

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIPADUAN POLI ASAM LAKTAT  
(PAL) DAN POLI  $\epsilon$ -KAPROLAKTON (PCL) DENGAN EMULSIFIER  
TWEEN 80 SEBAGAI BAHAN BAKU BENANG BEDAH OPERASI**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**YOLANDA LARASATI**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

### SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIPADUAN POLI ASAM LAKTAT (PAL) DAN POLI $\epsilon$ -KAPROLAKTON (PCL) DENGAN EMULSIFIER TWEEN 80 SEBAGAI BAHAN BAKU BENANG BEDAH OPERASI

Oleh

**Yolanda Larasati**

Pada penelitian ini telah dilakukan polipaduan antara PAL dan PCL dengan penambahan emulsifier Tween 80. Proses polipaduan tersebut dilakukan dengan cara mekanik selanjutnya dibuat lembaran film. Penelitian ini dilakukan dengan perbandingan 3 variasi yang berbeda yaitu PAL : PCL/ tween 80 (1:1), PAL : PCL/tween 80 (4:1), dan PAL : PCL/tween 80 (1:4). Polipaduan yang telah dibuat di uji degradasi, mekanik, karakterisasi dengan FTIR, SEM, dan TGA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji degradasi dengan menggunakan larutan NaCl 0,9% , buffer fosfat, dan uji mekanik memberikan hasil terbaik pada perbandingan PAL : PCL/tween 80 dengan perbandingan 4:1. Hasil uji degradasi pada larutan NaCl 0,9% kehilangan berat sebesar 2,61%. Hasil uji degradasi menggunakan buffer fosfat pH 6 yaitu kehilangan berat sebesar 1,72%, pH 7 sebesar 3,06% dan pada pH 8 yaitu sebesar 4,53%. Hasil uji mekanik memiliki nilai kuat tarik sebesar 14,11 N/mm<sup>2</sup>. Hasil FTIR pada sampel polipaduan PAL+PCL (4:1) yaitu memiliki vibrasi ulur C-H, C=O dan C-O ester jenuh dengan bilangan gelombang sebesar 2922,2 cm<sup>-1</sup>·1744,4 cm<sup>-1</sup>, dan 1177,8 cm<sup>-1</sup>. Pada vibrasi ulur C-H tekuk dan C-O-H tekuk yaitu pada bilangan gelombang 1453 cm<sup>-1</sup> dan 1073 cm<sup>-1</sup>. Hasil TGA menunjukkan polipaduan PAL : PCL (4:1) mengalami 2 fase dekomposisi yaitu pada suhu 273 °C dan 428 °C. Hasil SEM menunjukkan polipaduan PAL : PCL (4:1) memiliki morfologi permukaan dengan struktur yang berongga dibandingkan dengan struktur asli permukaan dari PAL dan PCL.

**Kata kunci :** Polipaduan, Poli Asam Laktat (PAL), Poli  $\epsilon$ -kaprolakton (PCL), Tween 80.

## ABSTRACT

### SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION POLYBLEND OF POLY LACTIC ACID (PLA) AND POLY $\epsilon$ -CAPROLACTONE (PCL) WITH EMULSIFIER TWEEN 80 AS RAW MATERIAL OF SURGICAL

By

**Yolanda Larasati**

In this research a polyblend of PAL and PCL has been carried out with the addition of emulsifier Tween 80. The process of the polyblend is carried out by a mechanical way and then is made sheet of film. This research was conducted with a comparison of 3 different variations, namely PAL: PCL / tween 80 (1:1), PAL: PCL /tween 80 (4:1), and PAL : PCL /tween 80 (1:4). Polyblend that had been made is tested degradation, mechanical, characterization with FTIR, SEM, and TGA. The result showed that the degradation test using 0,9% NaCl solution, phosphate buffer, and mechanical test gave the best result on the ratio of PAL: PCL /tween 80 with a ratio of 4:1. The result of degradation test in 0,9% NaCl solution of weight loss of 2,61%. The result of the degradation test using phosphate buffer pH 6 which is weight loss of 1,72%, pH 7 of 3,06% and at pH 8 which is 4,53%. The mechanical test result have tensile strength values of 14,11 N / mm<sup>2</sup>. FTIR result in polyblend samples PAL + PCL (4:1) which have C-H stretching vibrations, C = O and saturated C-O ester with wave numbers of 2922,2 cm<sup>-1</sup>, 1744,4 cm<sup>-1</sup>, and 1177,8 cm<sup>-1</sup>. At stretching vibrations C-H buckling and bending C-O-H are at wave numbers 1453 cm<sup>-1</sup> and 1073 cm<sup>-1</sup>. The TGA result show a polyblend of PAL : PCL (4:1) experiencing 2 phases of decomposition which is at a temperature of 273 °C and 428 °C. The SEM result show that the PAL : PCL (4:1) polyblend has a surface morphology with a hollow structure compared to the original surface structure of PAL and PCL.

**Kata kunci :** Polyblend, Poli Lactic Acid (PLA), Poli  $\epsilon$ -Caprolactone (PCL), Tween 80.

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIPADUAN POLI ASAM LAKTAT  
(PAL) DAN POLI  $\epsilon$ -KAPROLAKTON (PCL) DENGAN EMULSIFIER  
TWEEN 80 SEBAGAI BAHAN BAKU BENANG BEDAH OPERASI**

Oleh  
Yolanda Larasati

**Skripsi**

Sebagai salah satu untuk mencapai gelar  
SARJANA SAINS

pada  
Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI  
POLIPADUAN POLI ASAM LAKTAT (PAL)  
DAN POLI  $\epsilon$ -KAPROLAKTON (PCL) DENGAN  
EMULSIFIER TWEEN 80 SEBAGAI BAHAN  
BAKU BENANG BEDAH OPERASI**

Nama Mahasiswa : **Yolanda Larasati**

No. Pokok Mahasiswa : 1317011078

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

**Dr. Eng. Surtpto Dwi Yuwono, M.T.**  
NIP 19740705 200003 1 001

**Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.**  
NIP 19711001 200501 1 002

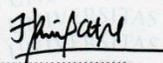
2. a.n Ketua Jurusan Kimia FMIPA

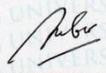
**Mulyono, Ph.D.**  
NIP 19740611 200003 1 002

**MENGESAHKAN**

**I. Tim Penguji**

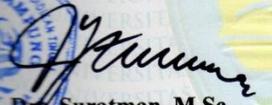
**Ketua : Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.** 

**Sekretaris : Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.** 

**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Yuli Ambarwati, M.Si.** 

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



  
**Drs. Suratman, M.Sc.**  
NIP. 19640604 199003 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Maret 2019**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 4 Desember 1995 dan merupakan anak ketiga dari lima bersaudara dari Bapak Dahlian dan Ibu Muinah.

Penulis mulai menempuh pendidikan di TK Aisyah Bustanul Athfal dan lulus pada tahun 2001, lalu

melanjutkan di SD Negeri 5 Bumi Waras dan lulus pada tahun 2007. Penulis lalu melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 25 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2010, kemudian melanjutkan di SMA Negeri 4 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2013. Penulis selanjutnya menempuh pendidikan di Universitas Lampung Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan sejak SMP, penulis aktif dalam organisasi menjadi anggota dari Paskibra dan Palang Merah Remaja (PMR). Ketika di SMA penulis aktif dalam kegiatan ekstrakurikuler olahraga basket di SMA Negeri 4 Bandar Lampung. Penulis juga aktif dalam organisasi selama perkuliahan yaitu menjadi Anggota Kader Muda Himpunan Mahasiswa Kimia FMIPA Universitas Lampung

tahun 2013. Penulis juga menjadi Anggota Bidang Sosial Masyarakat periode tahun 2014-2015.

Pada tahun 2017, penulis menjalankan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bayas Jaya Kecamatan Way Khilau, Kabupaten Pesawaran. pada bulan Juli sampai Agustus 2017. Penulis juga pernah menjadi Praktikum Kimia Organik I pada tahun 2016 dan asisten Praktikum Kimia Organik II pada tahun 2018. Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada tahun 2018.



Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan karya kecilku ini. Tidak lupa sholawat serta salam semoga selalu melimpah kepada suri tauladan umat muslim Nabi Muhammad SAW.

### **Bismillahirrahmaanirrahiim**

Kupersembahkan karya kecilku ini

Kepada :

#### **Mama dan Papaku**

Anugerah terindah yang pernah kumiliki, yang telah merawat, berjuang, mendoakan, dan mendukung dalam setiap liku kehidupan yang kulewati.

#### **Kakak dan Adikku**

Teman sekaligus contoh pribadi yang baik, dan pemberi semangat dalam perjalanan hidupku.

#### **Keluarga Kecilku**

Ayah, Ibu, Ajo, Aden dan Raufi

Anugerah terindah baru yang kumiliki saat ini, yang telah mendukung, mendoakan serta pemberi semangat dalam hidupku.

#### **Dosen Kimia Universitas Lampung**

Teruntuk Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T yang telah membimbing dan mendidik hingga penulis dapat bisa menyelesaikan karya ini.

#### **Keluarga Besar Aisyah, Keluarga Besar Abdul Karim dan Keluarga Besar Ansori Kusumayuda**

Penasihat dan sandaran hidup dalam mengalami kesulitan.



## MOTTO

**“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”  
(Al-Insyirah : 5-6)**

**“Jangan pernah mematahkan semangat kepada siapapun yang terus membuat kemajuan, tidak peduli seberapa lambat.”  
(Plato)**

**“Teruslah melangkah kedepan, karena jika kau melangkah mundur semua yang kau perjuangkan kemarin dan hari ini akan menjadi hal yang sia-sia.”  
(Penulis)**



## SANWANCANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Polipaduan Poli Asam Laktat (PAL) dan Poli E-Kaprolakton (PCL) dengan Emulsifier Tween 80 sebagai Bahan Baku Benang Bedah Operasi”**.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis banyak sekali mendapat dukungan dari banyak pihak yang telah turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Dalam hal ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada

1. Kedua orangtuaku yang telah banyak berjasa dalam hidupku, Papaku tercinta Dahlian dan Mamaku tercinta Muinah, terima kasih atas segala usaha, pengorbanan, doa serta dukungan yang telah Papa dan Mama berikan. Bersyukur kepada Allah SWT yang telah menciptakan Papa sebagai manusia terhebat yang tidak mengenal lelah selalu memberi kasih sayang, dukungan serta tanggung jawab dalam membuatku bahagia. Anugerah Allah SWT yang paling kusayangi, terima kasih Mah atas segala doa, usaha, jerih payah Mama selama ini. Maaf aku tidak bisa menuliskan kebaikan Mama dalam setiap

kata yang telah Mama lakukan untukku. Impian yang kuraih saat ini adalah salah satu doa terindah kalian yang telah dikabulkan Allah SWT. Mungkin kalimat ini hanya sebagian dari apa yang telah Mama dan Papa perbuat untukku, dan aku hanya bisa mengungkapkan rasa syukur dan terima kasih dari lubuk hati yang sangat dalam. Hanya Allah SWT yang dapat membalas kebaikan Mama dan Papa.

2. Untuk kedua kakakku Sandika Shakti, Amd dan Citra Devi, S.H. Terima kasih atas segala canda, tawa, doa, serta dukungan yang telah kalian berikan. Motivasi yang kalian berikan kepada penulis akan selalu diingat sampai nanti. Cita-cita saat ini adalah doa yang selalu kalian ucapkan agar penulis sampai ketahap ini. Semoga Allah selalu membalas kebaikan kalian, dan selalu mengabulkan doa kalian berdua.
3. Untuk kedua Adikku Firda Regita, S.E dan Freddy Akbar Gibran. Terima Kasih atas segala semangat dan doa yang kalian berikan. Mungkin penulis belum bisa menjadi kakak yang terbaik untuk kalian berdua, tapi penulis selalu berusaha agar menjadi yang terbaik buat kalian. Semoga kalian berdua selalu dalam lindungan Allah SWT dan apa yang kalian harapkan dapat dikabulkan Allah SWT.
4. Untuk orangtua keduaku Sri Merinda Kusumayuda, S.E dan Ridwan A. Syakur, S. E. Terima kasih atas segala kesabaran, doa, dukungan dan semangat yang Ibu dan Ayah berikan. Untuk saat ini hanya dapat bersyukur kepada Allah SWT bahwa kalian berdua telah hadir dalam hidupku yang

selalu mendukung dan mendoakanku tiada hentinya. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Ibu dan Ayah.

5. Teruntuk sandaran hidupku Muhammad Fazry Faizal, yang tiada henti selalu bersamaku. Terima kasih atas segala doa, pengorbanan, semangat, serta canda dan tawa. Semoga Allah SWT selalu bersama kita berdua dan mempertemukan kita nanti sampai ke surga-Nya.
6. Anugerah Allah yang tiada tara yang kumiliki saat ini, Muhammad Raufi Arkan. Terima kasih atas doa, senyum, canda, tawa, semangat dan kebahagiaan yang telah diberikan. Semoga Raufi selalu dalam lindungan Allah SWT.
7. Adik keduaku Muhammad Prima Radli, terima kasih atas semangat, serta canda dan tawa, semoga Allah membalas kebaikan prima.
8. Untuk keluarga terbaik yang kumiliki, Mba Mayang dan Al-Barqi Pranaja Shakti. Terima kasih atas segala doa, dukungan dan semangat yang telah kalian berikan.
9. Keluarga Besar Aisyah : Alm Ende Isah dan Alm Ende Munir serta keluarga lain yang tidak kusebutkan satu persatu (*terlalu banyak*). Terima kasih atas segala doa, dukungan dan semangat yang telah diberikan kepada penulis.
10. Keluarga Besar Abdul Karim : Nenek Sekutik dan Kakek Alm. Abdul Karim, Wa Tamrin, Alm. Wa'Nur, Om Ujang, Om Pandi, Om Endra dan Om Erwin serta sepupu yang tidak disebutkan persatu-satu. Terima Kasih atas doa dan semangat yang telah kalian berikan.

11. Keluarga Ansori Kusumayuda : Alm. Datuk Ansori Kusumayuda, Alm. Nyai Siti Fannah, Papa Tuan, Ibu Pun, Bun-Bun, dan Menak. Terima kasih atas doa dan dukungan yang telah kalian berikan.
12. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dosen Pembimbing I penulis yang telah memberikan banyak ilmu, kritik, saran serta motivasi selama proses penelitian dan penyelesaian skripsi. Semoga apa yang telah diberikan beliau dibalas oleh Allah SWT.
13. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M. Si., selaku Dosen Pembimbing II penulis yang memberikan ilmu, saran serta dukungan dalam penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.
14. Ibu Dr. Yuli Ambarwati, M. Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan kritik dan saran yang amat berguna bagi penulis dalam menjalani proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
15. Ibu Prof. Tati Suhartati, M. S., selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran kepada penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan beliau.
16. Ibu Dr. Noviany, M. Si., selaku Kepala Laboratorium Kimia Organik yang telah memberikan izin penelitian di laboratorium.
17. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
18. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan Ilmu selama penulis kuliah.
19. Bapak Drs. Suratman, M.Sc selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.

20. Mba Wit, Pak Gani, Mas Nomo terima kasih atas bantuan yang telah kalian berikan selama penulis menjalani pendidikan sebagai mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
21. Teman dekatku semasa perkuliahan Mega, Celli, Tika, Lulu, Oci, Siti dan Dhia. Terima kasih atas canda, tawa, support, saran, kritik serta nasihat yang telah kalian berikan selama dalam masa perkuliahan. Semoga Allah membalas kebaikan kalian dan mempertemukan kita kelak nanti.
22. Teman seperjuangan penelitian sekaligus pemberi saran terbaik, Dhia Hawari, Nella Merliani dan Fransisca Clodina Dacasta. Terima kasih atas canda, tawa, semangat dan bantuan yang telah kalian berikan dalam menjalani proses saling belajar, saling memahami satu sama lain. Teruntuk Dhia yang selalu menemaniku dalam canda, tawa, dan sedih. Semoga persahabatan ini terjalin selamanya.
23. Teman-teman penelitian laboratorium kimia organik, Astriva, Clodina, Dhia, Diki, Elizabeth, Gabriel, Halimah, Hamidin, Herda, Kartika, Laili, Nurlaelatul, Nella Rizky, Risa, dan Ufi, Adik-adik : Marli, Siska, Pipit, Asih, Doni, Mentari, Valen, Zuwita, Rinda, Santi, Tosa, Hanif, Eva, Isnaini. Terima kasih atas keceriaan dan kebahagiaan yang telah kalian berikan.
24. Kakak sekaligus teman seperbimbingan Aulia, Siti, Imah, Shella, dan Dona yang telah dahulu bergelut didunia polimer yang panjang ini. Terima kasih atas saran, bantuan serta semangat yang kalian berikan selama ini.
25. Angkatan pertamaku “Kimia 2013”, yang telah memberikan semangat kepada penulis.

26. Angkatan keduaku menjalani dunia perkuliahan “Kimia 2014”, yang telah menerima diriku sebagai kakak sekaligus seperti teman seangkatan, terima kasih atas kepercayaan dan semangat yang telah diberikan.
27. Kakak tingkatku angkatan 2010, 2011, dan 2012.
28. Adik tingkatku angkatan 2014, 2015, 2016, 2017 dan 2018.
29. Keluarga Besar HIMAKI FMIPA Universitas Lampung
30. Seluruh keluarga besar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
31. Teman-teman KKN 2017 : Diana, Elfarisa, Udin dan Agus yang telah menjadi keluargaku selama 39 hari. Terima kasih telah menjadi tim yang baik.
32. Almamater Universitas Lampung.
33. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam mendukung dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan . Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung, Mei 2019  
Penulis

**Yolanda Larasati**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	3
C. Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
A. Bioplastik .....	5
B. Poli Asam Laktat (PAL) .....	5
C. Polipaduan .....	7
D. Poli E-kaprolakton .....	8
E. Polimer <i>Biodegradable</i> .....	9
F. Benang Bedah Operasi .....	10
G. Emulsi .....	12
H. Tween 80 .....	13
I. Pengujian Dengan NaCl 0,9% .....	13
J. Pengujian Dengan Buffer Fosfat .....	14
K. Uji Tarik ( <i>Tensile Strength</i> ) .....	15
L. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	18
M. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	20
N. <i>Thermo Gravimetric Analysis</i> (TGA) .....	22
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	26
B. Alat dan Bahan .....	26
C. Prosedur Penelitian .....	27

1. Pembutan Larutan Tween 80 0,5 % .....	27
2. Pembutan Polipaduan PAL dan PCL .....	27
3. Uji Degradasi dalam NaCl 0,9% .....	28
4. Uji Pengaruh ph Pada Polipaduan PAL dan PCL .....	28
5. Uji Tarik .....	
6. Analisis dengan FTIR .....	29
7. Analisis dengan SEM .....	30
8. Analisis dengan TGA.....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
A. Sintesis Polipaduan PAL dan PCL .....	31
B. Uji Degradasi dalam NaCl 0,9%.....	33
C. Uji Degradasi Menggunakan Buffer Fosfat pH 6,7, dan 8 .....	34
D. Uji Tarik dengan Menggunakan ASTM D882 .....	37
E. Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR .....	38
F. Analisis Degradasi Termal Menggunakan TGA .....	41
G. Analisis Morfologi dengan SEM .....	43
H. Perbandingan Hasil Analisis dengan Benang Bedah Komersil SNI 16-3366-1994 .....	45
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
A. Simpulan .....	47
B. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat fisik Poli asam laktat .....	7
2. Sifat Fisik Poli e-kaprolakton .....	9
3. Nilai Derivatogram DTG .....	23
4. Nilai Termogram TGA .....	24
5. Sifat-sifat sampel .....	33
6. Spektrum sampel C2 dengan PCL .....	39
7. Spektrum sampel C2 dengan PAL .....	40
8. Nilai Termogram TGA .....	43
9. Persen degradasi sampel dalam larutan NaCl 0,9% .....	59
10. Persen degradasi sampel dalam larutan buffer fosfat pH 6 .....	61
11. Persen degradasi sampel dalam larutan buffer fosfat pH 7 .....	63
12. Persen degradasi sampel dalam larutan buffer fosfat pH 8 .....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Rumus struktur Poli asam laktat .....	5
2. Struktur Poliekaprolakton .....	9
3. Kurva pengujian tarik .....	16
4. Mikrograf SEM PAL dan PCL Tanpa HDI dan dengan HDI .....	21
5. Hasil DTG .....	24
6. Hasil TGA .....	25
7. Spesimen sampel yang digunakan dalam uji tarik .....	29
8. Hasil sintesis polipaduan secara mekanik .....	31
9. Hasil film polipaduan PAL dan PCL .....	32
10. Grafik uji degradasi NaCl .....	33
11. Grafik uji degradasi buffer fosfat pH 6 .....	34
12. Grafik uji degradasi buffer fosfat pH 7 .....	35
13. Grafik uji degradasi buffer fosfat pH 8 .....	36
14. Grafik pengujian Kuat Tarik Sampel .....	37
15. Spektrum FTIR .....	39

16. Grafik perbandingan nilai TGA pada sampel .....	42
17. Mikrograf SEM permukaan atas pada sampel .....	44
18. Mikrograf SEM permukaan samping pada sampel .....	45
19. Grafik degradasi polipaduan dengan benang bedah komersil .....	44
20. Grafik FTIR PAL .....	55
21. Grafik FTIR PCL .....	55
22. Grafik FTIR polipaduan C2 (4:1) .....	56
23. Grafik TGA PAL .....	57
24. Grafik TGA PCL.....	57
25. Grafik TGA polipaduan C2 (4:1).....	58

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang mengembangkan polimer *biodegradable* sebagai bahan untuk industri plastik kemasan dan kesehatan (Leksono, 2008). Salah satu polimer *biodegradable* sintetik yang digunakan adalah Poli Asam Laktat (PAL) yang diproduksi dari bahan alam seperti tanaman tebu dan pati-patian (Auras, 2002). Yuwono *et al.*, (2014) telah mensintesis asam laktat dari pati dengan menggunakan membran bioreaktor . Pati merupakan salah satu bahan yang memiliki keuntungan untuk keperluan industri karena harganya yang murah sehingga pencampuran dengan PAL dapat mengurangi biaya produksi. Widiarto (2005) telah melaporkan bahan polimer campuran pati dengan Poli vinil alkohol.

Aplikasi PAL dalam bidang kesehatan adalah sebagai teknik jaringan *tissue*, bahan penyalut obat dan benang bedah operasi (Lund, 1994). PAL memiliki peran yang penting dalam penyalutan benang operasi karena dapat diserap dan mudah terdegradasi dalam tubuh (Gunatillake dan Adhikhari, 2003). Salah satu keunggulan PAL adalah sifatnya yang dapat terurai oleh mikroba tanah (Gunatillake and

Adhikari, 2003) dan PAL juga memiliki sifat mekanik yang sebanding dengan polietilena, polipropilena, dan polistirena yaitu seperti kekerasan, kekuatan tarik dan juga permiabilitasnya (Saputro, 2012). Pada penelitian sebelumnya Adhitoso (2012) menggunakan polipaduan gel getah pisang dengan PGA (*Poly Glikolic Acid*) sebagai bahan baku benang jahit operasi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa PAL digunakan sebagai sebagai bahan penyalut obat Sudaryanto *et al.*, (2014). Penelitian yang telah dilakukan Lu dan Chen (2004) polipaduan antara PAL dan PCL dapat digunakan sebagai sistem transplantasi dan pengungkung obat. Sedangkan penelitian Wulan (2011), telah melaporkan bahwa polipaduan PAL dan PCL digunakan pula dalam bidang medis yaitu sebagai sistem penghantar obat (*drug delivery*) pada jenis obat ibuprofen. Penelitian yang sama pula dilakukan oleh Elfrida (2012) yaitu polipaduan PLA dan PCL dengan penambahan emulsifier tween 80 digunakan sebagai pengungkung obat . Saputro (2012) telah melaporkan hasil campuran antara PAL dan polistriena dengan metode *solution casting* sebagai *plasticizer*. Septiana (2017) telah melaporkan polipaduan PAL dengan PEG sebagai pegungkung obat. Pada penelitian Triyuda (2017) menggunakan PAL sebagai pengungkung obat.

Dalam penelitian ini modifikasi *blending* PAL dengan Poli  $\epsilon$ -kaprolakton (PCL) dengan penambahan tween 80 sebagai bahan baku pembuatan benang bedah operasi, pengujian yang dilakukan yaitu uji degradasi NaCl 0,9 % , uji degradasi buffer fosfat

pH 6, 7 dan 8 uji tarik (*tensile strength*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*, dan TGA (*Thermo Gravimetric Analysis*).

## **B. Tujuan Penelitian**

Dari penelitian yang dilakukan mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Mensintesis PAL dengan PCL dengan penambahan tween 80.
2. Mengetahui nilai uji degradasi dari polipaduan antara PAL dan PCL
3. Mengetahui kekuatan tarik (*tensil strength*) polipaduan PAL dan PCL dan tween 80.
4. Mengkarakterisasi komposit film hasil *blending* PAL dengan Poli PCL dan tween 80 menggunakan alat instrument FTIR, SEM, dan TGA.

## **C. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Mengetahui hasil sintesis dari polipaduan PAL dan PCL dengan penambahan tween 80.
2. Mengetahui hasil karakterisasi dengan alat-alat spektrokopi dari PAL dan PCL dengan 3 variasi yang berbeda.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Bioplastik**

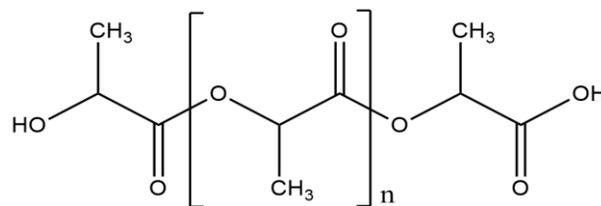
Plastik merupakan bahan polimer yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Hampir setiap produk menggunakan plastik sebagai kemasan atau bahan dasar karena plastik mempunyai keunggulan seperti ringan tetapi kuat, transparan, tahan air, serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat. Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetik dari bahan baku minyak bumi yang terbatas jumlahnya dan tidak dapat diperbaharui. Penggunaan plastik berakibat terciptanya sampah plastik yang merupakan salah satu jenis sampah yang sulit penanganannya sehingga dapat menyebabkan masalah lingkungan.

Jenis plastik seperti polipropilen (PP), polietilen (PE), polivinil klorida (PVC), polistiren (PS), dan polietilen tereftalat (PET) merupakan plastik sintetik yang tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme (Anggara, 2001). Plastik yang tertimbun dalam tanah akan mempengaruhi kualitas air tanah serta dapat memusnahkan kandungan humus yang menyebabkan tanah menjadi tidak subur. Penimbunan sampah plastik sangat mengganggu sirkulasi udara dari dan ke dalam tanah karena

bahan plastik umumnya memiliki sifat perintang yang cukup tinggi terhadap permeabilitas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> (Sutiani, 2001).

## B. Poli Asam Laktat (PAL)

PAL merupakan poliester alifatik yang tersusun atas monomer asam laktat. Asam laktat dengan nama IUPAC asam 2-hidroksi propionat pertama kali ditemukan pada tahun 1789 sebagai komponen kimia yang terdapat pada susu dan dikenal juga sebagai asam susu. PAL memiliki beberapa gugus hidroksi pada ujung rantainya. Adanya gugus ini menyebabkan PAL dapat terdegradasi secara alami oleh panas, cahaya, bakteri, maupun oleh proses hidrolisis. Ikatan ester dalam molekul PAL sangat sensitif terhadap hidrolisis kimia maupun enzimatik. Selain itu, polimer ini juga bersifat biokompatibel, artinya polimer ini dapat terdegradasi dalam tubuh tanpa menimbulkan efek yang berbahaya. PAL juga bersifat termoplastik, transparan dan sifat degradasinya dapat di kontrol dapat menyesuaikan terhadap komposisi dan berat molekulnya (Alger, 1989).



**Gambar 1.** Rumus struktur Poli Asam Laktat (Liu *et al.*, 2004).

Menurut Averous (2008), sintesis PAL adalah sebuah proses yang terdiri dari beberapa langkah, dimulai dari produksi asam laktat sampai pada tahap polimerisasi. PAL dapat diproduksi melalui tiga metode, yaitu:

(1) Polikondensasi langsung (*direct condensation-polymerization*) asam laktat yang menghasilkan PAL 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 PAL dengan berat molekul mencapai 15.400 dan rendemen sebesar 89% dan (3) 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 PAL dengan berat molekul tinggi.

**Tabel 1.** Sifat fisik PAL

Sifat Fisik	Poli asam laktat
Suhu transisi kaca ( $^{\circ}\text{C}$ )	55-70
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	130-215
Kuat tarik (Mpa)	49
Elongasi (%)	2,5
Densitas ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,25

(Lu and Chen, 2004).

### C. Polipaduan

Polipaduan adalah hasil pencampuran fisis dari dua atau lebih polimer berbeda atau kopolimer yang tidak berikatan secara kovalen. Polipaduan dapat bersifat homogen atau heterogen. Polipaduan homogen terlihat bening, mempunyai titik leleh tunggal, dan sifat fisiknya sebanding dengan komposisi komponen-komponen penyusunnya, sedangkan polipaduan heterogen terlihat tidak jelas dan mempunyai beberapa titik leleh (Brown, 1988).

Campuran polipaduan menggambarkan kekuatan dari interaksi yang terjadi antara rantai polimer sehingga membentuk campuran homogen atau mendekati homogen. Proses pencampuran polimer dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu paduan fisika dan paduan kimia. Paduan fisika terjadi antara dua jenis polimer atau lebih yang memiliki struktur berbeda dan tidak membentuk ikatan kovalen antar-komponen, proses pencampuran ini disebut polipaduan. Paduan kimia, yaitu paduan yang akan menghasilkan kopolimer, ditandai dengan ikatan kovalen di antara polimer-polimer penyusunnya. Kelebihan dari polipaduan ialah dapat memanfaatkan formulasi yang telah ada dari material dengan sifat khas sehingga polipaduan akan mempunyai karakteristik unggul dari kedua komponen. Produk baru lebih menguntungkan karena prosesnya lebih pendek, dan dapat meningkatkan kegunaan dari resin yang mahal (Surdia, 1998).

#### D. Poli $\epsilon$ -kaprolakton (PCL)

PCL merupakan salah satu jenis plastik *biodegradable* yang memiliki sifat termoplastik yang disintesis dari turunan minyak mentah, dan kemudian diikuti oleh proses polimerisasi pembukaan cincin . PCL juga dapat terbiodegradasi di alam khususnya di dalam tanah, dimana sifat dari PCL ini memiliki sifat tahan terhadap minyak, pelarut, dan air, juga memiliki sifat kekentalan yang rendah , mudah diproses secara termal dan mempunyai titik leleh yang rendah sekitar 58-63<sup>0</sup>C , dapat diproses secara termal, dan memiliki sifat mekanik yang cukup baik. Adapun sifat fisik dari PCL dapat dilihat dalam Tabel 2.

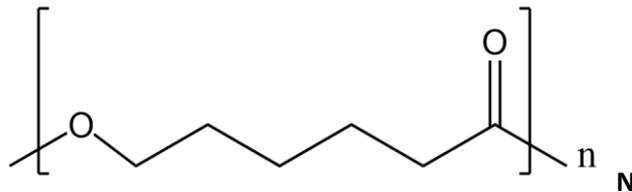
**Tabel 2.** Sifat fisik PCL

Sifat Fisik	Poli $\epsilon$ -kaprolakton
Suhu transisi kaca ( <sup>0</sup> C)	-60
Titik leleh ( <sup>0</sup> C)	60
Kuat tarik (Mpa)	4
Elongasi (%)	800-1000
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	1,145

(Lu dan Chen, 2004).

Karena PCL memiliki sifat titik leleh yang rendah maka PCL dapat diproses dengan mudah menggunakan metode konvensional. Perkiraan waktu untuk degradasi dari polikaprolakton yaitu sekitar 24 bulan atau 1 tahun (Gunnatillake and Adhikari, 2003).

Adapun rumus struktur PCL dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Struktur Poli ε-kaprolakton (Liu *et al.*, 2004).

### E. Polimer *Biodegradable*

Polimer *biodegradable* menurut *The American Society for Testing of Materials* (ASTM) dan *International Standards Organization* adalah polimer yang dapat mengalami perubahan struktur kimia secara signifikan pada kondisi lingkungan tertentu. Perubahan ini dapat mengakibatkan hilangnya sifat fisik dan sifat mekanik yang diukur dengan metode standar. Polimer *biodegradable* dapat mengalami degradasi pada suhu tertentu dan dengan adanya mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan ganggang.

Banyak penelitian yang telah dilakukan tentang polimer *biodegradable* karena sifatnya yang dapat mengalami degradasi secara alami dan diharapkan dapat menciptakan lingkungan yang ramah. Polimer *biodegradable* dikelompokkan ke dalam dua kelompok yaitu :

1. Agro-polimer yang terdiri dari polisakarida, protein dan sebagainya

2. Biopoliester (*biodegradable polyester*) seperti Poli Asam Laktat (PAL), polyhidroxyalkanoate (PHA), aromatik dan alifatik kopoliester.

Biopolimer yang tergolong dalam agro-polimer adalah produk-produk biomassa yang

diperoleh dari hasil pertanian, seperti polisakarida, protein dan lemak.

Kelompok

biopoliester contohnya PAL, PCL, poliesteramida, kopoliester alifatik, dan kopoliester aromatik. Salah satu poliester linier alifatik yang diperoleh dari sumber terbarukan yaitu PAL yang didapatkan dari polikondensasi asam laktat dari fermentasi glukosa. Salah satu poliester alifatik *biodegradable* dari sumber yang tidak terbarukan adalah PCL, PCL tanpa aditif dapat terdegradasi dengan waktu 6 minggu dalam proses lumpur aktif. Penambahan aditif akan memperkuat sifat mekanik namun mengurangi kecepatan degradasinya (Averous, 2008).

## **F. Benang Bedah Operasi**

Tujuan dilakukan proses penjahitan adalah untuk menyatukan jaringan kembali serta memudahkan dan mempercepat proses penyembuhan pada pembedahan dengan tidak adanya bekas luka akibat cedera atau prosedur pada pembedahan (Mackenzie, 1973). Bentuk, serat dan sifat dari benang bedah berkontribusi terhadap fungsi jahitan yang akan dilakukan pada saat pembedahan. Beberapa bahan yang digunakan sebagai serat benang adalah emas, perak, besi, kawat baja, usus hewan kering, bulu binatang, sutra, kulit pohon, dan serabut tanaman digunakan sebagai bahan jahitan di masa lalu, dan beberapa diantaranya masih

sering digunakan sampai sekarang. Selain bahan alam yang digunakan ada pula bahan lain yang digunakan yaitu bahan polimer seperti poli (asam laktat-glikolat) sebagai bahan jahitan. Beberapa perbedaan benang jahit berdasarkan fungsinya antara lain sebagai berikut :

### 1. Penyerapan

Penyerapan suatu benang bedah telah dibedakan menjadi dua yaitu benang *absorbable suture* dan *non-absorbable*. Dalam benang *absorbable*, penyerapan terjadi melalui mekanisme enzimatik, contohnya *catgut* dan kolagen. Enzim proteolitik dalam lisosom PMN akan menghancurkan benang. Kedua, mekanisme hidrolisa yang berefek ada air dalam benang. Gangguan pada air benang akan menyebabkan benang lebih rapuh lalu hancur. Hidrolisa akan meningkat dengan perubahan pH. Pemilihan benang disesuaikan dengan organ yang akan dijahit dengan mempertimbangkan waktu penyerapannya.

### 2. Asal Bahan

Menurut asalnya benang bedah berasal dari *absorbable suture* (terserap) yang terdiri dari benang alami (*natural*) dan buatan serta *non-absorbable suture* yang terdiri dari benang alami (*natural*) dan buatan (sintetis).

#### a. *Absorbable suture* alami (*natural*)

Contoh jenis benang yang digunakan adalah *plain catgut* dan *chromic catgut*, dimana bahan dasar ini menggunakan bahan baku kolagen sapi atau domba.

#### b. *Absorbable suture* buatan (sintesis)

Contoh dari jenis benang ini adalah *Polyglatin (vicryl atau salfil)*, *Polyglycapron (monocryl atau monosyn)*, dan *Polydioxanone*, dimana benang ini semua terbuat dari bahan sintesis, memiliki daya pengikat 2-3 minggu, diserap secara lengkap dalam waktu 9-120 hari.

c. *Nonabsorbable suture* alami (*natural*)

Contoh dari benang ini adalah silk sutera yang terbuat dari protein bernama fibroin di dalam serabut sutera hasil produk ulat sutera. Benang ini tidak dapat diserap oleh tubuh.

d. *Nonabsorbable suture* buatan (sintesis)

Benang *non absorbable* sintesis seperti benang *nylon* (merk dagang *Ethilon* atau *Dermalon*), *polyester* (merk dagang *Mersilene*) dan *propylene* (merk dagang *Prolene*) (Dudley, 2000).

## **G. Emulsi**

Emulsi atau emulsifier adalah suatu sistem yang tidak stabil secara termodinamika yang mengandung paling sedikit dua fase cair yang yang tidak tercampur dimana satu diantara keduanya ada yang didispersikan sebagai *globul* (butir-butir kecil) dalam fase cair lain. Sistem ini dibuat stabil dengan bantuan suatu zat pengemulsi atau emulgator (Martin, 1993). Pada emulsi farmasetik biasanya fase yang digunakan adalah air, minyak, lemak, atau zat-zat seperti lilin. Emulsi memiliki viskositas yang bervariasi dari cairan hingga semi padat. Pada umumnya, istilah

emulsi lebih banyak dikenal sebagai sediaan cair yang digunakan untuk pemberian *oral* (mulut). Emulsi yang digunakan untuk penggunaan eksternal biasanya lebih dikenal dengan nama krim, *lotion*, atau obat gosok (Lund, 1994).

#### **H. Tween 80**

Tween 80 mempunyai nama kimia yaitu *Polyoxyethylene 80 Sorbitan Monolaurate* dengan rumus molekul  $C_{64}H_{124}O_{26}$  memiliki berat molekul 1310 gram/mol serta larut dalam air dan etanol dan tidak larut dalam minyak. Tween 80 adalah salah surfaktan non ionik yang berupa larutan kuning. Tween 80 stabil pada elektrolit asam lemah dan basa. Tween 80 digunakan sebagai surfaktan, dimana surfaktan dapat menurunkan tegangan antar permukaan minyak dan air dan membentuk film monomolekuler (Anief, 2008).

#### **I. Pengujian Dengan NaCl 0,9% (Cairan Infus)**

Natrium klorida merupakan senyawa ion dengan rumus NaCl. Natrium Klorida adalah garam yang paling berperan penting dalam cairan ekstraselular dari banyak organisme multiselular. Jenis-jenis NaCl yaitu NaCl 0,3% (513 mEq/L), NaCl 0,5% (855mEq/L), NaCl 0,9% yang merupakan cairan fisiologis efektif untuk perawatan karena cairan tersebut memiliki kandungan yang sama dengan kandungan garam pada tubuh. Cairan NaCl ini bersifat fisiologis ada yang diseluruh tubuh, non toksin dan murah. Cairan fisiologis ini aman digunakan dalam kondisi apapun. Na dan Cl pada natrium klorida hampir mirip dengan plasma, dimana tidak akan memiliki pengaruh terhadap sel darah merah. Manfaat

NaCl normal salin atau NaCl 0,9% merupakan larutan isotonis aman untuk tubuh, tidak iritan, melindungi granulasi jaringan dari kondisi kering, menjaga kelembapan sekitar luka dan membantu luka menjalani proses penyembuhan lebih cepat (Kristiyaningrum *dkk.*, 2013).

## **J. Pengujian Dengan Buffer Fosfat**

Larutan buffer merupakan larutan yang berperan untuk menjaga agar pH tidak mengalami perubahan yang ekstrim ketika ditambahkan asam atau basa pada suatu larutan. Larutan buffer ini memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam tubuh manusia, yakni mempertahankan pH. Di dalam sel cairan tubuh terdapat sistem penyangga yaitu asam dihidrogen fosfat. Penyangga ini berperan juga dalam mengeluarkan ion  $H^+$  dalam ginjal. Selain itu, untuk menjaga pH agar tidak banyak berubah, di dalam darah juga terdapat sistem penyangga. Dengan demikian, penting bagi kita untuk mengetahui tentang larutan penyangga ini dan hal-hal tersebut, maka perlu dilakukan uji coba terutama mengenai sifat larutan buffer pada berbagai konsentrasi.

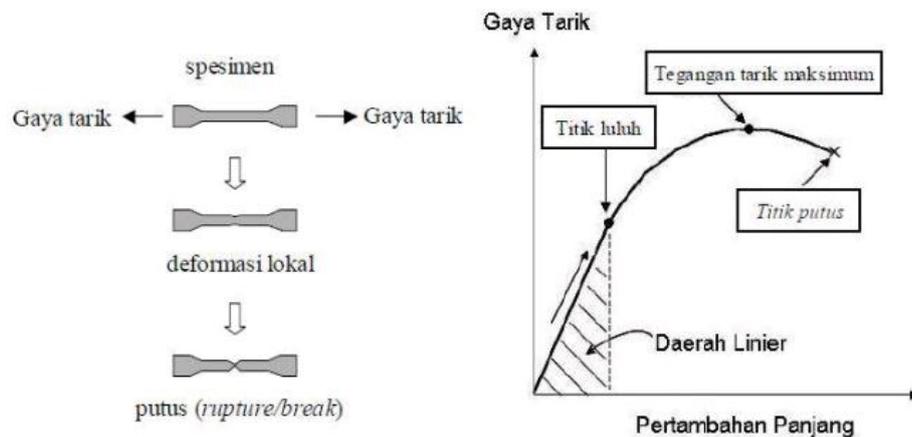
Larutan Buffer adalah larutan yang berfungsi mempertahankan pH agar tidak banyak berubah selama reaksi kimia berlangsung. Sifat yang khas dari larutan penyangga ini adalah pH-nya hanya berubah sedikit dengan pemberian sedikit asam kuat atau basa kuat. Larutan penyangga tersusun dari asam lemah dengan basa konjugatnya atau oleh basa lemah dengan asam konjugatnya. Reaksi diantara kedua komponen penyusun ini disebut sebagai reaksi asam-asam

konjugasi. Buffer fosfat adalah buffer netral dengan kisaran pH 7. Pada makhluk hidup, buffer fosfat umumnya terdapat di dalam sitoplasma sel. Buffer fosfat dapat dibuat dengan menggunakan monosodium fosfat ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) dan basa konjugatnya yaitu disodium fosfat ( $\text{NaHPO}_4$ ). Sistem buffer fosfat serupa dengan sistem buffer bikarbonat. Garam natrium dari dihidrogen fosfat dan monohidrogen fosfat masing-masing akan berperan sebagai asam lemah dan basa lemah.

Buffer fosfat terutama mempertahankan pH fluida intraseluler dan tubulus ginjal sehingga tidak akan mempertahankan pH darah, namun merupakan buffer yang penting untuk urine. Buffer dapat dibagi menjadi tiga jenis sesuai kapasitasnya, yaitu buffer dengan kapasitas 0, buffer dengan kapasitas tak hingga dan buffer dengan kapasitas yang dibatasi sebanyak n, buffer dengan kapasitas terbatas inilah yang disebut dengan *bounded-buffer*. Salah satu ilustrasi proses yang menggunakan bounded-buffer adalah proses produsen-konsumen, dimana produsen menaruh data ke dalam buffer untuk kemudian diambil oleh konsumen. Masalah yang timbul adalah buffer yang kemudian menjadi *Critical Section*. Pada satu waktu, hanya satu proses yang boleh memasuki *Critical Section*, dengan demikian buffer hanya bisa diakses oleh produsen saja atau konsumen saja pada satu waktu (Retno, 2008).

### K. Uji Tarik (*Tensile Strength*)

Metode pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut. Beban yang diperlukan untuk menghasilkan regangan tersebut, ditentukan dari defleksi suatu balok atau *proving ring*, yang diukur dengan menggunakan metode hidrolik, optik atau elektro mekanik (Syukur, 2012).



**Gambar 3 .** Kurva pengujian tarik (Syukur, 2012).

Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan dengan gaya tarik secara terus-menerus, sehingga bahan terus-menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut terhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan–regangan yang terjadi selama proses uji tarik

dilakukan. Mesin uji tarik sering diperlukan dalam kegiatan *engineering* untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pendukung utama, diantaranya kerangka, mekanisme pencekam spesimen, sistem penarik dan mekanik, serta sistem pengukur.

Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Menurut Nasrullah (2014) sifat-sifat mekanik material dikuantifikasikan salah satunya dengan kuat tarik dapat diperoleh dengan pengujian tarik. Pada pengujian tarik uniaksial atau uji satu arah, benda uji diberi beban atau gaya tarik pada satu arah dan gaya yang diberikan bertambah besar secara kontinyu. Pada saat bersamaan benda uji akan bertambah panjang dengan bertambahnya gaya yang diberikan. Umumnya kekuatan tarik polimer lebih rendah dari baja  $70 \text{ kgf/mm}^2$ . Hasil pengujian adalah grafik beban *versus* perpanjangan (elongasi). Kekuatan tarik menunjukkan ukuran ketahanan sampel yaitu rengangan maksimal yang dapat diterima sampel, sedangkan persen pemanjangan menunjukkan perubahan panjang maksimum yang dialami sampel pada saat uji kuat tarik yaitu pada saat sampel sobek (Apriyanto, 2007).

Tegangan ( $\sigma$ ) :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

F = Gaya yang diberikan (N)

A = Luas penampang ( $\text{m}^2$ )

Regangan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Keterangan :

$\varepsilon$  = Regangan

$\Delta l$  = Perubahan panjang (m)

$l_0$  = Panjang mula – mula (m)

Nilai modulus tarik sampel uji dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Elastisitas (E)} = \frac{\text{Tegangan}(\sigma)}{\text{regangan}(\varepsilon)}$$

Dalam pengkajian tentang benang operasi *tensile strength* didefinisikan sebagai beban yang diberikan per unit area dan dinyatakan dalam psi atau  $\text{kg/cm}^2$  atau kekuatan yang dibutuhkan untuk memutuskan jahitan yang dinyatakan dengan lb atau kg. Semakin kuat *tensile strength* suatu benang, semakin besar pula daya dan kekuatan benang bedah operasi dalam merapatkan luka. Benang dengan kekuatan tarik yang tinggi dipakai untuk menahan luka di daerah yang memiliki beban yang tinggi juga.

## **L. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)***

*Fourier Transform Infra Red (FTIR)* merupakan suatu metode spektroskopi *infra red*. Spektroskopi IR dapat mengidentifikasi kandungan gugus kompleks dalam senyawa tetapi tidak dapat menentukan molekular unsur penyusunnya. Sebagian dari radiasi IR diserap oleh sampel dan sebagian lainnya diteruskan. Spektrum yang dihasilkan menggambarkan absorpsi dan transmisi molekular, membentuk sidik jari molekular suatu sampel. Karena bersifat sidik jari, tidak ada dua struktur molekular unik yang menghasilkan spektrum IR yang sama (Kencana, 2009).

Sistem optik spektrofotometer FTIR dilengkapi dengan cermin yang bergerak tegak lurus dan cermin diam. Dengan demikian radiasi IR akan menimbulkan perbedaan jarak yang ditempuh menuju cermin yang bergerak dan jarak cermin yang diam. Perbedaan jarak tempuh radiasi tersebut selanjutnya disebut sebagai retardasi ( $\delta$ ). Hubungan antara intensitas radiasi IR yang diterima detektor terhadap retardasi disebut sebagai interferogram. Sedangkan sistem optik dari spektrofotometer IR yang didasarkan atas bekerjanya interferometer disebut sebagai sistem optik.

Analisis FTIR pada umumnya digunakan untuk:

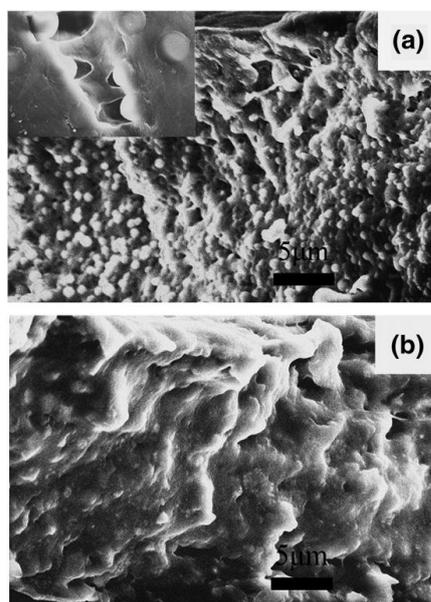
- 1) Menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik.
- 2) Mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik dengan membandingkan daerah sidik jarinya (Dachriyanus, 2004).

Pada analisis PAL menggunakan spektrofotometri IR yang telah dilakukan oleh Lukmana (2007), yaitu adanya pola spektrum gugus karboksil ( $\text{-OH}$ ) pada bilangan gelombang  $3490,9 \text{ cm}^{-1}$ , vibrasi ulur  $\text{C-H}$  pada bilangan gelombang  $2993,3 \text{ cm}^{-1}$  dan  $2943,2 \text{ cm}^{-1}$ , gugus karbonil ( $\text{C=O}$ ) pada bilangan gelombang  $1751,2 \text{ cm}^{-1}$ , vibrasi tekuk  $\text{C-H}$  pada bilangan gelombang  $1454,2 \text{ cm}^{-1}$  dan  $\text{C-O}$  tekuk pada bilangan gelombang  $1269 \text{ cm}^{-1}$ . Hasil tersebut juga sesuai dengan standarisasi yang telah dilakukan oleh Septiana (2017), gugus karbonil ( $\text{C=O}$ ) PAL ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1757,15 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{-CH}_3$  ulur ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1458,18 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{C=O}$  tekuk ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1215,15 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{C-O}$  ulur ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1186,22 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{O-H}$  tekuk dan ulur ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1043,49 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3506,59 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{C-H}$  ulur ditunjukkan pada bilangan gelombang  $2949,16 \text{ cm}^{-1}$ , serta  $\text{C-C}$  ulur ditunjukkan pada bilangan gelombang  $920,05 \text{ cm}^{-1}$ .

Sedangkan analisis pada polimer PCL diperoleh puncak spektrum IR pada bilangan gelombang  $2840\text{-}3000 \text{ cm}^{-1}$  terdapat uluran  $\text{C-H}$ , gugus karbonil ( $\text{C=O}$ ) pada bilangan gelombang  $1715\text{-}1730 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{C-O}$  ester jenuh pada bilangan gelombang  $1163\text{-}1210 \text{ cm}^{-1}$  (Silverstein, 1998). Hasil analisis PCL yang telah dilakukan oleh (Shriner *et al.*, 2004) juga menunjukkan uluran  $\text{C-H}$  ( $\text{-CH}_2\text{-}$ ) pada bilangan gelombang  $2840\text{-}3000 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{O-H}$  karboksil pada bilangan gelombang  $3330\text{-}3500 \text{ cm}^{-1}$ , gugus karbonil  $\text{C=O}$  pada bilangan gelombang  $1540\text{-}1820 \text{ cm}^{-1}$  serta  $\text{C-O}$  ester pada bilangan gelombang  $1000\text{-}1300 \text{ cm}^{-1}$

### M. *Scanning Electron Microscope* (SEM)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan. Pada penelitian (Zhang *et al.*, 2009) telah melakukan uji SEM antara PAL dan PCL dengan dan tanpa HDI dengan perbandingan PAL dan PCL 80 : 20. Hasil SEM dari penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 :



**Gambar 4.** Mikrograf SEM PAL dan PCL tanpa HDI (a) dengan HDI (b)

Pada Gambar (4a) menunjukkan bahwa poliblanding PAL dan PCL dengan perbandingan 80:20 tanpa HDI terlihat struktur *spherulite* dengan jelas dua fasa yang dipisahkan dalam proses pemecahan. Pada struktur melingkar antara PAL dan PCL struktur *spherulite* dimiliki oleh PCL. Pada Gambar (4a) adanya perbesaran yang menunjukkan kesenjangan atau rongga antara PAL dan PCL hal

ini menunjukkan bahwa interaksi antara PAL dan PCL cukup lemah sehingga tidak memiliki sifat khas yang kompatibel. Pada Gambar (4b) dengan perbandingan yang sama dengan penambahan HDI diilustrasikan permukaan morfologi tampak homogen dan tidak ada *spherulus* dalam PCL dan kesenjangan atau rongga antara PAL dan PCL menghilang (Zhang *et al.*, 2009).

#### N. *Thermo Gravimetric Analysis (TGA)*

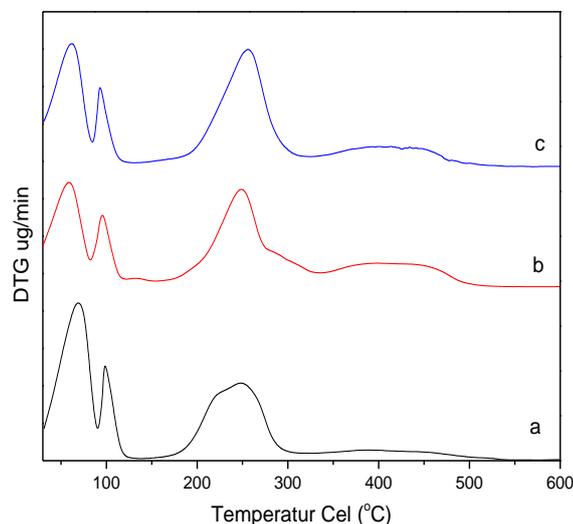
TGA/DTA merupakan salah satu analisis yang digunakan untuk menganalisis perubahan jumlah serta laju dalam berat materi yang dihubungkan dengan temperatur atau waktu atmosfer yang terkontrol pada saat terjadi selama pemanasan sampel yang meliputi pelepasan atau absorpsi energi (Kadine, 2010). TGA/DTA umumnya dianggap sebagai metode semi-kuantitatif yang digunakan untuk penelitian devitrifikasi pada gelas oksida dan transisi gelas pada polimer (Hay, 1982).

**Tabel 3.** Nilai derivatogram DTG

No.	Variasi Gelatin	Fase Degradasi	Suhu Degradasi (°C)	Kecepatan Degradasi (µg/min)
1.	0	PLA-selulosa	246,7	207,2
2.	0,5	PLA-selulosa-gelatin	255,9	314,7
3.	1,5	PLA-selulosa-gelatin	270,0	409,1

(Pangestika, 2017).

Berdasarkan Tabel 3 sampel mulai terdegradasi pada suhu 246 °C, penambahan gelatin menyebabkan kenaikan suhu degradasi. Kecepatan degradasi PLA-selulosa tanpa penambahan gelatin sebesar 207,2 µg/min, setelah penambahan gelatin sebanyak 0,5 gram kecepatan degradasi naik menjadi 314,7 µg/min, setelah penambahan gelatin 1,5 gram kecepatan degradasi naik untuk kedua kalinya menjadi 409,1 µg/min (Pangestika, 2017). Kecepatan degradasi selulosa berdasarkan penelitian Ibrahim (2011) terjadi pada kisaran suhu antara 300-400 °C dan Huang (2012) menyatakan bahwa pirolisis selulosa dapat meningkatkan kecepatan degradasi sampel. Sifat ini terbawa dari PLA yang memiliki sifat *biodegradable*. Setelah penambahan gelatin kecepatan degradasi meningkat. Kecepatan degradasi terbaik terdapat pada sampel dengan penambahan gelatin dengan variasi 1,5 gram.



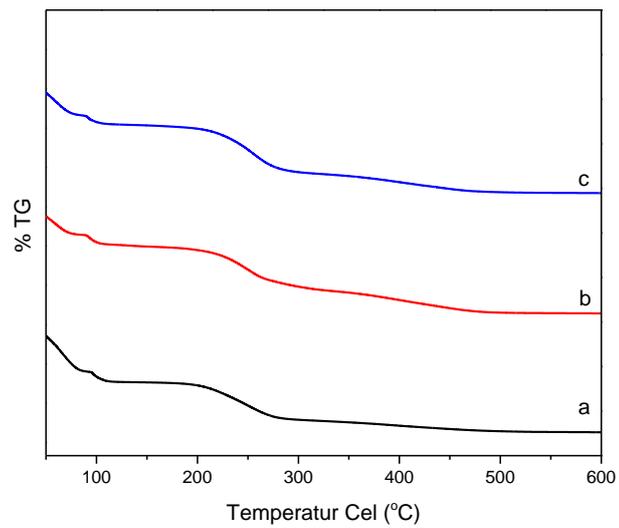
**Gambar 5.** Hasil DTG a. PLA-selulosa b. PLA-selulosa-gelatin (0,5) c. PLA d. PLA-selulosa-gelatin (1,5) (Pangestika, 2017).

**Tabel 4.** Nilai termogram TGA.

No	Variasi gelatin	Fase Degradasi	Suhu Degradasi (°C)	Penurunan Massa (%)
1	0	PLA-selulosa	204.1	37.4
2	0,5	PLA-selulosa-gelatin	213.2	27.7
3	1,5	PLA-selulosa-gelatin	233.2	30.3

(Pangestika, 2017).

Berdasarkan Tabel 4, terjadi tiga fase dekomposisi. Fase pertama merupakan dekomposisi air dan fase kedua merupakan fase degradasi selulosa. Penurunan massa pada PLA-selulosa terjadi pada suhu 204,1 °C dengan penurunan massa sebesar 37,4%. Kemudian pada sampel dengan penambahan gelatin terjadi penurunan massa yang sedikit menurun. Pada sampel dengan penambahan gelatin 0,5 gram, terjadi penurunan massa sebesar 27,7%. Pada penambahan gelatin 1,5 terjadi kenaikan penurunan massa menjadi 30,3%. Dari data TGA dapat diketahui bahwa penambahan gelatin menyebabkan penurunan massa yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel yang tidak diberikan variasi penambahan gelatin. Hal ini menunjukkan penambahan gelatin juga menyebabkan berkurangnya kandungan air pada sampel yang telah diberikan variasi gelatin.



**Gambar 6.** Hasil TGA a. PLA-selulosa b. PLA-selulosa-gelatin (0,5) c. PLA-selulosa-gelatin (1,5) (Pangestika, 2017).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung pada bulan Juni hingga Desember 2018. Pengujian *Hotpress* dan Uji Tarik dilakukan di Laboratorium Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan analisis TGA (*Thermo Gravimetric Analyzer*) dilakukan di Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT LTSIT) Universitas Lampung.

#### B. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, pengaduk magnetik, neraca analitik, cawan petri, peralatan gelas kimia, alat uji tarik ASTM, *Spektrofotometri Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan *TGA (Thermo Gravimetric Analyzer)*. Sedangkan bahan

yang digunakan adalah poli asam laktat, poli  $\epsilon$ -kaprolakton, kloroform, cairan infus, dan buffer phospat, aquades dan tween 80.

### **C. Prosedur Penelitian**

#### **1. Pembuatan Larutan Tween 80 0,5%**

Larutan Tween 80 0,5% dibuat dari pengenceran larutan Tween 80 10% . Pertama-tama sebanyak 10 mL larutan Tween 80 dilarutkan dalam 80 mL aquades dengan bantuan *magnetic stirrer*. Setelah larut, larutan kemudian ditambahkan lagi aquades sampai tanda batas hingga tepat pada labu takar 100 mL dan diperoleh larutan Tween 80 0,5%.

#### **2. Pembuatan polipaduan PAL dan PCL**

Pembuatan poli asam laktat dilakukan dengan cara menimbang poli asam laktat dengan perbandingan antara PAL dan PCL 4 :1 sebanyak 56 gram poli asam laktat dan poli  $\epsilon$ -kaprolakton sebanyak 14 gram . Kemudian ditambahkan kloroform sebanyak 75 mL dan diaduk selama 3 jam atau sampai larutan homogen. Setelah itu, ditambahkan 10 mL larutan emulsi tween 80 0,5%. Kemudian dilanjutkan dengan perbandingan PAL dan PCL 1 : 1 yaitu 35 gram PAL dengan 35 gram PCL dan perbandingan 1 : 4 dengan 14 gram PAL dan dengan 56 gram PCL, masing-masing perbandingan tersebut ditambahkan 10 mL larutan emulsi tween 80 0,5% , lalu dilanjutkan prosedur yang sama dengan

sebelumnya. Setelah terbentuknya gel antara PAL dan PCL, maka gel tersebut didiamkan selama semalam hingga mengeras. Lalu masing masing sampel ditekan dengan alat *hotpress* dengan suhu 170 °C dan ketebalan 0,5 mm.

### **3. Uji Kelarutan Dalam Cairan Infus**

Pada percobaan uji kelarutan ini digunakan cairan infus sebanyak 20 mL yang dimasukkan kedalam botol bening. Kemudian polipaduan antara Poli asam laktat dan poli e-kaprolakton yang sudah mengeras dan dipotong dengan ukuran masing-masing 6x6 mm cm lalu dimasukkan kedalam botol kaca yang sudah diberikan cairan infus sampai poli paduan tersebut terendam.

Kemudian didiamkan dengan waktu 1, 7, 14, 28 hari dan diamati perubahan yang terjadi di dalamnya. Perubahan yang akan diukur adalah perubahan kehilangan berat.

### **4. Uji Pengaruh pH Terhadap Polipaduan PAL dan PCL**

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan buffer fosfat dengan pH 6, 7 dan 8. Dimasukkan poli paduan PAL dan PCL yang sudah mengering, dipotong dengan ukuran masing-masing 6x6 mm yang kemudian dimasukkan ke dalam botol yang berisi larutan buffer fosfat dengan pH 6, kemudian didiamkan dengan waktu 1, 7, 14, 28 hari. Pada masing-masing hari akan diamati perubahan panjang, berat, dan perubahan fisik lainnya.

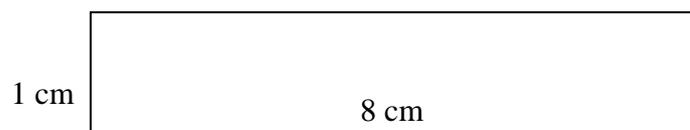
Perlakuan yang sama akan dilakukan juga pada buffer fosfat dengan pH 7 dan 8.

### 5. Uji Tarik

Pengujian uji tarik dilakukan dengan menyiapkan bahan polipaduan antara PAL dan PCL dengan masing-masing perbandingan 4:1, 1:4, dan 1:1

Kemudian

polipaduan yang sudah jadi akan dibuat suatu spesimen dengan model ukuran seperti gambar di bawah ini dengan jumlah benda uji masing-masing sebanyak 1 buah. Dengan ukuran pada Gambar 7 dibawah ini :



**Gambar 7.** Spesimen sampel yang digunakan dalam uji tarik

### 6. Analisis dengan FTIR

Dalam analisis ini, sampel akan diubah menjadi serbuk, setelah itu sebanyak 0,2 mg serbuk hasil blending antara PAL dan PCL dicampur dengan 2 mg KBr dan dibentuk menjadi pellet. Pellet dari sampel kemudian dimasukkan ke instrumen FTIR dengan bilangan gelombang 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ .

## **7. Analisis dengan SEM**

Dalam analisis menggunakan SEM dilakukan dengan cara serbuk blending antara PAL dan PCL dipreparasi terlebih dahulu, preparasi awal yang akan dilakukan adalah mendispersikan komposit ke dalam air, kemudian komposit yang terdispersi ditetaskan di atas tube yang telah diberi perekat. Serat 30 tersebut dikeringkan pada suhu 105 °C selama 24 jam, lalu dilapisi dengan emas dan diamati.

## **8. Analisis dengan TGA**

Dalam analisis TGA, pada serbuk hasil blending antara PAL dan PCL dilakukan pertama-tama dengan dialiri gas N<sub>2</sub> dengan laju alir 20 ml/min dan sampel yang kemudian dipanaskan pada suhu 30-600° C dengan kecepatan pemanasan 20°C/min. Hasil ditampilkan dalam bentuk grafik.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### D. Simpulan

Adapun simpulan pada penelitian ini adalah :

1. Telah disintesis polipaduan PAL dan PCL dengan beberapa variasi perbandingan PAL : PCL/tween 80 dan polipaduan PAL : PCL/tween 80 (4:1) memiliki nilai degradasi yang tinggi dan kekuatan mekanik yang tinggi.
2. Persen kehilangan berat pada degradasi polipaduan C PAL : PCL (4:1) yaitu sebesar 2,61% pada degradasi NaCl, 1,38% pada degradasi buffer fosfat pH 6, 3,06 % pada degradasi buffer fosfat pH 7 , dan 4,53% pada buffer fosfat pH 8.
3. Nilai kuat tarik sampel polipaduan PAL : PCL (4:1) paling tinggi sebesar 14,11 N/mm<sup>2</sup>.
4. Hasil FTIR pada sampel polipaduan PAL : PCL (4:1) yaitu memiliki vibrasi ulur C-H, C=O dan C-O ester jenuh dengan bilangan gelombang sebesar 2922,2 cm<sup>-1</sup> ·1744,4 cm<sup>-1</sup>, dan 1177,8 cm<sup>-1</sup>. Pada vibrasi ulur C-H tekuk dan C-O-H tekuk yaitu pada bilangan gelombang 1453 cm<sup>-1</sup> dan 1073 cm<sup>-1</sup>.

5. Hasil TGA menunjukkan polipaduan PAL : PCL (4:1) mengalami 2 fase dekomposisi yaitu pada suhu 273 °C dan , 428 °C.
6. Morfologi permukaan polipaduan PAL : PCL (4:1) memiliki morfologi permukaan dengan struktur yang berongga dibandingkan dengan struktur asli permukaan dari PAL dan PCL.

#### **E. Saran**

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

5. Perlu dilakukan variasi waktu, serta mengubah bentuk benang dari bentuk lempengan menjadi bentuk benang dengan menggunakan alat *electro spinning*.
6. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari bahan yang dapat menghasilkan nilai degradasi serta kekuatan tarik dari polipaduan yang dibuat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhitioso, S. 2012. *Paduan Gel Getah Batang Pisang dengan PGA (Polyglycolic Acid) sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi yang Absorbable*. (Skripsi). Universitas Airlangga. Surabaya.
- Alger, M.S M. 1989. *Polymer Science Dictionary*. London. Elsevier Applied Science.
- Anggara. 2001. *Macam-macam Jenis Plastik Polimer Petrokimia*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Anief, M. 2008. *Ilmu Meracik Obat*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Apriyanto, J. 2007. *Karakteristik Biofilm dari Bahan Dasar Polivinil Alkohol (PVOH) dan Kitosan*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Auras, R. 2002. *Poly (Lactid Acid) Film as Food Packaging Materials*. Enviromental Coference. USA.
- Averous, L. 2008 . *Polylactic Acid: Synthesis, Properties and Applications dalam Monomers Polymers and Composites from Renewable Resources* (Ed Mohamed Naceur Belgacem dan Alessandro Gandini), 1<sup>st</sup> Edition, Chapter 21. Elsevier Ltd: Amsterdam.
- Brown, G. 1988. An Inventory for Measuring Clinicaly Anxiety. *Psychometric Properties. Journal of Consulting and Clinicaly Psychology*, **55** (6), 893-897.
- Chu, C. 2004. An In-Vitro Study of The Effect of Buffer on The Degradation of Poly (Glicolic Acid) Sutures. *Journal of Biomedical Materials Research*. 15 : 20-27.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi Cetakan I*. Andalas University Press. Padang.
- Dacasta, F.C. 2018. *Sintesis dan Karakterisasi Polipaduan Poli Asam Laktat dengan Polikaprolakton Sebagai Bhan Baku Benang Bedah Operasi*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Dudley, R. 2000. *The Biomechanics Of Insect Flight: Form, Function, Evolution*. Princeton University Press. New York.
- Elfrida, J. 2012. *Uji Efisiensi, Disolusi, dan Degradasi In Vitro dari Mikroenkapsulasi Ibuprofen dengan Polipaduan Poli (Asam Laktat) dan Polikaprolakton*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Fauziah, L., Lestari., T., dan Santosa, G. 2005. *Dampak Sampah Plastik Pada Tanah*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Gunatillake, PA., and Adikari, R. 2003. Biodergradable Sythetic Polymers for Tissue Engineering. *European Cells and Materials*. **5** : 1-16.
- Hay, J.N. 1982. *Thermal Methods of Analysis. Polymer. Thermal Analysis Of Polymer System*. L. S. Bark dan N. S. Editorial. London.
- Hinton, A and Ingram, K. 2005. Use of lactacid acid to Reduce of Population. *Journal Food Protection*. **63** : 1282-1286.
- Huang. 2012. A Glucose Biosensor Based on Direct Electrochemistry of Glucose Oxidase Immobilized onto Platinum Nanoparticles. *Science China, Physics, Machanics and Astronomy*, **55**(7), 25-31.
- Ibrahim, A. N. 2011 Polymer Hydrogel *Journal of Polymer-Plastic Tecnology and Engineering*, **50** : 1474-1486.
- Ivan, N., Valentina, S., Franco, D., Luigi, T., Jose, K., and Laura, P. 2016. Design of Biodegradable Blends Based on PLA and PCL: from Morphological, Thermal and Mechanical Studies to Shape Memory Behavior. *Polymer Degradation and Stability*.. **132** : 1-35.
- Kadine, M. 2010. *Thermogravimetric Analysis Theory, Operation, Calibration, and Data Interpretation*. Thermal Application Chemist, TA Instrument.
- Kencana, A.L. 2009. *Perlakuan Sonifikasi Terhadap Kitosan Viskositas dan Bobot Molekul*. (Skripsi). Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Khatri, Z., Jatoi, A. W., Ahmed, F., AND Kim, I. S. 2016. Cell Adhision Behavior of Poly (e-caprolactone)/ Poly(L-lactic acid) Nanofibers Scaffolds. *Materials Letters*. **171** : 178-181.
- Kristiyaningrum, Indahnah, dan Suwarto. 2013. Efektivitas Penggunaan Larutan NaCl Dibandingkan dengan D40% Terhadap Proses Penyembuhan Luka Ulkus Dm di RSUD KUDUS. *Jurnal Keperawatan*. **1**: 78-89.

- Leksono. 2008. *Efektivitas Bakteri Asam Laktat dalam Menghambat Bakteri*. Airlangga Press. Yogyakarta.
- Liu L., S. Zhou., X. Deng., X. Li., and W. Jia. 2004. Synthesis and Characterization of Biodegradable Low Molecular Weight Aliphatic Polyesters and Their Use in Protein Delivery Systems. *Journal of Applied Polymer Science*. **91** : 1848-1850.
- Lund, W. 1994. *The Pharmaceutical Codex, 12<sup>th</sup> Edition*. The Pharmaceutical Press. London.
- Lu Y., and Chen S.C. 2004. Micro and Nanofabrication of Biodegradable Polymers for Drug Delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*. **56** : 1621-1633.
- Lukmana. 2007. *Pembuatan dan Pencirian Poli Asam Laktat*. (Skripsi). FMIPA Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mackenzie, D. 1973. The History of Sutures. *Medical History*. **17** : 158-168.
- Martin, A. 1993. *Farmasi Fisik 2. Edisi III*. UI Press. Jakarta.
- Meliani, N. 2018. *Sintesis dan Karakterisasi Polipaduan Poli Asam Laktat dengan Poli E-Kaprolakton dengan PVA Sebagai Bahan Baku Benang Bedah Operasi*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Nasrullah, F. 2014. *Pengembangan Komposit PVA – Alginat – Daun Binahong sebagai Wound Dressing Antibakteri*. (Skripsi). UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Mokofeng, J. P., and Luyt, A. S. 2015. Morphology and Thermal Degradation Studies Of Melt Mixed Poly (Lactic Acid) (PLA)/Poly (ε-Caprolactone) (PCL) Biodegradable Polymer Blend Nanocomposites With TiO<sub>2</sub> as Filter Polymer Testing. *Material Behavior*. **45** : 93-100.
- Pangestika, D. M. 2017. *Pengaruh Penambahan Gelatin Pada Poli Asam Laktat (PLA) Dengan Selulosa Dari Limbah Padat Onggok* (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Pillai, C. K., and Sharma, C. P. 2010. Review Paper : Absorbable Surgical sutures : Chemistry, Production, Properties, Biodegradability, and Performance. *Journal Of Biomaterial and Applications*. 291-336.
- Retno, I. 2008. *Prinsip-prinsip Sains untuk Keperawatan*. Airlangga Press. Jakarta.

- Saputro, D. F. 2012. *Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Ramah Lingkungan dari Campuran Polisterena-Poli Asam Laktat (Skripsi)*. Universitas Lampung. Lampung.
- Septiana, S.A. 2017. *Pengaruh Penambahan Polietilen Glikol (PEG) Pada Campuran Poli Asam Laktat Dengan Selulosa Dari Limbah Padat Tapioka (Skripsi)*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Silverstein, R.M. 1998. Spectrometric identification of organic compounds, 6<sup>th</sup> ed, *John Wiley and Sons*. Inc. New York : **17** : 81-109.
- Sudaryanto., Yulianti, E., and Jodi., H. 2014. The Effect of Plasticizer Addition To Solid Polymer Electrolyte Based On Chitosan-PAL Nanocomposite. *Journal Polymer-Plastics Technology and Engineering*. **3** : 290-295.
- SNI 16-3366-1994. *Benang Bedah Operasi Serap Hologen Sekali Pakai (Absorbable Sutures)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Surdia, T. 1998. *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sutiani, A. 2001. *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Suatu Produk Baru. (Skripsi)*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Syukur, M. 2002. *Pembuatan dan Karakterisasi Genteng Komposit Polimer dan Campuran Resin Poliester, Aspal, Styrofoam Bekas dan Serat Panjang Ijuk. (Skripsi)*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Triyuda, A. P. 2017. *Pembuatan Mikropartikel Poli Asam Laktat (PAL) Sebagai Sistem Penghantar Obat (Drug Delivery)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Widiarto, S. 2005. *Modifikasi Plastik Ramah Lingkungan dari Campuran Pati Sagu-Polivinil Alkohol dengan Penambahan Glutaraldehid*. Laporan Penelitian Pengembangan Proyek Diri Proyejk HEDS. Lampung.
- Wulan, M.D. 2011. *Degradasi in vitro mikrosfer polipaduan poli (asam laktat) dan polikaprolakton* (Skripsi). Universitas Indonesia., Jakarta.
- Yuwono, S. D., Mulyono., Hadi, S., Widiarto, S., and Takao Kokugan. 2014. Improvement of Lactic Acid Production from Cassava by *Streptococcus bovis* Using Two-Stages Membrane Bioreactor. *Asian Journal of Chemistry*. **18** : 6249-6265.
- Zhang, X., Zhou, T., Ren Z., Wang S., and Lei Z. 2008. Biodegradable poly (lactic acid) copolymers. *Progress in Chemistry*. **20** : 339-50