

5. PEMBAHASAN

5.1. Keberadaan Pustaka

Pada penulisan *review* ini literatur yang paling banyak digunakan sebagai acuan, terbit pada tahun 2020 dan 2019. Terdapat juga literatur yang terbit pada tahun 2022 tetapi hanya ada 1 acuan saja. Sedangkan jurnal yang banyak digunakan berdasarkan akreditasi internasional yaitu Q1 dan Q3. Sedangkan untuk jurnal nasional yang banyak digunakan yaitu SINTA 2 dan SINTA 3. Namun lebih banyak literatur internasional dibandingkan nasional. Literatur - literatur ini membahas tentang pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai bahan baku bioplastik dengan berbagai macam produk serta tambahan seperti *plasticizer* dan bahan-bahan tambahan lainnya.

5.2. Bioplastik dari Limbah Kulit Pisang

Bioplastik merupakan plastik yang berasal dari biomassa terbarukan, seperti lemak, minyak nabati, pati jagung, jerami, limbah makanan, dan hasil samping pertanian (Beevi *et al.*, 2020). Bioplastik dapat digunakan sebagai kemasan untuk sekali pakai. Menurut Jerez (2007) terdapat tiga jenis bioplastik yaitu, bioplastik berbasis pati, bioplastik berbasis selulosa, dan bioplastik berbasis protein. Menurut Kamsiati (2017) bioplastik dapat dibuat dengan bahan polimer yang alami seperti pati, lemak, dan selulosa. Pada umumnya bahan utama yang sering digunakan pada pembuatan bioplastik adalah pati. Salah satu bahan baku yang banyak ditemui di Indonesia adalah pati. Untuk memperoleh pati dapat dengan cara mengekstrak bahan-bahan nabati yang terdapat kandungan karbohidratnya, contohnya umbi-umbian atau sereal. Sumber-sumber karbohidrat yang umum ditemui di Indonesia adalah beras, ubi kayu, ubi jalar, talas, jagung, sagu, dan sorgum. Karakteristik unik yang terdapat pada pati fungsional yang memungkinkan untuk pati dapat digunakan sebagai bahan untuk pangan maupun bahan non pangan (Koswara *et al.*, 2009).

Bahan yang disebutkan sebelumnya merupakan bahan makanan pokok di Indonesia. Penelitian tentang bioplastik beberapa tahun terakhir berfokus kepada pati yang diluar dari makanan pokok, contohnya pati yang berasal dari limbah kulit pisang (Hardjono *et al.*, 2016). Pemanfaatan kulit pisang sebagai bahan baku pembuatan bioplastik dikarenakan kulit pisang mengandung pati, pektin dan selulosa. Kulit pisang memiliki komposisi yaitu protein 0,32%, lemak 2,11%, karbohidrat 18,50%, dan air 78,90% (Munadjim, 1983). Pada kulit pisang terdapat 18,50% kandungan karbohidrat yang menjadikan potensi sumber pati, pektin, dan selulosa untuk dijadikan tepung kulit pisang (Hikmatun, 2014).

Pati merupakan salah satu polimer alami yang tersusun dari karbohidrat dan terdiri dari amilosa dan amilopektin (Jacobs *et al.*, 1998). Selain pati, pektin juga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik. Pektin adalah senyawa polisakarida kompleks biasanya ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada buah dan kulit. Pektin juga berasal dari produk karbohidrat (Tuhuloula *et al.*, 2013). Selulosa merupakan komponen utama dari lignoselulosa dapat ditemukan bersamaan dengan pektin, lignin, dll (Mulyadi, 2019).

Emaga (2007) menyatakan pada kulit pisang terdapat kandungan serat pangan dengan jumlah 50g/100g, hal ini merupakan sumber serat pangan yang berpotensi. Selain serat pangan pada kulit pisang per 100 gram bobot yang sudah dikeringkan mengandung serat 50,5%, pati 12,8%, gabungan sisa lemak serta abu 28,3%, dan protein sebesar 8,6%. Dari keseluruhan buah pisang, bobot kulit pisang mencapai 40%. Sehingga menghasilkan limbah dengan jumlah yang sangat besar (FAO, 2003).

Penelitian yang dilakukan menggunakan limbah kulit pisang yang berbeda jenis, disesuaikan dengan limbah yang ada di sekitar lingkungan. Maka dari itu hasil proksimat yang didapat juga dapat berbeda-beda. Jenis-jenis pisang yang digunakan yaitu pisang raja dan pisang kepok. Limbah kulit pisang raja menghasilkan proksimat sebagai berikut.

Tabel 9. Hasil Analisis Proksimat Kulit Pisang Raja

Parameter	Kadar (%)
Karbohidrat	78,21
Lemak	6,79
Protein	7,63
Air	5,49
Abu	1,88

(Sumber: Purbasari *et al.*, 2020)

Untuk hasil proksimat Pisang Kepok adalah karbohidrat 82,59%, serat pangan 32,73%, protein 9,86%, lemak 4,4%, air 2,05%, dan abu 1,1%. Dari penelitian yang dilakukan banyak menggunakan Pisang Raja dan Pisang Kepok. Pisang ini banyak ditemukan di Indonesia dan memiliki potensi limbah yang besar. Dari hasil proksimat karbohidrat terbesar terdapat pada pisang kepok.

Film plastik dapat dikatakan *biodegradable* apabila bahan dapat memproduksi CO₂, mengikuti siklus hidup dari biomassa, dapat mengkonversi sumber fosil dan air. Biodegradasi dapat berjalan cepat tergantung dengan kelembaban, temperatur yaitu 50-60°C, tipe dan jumlah dari mikroba. Jika ketiga persyaratan tersebut terpenuhi maka biodegradasi dapat berjalan dengan cepat (Siracusa, 2008). Bioplastik dapat terdegradasi lebih cepat dibandingkan plastik konvensional dikarenakan struktur molekul bahan baku

yang digunakan berbentuk kristal sehingga mudah rapuh (Mostafa *et al.*, 2018). Bioplastik dari pati umumnya dikenal dengan istilah *bioplastic starch*, dapat didefinisikan sebagai suatu bahan yang tidak berbentuk (polimer amorf) atau semi kristal (Metha *et al.*, 2014).

Uji biodegradasi pada *film* bioplastik berbahan dasar pati pisang dapat dilakukan dengan cara menguburkan *film* bioplastik kedalam tanah. Untuk mengetahui penurunan dari berat *film* bioplastik maka pada hari ke-10, 20, dan 30 dilakukan penimbangan dapat juga hari penimbangan disesuaikan dengan tujuan penelitian kemudian dilakukan penimbangan untuk mengetahui berapa penurunan berat dari penguburan yang dilakukan selama penelitian. Semakin lama penguburan, maka semakin turun berat dari bioplastik.

Menurut Widyaningsih *et al.*, (2012) kekuatan mekanik pada bioplastik yang dihasilkan menggunakan bahan dasar pati rendah sehingga perlu adanya zat tambahan untuk memperbaiki masalah tersebut. Menurut Gontard *et al.*, (1993) untuk mengurangi sifat elastisitas dan dapat mengurangi sifat *barrier* pada *film* yang berasal dari pati maka diperlukannya penggunaan *plasticizer*. Menurut McHugh dan Krochta (1994) *plasticizer* yang cukup baik adalah poliol seperti gliserol dan sorbitol karena dapat mengurangi ikatan pada hidrogen internal sehingga jarak pada intermolekul jadinya meningkat. *Plasticizer* yang digunakan pada literatur yang ditemukan juga sebagian besar memakai gliserol atau sorbitol sebagai *plasticizer*.

5.3. Proses Pembuatan Bioplastik

Dari literatur yang sudah ditemukan disimpulkan bahwa umumnya pembuatan bioplastik melalui tiga tahapan yaitu, 1) persiapan bahan seperti mempersiapkan limbah kulit pisang menjadi tepung, membuat *puree* kulit pisang, mengisolasi pati dan mengekstraksi pati dari kulit pisang. Kemudian yang ke 2) pembuatan bioplastik, dan 3) uji karakteristik pada bioplastik. Penelitian yang dilakukan oleh Purbasari *et al.*, (2020) pembuatan bioplastik menggunakan limbah kulit pisang yang nantinya dijadikan tepung kulit pisang. Terdapat 3 tahapan, pertama membuat tepung dari kulit pisang, kedua pembuatan

bioplastik, ketiga karakteristik sifat fisik dan mekanis pada bioplastik yang dihasilkan. Mula-mula kulit pisang dipotong kecil-kecil. Kemudian direndam selama 30 menit menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,2 M dengan perbandingan 2:1 selanjutnya dikeringkan. Menurut Palupi (2012) penambahan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,2 M ini bertujuan untuk menghambat pertumbuhan dari mikroba dan mencegah *browning*. Setelah perendaman kulit pisang ditiriskan kemudian dikeringkan menggunakan sinar matahari selama 2 hari lalu dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 55°C selama 4 jam. Selanjutnya kulit pisang yang sudah kering dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi tepung kulit pisang. Selanjutnya tahap ke 2 pembuatan bioplastik dengan cara mencampurkan tepung kulit pisang dengan larutan HCl, aquadest, dan *plasticizer*. Setelah pencampuran diaduk hingga rata lalu dipanaskan selama 10 menit dengan suhu 80°C hingga gelatinisasi. Gelatinisasi merupakan proses pada terciptanya cairan kental dari granula pati yang mengembang (Rohaya *et al.*, 2013). Selanjutnya adonan dituang ke *casting plate* dan didiamkan 24 jam lalu terbentuklah lembaran bioplastik. Lembaran tersebut dilepas dari cetaknya, lalu selama 1 jam dimasukkan kedalam desikator. Tahap ke 3 dilakukan analisis karakteristik fisik dan kimia dari bioplastik yang dihasilkan.

Pada penelitian Widyaningsih *et al.*, (2012) pati dari kulit pisang diisolasi. Awalnya kulit pisang dicuci, kemudian dilumat atau diblender lalu disaring dan diperas sampai menjadi ampas hingga tidak ada air yang keluar, kemudian dilakukan pengendapan pada filtrat yang dihasilkan selama kira-kira 24-48 jam hingga pengendapan pada pati sempurna. Cairan supernatan dibuang kemudian dicuci secara berulang sehingga memperoleh endapan pati yang lebih jernih. Kemudian endapan dikeringkan menggunakan oven. Berikut merupakan gambar hasil dari endapan kulit pisang.



Gambar 6. Endapan pati kulit pisang

(Sumber: Widyaningsih, 2012)

Dari pati kulit pisang yang mengandung kadar air 0,15% dan abu pati 0,98%. Dari hasil pati yang didapatkan kadar air yang relatif kecil. Kadar air yang kecil pada bahan ini dapat mempengaruhi daya tahan terhadap kerusakan seperti serangga atau mikroba.

Hardjono *et al.*, (2016) mengekstraksi pati dengan cara mencuci kulit pisang kepok dipotong kecil-kecil lalu direndam menggunakan larutan asam sitrat selanjutnya diblender dan disaring. Filtrat yang diperoleh diendapkan selama 24-48 jam sampai pati mengendap sempurna. Endapan pati dikeringkan selama 24 jam dengan oven hingga kering. Setelah kering pati lalu diayak hingga halus. Selanjutnya bioplastik dihasilkan dengan cara melarutkan pati dalam air yang dipanaskan pada suhu 80°C untuk gelatinisasi, kemudian ditambahkan *filler* dan terakhir ditambahkan *plasticizer* meningkatkan sifat mekanis pada bioplastik. Setelah dingin adonan dituang kedalam cetakan kemudian dikeringkan.

Untuk pembuatan *puree* pisang dengan cara memotong kulit pisang kecil-kecil lalu direbus kedalam air mendidih. Direbus selama 60 menit, lalu dikeringkan pada kertas saring selama 30 menit. Setelah kering lalu dihaluskan dengan blender hingga membentuk *puree* kulit pisang. Setelah menjadi *puree* lalu ditambahkan gliserol sebagai *plasticizer* lalu diaduk. Selanjutnya ditambahkan NaOH dengan tujuan untuk menyeimbangkan pH, campuran diaduk kembali selama 5 menit. Kemudian setelah itu adonan dimasukkan kedalam cetakan dalam lalu dikeringkan menggunakan oven (Aziyanti *et al.*, 2020).

Untuk pembuatan tepung dan *puree* dari kulit pisang tidak hanya memanfaatkan pati sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Terdapat juga pektin dan selulosa yang terkandung pada kulit pisang. Hal ini dikarenakan tidak adanya pemisahan antara pati, pektin, dan selulosa. Jadi pada tepung ataupun *puree* dari kulit pisang tidak hanya

terkandung pati, terdapat juga pektin dan selulosa. Jika ingin fokus menggunakan pati saja sebagai bahan baku bioplastik, maka sebaiknya menggunakan metode ekstraksi atau isolasi. Pada metode ekstraksi dan isolasi pada kulit pisang menghasilkan pati yang murni karena sudah melalui proses pemisahan zat lainnya dari pati.

Proses terjadinya gelatinisasi pada ketika pati dipanaskan untuk pembuatan bioplastik dapat merubah viskositas pada pati. Viskositas yang tinggi dipengaruhi oleh pemanasan dengan waktu yang lama pada saat pengadukan pati. Semakin lama pengadukan berpengaruh pada kesempurnaan proses gelatinisasi. Pengadukan pati juga dapat mempercepat proses terjadinya gelatinisasi. Waktu 90 menit menghasilkan gelatinisasi yang sempurna. Suhu juga memiliki pengaruh pada proses gelatinisasi, semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin cepat juga proses gelatinisasi. Gelatinisasi yang sempurna dapat berpengaruh pada besarnya nilai kuat tarik. Suhu yang optimal digunakan adalah 80°C, apabila penggunaan suhu dan waktu yang terlalu tinggi dan lama dapat melewati proses gelatinisasi sehingga terjadi proses dekomposisi (Handayani, 2018) Pembuatan bioplastik dengan cara mencampurkan pati dengan *plasticizer* bertujuan untuk memecah struktur kristal yang berasal dari pati sehingga dapat bersifat elastis (Shi *et al.*, 2007).

5.4. Pengaruh Bahan dan Senyawa Tambahan Terhadap Karakteristik Bioplastik

Berdasarkan literatur-literatur yang digunakan terdapat beberapa bahan yang umum digunakan pada pembuatan bioplastik. Serta terdapat bahan-bahan tambahan yang berbeda pada setiap pembuatan bioplastik. Bahan-bahan yang umumnya digunakan adalah kalsium karbonat, asam asetat, asam sitrat, kitosan, sorbitol, dan gliserol. *Plasticizer* yang digunakan pada literatur yang ditemukan juga sebagian besar memakai gliserol atau sorbitol sebagai *plasticizer*. Fungsi dari *plasticizer* adalah untuk mengurangi derajat ikatan *hydrogen* sehingga dapat meningkatkan elastisitas dan dapat meningkatkan jarak antar molekul yang berasal dari polimer. Menurut McHugh dan Krochta (1994) *plasticizer* yang cukup baik adalah poliol seperti gliserol dan sorbitol karena dapat

mengurangi ikatan pada hidrogen internal sehingga jarak pada intermolekul jadinya meningkat. Gliserol dan sorbitol merupakan jenis *plasticizer* yang umum digunakan karena memiliki sifat hidrofilik (Suppakul, 2006).

Pada pembuatan *film* plastik kalsium karbonat dimasukkan pada tahapan setelah homogenisasi pada pati. Pada penelitian Widyaningsih (2012) penambahan kalsium karbonat pada tahapan setelah pati dilarutkan, penambahan ini untuk mengatasi kekurangan pada sifat *film*. Fungsi dari penambahan ini juga untuk mengurangi biaya produksi pembuatan *film* plastik, karena *filler* ini lebih murah dibandingkan harga polimer. Penambahan ini juga berpengaruh pada meningkatnya nilai densitas, nilai higroskopisitas, dan transmisi uap air. Kelarutan dalam air dapat meningkat karena penambahan kalsium karbonat, namun peningkatan ini tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat terjadi diduga karena adanya ion kalsium (Ca^{2+}) pada pati berikatan dengan gugus hidroksil sehingga membentuk sebuah jaringan.

Larutan pati yang berasal dari kulit pisang dilarutkan dengan kalsium karbonat membentuk partikel-partikel yang kecil, partikel tersebut dapat masuk kedalam struktur dari pati maka dapat membuat struktur tersebut meregang lalu membentuk rongga-rongga sehingga air dapat masuk dalam struktur dengan mudah. Kelarutan air dan asam meningkat seiring dengan banyaknya air yang masuk kedalam struktur dari pati. Penambahan kalsium karbonat ini berpengaruh pada peningkatan nilai kuat tarik pada *film* plastik yang dihasilkan, namun pada kemampuan biodegradasi lebih kecil ketika penambahan kalsium karbonat (Hardjono *et al.*, 2016). Menurut Yang *et al.*, (2004) kalsium karbonat juga berpengaruh pada kekuatan tarik hal ini dikarenakan kuat tarik yang berasal dari poli dengan paduan pati serta *polyvinyl alcohol* (PVA) berdampak pada semakin kompaknya struktur pada poli karena ada tambahan kalsium karbonat.

Pada pembuatan bioplastik yang dilakukan oleh Zuchrillah *et al.*, (2020) asam asetat digunakan pada untuk mendispersikan kitosan. Penelitian Endo (2020) larutan asam asetat dicampurkan dengan pati hingga homogen. Penggunaan asam asetat pada pembuatan bioplastik adalah sebagai pelarut. Menurut Yuniarti (2014) penambahan asam

asetat pada pembuatan bioplastik dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik pada bioplastik yang dihasilkan, serta peran dari asam asetat dalam pembuatan bioplastik dapat menjadi katalis yang dapat menjadikan reaksi antara polisakarida dan gliserol (apabila menggunakan gliserol sebagai *plasticizer*) sehingga mampu untuk memecah rantai dari polisakarida sehingga menjadi gugus dari asam laktat.

Penelitian yang dilakukan Hardjono *et al.*, (2016) asam sitrat digunakan untuk merendam limbah kulit pisang sebelum dijadikan produk. Hal ini bertujuan untuk mencegah efek *browning* yang ditimbulkan pada kulit pisang (Ioannou, 2013). Hal ini merupakan salah satu tantangan pada pembuatan *film biodegradable* yaitu efek *browning*, sehingga menyebabkan pati pada kulit pisang berwarna coklat. Efek *browning* merupakan perubahan yang terjadi pada warna pada buah ataupun sayuran akibat dari oksidasi substrat fenolik yang disebabkan oleh polifenol oksidase (PPO). *Browning* ini dapat disebabkan pati yang mengandung enzim PPO berkontak dengan oksigen kemudian menyebabkan enzim menjadi oksidasi (Nguyen, 2003). Maka dari itu perlunya penambahan asam sitrat untuk menghasilkan pati dengan warna yang lebih cerah, karena oksidasi PPO dihambat oleh asam sitrat (Suharti *et al.*, 2015).

Terdapat tiga gugus karboksil pada asam sitrat yang terdapat kaitannya dengan gugus hidroksil (-OH) yang berasal dari pati sehingga membentuk gugus ester. Akibat ikatan tersebut maka menyebabkan *retrogradation* dan *recrystallization* yang berasal dari pati lalu terhambat sehingga meningkatkan kuat tarik pada *film*. Apabila konsentrasi CA rendah <10% maka CA berfungsi menjadi *cross-linking agent*. *Cross-linking agent* dapat memperkuat granula pada pati dan memperkuat pati tahan terhadap panas dan asam (Raina *et al.*, 2006). Tetapi apabila konsentrasi CA >10% maka CA berfungsi sebagai *plasticizer* karena apabila terdapat penambahan jumlah pada CA dapat penurunan pada kuat tarik *film* plastik yang dihasilkan (Shi *et al.*, 2017).

Penambahan asam sitrat ini juga berpengaruh pada kemampuan biodegradasi, karena dengan adanya ikatan gugus hidroksil yang terdapat pada pati dan CA dapat menyebabkan berkurangnya gugus hidroksil pada pati sehingga meningkatkan ketahanan

pada air (*water resistibility*) (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010). Meningkatnya *water resistibility* dapat menyebabkan di dalam tanah terdapat air yang tidak dapat berinteraksi dengan *film* plastik kulit pisang sehingga lambatnya degradasi berjalan. Adanya penambahan CA persentase dari pengurangan berat menjadi berkurang, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk degradasi lebih lama daripada bioplastik yang tidak ditambahkan CA. Kemampuan untuk biodegradasi besar, maka dapat menyebabkan turunnya daya tahan *film* plastik dan berkurangnya masa untuk memakai *film* plastik. Maka dari itu perlu diperhatikan komposisi dari bahan aditif yang digunakan agar memperoleh kemampuan untuk biodegradasi yang optimal (Hardjono *et al.*, 2016).

Penggunaan kitosan sebagai bahan pengisi (*filler*). Kitosan dapat meningkatkan pada nilai kuat tarik pada bioplastik, semakin ditingkatkan konsentrasinya maka semakin kuat nilai tarik (Sugiharto *et al.*, 2021). Hal ini disebabkan oleh karena semakin banyak kitosan yang akan digunakan, maka banyaknya ikatan hidrogen yang terbentuk. Sehingga susah untuk diputuskan dan semakin kuat. Walaupun kitosan bahan yang mudah terurai tetapi bioplastik yang dicampur dengan kitosan sulit didegradasi karena kitosan sebagai agen antimikroba sehingga memperlambat kerja dari bakteri pembusuk sehingga sulit terurai (Oetary, 2019). Penambahan kitosan 100% pada pembuatan *film biodegradable* dapat membuat *film* plastik yang dihasilkan menjadi transparan. Warna yang dihasilkan juga lebih baik daripada variabel lainnya yang cenderung lebih gelap, hal ini karena pektin lebih mudah teroksidasi serta punya kadar metoksil yang rendah (Ningrum *et al.*, 2019).

Penelitian yang dilakukan Zuchrillah *et al.*, (2020) komposisi kitosan dan pektin yang digunakan untuk pembuatan *edible film* yaitu 50:50 menghasilkan ketebalan yang paling tebal. Ketebalan *edible film* ini memenuhi standar dari *Japanese Industrial Standart (JIS)* memiliki ketebalan maksimal 0,25 mm (Putra *et al.*, 2017). Penelitian yang dilakukan Widodo (2019) kuat tarik meningkat karena semakin banyaknya kitosan yang ditambahkan. Penggunaan 3% kitosan memiliki minimal kuat tarik hal ini sudah memenuhi standar minimal kuat tarik dari *Japanese Industrial Standart (JIS)*. Hal ini disebabkan oleh kitosan yang membentuk interaksi ikatan hidrogen antar rantai

menjadikan *edible film* akan lebih rapat dan kuat sehingga sulit terputus. Setiap penambahan kitosan dengan konsentrasi yang berbeda meningkatkan ketahanan air tetapi menurunkan kelarutan. Kitosan mempunyai gugus amino yang bebas sehingga kurang bisa larut didalam air yang pHnya netral serta kitosan ini bersifat hidrofobik sehingga lebih sulit untuk menyerap air. Penambahan kitosan berdampak pada turunnya nilai elongasi karena rapatnya *edible film* sehingga kaku serta berkurangnya sifat fleksibilitas (Setiani, 2013).

Penelitian Purbasari *et al.*, (2020) kuat tarik pada bioplastik menurun ketika menambahkan konsentrasi *plasticizer* baik gliserol ataupun sorbitol. Hal ini juga diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Utami *et al.*, (2010) dan Zuraida *et al.*, (2012) menyampaikan hal yang sama yaitu kuat tarik berkurang seiring dengan bertambahnya jumlah konsentrasi *plasticizer*. Menurut Utami *et al.*, (2014) dan Hidayat *et al.*, (2013) penggunaan konsentrasi gliserol sebagai *plasticizer* hanya dengan 35%. Penggunaan gliserol dengan konsentrasi tinggi maka akan berfungsi sebagai *cross linking agent*. Pada penelitian ini menggunakan konsentrasi *plasticizer* 30-70% baik gliserol maupun sorbitol, menghasilkan permeasi uap air pada gliserol 0,00024 g/m².s.kPa dan sorbitol 0,00024 g/m².s.kPa. Pada bioplastik permeasi uap air merupakan kemampuan untuk menahan uap air di antara lingkungan dengan bahan yang dikemas. Nilai permeasi uap air sebaiknya serendah mungkin apabila ingin mengaplikasikan bioplastik sebagai pengemas makanan (Sanyang *et al.*, 2015).

Konsentrasi 40% pada penggunaan *plasticizer* gliserol dan sorbitol menghasilkan permeasi uap air pada bioplastik rendah, perpanjangan putus dan kuat tarik bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Kondisi yang optimum penggunaan *plasticizer* yaitu konsentrasi 40% pada pembuatan bioplastik menggunakan tepung dari kulit pisang dengan *plasticizer* gliserol dan sorbitol. Ketebalan yang dihasilkan pada gliserol dan sorbitol 30-70% menghasilkan ketebalan 0,1-0,2 mm. Waktu penelitian yang dilakukan untuk biodegradasi adalah 28 hari dengan gliserol mengalami penurunan sebesar 11,00-38,59% dan sorbitol 18,32,55%.

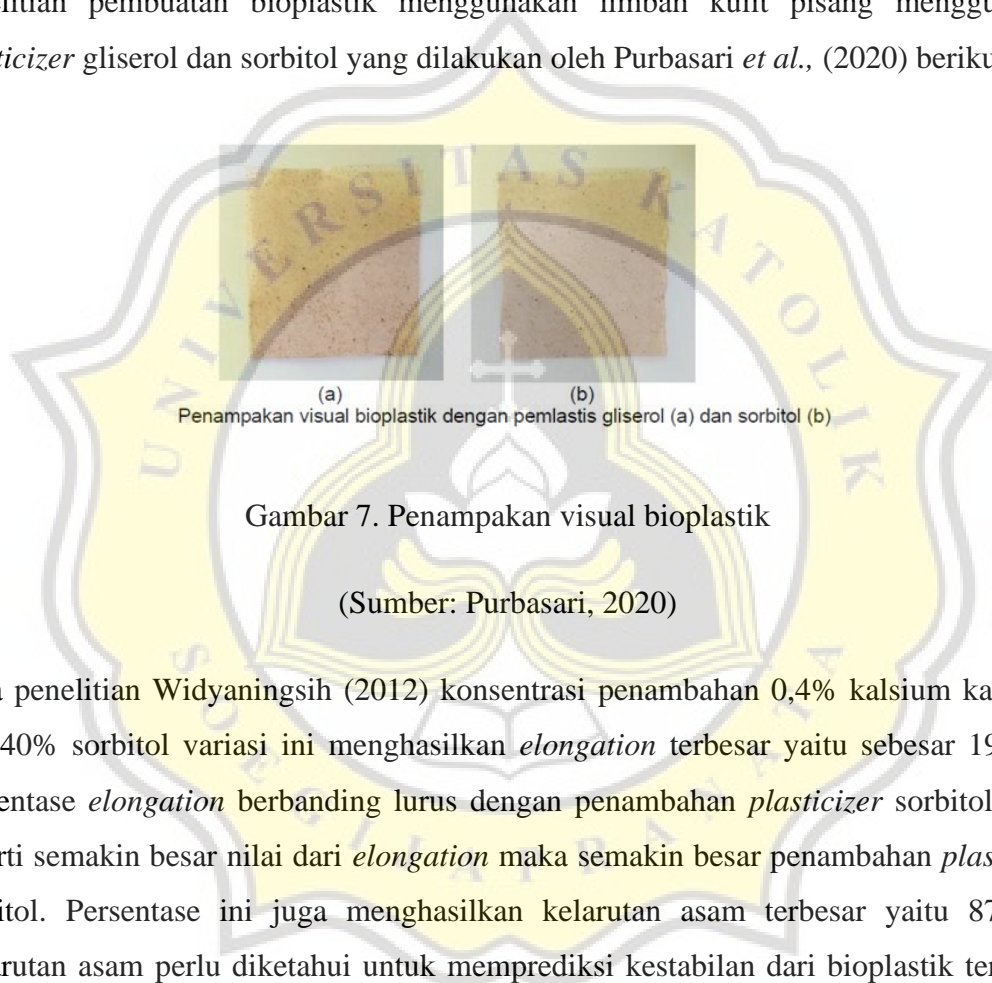
Hasil dari penelitian ini menggunakan *plasticizer* gliserol ataupun sorbitol menghasilkan perpanjangan putus memenuhi standar SNI yaitu 21-220%, gliserol dengan konsentrasi 30-70% menghasilkan perpanjangan putus 23,78-29,11%, sedangkan sorbitol dengan konsentrasi 30-70% menghasilkan 22,11-28,22%. Kuat tarik tariknya belum memenuhi standar, kuat tarik gliserol konsentrasi 30-70% menghasilkan 3,93-8,07 MPa dan sorbitol konsentrasi 30-70% menghasilkan 4,53-8,83%. Semakin banyak gliserol yang digunakan maka semakin meningkat juga perpanjangan putus. Menurut Septiosari (2014) penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* mempunyai fungsi seperti memberikan sifat elastisitas pada film bioplastik sehingga nilai elongasi meningkat ketika semakin banyak penambahan gliserol. Penambahan *plasticizer* dapat menurunkan gaya antar molekul sepanjang rantai polimer sehingga fleksibilitas meningkat.

Menurut Sanyang (2015) hal tersebut dapat terjadi karena *plasticizer* membentuk ikatan hidrogen dengan molekul polimer dan ikatan intermolekuler berkurang ketika dalam matriks polimer sehingga mengurangi kuat tarik pada bioplastik. Pada penurunan kuat tarik bioplastik lebih besar pada *plasticizer* gliserol dibandingkan dengan sorbitol. Gliserol memiliki bobot molekul yang kecil yaitu 92,09 g/mol sehingga lebih mudah berinteraksi dengan molekul-molekul polimer. Gliserol berinteraksi ke dalam matriks polimer menjadikan ikatan intermolekuler berkurang sehingga ikatan hidrogen antara molekul polimer dan gliserol terbentuk kemudian mengakibatkan berkurangnya kekuatan antar molekul polimer dan bertambahnya fleksibilitas polimer.

Afinitas air yang baik pada gliserol karena memiliki 3 gugus hidroksil daripada sorbitol yang mempunyai 6 gugus hidroksil (Lagos *et al.*, 2015). Penyerapan air yang baik sehingga mudah terdegradasi ditemukan pada bioplastik yang menggunakan *plasticizer* gliserol (Wahyuningtyas, 2017). Menurut Bourtoom (2008) bertambahnya konsentrasi pada gliserol dapat meningkatkan kelembaban dari plastik hal ini terjadi karena gliserol mempunyai sifat yang higroskopis sehingga gliserol mudah untuk masuk di antara rantai polimer plastik. Semakin banyak penambahan sorbitol juga berpengaruh pada cepatnya

proses degradasi. Persentase dari berat bioplastik yang terdegradasi meningkat apabila terdapat penambahan gliserol (Septiosari, 2014).

Sorbitol memiliki bobot molekul yang lebih besar yaitu 182,17 g/mol. Warna pada bioplastik yang dihasilkan dari penggunaan *plasticizer* sorbitol lebih terang dibandingkan dengan penggunaan *plasticizer* gliserol (Maruddin *et al.*, 2017). Dapat dilihat dari penelitian pembuatan bioplastik menggunakan limbah kulit pisang menggunakan *plasticizer* gliserol dan sorbitol yang dilakukan oleh Purbasari *et al.*, (2020) berikut.



Gambar 7. Penampakan visual bioplastik

(Sumber: Purbasari, 2020)

Pada penelitian Widyaningsih (2012) konsentrasi penambahan 0,4% kalsium karbonat dan 40% sorbitol variasi ini menghasilkan *elongation* terbesar yaitu sebesar 19,81%. Persentase *elongation* berbanding lurus dengan penambahan *plasticizer* sorbitol, yang berarti semakin besar nilai dari *elongation* maka semakin besar penambahan *plasticizer* sorbitol. Persentase ini juga menghasilkan kelarutan asam terbesar yaitu 87,86%. Kelarutan asam perlu diketahui untuk memprediksi kestabilan dari bioplastik terhadap hidrolisis dari senyawa asam yang dapat saja keluar dari bahan ketika penyimpanan. Bioplastik lebih besar persentase kelarutannya, karena pati lebih mudah terdegradasi oleh asam dan dalam kondisi asam pati tidak tahan. Uap air yang diserap oleh bahan dari suatu lingkungan disebut higroskopisitas. Nilai higroskopisitas semakin besar seiring bertambahnya penambahan sorbitol.

Variasi penambahan komposisi sorbitol dapat mempengaruhi sifat laju dari transmisi uap air. Transmisi uap air dapat dipengaruhi oleh struktur dari bahan pembentuk dan sifat kimia, konsentrasi dari *plasticizer*, serta kondisi lingkungan seperti temperatur dan kelembaban. Pada lapisan terdapat gelembung udara yang dapat meningkatkan laju transmisi uap air. Peningkatan pada nilai laju transmisi uap air juga karena komponen hidrofilik yang terdapat pada *film* bertambah sehingga memudahkan untuk uap air melewatinya. *Film* yang dibuat dengan bahan dasar pati serta penambahan *plasticizer* sorbitol memiliki rendahnya permeabilitas terhadap uap air apabila dibandingkan dengan *plasticizer* lainnya dengan konsentrasi yang sama (McHugh & Krochta, 1994). *Film* dengan bahan dasar pati kulit pisang memiliki pori-pori yang kecil hal ini menyebabkan rendahnya transmisi uap air serta gas (Santoso, 2004). Sorbitol memiliki sifat hidrofilik sehingga meningkatkan kelarutan dalam air. Bioplastik dengan bahan dasar pati dapat berpengaruh pada kelarutan *film* tergantung dari konsentrasi dan jenis *plasticizer* yang digunakan. Kelarutan meningkat seiring bertambahnya *plasticizer* (Bourtoom, 2007).

Pada penelitian yang telah dilakukan nilai lebih besar didapatkan pada daya regang ketika tidak menambahkan sorbitol. Selama pengukuran berlangsung terdapat gaya maksimum yang terjadi disebut juga dengan nama penentuan daya regang (*tensile strength*) biasanya dikenal dengan kuat tarik. Hasil dari pengukuran kuat tarik berhubungan dengan jumlah penambahan *plasticizer* pada pembuatan bioplastik. *Plasticizer* dapat mengurangi ikatan dari hidrogen yang terdapat pada internal molekul dan dapat menyebabkan lemahnya gaya tarik dari intermolekul rantai polimer sehingga berkurangnya daya regang putus. Penambahan *plasticizer* yang berlebih dari jumlah tertentu dapat menghasilkan bioplastik dengan nilai yang lebih rendah pada kuat tarik (Lai *et al.*, 1997). Gaya tarik hingga maksimum yang dapat dicapai sebuah *film* hingga tertahan sebelum putus atau sobek disebut ketahanan sobek (Krochta dan Johnson, 1997). Apabila konsentrasi sorbitol ditambahkan dapat menurunkan nilai dari ketahanan sobek. Kekuatan dari ikatan hidrogen intermolekul polimer berkurang akibat dari penambahan *plasticizer* sehingga berkurangnya ketahanan sobek dan fleksibilitas *film* meningkat.

Sifat *film biodegradable* dapat dipengaruhi oleh penambahan sorbitol. Semakin banyak penambahan sorbitol berpengaruh pada penurunan berat dari *film* bioplastik. Pada penelitian yang dilakukan oleh Widyaningsih *et al.*, (2010) bioplastik dikubur didalam tanah selama 30 hari. Pada hari ke-10 dilakukan penimbangan dan sudah mengalami penurunan berat dari *film* bioplastik. Penurunan berat terjadi secara signifikan pada hari ke-30 penguburan, penurunan hingga 85%. Ikatan-ikatan asetal pada pati mudah diuraikan. Penggunaan degradasi polimer untuk menyatakan adanya perubahan secara fisik akibat dari reaksi kimia yang mencakup putusnya ikatan dalam tulang punggung dari makromolekul. Dalam polimer linear terdapat reaksi degradasi kimia yang dapat menyebabkan turunnya berat dari molekul (Surdia, 2000).

Penelitian Hardjono *et al.*, (2016) dengan gliserol 20% + CMC + *filler* CaCO₃ menghasilkan kuat tarik 4,202 MPa, mengalami penurunan sebesar 2,142% selama 5 hari. Penambahan CMC juga dapat meningkatkan nilai kuat tarik karena intensitas pada gugus -OH karboksil meningkat sehingga berdampak pada meningkatnya nilai kuat tarik dari bioplastik dari pati. Penurunan ini besar dikarenakan menggunakan CMC karena CMC bersifat hidrofil sehingga meningkatkan kelembaban yang tinggi. Mikroba lebih suka pada kelembaban sehingga degradasi dapat dilakukan lebih cepat (Hidayat *et al.*, 2013).

Hasil penelitian oleh Endo (2020) pada penggunaan pati 1 gram + sorbitol 2 gram menghasilkan kekuatan tarik 23 MPa, perpanjangan putus 24,55%, ketebalan bioplastik 0,287 mm, dan penurunan degradasi sebesar 18,71%. Ketebalan pada bioplastik dapat mempengaruhi permeabilitas pada gas. Permeabilitas gas semakin kecil apabila bioplastik yang dihasilkan semakin tebal. Ketebalan pada bioplastik juga akan mempengaruhi kuat tarik dan perpanjangan putus pada bioplastik. Penambahan pati pisang berpengaruh pada ketebalan yang dihasilkan, semakin tinggi konsentrasi penambahan maka semakin tinggi juga tebal bioplastik. Hal ini disebabkan karena pati yang bersifat hidrofilik dapat mengikat molekul air serta dapat membentuk ikatan antara air dan pati (Agustin, 2016). Semakin tinggi penambahan konsentrasi pati dapat menurunkan nilai kuat tarik dan persen perpanjangan putus. Penambahan konsentrasi yang tinggi ini dapat meningkatkan

proses degradasi hal ini dikarenakan permukaan polimer meningkat secara luas akibat dari pati yang terhidrolisis oleh mikroorganisme. Pati akan dikonsumsi oleh mikroorganisme lalu membentuk pori-pori dalam matrik polimer sehingga gugus-gugus menjadi rentan untuk terdegradasi (Park *et al.*, 2002).

Penambahan sorbitol 10% + kalsium silikat 1% menghasilkan kuat tarik 23 MPa, perpanjangan putus 3%, dan mengalami penurunan degradasi 3%. Penambahan kalsium silikat meningkatkan kuat tarik karena kalsium silikat memiliki struktur yang acicular (tidak beraturan tetapi tajam) sehingga mampu meningkatkan kuat tarik. Namun hal ini menyebabkan perpanjangan putus berkurang. Biodegradasi mengalami penurunan disebabkan penggunaan kalsium silikat sendiri karena *non biodegradabl* (Udjana *et al.*, 2020).

5.5. Peluang Pengembangan

Peluang pengembangan bioplastik di Indonesia besar dikarenakan melimpahnya pisang di Indonesia dengan jenis pisang yang berbeda-beda sehingga perlu dipilah pisang jenis apa yang menghasilkan pati lebih banyak. Banyaknya pisang maka menghasilkan limbah kulit pisang yang banyak juga. Namun untuk memperoleh limbah kulit pisang dalam skala yang besar, harus bekerjasama dengan industri-industri pengolahan pisang. Perlu dipikirkan bagaimana pendistribusian limbah kulit pisang dari tempat limbah ke pengolahan. Pada pengembangan bioplastik terdapat kendala karena *plasticizer* yang digunakan karena harganya cukup mahal di pasaran. Sehingga harus mencari bahan tambahan lain yang lebih murah, alami dan mudah untuk didapatkan. Kalsium karbonat lebih murah dibandingkan dengan *plasticizer*.