

**PENGARUH PENAMBAHAN VOLUME ASAM ASETAT
GLASIAL SEBAGAI *COMPATILIZER* TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN BIODEGRADASI BLEND FILM PLA-PATI.**



Disusun oleh :

ANDRE MARTUA PARLAUNGAN PAKPAHAN

(3335190106)

**JURUSAN TEKNIK KIMIA – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2023**

**PENGARUH PENAMBAHAN VOLUME ASAM ASETAT GLASIAL
SEBAGAI *COMPATILIZER* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN
BIODEGRADASI BLEND FILM PLA-PATI.**

disusun oleh:

ANDRE MARTUA PARLAUNGAN PAKPAHAN(3335190106)

Telah Disetujui Oleh Dosen Pembimbing dan Telah Dipertahankan Di
Hadapan Dewan Penguji Pada Tanggal 12 Januari 2023

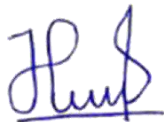
Dosen Pembimbing



Dr. Rahmayetty, S.T., M.T.

NIP. 197410021999032003

Penguji I



Dr. Javanudin, S.T., M.Eng.

NIP. 197808112005011003

Penguji II



Meri Yulvianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 197707032010122002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



Dr. Javanudin, S.T., M.Eng.

NIP 197808112005011003

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andre Martua Parlaungan Pakpahan

NIM : 3335190106

Jurusan : Teknik Kimia

Judul : Pengaruh Penambahan Volume Asam Asetat Glasial Sebagai *Compatilizer* Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradasi *Blend Film* Plasti

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul tersebut diatas adalah benar karya saya sendiri dengan arahan dari dosen pembimbing dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain kecuali telah disebutkan sumbernya.

Apabila kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul "**Pengaruh Penambahan Volume Asam Asetat Glasial Sebagai *Compatilizer* Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradasi Blend Film Pla-Pati**".

Dalam menyusun laporan penelitian ini, terdapatnya kesulitan yang tidak sedikit serta kendala yang dialami pada penulis, tetapi berkat adanya dukungan, doa, dan dorongan semangat dari orang – orang sekitar, hingga kini penulis mampu menyelesaikannya. Maka dari itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Dr. Jayanudin, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
2. Dosen Pembimbing yaitu Ibu Dr. Rahmayetty, S.T., M.T. karena telah membantu dan membimbing dalam menyelesaikan laporan penelitian ini.
3. Ibu dan Ayah atas semua doa, dorongan dan semangat untuk menyelesaikan laporan penelitian ini.
4. Teman – teman Teknik Kimia 2017 yang telah berjuang bersama-sama penulis dalam menyelesaikan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam menyusun laporan penelitian ini. Oleh karena itu segala kritikan dan saran yang membangun akan penulis terima dengan baik.

Semoga dengan adanya proposal penelitian "**Pengaruh Penambahan Volume Asam Asetat Glasial Sebagai *Compatilizer* Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradasi *Blend Film Pla-Pati***". ini bermanfaat untuk kita semua.

Cilegon, 11 Januari 2023

Penulis

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN VOLUME ASAM ASETAT GLASIAL SEBAGAI *COMPATILIZER* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN BIODEGRADASI *BLEND FILM* PLA-PATI.

Oleh :

ANDRE MARTUA PARLAUNGAN PAKPAHAN (3335190106)

Polylactic acid (PLA) adalah salah satu polimer alam yang *biodegradable* dan berpotensi dikembangkan sebagai pengganti plastik konvensional. Dalam hal lain dapat diaplikasikan sebagai bahan pengemas makanan, PLA memiliki kekurangan yaitu bersifat rapuh, getas, dan *elongation at break* kurang dari 10%, sehingga menjadi kendala dalam pemrosesannya. Upaya yang dilakukan agar PLA dapat diaplikasikan secara luas ialah dengan menambahkan polimer alam lainnya dan juga *plastisizer*. Polimer alam yang jumlahnya sangat berlimpah di Indonesia adalah pati. Pati dapat diartikan sebagai polimer yang bersifat hidrofilik sehingga bila dikompositkan dengan PLA yang bersifat hidrofobik maka dapat mengurangi sifat hidrofobik dari *blend film* yang dihasilkan. Pembuatan *blend film* dari polimer hidrofobik dan hidrofilik membutuhkan *compatibilizer* agar film yang dihasilkan homogen. Pada penelitian ini, *compatibilizer* yang digunakan adalah asam asetat glasial. Tujuan dari penelitian ini yaitu mendapatkan pengaruh asam asetat glasial terhadap karakteristik *blend film* PLA-pati dan mendapatkan volume asam asetat glasial sebagai *compatibilizer* yang menghasilkan *blend film* dengan sifat mekanik terbaik. Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap, tahap pertama yaitu tahap pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol. Tahap kedua yaitu alir tahap pembuatan polimer blend PLA-Pati. Variasi yang digunakan ialah penambahan asam asetat glasial selaku *compatibilizer* sebanyak 1 ml, 3 ml, 5 ml serta 10 ml. Blend film yang dihasilkan setelah itu dianalisa *tensile strength*, *elongation at break* dan titik leleh serta uji biodegradasi. Bersumber pada hasil riset ini didapatkan ciri *blend film* terbaik pada akumulasi 3 ml asam asetat glasial dengan nilai *tensile strength* 16, 6 MPa, *elongation at break* 13%, titik leleh 103,1°C. Sedangkan untuk uji biodegradasi diperoleh pada variasi 5 ml asam asetat glasial sebesar 91%.

Kata Kunci : *Blend film*, asam asetat glasial, *compatibilizer*

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | 2 |
| KATA PENGANTAR | 3 |
| ABSTRAK | 4 |
| DAFTAR ISI..... | 5 |
| DAFTAR TABEL | 7 |
| DAFTAR GAMBAR | 8 |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 9 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 9 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Poli Asam Laktat (PLA)..... | 4 |
| 2.2 Aplikasi PLA | 5 |
| 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik PLA | 7 |
| 2.4 Pati | 8 |
| 2.5 <i>Plasticizer</i> | 10 |
| 2.6 <i>Compatibilizer</i> | 11 |
| 2.7 <i>Blending</i> | 12 |
| 2.8 <i>Blend film</i> | 13 |
| 2.9 Sifat Fisik dan Kimia <i>Blend film</i> | 14 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 17 |
| 3.1 Tahapan Penelitian..... | 17 |
| Tahap Pembuatan Larutan Pati terplastisasi Gliserol..... | 17 |
| Tahap Pembuatan Polimer Blend PLA / Pati | 18 |
| 3.2 Prosedur Penelitian | 19 |
| Tahap Pembuatan Larutan Pati terplastisasi Gliserol | 19 |
| Tahap Pembuatan Polimer Blend PLA/Pati | 19 |
| 3.3 Alat dan Bahan | 20 |
| Alat..... | 20 |

| | |
|--|----|
| Bahan | 20 |
| 3.4 Variabel Penelitian..... | 20 |
| 3.5 Metode Pengumpulan dan Analisa Data | 21 |
| Uji Termal | 21 |
| Uji Tensile Strength..... | 21 |
| Uji Elongation at break | 21 |
| Uji Biodegradasi | 22 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 23 |
| 4.1 Pembuatan Larutan Pati terplastisasi Gliserol | 23 |
| 4.2 Pembuatan Polimer <i>Blend</i> PLA-Pati..... | 24 |
| A. Pengaruh Penambahan Volume Asam Asetat Glasial terhadap Struktur Permukaan Blend Film secara Visual..... | 24 |
| B. Pengaruh Penambahan Asam Asetat Glasial terhadap Sifat Mekanik Blend Film | 27 |
| C. Pengaruh Penambahan Asam Asetat Glasial terhadap Sifat Termal Blend Film..... | 30 |
| D. Pengaruh Penambahan Asam Asetat Glasial terhadap Sifat Biodegradasi Blend Film..... | 31 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 33 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 33 |
| 5.2 Saran..... | 33 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 34 |
| LAMPIRAN | 39 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2. 1 Sifat Fisik PLA | 7 |
| Tabel 2. 2 Sifat Mekanik PLA | 7 |
| Tabel 4. 1 Hasil Analisa DSC <i>Blend Film</i> | 31 |
| Tabel 4. 2 Hasil Uji Biodegradasi dengan Variasi Asam Asetat Glasial | 32 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2. 1 Rumus Struktur PLA | 4 |
| Gambar 2. 2 Struktur Kimia Gliserol | 10 |
| Gambar 2. 3 Stuktur molekul Asam Asetat Glasial..... | 12 |
| Gambar 3. 1 Diagram alir tahap pembuatan larutan pati terplastisasi Gliserol | 17 |
| Gambar 3. 2 Diagram alir tahap pembuatan polimer <i>blend</i> PLA/Pati..... | 18 |
| Gambar 4. 1 Larutan Pati dengan Aquadest dan Larutan Pati yang telahtergelatinasi | 23 |
| Gambar 4. 2 Larutan Polimer <i>Blend</i> PLA/Pati..... | 24 |
| Gambar 4. 3 <i>Blend Film</i> dengan Penambahan Asam Asetat Glasial | 25 |
| Gambar 4. 4 <i>Blend Film</i> dari Penelitian Rahmayetty dkk (2018)..... | 27 |
| Gambar 4. 5 Diagram <i>Tensile Strength</i> pada <i>Blend Film</i> | 27 |
| Gambar 4. 6 Diagram <i>Elongation at break</i> pada <i>Blend Film</i> | 29 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik konvensional yang dikala ini banyak digunakan dalam kehidupan manusia biasanya berasal dari minyak bumi, petroleum ataupun gas alam. Plastik konvensional mempunyai kelebihan ialah karakteristik termal rendah, mempunyai kekuatan serta energi tahan material yang kokoh, tahan terhadap mikroorganisme serta tahan terhadap air. Tidak hanya banyak kelebihannya, plastik konvensional pula memiliki kekurangan ialah membutuhkan waktu yang lama buat terurai di area lingkungan sekitar sehingga menimbulkan penimbunan limbah plastik. Metode untuk menurunkan kerusakan pada area yang disebabkan oleh perihal tersebut ialah dengan memakai sumber energi terbarukan buat diganti jadi bahan baku yang mempunyai keahlian terdegradasi secara alamiah (Matsumoto & Taguchi, 2010).

Poli- asam laktat (PLA) merupakan polimer yang bersifat *biodegradable*, *biocompatible*, nonkarsinogenik serta tidak beracun untuk badan manusia dan bisa dibuat dari bahan– bahan terbarukan semacam asam laktat sehingga baik digunakan dalam industri pengemasan santapan (Lasprilla et al., 2012). PLA mempunyai kekurangan dalam pengaplikasiannya sebab memiliki sifat yang rapuh, getas, hidrofobik serta *elongation at break* kurang dari 10%, sehingga pada keadaan pemrosesan polimer kurang optimal (Zuo et al., 2014). PLA dalam aplikasi kemasan makanan wajib memiliki elastisitas yang besar pada temperatur ruang, transparan serta kristalinitas yang rendah (El-Hadi, Ahmed M., 2017). Salah satu karakteristik PLA ialah hidrofobik yang menimbulkan laju degradasi sangat lemah sehingga jadi hambatan pada aplikasi kemasan makanan. Untuk memperbaiki kekurangan dari sifat PLA bisa dicoba dengan akumulasi pati .

Pati merupakan polimer yang potensial dengan kelebihannya yaitu berasal dari sumber daya terbarukan, harganya murah dan di Indonesia keberadaannya cukup banyak serta memiliki sifat yang hidrofilik sehingga mudah untuk

terdegradasi. Pati terbentuk dari dua polimer yaitu amilosa dan amilopektin. Campuran antara PLA dengan Pati dapat membentuk plastik *biodegradable* yang memiliki laju degradasi dan sifat berupa *tensile strength* dan *elongation at break* lebih besar dan deformasi lebih rendah dari PLA biasa (Yu et al., 2006). Rahmayetty dkk, 2018 melaporkan bahwa sintesis *blend film* PLA-pati dengan metode *blending* menghasilkan *film* dengan sifat *tensile strength* dan *elongation at break* yang masih rendah serta tekstur permukaan yang masih kasar. Hal ini disebabkan oleh ketidakhomogenan campuran. Ketidakhomogenan ini karena sifat hidrofobik dari PLA dan hidrofilik dari pati sehingga dispersi pati dalam matrik PLA yang tidak sempurna.

Gugus hidrofobik dapat berikatan dengan bahan lain yang bersifat non polar seperti minyak sedangkan gugus hidrofilik dapat berikatan dengan air atau bahan lain yang bersifat polar. Pencampuran material yang bersifat hidrofobik dan hidrofilik dapat dilakukan dengan menggunakan *compatibilizer*. *Compatibilizer* berfungsi untuk meningkatkan kompatibilitas antara larutan hidrofobik dan hidrofilik, sehingga kedua komponen akan bercampur dengan homogen. *Compatibilizer* yang biasa digunakan dalam bidang pangan yaitu asam asetat glasial, maleat anhidrat dan asam suksinat. Penggunaan *compatibilizer* pada pembentukan *blend film* telah dikaji oleh Waryat, dkk (2013) menghasilkan *blend film* yang lebih kompatibel, homogen dan memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang lebih baik.

Berdasarkan kekurangan *blend film* PLA-pati yang telah disintesis pada penelitian sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memperbaiki karakteristik *blend film*. Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis *blend film* PLA-Pati dengan menggunakan asam asetat glasial sebagai *compatibilizer*.

1.2 Rumusan Masalah

Blend film PLA-Pati yang telah dihasilkan pada penelitian sebelumnya masih memiliki kekurangan yaitu *tensile strength* dan *elongation at break* nya masih rendah serta struktur *blend film* yang tidak homogen. Hal ini disebabkan karena sifat hidrofobik dari PLA dan hidrofilik dari pati sehingga dispersi kedua material menjadi tidak sempurna. Adapun masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah meningkatkan dispersi PLA dan pati agar diperoleh *blend film* dengan homogenitas yang baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan asam asetat glasial terhadap karakteristik *blend film* yang dihasilkan dan mendapatkan volume asam asetat glasial sebagai *compatibilizer* yang menghasilkan *blend film* terbaik.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten. Sintesis *blend film* PLA- pati menggunakan asam asetat glasial sebagai *compatibilizer*. Analisa yang dilakukan yaitu uji termal, *tensile strength*, *elongation at break* dan uji biodegradabilitas.

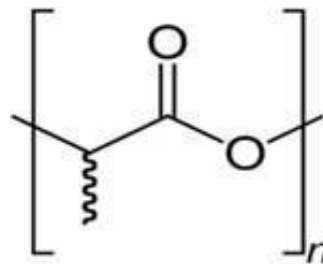
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Poli Asam Laktat (PLA)

Poli-asam laktat (PLA) adalah polimer yang bersifat *biodegradable*, *biocompatible*, nonkarsinogenik, tidak beracun bagi tubuh manusia dan dapat diproduksi dari bahan – bahan terbarukan seperti asam laktat sehingga baik digunakan dalam industri pengemasan makanan (Lasprilla et al., 2012). PLA memiliki kekurangan dalam pengaplikasiannya karena memiliki sifat yang mudah rapuh, getas, hidrofobik dan *elongation at break* kurang dari 10%, sehingga pada kondisi proses kurang maksimal (Zuo et al., 2014). PLA dalam aplikasi kemasan makanan harus mempunyai elastisitas yang tinggi pada temperatur ruang, transparan dan kristalinitas yang rendah (El-Hadi, Ahmed M., 2017).

PLA memiliki rumus kimia $(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_n$ yaitu suatu polimer yang bersifat thermoplastic, biodegradable dan berasal dari sumber daya terbarukan yaitu tanaman tebu atau pati jagung. PLA sudah diketahui sejak lama, tetapi pembuatan secara komersial baru dilakukan di beberapa tahun terakhir dengan kelebihan yaitu mampu terdegradasi secara biologi.



Gambar 2. 1 Rumus Struktur PLA

PLA bersifat termoplastik yaitu mudah dibentuk oleh pemanasan sehingga PLA merupakan plastik biodegradable yang paling baik dibandingkan dengan jenis plastik lainnya. Selain itu PLA dapat digunakan dalam pengemasan makanan tanpa terjadi degradasi karena suhu transisi kacanya (T_g) sekitar 60°C . PLA juga

kuat akan pelarut dan berperan menjadi penahan (barrier) migrasi flavor atau plastik konvensional contohnya yaitu plastik polietilena tereftalat (PET) yang biasa digunakan untuk kemasan makanan dan minuman ringan.

PLA terdiri dari monomer – monomer asam laktat yang dicampurkan secara langsung maupun tidak langsung dengan penyusunan laktida (dimer asam laktat). Asam laktat merupakan senyawa asam hidroksi yang paling sederhana yang berasal dari hasil fermentasi karbohidrat oleh bakteri yaitu asam D -laktat dan asam L-laktat. PLA memiliki sifat kuat, tahan panas, dan elastis (Auras, 2002). PLA yang berada di pasaran berasal dari proses fermentasi karbohidrat atau berasal dari proses polimerisasi kondensasi dan kondensasi azeotropik (Auras, 2002). PLA mampu terdegradasi di tanah dalam kondisi aerob atau anaerob dengan waktu enam bulan hingga lima tahun (Auras, 2002).

PLA memadukan sifat – sifat terpilih dari bahan buatan dan bahan alami. Karena PLA berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui dan terdegradasi sepenuhnya serta memiliki sifat seperti plastik konvensional yaitu harga murah, kuat dan elastis. PLA mempunyai permeabilitas uap air yang kecil sehingga baik untuk dijadikan kemasan. PLA juga baik untuk diaplikasikan dalam pangan yang berbentuk cair karena mempunyai laju transmisi oksigen (udara) lebih tinggi dan dapat dipakai untuk kemasan makanan dingin karena memiliki suhu perubahan yaitu 50-60°C.

2.2 Aplikasi PLA

PLA memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai alternatif dari plastik konvensional. PLA memiliki sifat termoplastik serta modulus polimer dan kekuatan tarik yang tinggi. Bobot molekulnya sebesar 100.000 sampai 500.000 serta titik lelehnya sebesar 175-200°C (Oota, 1997). PLA biasa digunakan sebagai pengganti plastik yang memiliki harga dan densitas tinggi contohnya yaitu selofan film, PVC lentur dan PET. PLA memiliki kelebihan dibandingkan dengan PP dan HIPS yaitu ramah lingkungan sedangkan PP dan HIPS merupakan bahan plastic yang tersusun dari minyak bumi yang apabila dibakar akan berakibat pada efek pemanasan global (Syah Johan, 2008).

Kekurangan PLA yaitu memiliki densitas dan polaritas yang lebih tinggi

(1.25 g/cc) dibanding PP dan PS sehingga susah untuk disatukan dengan PE dan PP yang non polar dalam sistem blend film. PP dan HIPS memiliki densitas sebesar 0.9 g/cc dan 1.05 g/cc serta harga masing – masing yaitu 0.7 usd/kg dan 1 usd/kg. Selain itu PLA juga memiliki gas barrier, ketahanan panas dan moisture yang kurang baik dibandingkan PET.

Kelebihan PLA dibanding dengan plastik berasal dari minyak bumi menurut Botelho (2004) yaitu:

1. *Biodegradable*, yaitu PLA mampu terdegradasi secara biologi dalam lingkungan dengan bantuan mikroorganisme.
2. *Biocompatible*, yaitu ketika PLA dalam kondisi normal mampu diterima oleh sel atau jaringan biologi.
3. Berasal dari sumber daya yang bisa diperbaharui.
4. *Recyclable*, yaitu PLA 100% dapat di recycle melalui proses hidrolisis asam laktat untuk digunakan kembali dalam proses atau dapat digunakan untuk proses produk lain.
5. Tidak memakai pelarut organik yang memiliki sifat beracun dalam proses produksinya.

PLA sudah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti dalam bidang pengemasan makanan, medis, atau tekstil. Pada bidang medis biasanya PLA diaplikasikan untuk benang jahit dalam proses operasi dan bahan untuk pembungkus kapsul. PLA juga biasa diaplikasikan untuk proses produksi kantong plastik (retail bags), container serta blend film pada buah atau sayuran. Pada blend film biasa diaplikasikan untuk pengemas makanan atau minuman seperti susu, roti, dan daging. Selain itu PLA diaplikasikan untuk pembuatan produk seperti cangkir atau botol yang sekali pakai dalam minuman yaitu susu, air atau jus. PLA juga digunakan untuk produksi piring, nampan, mangkok, tas atau film pertanian. Dalam bidang tekstil PLA digunakan dalam pembuatan tas atau kaos. Di Jepang, PLA bahkan sudah diaplikasikan untuk bahan dasar produksi compact disc (CD) oleh Sanyo.

2.3 Sifat Fisik dan Mekanik PLA

PLA bersifat termoplastik, kuat dan memiliki modulus polimer yang tinggi serta bobot molekul sebesar 100.000 Da sampai 300.000 Da. Titik lelehnya yaitu 130°C hingga 215°C (Auras, 2002). Sifat PLA seperti bobot molekul tergantung pada kemurnian optis monomer asam laktat pada pembentukan PLA. PLA dengan bobot molekul tinggi, dibutuhkan asam laktat dengan kemurnian optis tinggi sehingga menghasilkan laktida dengan kemurnian optis tinggi (Yamaguchi & Tomohiro 1996). PLA dengan bobot molekul tinggi bersifat kaku dan transparan (Garlotta, 2002). Sifat fisik dan mekanik lainnya dari PLA terdapat pada Tabel 2.1 dan 2.2

Tabel 2. 1 Sifat Fisik PLA

| Sifat | PLA |
|--|-------------------|
| Bobot Molekul (Da) | 100.000 – 300.000 |
| Suhu Peralihan Gelas (Tg, °C) | 55 – 70 |
| Suhu Leleh (°C) | 130 – 215 |
| Kristalinitas (%) | 10 – 40 |
| Energi Permukaan (dynes) | 38 |
| Parameter Kelarutan ($J^{0,5}cm^{-1,5}$) | 19 – 20,5 |
| Panas Peleburan (Jg^{-1}) | 8,1 – 93,1 |
| Specific Gravity | 1,25 |
| Kisaran Index Lelehan (g/10menit) | 2 – 20 |

Sumber: Auras (2002)

Tabel 2. 2 Sifat Mekanik PLA

| Sifat | PLA |
|------------------------|---------|
| Kekuatan Akhir (MPa) | 70 |
| Kekuatan Tarik (MPa) | 66 |
| Elongasi (%) | 10 – 20 |
| Kekuatan Fleksur (MPa) | 119 |

Sumber: Auras (2002)

Menurut Sodegard (2002), sifat kelarutan PLA bergantung pada kristalinitas, bobot molekul dan monomer lainnya yang terdapat dalam polimer. PLA dapat terlarut dalam sejumlah pelarut organik seperti etil laktat, aseton, xylene, piridin, tetrahidrofuran, dimetilsulfoksida, metil etil keton, N,N-dimetilformamida dan etil asetat. PLA tidak larut dalam air, alkohol (methanol, etanol, propilen glikol) dan hidrokarbon substitusi (heksana dan heptana).

PLA memiliki sifat fisik dan kimia yaitu rapuh, larut dalam benzene, dioxane, kloroform, acetonitrile, tetrahydrofuran (THF), tetapi tidak larut dalam etanol, methanol dan aliphatic hidrokarbon. PLA memiliki titik leleh antara 175-200oC dan temperatur glass 50-60oC sedangkan elongation at break dari PLA sebesar 10-20% dan breaking strength sebesar 4.0-5.0(g/hari) (Xiao, Wang, Yang, & Gauthier).

2.4 Pati

Pati adalah polimer alam yang mempunyai kelebihan yaitu berasal dari sumber terbarukan (*renewable*), mudah terdegradasi karena memiliki sifat yang hidrofilik, harganya murah dan ketersediaannya cukup berlimpah di Indonesia. Pada pati terdapat dua fraksi yang bisa dipisahkan oleh air panas. Fraksi tidak larut yaitu amilopektin dan fraksi terlarut yaitu amilosa. Amilosa memiliki struktur yaitu lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa sedangkan amilopektin memiliki struktur yang bercabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan titik percabangannya adalah ikatan α -(1,6). Amilosa dan amilopektin memiliki berat molekul hingga 500.000 (Hui, 2006).

Menurut Taggart (2004), amilosa dapat membuat kristal melalui interaksi molekular yang terjadi di gugus hidroksil molekul amilosa karena memiliki struktur rantai polimer yang sederhana. Proses pembentukan ikatan hidrogen lebih sederhana terjadi di amilosa dibandingkan di amilopektin. Pati singkong adalah biopolimer yang keberadaannya mudah untuk dicari dan memiliki sifat hidrofilik sehingga dapat terurai dengan mudah. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan blend film dengan sifat mekanik berupa tensile strength dan elongation at break yang lebih baik, salah satu caranya yaitu dengan memodifikasi PLA dengan pati singkong menggunakan metode blending.

PLA dan pati merupakan polimer biodegradable yang berasal dari sumber terbarukan. Pati yang merupakan polimer hidrofilik baik digunakan sebagai filler untuk plastik ramah lingkungan. Blending PLA dengan pati merupakan cara yang tepat, karena pati merupakan biomaterial melimpah dan murah dan PLA bersifat biodegradable dengan kekuatan mekanis yang tinggi (Zuo et al., 2014). Pati dalam hal ini digunakan untuk meningkatkan laju degradasi PLA, kelenturan, dan hidrofilisitas. Polimer hasil blend PLA dengan pati menghasilkan kekuatan mekanik lebih besar dan deformasi lebih rendah dari PLA biasa dan dapat diproduksi dengan solution blending dan melting blending (Zuo et al., 2014). Blending PLA dengan pati akan meningkatkan karakteristik mekanik pada polimer blend yang ditunjukkan oleh penurunan nilai tensile strength serta peningkatan nilai elongation at break sehingga polimer ini memiliki daya regang lebih besar dibanding PLA biasa (Yu et al., 2006).

Blending PLA dengan pati mendapatkan plastik biodegradable dengan sifat mekanik rendah. Penambahan plasticizer dapat meningkatkan perpanjangan putus (elongation at break), swelling serta tensile strength atau kekuatan tarik (Bourtoom, 2007). Adapula penggunaan pati dengan plasticizer dapat mendapatkan plastik *biodegradable* dengan sifat mekanik yang terbaik.

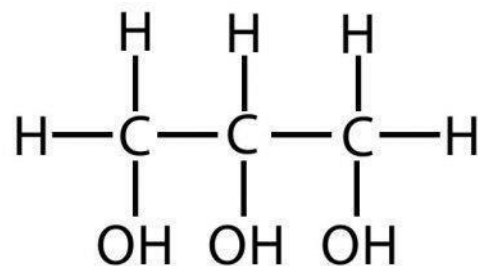
Plasticizer yang ditambahkan akan berpengaruh untuk meningkatkan sifat kelenturan dari plastik *biodegradable*. Hal ini disebabkan karena ikatan molekul antara pati dengan *plasticizer* yang terjadi semakin banyak. Selain itu, plastik dapat terurai dalam kurun waktu 20 hari dengan penggunaan gelatin dari hewan sebesar 2% yang dipadukan dengan kitosan 2% dan pati sebesar 3%. Hal ini diketahui mampu meningkatkan sifat mekanik dan biodegradabilitas plastik (Nadiah, 2010). Penambahan serbuk gelatin sebesar 15 gram pada pati sagu menghasilkan tingkat biodegradabilitas tertinggi namun sifat mekaniknya yang rendah. Sifat mekanik plastik biodegradable mampu meningkat dengan adanya penambahan pemlastis kitosan dan gelatin.

2.5 *Plasticizer*

Plasticizer yaitu bahan organik yang dicampurkan ke bahan penyusun film yang dapat menambahkan elastisitas dan juga menyusutkan kekakuan polimer plastik biodegradable (Anita et al, 2013). Pengaruh dari penambahan *plasticizer* yaitu semakin banyak *plasticizer* yang digunakan maka fleksibilitas polimer pun akan meningkat, akan tetapi jika penambahannya terlalu banyak maka akan mengakibatkan sifat soft and weak pada plastik biodegradable (Saputro et al, 2015). Meningkatnya fleksibilitas karena penambahan *plasticizer*, maka hal ini dapat menurunkan gaya intermolekuler sehingga ketika film nya dibengkokkan tidak akan patah melainkan akan bersifat lentur (Garcia et al. dalam Rodriguez et al. 2006). Menurut Damat (2008), yang dapat mempengaruhi sifat fisik blend film yaitu bahan dan konsentrasi serta jenis *plasticizer*.

Gliserol ($C_3H_8O_3$) merupakan senyawa golongan alkohol polihidrat dengan tiga buah gugus hidroksil dalam satu molekul, bersifat polar dan kental (*viscous*). Sifatnya yang aman dan tidak beracun menjadikan *plasticizer* jenis gliserol banyak digunakan. Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* diketahui lebih efektif, karena dapat mempengaruhi karakteristik dari biodegradable film seperti berkurangnya kerapuhan, meningkatnya fleksibilitas dan juga dapat meningkatkan ketahanan film (Hidayati et al, 2015). *Plasticizer* gliserol berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hydrogen dan meningkatkan jarak antara molekul dari polimer. Semakin banyak penggunaan *plasticizer* maka akan meningkatkan kelarutan terutama yang bersifat hidrofilik.

Gliserol memberikan kelarutan yang tinggi dibandingkan sorbitol pada pembuatan bioplastik berbasis pati (Buortoom, 2007).



Gambar 2. 2 Struktur Kimia Gliserol

Sifat-sifat Gliserol yaitu:

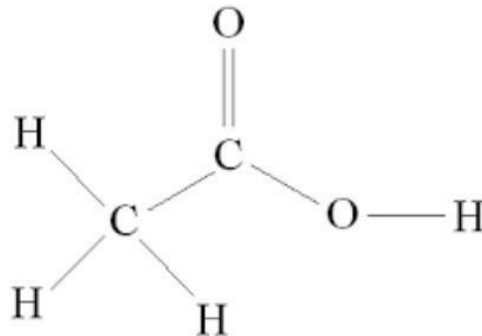
1. Tidak berbau, berwarna bening dan rasanya manis
2. Mudah larut dalam air
3. Sedikit larut dalam banyak pelarut umum seperti eter dan dioksan
4. Tidak dapat larut pada hidrokarbon (Perry, 1950)

Berdasarkan hasil dari penelitian Perdana (2016) menyatakan bahwa penggunaan plasticizer jenis gliserol lebih baik dibandingkan dengan sorbitol karena menghasilkan nilai yang lebih tinggi pada tensile strength dan elongation at break. Penggunaan gliserol tidak hanya digunakan sebagai plasticizer pada blend film, gliserol juga aman untuk dikonsumsi karena dapat digunakan pada produk obat untuk mengatasi konstipasi, batuk, dan kulit kering. Menurut penelitian Samsul Aripin,dkk (2017) Studi Pembuatan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan *Plasticizer* menggunakan gliserol dengan konsentrasi sebesar 0,5% dan hasil yang terbaik untuk tensile strength menunjukkan angka 19,23 MPa, sedangkan nilai elongasi terbaik diperoleh dari variasi gliserol 1,5% yaitu sebesar 39,16%. Jika menggunakan gliserol dengan konsentrasi yang terlalu tinggi pada pembuatan blend film, maka dapat mengakibatkan menurunnya tensile strength dan meningkatnya ketebalan pada blend film

2.6 Compatibilizer

Compatibilizer diperlukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara bahan alami yang bersifat hidrofilik dan bahan sintesis yang bersifat hidrofobik dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Penambahan *compatibilizer* diharapkan dapat meningkatkan homogenitas larutan campuran. Fungsi lain dari *compatibilizer* dalam campuran polimer adalah memperbaiki adhesivitas antar fasa (Stevens, 2007). Bentuk murni dari asam asetat ialah asam asetat glasial. Asam asetat glasial mempunyai ciri-ciri tidak berwarna, mudah terbakar (titik beku 17°C dan titik didih 118°C) dengan bau menyengat, dapat bercampur dengan air dan banyak pelarut organik. Dalam bentuk cair atau uap, asam asetat glasial

sangat korosi terhadap kulit dan jaringan lain suatu molekul asam asetat mengandung gugus – OH dan dengan sendirinya dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air. Karena adanya ikatan hidrogen ini, maka asam asetat yang mengandung atom karbon satu sampai empat dan dapat bercampur dengan air (Hewitt, 2003).



Gambar 2. 3 Stuktur molekul Asam Asetat Glisial

Sifat asam asetat adalah berbentuk cairan jernih, tidak bewarna, berbau menyengat, berasa asam, memiliki titik beku $16,6^{\circ}\text{C}$, titik didih $118,1^{\circ}\text{C}$ dan larut dalam alkohol, air dan eter. Asam asetat tidak larut dalam karbon disulfida. Asam asetat mudah menguap diudara terbuka, mudah terbakar dan dapat menyebabkan korosi pada logam. Asam asetat adalah pelarut protik hidrofilik (polar), mirip seperti air dan etanol. Asam asetat bercampur dengan mudah dengan pelarut polar 10 atau nonpolar lainnya seperti air, kloroform dan heksana (Hart, 2003).

2.7 *Blending*

Blending adalah cara untuk mengubah suatu polimer yang bersifat brittle (getas) sehingga memiliki sifat lentur (ductility). Polimer blending diketahui yaitu cara efektif dan sederhana karena dapat meningkatkan bahan baru yang disesuaikan propertinya tanpa mensintesis polimer baru (Peesan et al., 2005). Sifat-sifat polimer yang berbeda (biodegradable dan non-biodegradable) dapat dikombinasikan dengan memadukan dengan PLA, atau bahkan properti baru dapat timbul dalam produk karena interaksi antara komponen. Komponen

biodegradable yang dapat dicampur dengan PLA adalah polietilena glikol (PEG), poli(-hydroxybutyrate) (PHB), poli(-caprolactone) (PCL), poli butilena adipat-coterephthalate) (PBAT), kitosan dan pati (Sheth et al., 1997).

Meningkatnya sifat mekanik blend film yaitu tensile strength, elongation at break dan laju degradasi PLA karena adanya pengaruh modifikasi PLA blending dengan polimer lain. Polimer yang umumnya dipadukan dengan PLA diantaranya adalah polietilen glikol (PEG), polihydroxybutyrate (PHB), policaprolactone (PCL), polibutilena adipat-coterephthalate (PBAT), kitosan dan pati (El-Hadi, Ahmed M., 2017). Penentuan polimer blending harus tepat karena dapat mempengaruhi perubahan properti PLA saat pemrosesan polimer yang berhubungan dengan stabilitas termal dan mekanik.

Berdasarkan hasil penelitian Afifah (2015) menunjukkan bahwa semakin bertambahnya volume gliserol maka akan menghasilkan nilai kuat tarik dari blend film tersebut menurun. Dapat dilihat dari blend film yang berasal dari pati kentang dan berat pati 10 g dengan bertambahnya volume gliserol sebesar 0 ml, 1 ml, 2 ml dan 3 ml menghasilkan tensile strength yang menurun terjadi seiring dengan penambahan gliserol tersebut sebesar 9,397 MPa, 3,513 MPa, 3,329 MPa dan 2,753 MPa.

2.8 Blend film

Blend film yaitu selaput atau lapisan tipis yang mempunyai fungsi untuk pembungkus atau pengemas makanan yang juga bisa di konsumsi bersamaan dengan produk yang dibungkus (Guilbert and Biquet, 1990). Menurut Robertson (1992), fungsi blend film tidak hanya untuk memperpanjang umur simpan, melainkan dapat juga berguna untuk pembawa komponen di makanan contohnya seperti mineral, vitamin, pengawet dan bahan – bahan lainnya yang berfungsi untuk menyempurnakan rasa serta warna pada produk yang dibungkus.

Selain itu, untuk membuat blend film menggunakan bahan – bahan yang relatif murah, teknologi pembuatannya sederhana dan juga mudah teruraikan (*biodegradable*). Contoh pengaplikasian dari blend film yaitu untuk kemasan sosis, permen atau sup kering (Susanto dan Saneto, 1994). Pati yaitu bahan baku jenis polisakarida yang berfungsi sebagai pembentukan blend film yang akan

menghasilkan sifat fisik menyerupai plastik konvensional seperti plastik tidak memiliki rasa, tidak memiliki warna dan tidak memiliki bau (Lourdin et al. dalam Thirathumthavorn and Charoenrein 2007).

Pati merupakan senyawa yang terdiri dari dua penyusun, yaitu amilopektin dan amilosa. Menurut Guilbert dan Biquet (1996), amilopektin akan mempengaruhi kestabilan pada blend film, sedangkan amilosa akan mempengaruhi kekompakannya. Blend film yang lentur serta kuat dihasilkan dari pati dengan kadar amilosa yang tinggi (Lourdin et al. dalam Thirathumthavorn and Charoenrein 2007), sebab memiliki struktur amilosa yang kemungkinan akan terbentuknya ikatan hidrogen yang bisa memikat air hingga membentuk gel kuat selama proses pemanasan (Meyer dalam Purwitasari 2001). Namun blend film yang berbahan baku dari pati masih terdapat kekurangan yaitu relatif mudah robek (getas), tetapi hal itu dapat diatasi dengan ditambahkan plasticizer sehingga menghasilkan blend film yang lebih fleksibilitas.

Plasticizer dengan berat molekul rendah sangat dibutuhkan blend film agar dapat menaikkan nilai fleksibilitas, kelenturan serta kekuatannya, dengan menghentikan hubungan pada rantai polimer serta menurunkan temperature transisi kaca (Brody, 2005).

Menurut Baldwin (1994) dan Wong et al. (1994) sifat – sifat yang harus dimiliki pada bahan blend film secara teoritis yaitu :

1. Mempunyai permeabilitas selektif terhadap gas tertentu.
2. Menghambat hilangnya air pada bahan pangan.
3. Mengontrol perpindahan padatan terlarut yang berfungsi menjaga kualitas pada bahan pangan itu sendiri.
4. Menjadi bahan pembawa komponen seperti pewarna, pengawet, memperbaiki rasa dan warna pada bahan pangan yang dikemas.

2.9 Sifat Fisik dan Kimia Blend film

a) Ketebalan film

McHugh dan Krochta (1994) menyatakan bahwa sifat – sifat pada blend film sangat dipengaruhi oleh ketebalan misalnya water vapor transmission rate (WVTR), tensile strength dan elongation. Pada larutan pembentuk blend film

memiliki konsentrasi padatan terlarut dan pada pencetak terdapat ukuran pelat merupakan faktor – faktor yang bisa mempengaruhi ketebalan blend film. Apabila konsentrasi padatan terlarutnya semakin besar maka ketebalan blend film pun semakin besar juga. Pada kemasan, blend film yang semakin tebal maka kemampuan pada penahanannya pun semakin tinggi, hal ini diketahui umur simpan produk menjadi semakin lama.

b) Tensile strength

Tensile Strength merupakan ukuran yang menggambarkan kekuatan plastik biodegradable. Tensile strength merupakan maksimumnya tarikan yang bisa diperoleh hingga film tersebut putus atau robek (Krochta and Mulder-johnston, 1997). Tujuan dari uji tensile strength yaitu agar dapat mendapatkan nilai gaya yang diberikan demi mencapai tarikan maksimum untuk luas area film. Jenis dan bahan merupakan faktor yang mempengaruhi sifat tensile strength pada blend film.

c) Daya larut

Daya larut adalah sifat fisik dari blend film yang memperlihatkan besarnya persentase berat kering terlarut sesudah dimasukkan ke air hingga 1 hari penuh (Gontard et al, 1993). Daya larut dari blend film bergantung pada bahan yang dipakai dalam penyusunan blend film. Pada blend film yang berasal dari pati, semakin lemah ikatan pada hidroksil pati maka kelarutan film akan semakin tinggi. Daya larut tinggi pada blend film menunjukkan bahwa film dapat digunakan dengan mudah.

d) Biodegradasi

Menurut Kaplan et al. (1994), biodegradasi merupakan proses dimana rantai polimer diputus dan terurai nya bahan organik oleh organisme hidup contohnya jamur atau bakteri (melalui aktivitas enzimatis). Proses biodegradasi terdiri dua proses yaitu depolimerisasi (pemutusan rantai) dan mineralisasi. Pada proses depolimerisasi, enzim ekstraseluler berfungsi sebagai pemutusan acak pada ikatan rantai yang berurutan dari ujung rantai polimer tersebut. Proses selanjutnya yaitu mineralisasi, yaitu proses pengubahan fragmen oligomer menjadi lebih sederhana yaitu mineral dan garam, biomassa, gas seperti CH₄, N₂, dan CO₂ serta

air. Pada penelitian ini menghasilkan bioplastik, yaitu polimer yang mampu terdegradasi secara alami di lingkungan.

BAB III

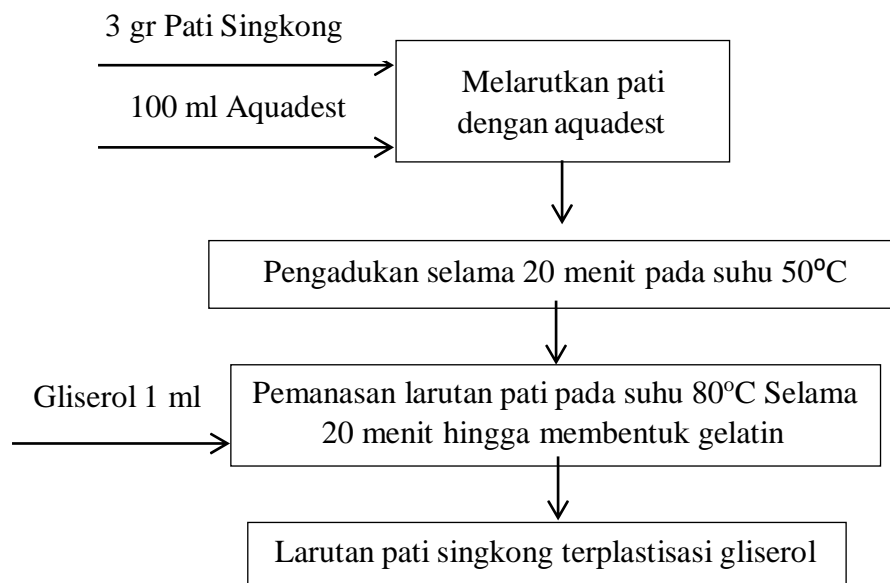
METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol, pembuatan blend film PLA-pati dan karakterisasi blend film. Adapun masing – masing tahapan diuraikan pada sub-bab berikut ini.

Tahap Pembuatan Larutan Pati terplastisasi Gliserol

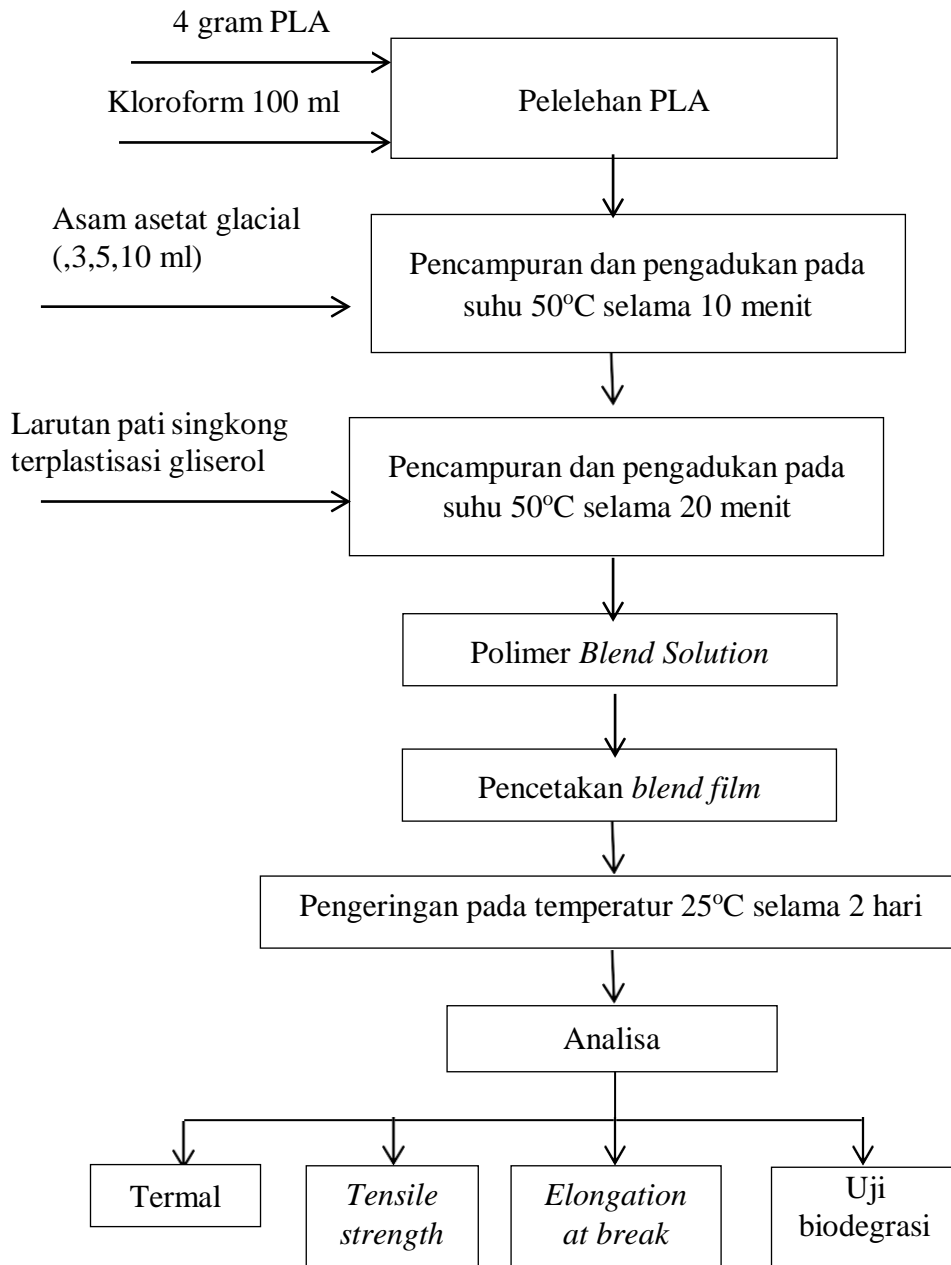
Tahap pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol, didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilaporkan oleh Kanani dkk., (2017) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram alir tahap pembuatan larutan pati terplastisasi Gliserol

Tahap Pembuatan Polimer Blend PLA / Pati

Berikut ini merupakan diagram alir tahap pembuatan polimer *blend* PLA/Pati:



Gambar 3. 2 Diagram alir tahap pembuatan polimer *blend* PLA/Pati

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terbagi menjadi dua tahap yaitu tahap pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol dan tahap pembuatan polimer blend PLA/pati.

Tahap Pembuatan Larutan Pati terplastisasi Gliserol

Pada tahap ini dilakukan preparasi pati singkong dengan jumlah 3 gr dilarutkan dengan 100 ml aquadest didalam gelas beker. Campuran larutan pati singkong yang diperoleh diaduk selama 20 menit pada suhu 50°C. Kemudian, ditambahkan gliserol sebanyak 1 ml. Selanjutnya, campuran dipanaskan pada temperatur temperatur 80°C selama 20 menit hingga membentuk gelatin.

Tahap Pembuatan Polimer Blend PLA/Pati

Pada tahap pembuatan polimer blend PLA dilakukan dengan melelehkan 4 gr PLA menggunakan 100 ml kloroform dalam temperature kamar. Kemudian ditambahkan asam asetat glasial sebagai compatibilizer sebanyak 1, 3, 5 dan 10 ml serta tambahkan pati terplastisasi gliserol. Selanjutnya, campuran diaduk pada suhu 50°C selama 20 menit hingga membentuk larutan polimer blend. Larutan polimer blend dicetak pada plate kaca dengan ukuran tertentu 15x15x2 cm³. Kemudian dilakukan proses pengeringan pada temperatur ruangan (25°C) selama 2 hari. Blend film yang dihasilkan kemudian dianalisa termal, *tensile strength*, *elongation at break* dan uji biodegradasi.

3.3 Alat dan Bahan

Alat

Adapun alat – alat yang digunakan saat penelitian yaitu:

- a. *Autograph*
- b. *Differential Scanning Calorimetry*
- c. Gelas Beker
- d. Gelas Ukur
- e. *Hotplate*
- f. *Magnetic Stirrer*
- g. Neraca analitik
- h. Pipet tetes
- i. *Plate kaca*
- j. Termometer

Bahan

Adapun bahan – bahan yang digunakan saat penelitian yaitu:

- k. Aquadest
- l. Asam Asetat Glasial dari PT. Kimia Raya
- m. Kloroform (p.a) dari PT. Merck Indonesia
- n. Pati Singkong dari PT. Budi Acid Jaya Tbk
- o. Poli Asam Laktat komersil dari *Amerika Nature Works*
- p. Gliserol dari PT. Citra Sari Kimia

3.4 Variabel Penelitian

Pada percobaan ini terdapat 2 variabel yaitu variabel tetap dan berubah. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah konsentrasi larutan pati 3% (w/v) dan gliserol 1 ml. Variabel berubahnya yaitu volume asam asetat glasial sebanyak 1, 3, 5 dan 10 ml.

3.5 Metode Pengumpulan dan Analisa Data

Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji termal, *tensile strength*, *elongation at break*, dan ketahanan air.

Uji Termal

Pada uji termal dilakukan dengan alat Differential Scanning Calorimetry (DSC). Sampel ditimbang dan dipanaskan dari temperatur 20°C sampai 250°C dengan laju pemanasan 10°C per menit dimana pada temperatur 250°C ditahan selama 5 menit, kemudian temperatur diturunkan hingga 20°C dengan laju penurunan panas 10°C per menit dan pada temperatur 20°C ditahan selama 3 menit, selanjutnya temperature dinaikkan kembali hingga 250°C. Analisa dilakukan dengan menaikkan suhu sampel secara bertahap dan menentukan berat terhadap temperatur. Suhu dalam metode pengujian mencapai 250°C. Perubahan berat akibat proses pemanasan dapat ditentukan langsung dari termogram yang diperoleh. Setelah data diperoleh dapat diketahui nilai DSC nya yang dilihat dari puncak dekomposisinya.

Uji Tensile Strength

Kedua sisi *blend film* dijepit dengan alat uji tarik, kemudian alat dijalankan hingga *blend film* putus. Pengujian kuat tarik *blend film* akan diperoleh dengan rumus:

$$\text{Tensile Strength (MPa)} = \frac{\text{Gaya maksimum}}{\text{Luas permukaan maksimum}}$$

Uji Elongation at break

Blend film dibentuk menggunakan cetakan tertentu dengan ukuran yang seragam, yaitu panjang 7 cm dan lebar 0,5 cm. Uji tarik dilakukan dengan alat *autograph* pada kecepatan tarik 1 mm/detik. *Blend film* diletakkan pada alat analisa dengan di amati panjang awalnya kemudian alat dijalankan hingga *blend film* putus. Pengujian kuat tarik *elongation at break* akan diperoleh dengan rumus:

$$\text{Elongation at break (\%)} = \frac{\Delta l}{L_0} \times 100\%$$

Uji Biodegradasi

Uji ini didasarkan pada metode yang dilakukan oleh Pimpan, dkk (2001). Plastik dipotong dengan ukuran 5 cm x 1 cm. Sampel dikubur dalam tanah selama ± 1 minggu (6 hari). Kemudian sampel ditimbang sampai diperoleh berat konstan. Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

Keterangan: W1 adalah berat sampel sebelum penguburan dan W2 adalah berat sampel setelah penguburan. Selanjutnya dihitung perkiraan lamanya terdegradasi dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{perkiraan waktu degradasi} = \frac{100\%}{\% \text{ kehilangan berat}} \times \text{waktu uji}$$

Waktu yang digunakan untuk uji biodegradabilitas ini adalah enam hari, maka:

$$\text{waktu degradasi} = \frac{100\%}{\% \text{ kehilangan berat}} \times 6 \text{ hari}$$

Laju degarabilitas dihitung dengan perhitungan berikut:

$$\text{Degrabilitas} = \frac{w_0 - w_1}{6 \text{ hari}}$$

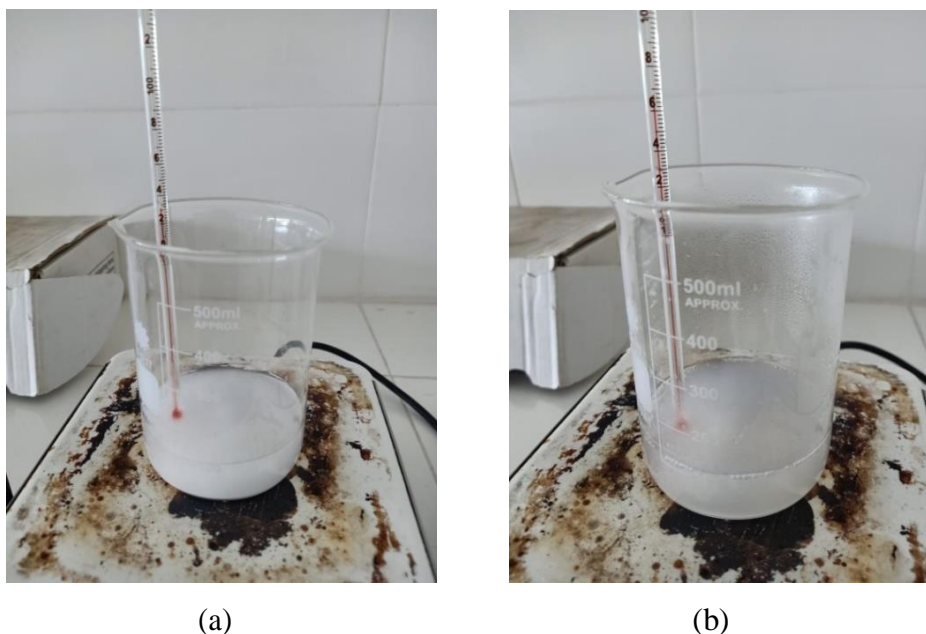
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan blend film dengan bahan dasar PLA dan pati singkong serta ditambahkan gliserol sebagai plasticizer dan asam asetat glasial sebagai compatibilizer. Fungsi penambahan gliserol adalah untuk meningkatkan sifat fleksibilitas pada plastik sedangkan fungsi asam asetat glasial adalah untuk meningkatkan kompatibilitas antara PLA dan pati, sehingga kedua komponen akan bercampur dengan homogen (Stevens, 2007). Blend film ini dihasilkan melalui beberapa tahap pembuatan yaitu pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol dan pembuatan polimer blend PLA/Pati.

4.1 Pembuatan Larutan Pati terplastisasi Gliserol

Pati terplastisasi gliserol merupakan hasil pencampuran antara tepung pati dan gliserol dengan proses pemanasan dan membentuk larutan kental seperti gelatin. Adapun hasil dari pada gelatinisasi pati terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 (a) Larutan Pati dengan Aquadest (b) Larutan Pati yang telah tergelatinasi.

4.2 Pembuatan Polimer *Blend* PLA-Pati

A. Pengaruh Penambahan Volume Asam Asetat Glasial terhadap Struktur Permukaan *Blend Film* secara Visual

Pada pembuatan *blend film* PLA-Pati, tahap awal yang dilakukan adalah melarutkan PLA dalam kloroform. PLA yang telah larut ditambahkan asam asetat glasial. Kemudian dicampur dengan larutan pati yang terplastisasi gliserol. Larutan yang dihasilkan dicetak pada plate kaca, seperti terlihat pada Gambar 4.2.



(a)

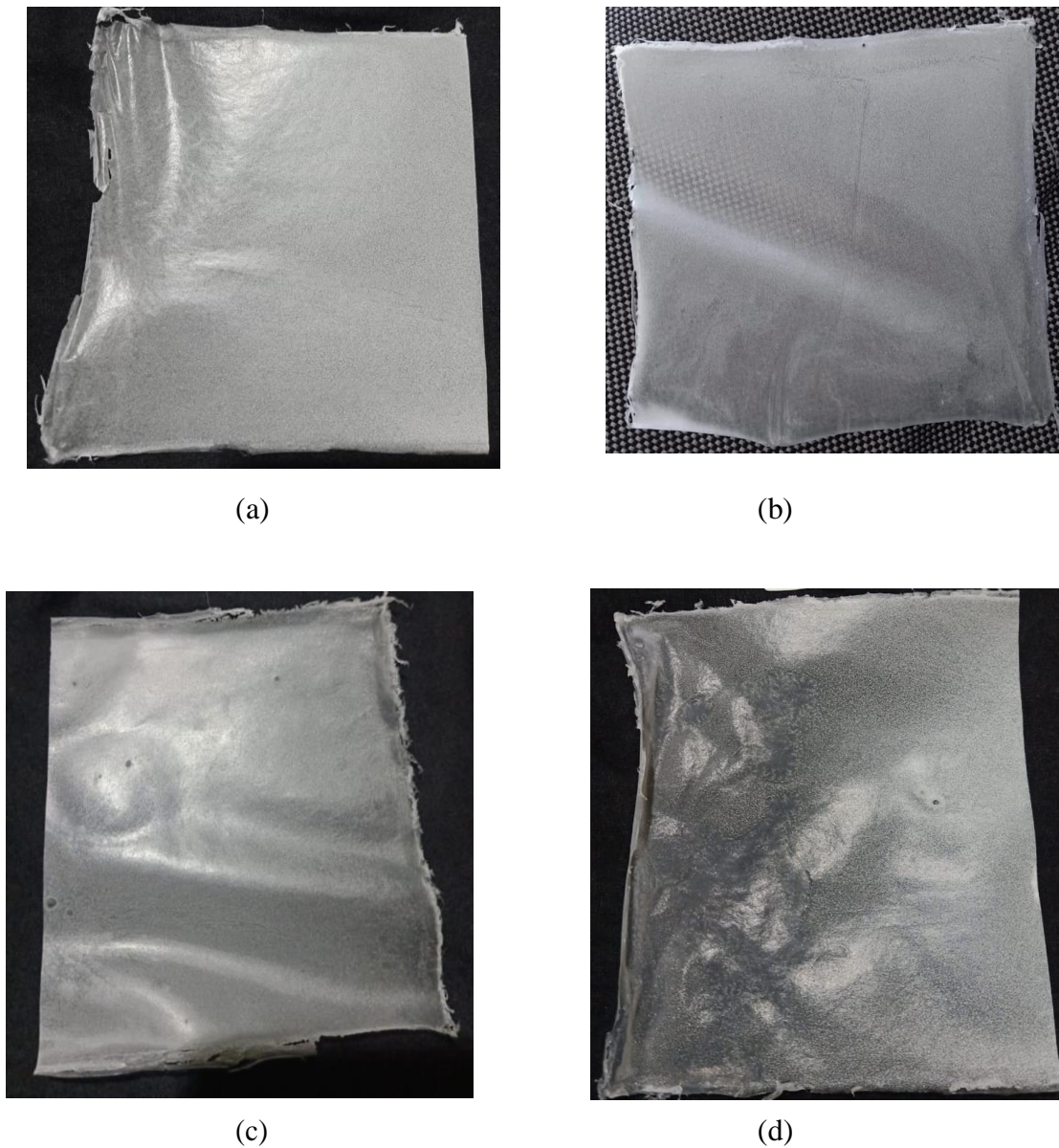


(b)

Gambar 4. 2 (a) Larutan Polimer *Blend* PLA/Pati

(b) Larutan Polimer *Blend* dicetak dalam Plate Kaca

Setelah dicetak dengan menggunakan plate kaca dan dikeringkan, selanjutnya *film* yang terbentuk dilepas dari plate kaca. *Blend film* yang dihasilkan dengan berbagai variasi penambahan volume asam asetat glasial ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 *Blend Film* dengan Penambahan Asam Asetat Glasial

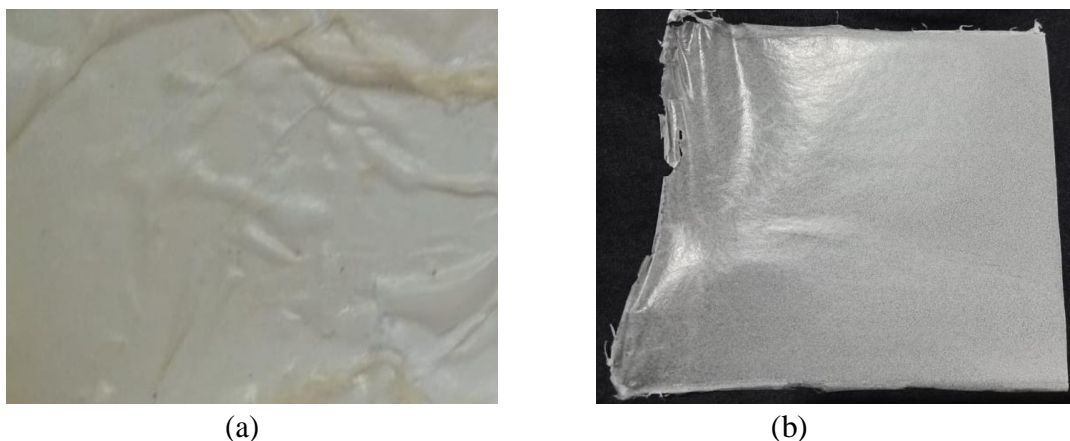
(a) 1 ml (b) 3 ml (c) 5 ml (d) 10 ml

Dari Gambar 4.3 terlihat bahwa *blend film* yang dihasilkan secara keseluruhan memiliki warna putih dan tekstur yang halus. Berdasarkan hasil pengamatan secara visual didapatkan bahwa pada penambahan asam asetat glasial 3 ml, menghasilkan permukaan struktur *blend film* yang lebih rapat dan lebih halus dibandingkan dengan penggunaan asam asetat glasial 3, 5 dan 10 ml. Pada Gambar 4.3 (c) dan (d) penambahan asam asetat glasial 5 ml dan 10 ml

menghasilkan struktur permukaan yang tidak homogen jika dibandingkan dengan penambahan asam asetat glasial 3 ml. Secara visual terlihat bahwa homogenitas dan permukaan blend film terbaik didapatkan pada penambahan 3 ml asam asetat glasial. Semakin banyak penambahan asam asetat glasial terlihat bahwa *blend film* yang dihasilkan semakin homogen, tetapi apabila penggunaannya sudah melewati nilai optimum maka *compatibilizer* tersebut tidak dapat bekerja secara optimal lagi dan akan menghasilkan sebuah larutan yang kurang homogen. Hal ini disebabkan karena *compatibilizer* tersebut sudah mencapai titik kritis, yang apabila sudah melewati titik kritis maka kinerja *compatibilizer* tersebut akan menurun.

Fungsi asam asetat glasial sebagai *compatibilizer* dapat meningkatkan kompatibilitas antara bahan alami yang bersifat hidrofilik (pati) dan bahan sintesis yang bersifat hidrofobik (PLA) dalam pembuatan *blend film* PLA-Pati. Fungsi lain dari *compatibilizer* yaitu menurunkan tegangan permukaan antara pati dan PLA, sehingga kedua komponen tersebut dapat bercampur dengan homogen (Waryat dkk, 2013). Penggunaan *compatibilizer* pada pembentukan *blend film* telah dikaji oleh Waryat dkk, 2013 menghasilkan *blend film* yang lebih kompatibel dan homogen. Pada penelitian Waryat dkk, 2013 juga menghasilkan *blend film* yang semakin homogen dengan penambahan *compatibilizer* sebanyak 5% dibandingkan dengan penambahan *compatibilizer* sebanyak 2,5%, tetapi pada penambahan *compatibilizer* sebanyak 7,5% menghasilkan *blend film* yang kurang homogen. Hal ini disebabkan karena monomer – monomer dari *compatibilizer* tidak berikatan atau berinteraksi (Wang et al. 2002).

Bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu tanpa menggunakan *compatibilizer* yang dilakukan oleh Rahmayetty dkk (2018) maka secara visual *blend film* yang dihasilkan pada penelitian ini menunjukkan permukaan yang lebih rata dan lebih homogen. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.

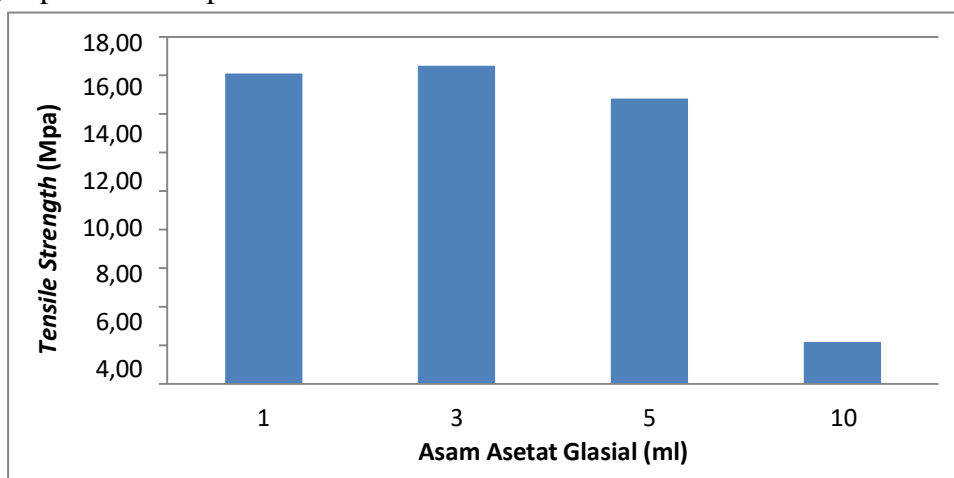


Gambar 4. 4 (a) *Blend Film* dari Penelitian Rahmayetty dkk (2018)
(b) *Blend Film* dari Penelitian ini

B. Pengaruh Penambahan Asam Asetat Glasial terhadap Sifat Mekanik *Blend Film*

a. Tensile Strength

Tensile strength merupakan gaya atau tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh sampel sebelum sampel itu putus saat diregangkan atau ditarik. *Tensile strength* juga merupakan salah satu parameter yang penting terhadap sifat mekanik dari *blend film*. Jumlah atom karbon dalam rantai dan jumlah gugus hidroksil yang terdapat pada molekul *plasticizer* (gliserol) akan mempengaruhi sifat mekanis (kekuatan tarik dan persentasi pemanjangan) suatu *blend film* (Qiu-Ping Zhong *et al.* 2008). Pada penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan asam asetat glasial terhadap *tensile strength* pada *blend film* PLA-pati, seperti terlihat pada Gambar 4.5.



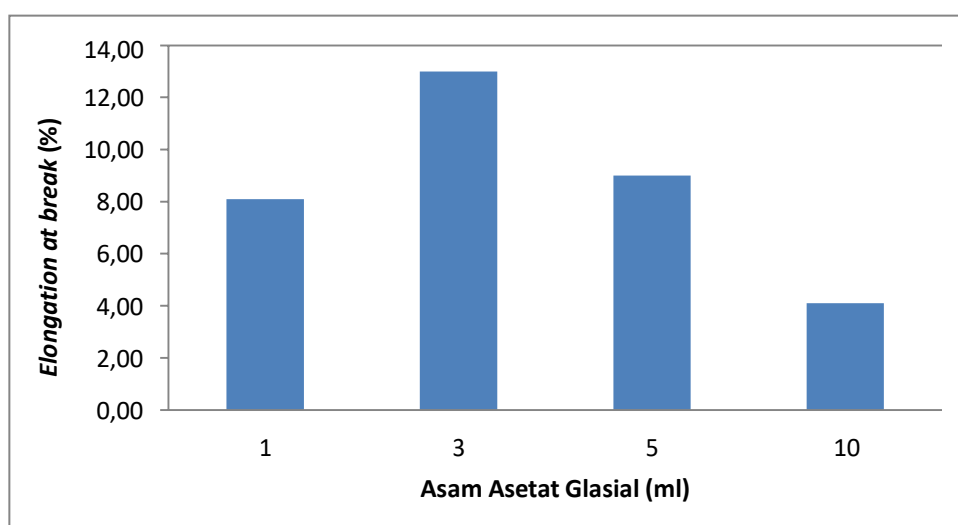
Gambar 4. 5 Diagram *Tensile Strength* pada *Blend Film*

Berdasarkan Gambar 4.5 didapatkan nilai tensile strength tertinggi yaitu 16,6 MPa pada penambahan 3 ml dan nilai terendah yaitu 2,17 MPa pada penambahan 10 ml. Nilai tensile strength pada blend film mengalami peningkatan dengan penambahan asam asetat glasial dari 1 ml ke 3 ml tetapi cenderung menurun dengan penambahan asam asetat glasial sebanyak 5 ml dan 10 ml. Hal ini disebabkan karena semakin banyak asam asetat glasial yang digunakan maka blend film yang dihasilkan semakin homogen dan dapat meningkatkan nilai tensile strength (Coniwanti dkk, 2014). Pada hasil penelitian ini didapatkan nilai optimum asam asetat glasial untuk homogenitas pada *blend film* adalah 3 ml. Oleh sebab itu, apabila asam asetat glasial yang digunakan melebihi nilai optimum nya maka *blend film* yang dihasilkan juga kurang homogen yang menyebabkan nilai *tensile strength* menurun. Hal ini disebabkan karena monomer–monomer dari *compatibilizer* tidak berikatan atau berinteraksi (Wang et al., 2002). Selain itu, menurunnya nilai *tensile strength* juga disebabkan karena distribusi gugus *compatibilizer* yang tidak merata sehingga terbentuknya perbedaan antar permukaan gugus polimer hidrofilik dan hidrofobik meskipun sudah dihubungkan oleh *compatibilizer* (Hasna, 2005). Hal ini sama seperti dengan penelitian yang dilaporkan oleh Waryat dkk (2013) dimana penambahan *compatibilizer* dapat menurunkan nilai *tensile strength*.

Bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan Rahmayetty, dkk (2018) blend film PLA-pati tanpa penambahan *compatibilizer* menghasilkan *tensile strength* sebesar 2,32 MPa, sedangkan pada penelitian ini dengan penambahan *compatibilizer* menghasilkan *tensile strength* tertinggi sebesar 16,6 MPa. Hal ini membuktikan dengan adanya penambahan asam asetat glasial sebagai *compatibilizer* dapat meningkatkan nilai *tensile strength* pada *blend film*. Kriteria nilai *tensile strength* golongan *Moderate Properties* yaitu 10-100 MPa (Purwanti, 2010), sedangkan menurut SNI *tensile strength* untuk *blend film* adalah 24,7 – 302 MPa. Dilihat dari nilai *tensile strength* yang dihasilkan dalam penelitian ini, maka blend film yang dihasilkan sudah dikategorikan sebagai plastik dengan sifat mekanik yang moderat tetapi belum sesuai dengan nilai kuat tarik berdasarkan SNI.

b. Uji Elongation at break

Elongation at break merupakan penambahan panjang maksimum dari blend film sebelum terputus saat ditambahkan beban. Sifat elastis dan lentur harus dimiliki blend film agar mendapatkan nilai elongasi terbaik. Pengujian elongasi dilakukan dengan membandingkan penambahan panjang saat sebelum dan sesudah ditambahkan beban untuk dilakukannya uji tarik. Hasil elongation at break dari blend film dengan variasi asam asetat glasial dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Diagram *Elongation at break* pada *Blend Film*

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat hasil elongasi tertinggi yaitu dengan nilai 13% pada penambahan asam asetat glasial 3 ml sedangkan nilai elongasi terendah diperoleh pada penambahan asam asetat glasial 10 ml yaitu sebesar 4,1%. Hal tersebut dikarenakan adanya pengaruh pemberian *compatibilizer* yang dapat meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan sifat kaku dari campuran PLA-Pati. Peningkatan kandungan *compatibilizer* menyebabkan campuran PLA-Pati lebih kompatibel dan fleksibel. Dari Gambar 4.6 juga menunjukkan bahwa dengan penambahan asam asetat yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya nilai elongasi. Penambahan asam asetat glasial melebihi 3 ml menyebabkan menurunnya nilai elongasi. Hal ini disebabkan karena pada penggunaan asam asetat glasial 5 dan 10 ml menghasilkan *blend film* dengan gaya adhesi antara

PLA-Pati yang lemah, sesuai dengan penelitian yang dilakukan Waryat dkk, (2013) bahwa penurunan pada nilai elongasi disebabkan lemahnya adhesivitas antara bahan campuran yang mengakibatkan komposit menjadi rapuh (*brittle*).

Hasil penelitian yang didapat, nilai elongasi tertinggi yaitu 13% dimana nilai elongasi ini masih dibawah 15% yang menunjukkan bahwa material tersebut masih rapuh (El Hadi et al, 2017). Golongan *moderate properties* untuk nilai elongasi yaitu 10 – 20 % (Purwanti, 2010), maka *blend film* yang diperoleh dari penelitian ini sudah termasuk golongan *moderate properties*.

C. Pengaruh Penambahan Asam Asetat Glasial terhadap Sifat Termal Blend Film

Analisis termal adalah pengukuran fisika suatu bahan terhadap perubahan suhu dan digunakan untuk mengetahui ketahanan dan kestabilan polimer terhadap panas (Waldi, 2007). Pengukuran analisis termal (titik leleh) dari *blend film* dapat menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). Analisa DSC bertujuan untuk melihat titik leleh dari sampel. Nilai titik leleh sangat diperlukan untuk menentukan kondisi proses dan aplikasi produk yang dihasilkan.

Pada analisa DSC, sampel yang digunakan adalah *blend film* PLA-Pati dengan penambahan asam asetat glasial yaitu 1 ml, 3 ml, 5 ml dan 10 ml. Berdasarkan analisa DSC diperoleh hasil titik leleh untuk *blend film* PLA-Pat dengan variasi asam asetat glasial 1 ml, 3 ml, 5 ml dan 10 ml adalah 101,9°C; 103,1°C; 93,9°C dan 91,5°C. Pada tahap ini diduga bahwa *blend film* melepas bahan volatil seperti air. Martinez-Camacho (2010) menyatakan bahwa peristiwa endotermik antara suhu 40°C-120°C berkaitan dengan terlepasnya komponen mudah menguap dan kelompok hidrofilik pada *blend film*. Hasil analisa DSC dari *blend film* PLA-Pati dengan variasi asam asetat glasial dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Analisa DSC *Blend Film*

| Asam Asetat Glasial | Titik Leleh (°C) |
|---------------------|------------------|
| 1 ml | 101,9 |
| 3 ml | 103,1 |
| 5 ml | 93,9 |
| 10 ml | 91,5 |

Berdasarkan data di atas, penambahan asam asetat glasial menyebabkan perbedaan titik leleh *blend film* PLA-Pati. Penambahan asam asetat glasial sebanyak 3 ml menghasilkan titik leleh *blend film* tertinggi yaitu 103,1°C. Hal ini disebabkan karena titik leleh dipengaruhi oleh ikatan hidrogen. Semakin banyak ikatan hidrogen yang ada dalam *blend film* maka akan semakin tinggi pula titik lelehnya, karena energi yang dibutuhkan untuk memutus ikatannya juga semakin besar (Wahyu, 2008). Asam asetat glasial mengandung gugus –OH yang dapat membentuk ikatan hidrogen serta akan menyusun *blend film* yang kuat dan tidak rapuh (Hewitt, 2003). Jadi semakin banyak asam asetat glasial yang digunakan maka titik lelehnya akan semakin tinggi juga. Pada penggunaan asam asetat glasial sebanyak 5 ml dan 10 ml, titik leleh pada *blend film* mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan oleh lemahnya ikatan antara gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik (Pushpadass *et al.* 2010). Pada hasil penelitian ini, penambahan asam asetat 5 ml dan 10 ml menghasilkan struktur *blend film* yang kurang homogeny.

D. Pengaruh Penambahan Asam Asetat Glasial terhadap Sifat Biodegradasi *Blend Film*

Uji biodegradabilitas atau kemampuan biodegradasi plastik dilakukan untuk mengetahui pengaruh alam terhadap plastik dalam jangka waktu tertentu, sehingga akan diperoleh persentase kerusakan. Selanjutnya, dapat diperkirakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh plastik untuk terurai di alam secara sempurna.

Hasil penelitian mengenai kemampuan biodegradasi edible film disajikan dalam Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Uji Biodegradasi dengan Variasi Asam Asetat Glisial

| <i>Compatilizer</i> | Satuan (ml) | % Kehilangan Berat | Degradabilitas | Perkiraan Waktu Degradasi |
|---------------------|-------------|--------------------|----------------|---------------------------|
| As. Asetat | 3 | 50 % | 9,87 mg/hari | 12 hari |
| | 5 | 91 % | 9,76 mg/hari | 6 hari 14 jam |
| | 10 | 78 % | 12,32 mg/hari | 7 hari 17 jam |

Berdasarkan penyajian tersebut, diketahui bahwa pada plastik yang menggunakan *compatilizer* asam asetat glisial, biodegradasi paling cepat justru terjadi pada penambahan 5ml asam asetat. Pada formulasi ini, interaksi antara masing-masing komponen menyebabkan terbentuknya banyak ruang kosong yang dapat disisipi air dalam jumlah cukup besar. Hal ini mengakibatkan bakteri juga mudah mendegradasi plastik dari dalam plastik itu sendiri.

Penelitian yang dilakukan oleh Behjat, dkk (2009) menunjukkan, bahwa semakin banyak selulosa yang dikandung oleh suatu plastik, maka semakin cepat bagi plastik tersebut untuk terdegradasi. Jadi yang berperan dalam faktor biodegradabilitas suatu plastik adalah selulosanya. Selain itu, suatu proses degradasi plastik dapat menunjukkan bahwa kemampuan degradasi plastik yang disintesis dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis tanah, jenis mikroba, dan kelembaban. Pada penelitian Pimpan, dkk (2001) menunjukkan, bahwa plastik yang dihasilkannya mampu terurai 100% dalam waktu satu bulan dengan metode yang sama, namun menggunakan asam asetat. Hal ini juga dikuatkan melalui penelitian yang dilakukan oleh Khoramnejadian (2011) yang meneliti tentang *soil burial test* plastik *biodegradable*, bahwa setelah uji biodegradabilitas, plastiknya berlubang yang akan berpengaruh pada polimer- polimer yang ada dalam plastic dan mengakibatkan plastik menjadi rapuh. Gliserol mempunyai kemampuan untuk mengikat kelembaban dari udara, sehingga dalam penelitian ini, plastik yang dihasilkan lebih cepat terdegradasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penambahan *compatibilizer* dapat meningkatkan kehomogenan, nilai *tensile strength*, *elongation at break*, titik leleh dan uji biodegradasi *blend film*, dan bila diberikan dengan jumlah berlebih maka sifat mekanik *blend film* PLA-pati menurun.
2. Karakteristik *blend film* terbaik dengan warna putih dan tekstur yang halus dihasilkan pada penambahan 3 ml asam asetat glasial dengan nilai *tensile strength*, *elongation at break*, titik leleh dan uji biodegradasi secara berurutan adalah 16,6 MPa 13%, 103,1°C. Sedangkan untuk uji biodegradasi diperoleh hasil yang terbaik pada variasi 5 ml asam asetat glasial sebesar 91%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yang sejenis adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan lebih lanjut pembuatan *blend film* PLA-Pati dengan menggunakan *compatibilizer* selain asam asetat glasial untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis *compatibilizer* pada *blend film*
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan rasio PLA-Pati untuk mengetahui pengaruh rasio terhadap karakteristik dari *blend film* yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, L.V., 2002, *The Art, Science, and Technology of Pharmaceutical Compounding*, Secon Edition, 263, 268, 274, 276, American Pharmaceutical Association, USA.
- Alves VD, Mali S, Bele'ia A, Grossmann MVE. 2007. Effect of Glycerol and Amylose Enrichment on Cassava Starch Film Properties. *Journal of Food Engineering* 78: 941–946.
- Anita, Z. 2013. *Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong*. Jurnal Teknik Kimia USU 2 (2): 37-41.
- Anonim, 1993, *Kodeks Kosmetika Indonesia*, Edisi II. Volume I. 389 – 390, Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta
- Aulton, M.E., 2002, *Pharmaceutics : The Science of Dosage Form Design*, 2nd Ed, 188-195, Churcill Livingstone, Spain.
- Auras, R. 2002. *Poly(Lactic Acid) Film as Food Packaging Materials*. Environmental Coference USA.
- Baillie C. 2004. Green Composites. *Polymer Composites and The Enviroment*. CRC Press.
- Barriyah, Ummu. 2011. Pembuatan Dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Dari Bahan Campuran Pati Jagung Dan Serbuk Tongkol Jagung Dengan Plasticizer Gliserol. Skripsi yang tidak dipublikasikan Surabaya :Unesa University Press.
- Benerito, R.R, Singleton. W.S., 1956, Fat Emulsion Effect of Heat on Solubility of Hydrophilic Emulsifiers, *SpringerLink Journal*, 364
- Botelho, Thiago., Nadia Teixeira and Felipe Aguiar, 2004. *Poly(lactic Acid) Production from Sugar Molasses*, International Patent WO 2004/057008 A1.
- Brody, A. L. 2005. *Packaging*. *Food Technology*, 59,2:65-66.
- Coniwanti , P; Laila, L; dan Alfira, M. R. 2014. “Pembuatan Film Plastik Biodegredabel Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan Dan Pemplastis Gliserol”. *Jurnal Teknik Kimia*. No. 4, Vol. 20.

- Damarjana, R.D.A., Affifah, N., Ekafitri, R. dan Mayasti, K.I. 2015. *Pengembangan Blend film Berbasis Pati Ubi Lokal Dengan Fortifikasi Flavor Buah Sebagai Bahan Pengemas Produk Olahan Buah-Buahan*. Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Subang.
- Damat. 2008. *Efek jenis dan konsentrasi pasticizer terhadap karakteristik edible film dari pati garut butir*. *Agritek* 16(3): 333-339.
- El-Hadi, Ahmed M. (2017). *Increase the elongation at break of poly (lactic acid) composites for use in food packaging films*. *Scientific Reports*, 7, 46767.
- Garcia, M, A., Martino, M, N., and Zaritzky, N, E. 2000. *Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings*, *Journal of food Science*, 65 (6),94-947.
- Garlotta, D. 2002. "A Literature Review of Poly(Lactic Acid)" dalam *Journal of Polymers and The Environment*, Vol.9. Plenum Publishing Company.
- Gontard, N., Guilbert, S., and Cuq, J. L., (1993). *Water And Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of An Edible Wheat Gluten Film*. *Journal of Food Science*. 58, pp. 206-211.
- Greenberg, L.A., 1954, *Handbook of Cosmetic Materials*, 325, Interscience Publishers, Inc., New York
- Grega K, Jozef M, Primoz M, 2009. Differential Thermal Analysis (DTA) and Differential Scanning Calorimetry (DSC) as a Method of Material Investigation. *RMZ-Materials and Geoenvironment*, 57 (1): 127-142.
- Guilbert, S. and B. Biquet. 1996. *Blend film and Coatings*. In : G. Bureau and J.L. Multon (eds). *Food packaging, volume I*. VCH Publishers, New York.
- Hart, H dan Craine, L. 2003. *Kimia Organik. Edisi II*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Hasna, M. 2005. *Gugus Fungsi pada Rantai LDPE*, Bandung.
- Hewitt, P.G. 2003. *Conceptual Integrated Science Chemistry*. San Fransisco: Pearson Education, Inc.
- Hidayati, S., A.S., Zuidar, A. Ardiani,. 2015. *Aplikasi sorbitol pada produksi biodegradable film dari nata de cassava*. *Reaktor* 15 (3): 196–204.
- Hui, Y. H. 2006, *Handbook of Food Science, Technology, and, Engineering Volume I*. CRC Press, USA.

- Kaplan, D. L., J. M. Mayer, D. Ball, J. McCassie, A. L. Allen P. Stenhouse. 1994. *Fundamental of Biodegradable Polymers*. In Ching, C., D. L. Kaplan dan E. L. Thomas (eds). *Biodegradable Polymers and Packaging*. Technomic Publishing Company, Inc., USA.
- L.Chen, X.Qiu, Z.Xie, et al. *Carbohydrate Polymers*, 65 (2005) 75 – 80
- Lasprilla, A.J., et al., (2012). *Poly-lactic acid synthesis for application in biomedical devices—A review*. *Biotechnology advances*. 30(1): p. 321-328.
- M. P. STEVENS, *Polymer Chemistry*, Jakarta (2007)
- Martinez-Camacho AP, Cortez-Rocha JM, Brauer-Ezquerria AZ, Graciano-Verdugo, Rodriguez-Felix F, Castillo-Ortega MM, Yepiz-Gomez MS, Plascencia-Jatomea M, 2010. *Carbohydrat Polymer*, 82: 305-315.
- Matsumoto, K.i. and S. Taguchi, *Enzymatic and whole-cell synthesis of lactatecontaining polyesters: toward the complete biological production of polylactate*. *Applied microbiology and biotechnology*, 2010. 85(4): p. 921-932.
- McHugh, T.H. and Krochta, J.M., (1994), *Sorbitol vs Glycerol Plasticed Whey Protein Blend film : Integrated Oxygen Permeability and Tensite Property Evaluation*, *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 2(4), pp. 841-845.
- McHugh, T.H., Aujard, J.F., and Krochta, J.M., (1994), *Plasticized Whey Protein Blend films: Water Vapor Permeability Properties*, *Journal of Food Science*, 59, pp. 416-419.
- Nadarajah, K., W. Prinyawiwatkul, H.K. No, S. Sathivel, and Z. Xu. 2006. *Sorption Behavior of crawfish chitosan films as affected by chitosan extraction processses and solvent type*.
- Nadiah, N. 2010. *Biodegradable Biocomposite Starch Based Films Blended With Chitosan dan Gelatin*. Thesis Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering. Universiti Malaysia Pahang.
- Oota M, and Ito M.1997. *Process for Preparing Polylactic Acid*. *European Patent* EP 0796 881 A1.
- Peesan, M.; Supaphol, P. & Rujiravanit R. (2005). *Preparation and characterization of hexanoyl chitosan/polylactide blend films*. *Carbohydrate Polymers*, Vol.60, No.3, pp. 343-350.

- Perdana, Y.A. 2016. *Perbandingan penambahan plasticizer gliserol-sorbitol terhadap biodegradasi dan karakteristik pectin kulit jeruk Bali (Citrus maxima)- pati onggok singkong*. Skripsi. Program Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Purwanti, A. (2010). Analisis *Tensile strength* dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. *Jurnal Teknologi*, 3(2), 99-106.
- Purwitasari, D. 2001. *Pembuatan blend film (kajian konsentrasi suspensi tapioka dan konsentrasi karaginan terhadap sifat fisik blend film)*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Susanto, T. dan Saneto. 1994. Teknologi pengemasan bahan makanan. Family, Blitar.
- Pushpadass HA, Robert WW, Joseph JD, Milford AH. 2010. Biodegradation characteristics of starch–polystyrene loose-fill foams. in a composting medium. *Bioresource Technology* 101: 7258–7264.
- Qiu-Ping Zhong and Wen-Shui Xia. 2008. Physicochemical Properties of Edible film and Preservative Film from Chitosan/ Cassava/ Starch/ Gelatin Blend Plasticized with Glycerol. *J. Food Technol. Biotechnol* 46 (3). p.262-269
- Rahmayetty, Nufus Kanani, Endarto Yudo W. 2018. *Pengaruh Penambahan PLA Pada Pati Terplastisasi Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Blend Film*. Jurnal Teknik Kimia. Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Rimadianti, N. 2007. *Karakteristik blend film dari isinglass dengan penambahan sorbitol sebagai plasticizer*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Robertson, L.G. 1992. *Food packaging principles and practice*. Marcel Dekker, New York.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J., Quinn, M.E., 2006, *Handbook of Pharmaceutical Excipients*, Sixth Edition, 549 – 553, Pharmaceutical Press, London.
- Samsul Aripin, Bungaran, Elvi. 2017. *Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol*. Teknik Mesin. Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta.
- Sanjaya, I Gede dan Puspita, Tyas. 2011 *Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong*. Laboratorium Pengolahan Industri Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri ITS.

- Saputra, A., M. Lutfi, dan E. Masrurroh. 2015. *Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik plastik biodegradable berbahan dasar ubi suweg (Amorphophallus campanulatus)*. J. Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. 3(1): 1–6.
- Sheth, M. et al., (1997). *Biodegradable polymer blends of poly(lactic acid) and poly(ethylene glycol)*. Journal of Applied Polymer Science, Vol.66, No.8, pp. 1495-1505.
- Sutiani A. 2009. *Metoda Karakterisasi Bahan Polimer*. Jurnal Kultura 10 No.01 FMIPA UNIMED
- Taggart, P. 2004. *Starch as an ingredient : manufacture and applications*. Di dalam: Eliasson A.C (ed.). 2004. *Starch in Food : Structure, Function, and Applications*. CRC Press, Boca Raton.
- Wahyu, Maulana Karnadidjaja. 2008. *Pemanfaatan Pati Singkong Sebagai Bahan Baku Blend film*. LKTI: Bandung Universitas Padjadjaran.
- Waldi, J. 2007. *Pembuatan Bioplastik Poli-Hidroksialkanoat (PHA) yang dihasilkan oleh Rastoniaeutropha pada Substrat Hidrolisat Pati Sagu dengan Pemplastik Isopropil Palmitat*. [skripsi]. Fakultas Pertanian IPB, Bogor.
- Wang Z, Qu B, Fan W, Hu Y, Shen X. 2002. Effects of PE-g-DBM as a compatiblizer on mechanical properties and crystallization behaviors of magnesium hydroxide-based LLDPE blends. *Polymer Degradation and Stability* 76: 123–128.
- Waryat, Romli, Suryani, Yuliasih, Johan. 2013. *Penggunaan Compatibilizer Untuk Meningkatkan Karakteristik Morfologi, Fisik dan Mekanik Plastik Biodegradable Berbahan Baku Pati Termoplastik Polietilen*. Jurnal Sains Materi Indonesia Vol.14 No.3, pp.214 – 221
- Xiao, Lin, Wang, Bo, Yang, Guang, & Gauthier, Mario. *Poly (Lactic Acid)-Based Biomaterials : Synthesis, Modification and Applications*. Biomedical Science, Engineering and Technology
- Yu, Long, Dean, Katherine, & Li, Lin. (2006). *Polymer blends and composites from renewable resources*. Progress in polymer science, 31(6), 576-602.
- Zuo, Yingfeng, Gu, Jiyu, Yang, Long, Qiao, Zhibang, Tan, Haiyan, & Zhang, Yanhua. (2014). *Preparation and characterization of dry method esterified starch/poly(lactic acid) composite materials*. International journal of biological macromolecules, 64, 174-180.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pendukung Laporan Penelitian

Tabel 1. Data Analisa *Tensile Strength* dan *Elongation at break*

| Sampel (ml) | Et (MPa) | Esec (MPa) | σ_{xi} (MPa) | σ_Y (MPa) | S _Y (%) | σ_M (MPa) | S _M (%) | S _{M(corr)} (%) | σ_s (MPa) |
|----------------|-------------|---------------|------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1 | 319 | 58.5 | 1.31 | 2.17 | 0.42 | 16.10 | 8.10 | 0.42 | 0.532 |
| 3 | 252 | 887 | - | - | - | 16.50 | 13.00 | 1.7 | 14.8 |
| 5 | 696 | - | 2.15 | - | - | 14.80 | 9.00 | 0.89 | 16.1 |
| 10 | 119 | 251 | 16.2 | 3.70 | 1.4 | 2.17 | 4.10 | 1.4 | 3.30 |

Diperoleh diagram dari hasil analisa *tensile strength* dan *elongation at break* yaitu:

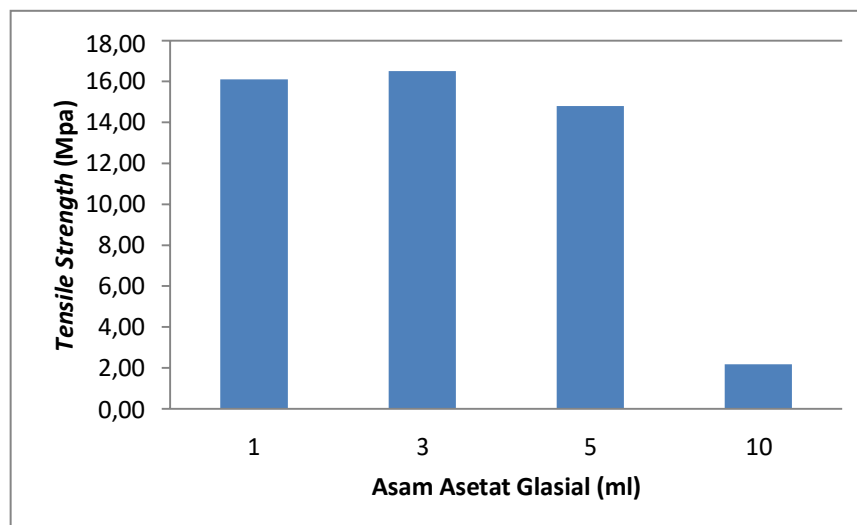
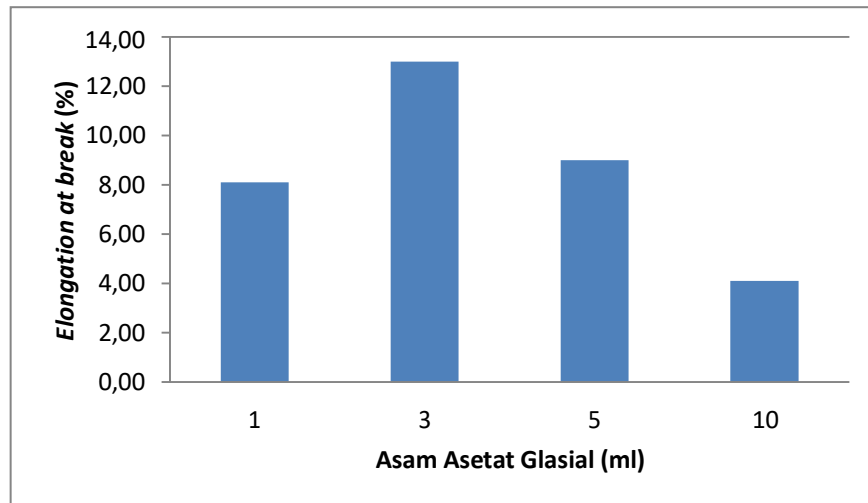
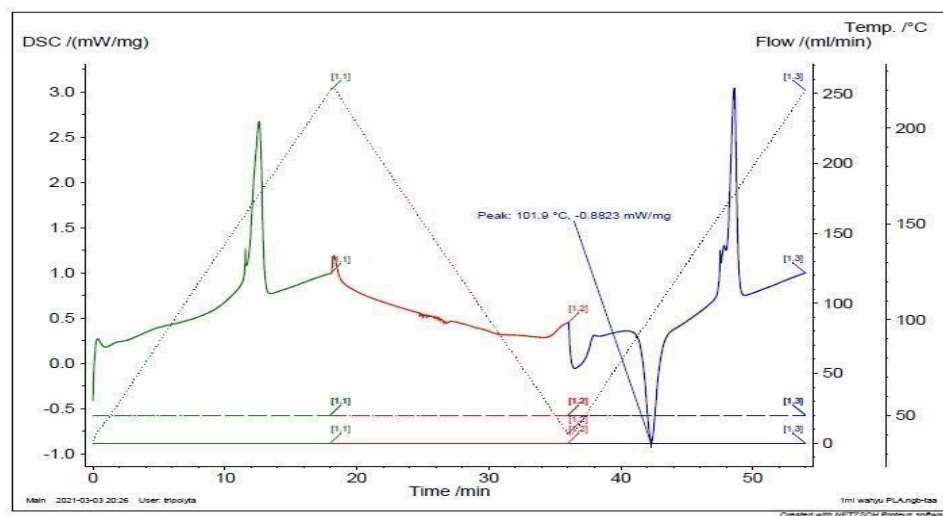


Diagram *Tensile Strength*

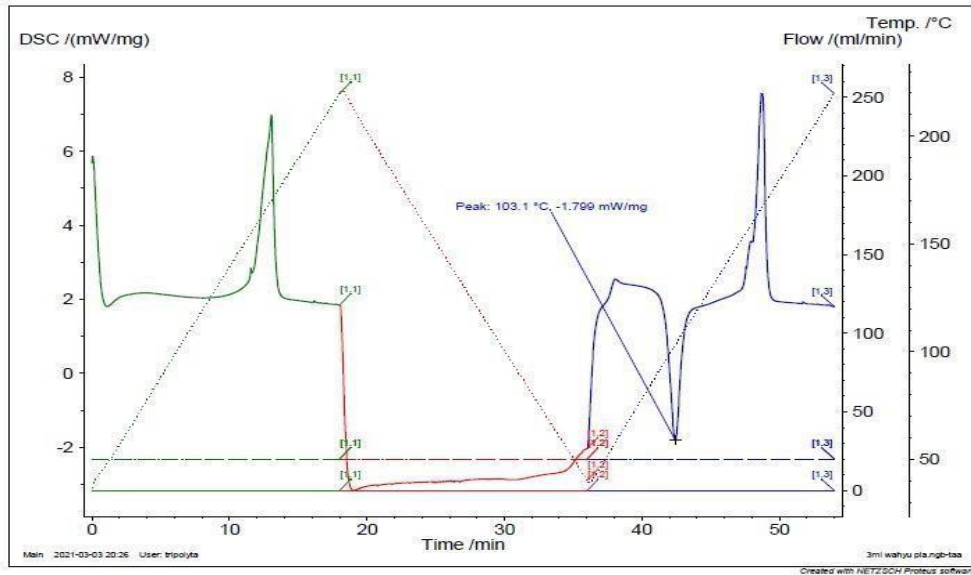
Diagram *Elongation at break***Tabel 2.** Hasil analisa termal

| Asam Asetat Glisial | Titik Leleh (°C) |
|---------------------|------------------|
| 1 ml | 101,9 |
| 3 ml | 103,1 |
| 5 ml | 93,9 |
| 10 ml | 91,5 |

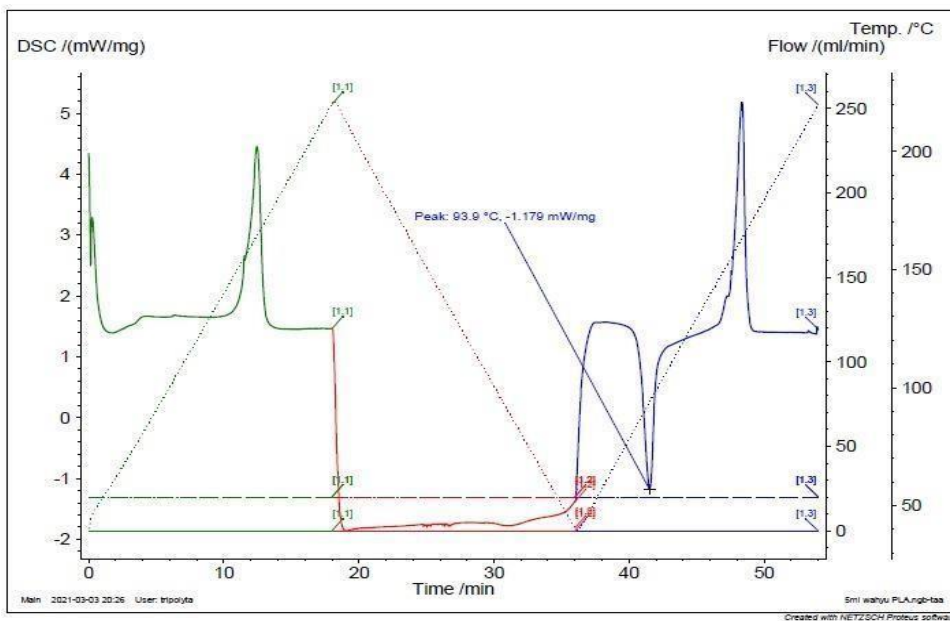
(a) Penambahan Asam asetat glisial 1 ml



(b) Penambahan Asam asetat glasial 3 ml



(c) Penambahan Asam asetat glasial 5 ml



Perhitungan Analisis Data Uji Biodegradabilitas

| Sampel | W ₀ (gram) | W _A (gram) | Δ W _A (gram) |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Pati- gliserol-as.asetat 3 ml | 0,1182 | 0,0590 | 0,0592 |
| Pati- gliserol-as.asetat 5 ml | 0,0642 | 0,0056 | 0,0586 |
| Pati- gliserol-as.asetat 10 ml | 0,0946 | 0,0207 | 0,0739 |

Rumus uji biodegradabilitas:

$$\% \text{kehilangan berat} = \frac{\Delta W_A}{W_0} \times 100\%$$

Pati- Gliserol- as. asetat 3ml

$$\Delta W_A = 0,0592 \text{ gram ; } W_0 = 0,1182 \text{ gram}$$

$$\% \text{kehilangan berat} = \frac{0,0592}{0,1182} \times 100\% = 50\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 59,2 \text{ mg/6 hari} = 9,87 \text{ mg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu terdegradasi} &= \frac{100\%}{\% \text{kehilangan berat}} \times 6 \text{ hari} \\ &= \frac{100\%}{50\%} \times 6 \text{ hari} = 12 \text{ hari} \end{aligned}$$

Pati- Gliserol- as. asetat 5ml

$$\Delta W_A = 0,0586 \text{ gram ; } W_0 = 0,0642 \text{ gram}$$

$$\% \text{kehilangan berat} = \frac{0,0586}{0,0642} \times 100\% = 91\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 58,6 \text{ mg/6 hari} = 9,76 \text{ mg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu terdegradasi} &= \frac{100\%}{\% \text{kehilangan berat}} \times 6 \text{ hari} \\ &= \frac{100\%}{91\%} \times 6 \text{ hari} = 6,593 \text{ hari} \end{aligned}$$

Pati- Gliserol- as. asetat 10ml

$$\Delta W_A = 0,0739 \text{ gram ; } W_0 = 0,0946 \text{ gram}$$

$$\% \text{kehilangan berat} = \frac{0,0739}{0,0946} \times 100\% = 78\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 73,9 \text{ mg/6 hari} = 12,32 \text{ mg/hari}$$

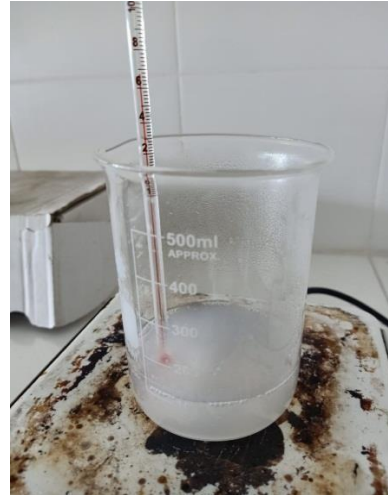
$$\begin{aligned} \text{Waktu terdegradasi} &= \frac{100\%}{\% \text{kehilangan berat}} \times 6 \text{ hari} \\ &= \frac{100\%}{78\%} \times 6 \text{ hari} = 7,692 \text{ hari} \end{aligned}$$

Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

1. Proses pembuatan larutan pati terplastisasi glisero



(a) Larutan pati dengan aquadest



(b) Larutan pati Larutan pati yang telah tergelatinisasi

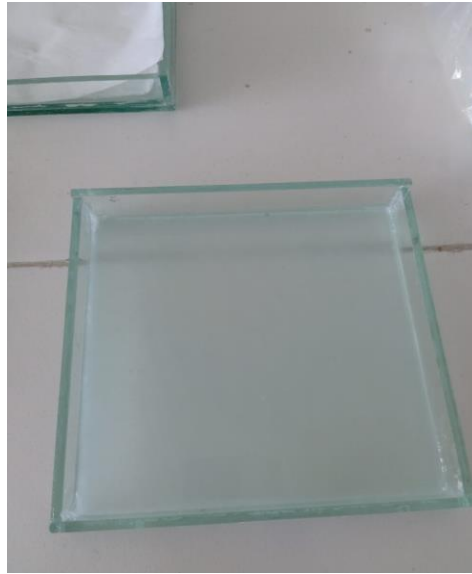
2. Proses pembuatan polimer *blend* PLA-Pati



(a) PLA yang sudah larut dalam klorofom



(b) Mencampurkan Pati terplastisasi gliserol dengan PLA

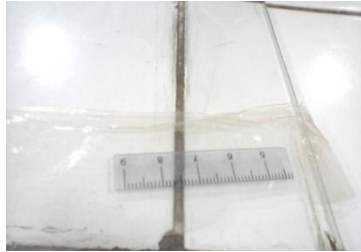


(c) *Blend film* dalam plate kaca



(d) *Blend film* yang sudah kering

3. Uji Biodegradable



Pemotongan plastik ukuran 5x1 cm



Penguburan sampel



Penanda tempat plastik dikubur

Keadaan plastik setelah penguburan

Gliserol-As. asetat 3 ml



Gliserol-As. Asetat 5ml



Gliserol-As. asetat 10 ml

