

**SIFAT TERMAL DAN SIFAT MEKANIS *BIOFILM*
POLYLACTIC ACID (PLA) DENGAN PENAMBAHAN *FILLER*
TALK**

DI POLITEKNIK STMI JAKARTA

(Januari 2020 – Agustus 2020)

TUGAS AKHIR

Oleh
TITANSARI ISMEINURI
NIM: 1516011



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

DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl. Terima	07/10/2022
No Induk Buku	88/TKP/SB/TA/20

SUMBANGAN ALUMNI

**SIFAT TERMAL DAN SIFAT MEKANIS *BIOFILM*
POLYLACTIC ACID (PLA) DENGAN PENAMBAHAN *FILLER*
TALK**

DI POLITEKNIK STMI JAKARTA

(Januari 2020 – Agustus 2020)

TUGAS AKHIR

**Sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta**

**Oleh
TITANSARI ISMEINURI
NIM: 1516011**



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

ABSTRAK

SIFAT TERMAL DAN SIFAT MEKANIS *BIOFILM* *POLYLACTIC ACID (PLA)* DENGAN PENAMBAHAN *FILLER* TALK

Oleh
Titansari Ismeinuri
NIM : 1516011
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Plastik sudah banyak digunakan dalam berbagai bidang, mulai dari pengemas makanan, minuman hingga peralatan rumah tangga. Penggunaan plastik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius, karena plastik berbasis minyak bumi sulit untuk terurai. Untuk mengurangi pencemaran lingkungan tersebut dibutuhkan suatu bahan plastik yang mudah terdegradasi. *Polylactic acid (PLA)* adalah salah satu bahan *biodegradable* yang diharapkan dapat menjadi alternatif untuk permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh sampah plastik. *Polylactic acid (PLA)* memiliki sifat kekuatan tarik dan modulus yang baik. Kekurangan dari *polylactic acid (PLA)* diantaranya yaitu rapuh, stabilitas termal rendah dan biaya produksinya yang tinggi. Penambahan *filler* memiliki potensi untuk memperbaiki kekurangan dari PLA. *Filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah talk dengan variasi 0%; 3%; 4,5% dan 6% dari massa campuran. *Biofilm PLA/talk* dibuat menggunakan metode *solvent casting*. Pengujian dalam penelitian ini menggunakan alat DSC dan UTM untuk mengetahui derajat kristalinitas dan kekuatan tarik dari biofilm yang dihasilkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase talk yang ditambahkan ke dalam biofilm PLA dapat meningkatkan nilai derajat kristalinitas pada proses second heating. Biofilm PLA yang ditambahkan talk memiliki nilai kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan biofilm PLA yang tidak ditambahkan dengan talk. Namun, penyebaran talk yang kurang merata dapat menurunkan nilai kekuatan tarik.

Kata Kunci : *Polylactic Acid (PLA)*, talk, *biofilm*, sifat mekanis, sifat termal.

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**SIFAT TERMAL DAN SIFAT MEKANIS *BIOFILM*
POLYLACTIC ACID (PLA) DENGAN PENAMBAHAN *FILLER*
TALK**

Titansari Ismeinuri

1516011

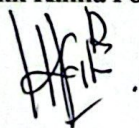
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

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**

**SIFAT TERMAL DAN SIFAT MEKANIS *BIOFILM*
POLYLACTIC ACID (PLA) DENGAN PENAMBAHAN *FILLER*
TALK**

Titansari Ismeinuri

1516011

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2020

Penguji 1

Penguji 2



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



Ella Melyna, S.T., M.T
NIP : 199103062018012001

Dosen Pembimbing



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

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

**SIFAT TERMAL DAN SIFAT MEKANIS *BIOFILM*
POLYLACTIC ACID (PLA) DENGAN PENAMBAHAN *FILLER*
TALK**

Titansari Ismeinuri

1516011

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2020

Penguji 1



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

Penguji 2



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

Penguji 3



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T
NIP. 198210012014022001

Dosen Pembimbing



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

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Titansari Ismeinuri
NIM : 1516011
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul: SIFAT TERMAL DAN SIFAT MEKANIS *BIOFILM POLYLACTIC ACID (PLA)* DENGAN PENAMBAHAN *FILLER TALK*

- 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 di atas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, November 2020



Titansari Ismeinuri

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Yang Maha Kuasa karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Penulisan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer di Politeknik STMI Jakarta. Saya menyadari belum tentu bisa menyelesaikan laporan tugas akhir ini tanpa bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Mustofa, S.T., M.T selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
2. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer.
3. Syaiful Ahsan, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing saya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ida Nur Apriani, S.S.T., M.Si selaku Laboran Lab. Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah membantu selama pembuatan *biofilm* di Lab. Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Seluruh dosen Teknik Kimia Polimer yang sudah mengajar saya dari semester 1 hingga saya dapat menyelesaikan perkuliahan.
6. Orang tua serta keluarga dan sahabat - sahabat penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moril.
7. Teman-teman Teknik Kimia Polimer angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan untuk penulis selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.

saya menyadari dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. saya sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Jakarta, November 2020

Penulis

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 TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
Bab I Pendahuluan.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah.....	2
I.4 Tujuan	3
I.5 Manfaat	3
Bab II Tinjauan Pustaka.....	4
II.1 Plastik	4
II.2 Polylactic Acid (PLA).....	5
II.3 Talk.....	7
II.4 Metode Pembuatan <i>Biofilm</i> PLA	8
II.5 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC).....	11
II.6 <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	15
Bab III Metode	19
III.1 Waktu dan Tempat.....	19
III.2 Alat dan Bahan	19
III.2.1 Alat	19
III.2.2 Bahan	19
III.3 Variabel	20
III.3.1 Variabel Tetap	20
III.3.2 Variabel Bebas	20
III.4 Prosedur penelitian.....	20
III.4.1 Persiapan Alat dan Bahan	20
III.5 Prosedur pembuatan <i>biofilm</i> PLA dan PLA/Talk	21
III.6 Karakterisasi Sampel.....	23
III.6.1 Pengujian Menggunakan DSC	23
III.6.2 Pengujian Menggunakan UTM	23
Bab IV Hasil dan Pembahasan	24
IV.1 Hasil Pengujian Menggunakan DSC	24
IV.2 Hasil Pengujian Menggunakan UTM	29

Bab V Penutup.....	32
V.1 Kesimpulan.....	32
V.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	36

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A LEMBAR BIMBINGAN	37
LAMPIRAN B LEMBAR SURAT TUGAS DOSEN PEMBIMBING	39
LAMPIRAN C GAMBAR ALAT.....	40
LAMPIRAN D GAMBAR BAHAN.....	41
LAMPIRAN E GAMBAR PROSES.....	42
LAMPIRAN F HASIL <i>BIOFILM</i>	43
LAMPIRAN G UKURAN KETEBALAN SAMPEL.....	44
LAMPIRAN H PERHITUNGAN	45
LAMPIRAN I HASIL PENGUJIAN UTM.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Struktur <i>Polylactic Acid</i> (PLA)	5
Gambar II. 2 Termogram kurva DSC	14
Gambar II. 3 Kurva tegangan dan regangan	16
Gambar II. 4 Kurva tegangan regangan bahan polimer	17
Gambar II.5 Spesimen uji kekuatan tarik.....	18
Gambar III. 1 Diagram Penelitian	22
Gambar IV.1 Termogram DSC PLA murni	24
Gambar IV.2 Termogram DSC <i>biofilm</i> PLA/talk 3%	25
Gambar IV.3 Termogram DSC <i>biofilm</i> PLA/talk 4,5%	26
Gambar IV.4 Termogram DSC <i>biofilm</i> PLA/talk 6%	27
Gambar IV.5 Derajat kristalinitas pada <i>first heating</i>	28
Gambar IV.6 Derajat kristalinitas pada <i>second heating</i>	29
Gambar IV.7 Kekuatan tarik <i>biofilm</i> PLA/Talk	30

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Perbedaan plastik konvensional dan plastik <i>biodegradable</i>	5
Tabel II. 2 Sifat fisika dan kimia PLA Ingeo data sheet PLA 2002D	6
Tabel II. 3 Derajat kristalinitas PLA dan PLA/Talk.....	15
Tabel II. 4 Kekuatan tarik mikrokomposit PLA/talk).....	18
Tabel III. 1 Variasi Komposisi <i>Biofilm</i> PLA Kontrol dan <i>Biofilm</i> PLA/talk.....	20
Tabel IV.1 Sifat termal PLA dan PLA/talk.....	28

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Plastik sebagai bahan pengemas sangat umum digunakan, mulai dari kemasan untuk makanan, minuman, peralatan rumah tangga hingga perangkat elektronik. Coniwanti dkk. (2014) mengatakan bahwa bahan kemasan yang berasal dari polimer petrokimia yakni plastik sangat populer digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, yakni fleksibel (mengikuti bentuk produk), transparan, tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan kemasan lain, dan tidak korosif. Menurut Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik Indonesia (INAPLAS) konsumsi plastik di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 17 kg/Kapita/Tahun (Kamsiati dkk., 2017).

Penggunaan plastik akan menyebabkan masalah baru untuk lingkungan. Menurut Yu dkk. (2011) bahwa sebagian besar plastik yang terbuat dari minyak bumi tidak dapat terurai. Limbah plastik tersebut menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan polimer yang dapat terurai secara hayati untuk menggantikan plastik petroleum tradisional.

Polimer *biodegradable* dianggap sebagai alternatif untuk menggantikan bahan berbasis minyak bumi dan sudah ditemukan sebagai pembungkus makanan, tas dan karung, pengemas hasil agrikultural dan aplikasi pasar lainnya (Cipriano dkk., 2014). *Polylactic acid* (PLA) sebagai salah satu polimer *biodegradable* sangat menarik perhatian diberbagai bidang penelitian karena memiliki kekuatan tarik dan modulus yang sangat baik, serta kemampuan untuk di proses yang baik dari sumber daya yang terbarukan (Buzarovska dkk., 2015). Yu dkk. (2011) mengatakan bahwa membuat komposit dengan mencampurkan polimer dengan *filler* adalah cara yang efektif untuk meningkatkan sifat dari polimer dan juga dapat mengurangi biaya produksi.

Qin dkk. (2014) mengatakan ditemukan bahwa penambahan *filler* anorganik, seperti *nanoclay*, talk, dan kalsium karbonat, ke campuran biner membantu meningkatkan ketahanan dan sifat mekanis polimer.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Buzarovska dkk. (2015), dengan menambahkan *filler* talk 0-15% ke dalam *biofilm* dapat menaikkan derajat kristalinitas dengan menggunakan metode *solvent casting*.

Berdasarkan uraian diatas penelitian mengenai plastik *biodegradable* penting dilakukan untuk membantu meminimalisir masalah lingkungan yang diakibatkan oleh sampah plastik yang sulit terurai.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *filler* talk terhadap derajat kristalinitas *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *filler* talk terhadap kekuatan tarik *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk?

I.3 Batasan Masalah

1. Bahan baku yang digunakan berupa *Polylactic acid* (PLA), bahan pengisi berupa talk, dan bahan-bahan yang digunakan merupakan bahan komersil.
2. Komposisi talk yang digunakan 0%; 3%; 4,5%; 6% dari massa campuran.
3. Massa PLA yang digunakan 3 gram.
4. Proses pembuatan *biofilm* menggunakan metode *solvent casting*.
5. Pengujian sifat termal dilakukan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) untuk mengetahui derajat kristalinitas dari *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk.
6. Pengujian sifat mekanis dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk mengetahui kekuatan tarik dari *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk.

I.4 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh penambahan *filler* talk terhadap derajat kristalinitas *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *filler* talk terhadap kekuatan tarik *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk.

I.5 Manfaat

1. Manfaat untuk industri

Penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan untuk industri pembuat plastik *biodegradable* dalam pengembangan produk.

2. Manfaat bagi masyarakat

Penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan untuk membantu mengurangi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik yang sulit terurai.

3. Manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan

Penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi tentang pembuatan *biofilm* dengan metode *solvent casting*.

Bab II Tinjauan Pustaka

II.1 Plastik

Plastik merupakan bahan pengemas yang banyak digunakan dan berkembang luas. Sebagian besar peralatan rumah tangga, peralatan kantor, bahan pengemas makanan dan minuman juga menggunakan plastik. Tidak hanya dibidang industri, kemasan plastik juga digunakan oleh retail, pedagang tradisional juga menggunakan plastik sebagai bahan pengemas (Kamsiati dkk., 2017). Bahan pengemas yang berasal dari polimer petrokimia sangat populer digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, diantaranya fleksibel, transparan, tidak mudah pecah, tidak korosi, kuat, tidak mudah rapuh dan stabil. Namun polimer plastik juga memiliki kekurangan, diantaranya tidak tahan panas, mudah rusak dan dapat menyebabkan kontaminasi dan tidak dapat dihancurkan secara alami (*non-biodegradable*) (Coniwanti dkk., 2014).

Sampah plastik bekas pakai tidak akan hancur meskipun telah ditimbun dalam waktu lama, sehingga mengakibatkan penumpukan sampah plastik dapat menyebabkan pencemaran dan kerusakan bagi lingkungan hidup. Untuk mengurangi terjadinya penimbunan sampah plastik maka dilakukan penelitian pembuatan plastik *biodegradable* dengan menggunakan bahan alami yang dapat diperbaharui (Coniwanti dkk., 2014). Tabel II.1 menunjukkan perbedaan antara plastik konvensional dan plastik *biodegradable* dari beberapa aspek.

Berdasarkan bahan bakunya, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu plastik dari bahan yang tidak dapat diperbaharui dan dapat diperbaharui. Dari segi kemudahan terdegradasi oleh alam, plastik dibedakan menjadi dua, yaitu mudah terdegradasi (*biodegradable*) atau bioplastik dan sulit terdegradasi (*non biodegradable*) atau plastik konvensional (Kamsiati dkk., 2017). Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme pengurai. Plastik *biodegradable* memiliki kegunaan yang sama seperti plastik konvensional. Komponen plastik *biodegradable*/bioplastik berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui. Plastik *biodegradable* merupakan plastik ramah

lingkungan karena dapat didaur ulang atau dihancurkan secara alami (terurai dengan sendirinya) (Coniwanti dkk., 2014). Plastik *biodegradable* terbuat dari bahan polimer alami seperti pati, selulosa, dan lemak. Bahan utama yang sering digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah pati dan *Polylactic Acid* (PLA) (Kamsiati dkk., 2017).

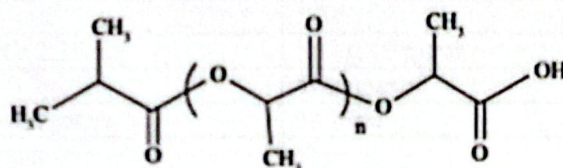
Tabel II. 1 Perbedaan plastik konvensional dan plastik *biodegradable* (Kamsiati dkk., 2017)

Aspek	Plastik Konvensional	Plastik <i>Biodegradable</i>
Bahan baku	Tidak terbarukan (Minyak bumi)	Terbarukan (Bahan Nabati)
Teknologi	Sudah mapan	Dalam tahap pengembangan
Sosial	Sudah banyak digunakan	Belum banyak dikenal
Ekonomi	Lebih murah	Lebih mahal
Lingkungan	Tidak ramah lingkungan	Ramah lingkungan

II.2 Polylactic Acid (PLA)

Polylactic acid (PLA) adalah polimer termoplastik alifatik linier yang dihasilkan dari polimerisasi kondensasi dari monomer asam laktat atau *ring-opening* polimerisasi dari laktida (Yu dkk., 2011). Gambar II.1 menunjukkan rumus struktur dari PLA. PLA dapat dikatakan sebagai *biodegradable* apabila fungsinya sebagai pengemas jangka pendek dan dapat dikatakan sebagai biokompatibel apabila fungsinya sebagai aplikasi medis. PLA dapat terdegradasi oleh degradasi abiotik misalnya hidrolisis sederhana dari ikatan ester tanpa memerlukan kehadiran enzim untuk mengkatalisisnya (Averous dkk., 2008).

Pelet PLA yang saat ini tersedia merupakan turunan dari asam laktat yang dihasilkan melalui fermentasi biomassa seperti jagung, kentang dan beras (Takkalkar dkk., 2019).



Gambar II. 1 Struktur *Polylactic Acid* (PLA)
Sumber : Cipriano dkk. (2014)

Sintesis PLA adalah proses multistep yang dimulai dari produksi asam laktat dan diakhiri dengan polimerisasi. PLA dapat diproduksi melalui tiga metode, yaitu: (1) Polikondensasi langsung (*direct condensation-polymerization*) asam laktat yang menghasilkan PLA dengan berat molekul rendah dan rapuh sehingga sebagian besarnya tidak dapat digunakan kecuali jika ditambahkan *chain coupling agent* untuk meningkatkan panjang rantai polimer; (2) Kondensasi dehidrasi azeotropik (*Azeotropic dehydration condensation*) asam laktat dengan menggunakan pelarut azeotropik, yang dapat menghasilkan PLA dengan berat molekul mencapai 15.400 dan rendemen sebesar 89%. polimerisasi pembukaan cincin (*ring opening polymerization*, ROP), yang dilakukan melalui tiga tahapan yaitu polikondensasi asam laktat, depolimerisasi sehingga membentuk dimer siklik (*lactide*) dan dilanjutkan dengan polimerisasi pembukaan cincin, sehingga diperoleh PLA dengan berat molekul tinggi (Averous dkk., 2008). Produk akhir PLA yang terdegradasi adalah CO₂ dan H₂O yang sama sekali tidak berbahaya untuk manusia dan ramah terhadap lingkungan (Huang dkk., 2016). PLA dapat diproses melalui metode komersial yang mirip dengan konvensional polimer, tetapi untuk aplikasinya saat ini masih terbatas karena memiliki sifat yang rapuh, stabilitas termal rendah dan biaya produksinya yang tinggi (Takkalkar dkk., 2019). Tabel II.2 menunjukkan Sifat fisika dan kimia PLA Ingeo data *sheet* PLA 2002D.

Tabel II. 2 Sifat fisika dan kimia PLA Ingeo data sheet PLA 2002D (Kolstad dkk., 2012)

Parameter	Nilai
Temperatur transisi gelas (T _g)	55–60 °C
Temperatur leleh (T _m)	145–160 °C
Morfologi	Semikristalin
Kristalinitas	35%
<i>Specific gravity</i>	1,24
<i>Melt flow</i> , 210 °C/ 2,16 Kg	5–7 g/10 menit
Kejernihan	Transparan
Kekuatan tarik saat putus	53 Mpa
Elongasi saat putus	6%
Modulus tarik	3,45 Gpa

PLA yang tersedia secara komersial dapat memberikan sifat mekanis yang lebih baik daripada *polystyrene* dan memiliki sifat yang lebih atau kurang sebanding dengan PET. Studi pasar menunjukkan bahwa PLA adalah bahan yang layak secara ekonomi sebagai bahan pengemas. Kelemahan yang terdapat pada PLA dapat dimodifikasi dengan penambahan *plasticizer*, biopolimer lainnya ataupun *filler* (Averous dkk., 2008).

II.3 Talk

Bahan aditif yang dapat ditambahkan ke dalam matriks plastik disebut juga bahan pengisi atau *filler*. Bahan pengisi atau *filler* umumnya berbahan anorganik dan dapat diklasifikasikan menurut pengaruhnya terhadap sifat mekanis dari campuran yang akan dihasilkan. *Filler* ditambahkan bertujuan untuk mengurangi biaya menambahkan kekuatan tarik dari matriks, meningkatkan densitas senyawa, mengurangi penyusutan, meningkatkan kekerasan dan meningkatkan suhu refleksi panas (Baker dkk., 2004)

Bentuk partikel, ukuran partikel, dan distribusi ukuran partikel dari *filler* mempengaruhi sifat dari *filler*. Semakin kecil ukuran partikel *filler*, maka semakin besar peningkatan sifat mekanis yang diinginkan (seperti kekuatan tarik) tetapi ukuran partikel *filler* yang lebih besar dapat memberikan sifat mekanis yang lebih kecil. permukaan partikel adalah hal yang penting untuk meningkatkan interaksi dengan polimer dan untuk memungkinkan adhesi antarmuka yang baik antara *filler* dan matriks. Tanah liat, kalsium karbonat, dan talk adalah contoh dari bahan pengisi atau *filler* (Baker dkk., 2004).

Talk merupakan lapisan mineral silikat yang ditandai dengan tiga posisi oktahedral Mg, empat posisi tetrahedral Si dengan rumus kimia $Mg_2Si_4O_{10}(OH)_2$ (Yu dkk., 2011). Talk memiliki aplikasi yang luas sebagai *filler* polimer termoplastik (Buzarovska dkk., 2015). Talk saling berikatan dengan gaya van der Waal yang lemah. Talk paling umum ditambahkan sebagai bahan pengisi isotaktik poli propilen (PP) (Shakoor dan Thomas, 2013).

Talk adalah mineral yang sangat lunak dan sangat hidrofobik dan organofilik di alam. Ukuran partikelnya biasanya berkisar antara 1 μm sampai 30 μm . Saat ditambahkan sebagai pengisi dengan termoplastik (polipropilena atau Poli Vinil Klorida) talk meningkatkan kekakuan dan meningkatkan stabilitas dimensi komposit. Jumlah talk juga mempengaruhi kekakuan komposit (Mohan Sharma, 2012).

Umumnya talk digunakan untuk meningkatkan kekakuan, kekuatan terhadap benturan, konduktivitas termal, ketahanan kimia, dan suhu defleksi bahan polimer. dalam matriks PLA, talk telah banyak digunakan sebagai nukleator yang efektif (Buzarovska dkk., 2015). Karena sifat dari talk, mereka telah banyak digunakan di dasbor, bumper, interior dan eksterior trim dan bagian otomotif lainnya. Talk juga digunakan dipertanian dan makanan, keramik, pelapis dan kertas (Mohan Sharma, 2012).

II.4 Metode Pembuatan *Biofilm* PLA

Pembuatan *biofilm* dengan menggunakan bahan baku *polylactic acid* (PLA) sudah banyak dilakukan. Penelitian tersebut dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan dari *polylactic acid* (PLA) dengan penambahan *filler*. Teknik pengolahan kering atau termal termasuk dalam metode pengolahan konvensional yang umum digunakan dalam industri pembuatan plastik tersebut seperti *extrusion*, *blow molding*, and *injection molding*. Ekstrusi adalah metode yang paling umum digunakan memproses film kemasan polimer secara komersial (Tawakkal dkk., 2014).

Teknologi ekstrusi diterapkan secara luas dalam industri plastik dan karet, yang merupakan salah satu yang terpenting dalam proses pembuatan suatu produk. Contoh produk berbahan polimer yang diekstrusi adalah pipa, selang, kabel berinsulasi, terpal plastik dan ubin polistiren. Umumnya, ekstruder terdiri dari setidaknya satu *rotating screw* di dalam *barrel* silinder stasioner. Ekstruder memiliki tiga zona zona umpan, zona transisi dan zona pengukuran. Bahan diumpankan ke dalam *hopper* yang letaknya lebih tinggi dan dalam, dengan

bentuk yang tinggi dan dalam itu memungkinkan bahan lebih mudah untuk mengalir ke *screw* dan diangkut ke *barrel*. Material diangkut dalam bentuk padat dan masuk ke zona transisi. Material dicampur, dikompresi, dilebur dan dijadikan plastis. Setelah itu material masuk ke dalam zona pengukuran, material sudah berupa campuran plastik meleleh yang homogen yang siap diekstrusi. Sebuah pelat pada ujung *die* terhubung ke ujung *barrel* untuk menentukan bentuk produk yang diekstrusi. Hasil ekstrusi berlanjut secara horizontal ke proses pemotongan yang berfungsi untuk mengontrol panjangnya. Untuk menghasilkan ekstrudat yang seragam, aliran harus konstan hingga kestrudat masuk ke cetakan. Hasil dari proses ekstruder dapat diproses lebih lanjut, misalnya, seperti *blow molding*, or *injection molding* (Breitenbach, 2002).

Blow molding mengacu pada proses di mana plastik dipanaskan hingga meleleh atau keadaan kental. Polimer cair hasil ekstrusi dimasukkan ke dalam cetakan yang terbuka. Setelah polimer cair masuk kemudian cetakan ditutup menjadi satu. Udara bertekanan dihembuskan ke ujung tabung yang terbuka, memperluas plastik kental ke dinding rongga, sehingga membentuk bentuk wadah yang diinginkan. Selama injeksi pencetakan plastik cair tidak diekstrusi melainkan disuntikkan ke dalam cetakan rongga dengan tekanan tinggi. material mendingin di rongga dan mengeras. Kemudian cetakan dibuka dan produk tersebut dilepaskan dari cetakannya (Breitenbach, 2002).

Injection molding adalah proses manufaktur untuk bahan plastik termoplastik dan termoseting. bahan diumpankan ke dalam *heated barrel* kemudian mengalami pencampuran dan dipaksa masuk ke rongga cetakan kemudian mengalami mendingin dan mengeras didalam rongga cetakan. *Injection molding* digunakan untuk menciptakan banyak hal seperti gulungan kawat, kemasan, tutup botol, *dasbord* otomotif dan sebagian besar produk plastik lainnya tersedia saat ini. *Injection molding* sangat ideal untuk memproduksi dengan volume yang tinggi dan seragam (Thomas dkk., 2012).

Compression molding digunakan untuk pencetakan plastik thermoset. Cara kerja *compression molding* adalah setengah bagian bawah cetakan, yang berisi satu atau lebih rongga bawahterkunci ke pelat bawah *compression molding*. Bagian cetakan dipanaskan sampai sekitar 150°C lebih atau kurang tergantung pada plastik yang dicetak. *Molding compound*, butiran atau bentuk sebelumnya, ditempatkan di rongga dasar terbuka. *The press* kemudian digerakkan untuk menutup, umumnya gerakan ke atas yang cepat (200 hingga 800 in./min) sampai bahan cetakan menyentuh setengah cetakan atas. Kemudian kecepatan penutupannya dikurangi (0 hingga 80 in./min) karena material dalam rongga dipanaskan oleh cetakan dan menjadi cair. Saat cetakan terus menutup, material dipaksa untuk mengalir untuk mengisi rongga (Hull dan Harper, 2006).

Solvent casting adalah metode yang umum digunakan untuk pembuatan *biofilm*. Metode *Solvent casting* dilakukan dengan melarutkan PLA ke dalam suatu *solvent*, lalu diaduk pada suhu kamar selama 4 jam. Setelah itu, larutan dipindahkan ke cawan petri dan didiamkan semalam untuk dikeringkan dengan membiarkan *solvent* menguap. Setelah kering, lembaran PLA dikeringkan dalam oven untuk memastikan seluruh *solvent* sudah menguap seluruhnya (Takkalkar dkk., 2019). Pelarut yang dapat digunakan untuk membuat *biofilm* dengan metode *solvent casting* diantaranya tetrahidrofur, benzena, kloroform dan dioksan (Rhim dkk., 2006). Kelebihan dari metode *solvent casting* adalah membutuhkan bahan yang tidak terlalu banyak dan persiapan sampel yang mudah (Shanbhag dkk., 2008). Secara praktik metode *solvent casting* mudah untuk dilakukan tanpa membutuhkan peralatan khusus, maka metode ini menjadi salah satu metode yang sangat umum dilakukan untuk skala laboratorium (Siemann, 2005).

Compression molding juga dapat digunakan untuk menghasilkan film yang relatif kuat, stabil secara termal tetapi rapuh, hasil *biofilm* dengan metode *solvent casting* juga menghasilkan sifat yang serupa namun memiliki hasil yang lebih ulet (Tawakkal dkk., 2014).

II.5 Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Secara umum, polimer dapat diklasifikasikan menjadi termoplastik, termoset dan elastomer. Termoplastik adalah polimer amorf atau semikristalin yang lunak atau meleleh selama pemanasan dan memadat selama pendinginan. Proses pemanasan atau pendinginan dapat diulangi tanpa perubahan yang nyata pada sifat termal dan mekanis termoplastik. Termoset selama pemanasan mengalami perubahan kimia dan proses ini tidak dapat dikembalikan ke wujud sebelumnya. Elastomer dapat divulkanisasi yang membuatnya dapat diregangkan secara reversibel untuk deformasi kecil tetapi vulkanisasi adalah proses yang tidak dapat diubah. Sifat-sifat yang dihasilkan dari bahan dan campuran polimer tergantung pada sifat kimia dan fisik dari polimer yang digunakan, bahan aditif serta metode pengolahan yang digunakan (Gregorova, 2013).

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah salah satu teknik termo-analitik. DSC adalah teknik di mana perbedaan jumlah panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu sampel dan referensi diukur sebagai fungsi suhu. Sampel dan referensi dipertahankan pada suhu yang hampir sama selama percobaan. DSC dirancang sedemikian rupa sehingga suhu pemegang sampel meningkat secara linear sebagai fungsi waktu. Hanya beberapa miligram bahan yang diperlukan untuk menjalankan analisis. DSC adalah metode analisis termal yang paling sering digunakan, karena kecepatan, kesederhanaan, dan ketersediaannya. Pengujian ini banyak digunakan untuk analisis kuantitatif (Kodre dkk., 2014).

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah metode karakterisasi fisik yang digunakan untuk mempelajari perilaku termal dari polimer murni, kopolimer, campuran polimer dan komposit. Secara umum, DSC non-isotermal digunakan untuk identifikasi polimer dasar yang murni serta penentuan kemurnian dan stabilitasnya. Polimer *amorf* menunjukkan temperatur transisi kaca (T_g), di bawah temperatur tersebut polimer bersifat *glassy* dan di atasnya bersifat *rubbery*. Polimer semi-kristalin dapat memiliki temperatur transisi kaca (T_g), temperatur kristalisasi (T_c), temperatur leleh (T_m), derajat kristalisasi (X_c) dan entalpi

pelelehan (ΔH_m). Namun, sifat-sifat ini berubah dengan adanya aditif dan metodologi pemrosesan polimer terapan (Gregorova, 2013).

Gambar II.2 menunjukkan termogram DSC. Tahap pertama polimer akan melewati temperatur transisi kaca (T_g), Polimer amorf dan semikristalin mengalami perubahan fase dari fase kaca ke fase *rubbery* pada suhu transisi kaca (T_g). Saat polimer berada pada temperatur transisi kaca (T_g) rantai molekul meningkat dan polimer lebih elastis dan fleksibel. Nilai T_g tergantung pada berbagai faktor seperti berat molekul polimer, keberadaan uap air, keberadaan fase kristal (dalam kasus polimer semikristalin) (Gregorova, 2013). Kemudian setelah melewati temperatur transisi kaca (T_g) terdapat penurunan suhu. Suhu pada titik tertinggi di puncak lembah biasanya dianggap sebagai suhu kristalisasi polimer atau (T_c). Luas puncak dapat diukur untuk mendapatkan informasi untuk energi laten kristalisasi polimer. Dan puncak ini juga memberikan informasi bahwa polimer sebenarnya dapat mengkristal. Kristalinitas dari polimer semikristal adalah salah satu parameter fisik penting. Karena kristalinitas mencerminkan morfologi dan menentukan sifat mekanik, dalam *modulus young*, *yield stress*, *fatigue* dan kekuatan benturan meningkat secara progresif. Namun, terdapat juga kecenderungan umum untuk menjadi lebih rapuh (Kong dan Hay, 2003). Untuk meningkatkan kristalinitas terdapat tiga cara yang dapat dipertimbangkan. Pertama adalah menambahkan *nucleating agent* yang akan menurunkan penghalang energi bebas permukaan menuju nukleasi dan dengan demikian memulai kristalisasi pada suhu yang lebih tinggi saat pendinginan. Kemungkinan kedua adalah menambahkan *plasticizer* yang akan meningkatkan mobilitas rantai polimer dan akan meningkatkan tingkat kristalisasi dengan mengurangi energi yang dibutuhkan selama kristalisasi untuk proses melipat rantai. Kemungkinan ketiga adalah bermain dengan kondisi cetakan, khususnya suhu cetakan dan waktu pendinginan.

Derajat kristalinitas asli sampel dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$X (\%) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H^{\circ}_m \times \left(1 - \frac{\% \text{ berat filler}}{100}\right)} \times 100 \quad (\text{II.1})$$

Perhitungan derajat kristalisasi (X) untuk *first heating* $\Delta H = \Delta H_m$. Untuk *second heating* $\Delta H = \Delta H_m - \Delta H_c$ sampel lalu dibagi dengan nilai entalpi leleh untuk 100% kristalisasi PLA secara teoretis ($\Delta H^{\circ m} = 93 \text{ J/g}$)

$$X (\%) = \frac{\Delta H_m - \Delta H_c}{\Delta H^{\circ m} \times \left(1 - \frac{\% \text{ berat filler}}{100}\right)} \times 100 \quad (\text{II.2})$$

Keterangan:

X_c = Derajat kristalisasi (%)

ΔH_m = Entalpi leleh sampel (J/g)

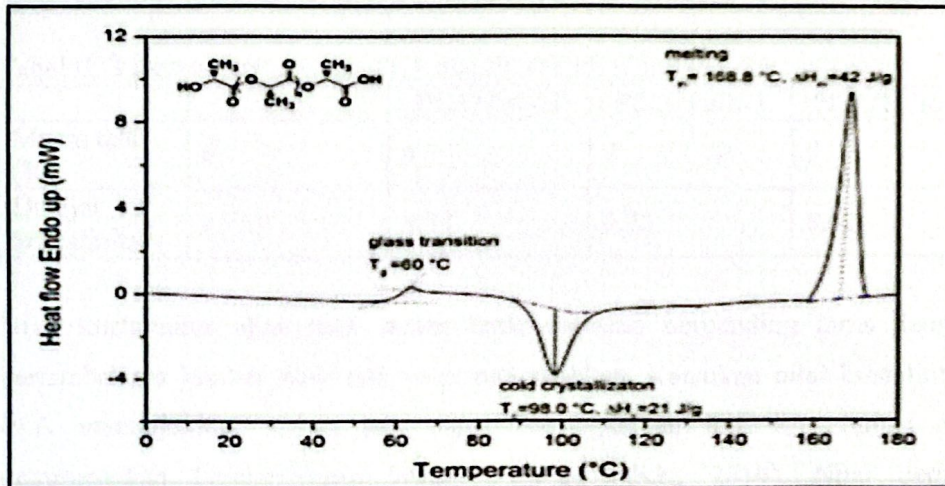
ΔH_c = Entalpi *cold crystallization* sampel (J/g)

$\Delta H^{\circ m}$ = Entalpi leleh untuk PLA 100% kristalisasi (J/g) (Batteggazzore dkk., 2011).

Sifat fisik dan mekanik polimer semi kristal sangat bergantung pada tingkat kristalinitas. Derajat kristalinitas untuk polimer penting untuk diketahui, karena kristalinitas mempengaruhi sifat fisik seperti modulus, permeabilitas, kepadatan dan suhu leleh. Dengan meningkatnya derajat kristalinitas juga dapat meningkatkan *tensile properties*. Ukuran derajat kristalinitas memberikan sifat mendasar dari mana sifat fisik lainnya dapat diprediksi (Toft, 2012). Derajat kristalinitas atau tingkat kristalinitas, sering dinyatakan sebagai persentase kristalinitas (% kristalinitas), adalah fraksi dari seluruh fase kristal dalam spesimen secara massal. persen kristalinitas suatu material dapat bervariasi sesuai dengan kondisi pemrosesan dan mungkin dengan kondisi pendinginan, untuk mendapatkan spesimen amorf murni dari bahan yang biasanya semi-kristal (Zarringhalam, 2007).

Setelah polimer dipanaskan melewati T_c -nya, maka polimer tersebut mencapai transisi termal lain, yang disebut peleburan. Ketika suhu leleh polimer tercapai (T_m) kristal polimer mulai berantakan atau meleleh (Kodre dkk., 2014). Titik leleh atau melting point adalah perubahan fasa dari padatan ke bentuk cair. Sifat morfologinya juga ikut berubah, dari kristalin menjadi amorf. Pada fasa ini tidak terjadi adanya perubahan massa ataupun perubahan kimiawi, pada fasa ini hanya terjadi perubahan pada energi entalpi (ΔH). Saat mulai terjadinya peningkatan

termogram, hal tersebut adalah pertanda bahwa sudah dimulainya perubahan fasa dari kristalin menjadi lelehan dan pada saat terjadinya puncak termogram menunjukkan suhu pada sebagian kristalin meleleh. Pada suhu akhir lelehan, semua fasa kristalin sudah menjadi lelehan dan sudah tidak berbentuk kristal. Peristiwa inilah yang akhirnya disebut sebagai melting temperatur (T_m).



Gambar II. 2 Termogram kurva DSC
Sumber : Gregorova, 2013

Preparasi sampel *biofilm* dapat dilakukan dengan memotong *biofilm* menggunakan perforator. Umumnya, sampel yang digunakan sekitar 10 mg. Sampel yang telah dipotong dimasukkan ke dalam wadah crucible kemudian lakukan pemanasan. Pada pemanasan temperatur leleh yang digunakan temperatur dilebihkan 30 °C sampai 50 °C untuk menghilangkan *history* termal dari sampel tersebut. Umumnya, laju pemanasan yang digunakan 10 °C/menit atau 20 °C/menit kemudian ditahan selama 5 menit dan dilakukan pendinginan dengan laju pendinginan yang sama dengan laju pemanasan yang digunakan. Lalu, lakukan kembali pemanasan dengan laju pemanasan yang telah digunakan (ASTM D3418-12).

Tabel II.3 menunjukkan hasil pengamatan derajat kristalinitas dari *biofilm* PLA dan PLA/Talk yang dilakukan oleh Cipriano dkk. (2014). Berdasarkan tabel II.2 nilai untuk PLA murni tidak terlihat sedangkan nilai persentase yang tertinggi

terdapat pada *biofilm* PLA/Talk-3 dengan massa talk 5%. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Cipriano dkk., dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan *filler* talk dapat mempengaruhi derajat kristalinitas dari *biofilm* PLA/talk. Pada *biofilm* PLA murni, nilai kristalinitas tidak terlihat kemudian nilai kristalinitas untuk *biofilm* PLA dengan *filler* talk sebanyak 1% nilai kristalinitas naik menjadi 4,34%.

Tabel II. 3 Derajat kristalinitas PLA dan PLA/Talk (Cipriano dkk., 2014)

	PLA	PLA/Talk-1	PLA/Talk-2	PLA/Talk-3
Massa talk (%)	0	1	3	5
Derajat kristalinitas	-	4.34	6.85	8.62

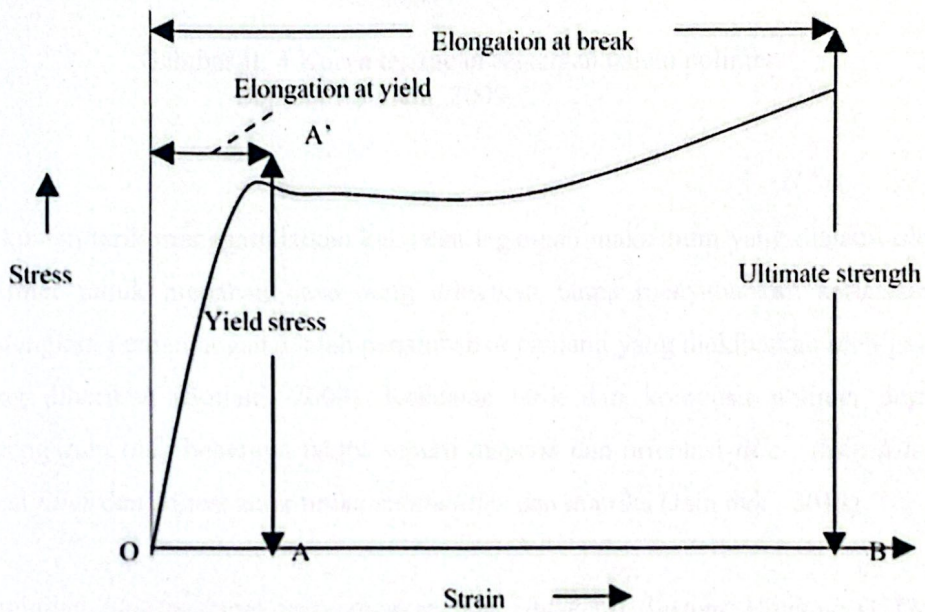
Nilai kristalinitas akan naik secara terus menerus berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah *filler* talk yang ditambahkan. Kenaikan nilai kristalinitas PLA menunjukkan bahwa talk dapat meningkatkan laju kristalinitas dan meningkatkan kesempurnaan kristal (Cipriano dkk., 2014). Nilai derajat kristalinitas untuk PLA murni tidak tercantum pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Cipriano dkk. 2014. Karena peneliti hanya ingin mengetahui pengaruh penambahan talk pada *biofilm* PLA/talk yang diekstrusi.

II.6 Universal Testing Machine (UTM)

Universal Testing Machine adalah alat yang digunakan untuk menganalisa sifat mekanis seperti kekuatan tarik, modulus tarik, kekuatan lentur dan kekuatan tekan (Naveen dkk., 2019). Pengujian sifat mekanis bahan polimer banyak digunakan untuk mendapatkan data mengenai kualitas bahan tersebut. Metode yang digunakan adalah uji tarik dan akan menghasilkan kurva tegangan-regangan (*stress-strain*). Informasi yang diperoleh dari kurva ini diantaranya adalah nilai kekuatan tarik dan perpanjangan dari bahan polimer.

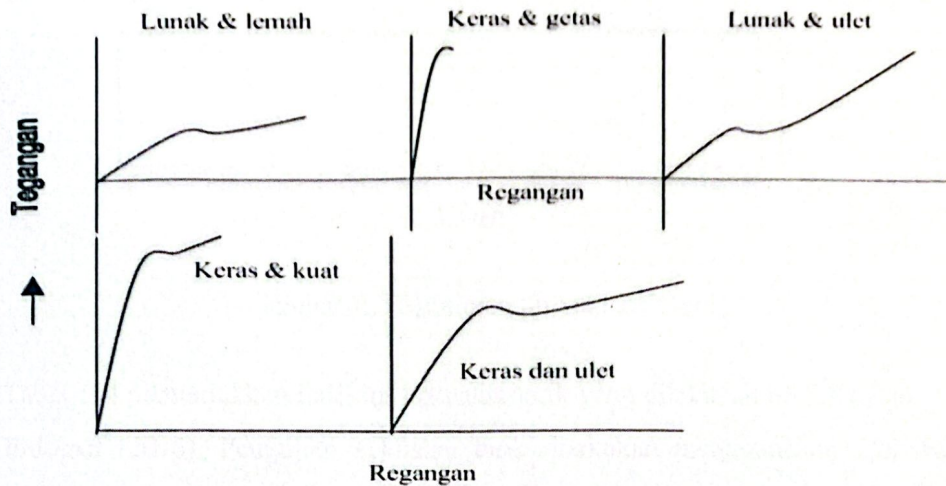
Kekuatan tarik merupakan reaksi ikatan antara atom-atom atau antara ikatan - ikatan dalam polimer terhadap gaya luar atau tegangan. Melalui pengujian kekuatan tarik diperoleh kurva tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*).

Gambar II.3 menunjukkan kurva tegangan dan regangan. Pada kurva tegangan dan regangan terdapat daerah yang menggambarkan sifat fisik tertentu dari bahan. Pada daerah O-A' bahan bersifat elastis dan perubahan tersebut bersifat reversibel. Apabila ditambah beban tetapi lebih kecil dari A' kemudian beban tersebut dilepaskan, maka kurva akan berubah menjadi ke keadaan semula. Deformasi elastis ini terjadi karena tekukan dan tarikan pada ikatan kovalen dari rantai polimer (Sutiani, 2009).



Gambar II. 3 Kurva tegangan dan regangan
Sumber : Sutiani, 2009.

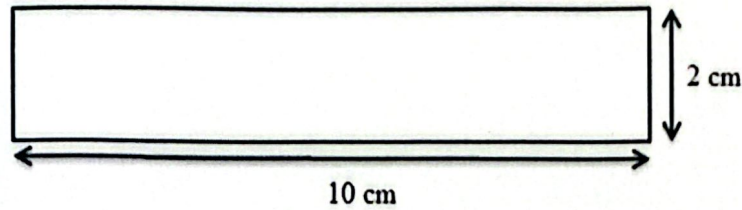
Pada titik A' (yield point) terjadi kenaikan defleksi tanpa adanya kenaikan beban. Yield point untuk bahan plastis mudah untuk diidentifikasi. Setelah itu polimer akan mengalami deformasi secara permanen. Adanya deformasi yang disebabkan karena slip antar rantai membentuk orientasi yang teratur sampai titik B' yang disebut *ultimate stress*. Pada titik B' terjadi tegangan maksimum tanpa merusak yang disebut kekuatan tarik (*tensile strength*), akibatnya terjadi pengecilan spesimen hingga spesimen menjadi patah. Gambar II.4 menunjukkan kurva tegangan-regangan dari bahan polimer.



Gambar II. 4 Kurva tegangan regangan bahan polimer
Sumber : Sutiani, 2009.

Kekuatan tarik menggambarkan kekuatan tegangan maksimum yang dialami oleh polimer untuk menahan gaya yang diberikan tanpa menyebabkan kerusakan. Sedangkan perpanjangan adalah penambahan panjang yang diakibatkan oleh gaya yang diberikan (Sutiani, 2009). Kekuatan tarik dari komposit polimer dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti dispersi dan orientasi *filler*, rasio *filler*, berat *filler* dan adhesi antar muka antara *filler* dan matriks (Jain dkk., 2012).

Pengujian *biofilm* dapat menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) standar yang digunakan adalah ASTM D882-10 (*standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting*). Standar tersebut dapat digunakan untuk menguji sampel plastik dengan ketebalan kurang dari 1,0 mm. Jumlah sampel yang diuji sebanyak 5 sampel dengan ukuran spesimen masing-masing 2×10 cm. Sebelum dilakukan pengujian spesimen uji harus dikondisikan selama ±40 jam pada temperatur 23±2°C dan dengan kelembaban relatif 50±10%. Jarak antar grip diatur sebesar 5 cm. Gambar II.5 menunjukkan spesimen yang digunakan untuk uji kekuatan tarik yang sesuai dengan ASTM D882-10.



Gambar II.5 Spesimen uji kekuatan tarik

Tabel II.4 menunjukkan hasil uji kekuatan tarik yang dilakukan oleh Kaynak dan Erdogan (2016). Pengujian kekuatan tarik dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Dari hasil penelitian tersebut nilai kekuatan tarik meningkat ketika PLA ditambahkan talk hingga nilai tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa partikel talk membantu meningkatkan nilai kekuatan tarik PLA yang diperkuat oleh talk.

Tabel II. 4 Kekuatan tarik mikrokomposit PLA/talk (Kaynak dan Erdogan, 2016).

Persentase talk (%)	Kekuatan Tarik (MPa)
0	51,43
1	54,23
5	56,97
10	54,22
15	54,04

Tekanan yang diberikan dipindahkan kepartikel talk yang lebih kuat dimana mobilitas makromolekul dari matriks juga menurun. Hal ini dapat terlihat pada PLA dengan kandungan talk 5% adalah level optimum untuk meningkatkan nilai kekuatan tarik. Pada PLA dengan kandungan talk yang lebih tinggi dari 5% mengalami penurunan nilai. Hal itu mungkin terjadi karena tingkat aglomerasi tertentu.

Bab III Metode

III.1 Waktu dan Tempat

Pembuatan *biofilm* dan pengujian *biofilm* dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta di Jalan Letjend Soeprato no. 26, Cempaka putih- Jakarta Pusat 10510.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

- 1) Neraca analitik
- 2) Spatula
- 3) Kaca arloji
- 4) Gelas kimia 50 ml
- 5) gelas kimia 100 ml
- 6) Gelas ukur
- 7) Corong kecil
- 8) *Magnetic stirrer*
- 9) Cawan petri
- 10) Pinset
- 11) Sarung tangan lateks
- 12) Label
- 13) Gunting
- 14) Alat tulis
- 15) *Aluminium foil*
- 16) *Differential scanning calorimetry* (DSC)
- 17) *Universal Testing Machine* (UTM)

III.2.2 Bahan

1. *Polylactic Acid* (PLA)
2. Talk
3. Kloroform

III.3 Variabel

III.3.1 Variabel Tetap

- a) Massa PLA : 3 gram
- b) Waktu pelarutan PLA : 1,5 jam
- c) Waktu pendispersian talk : 45 menit
- d) Waktu pengadukan PLA/talk : 1 jam
- e) Volume kloroform : 50 ml
- f) Diameter cawan petri : 13,5 cm

III.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah persentase talk. Variabel bebas dapat dilihat pada tabel III.1.

Tabel III. 1 Variasi Komposisi *Biofilm* PLA Kontrol dan *Biofilm* PLA/talk

Sampel	PLA	Kloroform	Talk	
	Massa (gram)	Volume (ml)	Persentase (%)	Massa (gram)
1	3	50	0	0
2	3	50	3	0,0929
3	3	50	4,5	0,1413
4	3	50	6	0,1914

III.4 Prosedur penelitian

Gambar III.1 menunjukkan prosedur penelitian pembuatan *biofilm* PLA dan PLA/talk dengan metode *solvent casting* dari studi literatur hingga kesimpulan.

III.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan *biofilm* dicuci sampai bersih agar tidak terdapat pengotor yang dapat mempengaruhi hasil dari *biofilm*. Bahan PLA dan talk ditimbang menggunakan neraca analitik dan menggunakan alas kaca arloji. Massa PLA dalam setiap campuran sebanyak 3 gram dan untuk massa talk yang digunakan pada variasi campuran adalah 0,0929 gram untuk variasi PLA/talk 3%, 0,1413 gram untuk variasi PLA/talk 4,5% dan 0,1914 gram untuk variasi PLA/talk 6%.

III.5 Prosedur pembuatan *biofilm* PLA dan PLA/Talk

Dalam penelitian ini pembuatan *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Pelarutan dan Pendispersian Bahan

Pelarutan yang dilakukan adalah melarutkan PLA yang sudah ditimbang dengan 30 ml kloroform sebagai pelarut, PLA dan kloroform dimasukkan ke dalam wadah gelas kimia 100 ml, selanjutnya PLA dan kloroform di letakkan di atas *hot plate* dan diaduk disuhu kamar selama 90 menit. Pendispersian talk dilakukan dengan mencampurkan talk yang sudah ditimbang dengan kloroform sebanyak 20 ml didalam wadah gelas kimia 50 ml, selanjutnya talk dan kloroform diletakkan di atas *hot plate* dan diaduk disuhu kamar selama 30 menit. Proses pelarutan dan pencampuran di atas *hot plate* menggunakan batuan dari *magnetic stirrer*. Selama proses pelarutan dan pendispersian gelas yang digunakan untuk wadah ditutup menggunakan *Aluminium foil*.

2. Pencampuran

Proses pencampuran ini dilakukan menggunakan *hotplate* dan *magnetic stirrer*. Talk yang sudah terdispersi, dicampurkan dengan PLA yang sudah dilarutkan. pencampuran PLA/talk membutuhkan waktu selama 60 menit pada suhu kamar. Selama proses pengadukan gelas yang digunakan untuk wadah ditutup menggunakan *Aluminium foil*.

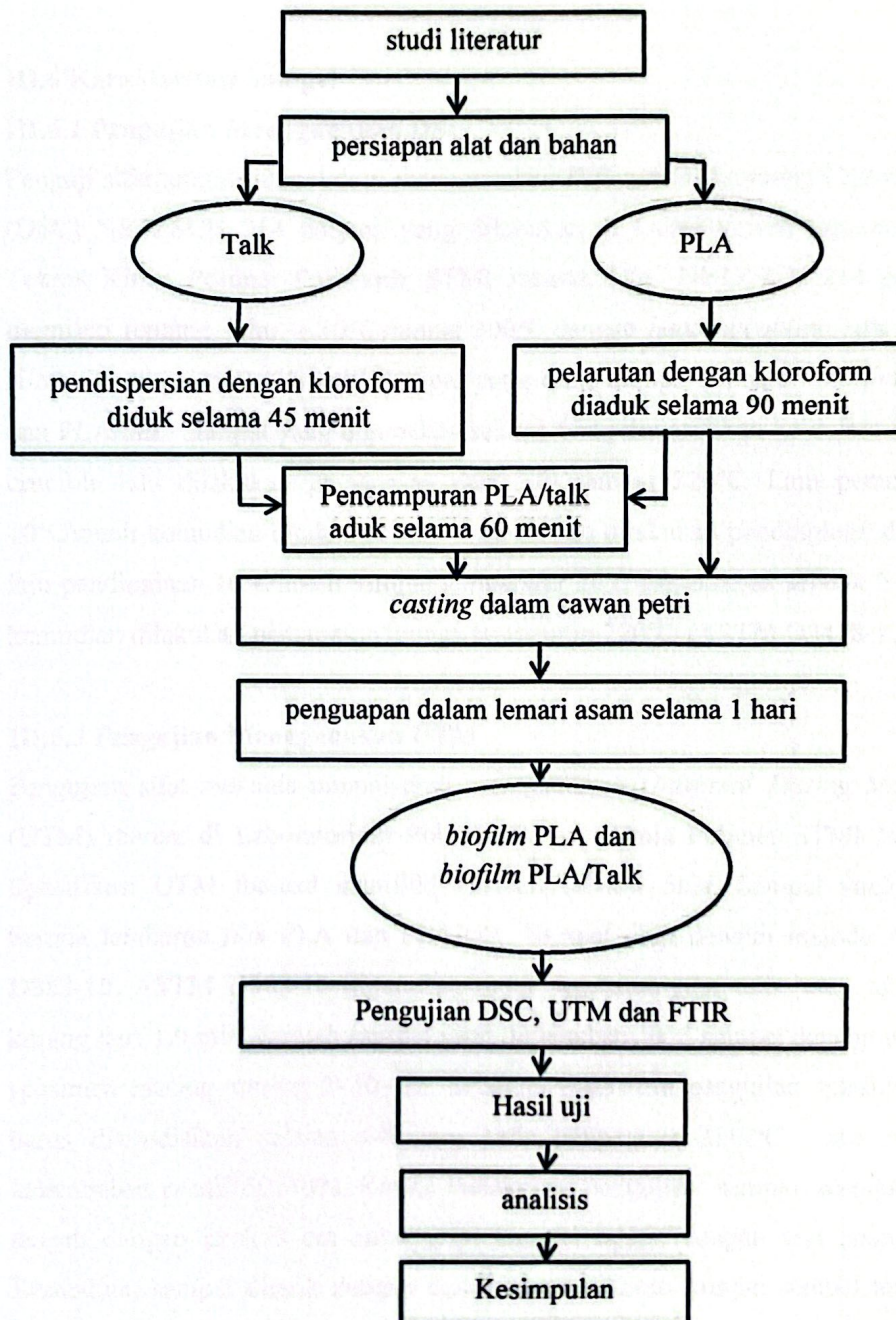
3. *Casting* dalam cawan petri

Setelah larutan PLA dan talk yang sudah tercampur secara homogen, selanjutnya *dicasting* dalam cawan petri untuk menghasilkan *film* yang diinginkan. Proses *casting* dilakukan dengan menuangkan larutan PLA/talk yang sudah homogen ke dalam wadah cawan petri.

4. Penguapan dalam lemari asam.

Proses penguapan pada lemari asam bertujuan untuk menguapkan pelarut kloroform yang digunakan sebelumnya. Pada proses ini, cawan petri yang sudah

berisikan larutan PLA/talk dimasukkan dalam lemari asam tanpa tutup untuk mempercepat penguapan. Waktu penguapan dalam lemari asam dilakukan selama 1 hari. Setelah *film* kering dapat dilepas dari cawan petri.



Gambar III. 1 Diagram Penelitian

5. Karakterisasi sampel.

Karakterisasi sampel menggunakan 2 alat uji yaitu:

1. *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)
2. *Universal Testing Machine* (UTM)

III.6 Karakterisasi Sampel

III.6.1 Pengujian Menggunakan DSC

Pengujian sifat termal sampel diuji menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) NETZSCH 214 polima yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. DSC NETZSCH 214 polima memiliki rentang suhu = 30°C sampai 300°C dengan *heating/cooling rate* 0,001 K/menit sampai 500 K/menit. Sampel yang diuji berupa lembaran *biofilm* PLA dan PLA/talk. Sampel yang digunakan sekitar 6 mg dimasukkan ke dalam wadah *crucible* lalu dilakukan pemanasan dari 20°C sampai 220°C. Laju pemanasan 10°C/menit kemudian ditahan selama 5 menit dan dilakukan pendinginan dengan laju pendinginan 10°C/menit sampai temperatur 20°C dan ditahan selama 5 menit kemudian dilakukan pemanasan hingga temperatur 220°C (ASTM D3418-12).

III.6.2 Pengujian Menggunakan UTM

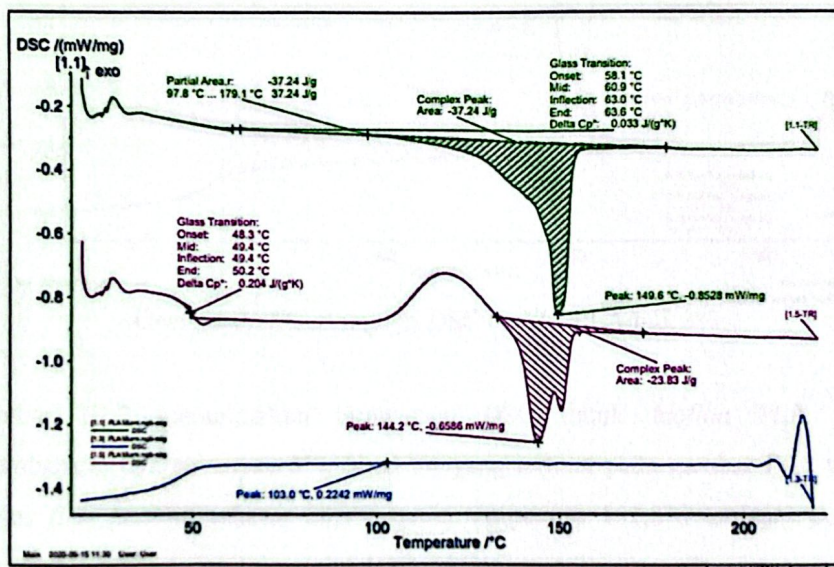
Pengujian sifat mekanis sampel diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) ibertst, di Laboratorium Polimer Teknik Kimia Polimer STMI Jakarta. Spesifikasi UTM ibertest memiliki *loadcell* sebesar 5kN. Sampel yang diuji berupa lembaran *film* PLA dan PLA/talk. Sampel diuji dengan metode ASTM D882-10. ASTM D882-10 digunakan untuk lembaran *film* tipis yang tebalnya kurang dari 1,0 mm. Jumlah sampel yang diuji sebanyak 5 sampel dengan ukuran spesimen masing-masing 2×10 cm. Sebelum dilakukan pengujian spesimen uji harus dikondisikan selama ±40 jam pada temperatur 23±2°C dan dengan kelembaban relatif 50±10%. Ketika melakukan pengujian, sampel diletakkan di tengah dengan jarak 5 cm antar *grip*. Sampel dijepit dengan erat pada *grip*. Kemudian, sampel ditarik dengan pembebanan tertentu sampai sampel tersebut patah.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Biofilm PLA dan *biofilm* PLA/talk yang dihasilkan pada penelitian ini diuji menggunakan dua alat uji untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler* talk terhadap derajat kristalinitas dan kekuatan tarik dari *biofilm* yang dihasilkan.

IV.1 Hasil Pengujian Menggunakan DSC

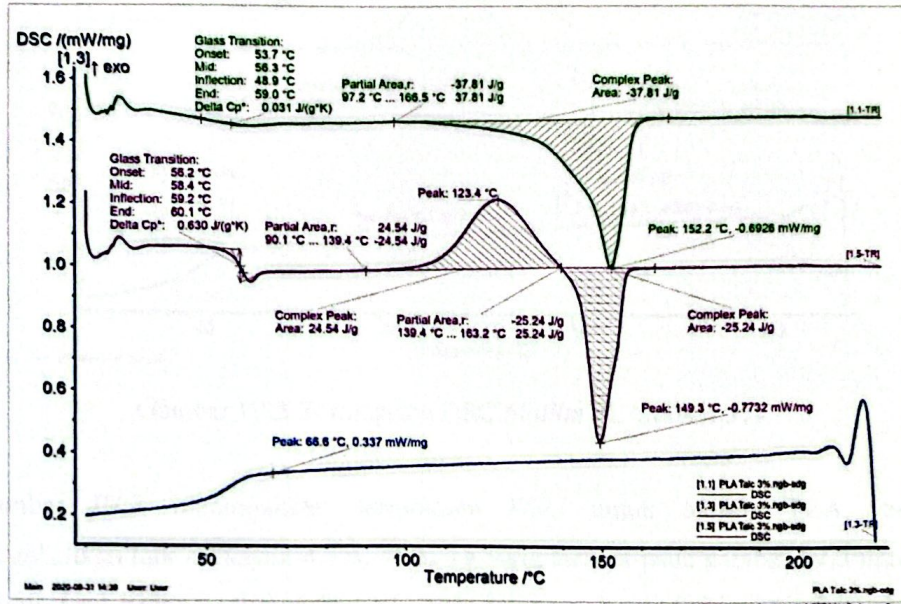
Gambar IV.1 menunjukkan termogram untuk *biofilm* PLA murni yang menampilkan proses endoterm yang ditandai dengan adanya puncak *cold crystallization* (T_{cc}) dan proses eksoterm yang ditandai dengan adanya lembah temperatur leleh (T_m) dan temperatur transisi kaca (T_g).



Gambar IV.1 Termogram DSC PLA murni

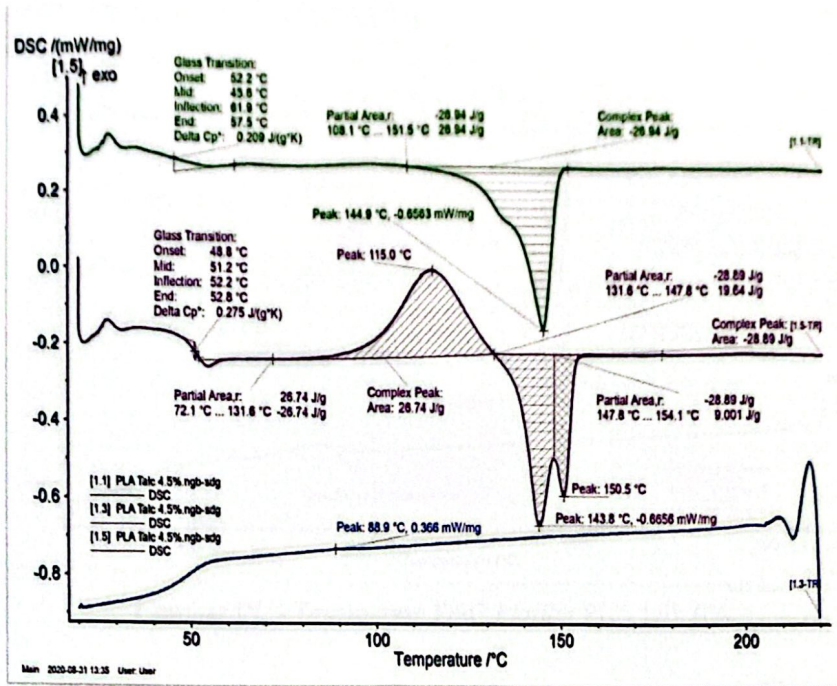
Gambar IV.1 menunjukkan termogram DSC untuk PLA murni. Terlihat pada gambar IV.1 untuk proses *first heating* pada temperatur 149,6°C terdapat temperatur leleh untuk *biofilm* PLA murni dengan entalpi leleh (ΔH_m) sebesar 37,24 J/g dan T_g pada temperatur 60,9°C. Dilihat dari gambar IV.1 pada proses *second heating* T_g terdapat pada 49,4°C, pada temperatur 144,2 °C terdapat puncak temperatur leleh dengan entalpi leleh (ΔH_m) sebesar 23,83 J/g. Proses

second heating terdapat puncak untuk entalpi kristalisasi (ΔH_c) namun pada gambar tersebut tidak terdapat nilai yang muncul, sehingga perhitungan derajat kristalinitas untuk PLA murni pada proses *second heating* tidak dapat dilakukan karena perhitungan derajat kristalinitas PLA murni untuk *second heating* diperlukan data entalpi kristalisasi (ΔH_c).



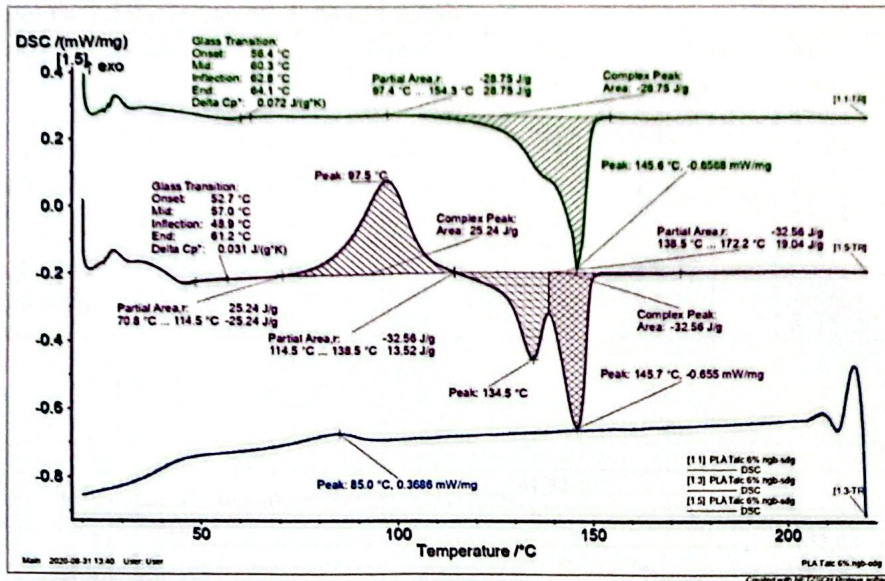
Gambar IV.2 Termogram DSC *biofilm* PLA/talc 3%

Gambar IV.2 menunjukkan termogram DSC untuk *biofilm* PLA yang ditambahkan talk sebanyak 3%. Nilai Tg yang terlihat pada gambar IV.2 untuk proses *first heating* sebesar 56,3°C, pada temperatur 152,2°C terdapat puncak temperatur leleh dan nilai entalpi leleh (ΔH_m) untuk proses *first heating* pada variasi ini bernilai sebesar 37,81 J/g. Proses *second heating* untuk nilai Tg sebesar 58,4°C, pada temperatur 123,4 °C terdapat puncak kristalisasi dengan nilai entalpi kristalisasi (ΔH_c) 24,54 J/g kemudian pada temperatur 149,3 °C terdapat puncak leleh dengan entalpi leleh (ΔH_m) sebesar 54,24 J/g. Gambar IV.2 menunjukkan pada puncak temperatur leleh hanya terdapat 1 puncak yang menandakan bahwa hanya ada 1 kristal yang terbentuk pada *biofilm* ini, hasil tersebut berbeda dengan hasil *biofilm* PLA/talc 4,5% dan 6% yang terdapat dua puncak temperatur leleh.



Gambar IV.3 Termogram DSC *biofilm* PLA/talk 4,5%

Gambar IV.3 menunjukkan termogram DSC untuk *biofilm* PLA yang ditambahkan talk sebanyak 4,5%. Nilai Tg yang terlihat pada gambar IV.3 untuk proses *first heating* sebesar 45,6 °C, pada temperatur 144,9 °C terdapat puncak temperatur leleh dan nilai entalpi leleh (ΔH_m) untuk proses *first heating* pada variasi ini bernilai sebesar 26,94 J/g. Proses *second heating* untuk nilai Tg sebesar 51,2°C, pada temperatur 115,0°C terdapat puncak kristalisasi dengan nilai entalpi kristalisasi (ΔH_c) 26,74 J/g kemudian pada temperatur 143,8°C dan 150,5°C terdapat puncak leleh dengan entalpi leleh (ΔH_m) sebesar 28,89 J/g. Gambar IV.3 pada temperatur leleh terdapat dua puncak yang terlihat. Puncak leleh ganda dikaitkan dengan efek nukleasi dari talk yang dicampur hingga heterogen sehingga menghasilkan bentuk kristal yang berbeda dan tidak memiliki cukup waktu untuk meleleh dan membentuk kembali kristal dengan struktur yang sempurna dan kemudian dileburkan kembali pada temperatur yang lebih tinggi (Huang dkk., 2016).



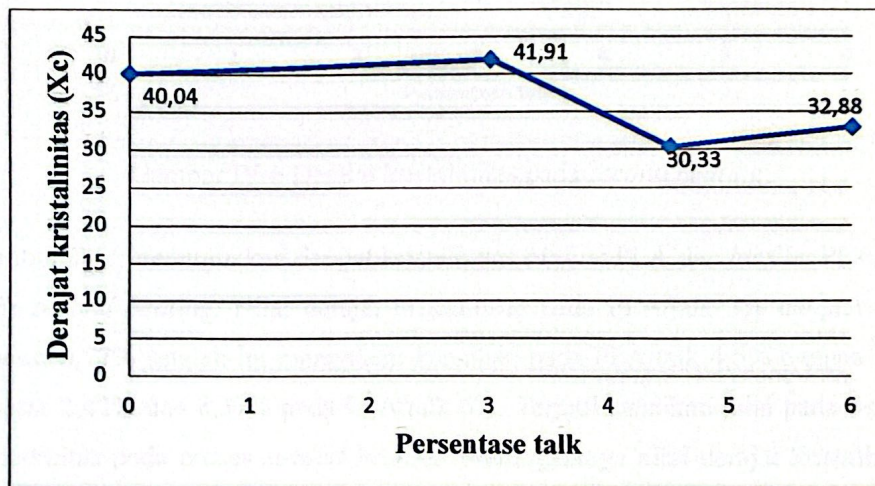
Gambar IV.4 Termogram DSC *biofilm* PLA/talk 6%

Gambar IV.4 menunjukkan termogram DSC untuk *biofilm* PLA yang ditambahkan talk sebanyak 6%. Nilai Tg yang terlihat pada gambar IV.4 untuk proses *first heating* sebesar 60,3°C, pada temperatur 145,6°C terdapat puncak temperatur leleh dan nilai entalpi leleh (ΔH_m) untuk proses *first heating* pada variasi ini bernilai sebesar 28,75 J/g. Proses *second heating* untuk nilai Tg sebesar 57,0°C, pada temperatur 97,5°C terdapat puncak kristalisasi dengan nilai entalpi kristalisasi (ΔH_c) 25,24 J/g kemudian pada temperatur 134,5°C dan 145,7°C terdapat puncak leleh dengan entalpi leleh (ΔH_m) sebesar 32,56 J/g. Gambar IV.4 pada temperatur leleh terdapat dua puncak yang terlihat hasil ini sama dengan hasil untuk *biofilm* PLA/talk 4,5%.

Sifat termal serta derajat kristalinitas *biofilm* dapat dilihat pada tabel IV.1. proses *second heating* diperlukan karena pada proses *second heating* adalah hasil sifat termal yang sebenarnya dalam *biofilm*. Sedangkan proses *first heating* dilakukan untuk menghapus *history thermal* seperti suhu pemrosesan dan suhu penyimpanan (Gabbott, 2008). Pada tabel IV.1 menampilkan nilai derajat kristalinitas (X_c). Nilai X_c didapatkan dari perhitungan menggunakan rumus dari persamaan II.1 untuk proses *first heating* dan persamaan II.2 untuk proses *second heating*. Perhitungan lengkap untuk X_c dapat dilihat pada lampiran H.

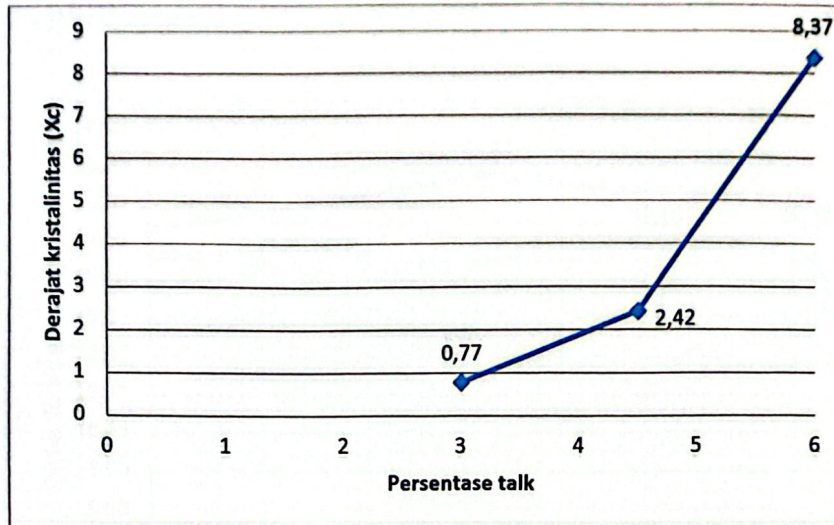
Tabel IV.1 Sifat termal PLA dan PLA/talk

	Sampel	Fraksi massa	ΔH_m (J/g)	ΔH_c (J/g)	X_c (%)
<i>First Heating</i>	PLA Murni	0	37,24	-	40,04
	PLA/Talk 3%	0,030	37,81	-	41,91
	PLA/Talk 4,5%	0,045	26,94	-	30,33
	PLA/Talk 6%	0,060	28,75	-	32,88
<i>Second Heating</i>	PLA/Talk 3%	0,030	25,24	24,54	0,77
	PLA/Talk 4,5%	0,045	28,29	26,74	2,42
	PLA/Talk 6%	0,060	32,56	25,24	8,37



Gambar IV.5 Derajat kristalinitas pada *first heating*

Gambar IV.5 menunjukkan kurva derajat kristalinitas pada proses *first heating*. *First heating* dilakukan untuk menghapus *history thermal* dari bahan polimer. Pada proses *first heating* nilai entalpi kristalisasi (ΔH_c) *biofilm* PLA dan PLA/talk tidak terdeteksi. Hal ini disebabkan karena polimer sudah mengkristal sempurna saat proses pengeringan *biofilm* selama 1 hari sehingga pada saat diuji tidak ada energi yang dibutuhkan untuk proses kristalisasi pada *first heating*. Pada gambar IV.5 terlihat bahwa nilai dari derajat kristalinitas pada proses *first heating* terjadi kenaikan nilai dan penurunan nilai. Nilai derajat kristalinitas untuk PLA murni adalah sebesar 40,04% dan mengalami kenaikan nilai kembali pada *biofilm* PLA/talk 3% sebesar 41,91% dan penurunan nilai pada *biofilm* PLA/talk 4,5% dengan nilai dan 30,33% dan mengalami kenaikan nilai 32,88% untuk *biofilm* PLA/talk 6%.



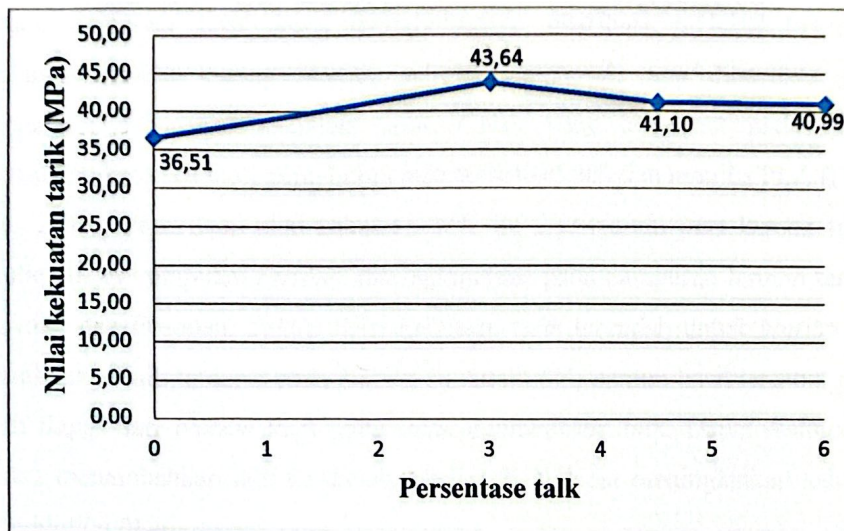
Gambar IV.6 Derajat kristalinitas pada *second heating*

Gambar IV.6 menunjukkan derajat kristalinitas *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk pada *second heating*. Nilai derajat kristalinitas pada PLA/talk 3% dengan nilai sebesar 0,77% setelah itu mengalami kenaikan pada PLA/talk 4,5% dengan nilai sebesar 2,42% dan 8,37% pada PLA/talk 6%. Terjadi kenaikan nilai pada derajat kristalinitas pada proses *second heating*. Meningkatnya nilai derajat kristalinitas ini disebabkan karena talk selaku *nucleating agent* berperan sangat baik karena dapat membantu meningkatkan laju kristalisasi dan membantu menyempurnakan pembentukan kristal pada matriks PLA. Hal ini membuktikan bahwa dengan menambahkan *filler* talk ke dalam *biofilm* PLA dapat meningkatkan derajat kristalinitas. Hasil ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Cipriano dkk. (2014) pada penelitian yang mereka lakukan nilai derajat kristalinitas untuk *biofilm* PLA yang ditambahkan talk semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah talk.

IV.2 Hasil Pengujian Menggunakan UTM

Data hasil pengujian menggunakan UTM dianalisa berdasarkan pengaruh penambahan *filler* talk dari masing-masing variasi. Nilai kekuatan tarik tersebut merupakan nilai rata-rata dari spesimen yang diuji pada variasi talk pada nilai

tertentu. Pada Gambar IV.7 menunjukkan hasil kekuatan tarik dari *biofilm* PLA dan *biofilm* PLA/talk.



Gambar IV.7 Kekuatan tarik *biofilm* PLA/Talk

Pada gambar IV.7 terlihat bahwa *biofilm* PLA/talk dengan variasi persentase talk yang berbeda mengalami peningkatan dan penurunan nilai kekuatan tarik, dengan nilai kekuatan tarik yaitu 36,51 MPa, 43,64 MPa, 41,10 MPa dan 40,99 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh *biofilm* PLA/talk dengan variasi persentase talk 3% yaitu sebesar 43,64 MPa. Kenaikan nilai kekuatan tarik terjadi karena tekanan yang diberikan akan berpindah ke partikel talk yang lebih kuat sehingga mengakibatkan mobilitas rantai makromolekul matriks akan menurun. Hasil ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Kaynak dan Erdogan (2016). Kekuatan tarik terendah dihasilkan oleh *biofilm* PLA murni dengan nilai sebesar 36,51 MPa dan mengalami kenaikan nilai pada variasi *biofilm* PLA/talk dengan variasi 3% dan mengalami penurunan nilai pada variasi PLA/talk 4,5% hingga 6%. Penurunan nilai kekuatan tarik pada penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Huang dkk. (2016). Penurunan nilai kekuatan tarik ini mungkin saja disebabkan karena dispersi talk yang tidak sempurna sehingga penyebaran talk pada biofilm tidak merata. Penyebaran talk yang kurang merata menyebabkan kerapatan yang rendah antar molekul penyusun biofilm dan terdapat celah diantara molekul penyusunnya. Adanya celah tersebut dapat menyebabkan

ikatan antar molekul dari penyusun *biofilm* tersebut tidak kuat sehingga mengakibatkan *biofilm* mudah patah saat ditarik. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Utami dkk. (2014) kalau proses pencampuran yang kurang homogen juga dapat mengakibatkan distribusi molekul komponen penyusun *biofilm* kurang merata, sehingga material yang dihasilkan dapat mengalami penurunan kekuatan tarik. Celah yang terbentuk pada *biofilm* disebabkan karena adhesi yang buruk antara partikel talk dan matriks PLA (Huang dkk., 2016). Penurunan nilai kekuatan tarik ini dipengaruhi juga karena adanya pembentukan kumpulan partikel atau aglomerasi pada campuran larutan tersebut (Kaynak dan Erdogan, 2016). Nilai kekuatan tarik terendah untuk *biofilm* yang ditambahkan talk terdapat pada *biofilm* PLA/talk 6%, namun hasil tersebut masih lebih tinggi dari *biofilm* PLA yang tidak ditambahkan talk. Dapat disimpulkan bahwa menambahkan talk ke dalam *biofilm* PLA dapat meningkatkan kekuatan tarik *biofilm* PLA.

Bab V Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan serta analisis data hasil pengujian maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar persentase talk yang ditambahkan ke dalam *biofilm* PLA dapat meningkatkan nilai derajat kristalinitas pada proses *second heating*.
2. *Biofilm* PLA yang ditambahkan talk memiliki nilai kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan *biofilm* PLA yang tidak ditambahkan dengan talk. Namun, penyebaran talk yang kurang merata akan menyebabkan penurunan nilai kekuatan tarik.

V.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan serta analisis data hasil pengujian maka didapatkan saran sebagai berikut

1. Kecepatan dan waktu pengadukan perlu diperhatikan agar mendapatkan hasil pencampuran yang maksimal.
2. Perlu melakukan analisa morfologi dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur permukaan dan penyebaran dari *filler* talk.
3. Perlu melakukan uji *degradability* untuk mengetahui ketahanan *biofilm* terdegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Averous, L., Belgacem, M., dan Gandini, A. (2008): *Monomer, Polymers and Renewable Resources*, Elsevier The Boulevard, Oxford.
- ASTM D3418-12. (2012): Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry, *ASTM International*, West Conshohocken, United States, 1-12.
- ASTM D882-10. (2010): Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting, *ASTM International*, West Conshohocken, United States, 1-10.
- Baker, A. M., Mead, J., dan Harper, C. A. (2004): *Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites 4th edition*, McGraw-Hill Companies, New York.
- Battegazzore, D., Bocchini, S., dan Frache, A. (2011): Crystallization kinetics of poly (lactic acid)-talc composites. *Express Polym Lett*, **5**, 849-858.
- Breitenbach, J. (2002). Melt extrusion: from process to drug delivery technology. *European journal of pharmaceuticals and biopharmaceutics*, **54**, 107-117.
- Buzarovska, A., Bogoeva, G., dan Fajgar, R. (2015): Effect of the talc filler on structural, water vapor barrier and mechanical properties of poly(lactic acid) composite, *Journal Of Polymer Engineering*, **36**, 181-188.
- Cipriano, T. F., Da Silva, A. L., Da Silva, A. H., Sousa, A. M., Da Silva, G. M., dan Rocha, M. G. (2014): Thermal, rheological and morphological properties of poly(Lactic Acid) (PLA) and talc composites, *Polimeros*, **24**, 276-282.
- Coniwanti, P., Linda, L., dan Mardiyah, R. A. (2014): Pembuatan film plastik biodegradabel dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemlastis gliserol, *Jurnal Teknik Kimia*, **4**, 22-30.
- Gabbott, P. (2008): *Principles and applications of thermal analysis*. John Wiley & Sons.
- Gregorova, A. (2013): *Application of Calorimetry in a Wide Context Differential Scanning Calorimetry, Isothermal Titration Calorimetry and Microcalorimetry*, Intech, Croatia.
- Huang, A., Yu, P., Jing, X., Mi, H. Y., Geng, L. H., Chen, B. Y., dan Peng, X. F. (2016): The effect of talc on the mechanical, crystallization and foaming properties of poly (lactic acid). *Journal of Macromolecular Science, Part B*, **55(9)**, 908-924.
- Hull, J., L., dan Harper, C., A. (2006): *Hand Book Of Plastic Processes*, John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- Jain, S., Misra, M., Mohanty, A. K., dan Ghosh, A. K. (2012): Thermal, mechanical and rheological behavior of poly (lactic acid)/talc composites. *Journal of Polymers and the Environment*, **20(4)**, 1027-1037.
- Kamsiati, E., Herawati, H., dan Purwani, E. Y. (2017): Potensi pengembangan plastic biodegradable berbasis pati sagu dan ubi kayu di Indonesia, *Jurnal Litbang Pertanian*, **36**, 67-76.
- Kaynak, C., dan Erdogan, A. R. (2016): Mechanical and thermal properties of polylactide/talc microcomposites: before and after accelerated weathering. *Polymers for Advanced Technologies*, **27**, 812-822.

- Kodre, K. V., Attarde, S. R., Yendhe, P.R., Patil, R. Y., dan Barge, V. U. (2004): Differential Scanning Calorimetry, *Journal of Pharmaceutical Analysis*, **3**, 11-22.
- Kolstad, J. J., Vink, E. T., De Wilde, B., dan Debeer, L. (2012): Assessment of anaerobic degradation of Ingeo™ polylactides under accelerated landfill conditions. *Polymer Degradation and Stability*, **97**, 1131-1141.
- Kong, Y., dan Hay, J. N. (2003): The enthalpy of fusion and degree of crystallinity of polymers as measured by DSC. *European Polymer Journal*, **39**, 1721-1727.
- Mohan Sharma, A. (2012): Mechanical Behaviour, Water Absorption and Morphology of Wheat Straw, Talc, Mica and Wollastonite filled Polypropylene Composites, *Master's thesis*, University of Waterloo, 35.
- Naveen, P., Goriparthi, B. K., dan Mayee, M. C. (2019): Evaluation of mechanical properties on Tio2/GF reinforced nylon66 composites. *Materials Today: Proceedings*, **19**, 240-245.
- Qin, Y., Yang, J., Yuan, M., Xue, J., Chao, J., Wu, Y., dan Yuan, M. (2014): Mechanical, Barrier, and Thermal Properties of Poly(lactic acid)/Poly(trimethylene carbonate)/Talc Composite Films, *Journal Of Applied Polymer Science*, **131**, 40016.
- Rhim, J. W., Mohanty, A. K., Singh, S. P., & Ng, P. K. (2006): Effect of the processing methods on the performance of polylactide films: Thermocompression versus solvent casting. *Journal of applied polymer science*, **101**(6), 3736-3742.
- Shakoor, A., dan Thomas, N. L. (2013): Talc as as nucleating agent and reinforcing filler in (polylactic acid) composites, *Polymer Engineering And Science*, **54**, 64-70.
- Shanbhag, A., Rabel, S., Nauka, E., Casadevall, G., Shivanand, P., Eichenbaum, G., & Mansky, P. (2008). Method for screening of solid dispersion formulations of low-solubility compounds—miniaturization and automation of solvent casting and dissolution testing. *International journal of pharmaceutics*, **351**, 209-218.
- Siemann, U. (2005). Solvent cast technology—a versatile tool for thin film production. In *Scattering methods and the properties of polymer materials* (pp. 1-14). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sutiani, Ani. (2009): Metoda Karakterisasi Bahan Polimer, *Kultura*, **10**, No.1.
- Takkalkar, P., Tobin, M. J., Vongsvivut, J., Mukherjee, T., Nizamuddin, S., Griffin, G., dan Kao, N. (2019): Structural, thermal, rheological and optical properties of poly (lactic acid) films prepared through solvent casting and melt processing techniques. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **104**, 293-300.
- Tawakkal, I. S., Cran, M. J., Miltz, J., dan Bigger, S. W. (2014): A review of poly (lactic acid)-based materials for antimicrobial packaging. *Journal of food science*, **79**, 1477-1490.
- Thomas, S., Kuruvilla J., Sant K. M., Koichi G., dan Meyyarappallil S. S. (2012): *Polymer Composites 1 st ed*, Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGa.
- Toft, M. (2012): The effect of crystalline morphology on the glass transition and enthalpic relaxation in poly (ether-ether-ketone), *Doctoral dissertation*, University of Birmingham, 12.

- Utami, M. R., Latifah, L., & Widiarti, N. (2014): Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, **3**, 2
- Yu, F., Liu, T., Zhao, X., Yu, X., Lu, A., dan Wang, J. (2011): Effect of talc on the mechanical and thermal properties of polylactide. *Journal of applied polymer science*, **125**, 99-109.
- Zarringhalam, H. (2007): Investigation into crystallinity and degree of particle melt in selective laser sintering, *Doctoral dissertation*, Loughborough University.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A LEMBAR BIMBINGAN

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Titansari Ismeinuri
 NIM : 1516011
 Judul Penelitian : SIFAT TERMAL DAN SIFAT MEKANIS *BIOFILM POLYLACTIC ACID (PLA)* DENGAN PENAMBAHAN *FILLER TALK*
 Pembimbing : Syaiful Ahsan, S.T., M.T

Tanggal	BAB	Keterangan
22 Agustus 2019		Diskusi rencana tempat penelitian
3 Desember 2019		Diskusi rencana tempat penelitian di BASF
20 Desember 2019		Diskusi rencana tempat penelitian di LIPI Cibinong, LIPI Serpong dan kampus. Diskusi alat proses & alat uji yang ada di kampus
09 Januari 2020		Diskusi bahan, alat dan metode penelitian
31 Januari 2020	I, II	Diskusi mengenai penambahan materi FTIR pada latar belakang, penulisan kutipan, dan daftar pustaka
06 Februari 2020	III	Diskusi mengenai prosedur penelitian, langkah pembuatan <i>biofilm</i> PLA/kloroform (10%wt/v)
12 Februari 2020	III	Diskusi mengenai percobaan pembuatan <i>biofilm</i> . Kesalahan yang terjadi saat pembuatan <i>biofilm</i>
17 Februari 2020	III	Diskusi variasi talk, menghitung massa talk, kloroform
19 Februari 2020	III	Diskusi pembuatan <i>biofilm</i> 6% dan 4,5% dan kendala saat pembuatan <i>biofilm</i>
20 Februari 2020	III	Diskusi hasil pembuatan <i>biofilm</i> 6% dan 4,5%
26 Februari 2020	III	Diskusi pembuatan <i>biofilm</i> 3% dan 1,5% dan kendala yang dialami selama pembuatan
10 Maret 2020		Diskusi hasil pembuatan <i>biofilm</i> 3% dan 1,5%, membahas pengujian UTM
10 April 2020		Diskusi mengenai progress tugas akhir, memaparkan bahan presentasi untuk persiapan seminar
24 April 2020		Diskusi perbaikan bahan presentasi seminar, judul tidak sesuai dengan rumusan, latar

		belakang belum membahas tentang kristalinitas, rumusan dan batasan masalah kurang sinkron, variabel bebas salah
16 Juni 2020		Diskusi perbaikan laporan tugas akhir & lembar bimbingan tugas akhir

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing

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

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



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 : 101 /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 Asisten 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 : Titansari Ismeinuri
No. Induk : 1516011

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

" Pengaruh Penambahan Filler Talc terhadap Persentase Kristalinitas dan Gugus Fungsi 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



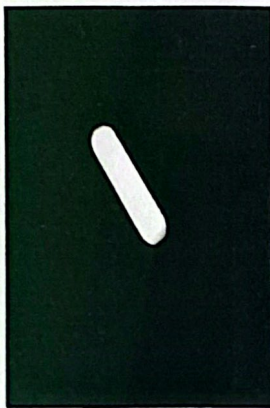
Neraca Digital



Hotplate



Gelas Kimia



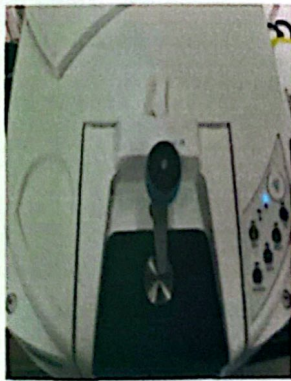
Magnetic stirrer



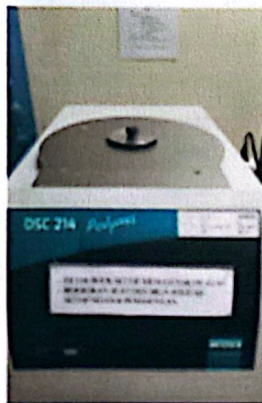
Cawan Petri



Spatula



Alat Uji FTIR

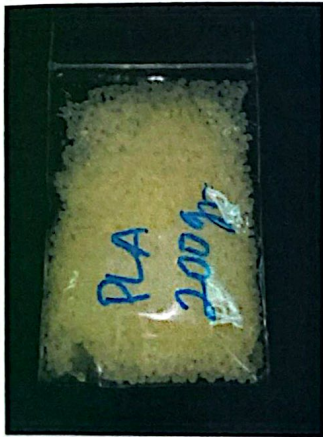


Alat Uji DSC



Alat Uji UTM

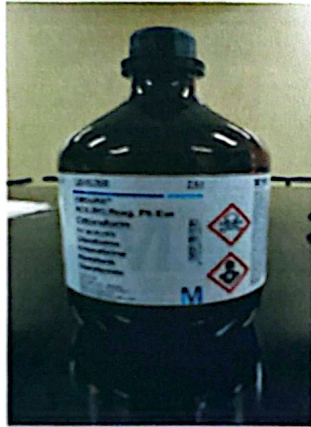
LAMPIRAN D GAMBAR BAHAN



Pelet PLA

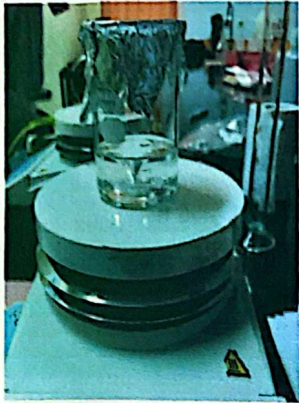


Serbuk talk

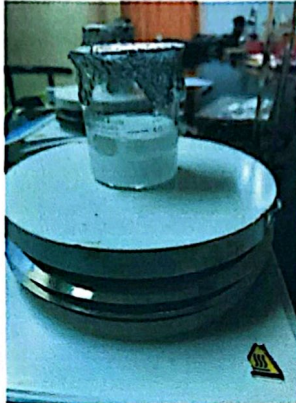


Kloroform

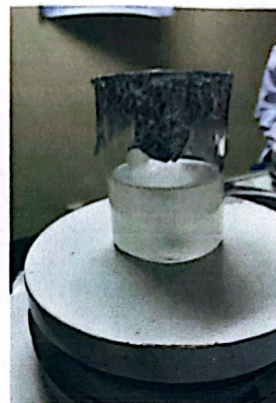
LAMPIRAN E GAMBAR PROSES



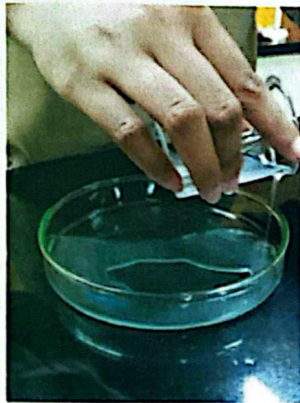
Pelarutan PLA



Pendispersian Talk



Pencampuran



Casting dalam cawan petri



Pengeringan dalam lemari asam

LAMPIRAN F HASIL *BIOFILM*



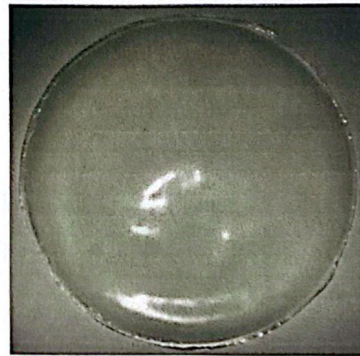
Biofilm PLA



Biofilm PLA/Talk 3%



Biofilm PLA/Talk 4,5%



Biofilm PLA/Talk 6%

LAMPIRAN G UKURAN KETEBALAN SAMPEL

Variasi	Diameter (cm)	Tebal (mm)
1	13,5	0,16
2	13,5	0,15
3	13,5	0,16
4	13,5	0,16

LAMPIRAN H PERHITUNGAN

1) Konversi persentase talk dari massa campuran

$$\text{a) Talk 3\%} = \frac{3}{97} \times 3 = 0,0928$$

$$\text{b) Talk 4,5\%} = \frac{4,5}{95,5} \times 3 = 0,1414$$

$$\text{c) Talk 6\%} = \frac{6}{94} \times 3 = 0,1915$$

2) Fraksi massa *filler*

a) Fraksi massa talk dalam *biofilm* PLA/talk 3%

$$\frac{\text{massa filler}}{\text{massa filler} + \text{massa PLA}} = \frac{0,0928 \text{ gram}}{0,0928 \text{ gram} + 3 \text{ gram}} = 0,030$$

b) Fraksi massa talk dalam *biofilm* PLA/talk 4,5%

$$\frac{\text{massa filler}}{\text{massa filler} + \text{massa PLA}} = \frac{0,1414 \text{ gram}}{0,1414 \text{ gram} + 3 \text{ gram}} = 0,045$$

c) Fraksi massa talk dalam *biofilm* PLA/talk 6%

$$\frac{\text{massa filler}}{\text{massa filler} + \text{massa PLA}} = \frac{0,1915 \text{ gram}}{0,1915 \text{ gram} + 3 \text{ gram}} = 0,060$$

3) Derajat Kristalinitas (X_c) *first heating*

$$X (\%) = \frac{\Delta H}{\Delta H^{\circ}m \times \left(1 - \frac{\% \text{ berat filler}}{100}\right)} \times 100$$

$$\text{a) PLA Murni} = \frac{37,24 \text{ J/g}}{93 \text{ J/g} (1 - 0)} \times 100 = 40,04 \%$$

$$\text{b) Talk 3\%} = \frac{37,81 \text{ J/g}}{93 \text{ J/g} \left(1 - \frac{(0,030 \times 100)}{100}\right)} \times 100 = 41,91\%$$

$$\text{c) Talk 4,5\%} = \frac{26,94 \text{ J/g}}{93 \text{ J/g} \left(1 - \frac{(0,045 \times 100)}{100}\right)} \times 100 = 30,33\%$$

$$\text{d) Talk 6\%} = \frac{28,75 \text{ J/g}}{93 \text{ J/g} \left(1 - \frac{(0,060 \times 100)}{100}\right)} \times 100 = 32,88\%$$

Derajat Kristalinitas (X_c) *second heating*

$$X (\%) = \frac{\Delta H_m - \Delta H_c}{\Delta H^{\circ}m \times \left(1 - \frac{\% \text{ berat filler}}{100}\right)} \times 100$$

$$\text{a) Talk 3\%} = \frac{25,24 \text{ J/g} - 24,54 \text{ J/g}}{93 \text{ J/g} \left(1 - \frac{(0,030 \times 100)}{100}\right)} \times 100 = 0,77 \%$$

$$\text{b) Talk 4,5\%} = \frac{28,29 \text{ J/g} - 26,74 \text{ J/g}}{93 \text{ J/g} \left(1 - \frac{(0,045 \times 100)}{100}\right)} \times 100 = 2,42 \%$$

$$\text{c) Talk 6\%} = \frac{32,56 \text{ J/g} - 25,24 \text{ J/g}}{93 \text{ J/g} \left(1 - \frac{(0,060 \times 100)}{100}\right)} \times 100 = 8,37 \%$$

LAMPIRAN I HASIL PENGUJIAN UTM

Persentase talk		Elongasi (%)	Kekuatan tarik (MPa)	Modulus elastisitas (MPa)
0	Spesimen 1			
	Spesimen 2	0,47	38,82	5767,31
	Spesimen 3	0,24	37,75	4185,84
	Spesimen 4	0,40	32,59	5846,33
	Spesimen 5	0,40	36,87	5721,76
	Rata-rata	0,38	36,51	5380,31
3	Spesimen 1	0,82	42,02	5518,68
	Spesimen 2	0,45	45,08	5748,59
	Spesimen 3	0,90	44,52	5780,96
	Spesimen 4	0,04	42,14	5219,2
	Spesimen 5	0,93	44,46	5751,95
	Rata-rata	0,63	43,64	5603,88
4,5	Spesimen 1	1,12	43,03	4038,04
	Spesimen 2	1,20	40,23	3930,36
	Spesimen 3	0,51	37,58	4773,89
	Spesimen 4	0,44	40,9	4866,99
	Spesimen 5	0,71	43,77	4569,23
	Rata-rata	0,79	41,10	4435,70
6	Spesimen 1	0,95	40,82	5289,97
	Spesimen 2	0,09	36,45	5719,24
	Spesimen 3	0,98	41,57	5691,18
	Spesimen 4	0,47	41,51	5939,53
	Spesimen 5	0,37	44,59	5992,96
	Rata-rata	0,57	40,99	5726,58