

LAPORAN TUGAS AKHIR

SIFAT TERMAL DAN KARAKTERISTIK KIMIA FILM POLI ASAM LAKTAT MURNI DAN FILM POLI ASAM LAKTAT DENGAN PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN KITOSAN

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik

Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



OLEH :

SAMUEL SANDIKA 1514020

RIDUWAN FIRDAUS 1514024

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER

POLITEKNIK STMI JAKARTA

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

JAKARTA

2018

LAPORAN TUGAS AKHIR

**SIFAT TERMAL DAN KARAKTERISTIK KIMIA FILM POLI
ASAM LAKTAT MURNI DAN FILM POLI ASAM LAKTAT
DENGAN PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN KITOSAN**



OLEH :

SAMUEL SANDIKA 1514020

RIDUWAN FIRDAUS 1514024

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER

POLITEKNIK STMI JAKARTA

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

JAKARTA

2018

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR

JUDUL PENELITIAN:

SIFAT TERMAL DAN KARAKTERISTIK KIMIA FILM PLA MURNI DAN
FILM PLA DENGAN PENAMBAHAN FILLER ZnO DAN KITOSAN

DISUSUN OLEH:

NAMA : SAMUEL SANDIKA
NIM : 1514020
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer pada Politenik STMI Jakarta pada hari Rabu, 8 Agustus 2018.

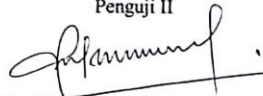
Jakarta, Agustus 2018

Penguji I



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP.195405231980031004

Penguji II



Ir. Parulian Leonard, M. MM
NIP.195702141985031002

Dosen Pembimbing



Svaiful Ahsan, ST.MT
NIP.198407162014021001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR

JUDUL PENELITIAN:

SIFAT TERMAL DAN KARAKTERISTIK KIMIA FILM PLA MURNI DAN
FILM PLA DENGAN PENAMBAHAN FILLER ZnO DAN KITOSAN

DISUSUN OLEH:

NAMA : RIDUWAN FIRDAUS
NIM : 1514024
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Rabu, 8 Agustus 2018.

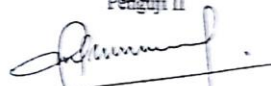
Jakarta, Agustus 2018

Penguji I



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP.195405231980031004

Penguji II



Ir. Parulian Leonard, M. MM
NIP.195702141985031002

Dosen Pembimbing



Svaiful Ansan, ST, MT
NIP.198407162014021001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR

JUDUL PENELITIAN

SIFAT TERMAL DAN KARAKTERISTIK KIMIA FILM POLI
ASAM LAKTAT MURNI DAN FILM POLI ASAM LAKTAT
DENGAN PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN KITOSAN
DISUSUN OLEH:

NAMA : SAMUEL SANDIKA
NIM : 1514020
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer pada Politenik STMI Jakarta pada hari Kamis, 24 Agustus 2018.

Jakarta, Agustus 2018

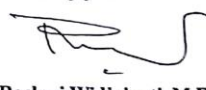
Penguji I



Dr. Erfida Oktariani, S.T, M.T

NIP. 198210012014022001

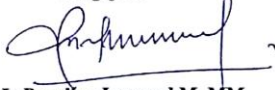
Penguji II



Ir. Rochmi Widiajanti, M.Eng

NIP. 198407162014021001

Penguji III



Ir. Parulian Leonard M, MM

NIP. 195702141985031002

Dosen Pembimbing



Svaiful Ahsan, S.T, M.T

NIP. 198407162014021001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR

JUDUL PENELITIAN

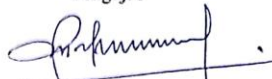
SIFAT TERMAL DAN KARAKTERISTIK KIMIA FILM POLI
ASAM LAKTAT MURNI DAN FILM POLI ASAM LAKTAT
DENGAN PENAMBAHAN *FILLER* ZnO DAN KITOSAN
DISUSUN OLEH:

NAMA : RIDUWAN FIRDAUS
NIM : 1514024
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer pada Politenik STMI Jakarta pada hari Kamis, 24 Agustus 2018.

Jakarta, Agustus 2018

Penguji I



Ir. Parulian Leonard M, MM
NIP. 195702141985031002

Penguji II



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 198407162014021001

Pengji III



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T
NIP. 195702141985031002

Dosen Pembimbing



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

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN:

Sifat Termal dan Karakteristik Kimia Film PLA Murni dan Film PLA dengan Penambahan *Filler* ZnO dan Kitosan

DISUSUN OLEH :

NAMA : SAMUEL SANDIKA

NIM : 1514020

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, Agustus 2018

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmarharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



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

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN:

Sifat Termal dan Karakteristik Kimia Film PLA Murni dan Film PLA
dengan Penambahan *Filler* ZnO dan Kitosan

DISUSUN OLEH :

NAMA : RIDUWAN FIRDAUS

NIM : 1514024

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, Agustus 2018

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN

Sifat Termal dan Karakteristik Kimia Film Poli Asam Laktat Murni dan Film Poli Asam Laktat dengan Penambahan *filler* ZnO dan Kitosan

DISUSUN OLEH :

NAMA : Samuel Sandika
NIM : 1514020
PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

Jakarta, September 2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing



M. Ghozali, ST, MT

NIP. 198012252005021002

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN

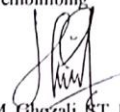
Sifat Termal dan Karakteristik Kimia Film Poli Asam Laktat Murni dan Film Poli Asam Laktat dengan Penambahan *filler* ZnO dan Kitosan

DISUSUN OLEH :

NAMA : Riduwan Firdaus
NIM : 1514024
PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

Jakarta, September 2010

Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing



M. Ghozali, ST, MT

NIP. 198012252005021002

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprapto No. 26 Compaka Pulih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

www.stmi.ac.id



Nomor : 034 /SJ-IND.7.2VI/2018
Lampiran : 1 (satu)
Penhal : Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2017/2018

Jakarta, 31 Mei 2018

Kepada
Yth. Bapak Syaiful Ahsan, ST, MT
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/ KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, 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 : Samuel Sandika
No. Induk : 1514020

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

" Pengamatan Sifat Termal Film Komposit PLA- Kitosan dan Film Komposit PLA -ZnO. "

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



Dr. Mustofa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp. (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : 035 /SJ-IND.7.2/V/2018
Lampiran : 1 (satu)
Penihal : Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2017/2018

Jakarta, 31 Mei 2018

Kepada
Yth. Bapak Syaiful Ahsan, ST, MT
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /201803 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, 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 : Riduwan Firdaus
No. Induk : 1514024

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

" Pengamatan Sifat Termal Film Komposit PLA - Kitosan dan Film Komposit PLA -ZnO. "

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


Direktur,
Dr. Mustofa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

LEMBAR PERMOHONAN TUGAS AKHIR PENELITIAN



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Leljen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

www.stmi.ac.id



Nomor : *007*/SJ-IND.7.2/1/2018
Lampiran :
Perihal : **Pemohonan Penelitian**

Jakarta, 11 Januari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Kepala Pusat Penelitian LIPI KIMIA
Gedung 452 Kawasan Puspitek Serpong
Tangerang Selatan, Banten

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Samuel Sandika	1514020	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.


Pembantu Direktur I,
[Signature]

Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peninggal

LEMBAR PERMOHONAN TUGAS AKHIR PENELITIAN



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

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



Nomor : 004/SJ-IND.7.2/1/2018
Lampiran :
Perihal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 11 Januari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Kepala Pusat Penelitian LIPI KIMIA
Gedung 452 Kawasan Puspitek Serpong
Tangerang Selatan, Banten

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Riduwan Firdaus	1514024	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.


Pembantu Direktur I,

Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

LEMBAR KETERANGAN DITERIMANYA TUGAS AKHIR PENELITIAN



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES)
PUSAT PENELITIAN KIMIA

Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314
Telp. (+62 21) 7560929, Faks (+62 21) 7560549
website : <http://kimia.lipi.go.id>, email : rochem@mail.lipi.go.id

Serpong, 16 Januari 2018

Nomor : B-06 /IPT.2/KS.02/I/2018
Perihal : Pemberitahuan Penelitian

Kepada Yth,
Pembantu Direktur I
Dr. Ridzky Kramanandita, S. Kom, M.T
Politeknik STMI Jakarta

Sehubungan dengan surat dari Pembantu Direktur I Politeknik STMI Jakarta nomor 005/SJ-IND.7.2/I/2018, tertanggal 11 Januari 2018, perihal Permohonan penelitian, atas nama berikut :

No.	Nama Mahasiswa	NIM/Prodi	Waktu	Pembimbing
1.	Samuel Sandika	1514020/Proses produksi	Feb - Juli 2018	M. Ghozali.,MT

Bersama ini kami sampaikan bahwa kami dapat menerima permohonan penelitian mahasiswa tersebut di Pusat Penelitian Kimia – LIPI, dengan memenuhi peraturan yang berlaku.

Untuk komunikasi lebih lanjut mohon dapat menghubungi Ibu Eni Suryani, SP (Staf Sub.Bidang Diseminasi dan Kerjasama PP Kimia – LIPI dinomor 021-7560929 atau melalui email : suryanieni15@gmail.com).

Demikian atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Kepala Bidang Pengelolaan Diseminasi
Hasil Penelitian, PP Kimia – LIPI



- Tembusan :
1. Kepala Pusat Penelitian Kimia LIPI
 2. Arsip

LEMBAR KETERANGAN DITERIMANYA TUGAS AKHIR PENELITIAN



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA (INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES) PUSAT PENELITIAN KIMIA

Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314
Telp. (+62 21) 7560929, Faks (+62 21) 7560549
website : <http://kimia.lipi.go.id>, email : rcchem@mail.lipi.go.id

Serpong, 16 Januari 2018

Nomor : B- 96 /IPT.2/KS.02/I/2018
Perihal : Pemberitahuan Penelitian

Kepada Yth,
Pembantu Direktur I
Dr. Ridzky Kramanandita, S. Kom, M.T
Politeknik STMI Jakarta

Sehubungan dengan surat dari Pembantu Direktur I Politeknik STMI Jakarta nomor 005/SJ-IND.7.2/I/2018, tertanggal 11 Januari 2018, perihal Permohonan penelitian, atas nama berikut :

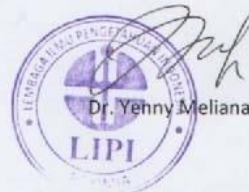
No.	Nama Mahasiswa	NIM/Prodi	Waktu	Pembimbing
1.	Riduwan Firdaus	1514024 /Proses produksi	Feb - Juli 2018	M. Ghozali.,MT

Bersama ini kami sampaikan bahwa kami dapat menerima permohonan penelitian mahasiswa tersebut di Pusat Penelitian Kimia – LIPI, dengan memenuhi peraturan yang berlaku.

Untuk komunikasi lebih lanjut mohon dapat menghubungi Ibu Eni Suryani, SP (Staf Sub.Bidang Diseminasi dan Kerjasama PP Kimia – LIPI dinomor 021-7560929 atau melalui email : suryanieni15@gmail.com).

Demikian atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Kepala Bidang Pengelolaan Diseminasi
Hasil Penelitian ,PP Kimia – LIPI



Tembusan :
1. Kepala Pusat Penelitian Kimia LIPI
2. Arsip










LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : Samuel Sandika 1514020
Riduwan Firdaus 1514024

Judul TA Penelitian : Sifat Termal dan Karakteristik Kimia Film PLA Murni dan Film PLA dengan Penambahan Filler ZnO dan Kitosan

Dosen Pembimbing : Syaiful Ahsan, S.T, M.T

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
20-April-18	-	Pembahasan Variabel bebas, variabel terikat.	
27-April-18	BAB I	Pembahasan latar belakang, tujuan, rumusan, dan batasan masalah.	
11-Mei-18	II & III	Pembahasan tinjauan pustaka dan metode penelitian.	
18-Mei-18	I	Peninjauan kembali tujuan penelitian dan batasan masalah.	
28-Mei-18	III	Pembahasan variabel bebas, variabel terikat dan diagram alir proses.	
30-Mei-18	IV	Pembahasan hasil pengujian DSC dan FTIR.	
31-Mei-18	IV	Pengujian FTIR lanjutan dan pembahasan hasilnya.	
25-Juni-18	v	Pembahasan grafik lanjutan.	
16-Juli-18	1, IV	Pembahasan hasil pengujian DSC dan FTIR, serta formulasi kembali latar belakang	

10-Jul-10	IV	Peninjauan Kembali hasil Pengujian OSC dan FTIR	8
23-Jul-10	I-III	Pembahasan dan pemeriksaan bab I-III	8
30-Jul-10	I-V	Pemeriksaan Kembali bab I-V	8

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik
Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Samuel Sandika
NIM : 1514020
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang saya buat dengan judul “Sifat Termal dan Karakteristik Kimia Film Poli Asam Laktat Murni dan Film Poli Asam Laktat dengan Penambahan *Filler* ZnO dan Kitosan”, maka:

- 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 karya tulis Tugas Akhir Penelitian 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 yang digunakan sebagai 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 karya Tugas Akhir Penelitian ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti yang tertulis di atas, maka karya tulis Tugas Akhir Penelitian saya ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2018

Samuel Sandika

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Riduwan Firdaus
NIM : 1514024
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang saya buat dengan judul “Sifat Termal dan Karakteristik Kimia Film Poli Asam Laktat Murni dan Film Poli Asam Laktat dengan Penambahan *Filler* ZnO dan Kitosan”, maka:

- 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 karya tulis Tugas Akhir Penelitian 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 yang digunakan sebagai 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 karya Tugas Akhir Penelitian ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti yang tertulis di atas, maka karya tulis Tugas Akhir Penelitian saya ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2018

Riduwan Firdaus

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin puji dan syukur yang tiada hentinya penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan penelitian kami yang berjudul "Sifat Termal dan Karakteristik Kimia Film Poli Asam Laktat Murni dan Film Poli Asam Laktat dengan Penambahan *Filler* ZnO dan Kitosan" di LIPI KIMIA ini dapat terselesaikan dengan tepat pada waktunya. Penyusunan laporan ini bertujuan guna memenuhi salah satu persyaratan kelulusan dari jurusan Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Kementerian Perindustrian, Jakarta.

Pada kesempatan ini, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, bantuan, dukungan, dan dorongan semangat yang diberikan hingga terselesaikannya laporan penelitian ini. Dengan selesainya laporan ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta
2. Syaiful Ahsan, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
3. M. Ghozali, MT selaku pembimbing penelitian di LIPI KIMIA yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama melakukan penelitian.
4. Seluruh karyawan serta staff LIPI KIMIA yang turut memberikan bimbingan selama pelaksanaan penelitian dan telah memberikan bantuan dalam proses penyelesaian laporan penelitian ini.
5. Seluruh pihak yang membantu hingga selesainya Laporan Penelitian ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar lebih baik lagi untuk kedepannya. Akhir kata, penyusun mengharapkan agar laporan penelitian yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk memberikan informasi dalam mengembangkan teknologi penggunaan komposit berpenguat serat alam.

Jakarta, Agustus 2018

Penyusun

ABSTRAK

Plastik konvensional yang masih sering digunakan saat ini berasal dari bahan polimer sintetis yang terbuat dari petroleum atau gas alam yang sulit didaur ulang dan bersifat tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu plastik konvensional sebaiknya digantikan dengan plastik *biodegradable* dan bahan pembuat plastik *biodegradable* yang saat ini banyak digunakan terbuat dari Poli asam laktat (PLA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler* ZnO maupun kitosan pada film PLA terhadap sifat termal dan karakteristik kimia film PLA. Pembuatan film menggunakan metode *casting*. Variasi yang digunakan untuk penambahan ZnO adalah 0,1 *Phr*, 1 *Phr* dan kitosan 25 *Phr*. Hasil penelitian pada pengujian termal menunjukkan bahwa film PLA dengan penambahan ZnO memiliki pengaruh terhadap penurunan temperatur leleh (T_m) dan temperatur kristalisasi (T_c) dan penambahan ZnO membuat temperatur transisi kaca (T_g) naik. Sedangkan penambahan kitosan membuat T_g , T_c , dan T_m naik. Pengujian karakteristik kimia menunjukkan bahwa film PLA dengan penambahan ZnO maupun kitosan tidak tampak gugus baru dan ikatan identik dari ZnO maupun kitosan tidak terlihat dikarenakan tertutupi oleh spektra PLA yang lebih dominan.

Kata kunci: poli asam laktat, ZnO, kitosan, *biodegradable*, *filler*

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG.....	v
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN.....	ix
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING	xi
LEMBAR PERMOHONAN TUGAS AKHIR PENELITIAN	xiii
LEMBAR KETERANGAN DITERIMANYA TUGAS AKHIR PENELITIAN	xv
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN ...	xvii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	xix
KATA PENGANTAR	xxi
ABSTRAK	xxiii
DAFTAR ISI.....	xxiv
DAFTAR GAMBAR	xxvii
DAFTAR TABEL.....	xxviii
DAFTAR SIMBOL.....	xxix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Peneltian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Poli Asam Laktat (PLA).....	5
2.1.1 Asam Laktat	6
2.1.2 Proses Pembuatan Poli Asam Laktat	7
2.2 Film Poli Asam Laktat	8
2.3 <i>Zinc Oxide</i> (ZnO)	9
2.4 Kitosan.....	10
2.5 Pengujian Karakteristik Kimia dengan Alat Uji FTIR	12
2.6 Pengujian Sifat Termal dengan Alat Uji DSC.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat.....	17
3.2.2 Bahan.....	17
3.3 Variabel Penelitian	18
3.3.1 Variabel Tetap.....	18
3.3.2 Variabel Bebas	18
3.4 Proses Pembuatan Film	19
3.5 Prosedur Pembuatan Film PLA, PLA-ZnO & PLA-Kitosan	20
3.6 Karakterisasi Sampel	20
3.6.1 Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	20
3.6.2 Pengujian <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	24
4.2 Hasil Pengujian <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	35

BAB V PENUTUP.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN A	49
LAMPIRAN B	51
LAMPIRAN C	53
LAMPIRAN D.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Poly Lactic Acid</i> (PLA).....	5
Gambar 2.2 Struktur Kristal ZnO	9
Gambar 2.3 Perbandingan Struktur Kimia Kitin dan Kitosan	11
Gambar 2.4 Komponen Dasar Spectrometer FTIR.....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Film PLA, PLA – ZnO dan PLA – Kitosan	19
Gambar 3.2 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	21
Gambar 3.3 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	22
Gambar 4.1 Spektrum Inframerah Film PLA Murni	25
Gambar 4.2 Spektrum Inframerah Serbuk ZnO	27
Gambar 4.3 Spektrum Inframerah Serbuk Kitosan.....	28
Gambar 4.4 Spektrum Inframerah Film PLA - ZnO 0,1 <i>Phr</i>	30
Gambar 4.5 Spektrum Inframerah Film PLA - ZnO 1 <i>Phr</i>	32
Gambar 4.6 Spektrum Inframerah Film PLA - Kitosan 25 <i>Phr</i>	34
Gambar 4.7 Hasil Pengujian DSC Film PLA, PLA-ZnO dan PLA Kitosan	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia <i>Poly Lactic Acid</i> (PLA) Ingeo 7001 D	6
Tabel 2.2 Penelitian Pembuatan Film PLA.....	8
Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Kimia ZnO	10
Tabel 2.4 Tipe getaran dan bilangan gelombang	13
Tabel 3.1 Variasi Komposisi Film PLA, PLA - ZnO dan PLA - Kitosan	18
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil FTIR PLA Teori dan FTIR Film PLA.....	25
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil FTIR ZnO Teori dengan FTIR Serbuk ZnO.....	27
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil FTIR Kitosan Teori dengan FTIR Kitosan.....	29
Tabel 4.4 Hasil FTIR PLA, Serbuk ZnO & Film PLA - ZnO 0,1 <i>phr</i>	30
Tabel 4.5 Hasil FTIR PLA, Serbuk ZnO & Film PLA - ZnO 1 <i>Phr</i>	32
Tabel 4.6 Hasil FTIR PLA, Serbuk Kitosan & Film PLA - Kitosan 25 <i>Phr</i>	34
Tabel 4.7 Rangkuman Hasil Pengujian DSC film PLA murni, PLA – ZnO dan PLA kitosan.....	38

DAFTAR SIMBOL

- C_p : Panas spesifik
K : Konduktivitas termal
 ΔT : Selisih suhu awal dengan suhu akhir (°C)
T_c : Temperatur kristalisasi (°C)
T_g : Temperatur transisi kaca (°C)
T_m : Temperatur leleh (°C)
 ΔH_m : Perubahan entalpi pelelehan (J/g)
 ΔH°_m : Entalpi pelelehan PLA kristalisasi 100% = 93 J/g
w : Fraksi berat
X_c : Derajat kristalisasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu permasalahan lingkungan di Indonesia maupun di dunia adalah limbah plastik. Kebutuhan plastik sebagai kantong plastik kemasan pangan atau barang semakin lama semakin meningkat. Ini di karenakan plastik mempunyai keunggulan dibandingkan dengan media lain seperti logam atau gelas, yaitu jauh lebih ringan, harga lebih murah, kemudahan dalam proses pembuatan dan aplikasinya, dan tidak mudah pecah. Selain itu, peningkatan jumlah penduduk di dunia ditambah dengan penggunaan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui untuk memproduksi plastik semakin menambah penumpukan sampah plastik. Plastik konvensional yang masih sering digunakan saat ini berasal dari bahan polimer sintetis yang terbuat dari petroleum, atau gas alam yang sulit didaur ulang dan diuraikan oleh pengurai. Ini dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan berupa pencemaran tanah, air, dan udara, serta penumpukan sampah plastik. Salah satu solusi pemecahan masalah ini adalah dengan mengganti bahan dasar plastik konvensional tersebut menjadi bahan yang mudah diuraikan oleh pengurai, yang disebut dengan plastik *biodegradable* (Avella, 2009).

Dalam beberapa tahun terakhir, para ilmuwan dan insinyur telah bekerja sama untuk menggunakan kekuatan yang melekat dari serat dan nanopartikel yang dikombinasi dengan polimer hijau alami untuk menghasilkan plastik yang lebih mudah di daur ulang. Tantangan khusus untuk hal ini adalah atribut ramah lingkungan mereka, yang membuat mereka ramah lingkungan, sepenuhnya terdegradasi dan berkelanjutan. Poli Asam Laktat atau Poli Asam Laktat (PLA) adalah kelas polimer termoplastik *biodegradable* namun rapuh. Baru-baru ini PLA telah disorot karena ketersediaannya dari sumber daya terbarukan seperti jagung dan gula bit. PLA disintesis oleh polimerisasi kondensasi D- atau asam L-laktat atau polimerisasi pembukaan cincin dari

laktida yang sesuai. Di bawah kondisi lingkungan tertentu, PLA murni dapat terdegradasi menjadi karbon dioksida, air, dan metana selama beberapa bulan hingga dua tahun, suatu keuntungan tersendiri dibandingkan dengan plastik petroleum lainnya yang membutuhkan periode yang lebih lama. Keuntungan lain dari bioplastik ini, yaitu mengurangi limbah plastik yang semakin lama jumlahnya semakin banyak. Bioplastik dirancang untuk memudahkan proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme seperti bakteri dan jamur (Avella, 2009).

Penambahan partikel ZnO memberikan perbaikan pada resistansi fotodegradasi polimer terhadap radiasi ultraviolet dan menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap *Escherichia coli*, serta meningkatkan sifat termal dan sifat mekanik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kanmani dan Rhim (2014) bahwa ZnO yang ukurannya lebih kecil dari partikel biasa seperti nano, memiliki nilai rasio luas permukaan dan volume yang lebih besar sehingga secara kimia dapat mengubah sifat fisik, meningkatkan reaktivitas permukaan, sifat termal, mekanik, dan elektrik yang unik, stabil terhadap panas. Selain itu, Penambahan serbuk kitosan juga dapat memberikan perbaikan pada polimer berupa sifat termal.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh penambahan ZnO terhadap sifat termal dan karakteristik kimia film PLA?
2. Bagaimana pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat termal dan karakteristik kimia film PLA?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah :

1. Bahan baku berupa PLA, ZnO dan kitosan yang digunakan merupakan bahan komersil.
2. Proses karakterisasi dilakukan dengan FTIR dan DSC.
3. Komposisi ZnO yang digunakan 0,1 *Phr* dan 1 *Phr* dari basis 2 gram PLA.
4. Komposisi kitosan yang digunakan 25 *Phr* dari basis 1,6 gram PLA.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh penambahan ZnO terhadap sifat termal dan karakteristik kimia film PLA.
2. Mengetahui pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat termal dan karakteristik kimia film PLA.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini memberikan informasi tambahan dasar teori tentang sifat PLA, kitosan dan ZnO.
2. Penelitian ini memberikan prosedur pembuatan *biodegradable* film.
3. Penelitian ini memberikan informasi pengaruh penambahan ZnO dan kitosan pada *biodegradable* film berbahan material PLA.

1.6 Sistematika Penulisan

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Didalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berkaitan erat. Adapun susunan ke lima bab tersebut sebagai berikut :

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang diadakannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai PLA, Kitosan, ZnO, beberapa penelitian yang pernah ada.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, prosedur penelitian, tahapan pembuatan film PLA-ZnO, PLA-kitosan dan karakterisasi sampel.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengujian, analisis data berdasarkan grafik hasil pengujian, dan pembahasan terhadap hasil pengujian dan analisis data.

BAB V: PENUTUP

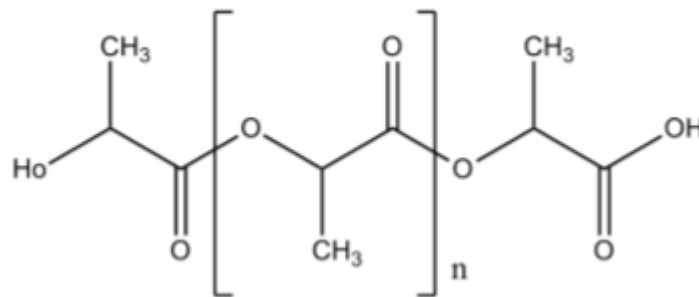
Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Poli Asam Laktat (PLA)

Poli Asam Laktat (PLA) merupakan poliester termoplastik linear yang mengandung ikatan ester dan diproduksi dari sumber yang dapat diperbaharui. ikatan ester tersebut menyebabkan PLA dapat terhidrolisis baik melalui reaksi kimia maupun secara enzimatik (Pandey, 2004). PLA termasuk ke dalam golongan poliester alifatik yang dapat terdegradasi maupun teruraikan di dalam tanah. PLA merupakan bahan serbaguna yang 100 % dibuat dari bahan baku yang dapat didaur ulang seperti jagung, gula, gandum, dan bahan-bahan yang memiliki pati dalam jumlah banyak (Koesnandar, 2004). PLA bersifat *biodegradable* karena memiliki beberapa gugus hidroksil pada ujung rantainya. Selain itu juga PLA bersifat *biocompatible* artinya polimer ini dapat diterima dalam tubuh tanpa menimbulkan efek berbahaya. PLA merupakan kristal polimer dan mempunyai sifat rapuh, sehingga dalam pembuatannya dibutuhkan *plasticizer* untuk menambah sifat mekanis PLA tersebut. Struktur PLA dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur *Poly Lactic Acid* (PLA) (Liu dkk, 2004).

Berdasarkan sifat mekanik, fisik, dan kimia PLA mempunyai kombinasi yang cocok untuk digunakan sebagai bahan sekali pakai atau sebagai bahan pengemas makanan. PLA diharapkan dapat menggantikan plastik konvensional karena mempunyai emisi gas CO₂ lebih rendah sehingga dapat mengurangi pemanasan global. Sifat fisik dan mekanik PLA ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia *Poly Lactic Acid* (PLA) Ingeo 7001 D

Sifat PLA	Nilai
<i>Specific Gravity</i>	1,24
MFR, g/10 min (210°C, 2.16kg)	6
Temperatur leleh	145-160°C

Sumber: Chariyachotilert dkk. (2011)

2.1.1 Asam Laktat

Asam laktat atau *2-hydroxypropanoic acid* (CH₃CHOHCOOH) merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan dalam industri. Senyawa asam ini mempunyai sifat antara lain tak berwarna sampai kekuningan, larut dalam air, alkohol, eter dan korosif. Asam laktat digunakan sebagai bahan baku pada industri yang memproduksi senyawa senyawa laktat (Wibowo, 2014).

Asam laktat ditemukan pada tahun 1780 oleh seorang kimiawan Swedia bernama Scheele, dalam susu. Asam laktat diproduksi secara komersial oleh Charles E. Avery di Littleton, Massachusetts, USA (1881). Asam laktat dapat dibuat melalui proses sintesis kimia atau fermentasi karbohidrat seperti sukrosa, laktosa, manitol, pati dan dekstrin (Wibowo, 2014).

Asam laktat di alam ada dalam dua bentuk optik isomer, yaitu D(-) *lactic acid* dan L(+) *lactic acid*. D(-) *lactic acid* merupakan isomer yang dapat meracuni manusia sedangkan L(+) *lactic acid* adalah isomer yang dipilih untuk makanan dan industri farmasi karena tubuh manusia hanya menghasilkan enzim *L-lactate dehydrogenase*. Isomer L(+) *lactic acid* juga merupakan bahan pembuatan PLA. Salah satu terapan yang paling menjanjikan dari asam laktat adalah sebagai bahan baku pembuatan PLA yang

bersifat *biodegradable* dan *biocompatible* sebagai alternatif pengganti plastik non-*biodegradable* yang dihasilkan dari minyak bumi, batu bara atau gas alam (Wibowo, 2014).

2.1.2 Proses Pembuatan Poli Asam Laktat

Proses pembuatan PLA dapat dibuat dengan metode :

1. *Direct Condensation Polymerization*

Keberadaan gugus hidroksil dan karboksil pada asam laktat dapat diubah secara langsung menjadi poliester melalui reaksi polikondensasi konvensional. Namun, reaksi polikondensasi konvensional asam laktat ini tidak cukup untuk meningkatkan bobot molekulnya dan dibutuhkan waktu yang sangat lama karena sulitnya untuk mengeluarkan air dari produk yang memadat, sehingga produk air yang dihasilkan justru akan menghidrolisis polimer yang terbentuk. Reaksi polikondensasi konvensional hanya mampu menghasilkan PLA dengan bobot molekul kurang dari $1,6 \times 10^4$ yang cirinya seperti kaca. (Rahmayetty dkk, 2016).

2. Kondensasi Dehidrasi Azeotropik

Kondensasi dehidrasi azeotropik dengan menggunakan pelarut azeotropik yang dapat menghasilkan PLA dengan berat molekul mencapai 15.400 dan rendemen sebesar 89 % (Rahmayetty dkk, 2016).

3. *Ring Opening Polymerization (ROP)*

Polimerisasi pembukaan cincin *Ring Opening Polymerization (ROP)* yang dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu polikondensasi asam laktat, depolimerisasi sehingga membentuk laktida, dan dilanjutkan dengan polimerisasi pembukaan cincin, sehingga diperoleh PLA dengan berat molekul 2×10^4 hingga $6,8 \times 10^5$ (Rahmayetty dkk, 2016).

Metode yang umum dipakai untuk menghasilkan PLA adalah melalui reaksi polimerisasi pembukaan cincin (ROP) laktida. ROP berlangsung dengan menggunakan

katalis dalam bentuk ion logam seperti seng, dibutil seng, timbal, timah(II) 2-etilheksanoat, timah (IV) halida, dan beberapa alkoksida logam lainnya (sebagian besar katalis dalam reaksi ROP ini bersifat toksik dan cukup berbahaya untuk aplikasi pangan serta medis) yang sangat diperlukan untuk memulai reaksi polimerisasi. Berdasarkan inisiator, reaksi ROP dapat berlangsung melalui beberapa mekanisme radikal bebas. Dibandingkan dengan metode-metode polimerisasi asam laktat, metode ROP merupakan metode yang sangat kompleks dan menghasilkan PLA dengan ciri yang baik untuk berbagai aplikasi seperti pengemasan (Rahmayetty dkk, 2016).

2.2 Film Poli Asam Laktat

Sekarang ini film PLA banyak menjadi topik penelitian, dimana peneliti berupaya untuk meningkatkan kemampuan PLA dengan penambahan *filler*. Tabel 2.3 menampilkan pembuatan film PLA dari beberapa penelitian.

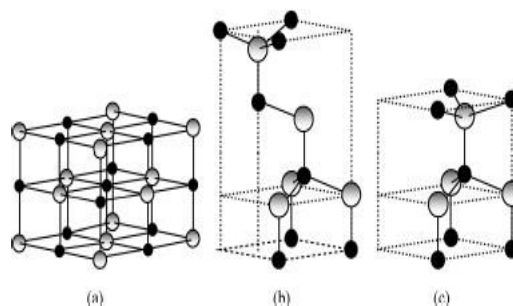
Tabel 2.2 Penelitian Pembuatan Film PLA

No.	Nama Peneliti	Metode	Hasil
1.	Agustina Siti	<i>casting</i>	Semakin tinggi konsentrasi nano-ZnO membuat sifat anti mikroba meningkat dan menurunkan tingkat biodegradasi sehingga bionanokomposit akan lebih lama terurai.
2.	Li dkk	<i>Solvent volatilizing</i>	Penambahan ZnO pada film membuat stabilitas termal relatif bertambah baik.
3.	Pantani dkk	<i>extruder</i>	Penambahan ZnO membuat temperatur transisi kaca (Tg) menjadi turun, dan menaikkan nilai temperatur kristalisasi (Tc) serta temperatur leleh (Tm).
4.	Firdaus dkk	<i>Sol-gel</i>	Semakin banyak PLA yang ditambahkan ternyata menyebabkan film kemasan yang dihasilkan menjadi higroskopis sehingga karakteristik mekaniknya menjadi rendah.

5.	Hartatik dkk	<i>Blending</i>	Film yang ditambah kitosan menyebabkan ketahanan terhadap aktivitas mikroba naik dan menyebabkan kuat tarik yang cenderung naik.
6	Rapa dkk	<i>Melt blending</i>	Penambahan kitosan menyebabkan nilai temperatur transisi kaca (T_g), temperatur kristalisasi (T_c), dan temperatur leleh (T_m) menjadi turun.
7.	Chu dkk	<i>Solvent volatilizing</i>	penambahan nano-ZnO membuat nilai temperatur transisi kaca (T_g), temperatur kristalisasi (T_c), dan temperatur leleh (T_m) menjadi turun.

2.3 Zinc Oxide (ZnO)

Zinc Oxide (ZnO) mempunyai tiga macam struktur, yaitu struktur *hexagonal wurtzite*, *cubic zinc blende*, *cubic rocksalt (Rochelle salt)*. Baik struktur *wurtzite* maupun *cubic zinc blende*, masing- masing anionnya diikat oleh empat kation yang membentuk koordinasi tetrahedral. Pada kondisi yang tidak sesuai dengan lingkungan, secara termodinamika struktur *wurtzite* lebih stabil dibandingkan struktur ZnO yang lain (Morkoc dan Ozgur, 2009).



Gambar 2.2 Struktur Kristal ZnO (Morkoc dan Ozgur, 2009) a. *Cubic Rocksalt* b. *Cubic zinc blende* c. *Hexagonal wurtzite*

ZnO merupakan kristal senyawa ionik, terdiri dari kation-kation dan anion-anion yang tersusun secara teratur dan berulang atau periodik. Pola susunan yang teratur dan berulang dari ion-ion yang terdapat dalam suatu kristal menghasilkan kisi kristal dengan bentuk atau struktur tertentu (Adi dkk, 2004) seperti ketiga

macam struktur tersebut. Selain itu, ZnO merupakan semikonduktor yang mempunyai aplikasi yang multifungsional seperti pada solar *cells*, gas *sensors*, devices, *electro-acoustic transducers*, *UV light emitting devices*, dan anti-bakterial material (Janotti dan Chris, 2009). Adapun sifat fisik dan kimia ZnO lainnya tercantum pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Kimia ZnO

Sifat ZnO	Nilai
Massa jenis	5,61 g/cm ³ (20 °C)
Temperatur leleh	1975 °C
pH	7 (50 g/L, H ₂ O, 20 °C)
Bulk density	200-700 kg/m ³
Kelarutan	0,0016 g/L tidak larut

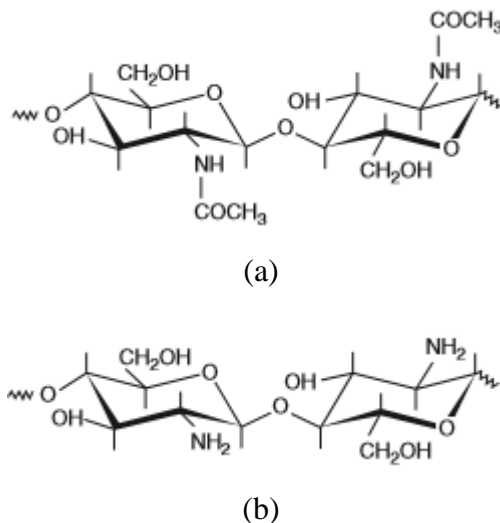
Sumber: www.merckmillipore.com (2018)

ZnO diaplikasikan sebagai kemasan makanan, harga ZnO yang murah (dimensi sub-mikro dan nano) menjadikan ZnO sebagai bahan pengisi ideal untuk polimer yang akan diterapkan di bidang kemasan makanan. Oleh karena itu, partikel ZnO banyak dipadukan ke dalam sejumlah polimer yang akan diaplikasikan sebagai kemasan makanan. Polimer yang sering digunakan sebagai bahan pembuat kemasan makanan yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE), polipropilena isotaktik (iPP), poliamida (PA) dan poli asam laktat (PLA) (Silvestre dkk, 2016).

2.4 Kitosan

Kitin adalah polisakarida terbanyak kedua di alam setelah selulosa. Ini didistribusikan secara luas di kalangan hewan dan tumbuhan, yang merupakan sumber daya terbarukan yang penting. Kitin secara umum direpresentasikan sebagai polisakarida linier yang terdiri dari unit-unit terkait dari N-asetil-2-amino-2-deoksi-d-glukosa. Karena tidak dapat larut dalam sebagian besar pelarut umum, kitin dianggap sebagai polimer yang keras. Kitin dapat diturunkan menjadi polimer sangat baik yaitu

kitosan (Belgacem dan Gadini, 2008). Kitosan adalah polisakarida alami yang dihasilkan dari kitin melalui proses deasetilasi dengan cara menghilangkan gugus asetil ($\text{CH}_3\text{-CO}$) dengan atom hidrogen (H) menjadi gugus amina (NH_2) (Rathke dan Hudson, 1994). Kitosan dapat berinteraksi dengan bahan-bahan yang bermuatan seperti protein, polisakarida anionik, asam lemak, asam empedu dan fosfolipid. Kitosan mempunyai karakteristik fisik, biologi dan kimiawi yang baik diantaranya dapat didegradasi, dapat diperbaharui, dan tidak toksik (Suptijah, 2006). Proses deasetilasi kitin akan menghilangkan gugus asetil dan menyisakan gugus amino yang bermuatan positif jika berada pada kondisi asam (bersifat kationik) dan sangat menentukan sifat fungsional dari kitosan (Dutta dkk, 2011). Perbandingan struktur kimia dari kitin dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.3. Dari Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa kitosan memiliki 3 grup reaktif yaitu gugus -OH pada atom C-3 dan C-6 serta gugus -NH_2 pada atom C-2.



Gambar 2.3 Perbandingan Struktur Kimia Kitin (a) dan Kitosan (b) (Belgacem dan Gadini, 2008).

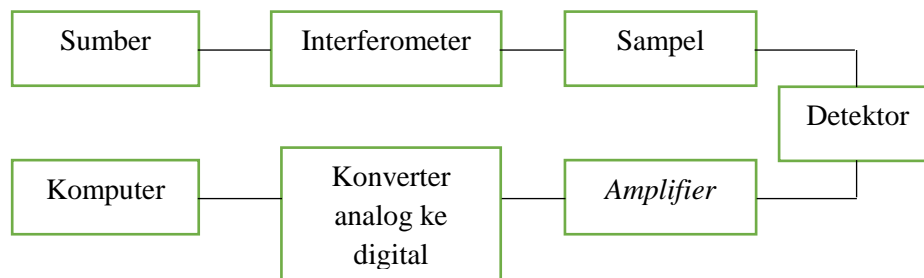
Adanya gugus reaktif amino pada C-2 dan gugus hidroksil pada C-3 dan C-6 pada kitosan tersebut sangat berperan dalam aplikasinya, antara lain sebagai pengawet dan penstabil warna, sebagai *floculant* dan membantu proses *reverse* osmosis dalam penjernihan air, sebagai adiktif untuk produk agrokimia dan pengawet benih. Kitosan

dapat diperoleh dengan cara deasetilasi terhadap kitin secara kimiawi maupun enzimatis (Belgacem dan Gadini, 2008).

Kitosan memiliki reaktivitas kimia tinggi yang menyebabkan kitosan mampu mengikat air dan minyak. Oleh karena itu, kitosan dapat digunakan sebagai bahan pengental atau pembentuk gel yang baik, sebagai pengikat, penstabil, dan pembentuk tekstur (Brezski, 1987). Aplikasi kitosan banyak dimanfaatkan di berbagai hal, biasanya mereka digunakan dalam pengawetan makanan seperti untuk makanan laut atau buah-buahan, serta untuk pengaturan keasaman, dan sebagai agen antibakteri dan antijamur (Shahidi, 2007). Kitosan mempunyai potensi sebagai hipokolesterolemik yang tinggi. Dalam saluran pencernaan, senyawa ini berinteraksi dengan lemak membentuk misela atau emulsifikasi lipid pada fase absorpsi (Deuchi dkk, 1994).

2.5 Pengujian Karakteristik Kimia dengan Alat Uji FTIR

Pengujian karakteristik kimia bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari komposisi material yang mau diuji. Alat uji yang digunakan adalah *fourier-transform infrared* (FTIR). FTIR didasarkan pada gagasan interferensi radiasi untuk menghasilkan interferogram, yang terakhir adalah sinyal yang dihasilkan sebagai fungsi dari perubahan jalur. Dua domain jarak dan frekuensi dapat dipertukarkan dengan metode matematis transformasi *fourier*. Komponen dasar spektrometer FTIR ditunjukkan secara skematik pada Gambar 2.4. Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum mencapai detektor. Setelah amplifikasi sinyal, di mana kontribusi frekuensi tinggi telah dieliminasi oleh filter, data dikonversi ke bentuk digital oleh konverter analog ke digital dan ditransfer ke komputer untuk transformasi *fourier* (Stuart, 2004).



Gambar 2.4 Komponen Dasar Spektrometer FTIR

Dalam spektroskopi inframerah, frekuensi dinyatakan dalam bilangan gelombang (*wave numbers*) yaitu banyaknya daur persentimeter. Satuan bilangan gelombang ialah sepersentimeter ($1/\text{cm}$ atau cm^{-1}). Satuan yang digunakan untuk panjang gelombang dalam spektroskopi inframerah ialah mikrometer, (μm atau mikron, μ) dengan $1,0\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} = 10^{-4}\text{cm}$ (Fessenden dan Fessenden, 1986). Beberapa bilangan gelombang dan tipe getarannya terdapat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tipe Getaran dan Bilangan Gelombang

Jenis Ikatan	Tipe Getaran	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
C-H	Alkana (Uluran)	3000-2850
	-CH ₃ - (Tekukan)	1450 dan 1375
	-CH ₂ - (Tekukan)	1465
	Alkena (Uluran)	3100-3000
	Aromatik (Uluran)	3150-3050
	Alkalin (Uluran)	3300
	Aldehid	2900-2700
C-C	Alkana	Tidak terinterpretatif
C=C	Alkena	1680-1600
	Aromatik	1600 dan 1475
C≡C	Alkuna	2250-2100
C=O	Aldehid	1740-1720
	Keton	1725-1705
	Asam Karboksilat	1725-1700
	Ester	1750-1730
	Amida	1680-1630
	Anhidrida	1810 dan 1760
	Asam Klorida	1800
C-O	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat, Anhidrida	1300-1000

O-H	Alkohol, Fenol	3650-3600
	Asam Karboksilat	3400-2400
N-H	Amina Amida (Uluran)	3500-3100
	Amina Amida (Puntiran)	1640-1550
C-N	Amina	1350-1000
C≡N	Nitril	2260-2240
X=C=Y	Alkena, Isosianat, Isotiosianat	2270-1940
N=O	Nitro (R-NO ₂)	1550 dan 1350
S-H	Merkaptan	2550
S=O	Sulfoksida	1050
	Sulfonat, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida	1375-1300 dan 1350-1140
C-X	Fluorida	1400-1000
	Klorida	785-540
	Bromida, Iodida	<667

Sumber: Pavia dkk, 2009

Spektroskopi inframerah adalah salah satu teknik analisis yang paling penting yang tersedia bagi para ilmuwan saat ini. Salah satu keuntungan besar dari spektroskopi inframerah adalah hampir semua penelitian memakai FTIR. Cairan, larutan, pasta, bubuk, films, serat, gas dan permukaan semuanya dapat diperiksa dengan teknik sampling pilihan yang bijaksana. Sebagai akibat dari instrumentasi yang ditingkatkan, berbagai teknik sensitif baru kini telah dikembangkan untuk memeriksa sampel yang sebelumnya sulit diteliti. (Stuart, 2004).

2.6 Pengujian Sifat Termal dengan Alat Uji DSC

Umumnya polimer dapat diklasifikasikan menurut sifat termal dan mekanisnya menjadi termoplastik, termoset dan elastomer. Termoplastik bersifat *amorf* atau semikristalin dimana polimer yang lunak atau meleleh selama pemanasan dan mengeras selama pendinginan. proses pemanasan - pendinginan - pemanasan dapat diulang tanpa perubahan yang nyata dalam termal dan sifat mekanik termoplastik. Termoset selama pemanasan mengalami perubahan kimia dan proses ini tidak dapat diubah. Elastomer dapat divulkanisir melalui bantuan panas, cahaya, atau bahan kimia khusus seperti belerang, peroksida yang membuatnya *reversibel* merenggang untuk deformasi kecil tetapi vulkanisasi adalah proses *ireversibel*. Sifat yang dihasilkan dari

bahan polimer dan campuran tergantung pada bahan kimia dan sifat fisik dari polimer, aditif serta metodologi pengolahan yang digunakan.

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah metode karakterisasi fisik yang digunakan untuk belajar perilaku termal dari polimer, kopolimer, campuran polimer dan komposit. Umumnya, DSC non-isothermal digunakan untuk identifikasi polimer dasar dan juga penentuan kemurnian dan stabilitas polimer. Polimer *amorf* menunjukkan temperatur transisi kaca (T_g) yaitu kisaran temperatur yang sempit, di bawah temperatur tersebut polimer bersifat *glassy* dan di atasnya bersifat *rubbery* dan 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). Pada temperatur kristalisasi, polimer kehilangan sebagian susunan rantai acaknya, bentuk ikatan antarmolekul, dan molekul polimer menjadi lebih teratur. Pembentukan ikatan selama kristalisasi adalah proses eksotermik, sehingga terjadi peningkatan aliran panas (puncak pada kurva DSC) menyertai proses kristalisasi. Namun, sifat-sifat ini berubah oleh kehadiran aditif dan diterapkan metodologi pemrosesan polimer. Pada dasarnya, sejumlah kecil sampel (hingga 10 mg) dalam *pan* dari berbagai bahan (misalnya *pan* aluminium) dan *pan* kosong diperlakukan di bawah program suhu yang ditentukan (berbagai kombinasi pemindaian panas - pendinginan, dan siklus isothermal), tekanan (stabil) dan atmosfer (*inert* atau reaktif). Pada prinsipnya, sampel dan referensi dipertahankan pada suhu yang sama, sementara setiap transisi yang terjadi pada sampel membutuhkan pasokan energi, yang dicatat oleh DSC sebagai tingkat dQ / dt terhadap suhu atau waktu. DSC adalah analisis termal yang terutama digunakan untuk menentukan transisi orde pertama (*melting*) dan transisi endotermik urutan kedua (transisi kaca). Perubahan mendadak dalam nilai panas spesifik, C_p sesuai dengan temperatur transisi kaca (Gregorova , 2013) :

$$\frac{dQ}{dt} = mC_p$$

Dimana m adalah massa dari sampel

Namun, penentuan transisi gelas polimer dengan kandungan kristalinitas tinggi

terbatas. Transisi orde pertama seperti kristalisasi polimer selama pemanasan (kristalisasi dingin) atau siklus pendinginan (kristalisasi) dan pelelehan kristal polimer dapat dijelaskan dengan rumus berikut (Gregorova, 2013) :

$$\frac{dQ}{dt} = k\Delta t = k T (t - t_0) + \frac{dQ}{dt} \int_{t_0}$$

dimana k adalah konduktansi termal antara pemegang sampel dan sampel, T adalah tingkat kenaikan suhu, dan t_0 adalah awal dari transisi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari s.d Agustus 2018. Pembuatan film dilakukan di laboratorium makro dan laboratorium polimer, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Kimia, Kawasan Puspiptek, Muncul, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten. Pengujian FTIR dilakukan di Politeknik STMI Jakarta sedangkan pengujian DSC dilakukan di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI Cibinong.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

- | | |
|----------------------------|----------------|
| 1. timbangan analitis | 6. lemari asam |
| 2. cawan petri | 7. spatula |
| 3. <i>magnetic stirrer</i> | 8. pinset |
| 4. gelas kimia | 9. pipet |
| 5. <i>hot plate</i> | 10. gelas ukur |
| 6. FTIR | 11. DSC |

3.2.2 Bahan

- | | |
|----------------------------|-------------------|
| 1. Poli Asam Laktat (PLA) | 4. Aluminium Foil |
| 2. <i>Zinc Oxide</i> (ZnO) | 5. Kloroform |
| 3. Kitosan | |

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut :

- Waktu melarutkan PLA : 2 jam
- Waktu melarutkan ZnO : 1 jam
- Waktu melarutkan kitosan : 1 jam
- Waktu mencampurkan PLA-ZnO : 3 jam
- Waktu mencampurkan PLA-kitosan : 3 jam
- Massa PLA untuk film PLA - ZnO : 2 gram
- Massa PLA untuk film PLA - kitosan : 1,6 gram
- Massa kitosan : 0,4 gram

3.3.2 Variabel Bebas

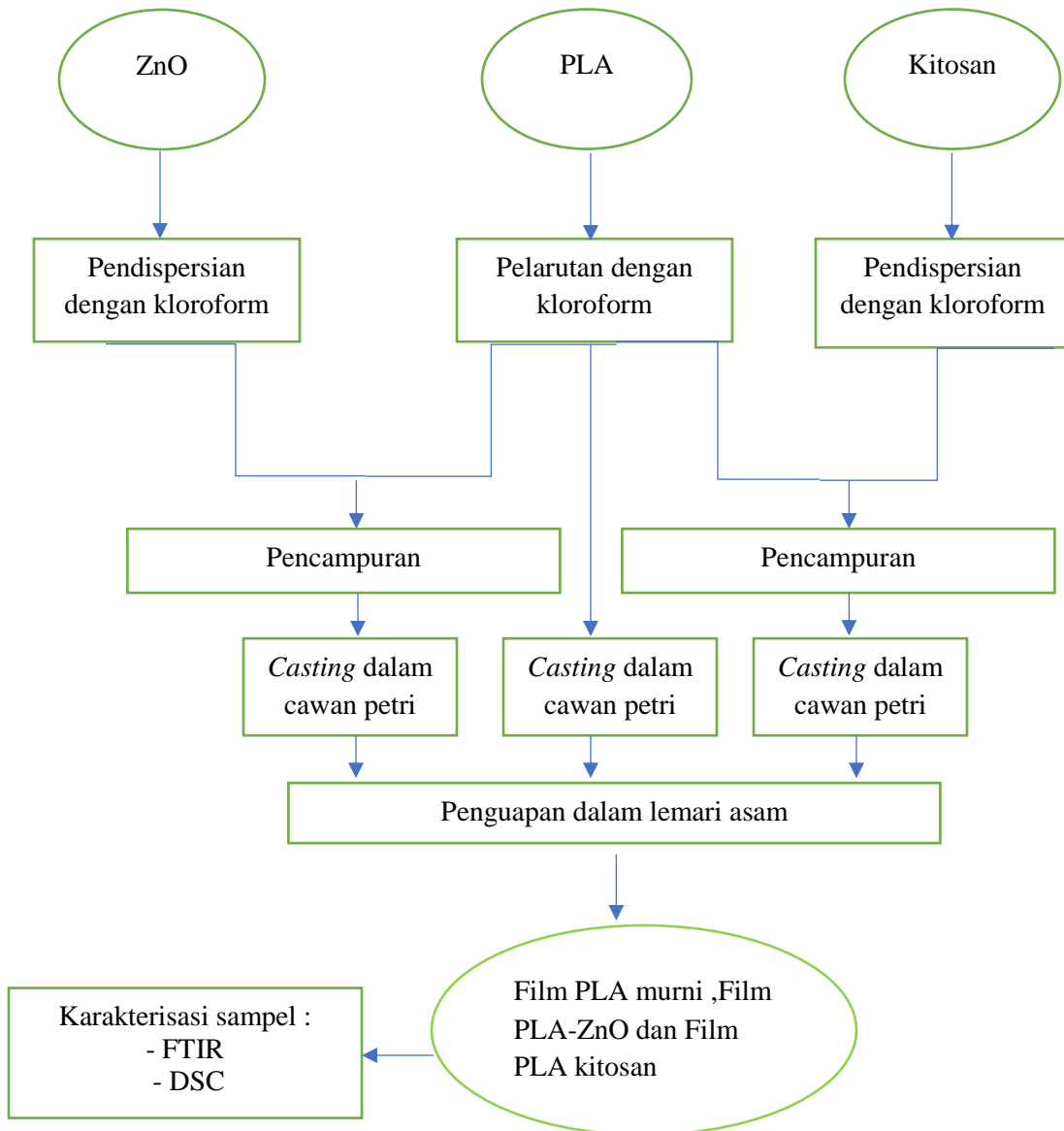
Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada tabel 3.1 variabel bebas pada penelitian ini adalah jenis *filler* dan variasi konsentrasi ZnO.

Tabel 3.1. Variasi Komposisi Film PLA, PLA – ZnO dan PLA - kitosan

Sampel	PLA	<i>Filler</i>	(pengisi)
	Massa (g)	Konsentrasi ZnO (g/Phr)	Konsentrasi Kitosan (g/Phr)
1	2 g	-	-
2	2 g	0,002/0,1	-
3	2 g	0,02/1	-
4	1,6 g	-	0,4/25

3.4 Proses Pembuatan Film

Gambar 3.1 memperlihatkan prosedur penelitian yang digambarkan dalam diagram proses keseluruhan penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Film PLA, PLA - ZnO dan PLA – kitosan

3.5 Prosedur Pembuatan Film PLA, PLA-ZnO dan PLA-Kitosan

1. Pelarutan dan Pendispersian Bahan

Proses pelarutan hanya terjadi pada bahan PLA, sedangkan kitosan dan ZnO hanya didispersi. Dimana PLA dilarutkan dengan pelarutnya yaitu kloroform selama 2 jam, kitosan dan ZnO didispersi dengan kloroform selama 1 jam di atas *hotplate*.

2. Pencampuran/homogenisasi

Proses pencampuran ini dilakukan menggunakan *hotplate* dan pengaduknya yaitu *magnetic stirrer*. Dimana PLA dan kitosan yang sudah dilarutkan serta ZnO yang sudah didispersi masing masing dicampur, PLA dengan ZnO dan PLA dengan kitosan. Pencampuran PLA-ZnO ini membutuhkan waktu 3 jam, PLA-kitosan juga membutuhkan waktu 3 jam.

3. *Casting* dalam cawan petri

Proses *casting* di sini adalah penuangan sekaligus pencetakan bahan yang sudah dihomogenkan ke dalam cawan petri.

4. Penguapan dalam lemari asam

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan pelarut dari masing masing bahan. Waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan bahan kurang lebih 19 jam.

3.6 Karakterisasi Sampel

3.6.1 Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui komposisi organik serta anorganik dari bahan baku film yang dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Nicolet iS10 seperti pada gambar 3.2, yang terdapat pada laboratorium instrumentasi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta dengan prosedur sebagai berikut :



Gambar 3.2 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

- Hubungkan kabel instrumen dengan sumber listrik.
- Nyalakan instrument FTIR dengan menekan tombol *power on*, tunggu hingga proses inisiasi selesai.
- Hidupkan komputer, klik ikon *Spectrum*.
- Sebelum melakukan pemindaian sampel, lakukan pemindaian *background* untuk menghilangkan hasil pemindaian lingkungan pada saat pemindaian sampel dengan cara mengklik *collect background*.
- Letakkan sampel yang sudah dipreparasi pada tempat sampel, kemudian lakukan pemindaian sampel dengan cara mengklik *collect sample*, pastikan parameter pemindaian yang dilakukan benar, tunggu hingga proses pemindaian selesai.
- Apabila diperlukan, lakukan perbandingan spektrum yang diperoleh dari hasil pemindaian sampel dengan spektrum polimer standar yang ada pada basis data (*library*) dan lakukan interpretasi pada hasil pemindaian untuk mengetahui analisa gugus yang terkandung pada sampel.
- Simpan hasil pemindaian yang didapat.

3.6.2 Pengujian *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)

Pengujian termal dari sampel yang dihasilkan dilakukan menggunakan mesin *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) 4000 PerkinElmer seperti pada gambar 3.3 pengujian dilakukan di LIPI Cibinong Biomaterial.



Gambar 3.3 *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)

Prosedur penggunaannya sebagai berikut:

- Hubungkan kabel instrumen dengan sumber listrik.
- Nyalakan komputer dan pastikan saluran gas nitrogen terhubung dengan benar.
- Nyalakan tombol power on pada alat DSC, buka saluran nitrogen dan biarkan alat melakukan pemanasan selama 30 detik.
- Jalankan program *software expert mode* pada layar utama komputer.
- Pada layar pilih standart mode dan isikan Sample Info.
- Masukkan sampel yang telah berbentuk lembaran tipis dan potong sampel sesuai ukuran pada wadah sampel aluminium.
- Masukkan wadah sampel aluminium ke dalam alat DSC dengan menggunakan pinset, masukan wadah aluminium kosong sebagai referen.
- Atur parameter pengujian yaitu laju pemanasan pertama dan kedua serta laju pendinginan pada komputer.
- Klik tombol start untuk menjalankan sesuai parameter tersebut,.

- Tunggu hingga proses pengujian selesai, biarkan instrumen melakukan pendinginan secara otomatis.
- Lakukan pencetakan data hasil pengujian yang diperoleh.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

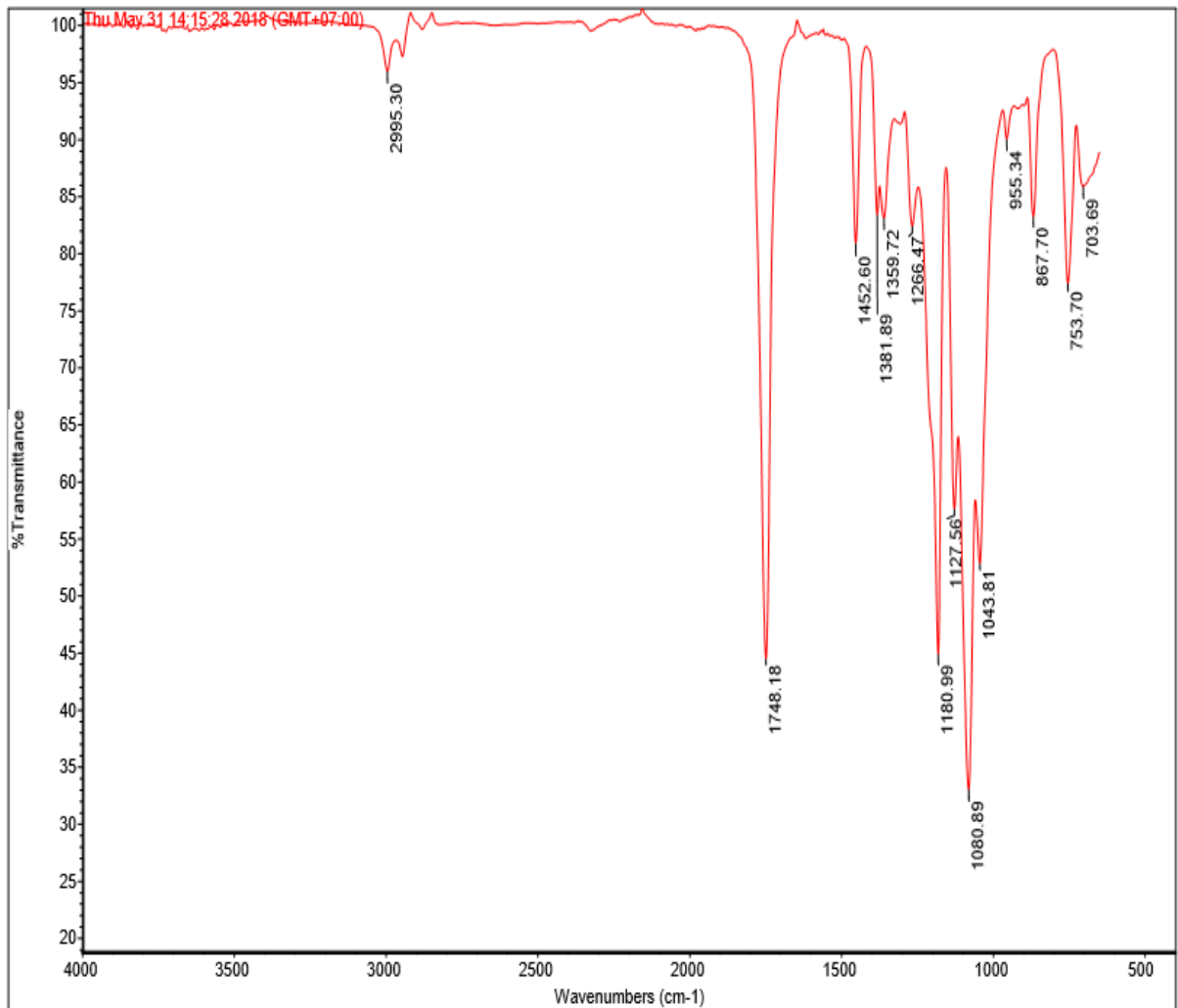
Bab ini membahas mengenai hasil analisis produk film PLA murni dan film PLA dengan penambahan *filler* menggunakan alat uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

4.1 Hasil Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pengujian FTIR pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis jenis komponen yang terdapat pada film PLA murni dan film PLA dengan penambahan *filler*. Spektroskopi FTIR yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk menganalisis spektrum yang dihasilkan (Anam dkk, 2007).

1. Hasil Pengujian Film PLA

Dari uji spektroskopi FTIR terhadap film PLA murni didapatkan spektrum absorpsi inframerah yang tampak pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Spektrum Inframerah Film PLA

Pada spektrum hasil pengujian film PLA dirangkum dalam tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil FTIR PLA Teori dan FTIR Film PLA

Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang ¹ (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
-OH <i>stretch</i>	3571	Tidak terlihat
-C-H- <i>stretch</i>	2997 (<i>asym</i>), 2946 (<i>sym</i>),	2995.30 (<i>asym</i>)

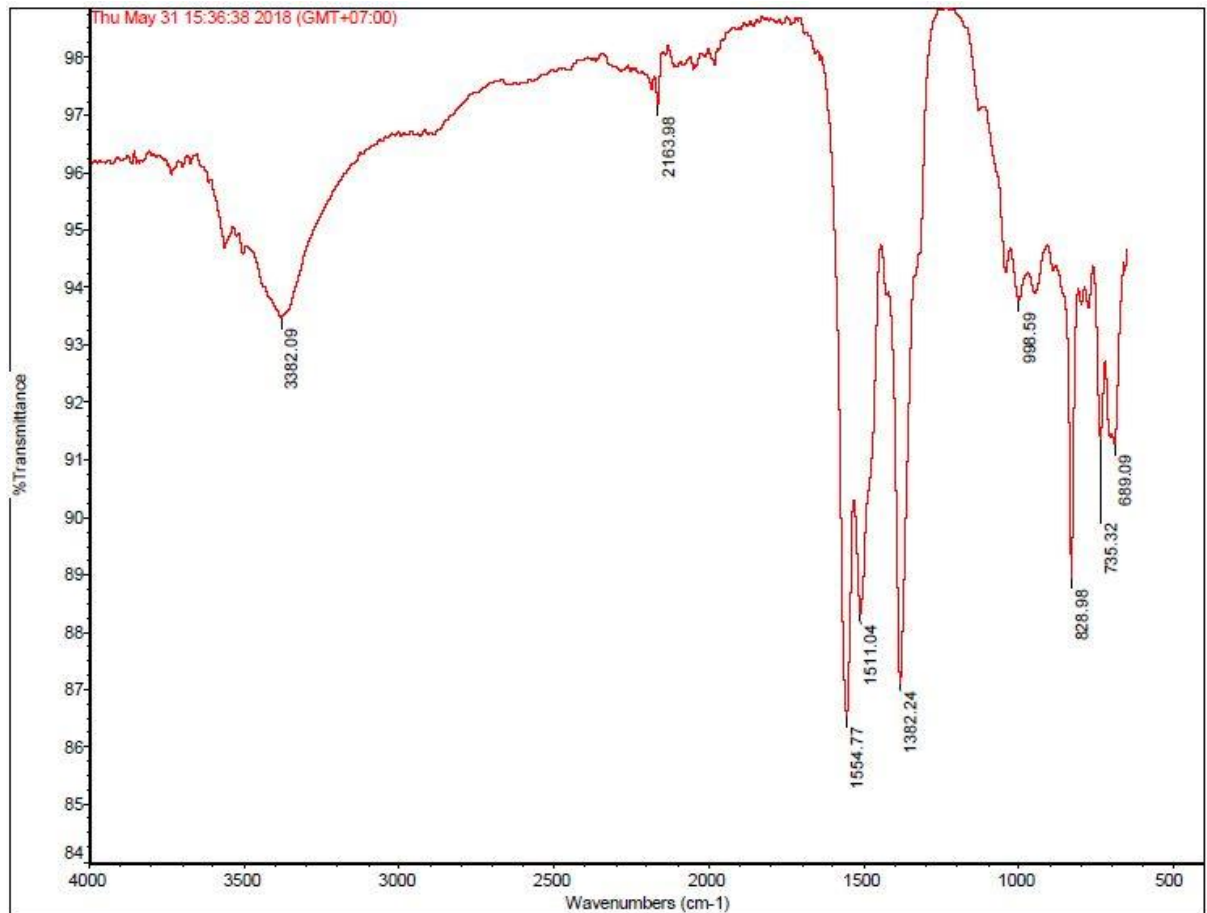
	2877	
-C=O <i>carbonyl stretch</i>	1748	1748.18
-CH ₃ <i>bend</i>	1456	1452.60
-C-H- <i>deformation</i> <i>including symmetric and asymmetric</i>	1382, 1365	1381.89, 1359.72
-C=O <i>bend</i>	1225	1266.47
-C-O- <i>stretch</i>	1194, 1130, 1093	1180.99, 1127.56, 1080.89
-OH <i>bend</i>	1047	1043.81
-CH ₃ <i>rocking modes</i>	956, 921	955.34
-C-C- <i>stretch</i>	926, 868	867.70

Ket 1. Chariyachotilert dkk, (2011)

Berdasarkan hasil pengujian FTIR yang dilakukan didapatkan gugus fungsi dan bilangan gelombang yang tampak tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR yang dilakukan Chariyachotilert dkk, (2011), hanya ada satu gugus yang tidak terlihat, yaitu gugus –OH. Gugus –OH yang tidak terlihat dikarenakan kandungan konsentrasinya tidak banyak seperti gugus lainnya. Walaupun ada gugus –OH yang tidak terlihat sudah dapat dikonfirmasi hasil FTIR PLA sama dengan Chariyachotilert dkk, (2011).

2. Hasil Pengujian Serbuk ZnO

Dari uji spektroskopi FTIR terhadap serbuk ZnO didapatkan spektrum transmittan inframerah yang tampak pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Spektrum Inframerah Serbuk ZnO

Pada spektrum hasil pengujian serbuk ZnO dirangkum dalam tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil FTIR ZnO Teori dengan FTIR Serbuk ZnO

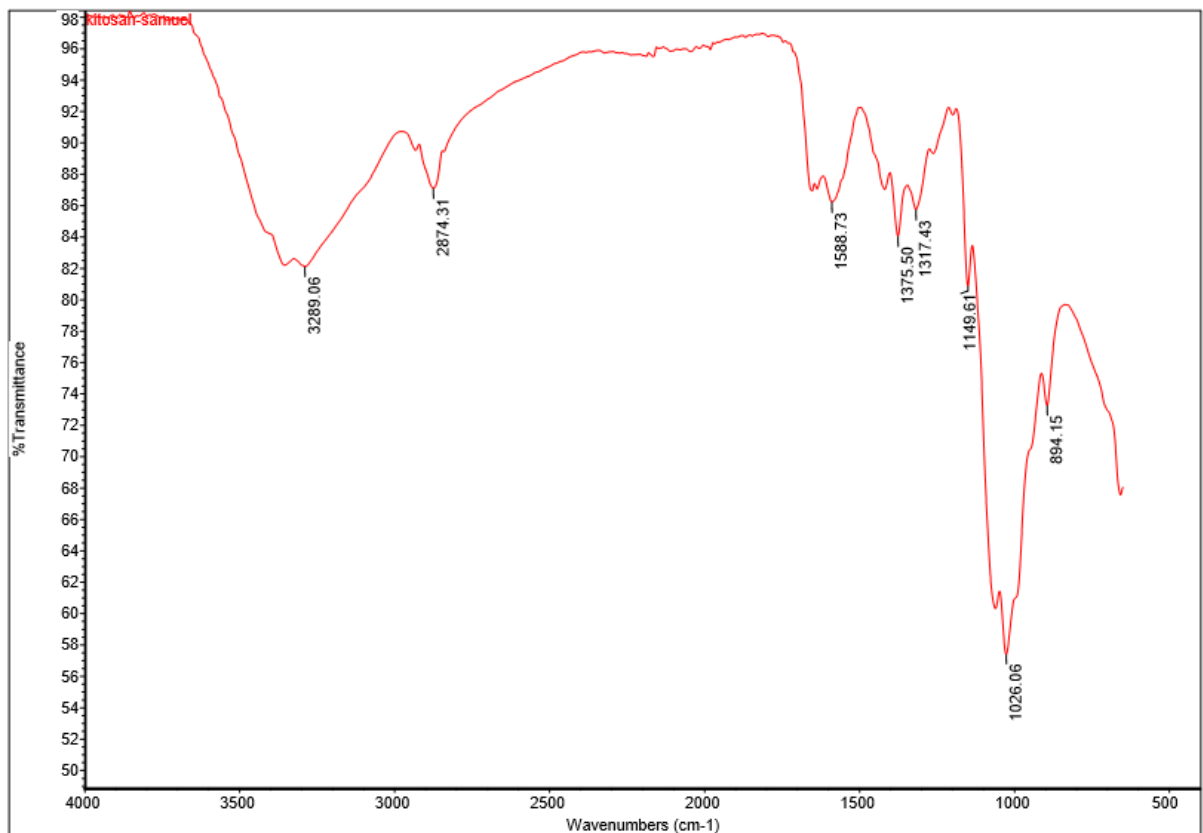
Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang ¹ (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
<i>Metal oxides</i>	<1000	<1000
-OH stretch	3452.30	3382.09
-OH bend	1119.15	998.59
Zn-O stretch	1634	1511.04
Zn-O deformation	620.93	689.09

Ket 1. Kumar dkk, (2013)

Berdasarkan hasil pengujian FTIR yang dilakukan didapatkan bilangan gelombang yang tampak jauh berbeda dengan Kumar dkk, (2013), namun tetap memiliki gugus penyusun dari material ZnO, dengan ini dapat dikonfirmasi hasil FTIR serbuk ZnO sama dengan Kumar dkk, (2013).

3. Hasil Pengujian serbuk kitosan

Dari uji spektroskopi FTIR terhadap serbuk kitosan didapatkan spektrum transmittansi inframerah yang tampak pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Spektrum Inframerah Serbuk kitosan

Pada spektrum hasil pengujian serbuk kitosan dirangkum dalam tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil FTIR Kitosan Teori dengan Hasil FTIR Serbuk Kitosan.

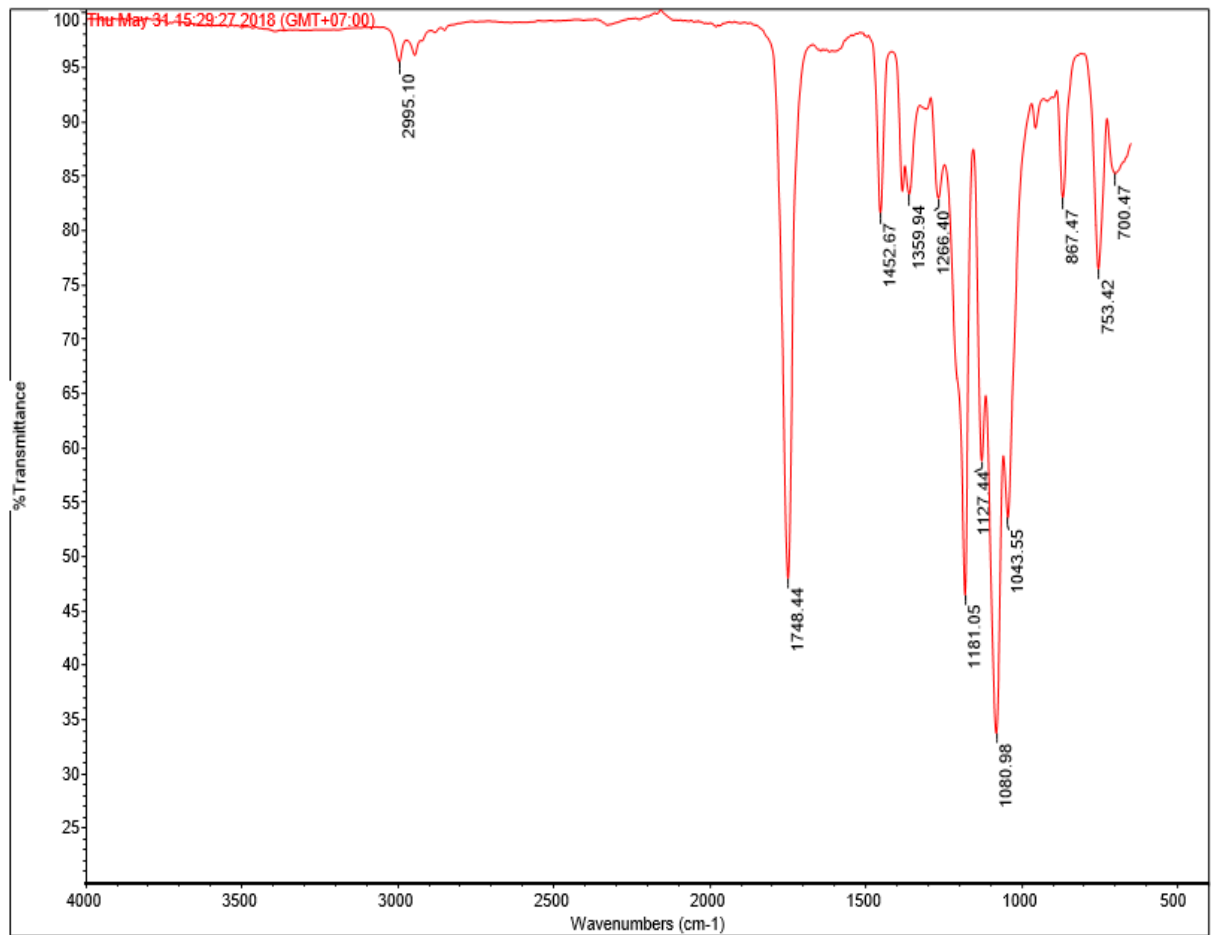
Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang ¹ (cm^{-1})	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
N-H	3449	Puncak tidak tajam
O-H	3257	3289.06
C-H	2932	Puncak tidak tajam
C-C	2879	2874.31
N-H <i>deformation</i>	1580	1588.73
C-H <i>deformation</i>	1407	1375.50
C-O	1029-1162	1026 dan 1149.61

Ket 1. Galo dkk, (2004)

Berdasarkan hasil pengujian FTIR yang dilakukan didapatkan gugus fungsi dan bilangan gelombang yang tampak tidak jauh berbeda dengan Galo dkk, (2004), namun ada dua gugus fungsi yang puncaknya tidak tajam yaitu gugus N-H dan C-H. Walaupun ada yang tidak tajam puncaknya, dengan adanya gugus N-H *deformation* dan C-H *deformation* sudah dapat dikonfirmasi hasil FTIR sama dengan Galo dkk, (2004).

4. Hasil Pengujian Film PLA - ZnO 0,1 *Phr*

Dari uji spektroskopi FTIR terhadap film PLA - ZnO 0,1 *Phr* didapatkan spektrum transmittan inframerah yang tampak pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Spektrum Inframerah Film PLA - ZnO 0,1 Phr

Tabel 4.4 Hasil FTIR Film PLA, Serbuk ZnO dan Film PLA - ZnO 0,1 Phr

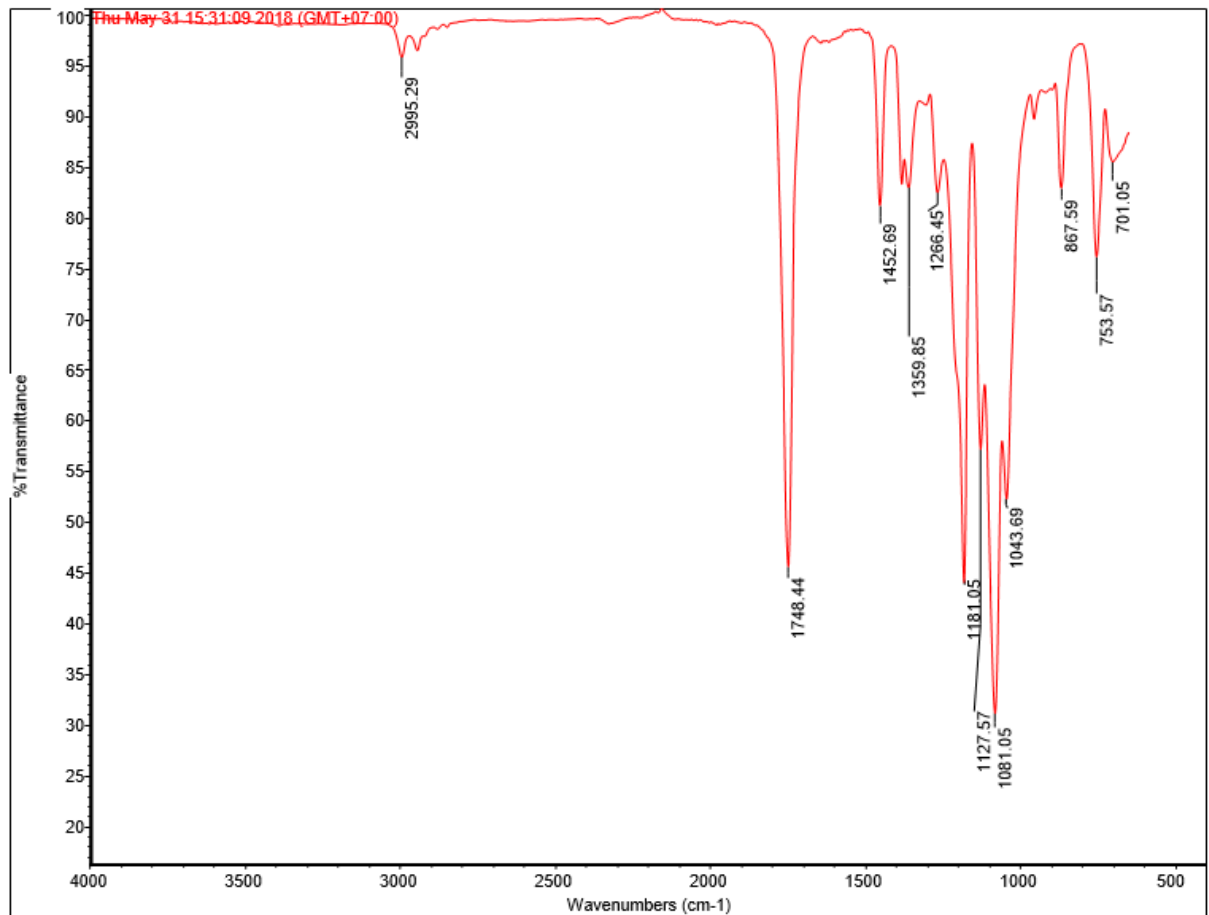
Jenis Ikatan PLA	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
	Film PLA	Film PLA - ZnO 0,1 Phr
-OH stretch	Tidak terlihat	Tidak terlihat
-C-H- stretch	2995.30 (<i>asym</i>)	2995.10 (<i>asym</i>)
-C=O carbonyl stretch	1748.18	1748.44
-CH ₃ bend	1452.60	1452.67
-C-H-deformation	1381.89, 1359.72	Puncak tidak tajam, 1359.94

<i>including symmetric and asymmetric</i>		
<i>-C=O bend</i>	1266.47	1266.40
<i>-C-O- stretch</i>	1180.99, 1127.56, 1080.89	1180.98, 1127.44, 1080.98
<i>-OH bend</i>	1043.81	1043.55
<i>-CH₃ rocking modes</i>	955.34	Puncak tidak tajam
<i>-C-C- stretch</i>	867.70	867.47
Jenis Ikatan ZnO	Bilangan Gelombang (cm⁻¹) ZnO	
<i>Metal oxides</i>	<1000	Tidak terlihat
<i>-OH stretch</i>	3382.09	Tidak terlihat
<i>-OH bend</i>	998.59	Tidak terlihat
<i>Zn-O stretch</i>	1511.04	Tidak terlihat
<i>Zn-O deformation</i>	689.09	Tidak terlihat

Berdasarkan hasil pengujian FTIR yang dilakukan didapatkan gugus fungsi dan bilangan gelombang yang tampak tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR film PLA murni, sedangkan gugus gugus identik ZnO atau bilangan gelombang baru tidak terlihat karena komposisi ZnO yang relatif sedikit membuat hasil spektra dari jenis ikatan ZnO tidak tampak.

5. Hasil Pengujian Film PLA - ZnO 1 Phr

Dari uji spektroskopi FTIR terhadap film PLA - ZnO 1 Phr didapatkan spektrum transmittan inframerah yang tampak pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Spektrum Inframerah Film PLA - ZnO 1 Phr

Tabel 4.5 Hasil FTIR Film PLA, Serbuk ZnO dan Film PLA - ZnO 1 Phr

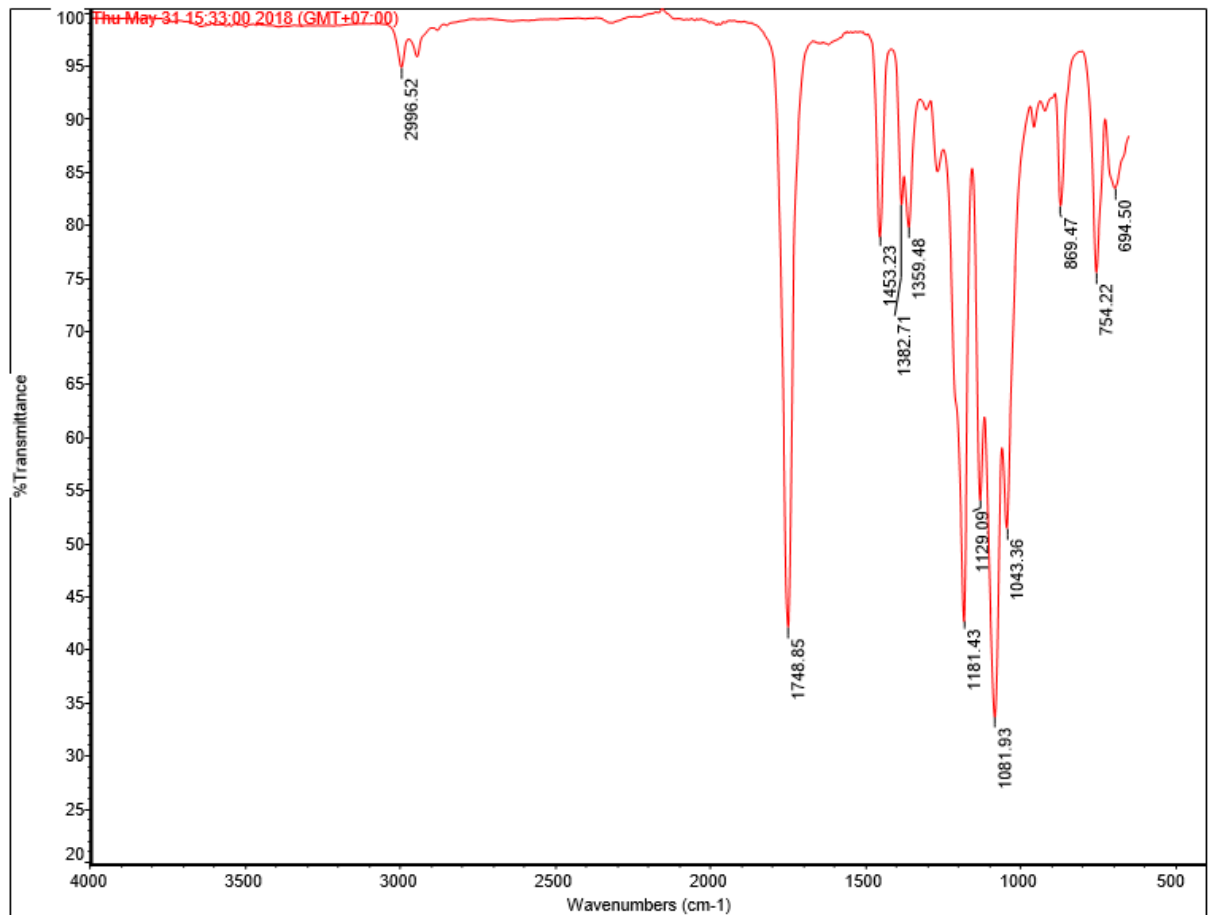
Jenis Ikatan PLA	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
	Film PLA	Film PLA - ZnO 1 Phr
-OH stretch	Tidak terlihat	Tidak terlihat
-C-H- stretch	2995.30 (asym)	2995.29 (asym)
-C=O carbonyl stretch	1748.18	1748.44
-CH ₃ bend	1452.60	1452.69
-C-H- deformation including symmetric and asymmetric	1381.89, 1359.72	Puncak tidak tajam, 1359.85

-C=O <i>bend</i>	1266.47	1266.45
-C-O- <i>stretch</i>	1180.99, 1127.56, 1080.89	1181.05, 1127.57, 1080.05
-OH <i>bend</i>	1043.81	1043.69
-CH ₃ <i>rocking modes</i>	955.34	Puncak tidak tajam
-C-C- <i>stretch</i>	867.70	867.59
Jenis Ikatan ZnO	Bilangan Gelombang (cm⁻¹) ZnO	
<i>Metal oxides</i>	<1000	Tidak terlihat
-OH <i>stretch</i>	3382.09	Tidak terlihat
-OH <i>bend</i>	998.59	Tidak terlihat
Zn-O <i>stretch</i>	1511.04	Tidak terlihat
Zn-O <i>deformation</i>	689.09	Tidak terlihat

Berdasarkan hasil pengujian FTIR yang dilakukan didapatkan gugus fungsi dan bilangan gelombang yang tampak tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR film PLA murni sedangkan gugus gugus identik ZnO atau bilangan gelombang baru tidak terlihat dikarenakan penambahan *filler* ZnO yang relatif sedikit membuat hasil spektra tidak terlihat atau tertutupi spektra dari PLA yang lebih dominan. Selain itu dari hasil FTIR ini dapat diasumsikan bahwa resin dan *filler* ZnO tercampur secara fisis karena tidak ada bilangan gelombang baru.

6. Hasil Pengujian Hasil Pengujian Film PLA - Kitosan 25 *Phr*

Dari uji spektroskopi FTIR terhadap film PLA - kitosan *Phr* didapatkan spektrum transmittan inframerah yang tampak pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Spektrum Inframerah Film PLA - Kitosan 25 Phr

Tabel 4.6 Hasil FTIR Film PLA, Serbuk Kitosan dan Film PLA - Kitosan 25 Phr.

Jenis Ikatan PLA	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
	Film PLA	Film PLA - Kitosan 25 Phr
-OH <i>stretch</i>	Tidak terlihat	Tidak terlihat
-C-H- <i>stretch</i>	2995.30 (<i>asym</i>)	2996.252 (<i>asym</i>)
-C=O <i>carbonyl stretch</i>	1748.18	1748.85
-CH ₃ <i>bend</i>	1452.60	1453.23
-C-H- <i>deformation</i> <i>including symmetric and asymmetric</i>	1381.89, 1359.72	1382.71, 1359.48

-C=O <i>bend</i>	1266.47	Puncak tidak tajam
-C-O- <i>stretch</i>	1180.99, 1127.56, 1080.89	1181.43, 1129.09, 1081.93
-OH <i>bend</i>	1043.81	1043.36
-CH ₃ <i>rocking modes</i>	955.34	Puncak tidak tajam
-C-C- <i>stretch</i>	867.70	869.47
Jenis Ikatan Kitosan	Bilangan Gelombang (cm⁻¹) Kitosan	
N-H	Puncak tidak tajam	Tidak terlihat
O-H	3289.06	Tidak terlihat
C-H	Puncak tidak tajam	Tidak terlihat
C-C	2874.31	Tidak terlihat
N-H <i>deformation</i>	1588.73	Tidak terlihat
C-H <i>deformation</i>	1375.50	Tidak terlihat
C-O	1026 dan 1149.61	Tidak terlihat

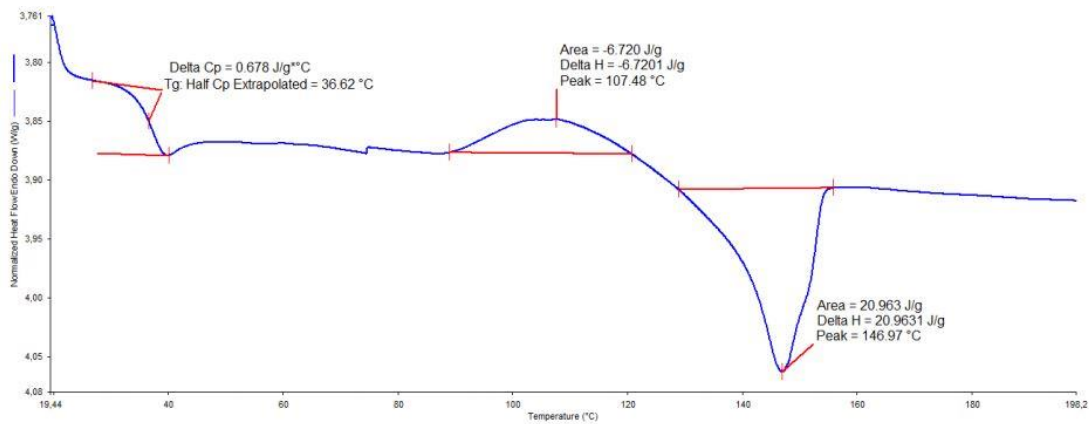
Berdasarkan hasil pengujian FTIR yang dilakukan didapatkan gugus fungsi dan bilangan gelombang yang tampak tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR film PLA murni, sedangkan gugus gugus identik Kitosan atau bilangan gelombang baru tidak terlihat dikarenakan penambahan *filler* kitosan yang relatif sedikit membuat hasil spektra tidak terlihat atau tertutupi spektra dari PLA yang lebih dominan. Selain itu dari hasil FTIR ini dapat diasumsikan bahwa resin dan *filler* kitosan tercampur secara fisis karena tidak ada bilangan gelombang baru.

4.2 Hasil Pengujian *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)

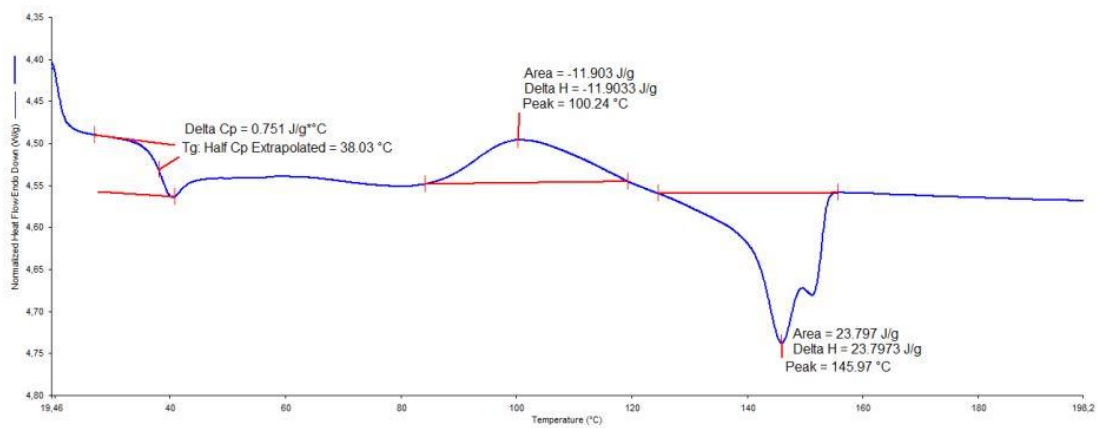
Pengujian termal menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) untuk mengetahui nilai temperatur transisi *glass* (T_g), temperatur kristalisasi (T_c) dan temperatur leleh (T_m) dari suatu bahan atau produk yang akan diuji (Chu dkk, 2017). Pengujian termal menggunakan DSC pada penelitian ini dilakukan melalui proses pemanasan yang dimulai dari temperatur 20°C sampai 200°C. Hasil dari termogram DSC menampilkan proses eksoterm dan proses endoterm. Proses eksoterm ditandai dengan adanya puncak dan proses endoterm ditandai dengan adanya lembah. Pada

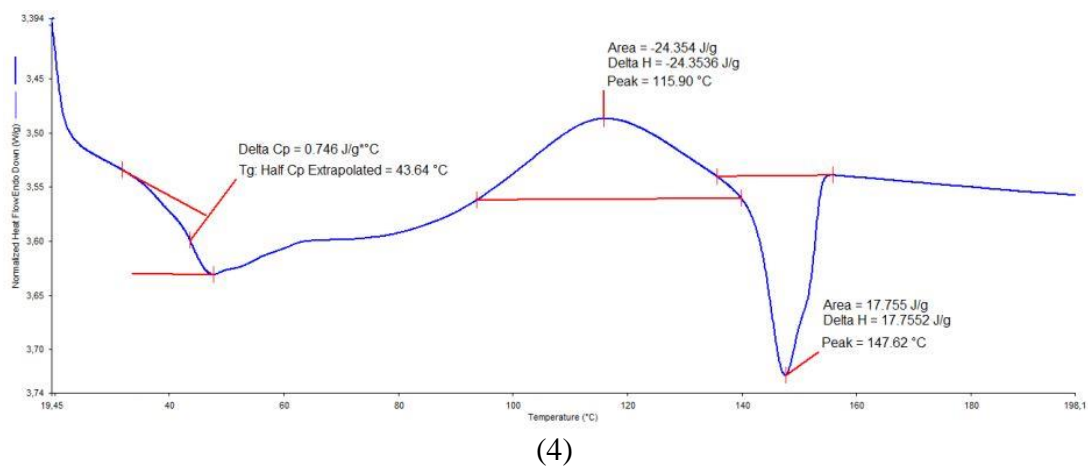
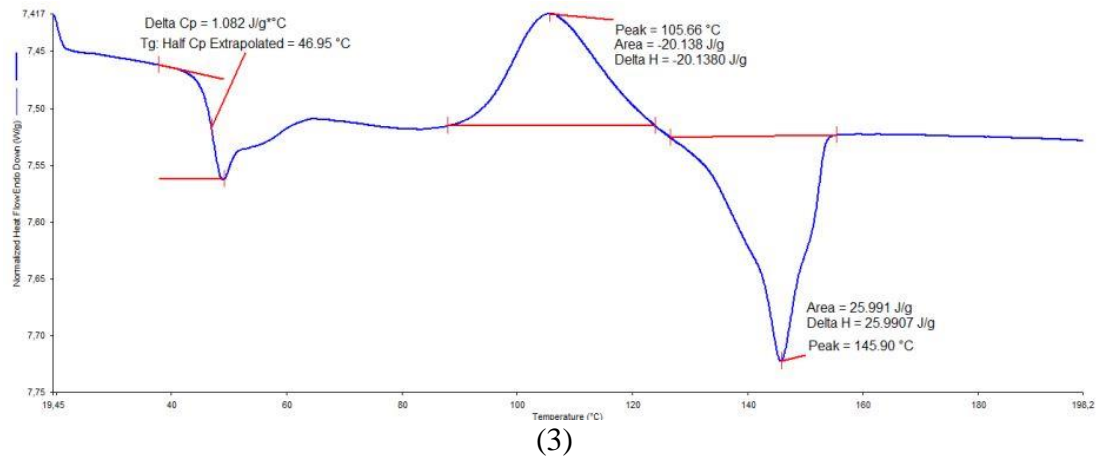
grafik termogram proses eksoterm terdapat puncak yang menunjukkan nilai T_c sedangkan pada proses endoterm terdapat dua lembah yang menunjukkan nilai T_g dan T_m . Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian DSC.

(1)



(2)





Gambar 4.7 Hasil Pengujian DSC

(1) film PLA, (2) film PLA - ZnO 0,1 *Phr*, (3) film PLA - ZnO 1 *Phr*, (4) film PLA - kitosan 25 *Phr*.

Dari gambar 4.7 dapat ditentukan derajat kristalisasi (X_c) (Vasile dkk, 2017)

$$X_c (\% \text{ kristalin}) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H^{\circ}m} \times \frac{100}{w}$$

Keterangan :

X_c = derajat kristalisasi

ΔH_m = entalpi pelelehan sampel

$\Delta H^{\circ}m$ = entalpi pelelehan PLA kristalisasi 100% = 93 J/g

w = fraksi berat PLA

Berdasarkan gambar 4.7, kurva termogram hasil DSC dirangkum pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Rangkuman Hasil Pengujian DSC Film PLA, PLA – ZnO dan PLA - kitosan

No	Sampel	Tg (°C)	Tc (°C)	Tm (°C)	ΔH_m (J/g)	Xc (%)
1	PLA (2g)	36,62	107,48	146,97	20,963	22,541
2	PLA (2g) - ZnO 0,1 <i>Phr</i>	38,03	100,24	145,97	23,797	25,614
3	PLA (2g) - ZnO 1 <i>Phr</i>	46,95	105,66	145,9	25,991	28,229
4	PLA (2g) - kitosan 25 <i>Phr</i>	43,64	115,9	147,62	17,755	23,864

Berdasarkan tabel 4.7 dapat dijelaskan :

1. Hasil pengujian DSC film PLA

Hasil pengujian DSC film PLA didapat dua puncak eksoterm yang menunjukkan nilai temperatur glass (Tg) sebesar 36,62°C, dan temperatur kristalisasi (Tc) sebesar 107,48°C. Pada hasil termogram ini juga didapat puncak endotermik yang menunjukkan temperatur leleh (Tm) sebesar 146,97°C. Hasil Tm dari pengujian DSC film PLA murni sesuai dengan Tm PLA ingeo 7001 D yang terdapat pada tabel 2.1.

2. Hasil Pengujian DSC film PLA - ZnO 0,1 *Phr*

Penambahan ZnO sebanyak 0,1 *Phr* membuat temperatur glass (Tg) naik yang semula 36,62°C menjadi 38,03°C. Selain itu penambahan ZnO sebanyak 0,1 *Phr* membuat penurunan pada temperatur kristalisasi (Tc) yang semula 107,48°C menjadi 100,24°C, penurunan juga terdapat pada temperatur leleh (Tm) yang semula 146,97°C menjadi 145,97°C, penurunan ini tidak banyak hanya 1°C.

3. Hasil Pengujian DSC film PLA - ZnO 1 *Phr*

Berdasarkan gambar 4.7 Penambahan komposisi *filler* yang lebih banyak membuat Tg naik yang semula 38,03°C menjadi 46,95°C. Semakin tinggi nilai Tg suatu material menunjukkan bahwa semakin *glassy* material tersebut, material yang

glassy memiliki ciri kaku, sama halnya dengan hasil dari film yang dihasilkan jika diobservasi dengan pancaindera film PLA yang ditambah *filler* ZnO lebih kaku dibandingkan dengan film PLA murni, hal ini menunjukkan bahwa data di atas sesuai dengan fakta.

Penambahan komposisi ZnO 1 *Phr* membuat penurunan temperatur leleh (T_m) yaitu $145,97^\circ\text{C}$ menjadi $145,9^\circ\text{C}$. Berdasarkan data tersebut diasumsikan penambahan ZnO menurunkan nilai T_m , hasil ini sama dengan Chu dkk, (2017) dimana nilai T_m turun ketika ada penambahan ZnO pada film. Penurunan ini disebabkan terjadinya pelelehan kembali atau terjadi dua kali pelelehan (Chu dkk, 2017).

Penambahan komposisi ZnO yang lebih besar membuat temperatur kristalisasi (T_c) naik yang semula $100,24^\circ\text{C}$ menjadi $105,66^\circ\text{C}$, hasil ini menunjukkan bahwa penambahan ZnO bersifat fluktuaktif, namun jika diamati dari hasil DSC film PLA murni dan film PLA dengan penambahan ZnO dapat diasumsikan penambahan ZnO membuat nilai T_c mengalami penurunan. Penurunan T_c merupakan dampak dari pembentukan inti kristal yang terjadi pada dua fasa dan partikel ZnO pada PLA yang bertindak sebagai inti kristal yang terjadi pada dua fasa tersebut. Serta partikel ZnO menstimulasi terjadinya kristalisasi dingin pada rantai PLA yang temperaturnya rendah (Chu dkk, 2017).

Penambahan ZnO 0,1 *phr* maupun 1 *phr* membuat membuat nilai derajat kristalisasi meningkat, hal ini menunjukkan semakin banyak konsentrasi ZnO yang ditambahkan maka semakin banyak pembentukan kristal yang terjadi.

4. Hasil Pengujian DSC film PLA – Kitosan 25 *Phr*

Berdasarkan gambar 4.7 penambahan kitosan pada film PLA membuat kenaikan pada T_g, T_c dan T_m . Pada temperatur leleh yang semula $146,97^\circ\text{C}$ menjadi $147,62^\circ\text{C}$, dengan T_m yang naik berarti diutuhkan energi yang lebih besar pada saat pelelehan film PLA-kitosan, sedangkan untuk temperatur kristalisasi mengalami kenaikan yang semula $107,48^\circ\text{C}$ menjadi $115,66^\circ\text{C}$ dan pada temperatur transisi glass naik yang semula $36,64^\circ\text{C}$ menjadi $43,64^\circ\text{C}$. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan

Rapa dkk, (2016), dimana hasil T_g , T_c , dan T_m pada film PLA yang ditambahkan *filler* kitosan nilainya menjadi turun. Pada penelitian yang dilakukan Rapa dkk (2016) pada proses pembuatan filmnya ditambahkan *plastizier*. Dapat diasumsikan perbedaan hasil pengujian DSC dengan yang dilakukan Rapa dkk karena pada proses yang dilakukannya ada penambahan *plastizier*. Dapat asumsikan penambahan *plastizier* membuat penurunan T_g , T_c , dan T_m . Penambahan kitosan 25 *phr* membuat membuat nilai derajat kristalisasi turun, hal ini menunjukkan bahwa penambahan kitosan membuat pembentukan kristal yang terjadi semakin sedikit.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data hasil pengujian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan ZnO pada film PLA ternyata memberikan pengaruh terhadap sifat termal tetapi karakteristik kimia tidak berubah
 - a. Penambahan ZnO pada film PLA menyebabkan pengaruh terhadap sifat termal, yaitu menyebabkan kenaikan temperatur transisi kaca dan derajat kristalisasi serta penambahan ZnO menyebabkan penurunan temperatur kristalisasi dan temperatur leleh.
 - b. Penambahan ZnO pada film PLA tidak menyebabkan perubahan terhadap karakteristik kimia film PLA, hal ini dikarenakan penambahan ZnO yang relatif sedikit.
2. Penambahan kitosan pada film PLA ternyata memberikan pengaruh terhadap sifat termal tetapi karakteristik kimia tidak berubah
 - a. Penambahan ZnO pada film PLA menyebabkan pengaruh terhadap sifat termal, yaitu menyebabkan kenaikan temperatur transisi kaca, temperatur kristalisasi, temperatur leleh dan derajat kristalisasi:
 - b. Penambahan kitosan pada film PLA tidak menyebabkan perubahan terhadap karakteristik kimia film PLA, hal ini dikarenakan penambahan kitosan yang relatif sedikit.

5.2 Saran

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

- a. Perlu dilakukan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat persebaran distribusi dari *filler*.
- b. Perlu dilakukan uji mekanik untuk mengetahui kekakuan dan kekuatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Siti., *The Effect of Nano Zinc Oxide to Biodegradability of Bionanocomposite*. Balai Besar Kimia dan Kemasan. Kementerian Perindustrian, Yogyakarta, 2015.
- Anam, C., Sirojudin., dan Sofjan, K. F., *Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR*, 2007.
- Averous, L., *Synthesis, Properties and Applications dalam Monomers Polymers and Composites from Renewable Resources* (Ed Mohamed Naceur Belgacem dan Alessandro Gandini), 1st Edition, Chapter 21. Elsevier Ltd: Amsterdam, 2008.
- Belgacem, M. N., dan Gadini, A., *Monomers, Polymers and Composites From Renewable Resource*. (INPG) Grenoble, France & CICECO, Chemistry Department University of Aveiro, Portugal. Hlm 433 dan 517, 2008.
- Brezski, M. M., *Chitin and Chitosan Putting Waste to Good Use*. Info Fish 5/87 : 31-33, 1987.
- Cardenas, Galo., dan Patricia, S. M., *FTIR and TGA Studies Of Chitosan Composite Films*. Lab Quitina/Quitosano, Dept. De Polimeros, Facultad de Ciencias Quimicas, Lab. Biotecnologia Facultad De Estudios Superiores, Mexico, 2004.
- Chariyachotilert, Chaiyatas., *Assessment of The Properties of Poly (Lactic Acid) Sheets with Different Amounts of Post-Consumer Recycled Poly (Lactic Acid)*. Michigan State University, 2011.

- Chu, Zhuangzhuang., Tianrui, Zhao., Lin, Li., Jian, Fan., dan Yuyue, Qinn., *Characterization of Antimicrobial Poly (Lactic Acid)/Nano-Composite Films with Silver and Zinc Oxide Nanoparticles*. Institute of Yunnan Food Safety, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650550, China, College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China, 2017.
- Deuchi, K., Kanauchi, O., Imasoto, Y., dan Kobayashi, E., *Decreasing effect of chitosan on the apparent fat digestibility by fats of a high fat diet*. Biosci. Biotech. Biochem. 58 : 16131616, 1994.
- Fessenden, Ralph J., dan Fessenden, Joan S., *Kimia organik (jilid 2)*. University of Montana. Wadsworth, Inc., Belmont, California, 1986.
- Firdaus, Feris., Sri, Mulyaningsih., dan Hady, Anshory., *Green Packaging Berbasis Biomaterial: Karakteristik Mekanik dan Ketahanan Terhadap Mikroba Pengurai Film Kemasan dari Komposit Pati Tropis-PLA-Khitosan*. Kimia Material, Lingkungan, Pangan, Pusat Sains dan Teknologi DPPM UII Yogyakarta, Yogyakarta, 2008.
- Hartatik, Yunita Dwi., Lailatin, Nuriyah., dan Iswarin., *Pengaruh Komposisi Kitosan Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik*. FMIPA Univ. Brawijaya, Malang.
- J, Dutta., S, Tripathi., dan P, K. Dutta., *Progress in antimicrobial activities of chitin, chitosan and its oligosaccharides: A systematic study needs for food application*. Food Science and Technology International, 2011.
- Janotti, A., dan Chris, G. V. de Walle., *Fundamentals of zinc oxide as a semiconductor*. Materials Department, University of California, Santa Barbara, 2009.
- Kanmani, P., dan Rhim, J., *Properties and characterization of bionanocomposite films prepared with various biopolymers and zno nanoparticles*. J Carbo pol. 106:190-199, 2014.

- Koesnandar, F., *Kimia Pangan Komponen Mikro*. PT. Dian Rakyat. Jakarta, 2004.
- Kumar, Harish., dan Renu, Rani., *Structural and Optical Characterization of ZnO Nanoparticles Synthesized by Microemulsion Route*. Department of Chemistry, Chaudhary Devi University, India, 2013.
- Li, Wenhui., Lin, Yun Cao., Tianqing, Lan., Haiyan, Chen., dan Yuyue, Qin., *Effects of PLA Film Incorporated with ZnO Nanoparticle on The Quality Attributes of Fresh-Cut Apple*. Institute of Yunnan Food Safety, Kunming University of Science and Technology, College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, China, 2017.
- Liu, L., S, Zhou., X, Deng., X, Li., dan W, Jia., *Synthesis and Characterization of Biodegradable Low Molecular Weight Aliphatic Polyesters and Their Use in Protein Delivery Systems*. Journal of Applied Polymer Science. 91 : 1848-185, 2004.
- Maurizio, Avella., Aleksandra, Buzarovska., Maria, Emanuela Errico., Gennaro, Gentile., dan Anita, Grozdanov., *Eco-Challenges of Bio-Based Polymer Composites*, 2009.
- Morkoc, H., dan Ozgur, U., *Zinc Oxide: Fundamentals, Materials and Device Technology*. Weinheim: Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009.
- Muhamad, Adi., K, Sofjan Firdausi., dan Wahyu, Setia Budi., *Efek Magneto Optis pada Lapisan Tipis (ZnO)*., Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Diponegoro, 2007.
- Pandey, J. K., *Degradability of Polymer Composite from Renewable Resources*. (Tesis). University of Pune Polymer Chemistry Division, 2004.
- Pantani, Roberto., Giuliana, Gorrasi., Giovanni, Vigliotta., Marius, Murariu., dan Philippe, Dubois., *PLA-ZnO Nanocomposite Films: Water Vapor Barrier Properties And Specific End-Use Characteristics*. Department of Industrial

Engineering, University of Salerno, via Giovanni Paolo II, Department of Chemistry and Biology University of Salerno, via Giovanni Paolo II, Italy, Center of Innovation and Research in Materials & Polymers (CIRMAP), Laboratory of Polymeric and Composite Materials (LPCM), University of Mons & Materia Nova Research Centre, Belgium, 2013.

Pavia, D. L., Lampan, G. M., Kriz, G. S., dan Vyvyan, J. R., *Introduction to Spectroscopy*, Fourth Edition, Brooks/Cole, Washington, USA, 2009.

Rahmayetty., Dhena, Ria., Anton, Irawan., Endang, Suhendi., Sukirno., Bambang, Prasetya., Misri, Gozan., *Sintesis Polilaktida (PLA) Dari Asam Laktat Dengan Metode Polimerisasi Pembukaan Cincin Menggunakan Katalis Lipase*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Kampus Baru UI, Depok National Standardization Agency of Indonesia (BSN), Jakarta, 2016.

Rapa, maria., Amalia, Carmen M., Elisabeta, Elena T., Elena, Grosu., Paul, Popescu., Mona, Elena P., Jan, Thomas R., Morten, Sinvertsvik., Raluca, Nicoleta D., dan Cornelia, Vasile., *Influence of Chitosan on Mechanical, Thermal, Barrier and Antimicrobial, Properties, of PLA-Biocomposites for Food Packaging*. ICPAO S.A, University of Argoomic Sciences and Medicine Bucharest, Facultyof Biotechnology, Nofima AS, Dept. Processing Technology, Institute of Macromolecular Chemistry, Romania, 2016.

Rathke, T., dan Hudson., *Review of Chitin and Chitosan as Fiber and film formers*. J.M.S. Rev. Macromol. Chem. 3: 375-437, 1994.

Shahidi, F., *Chitin and chitosan from marine by-products*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Pages 340-373, 2007.

Clara, Silvestre., Donatella, Duraccio., Antonella, Marra., Valentina, Strongone., dan Sossio, Cimmino., *Development of Antibacterial Composite Films Based on Isotactic Polypropylene and Coated ZnO Particles for Active Food Packaging*. Institute of Polymers, Composites and Biomaterials, Consiglio

Nazionale delle Ricerche (IPCB/CNR) Via Campi Flegrei, Naples, IstituteOperle Macchine Agricolee Movimento Terra - Consiglio Nazionale delle Ricerche (IMAMOTER-CNR) Strada delle Cacce, Italy, 2006.

Suptijah, P., Deskripsi Karakteristik Fungsional dan Aplikasi Kitin Kitosan. Di dalam : Prospek Produksi dan Aplikasi Kitin-Kitosan sebagai Bahan Alami dalam Membangun Kesehatan Masyarakat dan Menjamin Keamanan Produk. Prosiding Seminar Nasional Kitin Kitosan; Bogor, 16 Maret 2006. Bogor : Departemen Teknologi hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB. hlm14-23, 2006.

Vasile, C. M., Rapa, M., Ştefan, M., Stan, S., Macavei, R. N., Darie, Nita L., Barbu, Tudoran., D, C. Vodnar., E, E. Popa., R, Stefan., G, Borodi., dan M, Brebu., *New PLA/ZnO:Cu/Ag Bionanocomposites for Food Packaging*. Institute of Macromolecular Chemistry, Physical Chemistry of Polymers Department, Research Institute of Auxiliary and Organic Products S.A. (ICPAO), National Institute for Research and Development of Isotopic and Molecular Technologies INCDTIM, University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Department of Food Science and Technology, University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine Bucharest, Faculty of Biotechnology, Romania, 2017.

Pustaka dari skripsi :

Wibowo, L.A., Prarancangan Pabrik Asam Laktat Dari Molases Dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Enterococcus Faecalis* Kapasitas 7.000 Ton/Tahun, Skripsi, tidak diterbitkan, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014

Pustaka dari internet :

http://www.merckmillipore.com/ID/id/product/Zinc-oxide,MDA_CHEM108849?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fsearch.yahoo.com%2F
(diakses pada 28 Juli 2018) .

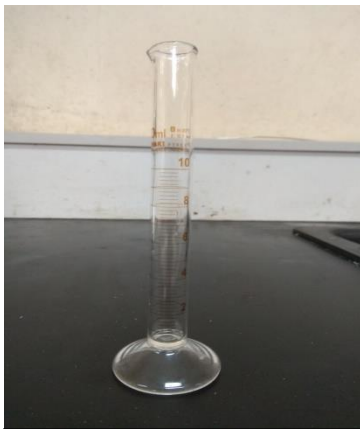
LAMPIRAN A GAMBAR ALAT



*Differential Scanning
Calorimetry (DSC)*



*Differential Scanning
Calorimetry (DSC)*



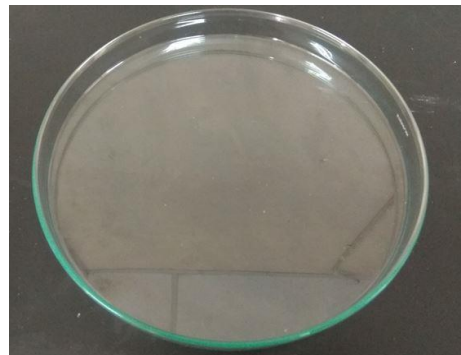
Gelas Ukur



Pinset



Pipet Tetes



Cawan Petri



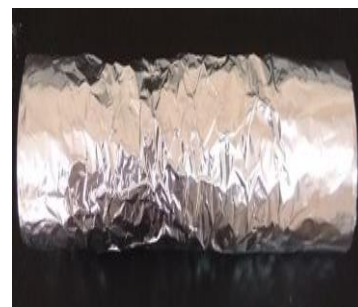
Magnetic Stirrer



Beaker Glass

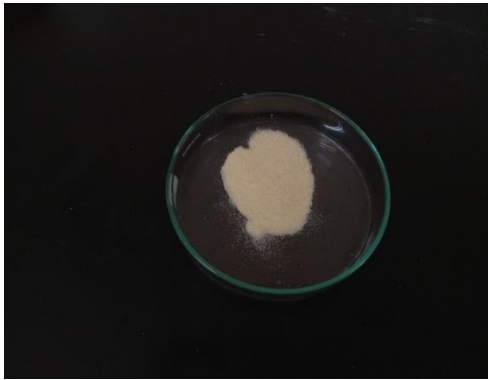


Hot Plate



Aluminium Foil

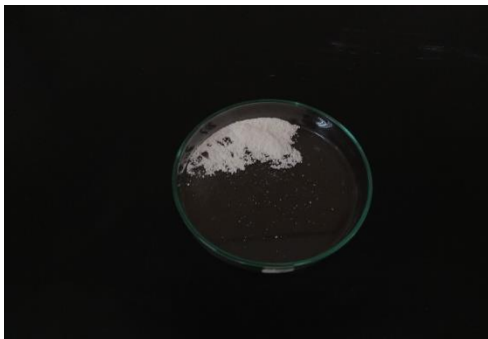
LAMPIRAN B GAMBAR BAHAN



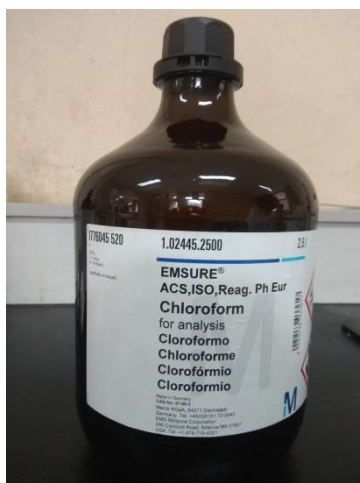
Kitosan



PLA

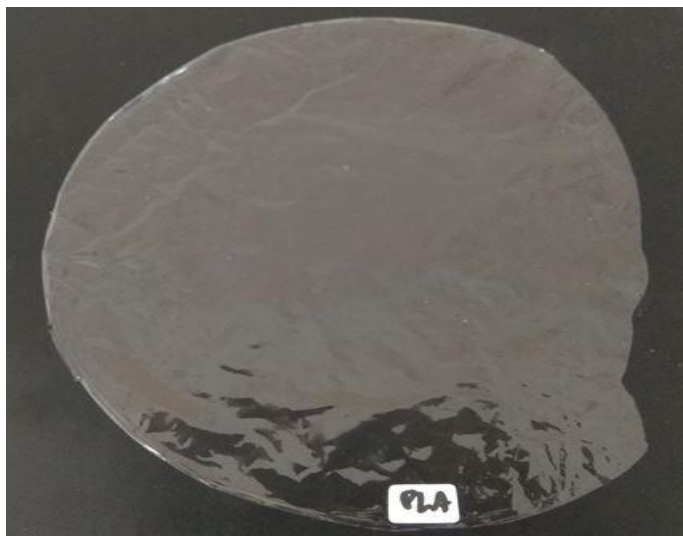


ZnO



Kloroform

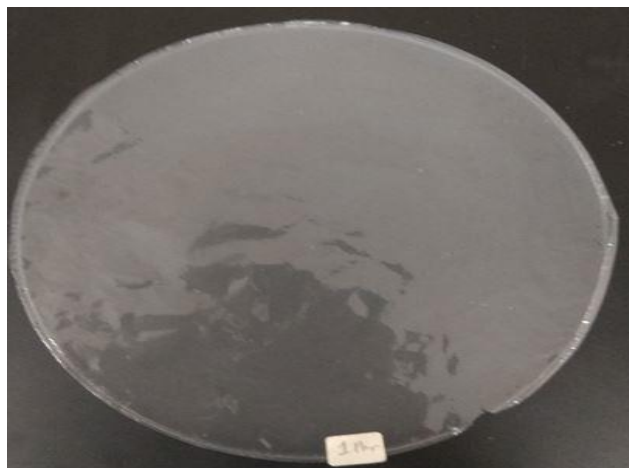
LAMPIRAN C
GAMBAR PRODUK



PLA



PLA / ZnO 0,1 *Phr*



PLA / ZnO 1 *Phr*



PLA / Kitosan 0,4 g

LAMPIRAN D PERHITUNGAN

Konversi *Phr* ke gram dengan basis PLA 2 gram ZnO dan 1,6 gram kitosan

- $\text{ZnO } 0,1 \text{ Phr} = 2 \times \frac{0,1}{100} = 0,002 \text{ gram.}$
- $\text{ZnO } 1 \text{ Phr} = 2 \times \frac{1}{100} = 0,02 \text{ gram.}$
- $\text{Kitosan } 25 \text{ Phr} = 1,6 \times \frac{25}{100} = 0,4 \text{ gram.}$

Fraksi massa

- Fraksi massa PLA (2g) = $\frac{\text{massa PLA}}{\text{massa PLA}} = \frac{2g}{2g} = 1$
- Fraksi massa PLA - ZnO 0,1 *Phr* = $\frac{\text{massa PLA}}{\text{massa PLA} + \text{massa ZnO } 0,1 \text{ Phr}}$
 $= \frac{2g}{(2 + 0,002)g} = 0,999$
- Fraksi massa PLA - ZnO 1 *Phr* = $\frac{\text{massa PLA}}{\text{massa PLA} + \text{massa ZnO } 1 \text{ Phr}}$
 $= \frac{2g}{(2 + 0,02)g} = 0,990$
- Fraksi massa PLA - kitosan 25 *Phr* = $\frac{\text{massa PLA}}{\text{massa PLA} + \text{massa kitosan } 25 \text{ Phr}}$
 $= \frac{1,6g}{(1,6 + 0,4)g} = 0,8$

Perhitungan derajat kristalisasi (X_c)

- $X_c \text{ PLA } 2 \text{ g } (\% \text{ kristalin}) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H^{\circ}m} \times \frac{100}{w} = \frac{20,963 \text{ j/g}}{93 \text{ j/g}} \times \frac{100}{1} = 22,541 \%$
- $X_c \text{ PLA } 2 \text{ g} - \text{ZnO } 0,1 \text{ Phr } (\% \text{ kristalin}) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H^{\circ}m} \times \frac{100}{w} = \frac{23,797 \text{ j/g}}{93 \text{ j/g}} \times \frac{100}{0,999}$
 $= 25,614 \%$

- $X_c \text{ PLA } 2 \text{ g} - \text{ZnO } 1 \text{ Phr } (\% \text{ kristalin}) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H^{\circ m}} \times \frac{100}{w} = \frac{25,991 \text{ j/g}}{93 \text{ j/g}} \times \frac{100}{0,990}$
 $= 28,229 \%$
- $X_c \text{ PLA } 1,6 \text{ g} - \text{kitosan } 25 \text{ Phr } (\% \text{ kristalin}) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H^{\circ m}} \times \frac{100}{w} = \frac{17,755 \text{ j/g}}{93 \text{ j/g}} \times \frac{100}{0,8}$
 $= 23,864 \%$