

No. Dok: 6057

Copy: 1

D
660-423

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* TiO₂ TERHADAP
SIFAT TERMAL BIOFILM *POLYLACTIC ACID* (PLA)**

Fir
P

POLITEKNIK STMI JAKARTA

TUGAS AKHIR

Oleh
MUHAMAD FIREL FIRMANA
NIM: 1516048

DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	12/4/2022
No Induk Buku	179 ACP/SBAA/22



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

SUMBANGAN ALUMNI

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* TiO₂ TERHADAP
SIFAT TERMAL BIOFILM *POLYLACTIC ACID* (PLA)**

POLITEKNIK STMI JAKARTA

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta**

**Oleh
MUHAMAD FIREL FIRMANA
NIM: 1516048**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* TiO₂ TERHADAP SIFAT TERMAL BIOFILM *POLYLACTIC ACID* (PLA)

Oleh

Muhamad Firel Firmana

NIM: 1516048

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Pengolahan polimer alam atau biopolimer sudah ada sejak dulu dari serat sutra dan serat rami. Poli asam laktat (PLA) salah satu contoh lain dari polimer alam, polimer yang memiliki monomer asam laktat berasal dari bahan yang terbarukan. PLA masih memiliki kekurangan pada sifat termal dengan penambahan TiO₂ dapat memperbaiki sifat termal PLA. Penelitian ini yaitu penambahan *filler* TiO₂ ke matriks PLA dengan kandungan TiO₂ sebanyak 0%, 1%, 1,5%, 2% dari massa total, PLA yang digunakan sebanyak 3 gram. Pencampuran yang dilakukan menggunakan metode *solvent casting* dengan menggunakan pelarut. Pelarut yang digunakan adalah kloroform. Metode *solvent casting* akan menghasilkan biofilm dari pencampuran matriks PLA dengan *filler* TiO₂ setelah jadi biofilm lalu biofilm tersebut diuji. Pengujian yang dilakukan adalah Pengujian DSC atau *Differential Scanning Calorimetry* dan pengujian TGA atau *Thermal Gravimetric Analysis* untuk mengetahui pengaruh penambahan filler TiO₂ terhadap temperatur leleh (T_m), temperatur *cold crystallization* (T_{cc}), temperatur transisi kaca (T_g) dan suhu dekomposisi biofilm PLA. Pada *first heating* penambahan TiO₂ membuat nilai T_m mengalami penurunan dari PLA murni. Pada komposisi 1% mengalami penurunan nilai T_m yang cukup signifikan, terjadi kenaikan nilai T_m dengan komposisi TiO₂ 1,5% lalu, terjadi penurunan pada komposisi TiO₂ 2%. Pada *second heating* nilai T_m mengalami penurunan dari PLA murni dan menghasilkan dua puncak leleh pada komposisi TiO₂ 1% dan 2%. Pada *second heating* nilai T_{cc} pada PLA murni tidak terlihat, dengan penambahan TiO₂ memunculkan nilai T_{cc} dan mengalami kenaikan pada komposisi TiO₂ 1%, 1,5%, lalu terjadi penurunan pada komposisi TiO₂ 2%. dari biofilm PLA murni. Pada saat *first heating* T_g mengalami kenaikan seiring dengan penambahan jumlah TiO₂ dan pada saat *second heating* nilai T_g mengalami penurunan, Penambahan TiO₂ pada PLA menyebabkan kenaikan suhu dekomposisi dari PLA.

Kata kunci: PLA, TiO₂, *solvent casting*, biofilm, DSC, TGA

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* TiO₂ TERHADAP
SIFAT TERMAL BIOFILM *POLYLACTIC ACID* (PLA)**

Muhamad Farel Firmana
NIM: 1516048
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2020

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Fitria Ika Aryanti S.T., M.Eng.
NIP. 198505112014022001

Dosen Pembimbing



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.
NIP. 198407162014021001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

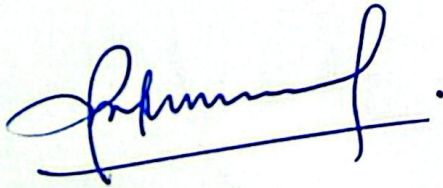
**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* TiO₂ TERHADAP
SIFAT TERMAL BIOFILM *POLYLACTIC ACID* (PLA)**

Muhamad Firel Firmana
NIM : 1516048
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Oktober 2020

Penguji I



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM
NIP. 195702141985031002

Penguji II



Reviana Inda D.S., ST, M.Eng
NIP. 198911202018012001

Dosen Pembimbing



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.
NIP. 198407162014021001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN *FILLER* TiO₂ TERHADAP
SIFAT TERMAL BIOFILM *POLYLACTIC ACID* (PLA)**

Muhamad Firel Firmana

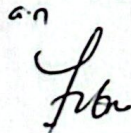
NIM: 1516048

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

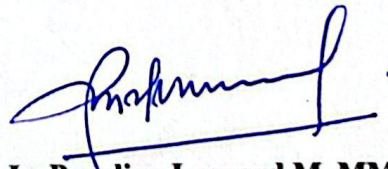
Jakarta, November 2020

Penguji I



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 8873590019

Penguji II



Ir. Parulian Leonard M, MM
NIP. 195702141985031002

Penguji III



Fitria Ika Aryanti S.T., M.Eng.
NIP. 198505112014022001

Dosen Pembimbing



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.
NIP. 198407162014021001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Muhamad Firel Firmana

NIM : 1516048

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul Pengaruh Penambahan *Filler* TiO₂ Terhadap Sifat Termal Biofilm *Polylactic Acid* (PLA)

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, November 2020



Muhamad Firel Firmana

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan *filler* TiO₂ Terhadap Sifat Termal *Biofilm Polylactid (PLA)*”. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat pelaksanaan tugas akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta. Tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan tugas akhir ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua penyusun, yang selalu mendoakan dan mendukung.
2. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
3. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Ella Melyna, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Syaiful Ahsan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir di Politeknik STMI Jakarta.

Akhir kata, penulis mengharapkan agar Laporan Tugas Akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk memberikan informasi kepada semua orang.

Jakarta, November 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiii
BAB I Pendahuluan.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Batasan Masalah	2
I.4 Tujuan	2
I.5 Manfaat	3
BAB II Tinjauan Pustaka	4
II.1 Polimer Alam.....	4
II.2 <i>Polylactic Acid</i> (PLA).....	4
II.3 Metode Pembuatan Biofilm PLA	5
II.4 Titanium Dioksida (TiO ₂).....	6
II.5 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	7
II.6 <i>Thermal Gravimetric Analysis</i> (TGA).....	8
BAB III Metode	10
III.1 Waktu dan Tempat.....	10
III.2 Alat dan Bahan.....	10
III.2.1 Alat	10
III.2.2 Bahan	10
III.3 Variabel.....	10
III.3.1 Variabel Tetap	11
III.3.2 Variabel Bebas.....	11
III.4 Prosedur	11
III.5 Pembuatan Biofilm PLA/TiO ₂	12
III.5.1 Pelarutan Bahan	12
III.5.2 Pencampuran dan <i>Casting</i>	12
III.5.3 Penguapan di dalam lemari asam	12
III.6 Karakterisasi Sampel	12
III.6.1 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC).....	12

III.6.2 <i>Thermal Gravimetric Analysis (TGA)</i>	12
BAB IV Hasil dan Pembahasan	14
IV.1 Hasil pengujian DSC	14
IV.2 Hasil pengujian TGA.....	16
BAB V Penutup	19
DAFTAR PUSTAKA	20
LAMPIRAN	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Lembar Bimbingan Tugas Akhir	25
Lampiran B Surat Tugas bimbingan	28
Lampiran C Gambar Alat	29
Lampiran D Gambar Bahan	30
Lampiran E Biofilm PLA, PLA/TiO ₂	31
Lampiran F Data dan perhitungan.....	32
Lampiran G Termogram DSC PLA, PLA/TiO ₂	35
Lampiran H Termogram TGA PLA, PLA/TiO ₂	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Struktur polimer PLA	5
Gambar II. 2 Termogram <i>Thermal Gravimetric Analysis</i>	9
Gambar III.1 Diagram Alir Proses Pembuatan biofilm dan karakterisasi PLA, PLA/TiO ₂	13
Gambar IV.1 Termogram hasil TGA pengujian PLA murni.....	16

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Sifat termal poli asam laktat (PLA).....	5
Tabel III. 1 Variasi komposisi biofilm PLA, PLA/TiO ₂	11
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian DSC biofilm PLA, PLA/TiO ₂	14
Tabel IV. 2 Rangkuman hasil pengujian TGA biofilm PLA, PLA/TiO ₂	17

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Nama	Halaman
DSC	<i>Differential Scanning Calorimetry</i>	6
PLA	Poli asam laktat	1
PLLA	Poli L-(laktida)	5
PDLA	Poli D-(laktida)	5
TiO ₂	Titanium dioksida	1
TGA	<i>Thermal Gravimetric Analysis</i>	7
UV	Ultraviolet	6

Lambang	Nama	Halaman
%	Persentase	2
α	Fraksi massa	13
°C	Derajat celcius	11
ΔH_c	Entalpi kristalisasi sampel	13
ΔH_m	Entalpi pelelehan sampel	13
ΔH_m°	Entalpi pelelehan PLA kristalisasi	13
t	Waktu	12
T	Suhu	12
T _c	Temperatur kristalisasi	6
T _{end}	Suhu akhir dekomposisi sampel	7
T _g	Temperatur transisi kaca	6
T _m	Temperatur leleh	6
T _{max}	Suhu optimal ketika sampel kehilangan massa maksimal	7
Tonset	Suhu awal ketika sampel rusak	7
X _c	Derajat kristalinitas	13
T _{cc}	Temperatur <i>cold crystallization</i>	15

BAB I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Pengolahan polimer alam atau biopolimer telah berlangsung sejak dahulu berawal dari serat tenunan, serat sutra, wol, dan karbohidrat yang berasal rami dan kapas. Teknik pengelolaan polimer alam dan sintetis saat ini telah berkembang dengan aplikasi yang lebih luas seperti rekayasa jaringan plastik kemasan (Olatunji dkk., 2016).

Biopolimer merupakan polimer yang dihasilkan oleh organisme hidup. Selulosa, pati, kitin, protein dan peptida, DNA dan RNA adalah contoh biopolimer di mana unit monomer adalah gula, asam amino, dan nukleotida. Biopolimer dengan turunannya beragam, melimpah, dan penting untuk kehidupan (Elnashar dkk., 2010). Contoh lain dari biopolimer adalah poli asam laktat (PLA) dan kitosan yang telah mendapatkan perhatian yang lebih dari industri dalam aplikasi seperti, pencetakan 3D dan rekayasa jaringan. (Olatunji dkk., 2016). Selain itu, PLA digunakan sebagai bahan kemasan karena memiliki karakteristik transparan, toksinitas rendah, ramah lingkungan, dan memiliki sifat termal yang baik (Zorah dkk., 2020). PLA dapat diaplikasikan menjadi wadah yoghurt, kemasan air dan jus, peralatan makan (AT dkk., 2017).

PLA memiliki sifat termal yang buruk dan kerapuhan, sifat tersebut membuat PLA memiliki kekurangan dalam aplikasi menjadi plastik. Kekurangan ini dapat diperbaiki dengan penambahan atau pencampuran dengan polimer lain seperti titanium dioksida (TiO_2). Penambahan polimer ini didukung dengan sifat TiO_2 yaitu tidak beracun, murah, ramah lingkungan, dan inert, selain itu TiO_2 juga banyak digunakan menjadi cat dan kemasan makanan (Zhang dkk., 2015)

Penggabungan matriks PLLA dengan *filler* TiO_2 untuk suhu dekomposisi termal PLLA dengan campuran TiO_2 terjadi pada suhu yang lebih tinggi daripada untuk

PLLA murni. Kehadiran *filler* TiO₂ menghasilkan peningkatan *Tonset* dan *Tmax* fase PLLA, sehingga lebih sulit untuk terdegradasi (Athanasoulia dkk., 2017).

Penggabungan matriks PLA dengan *filler* TiO₂ untuk pengujian DSC dengan melakukan dua kali pemanasan dengan mendapatkan hasil meningkat nilai temperatur leleh, temperatur transisi kaca, temperatur kristalisasi, terjadi kenaikan seiring dengan penambahan *filler* TiO₂ (Nakayama & Hayashi, 2007).

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan TiO₂ terhadap temperatur leleh, temperatur *cold crystallization* dan temperatur transisi kaca biofilm PLA/TiO₂?
2. Bagaimana pengaruh penambahan TiO₂ terhadap suhu dekomposisi biofilm PLA/TiO₂?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. bahan baku adalah PLA dan TiO₂,
2. massa PLA yang digunakan 3 gram,
3. persentase TiO₂ yang digunakan 0%, 1%, 1,5%, 2% dari berat total,
4. pelarut yang digunakan kloroform,
5. proses pembuatan biofilm menggunakan metode *solvent casting*.

I.4 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh penambahan TiO₂ terhadap temperatur leleh, temperatur *cold crystallization* dan temperatur transisi kaca biofilm PLA/TiO₂
2. Mengetahui pengaruh penambahan TiO₂ terhadap suhu dekomposisi biofilm PLA/TiO₂

I.5 Manfaat

1. Penelitian ini memberikan informasi tentang pembuatan biofilm.

BAB II Tinjauan Pustaka

II.1 Polimer Alam

Polimer alam atau biopolimer adalah polimer yang ditemukan di alam umumnya berasal dari organisme hidup seperti hewan dan tumbuhan. Polimer alam tidak membahayakan bagi manusia dan lingkungan. Contoh polimer alam adalah pati, selulosa, protein (Kaushik, 2016). Contoh lain dari biopolimer yaitu poli asam laktat (PLA) dan aplikasi dari biopolimer ini adalah plastik kemasan (Yadav dkk., 2018).

Klasifikasi polimer alam terbagi menjadi 2 yaitu berasal dari tanaman dan berasal dari hewan. Contoh polimer berasal dari tanaman adalah selulosa, hemiselulosa, glucomannan, agar, *starch*, *pectin*, *inulin*, *rosin*, *guar gum*, *locust bean gum*, *gum acacia*, *karaya gum*, *gum tragacanth*, *aloe vera gel*. Contoh polimer berasal dari hewan adalah *chitin*, *alginates*, *carageenans*, *psyllium*, *xanthum gum* (Vishakha dkk., 2012).

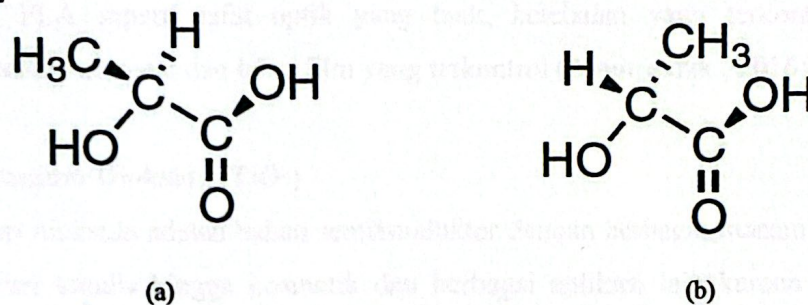
Aplikasi polimer alam secara umum adalah pengikat, pembentuk matriks, pembentuk lapisan film, pengental dan bioadhesives. Aplikasi polimer alam lainnya adalah dalam bidang farmasi digunakan untuk pembuatan implan padat, film, mikropartikel, nanopartikel, sistem yang dapat dihirup dan dapat disuntikkan serta kandungan cairan kental (Kaushik, 2016).

II.2 Polylactic Acid (PLA)

Polylactic Acid adalah poliester alifatik *biodegradable* dan terbarukan. Poli asam laktat adalah salah satu biopolimer yang memiliki monomer asam laktat yang dapat dihasilkan dari bahan baku terbarukan yang tidak berbahaya serta dapat menjadi asam organik alami. Asam laktat dibuat dari fermentasi gula yang diperoleh dari sumber daya terbarukan seperti tebu atau pati jagung. Oleh karena itu, PLA produk ramah lingkungan dengan model yang dapat diterima oleh tubuh manusia (Shady dkk., 2016).

Produksi PLA untuk aplikasi industri telah meningkat tajam karena biayanya yang kompetitif dan pandangan positif dari masyarakat tentang polimer ini dilihat dari segi lingkungan. PLA yang biasa digunakan untuk bidang medis, serat dan tekstil, kemasan, perbaikan lingkungan, dan lain-lain (Aguirre dkk., 2016).

Poli asam laktat (PLA) memiliki dua macam stereoisomer, seperti poli (L-laktida) (PLLA), poli (D-laktida) (PDLA), (Shady dkk., 2016). Gambar II.1. menunjukkan struktur PLA. Tabel II.1 menunjukkan sifat termal poli asam laktat.



Gambar II. 1 Struktur polimer PLA
 (a) Poli L asam laktat (PLLA) dan (b) Poli D asam laktat (PLLD) (Aguirre dkk., 2016)

Tabel II.1 Sifat termal poli asam laktat (PLA) (Chariyachotilert, 2011)

Sifat – sifat	Nilai	Satuan
Suhu transisi kaca	55-65	°C
Suhu leleh	130-180	°C
Kristalinitas	0-40	%

II.3 Metode Pembuatan Biofilm PLA

Pembuatan biofilm PLA memiliki beberapa metode yaitu: *ekstrusi, injection molding, casting film*

1. Pembuatan biofilm PLA dapat menggunakan ekstrusi, dengan melelehkan PLA dengan suhu pemanasan biasa 40°C sampai temperatur lelehnya. PLA yang dilelehkan lebih dari temperatur lelehnya maka akan menyebabkan degradasi termal. Metode ekstrusi ini dapat mempengaruhi kemurnian optik dari PLA yang di ekstrusi dan menghasilkan uap laktida. Uap laktida tersebut akan mengembun pada *screw* dan *die* (Aguirre dkk., 2016).

2. *Injection molding*

Penggunaan metode ini membuat film dengan cara lelehan PLA disuntik ke dalam *mold*. Metode dapat membuat biofilm PLA yang dihasilkan menjadi getas, maka akan menurunkan nilai Tg, dan dapat memperlambat laju kristalisasi. Hal ini terjadi karena PLA disuntikan ke dalam *mold* yang membuat terjadinya penyusutan dan pendinginan (Aguirre dkk., 2016)

3. *Casting film*

Metode ini menghasilkan biofilm berupa lembaran, dengan menggunakan cetakan yang menghasilkan film. *Casting film* salah satu metode yang akan mempengaruhi biofilm PLA seperti sifat optik yang baik, ketebalan yang terkontrol, dan mendapatkan dimensi dan lebar film yang terkontrol (Aguirre dkk., 2016)

II.4 Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium dioksida adalah bahan semikonduktor dengan berbagai macam aplikasi, mulai dari katalis hingga kosmetik dan berbagai aplikasi lain karena titanium dioksida memiliki sifat-sifat seperti stabilitas tinggi, biaya rendah dan non-toksitas (Aranda dkk., 2005). Titanium dioksida memiliki polimorf alami yaitu rutil dan anatase (Caratto dkk., 2012).

Nanopartikel TiO₂ ditambahkan ke PLA menunjukkan efek yang signifikan yaitu peningkatan nilai Tg, Tm, Xc, peningkatan ini terjadi karena adanya interaksi PLA dengan TiO₂, nanopartikel TiO₂ sebagai penghalang panas yang diterima oleh film PLA/TiO₂ (Abbas dkk., 2014).

Matriks PLA dengan bahan pengisi TiO₂ yang ukuran partikel TiO₂ dimodifikasi secara organik dengan polimerisasi *in situ*. TiO₂ yang memiliki sifat sangat hidrofilik dimodifikasi sifat tersebut menjadi cukup hidrofobik agar menyebar secara merata dalam matriks PLA. DSC, TGA, dan tes tarik menunjukkan bahwa ada beberapa peningkatan dalam sifat termal dan mekanis dibandingkan dengan PLA murni (Zhuang dkk., 2009).

Pencampuran nanopartikel TiO₂ (rutile) dengan matriks PLA bertujuan untuk mengkarakterisasi PLA murni dan nanokomposit PLA/TiO₂. Film dipaparkan sinar ultraviolet (UV) dengan waktu 500 jam, 1000 jam, 2000 jam, setelah film dipaparkan dengan sinar UV maka film dilakukan pengujian yaitu morfologi, termal, dan mekanis (Antunes dkk., 2020).

Penambahan *filler* talc pada matriks PLA untuk pengujian DSC dengan melakukan dua kali pemanasan dengan mendapatkan hasil menurunkan nilai temperatur kristalisasi dan temperatur *cold crystallization* terjadi penurunan seiring dengan penambahan *filler* talc (Shakoor & Thomas, 2014).

Penggabungan matriks PLA dengan *filler* ZnO mendapatkan hasil dari pengujian DSC terjadi penurunan *temperatur transisi kaca*, *temperatur cold crystallization*. Hal ini disebabkan karena kehadiran ZnO mengganggu proses kristalisasi PLA dan pengujian TGA terjadi penurunan suhu dekomposisi setelah ditambahkan *filler* ZnO (Anžlovar dkk., 2017).

TiO₂ dijadikan *filler* karena memiliki keunggulan diantaranya adalah mengendalikan degradasi termal, biokompatibilitas yang baik, dan dapat menyebar ke seluruh permukaan komposit atau film (Buzarovska & Grozdanov, 2011) selain itu, TiO₂ memiliki sifat bahan fotokatalitik, tidak beracun dan hidrofilik (Zhuang dkk., 2009).

II.5 Differential Scanning Calorimetry (DSC)

DSC adalah alat yang digunakan untuk menganalisis sifat termal seperti menentukan panas atau energi yang dibutuhkan untuk sampel mengalami perubahan fisik dan referensi sebagai pembandingnya (Nirav, 2017). DSC dapat mengetahui transisi glass, kapasitas panas, suhu leleh, dan suhu kristalisasi (T_c) (Joseph dkk., 2009).

Temperatur transisi kaca (T_g) atau transisi kinetik adalah terjadinya perubahan suhu yang mengakibatkan sifat polimer mengalami perubahan dari keras menjadi getas dipengaruhi oleh suhu, terjadi peningkatan panas yang membuat terjadinya perubahan, titik leleh (T_m) adalah suhu maksimal yang menyebabkan terjadinya perubahan padatan kristal menjadi cairan isotropik kondisi ini disebut dengan endotermik, Temperatur kristalisasi (T_c) adalah suhu rendah yang menyebabkan cairan isotropik menjadi padatan kristal selama pendinginan. Suhu kristalisasi sebagai hasil dari supercooling, pendinginan atau titik beku mempunyai suhu lebih rendah dari titik leleh kondisi ini disebut eksotermik (Joseph dkk., 2009).

Pemanasan dilakukan sebanyak dua kali. Pemanasan pertama dilakukan untuk menghilangkan sejarah pemanasan atau *historical thermal* yang terjadi selama pemrosesan sebelumnya (Nomai dkk., 2015).

Nilai X_c (derajat kristalinitas) dapat diketahui dengan perhitungan (Elvira dkk., 2016).

$$X_c = \frac{(\Delta H_m - \Delta H_c)}{\Delta H_m^\circ(1 - \alpha)}$$

Keterangan:

X_c : derajat kristalinitas

ΔH_m = entalpi pelelehan sampel

ΔH_c = entalpi kristalisasi sampel

ΔH_m° = entalpi pelelehan PLA kristalisasi 100% = 93 J/g

(Elvira dkk., 2016)

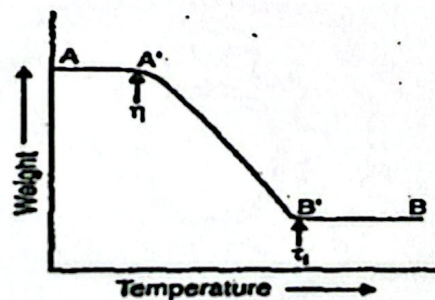
α = fraksi massa *filler*.

II.6 Thermal Gravimetric Analysis (TGA)

TGA merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisis sifat termal dengan mengamati berat zat yang dipanaskan atau didinginkan dengan suhu yang di kontrol dan dicatat sebagai fungsi waktu dan suhu. Prinsip dari TGA adalah mengamati jumlah zat yang terurai pada saat pemanasan dengan memanaskan sampel dan

mengamati perubahan berat dari sampel setelah dipanaskan. TGA memiliki nilai *Tonset* adalah suhu awal ketika sampel mulai rusak atau disebut onset degradation, *Tend* adalah suhu dekomposisi akhir dari sampel, *Tmax* adalah suhu optimal ketika sampel kehilangan massa secara maksimum, dan residu adalah sisa material yang telah habis terdekomposisi atau kehilangan massa (Zorah dkk., 2020) dan Instrumentasi modern yang digunakan untuk analisis termal biasanya terdiri dari empat bagian:

- a. tempat meletakkan sampel.
- b. Sensor untuk mendeteksi / mengukur sifat sampel dan suhu.
- c. Sebuah tempat yang digunakan untuk mengendalikan parameter eksperimental.
- d. Komputer untuk mengendalikan, pengumpulan, dan pemrosesan data (Nirav, 2017).



Gambar II. 2 Termogram *Thermal Gravimetric Analysis* (Nirav, 2017)

Keterangan:

AA': Senyawa stabil

A'B': Penghilangan berat

η: Suhu dekomposisi awal

τ: Suhu dekomposisi akhir

η- τ: Daerah dekomposisi.

BAB III Metode

III.1 Waktu dan Tempat

Tugas akhir ini dilakukan pada bulan Oktober 2019 sampai dengan Oktober 2020. Penelitian dilakukan di Politeknik STMI Jakarta Jl. Letjend Suprpto No.26, Cempaka Putih, Jakarta Pusat.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

- | | |
|--|--|
| 1. Neraca Digital | 11. Spatula |
| 2. Cawan Petri | 12. Pinset |
| 3. <i>Magnetic Stirrer</i> | 13. Gelas Ukur |
| 4. Gelas Kimia | 14. Lemari Asam |
| 5. <i>Hot Plate</i> | 15. Gunting |
| 6. <i>Aluminium Foil</i> | 16. Kaca Arloji |
| 7. <i>Differential Scanning Calorimetry</i>
(DSC) | 17. <i>Thermal Gravimetric Analysis</i>
(TGA) TA instruments TGA 55 |
| 8. Batang Pengaduk | 18. Pipet |
| 9. Corong | 19. Perforator |
| 10. Plastik <i>Ziplock</i> | |

III.2.2 Bahan

1. Poli asam laktat (PLA),
2. Titanium dioksida (TiO₂),
3. Kloroform.

III.3 Variabel

Penelitian ini terdapat dua variabel yang mempengaruhi pembuatan biofilm PLA/TiO₂, yaitu variabel tetap dan variabel bebas.

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini, yaitu:

1. Massa PLA untuk biofilm PLA 3 gram,
2. Waktu melarutkan PLA 45 menit – 1 jam 30 menit,
3. Waktu pencampuran PLA/TiO₂ 1 jam 30 menit,
4. Diameter cawan petri 13,5 cm,
5. Volume kloroform 50 ml,
6. Waktu penguapan PLA, PLA/TiO₂ 1 hari.

III.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada Tabel III.1 variabel bebas pada penelitian ini adalah persentase TiO₂.

Tabel III. 1 Variasi komposisi biofilm PLA, PLA/TiO₂

Sampel	TiO ₂		Keterangan
	Persentase (%)	Massa (g)	
1	0	0	Kontrol
2	1	0,0309	Variasi 1
3	1,5	0,0456	Variasi 2
4	2	0,0612	Variasi 3

III.4 Prosedur

Gambar III.1 menunjukkan prosedur tugas akhir pembuatan biofilm PLA dan biofilm PLA/TiO₂ menggunakan metode *solvent casting* dari studi literatur hingga kesimpulan.

III.5 Pembuatan Biofilm PLA/TiO₂

III.5.1 Pelarutan Bahan

Pelarutan PLA dengan mencampurkan *pellet* PLA ke dalam gelas kimia yang berisikan kloroform dan didiamkan selama 45 menit - 1 jam 30 menit di atas *hotplate* pada temperatur kamar.

III.5.2 Pencampuran dan *Casting*

Pencampuran dilakukan menggunakan *hotplate* dan *magnetic stirrer*. PLA yang sudah dilarutkan dicampurkan dengan TiO₂. Pencampuran PLA/TiO₂ membutuhkan waktu selama 1 jam 30 menit di atas *hotplate* pada temperatur kamar. Setelah itu campuran PLA dengan TiO₂ yang sudah homogen dituang ke dalam cawan petri hingga merata dengan menggunakan metode *casting*.

III.5.3 Penguapan di dalam lemari asam

Penguapan bertujuan untuk menghilangkan pelarut dari masing-masing cawan petri. Waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan bahan 1 hari pada temperatur kamar.

III.6 Karakterisasi Sampel

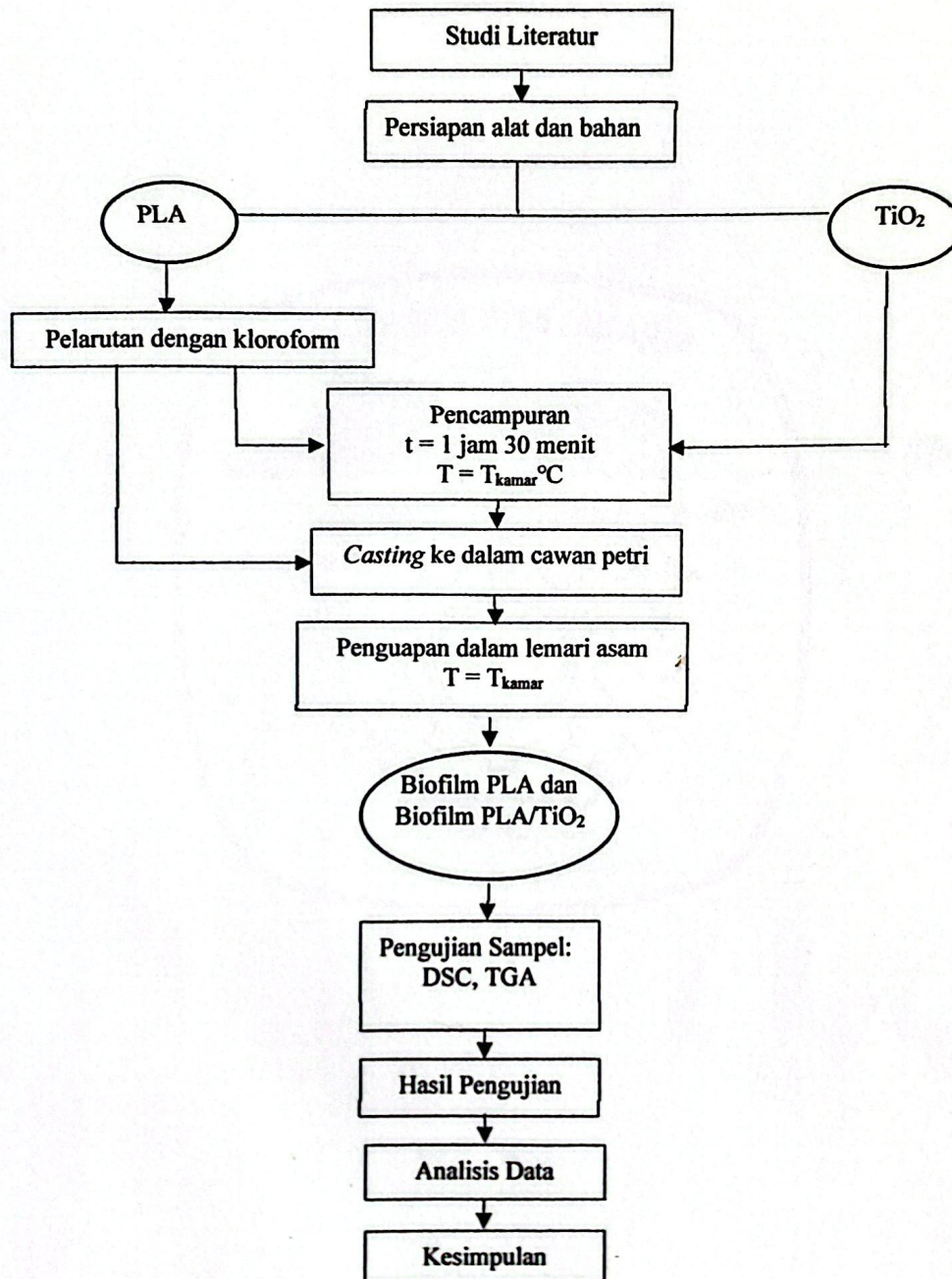
III.6.1 *Differential Scanning Calorimetry (DSC)*

Sifat termal sampel diuji menggunakan *Differential Scanning Calorimetry (DSC)* 214 Polyma. Pengujian dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia Politeknik STMI Jakarta. Sampel diuji menggunakan standar yang terdapat pada ASTM D 3418 dengan massa 5-20 mg, pemanasan dilakukan sebanyak dua kali, dan dimulai dari 20°C-200°C, pendinginan dilakukan dari 200°C-20°C, awal pemanasan 20°C (sesuai dengan material). Pengujian selesai setelah melakukan pendinginan dan data yang di dapat berupa grafik.

III.6.2 *Thermal Gravimetric Analysis (TGA)*

Pengujian dilakukan menggunakan *Thermo Gravimetric Analysis (TGA)* TA TGA55 di Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia Politeknik STMI Jakarta. Sampel diuji menggunakan standar yang terdapat pada ASTM E 1131-08 dengan

massa 10-30 mg diletakkan pada pan kemudian dipanaskan dengan rentang suhu 30-750°C, dan laju gas nitrogen 50 mL/menit. Pengujian berakhir ketika sampel sudah terdekomposisi dan mendapatkan suhu dekomposisi berupa grafik.



Gambar III. 1 Diagram Alir Proses Pembuatan biofilm dan karakterisasi PLA, PLA/TiO₂

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas mengenai hasil analisis produk biofilm PLA murni dan PLA/TiO₂ menggunakan alat uji *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA). Gambar dan ketebalan biofilm PLA murni dan biofilm PLA/TiO₂ dapat dilihat pada lampiran D.

IV.1 Hasil pengujian DSC

Pengujian termal menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) untuk mengetahui nilai temperatur transisi kaca (T_g), temperatur kristalisasi (T_c), temperatur leleh (T_m) dan derajat kristalinitas dari suatu bahan atau produk yang akan diuji (Nomai dkk., 2015). Hasil dari pengujian DSC ini berupa grafik yang menampilkan proses eksotermik dan endotermik. Gambar termogram hasil pengujian DSC PLA, PLA/TiO₂ dapat dilihat pada Lampiran F.

Hasil pengujian pada grafik DSC dirangkum pada Tabel IV.1 untuk *first heating* dan *second heating*. Tabel IV.1 menunjukkan nilai derajat kristalinitas (X_c). Perhitungan derajat kristalinitas (X_c) dan fraksi massa biofilm PLA dan PLA/TiO₂ dapat dilihat pada lampiran E.

Tabel IV. 1 Hasil Pengujian DSC biofilm PLA, PLA/TiO₂
(a) *First heating* (b) *Second heating*

No	Material	Fraksi Massa (g)	First Heating					
			T _g (°C)	T _{cc} (°C)	ΔH _c (J/g)	T _m (°C)	ΔH _m (J/g)	X _c (%)
1	PLA	0,00	47,6	-	-	151,5	-	-
2	PLA/TiO ₂ (1%)	0,010	57,1	-	-	147,1	35,93	39,02
3	PLA/TiO ₂ (1,5%)	0,015	57,2	-	-	150,3	34,79	37,93
4	PLA/TiO ₂ (2%)	0,020	62,3	-	-	146,3	35,03	38,39

(a)

No	Material	Fraksi Massa (g)	Second Heating						
			Tg (°C)	Tcc (°C)	ΔHc (J/g)	Tm ₁ (°C)	Tm ₂ (°C)	ΔHm (J/g)	Xc (%)
1	PLA	0,00	55,4	-	-	148,3	-	-	-
2	PLA/TiO ₂ (1%)	0,010	47,4	97,2	33,24	144,3	132,8	15,26	1,80
3	PLA/TiO ₂ (1,5%)	0,015	55,1	121,8	24,03	147,6	-	23,79	0
4	PLA/TiO ₂ (2%)	0,020	48,4	100,6	32,86	144,9	134,0	16,09	1,21

(b)

1. Temperatur transisi kaca (Tg)

Pada *first heating* nilai Tg mengalami kenaikan seiring dengan penambahan *filler* TiO₂ pada biofilm PLA, nilai tertinggi temperatur transisi kaca pada kandungan TiO₂ sebesar 2%.

Pada *second heating* nilai Tg biofilm PLA/TiO₂ dengan komposisi 1%, 1,5%, dan 2% mengalami penurunan dari nilai Tg biofilm PLA murni. Hasil ini sama dengan yang diperoleh Luo dkk (2012) yang kemudian menjelaskan bahwa penurunan disebabkan oleh terdegradasinya biofilm PLA setelah mengalami pemanasan pertama yang menyebabkan biofilm bersifat plastis.

2. Temperatur leleh (Tm)

Pada *first heating* nilai Tm mengalami penurunan dengan komposisi 1%, 1,5%, dan 2% dari biofilm PLA murni. Hasil ini sama dengan yang didapat oleh Mallick dkk. (2018), dapat dijelaskan bahwa penurunan ini disebabkan oleh kehadiran TiO₂ yang mengganggu kestrukturannya rantai PLA.

Pada *second heating* nilai Tm mengalami penurunan dengan komposisi TiO₂ 1%, lalu terjadi kenaikan nilai Tm dengan komposisi TiO₂ 1,5%, lalu terjadi penurunan kembali pada komposisi TiO₂ 2%. pada komposisi 1% dan 2% terdapat dua nilai temperatur leleh. Hal ini sama dengan Fosenca dkk. (2015) dengan munculnya dua puncak leleh disebabkan oleh perbedaan kristal atau disebut polimorfisme.

3. Temperatur *cold crystallization* (T_{cc})

Pada *second heating* nilai T_{cc} pada PLA murni tidak terlihat, dengan penambahan TiO_2 memunculkan nilai T_{cc} dan mengalami kenaikan pada komposisi TiO_2 1%, 1,5%, lalu terjadi penurunan pada komposisi TiO_2 2%. Hasil ini sama dengan Buzarovska dkk. (2011) dijelaskan terjadinya peningkatan nilai T_{cc} hal ini dikarenakan partikel TiO_2 berperan aktif dalam membantu kristalisasi PLA selama pemanasan proses.

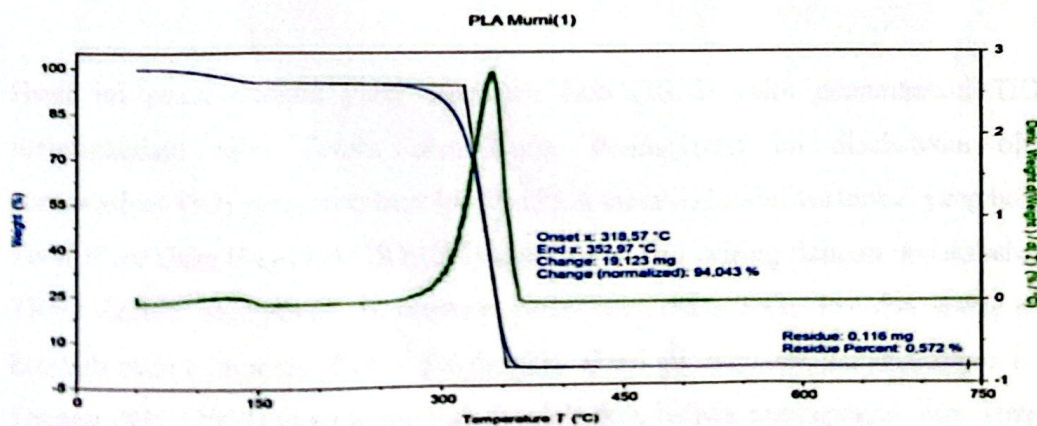
4. Derajat kristalinitas (X_c)

Pada *first heating* biofilm PLA murni tidak terlihat, dengan komposisi TiO_2 memunculkan nilai X_c dan mengalami kenaikan pada komposisi TiO_2 1%, 1,5%, dan mengalami penurunan pada komposisi TiO_2 2%.

Pada *second heating* biofilm PLA dengan komposisi TiO_2 1%, 2% mendapatkan nilai 1,80% dan 1,21%. Pada komposisi 1,5% mendapatkan nilai 0%.

IV.2 Hasil pengujian TGA

Pengujian TGA menggunakan alat Thermogravimetry Analysis TA TGA550 dengan sampel yang digunakan 10-30 mg. Suhu yang digunakan dari 30°C-750°C kondisi operasi ini mengacu pada standar ASTM E1131-08. Gambar termogram hasil pengujian TGA dengan *filler* dapat dilihat pada lampiran G.



Gambar IV. 1 Termogram hasil TGA pengujian PLA murni

Gambar IV.1 Termogram hasil pengujian menunjukkan terdapat dua garis yang berwarna biru dan hijau, garis biru menunjukkan nilai suhu *Tonset* dan *Tend* dan garis hijau yang membentuk puncak dapat ditentukan sebagai nilai *Tmax*. Terjadinya penurunan berat yang dimulai di bawah 50°C, kehilangan berat ini adalah pelarut (Mallick dkk., 2018). PLA murni mengalami dekomposisi lebih awal dibandingkan dengan PLA/TiO₂ ditandai dengan terbentuknya lekukan curam ke bawah pada garis biru. Dekomposisi terjadi lebih cepat karena peran dari TiO₂ sebagai penghalang panas di awal tahap dekomposisi termal (Li dkk., 2017).

Tabel IV. 2 Rangkuman hasil pengujian TGA biofilm PLA, PLA/TiO₂

Komposit	<i>Tonset</i> (°C)	<i>Tmax</i> (°C)	<i>Tend</i> (°C)	Residu (%)
PLA	318,57	331,09	352,97	0,572
PLA/TiO ₂ -1%	322,47	350,1	362,16	0,244
PLA/TiO ₂ -1,5%	332,52	355,2	368,62	0,960
PLA/TiO ₂ -2%	325,59	356,4	365,99	1,939

Tabel IV.2 menunjukkan rangkuman hasil dari pengujian TGA yang dilakukan, didapatkan nilai suhu dekomposisi biofilm PLA, PLA/TiO₂ dari setiap masing - masing variasi. Berdasarkan nilai suhu dekomposisi biofilm PLA, nilai *Tonset* pada PLA murni sebesar 318,57°C lebih rendah dibandingkan dengan *Tonset* pada PLA yang ditambahkan *filler* TiO₂ yaitu 322,47°C–325,59°C dan meningkatnya nilai *Tmax* biofilm PLA ketika ditambahkan TiO₂.

Hasil ini sama dengan yang diperoleh Luo (2014) yaitu penambahan TiO₂ meningkatkan nilai *Tonset* dan *Tmax*. Peningkatan ini disebabkan oleh penambahan TiO₂ yang membuat biofilm PLA memiliki stabilitas termal yang baik. *Tend* PLA/TiO₂(1%)-PLA/TiO₂(2%) ikut meningkat seiring dengan penambahan TiO₂. Residu mengalami penurunan pada komposisi TiO₂ 1% dan mengikat kembali pada komposisi TiO₂ 1,5% dan 2%. Hasil ini sama dengan yang diperoleh Zhuang dkk. (2009) yang kemudian menjelaskan bahwa peningkatan nilai *Tmax*

disebabkan oleh sifat dari TiO_2 yaitu memiliki stabilitas termal yang baik dan dapat bertindak sebagai isolator termal (Zhuang dkk., 2009).

BAB V Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian dan analisis data didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada *first heating* penambahan TiO₂ membuat nilai T_m mengalami penurunan dari PLA murni. Pada *second heating* komposisi 1% mengalami penurunan nilai T_m yang cukup signifikan. Pada *second heating* penambahan TiO₂ menurunkan nilai T_m dan menghasilkan dua puncak leleh. Pada *second heating* nilai T_{cc} pada PLA murni tidak terlihat, dengan penambahan TiO₂ memunculkan nilai T_{cc}. Pada *first heating* penambahan TiO₂ mengalami kenaikan T_g dari nilai T_g PLA murni, seiring dengan banyaknya penambahan TiO₂, sedangkan nilai T_g pada *second heating* mengalami penurunan nilai T_g dari nilai T_g biofilm PLA murni.
2. Penambahan TiO₂ pada biofilm PLA mempengaruhi suhu dekomposisi. Biofilm PLA mengalami kenaikan suhu dekomposisi pada T_{max}.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan analisis hasil penelitian didapatkan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat persebaran distribusi dari *filler*,
2. Perlu adanya dilakukan pengujian *Universal Testing Machine* (UTM) untuk melihat kekuatan tarik dari biofilm yang telah ditambahkan *filler*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N. A., & Noori, F. T. (2014). Gas Barrier Properties of Biodegradable Polymer Nanocomposites Films. *Chemistry and Materials Research*, 2224- 3224.
- Antunes, A., Popelka, A., Aljarod, O., Hassan, M. K., & Luyt, A. S. (2020). Effects of Rutile-TiO₂ Nanoparticles on Accelerated Weathering Degradation of Poly(Lactic Acid). *MDPI*, 1-25.
- Anžlovar, A., Kržan, A., & Žagar, E. (2017). Degradation of PLA/ZnO and PHBV/ZnO composites prepared by melt processing. *Arabian Journal of Chemistry*, 1-19.
- AT, Ö., Özge, S., & Yasemine, Ç. S. (2017). Poly (Lactic Acid) Films in Food Packaging Systems. *Food Science and Nutrition Technology*, 1- 4.
- Athanasoulia, I.-G., Mikropoulou, M., Karapati, S., Tarantili, P., & Trapalis, C. (2018). Study of thermomechanical and antibacterial properties of TiO₂/Poly(lactic acid) nanocomposites. *Panhellenic Scientific* (pp. 27553–27562). Athens: Materials Today: Proceedings.
- Bunaciu, A. A., Udri, Stioiu, E. G., & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 289-299.
- Buzarovska, A., & Grozdanov, A. (2011). Biodegradable Poly(L-lactic acid)/TiO₂ Nanocomposites: Thermal Properties and Degradation. *Journal of Applied Polymer Science*, 2187-2193.
- Castro-Aguirre, E., Iñiguez-Franco, F., Samsudin, H., Fang, X., & Auras, R. (2016). Poly(lactic acid)—Mass production, processing, industrial applications, and end of life. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 34.
- Elnashar, M. M. (2010). *Biopolymers*. Croatia: Sciyo.
- Farah, S., Anderson, D. G., & Langer, R. (2016). Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications - A comprehensive review. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 1-26.

- Fonseca, C., Ochoa, A., Ulloa, M. T., Alvarez, E., Canales, D., & Zapata, P. (2015). Poly(lactic acid)/TiO₂ nanocomposites as alternative biocidal and antifungal materials. *Materials Science and Engineering C*, 314-320.
- Garlotta, D. (2001). A Literature Review of Poly(Lactic Acid). *Journal of Polymers and the Environment*, 63-84.
- Joseph, D., Judovits, L., Prime, R., E. Bair, H., Reading, M., & Swier, S. (2009). *Thermal Analysis of Polymer Fundamentals dan Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.,.
- Kaushik, K., Sharma, R. B., & Agarwal, S. (2016). Natural Polymers and their Applications. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 30-36.
- Kershaw, P. J. (2015). *Biodegradable Plastics & Marine Litter*. Nairobi,: United Nations Environment Programme.
- Khan, S., Garg, M., Chockalingam, S., Gopinath, P., & Kundu, P. P. (2019). TiO₂ doped chitosan/poly (vinyl alcohol) nanocomposite film. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1-7.
- Li, W., Zhang, C., Chi, H., Li, L., Lan, T., Han, P., Qin, Y. (2017). Development of Antimicrobial Packaging Film Made from Poly(Lactic Acid) Incorporating Titanium Dioxide and Silver Nanoparticles. *MDPI*, 1-15.
- Li, Y., Caihong, C., Li, J., & Sun, X. S. (2011). Synthesis and characterization of bionanocomposites of poly(lactic acid) and TiO₂ nanowires by in situ polymerization. *Polymer*, 2367-2375.
- Luo, Y.-b. (2014). A Further Research on the Properties of PLA/TiO₂ Nanocomposites. *Applied Mechanics and Materials*, 996-1000.
- Luo, Y.-B., Wang, X.-L., & Wang, Y.-Z. (2012). Effect of TiO₂ nanoparticles on the long-term hydrolytic degradation behavior of PLA. *Polymer Degradation and Stability*, 721-728.
- Mallick, S., Ahmad, Z., Touati, F., Bhadra, J., R.A. Shakoor, & Al-Thani, N. (2018). PLA-TiO₂ nanocomposites: Thermal, morphological, structural, and humidity sensing properties. *Ceramics International*, 16507–16513.

- Nakayama, N., & Hayashi, T. (2007). Preparation and characterization of poly(L-lactic acid)/TiO₂. *Polymer Degradation and Stability*, 1255-1264.
- Nomai, J., Suksut, B., & Schlarb, A. K. (2016). Crystallization Behavior of Poly(lactic acid)/Titanium Dioxide Nanocomposites. *KMUTNB Int J Appl Sci Technol*, 251–258.
- Olatunji, O. (2016). *Natural Polymers*. akoka: Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht.
- Salahuddin, N., Abdelwahab, M., Gaber, M., & Elneanaey, S. (2019). Synthesis and Design of Norfloxacin drug delivery system based on PLA/TiO₂. *Materials Science & Engineering C*, 1-40.
- Santana-Aranda, M. A., Morán-Pineda, M., Hernández, J., & Castillo, S. (2005). Physical properties of TiO₂ prepared by sol-gel under different pH conditions for photocatalysis. *Superficies y Vacío*, 46-49.
- Shakoor, A., & Thomas, N. L. (2014). Talc as a Nucleating Agent and Reinforcing Filler in Poly Lactic Acid (PLA) Composites. *Polymer Engineering and Science*, 1-23.
- Soni, N. (2017). Thermal Methods of Analysis. *Mod Appl Pharm Pharmacol*, 1-8.
- V. Caratto, M. Feretti, & L. Setti. (2012). Synthesis of TiO₂ rutile nanoparticles by PLA in solution. *Applied Surface Science*, 2393– 2396.
- Vidovic, E., Faraguna, F., & Jukic, A. (2016). Influence of inorganic fillers on PLA crystallinity and thermal properties. *J Therm Anal Calorim*, -.
- Vishakha S, K., Kishor D, B., & Sudha S, R. (2012). Natural Polymers – A Comprehensive Review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 1597-1613.
- Yadav, A., S Mangaraj, Singh, R., Kumar M, N., & Arora, S. (2018). Biopolymers as packaging material in food and allied industry. *International Journal of Chemical Studies*, 2411-2418.
- Zhang, H., Huang, J., Yang, L., Chen, R., Zou, W., Lin, X., Qu, J. (2015). Preparation, characterization and properties of PLA/TiO₂ nanocomposites based on a novel vane extruder. *RSC Adv*, 4639–4647.

- Zhuang, W., Liu, J., Zhang, J. H., Hu, B. X., & Shen, J. (2009). Preparation, Characterization, and Properties of TiO₂/PLA Nanocomposite by In Situ Polymerization. *Polymers Composite*, 1078.
- Zorah, M., Mustapa, I. R., Daud, N., J.H, N., Sudin, N., Majhool, A., & Mahmoudi, E. (2020). Improvement Thermomechanical Properties of Polylactic Acid via Titania Nanofillers Reinforcement. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 97-111.

Lampiran A Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Tanggal	BAB	Keterangan
14 september 2019		Diskusi tentang penentuan tempat penelitian.
8 Oktober 2019		Diskusi konsep perencanaan penelitian tugas akhir mengenai bahan baku yang akan digunakan
7 November 2019		Diskusi tentang bahan baku, <i>filler</i> , metode, pengujian yang akan digunakan pada tugas akhir
28 November 2019		Diskusi rencana bahan baku PLA, <i>filler</i> CaCO ₃ , metode <i>solvent casting</i> , dan pengujian FTIR dan DSC pengujian yang akan digunakan.
11 Desember 2019		Diskusi 2 jurnal sebagai referensi awal mengenai metode, bahan, pengujian, kondisi operasi dan melakukan penetapan bahan baku, <i>filler</i> , metode, pengujian yang akan digunakan yaitu PLA (bahan baku), TiO ₂ (<i>filler</i>), metode (<i>solvent casting</i>), pengujian (UTM dan TGA)
18 Desember 2019	BAB I dan BAB III	Diskusi ASTM D882-10 yang akan digunakan untuk pengujian kekuatan tarik dan membahas mengenai revisi proposal tugas akhir yang terdapat pada Latar Belakang dan Waktu dan Tempat, Variabel

26 Desember 2019	BAB I, BAB II, dan BAB III	Diskusi mengenai revisi proposal tugas akhir yang terdapat pada Latar Belakang, PLA, TiO ₂ , UTM, TGA, pembuatan biofilm PLA, PLA/TiO ₂ dan karakterisasi sampel dan diagram alir proses
19 Januari 2020	BAB I, BAB II, dan BAB III	Diskusi mengenai revisi proposal tugas akhir yang terdapat pada Latar Belakang, Polimer Alam, Diagram Alir dan Jadwal Pelaksanaan
31 Januari 2020	BAB I, BAB II, dan BAB III	Diskusi mengenai revisi proposal tugas akhir yang terdapat pada sampul sampai Daftar Pustaka (nomer halaman, <i>font</i> tulisan, penulisan kata-kata dan penandatanganan proposal tugas akhir oleh dosen pembimbing.
12 Februari 2020	BAB III	Diskusi tentang percobaan pembuatan biofilm, kesalahan yang terjadi pada saat pendahuluan dan menentukan komposisi dan metode dan pelarut yang digunakan
17 Februari 2020	BAB III	Diskusi penentuan komposisi TiO ₂ yang akan digunakan untuk penelitian, membahas hasil sampel pendahuluan dan kondisi sampel yang sulit dilepas dari <i>cawan petri</i> walaupun sudah diberikan kloroform
19 Februari 2020	BAB III	Diskusi pembuatan biofilm dengan persentase TiO ₂ 0,5%, 1% dan kendala yang dialami pada saat pembuatan biofilm
20 Februari 2020	BAB III	Diskusi hasil sampel (biofilm) dengan persentase TiO ₂ 0,5% dan 1%
27 Februari 2020	BAB III	Diskusi membahas hasil sampel (biofilm) dengan persentase TiO ₂ 1,5%, 2% dan membahas tentang pengujian XRD yaitu tempat, harga, waktu lama pengerjaan
5 Maret 2020		Diskusi hasil observasi tentang pengujian XRD
11 Maret 2020		Diskusi tentang pengisian formulir pengujian XRD di LIPI Fisika Serpong dan melaporkan hasil diskusi dengan instruktur UTM mengenai pengujian

12 Maret 2020	BAB IV	Diskusi tentang hasil pengukuran ketebalan dari semua sampel dan menyampaikan kelanjutan pengujian XRD
16 Maret 2020		Diskusi spesifikasi pengujian XRD untuk diajukan ke pihak LIPI dan menyampaikan harga pengujian XRD
24 Maret 2020		Penyampaian tentang kelanjutan pengujian (XRD, UTM, TGA)
13 April 2020	BAB I, BAB II, dan BAB III	Presentasi progres tugas akhir kepada dosen pembimbing dan membahas tentang kesalahan PPT laporan tugas akhir yang terdapat pada batasan masalah, polimer Alam, PLA, Diagram Alir, Saran dan Kesimpulan
25 April 2020	BAB I, BAB II, dan BAB III	Revisi bahan presentasi dengan kesalahan pada slide pertama sampai slide 26

Lampiran B Surat Tugas bimbingan



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

Nomor : 2001/BPSDMI/STMI/PP/II/2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Bapak Syaiful Ahsan, ST, MT
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/II/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Muhamad Firel Firmana
No. Induk : 1516048

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pengaruh Penambahan Filler TiO₂ terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Termal Bio Film Polylactic Acid (PLA). "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.



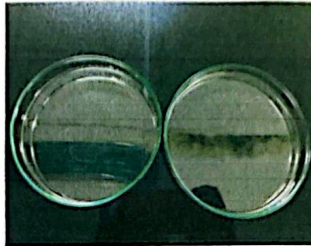
Tembusan:
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan:



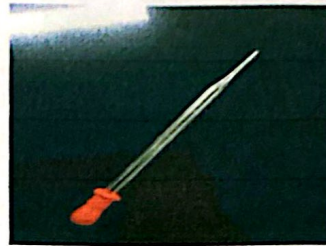
Lampiran C Gambar Alat



Neraca Digital



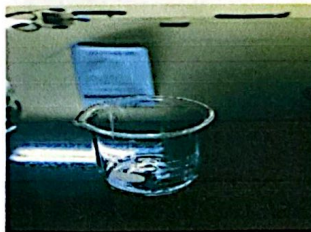
Cawan Petri



Pipet Tetes



Gelas Ukur



Gelas Kimia



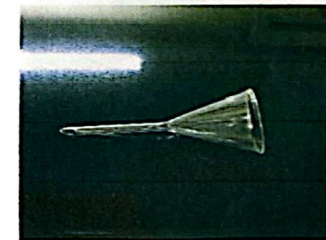
Aluminium Foil



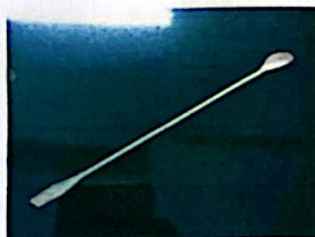
Hot Plate



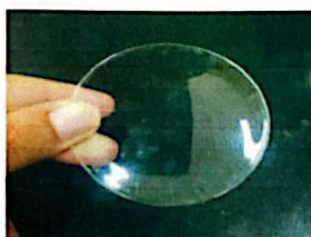
Magnetic Stirrer



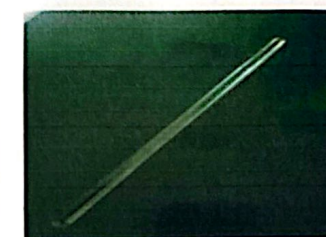
Corong



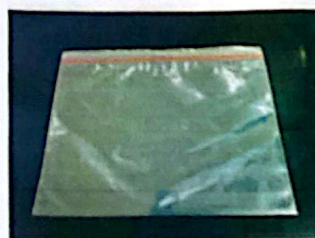
Spatula



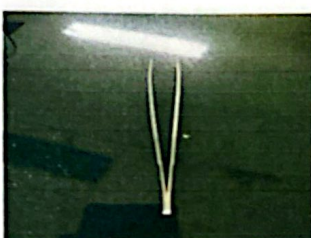
Kaca Arloji



Batang Pengaduk



Plastik Ziplock

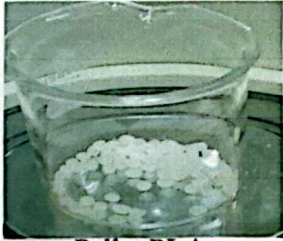


Pinset

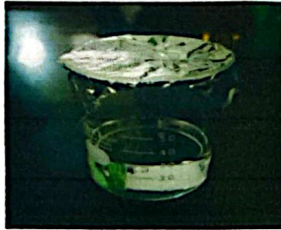


Gunting

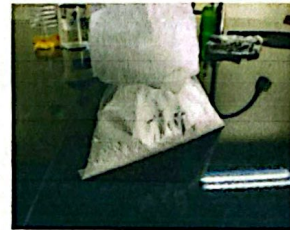
Lampiran D Gambar Bahan



Pellet PLA

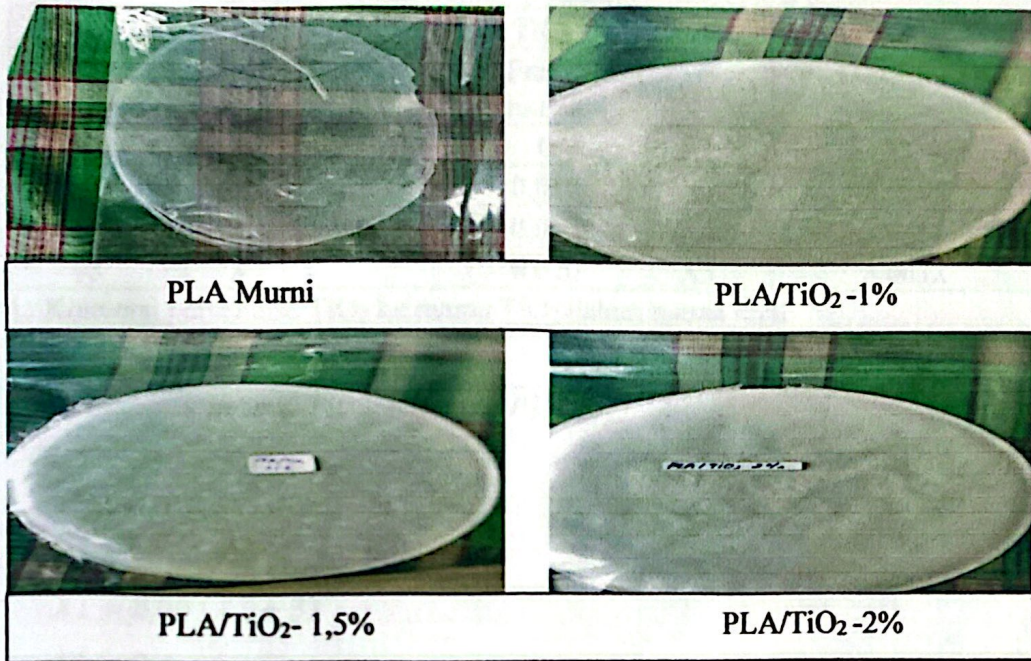


Kloroform



Titanium dioksida

Lampiran E Biofilm PLA, PLA/TiO₂



Lampiran F Data dan perhitungan

PLA		TiO ₂			TOTAL (g)
Pesen (%)	Massa (g)	Pesen (%)	Fraksi massa	Massa (g)	
100	3	0	0	X1	3
99	3	1	0,010	X3	3,0309
98,5	3	1,5	0,015	X4	3,0456
98	3	2	0,020	X5	3,0612

1. Konversi persentase TiO₂ ke massa TiO₂ dalam massa total

$$\frac{\text{massa TiO}_2}{\text{massa TiO}_2 + \text{massa PLA (g)}} = \text{persentase TiO}_2$$

a. Persentase TiO₂ 0%

$$\frac{X1}{X1 + 3} = 0\%$$

$$X1 = 0,00 (X1 + 3)$$

$$X1 = 0 \text{ g}$$

b. Persentase TiO₂ 1%

$$\frac{X3}{X3 + 3} = 1\%$$

$$X3 = 0,01(X3 + 3)$$

$$X3 = 0,0309 \text{ g}$$

c. Persentase TiO₂ 1,5%

$$\frac{X4}{X4 + 3} = 1,5\%$$

$$X4 = 0,015(X4 + 3)$$

$$X4 = 0,0456 \text{ g}$$

d. Persentase TiO₂ 2%

$$\frac{X5}{X5 + 3} = 2\%$$

$$X5 = 0,02(X5 + 3)$$

$$X_5 = 0,0612 \text{ g}$$

Data lengkap massa TiO₂, PLA, dan total

PLA		TiO ₂			TOTAL (g)
Pesen (%)	Massa (g)	Pesen (%)	Fraksi massa	Massa (g)	
100	3	0	0	0	3
99	3	1	0,010	0,0309	3,0309
98,5	3	1,5	0,015	0,0456	3,0456
98	3	2	0,020	0,0612	3,0612

2. Fraksi massa

$$\frac{\text{massa TiO}_2}{\text{massa TiO}_2 + \text{massa PLA (g)}} =$$

a. Fraksi massa TiO₂ dalam biofilm PLA murni

$$\frac{0 \text{ g}}{0 \text{ g} + 3 \text{ g}} = 0$$

b. Fraksi massa TiO₂ dalam biofilm PLA/TiO₂-1%

$$\frac{0,0309 \text{ g}}{0,0309 \text{ g} + 3 \text{ g}} = 0,010$$

c. Fraksi massa TiO₂ dalam biofilm PLA/TiO₂-1,5%

$$\frac{0,0456 \text{ g}}{0,0456 \text{ g} + 3 \text{ g}} = 0,015$$

d. Fraksi massa TiO₂ dalam biofilm PLA/TiO₂-2%

$$\frac{0,0612 \text{ g}}{0,0612 \text{ g} + 3 \text{ g}} = 0,020$$

2. Nilai Ketebalan Biofilm PLA, PLA/TiO₂

	0,00%	0,50%	1%	1,50%	2%
Tempat 1	0,14 mm	0,15 mm	0,22 mm	0,13 mm	0,24 mm
Tempat 2	0,13 mm	0,15 mm	0,15 mm	0,11 mm	0,10 mm
Tempat 3	0,15 mm	0,15 mm	0,13 mm	0,14 mm	0,16 mm

3. Derajat Kristalinitas (X_c)

$$X_c = \frac{(\Delta H_m - \Delta H_c)}{\Delta H_m^\circ(1-\alpha)} \times 100\%$$

Pemanasan pertama

$$(X_c \text{ PLA/TiO}_2\text{-1\%}) X_c = \frac{(35,93-0)}{93(1-0,010)} \times 100\% = 39,02 \%$$

$$(X_c \text{ PLA/TiO}_2\text{-1,5\%}) X_c = \frac{(34,79-0)}{93(1-0,015)} \times 100\% = 37,93 \%$$

$$(X_c \text{ PLA/TiO}_2\text{-2\%}) X_c = \frac{(35,03-0)}{93(1-0,020)} \times 100\% = 38,39 \%$$

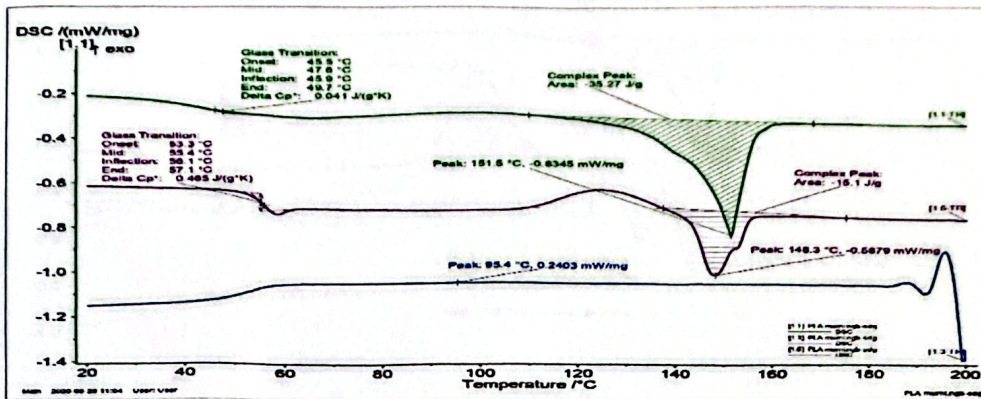
Pemanasan kedua

$$(X_c \text{ PLA/TiO}_2\text{-1\%}) X_c = \frac{(34,9-33,24)}{93(1-0,010)} \times 100\% = 1,80 \%$$

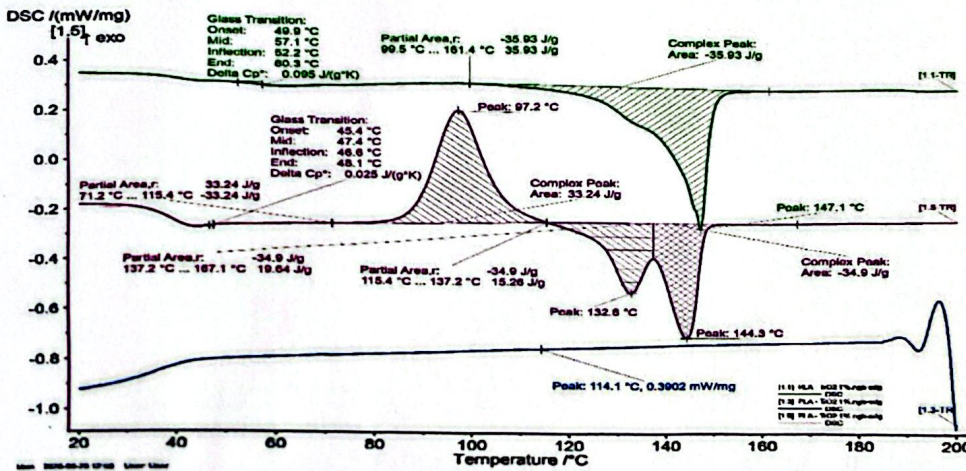
$$(X_c \text{ PLA/TiO}_2\text{-1,5\%}) X_c = \frac{(23,79-24,03)}{93(1-0,015)} \times 100\% = -0,26 \%$$

$$(X_c \text{ PLA/TiO}_2\text{-2\%}) X_c = \frac{(33,97-32,86)}{93(1-0,020)} \times 100\% = 1,21 \%$$

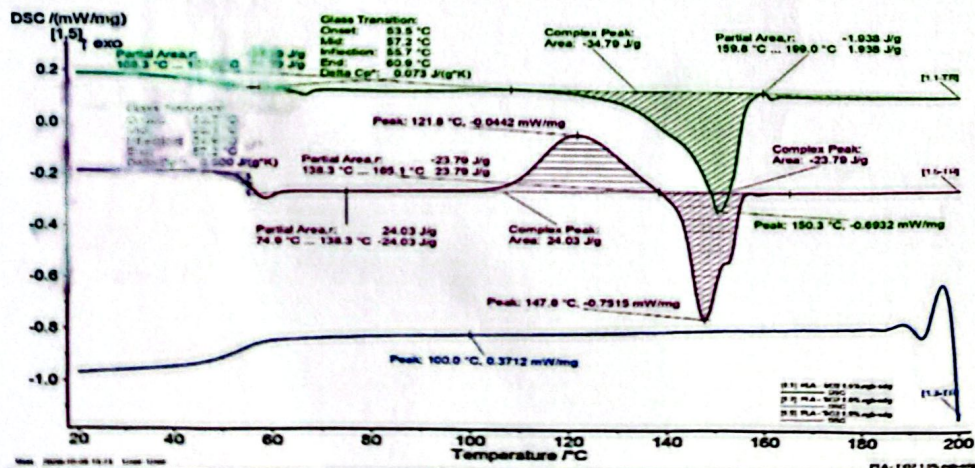
Lampiran G Termogram DSC PLA, PLA/TiO₂



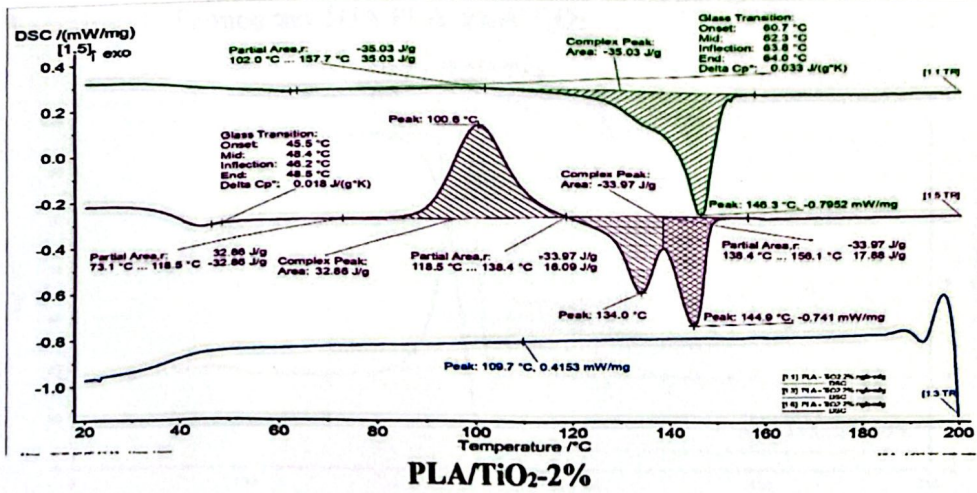
PLA murni



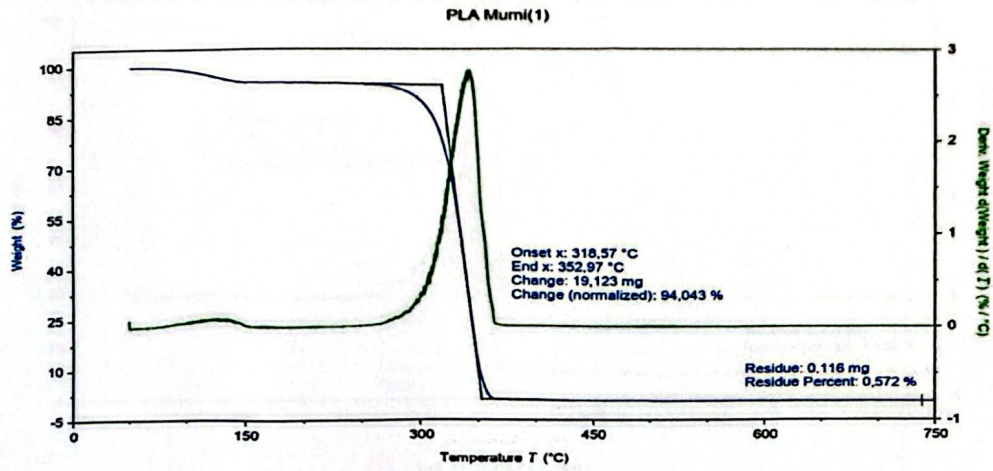
PLA/TiO₂-1%



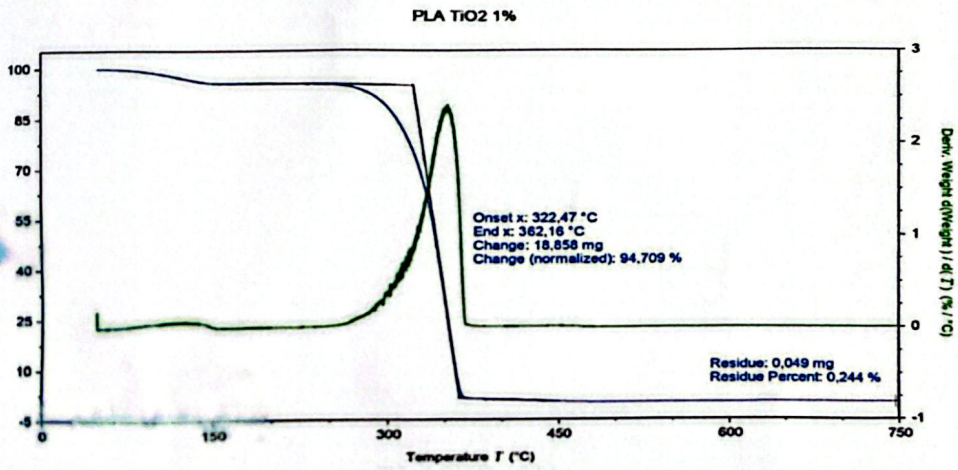
PLA/TiO₂-1,5%



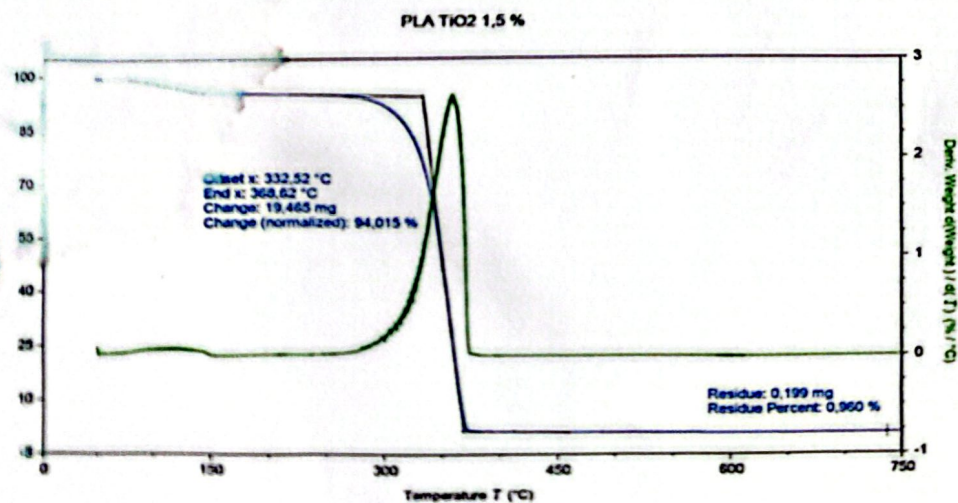
Lampiran H Termogram TGA PLA, PLA/TiO₂



PLA murni



PLA/TiO₂-1%



PLA/TiO₂-1,5%

