23
3.6. <i>3D Printing</i>	25
3.6.1. <i>Fused Deposition Modelling</i>	25
3.7. Karakterisasi Filamen Komposit	26
3.7.1. Pengujian Tarik	27
3.7.2. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	28
3.7.3. Pengujian Penyerapan Air	30
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	32
4.1. Bahan Penelitian.....	32
4.2. Alat Penelitian	32
4.3. Diagram Alir Penelitian.....	36
4.4. Komposisi Bahan Penelitian.....	37
4.5. Proses Persiapan PLA.....	37
4.6. Proses Persiapan Serbuk NCC.....	37
4.7. Langkah Pembuatan Filamen Komposit PLA/NCC	37
4.8. Karakterisasi Filamen Komposit PLA/NCC	38
4.8.1. Pengukuran diameter filamen	39
4.8.2. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	39
4.8.3. Pengujian Tarik	39
4.8.4. Pengujian Penyerapan Air.....	39
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1. Pengukuran Diameter Filamen Komposit	40
5.2. Sifat Tarik Filamen Komposit.....	41
5.3. Analisis FTIR	45
5.4. Analisis Hasil Uji Serap Air.....	47
BAB VI PENUTUP	48
6.1. Kesimpulan.....	48
6.2. Saran.....	48



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

**Pengaruh Penambahan NCC (Nanocrystalline Cellulose) Rami terhadap Sifat Tarik Filamen
Komposit
PLA/NCC**

ALI, Ir. Herianto, ST., M.Eng., Ph.D., IPM.

Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pola hasil pengujian XRD dari ABS, PLA, dan Nylon 6 hasil FDM dan IM	4
Gambar 2.2.	Sifat-sifat mekanis termoplastik dari metode FDM dan IM	5
Gambar 2.3.	Sifat mekanis dari film PVA dan film komposit CCNF/PVA	6
Gambar 2.4.	Kekuatan tarik dan patah regangan dari film PLA/SNCC dengan jumlah SNCC yang berbeda	7
Gambar 2.5.	Kekuatan tarik aktual dan spesifik dari sampel-sampel komposit PLA dengan bahan-bahan penguat tertentu	8
Gambar 2.6.	Kurva perwakilan untuk (a) filamen dan (b) sampel 3D <i>print</i>	9
Gambar 3.1.	Struktur molekul dari selulosa (n= derajat polimerisasi)	11
Gambar 3.2.	Skema dari NCC yang bisa diekstrak dari rantai selulosa menggunakan daerah <i>amorphous</i> yang diperlakukan hidrolisis asam dan meninggalkan hanya daerah kristal	12
Gambar 3.3.	Skema dari NFC yang bisa diekstrak dari rantai selulosa menggunakan proses mekanis untuk pembelahan serat menjadi ukuran nanometer dalam diameter	13
Gambar 3.4.	Stereoform dari laktida	14
Gambar 3.5.	Metode-metode sintesis untuk PLA	15
Gambar 3.6.	Skema yang mewakili berbagai karakteristik geomtris dan spasial dari partikel komponen penyusun tersebar yang dapat mempengaruhi sifat-sifat dari komposit	17
Gambar 3.7.	Sebuah skematik klasifikasi untuk berbagai macam jenis komposit	19
Gambar 3.8.	Skema perwakilan dari komposit yang diperkuat dengan serat (a) kontinu dan selaras, (b) diskontinu dan selaras, dan (c) diskontinu dan berorientasi acak	21

Gambar 3.9.	Skema komposit struktural (a) <i>laminar</i> dan (b) <i>sandwich</i>	21
Gambar 3.10.	Geometri isian umum serta rasio luas permukaan terhadap volume masing-masing	22
Gambar 3.11.	Diagram skema dari sebuah ekstruder	24
Gambar 3.12.	Skema perwakilan dari sebuah perlengkapan khas FDM	26
Gambar 3.13.	Kurva hubungan tegangan regangan untuk material polimer yang bersifat a) getas, b) plastis, dan c) <i>elastomer</i>	28
Gambar 3.14.	Spektrum penyerapan sinar inframerah dari film <i>polystyrene</i> menggunakan IR <i>spectrophotometer</i> modern	30
Gambar 4.1.	Pelet PLA	32
Gambar 4.2.	Oven listrik	33
Gambar 4.3.	Mesin Ekstruder Filamen	33
Gambar 4.4.	Timbangan Digital Khusus	34
Gambar 4.5.	Mikrometer Sekrup Digital	34
Gambar 4.6.	Mesin Uji Tarik	35
Gambar 4.7.	Diagram alir penelitian	36
Gambar 5.1.	Diameter rata-rata dari filamen PLA dan filamen komposit PLA/NCC	41
Gambar 5.2.	Kekuatan tarik rata-rata dari filamen PLA dan filamen komposit PLA/NCC	42
Gambar 5.3.	Modulus Young rata-rata dari filamen PLA dan filamen komposit PLA/NCC	43
Gambar 5.4.	Regangan patah rata-rata dari filamen PLA dan filamen komposit PLA/NCC	43
Gambar 5.5.	Tampilan makro dari filamen a) PLA-K, b) PLA-0, c) PLA-0.5, d) PLA-0.75, dan e) PLA-1	44



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Pengaruh Penambahan NCC (Nanocrystalline Cellulose) Rami terhadap Sifat Tarik Filamen Komposit PLA/NCC

ALI, Ir. Herianto, ST., M.Eng., Ph.D., IPM.

Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Gambar 5.6. Spektrum FTIR sampel PLA-0 dan sampel PLA-1

46

Gambar 5.7. Grafik penyerapan air filamen komposit PLA/NCC

47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Presisi dimensi dari kubus termoplastik (9.5 x 9.5 x 2.5 mm) pada 10% <i>infill</i>	16
Tabel 3.2.	Gugus fungsi dalam bilangan gelombang inframerah	29
Tabel 4.1.	Komposisi bahan penelitian	37
Tabel 5.1.	Hasil pengukuran diameter filamen komposit PLA/NCC	40
Tabel 5.2.	Hasil pengujian tarik filamen komposit PLA/NCC	44
Tabel 5.3.	Analisis pengujian FTIR filamen komposit PLA/NCC	46

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_0	= luas penampang spesimen sebelum dibebani
ABS	= Acrylonitrile Butadiene Styrene
AM	= <i>Additive Manufacturing</i>
BC	= <i>Bacteria Cellulose</i>
CCNF	= <i>Coir Cellulose Nanofibrils</i>
cm	= Centimeter
d	= Diameter serat
DED	= <i>Direct energy deposition</i>
F	= Beban maksimum
FDM	= Fused Deposition Modeling
FTIR	= <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
g	= Gram
GPa	= Gigapaskal
IM	= <i>Injection Molding</i>
l	= Panjang serat
l_c	= Panjang kritis serat
l_i	= Panjang spesimen sesaat sebelum patah
l_o	= Panjang spesimen awal
LOM	= <i>laminated object manufacturing</i>
mm	= Milimeter
M_i	= berat awal kering

M_f	= berat setelah perendaman dalam air
MPa	= Megapaskal
MWCNTs	= <i>Multiwall Carbon Nanotubes</i>
NCC	= Nanocrystalline Celulose
NFC	= <i>Nanofibrillated Cellulose</i>
nm	= Nanometer
PANI	= <i>polyaniline</i>
PVOH	= <i>Polyvinyl alcohol</i>
PLA	= Polylactic Acid
SLM	= <i>Selective laser melting laminated object manufacturing</i>
SLS	= <i>Selective laser sintering</i>
SNCC	= <i>Silanized NCC</i>
TD	= <i>Thoria-dispersed</i>
V_f	= Volume serat
V_m	= Volume matriks
V_v	= Volume void
V_c	= Volume komposit
v_f	= <i>Fraksi volume serat</i>
v_m	= <i>Fraksi volume matriks</i>
v_v	= <i>Fraksi volume void</i>
v/v	= <i>Volume per volume</i>
W_f	= Massa serat
W_m	= Massa matriks
W_c	= Massa komposit

w_f	= Fraksi massa serat
w_m	= Fraksi massa matriks
w/v	= <i>Weight per volume</i>
w/w	= <i>Weight per weight</i>
wt%	= Fraksi massa
XRD	= X-ray diffractometer
ε	= regangan patah
ρ_c	= Massa jenis komposit
ρ_f	= Massa jenis serat
ρ_m	= Massa jenis matriks
σ	= Kekuatan tarik
%	= Persen
$^{\circ}\text{C}$	= Derajat selsius
μm	= Mikrometer

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-K untuk sampel nomor 1.	52
Lampiran 2. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-K untuk sampel nomor 2.	53
Lampiran 3. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-K untuk sampel nomor 3.	54
Lampiran 4. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-K untuk sampel nomor 4.	55
Lampiran 5. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-K untuk sampel nomor 5.	56
Lampiran 6. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-K untuk sampel nomor 6.	57
Lampiran 7. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0 untuk sampel nomor 1.	58
Lampiran 8. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0 untuk sampel nomor 2.	59
Lampiran 9. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0 untuk sampel nomor 3.	60
Lampiran 10. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0 untuk sampel nomor 4.	61
Lampiran 11. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0 untuk sampel nomor 5.	62
Lampiran 12. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.5 untuk sampel nomor 1.	63
Lampiran 13. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.5 untuk sampel nomor 2.	64
Lampiran 14. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.5 untuk sampel nomor 3.	65
Lampiran 15. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.5 untuk sampel nomor 4.	66
Lampiran 16. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.5 untuk sampel nomor 5.	67
Lampiran 17. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.5 untuk sampel nomor 6.	68
Lampiran 18. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.75 untuk sampel nomor 1.	69
Lampiran 19. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.75 untuk sampel nomor 2.	70
Lampiran 20. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.75 untuk sampel nomor 3.	71
Lampiran 21. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.75 untuk sampel nomor 4.	72
Lampiran 22. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.75 untuk sampel nomor 5.	73
Lampiran 23. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-0.75 untuk sampel nomor 6.	74



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Pengaruh Penambahan NCC (Nanocrystalline Cellulose) Rami terhadap Sifat Tarik Filamen Komposit PLA/NCC

ALI, Ir. Herianto, ST., M.Eng., Ph.D., IPM.

Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Lampiran 24. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-1 untuk sampel nomor 1.	75
Lampiran 25. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-1 untuk sampel nomor 2.	76
Lampiran 26. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-1 untuk sampel nomor 3.	77
Lampiran 27. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-1 untuk sampel nomor 4.	78
Lampiran 28. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-1 untuk sampel nomor 5.	79
Lampiran 29. Grafik dan Data Uji Tarik PLA-1 untuk sampel nomor 6.	80
Lampiran 30. Data Pengujian Tarik.	81
Lampiran 31. Data Uji Serap Air.	82