

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik terbentuk dari suatu monomer yang membentuk polimer. Beberapa contoh polimer plastik diantaranya, *low density polyethylene* (LDPE) serta *high density polyethylene* (HDPE) yang termasuk polimer etilen, polivinil klorida (PVC) polimer vinil klorida, polipropilen (PP) polimer propilena, polietilena tereftalat (PET) polimer etilena tereftalat dan polistirena polimer dari stirena, sedangkan nilon merupakan poliamida. Beberapa bahan kimia tambahan (aditif) seperti warna, penstabil UV, *plasticizer*, pengawet, antioksidan, filler dan *flame retardants* ditambahkan ke plastik untuk memberikan fitur tambahan pada produk plastik akhir (Rao, 2019).

Polimer pembentuk plastic tersebut di atas tidak terurai oleh mikroorganisme, melainkan *photodegradable*, artinya plastik perlahan terurai oleh cahaya menjadi fragmen kecil yang dikenal sebagai mikroplastik tetapi tidak terurai sepenuhnya. Selain itu, proses penguraian tersebut membutuhkan waktu yang lama, sehingga menyebabkan penumpukan limbah plastik di alam seiring dengan meningkatnya produksi plastik setiap harinya. Akibatnya, penumpukan limbah plastik tersebut akan mengganggu keseimbangan ekosistem alam (Giacovelli, 2018).

Indonesia merupakan negara penghasil limbah plastik terbesar kedua di dunia sebanyak 3,2 juta ton per tahun, di mana angka tersebut setara dengan 10% jumlah limbah plastik yang ada di dunia. Maka, dapat disimpulkan bahwa limbah plastik di Indonesia akan bertambah setiap tahunnya, sedangkan jumlah yang terurai tetap (Giacovelli, 2018).

Berkaitan dengan hal tersebut, diperlukan suatu perubahan untuk mengganti polimer sintetis dengan polimer alami dan kopolimer yang mudah terdegradasi dan memiliki kemampuan kecil dalam menyebabkan pencemaran lingkungan. Terdapat beberapa bahan polimer alami yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan

plastik *biodegradable*, diantaranya asam poli-laktat (PLA), poli-hidroksialkanoat (PHA), serat pektin, selulosa dan pati (Pan et al., 2016).

Polimer alami yang dibutuhkan untuk menjadi bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* harus memenuhi beberapa kriteria. Kriteria tersebut diantaranya, dapat terdegradasi oleh mikroorganisme di alam, tidak menghasilkan emisi berbahaya, mudah didapatkan, tidak memicu kepunahan terhadap bahan baku tersebut. Serat merupakan salah satu bahan baku yang memenuhi kriteria tersebut. Selain itu, banyak perhatian dari banyak peneliti karena memiliki sifat mekanik, termal dan resistensi terhadap fraktur yang tinggi (Vinod et al., 2020).

Pektin merupakan serat alami yang banyak diteliti sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film*, karena sifat pembentuk gelnya dan kemampuan biodegradasinya. Pektin tidak memiliki sifat antimikroba sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan mikroba karena pektin digunakan sebagai sumber karbon oleh jamur dan bakteri sehingga akan terdegradasi sempurna di alam (Cazón et al., 2017).

Penelitian mengenai pektin yang dimanfaatkan sebagai film, seperti film campuran pektin dan gluten memperbaiki kekuatan mekanik dari film yang dihasilkan (Sartori et al., 2018). Film campuran pektin dan pati jagung (1:1) menghasilkan film yang stabil (Sucheta et al., 2019). Film pektin dan nanoemulsi minyak copaiba dapat menurunkan elongasi dan meningkatkan kuat tarik (Norcino et al., 2020). Multifungsi film pektin gabungan dengan kurkumin dan sulfur nanopartikel menghasilkan film yang baik (Ezati & Rhim, 2020). Campuran film pektin dan gelatin, Kemasan makanan bioaktif berdasarkan pati, pektin sitrat dan difungsikan dengan produk samping limbah *Acca sellowiana* (Khodaei et al., 2020, Sganzerla et al., 2020). Film pektin dari residu limbah pertanian sebagai biopolimer berbasis alam untuk aplikasi kemasan makanan (Mellinas et al., 2020). Film gelatin-kitosan-pektin yang dipadukan dengan minyak esensial rosemary dengan formulai yang optimal (Yeddes et al., 2020). Film pektin dari kulit jeruk mandarin (*Citrus unshiu*) yang mengandung ekstrak daun sage (*Salvia officinalis*) (H. S. Han & Song,

2020). Pektin dari kulit mangga (*Nam Dokmai*) sebagai polimer pembentuk *film* (Chaiwarit et al., 2020).

Selain menggunakan bahan tambahan pada *filler* atau *cross-linker* dalam pembuaatan film, untuk meningkatkan atau memperbaiki sifat mekanik dari polimer alami pembentuk plastik *biodegradable* dapat digunakan bahan tambahan *plasticizer* atau pemlastis. Efisiensi dari *plasticizer* bergantung pada konsentrasi yang ditambahkan dalam formula (Suderman et al., 2018).

Penelitian Patil (2020) menunjukkan kemampuan PEG 400 sebagai pemlasis berbasis serat dalam memperbaiki kuat tarik, elongasi, kekuatan termal, dan ketahanan barrier (Patil et al., 2020). Penelitian faradila menunjukkan bahwa PEG dengan berat molekul 400 secara signifikan dapat meningkatkan elongasi dan mengurangi kekuatan tarik serta meningkatkan ketahanan air (Faradilla et al., 2019).

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka studi pustaka untuk mengetahui konsentrasi PEG 400 untuk pembuatan plastik *biodegradable* berbasis pektin dapat dilakukan sebagai upaya untuk membuat suatu inovasi teknologi terbarukan yang lebih aman digunakan dan ramah lingkungan. Sehingga, dapat membantu dalam mengurangi penggunaan plastik berbahan petrokimia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka yang menjadi rumusan masalah pada studi pustaka ini yaitu, bagaimana pengaruh penambahan beberapa konsentrasi *plasticizer* PEG 400 terhadap sifat mekanik diantaranya kuat tarik, elongasi, *break strain* dan ketahanan air pada *film biodegradable* berbasis pektin ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka yang menjadi tujuan pada penelitian ini yaitu, untuk memperoleh formulasi *plasticizer* PEG 400 untuk memperoleh kekuatan mekanik dan ketahanan air yang baik pada pembuatan *film biodegradable* berbahan dasar pektin.

1.4 Hipotesis Penelitian

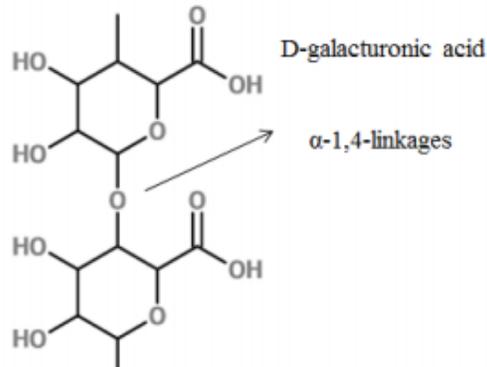
Berdasarkan data – data yang dikumpulkan di atas maka hipotesis pada penelitian ini adalah semakin tinggi semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* PEG 400, maka akan menurunkan kuat tarik, elongasi menurunkan kekakuan dari *biodegradable film*, dan menurunkan ketahanan air (*Water Pavor Permeability*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pektin

Pektin berasal dari bahasa Yunani “*pektikos*” artinya padat, tebal, mengental. Merujuk pada golongan polisakarida yang kompleks secara struktural dan fungsional. Senyawa ini terdapat di dinding sel primer tanaman yang lebih tinggi dan lamella tengah, mewakili sepertiga dari berat kering sel, dan sering dikaitkan dengan senyawa lain, seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin, menggunakan fungsi structural (Bush, 2014).



Gambar 2.1 Struktur dasar pektin tersusun dari asam galakturonik dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosidik (Sumber : Bush, 2014).

Struktur pektin sangat sulit ditentukan, bukan hanya karena dapat berubah selama isolasi, penyimpanan dan pemrosesan, tetapi juga karena strukturnya sangat heterogen antara tanaman dan jaringan, dan bahkan di dalam dinding sel. Struktur dasar polisakarida pektin terdiri dari rantai linier 300 - 1.000 residu D - asam galakturonat (GalA) (terdiri dari sekitar 70% dari total pektin), beberapa di antaranya dimetilasi, dan secara kovalen terikat pada α -1,4 (Bush, 2014).

Pektin terdiri dari tiga domain polisakarida: homogalacturonan, rhamnogalacturonan-I dan rhamnogalacturonan-II, tetapi homogalacturonan adalah komponen utama polisakarida pektin (Cazón et al., 2017).

Gugus karboksil unit asam galakturonat diesterifikasi dengan metanol dan kadang-kadang, sebagian asetil esterifikasi. Tergantung pada derajat esterifikasi dengan metanol, pektin dapat diklasifikasikan sebagai metoksil pektin tinggi (mengandung lebih dari 50% gugus karboksil teresterifikasi), atau metoksil pektin rendah (pektin dengan <50% gugus karboksil teresterifikasi). Berat molekul, derajat esterifikasi dan asetilesterifikasi tergantung pada sumber dan kondisi ekstraksi. Parameter-parameter ini menentukan sifat-sifat pektin termasuk gel, tekstur dan stabilitas (Cazón et al., 2017).

Pektin larut dalam asam dan air. Selanjutnya, digunakan terutama sebagai agen pembentuk gel. Terutama dalam produksi selai, jus buah dan roti tambalan, dan sebagai agen penstabil dalam minuman susu dan yogurt (Cazón et al., 2017).

2.2 Biodegradable Film Berbasis Pektin

Biodegradable plastic adalah plastic yang dirancang untuk mengalami perubahan struktur kimia yang signifikan di bawah lingkungan spesifik yang mengakibatkan hilangnya beberapa properti yang dapat bervariasi seperti diukur dengan metode uji standar yang sesuai dengan plastik dan aplikasi dalam periode waktu yang menentukan klasifikasinya (ASTM, 2005).

Film adalah lapisan tipis atau lapisan yang melapisi di atas permukaan bahan lain. Film plastic merupakan sebuah istilah opsional untuk lembaran yang memiliki nominal ketebalan tidak lebih dari 0,25 mm (0,01 inchi). Lembaran tipis tersebut terbatas pada ukuran tertentu, *film* yang terbentuk dari selulosa dan turunannya memiliki ketebalan nominal tidak lebih dari 10 mm (ASTM, 2005).

Film pektin dan turunannya dapat digunakan dalam aplikasi kemasan makanan. *Film* berbasis pektin memiliki sifat mekanik yang sangat baik, penghalang yang sangat baik untuk minyak dan aroma, oksigen, modulus young yang tinggi, tetapi mereka menunjukkan ketahanan yang buruk terhadap kelembaban, perpanjangan rendah dan cukup rapuh; penambahan plasticizer membuatnya lebih fleksibel. Pada penelitian Sucheta (2019) Film pektin, yang memiliki ikatan silang dengan kation polivalen seperti kalsium, menunjukkan sifat mekanik yang baik. Film

/ gel pektin efektif dalam melindungi makanan dengan kelembaban rendah (Mohamed *et al*, 2020).

Film berbasis pektin memiliki sifat permeabilitas gas yang baik, tetapi sifat penghalang air yang buruk meskipun film ini telah digunakan untuk memperlambat hilangnya kelembaban dan migrasi lipid. Selain itu, pektin tidak memiliki sifat antimikroba. Film yang diuraikan dengan pektin murni meningkatkan pertumbuhan mikroba karena pektin digunakan sebagai sumber karbon oleh jamur dan bakteri. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa *film* berbasis pektin dapat didegradasi sempurna di alam dan tidak menimbulkan pencemaran (Cazón *et al.*, 2017).

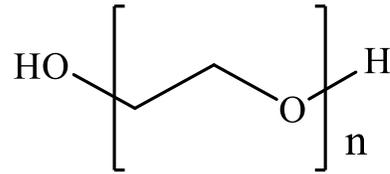
Film pektin memiliki hasil semitransparan dan permukaan berwarna kuning yang dapat dilihat secara visual. Namun, perubahan warna juga dapat dihasilkan dari reaksi non-enzimatik, reaksi Maillard, dipromosikan oleh suhu dan tekanan pemrosesan yang tinggi. Dalam hal opacity, nilai yang berbeda diamati untuk film disiapkan pada waktu kompresi yang berbeda. Dalam hal ini, pektin / NADES film disiapkan pada 20 menit kompresi menyajikan opacity terendah, sementara film pektin / ChCl disiapkan pada kompresi 25 menit menunjukkan opacity tinggi (Gouveia *et al.*, 2019).

2.3 Plasticizer

Plasticizer biasanya merupakan aditif berbobot molekul rendah, larut atau tidak larut dalam air yang dimasukkan ke dalam polimer farmasi untuk berbagai fungsi. Untuk digunakan dalam ekstrusi lebur panas, *plasticizer* dimasukkan ke dalam polimer berat molekul tinggi untuk memfasilitasi pemrosesan termal dan meningkatkan sifat – sifat fisik dan mekanik produk. Ketika dimasukkan ke dalam bahan polimer, *plasticizer* meningkatkan kemampuan kerja dan fleksibilitas polimer dengan meningkatkan pemisahan antar molekul. Ini menghasilkan reduksi modulus elastis, kekuatan tarik, viskositas lelehan polimer, dan suhu transisi gelas (T_g) (Ghebre-Sellassie, 2018).

Polyethylene glycols (PEG) merupakan salah satu *plasticizer* bersifat hidrofilik. PEG 200 – 600 berbentuk cair kental, jernih, tidak berwarna atau sedikit

kekuning – kuningan. Sedikit berbau, pahit, dan memiliki rasa terbakar. PEG 600 ke atas berbentuk padat pada suhu kamar. Semua jenis PEG larut dalam air, dan akan membentuk *gel* dalam suhu tinggi (Rowe, 2009).



Gambar 2.2 Struktur PEG 400 (Merck Group, 2017)

Jenis pemlastis akan mempengaruhi sifat-sifat plastik *film*. Polyethylene glycol (PEG) adalah contoh dari plasticizer yang tidak beracun, biokompatibel, nonimunogenik, non-antigenik dan biodegradable. Plasticizer ini juga kurang hidrofilik dibandingkan dengan gliserol dan juga bisa meningkatkan laju biodegradasi selulosa. Aplikasi polietilen glikol (PEG) dalam polimer film telah dilaporkan dalam banyak literatur. Qussi dan Suess (2006) menemukan signifikansi peningkatan fleksibilitas film setelah diplastisasi dengan PEG. Nekhamanurak, Patanathabutr, dan Hongsriphan (2012) melaporkan bahwa PEG meningkatkan perpanjangan saat istirahat dan resistensi dampak nanokomposit poli (asam laktat) (PLA) -CaCO₃. Sebuah peningkatan yang signifikan dalam perpanjangan film karena efek pemlastis dari PEG juga dilaporkan oleh Yuan, Shang, dan Wu (2001). Persen pemanjangan dari selulosa asetat PEG plastis film hampir empat kali lipat dari film yang tidak diplastisasi (Faradilla et al., 2019).

PEG 400 dapat berfungsi sebagai sumber karbon dan energi untuk mikroorganisme dan dengan bantuan enzim akan teroksidasi dan dihidrolisis sehingga terjadi proses degradasi. Mikroorganisme mengeluarkan enzim ekstraseluler, yang kemudian melekat pada permukaan polimer dan membelah rantai polimer yang menghasilkan fragmen yang akan kehilangan propertinya dan menurunkan materi polimer. Oleh karena itu, tindakan ekstraseluler enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme ini ditemukan dalam flora tanah. Persentase dari penurunan massa tersebut kurang dari 20 hari berada di kisaran 0,5–2%. Sedangkan

30 hari dan setelahnya, persentase dari penurunan massa masuk kisaran 2–4% karena penyesuaian bahan yang sesuai di lingkungan dan degradasi maksimum oleh mikroba. Namun, setelah hari ke-50, persentase dari penurunan massa konstan sehingga menunjukkan bahwa rata-rata persentase dari penurunan massa polimer selama 10 hari adalah 2,5%. Oleh karena itu kita dapat menyimpulkan bahwa polimer tersebut terdegradasi kira-kira dalam waktu satu tahun (Sajjan et al., 2020).

Dengan mengacu pada *film* berbasis polisakarida lain yang diteliti, menunjukkan bahwa PEG dengan berat molekul yang lebih rendah memberikan efek plastisasi yang lebih baik. Meningkatnya berat molekul PEG menyebabkan penurunan polaritas dan kelarutannya, serta kemampuannya untuk berinteraksi dengan rantai polimer. Kemudian, PEG dari berat molekul yang lebih tinggi berbentuk padatan, sehingga mereka dapat mengkristal dan menyebabkan pemisahan fasa. Maka, dari itu pemilihan PEG dengan berat molekul 400 sebagai pemlastis dalam pembuatan *biodegradable film* berbasis selulosa dapat dipertimbangkan (Šešlija et al., 2017).

2.4 Metode Pembuatan Film

Secara umum, proses termomekanis pembuatan *film* (pencampuran senyawa, ekstrusi dan pencetakan kompresi) dengan gaya geser tinggi, suhu dan waktu yang memadai diperlukan untuk menjamin dispersi pengisi yang nyaman dalam matriks polimer *film*. Namun, metode dispersi casting pengisi polimer adalah metode alternatif untuk mendapatkan nano-komposit, karena kecenderungan pembentukan agregasi nanopartikel yang tinggi, maka dari itu lebih baik dipertahankan dalam dispersi cair (Collazo-Bigliardi et al., 2018).

Metode casting film (metode tuang) digunakan untuk membuat lapisan *film*. Sejumlah pektin disiapkan dengan melarutkan pektin dalam air selama 24 jam dengan laju 400 rpm selanjutnya ditambahkan pemlastis ke dalam larutan pektin. *Magnetic stirrer* digunakan untuk aduk campuran selama 3 jam. Piring kaca disiapkan dengan menggunakan larutan silikon (AquasilR Siliconizing Fluids) untuk memudahkan mengupas lapisan *film*. Larutan kemudian ditempatkan di atas kaca yang dan

dikeringkan dalam oven udara panas pada 50° C selama 6 jam (Obradovic *et al*, 2017).

2.5 Karakteristik Sifat Mekanik Plastik Biodegradable

Menurut Van Vlack, sifat mekanik sangat diperlukan peranannya dalam melindungi produk dari faktor-faktor mekanis seperti tekanan fisik (jatuh dan gesekan), adanya getaran, serta benturan antar bahan dengan alat atau wadah selama penyimpanan/distribusinya. Sifat mekanik ini tergantung pada jenis bahan pembentuknya, terutama sifat kohesinya. Sifat ini merupakan hasil kemampuan polimer untuk membentuk ikatan-ikatan molekul yang kuat dan kokoh. Kekuatan tarik timbul sebagai reaksi dari ikatan polimer antara atom-atom atau ikatan sekunder antara rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan (Wiradipta AG, 2017).

Dynamic mechanical analysis (DMA), adalah suatu teknik di mana modulus (respon elastis) dan kehilangan modulus suatu zat di bawah beban osilasi diukur sebagai fungsi suhu, waktu, atau frekuensi osilasi, sementara zat ini dikenai program suhu terkendali di suasana yang ditentukan. Pengukuran mekanik dinamis adalah suatu teknik di mana salah satu modulus atau redaman, atau keduanya, dari suatu zat di bawah beban osilasi atau perpindahan diukur sebagai fungsi suhu, frekuensi, atau waktu, atau kombinasi keduanya. Elastisitas adalah properti bahan yang menyebabkan mereka kembali ke bentuk atau kondisi asli mereka setelah kekuatan yang diterapkan dihilangkan. modulus elastis adalah rasio tegangan terhadap regangan di bawah batasan proporsional (ASTM, 2005).

Kuat tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh plastik hingga terputus, dengan tujuan untuk mengetahui ketahanan dari plastik yang dihasilkan. *Elongation of break* adalah seberapa panjang plastik dapat ditarik, atau seberapa elastis plastik tersebut. Dengan kata lain, perpanjangan diartikan sebagai persentase perubahan panjang plastik pada saat ditarik hingga putus. Hidrofobisitas merupakan kemampuan plastik dalam menyerap air. Penyerapan air tidak terjadi pada sampel yang bersifat hidrofobik dan nonpolar (Oetary *et al.*, 2019).

2.6 Standar Pengujian Sifat Mekanik dan *Water Vapor Permeability Film*

Sifat mekanik diuji dengan menggunakan Instron dynamometer model 1185. Selanjutnya, dilengkapi dengan sel beban 1 kN. Menurut ASTM D638 (2010) metode uji standar dilakukan suhu pada 23 ± 2 °C dan kelembaban relatif $45 \pm 5\%$ (Tóth & Halász, 2019).

Dalam menyiapkan sampel kuat tarik, penting untuk memperhatikan bentuk mereka dengan hati-hati di area "ujung" sehingga bagian tengah menyatu dengan halus ke tab ujung yang lebih luas. Kelengkungan spesimen yang ditunjukkan dalam ASTM D 638. Metode uji untuk sifat tarik plastik, dirancang khusus untuk mencapai syarat dan dengan demikian untuk mengurangi kemungkinan sampel dapat patah di ujung. Tepi yang berlawanan pada bagian tereduksi harus sejajar mungkin. Juga, sudut sisi-ke-tepi harus sama sedekat mungkin hingga 90° agar dapat mengukur lebar secara akurat. ASTM D 638 adalah metode uji tarik yang paling sering digunakan untuk plastik. D 638 mensyaratkan bahwa hasil dibuang untuk spesimen yang menembus di luar "pengukur panjang". Sampel kuat tarik Standar D 638 mencantumkan dimensi dan toleransi untuk lima spesimen tarik yang berbeda. Semua memiliki bentuk seperti tulang, tetapi semuanya memiliki ukuran dan geometri yang agak berbeda (ASTM International, 2016) :

- A. Tipe I memiliki lebar 19 mm (0,75 inchi) di ujung dan panjang 165 mm (6,5 inchi). Bagian tengah lebarnya 13 mm (0,5 inchi). Ini harus digunakan sedapat mungkin untuk plastik kaku dan semi rigid hingga setebal 7 mm (0,28 inchi).
- B. Tipe II lebih sempit di tengah daripada Tipe I. Ini dimaksudkan untuk bahan yang menunjukkan angka sudut istirahat tinggi di daerah ujung atau tengah saat diuji dengan spesimen Tipe I.
- C. Tipe III lebih lebar dan lebih panjang dari Tipe I. Sampel digunakan untuk semua bahan dengan ketebalan dari 7 hingga 14 mm (0,28 hingga 0,55 inchi).
- D. Tipe IV memiliki tab ujung panjang, lebar 19 mm (0,75 in.) dan lebar tengahnya hanya 6 mm (0,25 inchi). Sampel ini digunakan untuk perbandingan antara bahan nonrigid dan semirigid.

E. Tipe V panjangnya hanya 63,5 mm (2,5 inci), dan bagian tengah hanya selebar 3,18 mm (0,125 inci). Sampel ini dimaksudkan untuk digunakan di mana hanya bahan terbatas yang tersedia untuk evaluasi, atau di mana sejumlah besar spesimen akan diekspos dalam ruang terbatas, seperti pada tema dan lingkungan, tes stabilitas. Sampel ini terbatas untuk memiliki ketebalan 4 mm (0,16 inci) atau kurang.

Seperti dijelaskan sebelumnya, uji kuat tarik mencakup cara untuk membuat kurva kekuatan versus gerakan atau kurva gaya versus deformasi spesimen. Dalam hal ini pengujian tarik, dapat digunakan untuk mengukur pemanjangan (peregangan) spesimen. Karena spesimennya tidak lurus, tidak akan meregang seragam sepanjang – panjangnya. Panjang pengukur tidak perlu nilai tertentu, tetapi sangat penting untuk mengetahui dengan akurat berapa nilai sebenarnya. Oleh karena itu, dengan Tipe I, II, atau Spesimen III, menggunakan panjang pengukur dua inci, berpusat di bagian yang menyempit, kurva menunjukkan (ASTM International, 2016) :

Perpanjangan = peregangan (atau ekstensi)

Regangan tarik (ϵ) = elongasi / panjang pengukur

Karena jaraknya, dalam milimeter (atau inci), satuan strain adalah mm / mm (atau in./in.). Namun, dalam pengujian kuat tarik, satuan perpanjangan adalah persen dengan rumus (ASTM International, 2016) :

Persen perpanjangan = 100 % \times regangan tarik (ϵ)

Tes WVP dilakukan sesuai dengan metode standar ASTM E96. Sampel dengan area terbuka 6,54 cm² disegel di atas pembukaan melingkar sel permeasi (BYK-Gardner) yang diisi dengan air suling. Sel-sel ini disimpan dalam oven pada suhu 25 °C di bawah 50% RH. Setelah sistem mencapai kondisi tunak, perubahan berat sel diukur setiap 2 jam. Setiap film diuji tiga kali untuk mengkonfirmasi pengulangan pengukuran. Simpangan baku adalah 180 \pm 10% (Tóth & Halász, 2019).

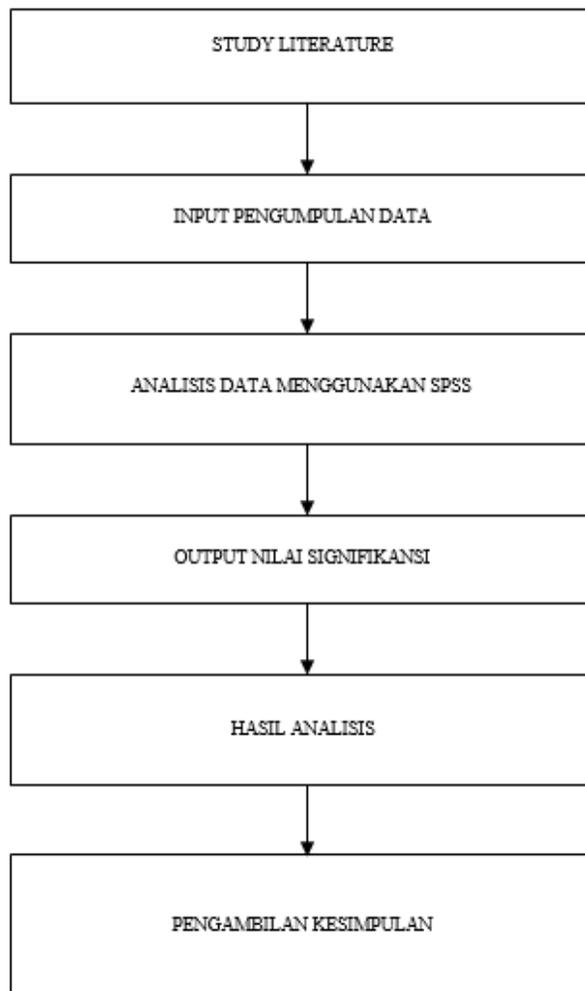
Standar ASTM E96 menyatakan, “Metode pengujian ini mencakup penentuan transmisi uap air (WVT) dari material yang dilaluinya uap air menjadi faktor penting, seperti pada kertas, film plastik, bahan lembaran lainnya, serat, gipsium dan produk plester, produk kayu dan plastic (NTA, 2020)..

Terdapat dua istilah untuk mengukur transmisi uap air yaitu permeabilitas dan *permeance*. *Permeance* uap air adalah laju waktu dari uap air yang ditransmisikan melalui unit area material yang disebabkan oleh perbedaan tekanan unit uap antara dua permukaan material yang terbuka. *Permeance* digunakan dalam evaluasi kinerja, sedangkan permeabilitas adalah produk dari suatu bahan. Terdapat dua metode dasar untuk mengukur permeansi bahan yaitu, metode pengering atau metode air. Kedua metode menggunakan piringan uji di mana bahan yang diuji ditempatkan dan disegel pada bukaan piringan dan kemudian mengalami tekanan uap tinggi atau tekanan uap rendah (NTA, 2020).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Secara sistematis langkah-langkah dalam Tugas Akhir dijadikan dalam bentuk diagram alir seperti gambar berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah – Langkah Penyusunan Tugas Akhir

3.2 Studi Literature

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut berisikan tentang :

- a. Pektin sebagai filler pembuatan *biodegradable film*.
- b. PEG 400 sebagai pemlastis *biodegradable film*.
- c. Sifat mekanik *biodegradable film*.

Referensi ini diperoleh dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian, dan situs resmi. Output dari studi literatur ini adalah terkoleksinya referensi yang relevan dengan perumusan masalah. Tujuannya adalah untuk membuktikan hipotesis dari rumusan masalah dalam penelitian.

3.3 Pengumpulan Data

Data sekunder yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Data kuat tarik pektin *film* dengan pemlastis PEG 400.
- b. Data elongasi atau *break strain* pektin *film* dengan pemlastis PEG 400.
- c. Data permeabilitas air pektin *film* dengan pemlastis PEG 400.

Data ini dapat diperoleh dengan studi literatur dari beberapa penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya. Hasil dari pengumpulan data ini bisa dipakai sebagai bahan untuk menguji hipotesis bahwa konsentrasi PEG 400 dapat mempengaruhi sifat mekanik dari *biodegradable film* berbasis pektin.

3.3.1. Kriteria Inklusi

Data kriteria inklusi dimana subjek *penelitian* dapat mewakili dalam sampel *penelitian* yang memenuhi syarat sebagai sampel yang digunakan dalam penelitian tertera dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kriteria Inklusi Penelitian

No	Bahasan	Penerbit	Tahun Terbit	Sumber
1	<i>Characterization of edible biocomposite films directly prepared from psyllium seed husk and husk flour</i>	<i>Food Packaging and Shelf Life</i>	2019	<i>Fulltext</i>
2	<i>Enhancement of Moisture Protective Properties and Stability of Pectin through Formation of a Composite Film : Effects of Shellac and Plasticizer</i>	<i>Food Engineering, Materials, Science and Nanotechnology</i>	2017	<i>Fulltext</i>
3	<i>Edible Blends Films of Pectin and Poly(ethylen glycol) Preparation and Physico-chemical Evaluation</i>	<i>Food Hydrocolloids</i>	2017	<i>Fulltext</i>
4	<i>Influence of Plasticizer in Pectin Films : Microstructural Changes</i>	<i>Materials Chemistry and Physics</i>	2015	<i>Fulltext</i>

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešlija et al., 2017) (Tóth & Halász, 2019)

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dari studi literatur selanjutnya dianalisis menggunakan software IBM SPSS Statistics 25. Data diinput menurut variabel yang ada, variabel independen PEG 400 dan variabel dependen nilai kuat tarik, elongasi, *break strain* dan WVP. Selanjutnya, dilakukan pengujian statistika parametrik menggunakan uji regresi sederhana. Di mana uji regresi sederhana digunakan untuk menguji pengaruh satu variabel independen terhadap variabel dependen. Nilai signifikansi digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dengan nilai probabilitas 0,05.

3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini merupakan proses untuk menarik kesimpulan dan saran atas apa yang dilakukan selama pengerjaan Tugas Akhir. Dasar pengambilan kesimpulan dan saran diantaranya adalah hasil analisa dan pembahasan. Dan berisikan rekomendasi teknis yang berhubungan dengan penggunaan PEG 400 sebagai pemlastis dalam pembuatan *biodegradable film* berbasis pektin.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Uji Mekanik dan *Water Vapor Permeability* (WVP)

Hasil studi literature menunjukkan beberapa penelitian menggunakan beberapa konsentrasi PEG 400. Hasil penelitian menunjukkan beberapa parameter yaitu, uji mekanik diantaranya kuat tarik, elongasi dan *break strain* dan WVP. Nilai uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Uji Mekanik dan WVP

Konsentrasi PEG 400	Kuat Tarik (Mpa)	Elongasi (Mpa)	<i>Break Strain</i> (%)	WVP ($\text{gm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)
1%	35,65	-	20	1
10%	25	-	8	1,75
15%	-	290	-	-
25%	21	171	-	2,71
50%	13	110	2	3

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešlija et al., 2017) (Tóth & Halász, 2019)

4.2 Analisis Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka dilakukan analisis data menggunakan SPSS menggunakan uji regresi sederhana. Berdasarkan data yang terkumpul, data tersebut memenuhi asumsi uji regresi sederhana (Mendenhall & Sincich, 2012) yaitu sebagai berikut :

- 1) Sampel diambil dari populasi yang memenuhi kriteria inklusi. Kriteria inklusi tersebut adalah beberapa konsentari PEG 400 yang digunakan dalam penelitian yang mempengaruhi nilai parameter pengujian kuat tarik, elongasi *break strain*, dan WVP.

- 2) Distribusi data dalam populasi sampel menunjukkan nilai normal. Pada parameter pengujian yaitu kuat tarik, elongasi *break strain*, dan WVP menunjukkan distribusi normal pada uji normalitas data.

Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui distribusi data berasumsi normal atau tidak. Uji normalitas dilakukan menggunakan SPSS dengan memasukkan data yang telah terkumpul. Hasil uji normalitas data konsentrasi PEG 400 terhadap pengaruh kuat tarik, *break strain*, dan WVP dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Normalitas Data Konsentrasi PEG 400

Parameter	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Kuat Tarik	0,990	4	0,955
Elongasi	0,964	3	0,637
<i>Break Strain</i>	0,938	3	0,520
<i>Water Vapor Permeability</i>	0,936	4	0,632

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešlija et al., 2017) (Tóth & Halász, 2019) “telah diolah kembali pada lampiran 1, 2, 3, dan 4”.

Hasil tersebut menunjukkan $p > 0.05$ maka distribusi data normal. Selanjutnya, analisis dilakukan menggunakan uji regresi sederhana untuk mengetahui pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen.

4.3 Parameter Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan salah satu parameter dalam pengujian *film*. Kuat tarik yang sesuai dapat membuat *film* yang dihasilkan tidak rapuh dan mudah patah. Penambahan konsentrasi plastisizer pada formulasi pembuatan *film* pektin menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kuat tarik.

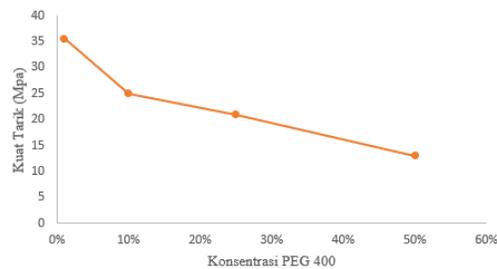
Tabel 4.3 Hasil Uji Regresi Sederhana Kuat Tarik

Parameter	a	b	Sig.
-----------	---	---	------

Kuat Tarik	41,650	-7,15	0,014
------------	--------	-------	-------

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešlija et al., 2017) “telah diolah kembali pada lampiran 1”

Berdasarkan hasil analisis data pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa nilai koefisien regresi bernilai minus, maka dapat dikatakan bahwa meningkatnya konsentrasi PEG 400 berpengaruh negatif atau menurunkan parameter kuat tarik. Selanjutnya, nilai signifikan menunjukkan bahwa nilai $p < 0.05$. Oleh karena itu, dapat diinterpretasikan bahwa perbedaan konsentrasi PEG 400 secara signifikan mempengaruhi kuat tarik dari *film* pektin.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Konsentrasi PEG 400 terhadap Kuat Tarik Pektin *Film*
Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešlija et al., 2017) “telah diolah kembali pada lampiran 1”

Selanjutnya, dalam gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi PEG 400 menurunkan nilai kuat tarik. Hal tersebut berkaitan dengan berat molekul PEG 400 yang lebih kecil dari pektin sehingga mudah berpenetrasi pada matriks polimer dan berinteraksi lebih efisien ke dalam rantai pektin (Tóth & Halász, 2019). Sehingga mengurangi kekuatan intramolekul diantara rantai pektin menghasilkan *film* yang lebih lemah dibandingkan hanya pektin saja (Šešlija et al., 2017).

Secara umum, berdasarkan teori pemlastisasi yang menjelaskan mengenai efek plasticizer, dapat dijelaskan bahwa molekul plasticizer menempel di sepanjang rantai polimer. Lalu, menggantikan perlekatan polimer dan menghalangi kekuatan rantai polimer sehingga mengurangi kekakuan, menghasilkan peningkatan fleksibilitas gel (Sothornvit & Krochta, 2005).

Produk *film* seperti kantong plastik yang beredar di pasaran sebagian besar terbuat dari bahan *Low Density Polyethylene* (LDPE) nilai kuat tarik dari bahan tersebut sebesar 7 – 17 Mpa (Šešlija et al., 2017). Jika dibandingkan dengan *film* PEG 400, nilai kuat tarik yang mendekati angka tersebut terdapat pada konsentrasi PEG 400 sebesar 25% dan 50% yaitu sebesar 21 Mpa dan 13 Mpa.

4.4 Parameter Elongasi

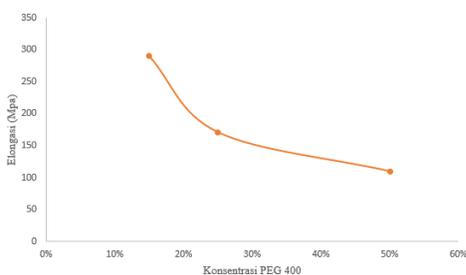
Elongasi merupakan salah satu parameter dalam pengujian *film* bersama dengan kuat tarik. Elongasi merupakan parameter yang mengukur fleksibilitas suatu *film*. Penambahan konsentrasi plastisizer pada formulasi pembuatan *film* pektin menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai elongasi.

Tabel 4.4 Hasil Uji Regresi Sederhana Elongasi

Parameter	a	b	Sig.
Kuat Tarik	370	- 90	0,121

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešlija et al., 2017) “telah diolah kembali pada lampiran 2”

Berdasarkan hasil analisis data pada tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai koefisien regresi bernilai minus, maka dapat dikatakan bahwa meningkatnya konsentrasi PEG 400 berpengaruh negatif atau menurunkan parameter elongasi. Selanjutnya, nilai signifikan menunjukkan bahwa nilai $p > 0.05$. Oleh karena itu, dapat diinterpretasikan bahwa perbedaan konsentrasi PEG 400 secara signifikan tidak mempengaruhi elongasi dari *film* pektin. Tetapi, hal tersebut dapat terjadi dikarenakan data yang dikumpulkan terlalu minim.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Konsentrasi PEG 400 terhadap Elongasi Pektin *Film*
 Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešljija et al., 2017) “telah diolah kembali pada lampiran 2”

Selanjutnya, dalam gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi PEG 400 menurunkan nilai elongasi. Hal tersebut berkaitan dengan perubahan mikrostruktur dikarenakan meningkatnya molekul PEG 400 yang lebih amorf ke dalam struktur polimer pektin (Pasini Cabello et al., 2015). Hal tersebut dapat membuat *film* yang dihasilkan lebih fleksibel atau mudah untuk diregangkan.

Produk *film* seperti kantong plastik yang beredar di pasaran sebagian besar terbuat dari bahan LDPE nilai elongasi dari bahan tersebut sebesar 130 – 140 Mpa (Šešljija et al., 2017). Jika dibandingkan dengan *film* PEG 400, nilai elongasi yang mendekati angka tersebut terdapat pada konsentrasi PEG 400 sebesar 50% yaitu sebesar 110 Mpa.

4.5 Parameter *Break Strain*

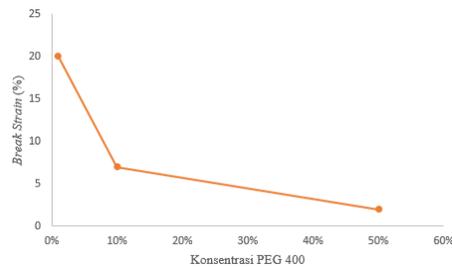
Break Strain merupakan parameter yang dapat menilai kekakuan atau elastisitas dari *film* dan kemampuan film melakukan deformasi. Sehingga *film* yang dihasilkan tidak mudah mengalami *cracking* (keretakan) (Pasini Cabello et al., 2015). Penambahan konsentrasi plastisizer pada formulasi pembuatan *film* pektin menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai *break strain*.

Tabel 4.5 Hasil Uji Regresi Sederhana *Break Strain*

Parameter	a	b	Sig.
Kuat Tarik	27,667	- 9	0,160

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Tóth & Halász, 2019) “telah diolah kembali pada lampiran 3”.

Berdasarkan hasil analisis data pada tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai koefisien regresi bernilai minus, maka dapat dikatakan bahwa meningkatnya konsentrasi PEG 400 berpengaruh negatif atau menurunkan parameter *break strain*. Selanjutnya, nilai signifikan menunjukkan bahwa nilai $p > 0.05$. Oleh karena itu, dapat diinterpretasikan bahwa perbedaan konsentrasi PEG 400 secara signifikan tidak mempengaruhi *break strain* dari *film* pektin. Tetapi, hal tersebut dapat terjadi dikarenakan data yang dikumpulkan terlalu minim.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Konsentrasi PEG 400 terhadap *Break Strain* Pektin *Film*

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Tóth & Halász, 2019) “telah diolah kembali pada lampiran 3”.

Hubungan antara konsentrasi PEG 400 dan parameter *break strain* pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi PEG 400 akan menurunkan nilai *break strain*, artinya sifat kaku *film* meningkat. Hal tersebut dapat disebabkan karena PEG 400 memiliki banyak gugus OH sehingga memberikan ikatan hidrogen yang kuat pada ikatan polimer pektin (Luangtana-anan et al., 2017).

Nilai *break strain* atau elastisitas dari *film* di pasaran yaitu LDPE adalah 200% - 750% (Polymerdatabase, 2016). Sedangkan nilai *break strain* dari *film* PEG 400 masih belum mendekati angka tersebut. Sehingga, untuk dijadikan produk kemasan *film* masih diperlukan penelitian lebih lanjut.

4.5 Parameter *Water Vapor Permeability* (WVP)

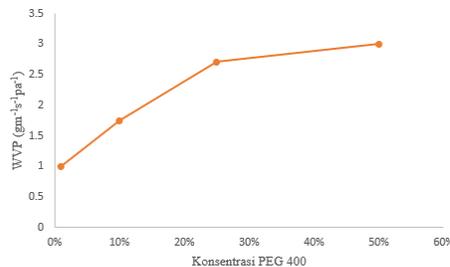
WVP merupakan parameter *film* yang menunjukkan kemampuan permeabilitas air *film*. Penambahan konsentrasi plastisizer pada formulasi pembuatan *film* pektin menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai WVP.

Tabel 4.6 Hasil Uji Regresi Sederhana WVP

Parameter	A	b	Sig.
Kuat Tarik	0,375	0,696	0,018

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešlija et al., 2017) (Tóth & Halász, 2019) “telah diolah kembali pada lampiran 4”.

Berdasarkan hasil analisis data pada tabel 4.6 dapat dilihat bahwa nilai koefisien regresi bernilai positif, maka dapat dikatakan bahwa meningkatnya konsentrasi PEG 400 berpengaruh dalam meningkatkan parameter WVP. Selanjutnya, nilai signifikan menunjukkan bahwa nilai $p < 0.05$. Oleh karena itu, dapat diinterpretasikan bahwa konsentrasi PEG 400 berbeda dapat secara signifikan mempengaruhi WVP dari *film* pektin.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Konsentrasi PEG 400 terhadap WVP Pektin *Film*

Sumber : (Pasini Cabello et al., 2015) (Luangtana-anan et al., 2017) (Šešlija et al., 2017) (Tóth & Halász, 2019) “telah diolah kembali pada lampiran 4”.

Hubungan antara konsentrasi PEG 400 terhadap WVP pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi PEG 400 meningkatkan nilai WVP. Hal tersebut dikarenakan penambahan plasticizer dapat mengurangi interaksi intermolekular antara ikatan polimer, tetapi meningkatkan mobilitas molekul ikatan pektin sehingga meningkatkan nilai WVP dari *film*. Selain itu, konsentrasi PEG 400 yang tinggi menghasilkan struktur matriks *film* yang lebih regang (Šešlija et al., 2017).

Nilai WVP *film* yang beredar di pasaran yaitu LDPE sebesar 0.067 – 0.087 $\text{gm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$ (Šešlija et al., 2017). Jika dibandingkan dengan *film* PEG 400, nilai WVP dari penelitian belum ada yang mendekati angka tersebut namun pada konsentrasi PEG 400 sebesar 1% menghasilkan WVP paling rendah sebesar 1 $\text{gm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dari beberapa penelitian mengenai *film* berbahan dasar pektin dengan plastisizer PEG 400 menunjukkan hasil sebagai berikut :

- 1) Semakin tinggi konsentrasi PEG 400 maka dapat mengurangi nilai kuat tarik dari *film* tersebut sehingga *film* yang dihasilkan tidak rapuh.
- 2) Semakin tinggi konsentrasi PEG 400 maka dapat mengurangi nilai elongasi sehingga *film* yang dihasilkan lebih fleksibel.
- 3) Semakin tinggi konsentrasi PEG 400 maka dapat menurunkan nilai *break strain* sehingga *film* yang dihasilkan kurang elastis.
- 4) Semakin tinggi konsentrasi PEG 400 maka dapat meningkatkan nilai WVP (*Water Vapor Permeability*) sehingga meningkatkan kemampuan permeabilitas air.
- 5) Nilai kekuatan mekanik dan WVP (*Water Vapor Permeability*) *film* pektin dengan beberapa variasi konsentrasi plastisizer PEG 400 belum mendekati dengan *film* yang ada di pasaran yaitu *film* berbahan LDPE (*Low Density Polyethylene*).

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan PEG dengan beberapa jenis berat molekul yang berbeda. Selain itu, menggunakan selulosa sebagai filler dikarenakan rantai selulosa lebih pendek dibandingkan dengan pektin.

