

5. PEMBAHASAN

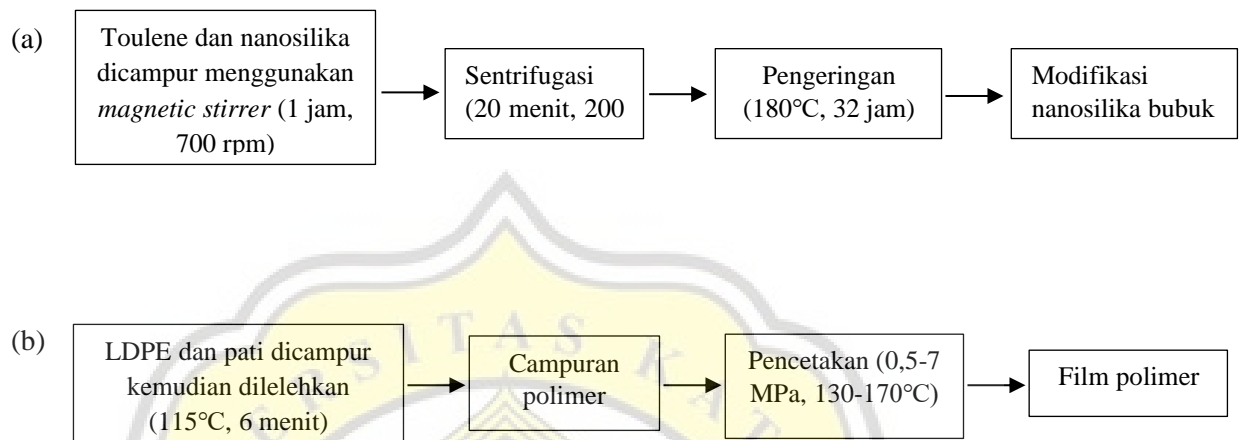
5.1. Komposisi Limbah Padi untuk Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik berbasis limbah padi yang memiliki komposisi yang berbeda-beda akan menghasilkan jenis produk yang berbeda. Banyaknya limbah padi yang tersedia dikarenakan produksi padi sendiri menjadi prioritas utama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Produk hayati berupa limbah inilah yang dimanfaatkan sebagai bahan pembuat bioplastik dimana bahan ini bersifat terbarukan dan ramah lingkungan (Corradini *et al.*, 2013). Pemilihan limbah padi menjadi bahan baku pembuatan bioplastik karena memiliki serat yang terkandung seperti selulosa, lignin, hemiselulosa. Menurut Mukul (2020) jerami padi mengandung lignin (5%-24%), hemiselulosa (19%-27%) dan selulosa (32%-47%). Kandungan selulosa jerami padi relatif tinggi dibandingkan dengan lignin dan hemiselulosa sehingga potensial sebagai bahan pembuatan bioplastik. Selulosa bersifat termoplastik sehingga plastik yang dihasilkan dapat dilunakkan dengan bantuan panas dan akan mengeras perlahan saat proses pendinginan (Isroi *et al.*, 2017).

Serat pada bahan alam yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik bersifat amorf yang terkandung pada lignin dan hemiselulosa, sehingga untuk proses pembuatan bioplastik perlu dilakukan pemisahan terlebih dahulu. Menurut Ilyas *et al.*, (2017) perlakuan yang dilakukan pada serat alam ini untuk meningkatkan indeks kristalinitas serat, memperbaiki sifat mekanik pada material serta memperluas permukaan serat selulosa. Salah satu perlakuan yang dilakukan untuk menghilangkan lignin pada pembuatan bioplastik yaitu dengan perlakuan alkali. Proses ini dilakukan dengan melarutkan selulosa dalam larutan alkali kuat kemudian akan diperoleh selulosa yang hampir murni. Kadar selulosa yang hampir murni disebut juga α -selulosa, dimana tingkat kemurnian mikrokristalin selulosa yang dihasilkan ditandai dengan adanya peningkatan pada kadar α -selulosa (Fitriani *et al.*, 2013). Hal ini

didukung oleh hasil dari Mostafa *et al.*, (2018) yang juga menggunakan perlakuan alkali untuk menghilangkan lignin dari selulosa dengan penambahan larutan NaOH 5%. Hasil yang didapat setelah proses delignifikasi yaitu kadar lignin yang masih terkandung didalamnya perlahan menghilang dan dapat menghasilkan bioplastik dengan waktu 14 hari dan kemampuan degradasi sebesar 41-44%.

Modifikasi pada bahan baku dilakukan untuk kebutuhan industri, hal ini dilakukan karena penggunaan bahan baku cenderung meningkat dan digunakan secara terus menerus sehingga akan terjadi pengurangan bahan baku. Modifikasi disesuaikan dengan produk yang akan dibuat dengan penambahan zat-zat aditif ataupun bahan pendukung lainnya, dengan adanya modifikasi bahan maka akan semakin banyak produk yang diproduksi dan dimanfaatkan oleh industri (PRWEB, 2012). Penggunaan bahan baku berupa selulosa cenderung meningkat sehingga perlu dilakukan modifikasi terhadap selulosa untuk kebutuhan industri. Menurut Princi *et al.*, (2005) bahwa modifikasi selulosa menggunakan teknik pencakokan dengan memilih monomer yang tepat dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas termal, monomer yang digunakan yaitu monomer metil metakrilat dan etil akrilat dari kopolimerisasi cangkok. Modifikasi juga dilakukan pada polisakarida, sehingga dapat menghasilkan produk dengan struktur makromolekul seperti resin polimer, gel ataupun hidrogel, dan material komposit yang dapat diaplikasikan dalam teknologi separasi (Crini 2005). Nanosilika yang diperoleh dari ekstraksi sekam padi dapat dilakukan modifikasi untuk pembuatan kemasan yaitu pada *biodegradable film*. Penggunaan modifikasi nanosilika dengan campuran polimer yang berbeda berfungsi untuk meningkatkan sifat termomekanik pada produk (Chen, 2004), berikut merupakan proses produksi nanosilika yang telah termodifikasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Modifikasi Nanosilika
(Datta *et al.*, 2020)

Pada Gambar 5. (a) merupakan produksi nanosilika menjadi nanosilika yang telah termodifikasi dan (b) produksi *biodegradable film*. Pembuatan modifikasi nanosilika ini dengan mencampurkan 3-aminopropyltrimethoxysilane dengan nanosilika yang didapat dari sekam padi dan toluena kering dalam pengaduk magnetik. Kemudian dilakukan pencampuran dan disentrifugasi selama 20 menit dengan kecepatan 200 rpm, lalu dikeringkan hingga menjadi modifikasi nanosilika berupa serbuk kering. Sedangkan pada produksi *biodegradable film* dengan bahan berupa modifikasi nanosilika, LDPE dan pati yang dicampur kemudian dicetak dan menjadi produk film polimer.

Limbah padi yang dimanfaatkan untuk pembuatan produk-produk bioplastik diantaranya jerami, sekam dan dedak dengan kandungan serat yang berbeda-beda. Selain selulosa terdapat beberapa serat lainnya yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik, *edible film* maupun produk lainnya seperti kertas, *biobased*, biokomposit dan lain-lain yaitu lignin, hemiselulosa, lignoselulosa, pati dan nanosilika.

Biopolimer karbohidrat yang dapat terdegradasi di alam yaitu pati yang mudah dan murah didapat sebagai bahan utama pada pembuatan plastik *biodegradable*, selain itu ketersediaan pati melimpah dan dapat diperbarui. Menurut Yuli (2010), penambahan matriks polimer pada pati dilakukan untuk memberikan ketahanan dan kekuatan mekanisme seperti pengisi atau penguat berupa bahan logam maupun alami. Salah satu bahan pengisi alami yang digunakan dalam pembuatan bioplastik yaitu serat nano jerami dengan fungsi sebagai pengawet dan mengurangi kelembaban (Liu, 2012).

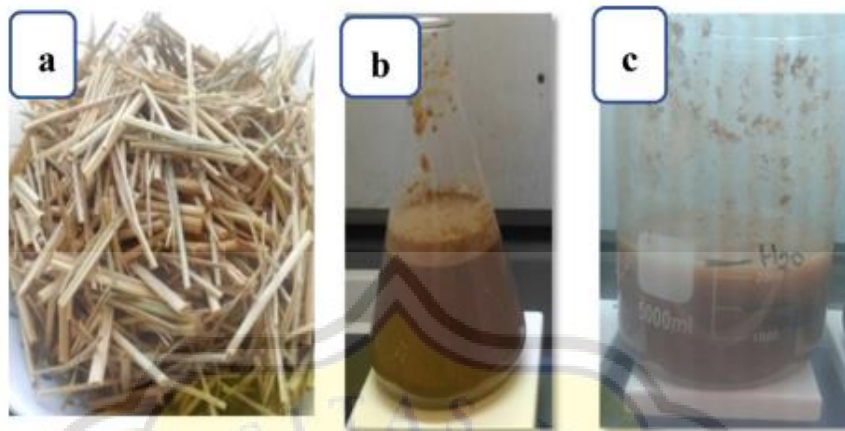
5.2. Pembuatan Bioplastik dan Produk Lainnya

Proses pembuatan bioplastik diawali dengan persiapan bahan baku dan bahan tambahan lainnya yang akan digunakan. Berdasarkan penelitian dari Pratiwi *et al.*, (2016) preparasi yang dilakukan untuk proses pembuatan bioplastik meliputi pencucian, pengeringan melalui oven ataupun dijemur di bawah sinar matahari, pemotongan, penggilingan kemudian dilakukan pencetakan. Jerami yang menjadi bahan baku pembuatan bioplastik dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu, kemudian dihancurkan menjadi serbuk menggunakan mortar. Selain itu terdapat metode inversi fasa yang dilakukan yaitu polimer dilarutkan dalam pelarut kemudian dicetak dan kadar air yang terkandung dibiarkan hingga menguap. Proses selanjutnya adalah pengayakan yang bertujuan untuk memisahkan bagian serbuk yang halus dengan yang masih kasar. Pada penelitian Bilo *et al.*, (2018) serbuk jerami dicampurkan dengan asam trifluoroasetat (TFA) dengan rasio 1:20 dan dipertahankan dalam pengadukan dengan kecepatan sekitar 800 rpm selama 3 hari dalam tudung laminar labu dilemari asam dan ditutup untuk menghilangkan TFA secara perlahan. Penambahan TFA bertujuan untuk pembengkakan selulosa dan merupakan asam organik yang mudah menguap (Zhao *et al.*, 2007).

Selulosa yang terkandung pada limbah padi akan melewati proses delignifikasi yang dapat melarutkan lignin hingga terpisah dari seratnya. Menurut Kurniaty *et al.*, (2017) delignifikasi merupakan pretreatment untuk memutus ikatan lignin pada selulosa, hal

ini didukung oleh teori dari Permatasari *et al.*, (2013) yang menyebutkan bahwa proses delignifikasi akan membuka struktur pada lignoselulosa agar selulosa lebih mudah diakses dan mempermudah pemisahan lignin dengan serat. Disisi lain proses delignifikasi dapat melarutkan lignin serta hemiselulosa yang terkandung didalamnya akan menyebabkan pengembangan pada struktur selulosa terutama pada penambahan NaOH saat proses tersebut dilakukan (Nata *et al.*, 2014), selain itu proses ini akan mengakibatkan struktur lignin mengalami kerusakan dan melepaskan senyawa karbohidrat sehingga akan mengubahnya menjadi serat dengan kandungan selulosa yang tinggi.

Pembuatan *biodegradable film* dapat dilakukan ekstraksi jerami padi, dengan tujuan untuk memisahkan komponen yang terkandung didalamnya dengan bantuan pelarut. Pada penelitian Elhussieny *et al.*, (2020) jerami padi digiling kemudian direndam air hangat selama 2 jam, kemudian dikeringkan dalam suhu ruang. Jerami yang telah kering ditambahkan NaOH kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 2 jam dan diaduk secara konstan dengan kecepatan 500 rpm setelah itu dilakukan pencucian untuk menetralkan pH. NaOH ditambahkan dan dipanaskan kembali dengan suhu dan waktu yang sama, kemudian dilakukan pencucian dan pengeringan kembali pada suhu ruang. Penambahan NaOH dapat menyebabkan kerusakan struktur lignin pada jerami padi sehingga dapat memisahkan sebagian lignin dan hemiselulosa dari jerami. Pada Gambar 6. terdapat ilustrasi perubahan jerami padi setelah dilakukan ekstraksi.



Gambar 6. Ekstraksi Serat Jerami
(Elhussieny *et al.*, 2020)

Pada Gambar 6. dapat dilihat perubahan jerami padi setelah proses ekstraksi. Gambar (a) merupakan jerami yang belum dilakukan ekstraksi (b) jerami telah mengalami proses perlakuan alkali dan (c) jerami padi setelah proses ekstraksi. Serat jerami yang telah diekstraksi kemudian disuspensikan dalam air kemudian disonikasi selama 30 menit menggunakan ultrasonikasi akan menghasilkan nanopartikel pada 500 W dengan frekuensi 20KHz (Nasri *et al.*, 2013). Selama proses ekstraksi jerami menggunakan alkali, bagian selulosa dapat terlarut bersama dengan hemiselulosa karena berat molekulnya rendah.

Pembuatan pulp dari jerami padi dengan merendam bahan terlebih dahulu hingga jerami menjadi lunak dan mengembang. Pada penelitian Sothornvit & Sampoompuang (2012) jerami yang telah direndam semalaman dimasak dengan campuran NaOH 15% dengan rasio antara cairan dan padat 6:1 pada suhu 100°C selama 2 jam. Pemasakan jerami padi menyebabkan terjadinya delignifikasi dan menghasilkan pulp. Kemudian pulp dicuci untuk menghilangkan sisa dari proses pemasakan dan dipecah menjadi butiran-butiran kecil dalam disintegrator selama 30 menit lalu diayak menggunakan penyaring. Produk kertas dari jerami terbuat dari pulp yang telah dipilih dari proses

tersebut. Proses ini juga sama seperti penelitian dari Norashikin dan Ibrahim (2010) yaitu pulp melalui proses perendaman, pemanasan, penyaringan, proses penetralan dan pengeringan. Hasil akhir dari produk tersebut akan menjadi lembaran tipis dan berwarna putih setelah melalui proses pemutihan (Latifah dalam Sapuan, 2021).

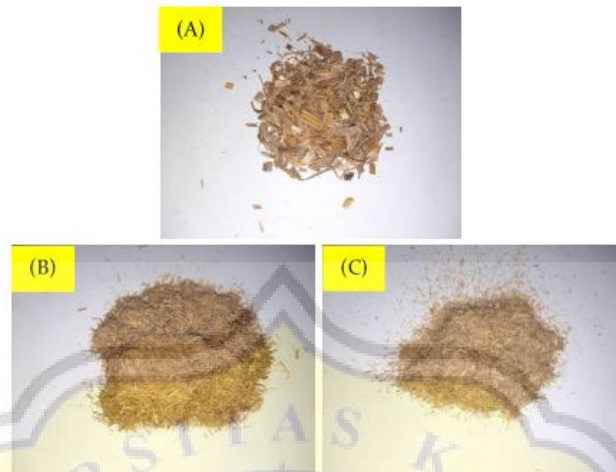
Film pati dengan bahan baku sekam padi dilakukan proses ekstraksi selulosa dengan perlakuan alkali diberi penambahan NaOH pada suhu 80°C selama 3 jam. Collazo *et al.*, (2019) menyebutkan rasio perbandingan padat dan cair yang digunakan yaitu 1:15 kemudian dilakukan pengadukan terus menerus. Setelah itu sampel dicuci hingga larutan alkali yang tercampur hilang. Proses pemutihan dilakukan dengan menambahkan larutan buffer asetat, natrium klorit serta air suling pada perlakuan alkali sebelumnya kemudian direfluks pada suhu sekitar 100°C selama 4 jam. Untuk mendapatkan hasil sampel yang benar-benar putih perlakuan dapat diulangi sebanyak 3 hingga 4 kali, kemudian sampel dicuci dan dikeringkan setelah itu dihancurkan dengan cara digiling.

5.3. Bahan Tambahan yang Digunakan

Adanya bahan tambahan lain pada pembuatan bioplastik akan menghasilkan produk dengan sifat dan karakteristik yang berbeda-beda. Salah satu bahan yang sering digunakan yaitu campuran antara pati dengan bahan lainnya. Sifat khas yang dimiliki oleh pati yaitu rapuh dan tidak bersifat termoplastis karena strukturnya seperti kristal, oleh sebab itu perlu ditambahkan *plasticizer* agar menjadi lebih elastis karena dapat memecah struktur kristal tersebut. Menurut Zuraida *et al.*, (2012) variasi *plasticizer* yang umum digunakan yaitu gliserol, glikol, sorbitol, urea dan gula. Sifat fisik dan mekanik pada bioplastik dapat diperbaiki dengan adanya penambahan *plasticizer* dan gliserol sehingga sifat fisik dan kimianya dapat menyerupai plastik konvensional LDPE. Gliserol yang digunakan sebagai *plasticizer* berbasis campuran pati, natrium alginat dan gelatin bersifat hidrofilik, larut dalam air sehingga mampu meningkatkan kelarutan pada produk tersebut.

Bahan baku seperti pati banyak digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* pada skala industri karena dapat menggantikan polimer plastik dengan harga yang ekonomis, mudah didapat dan dapat diperbarui. Namun pada umumnya pati yang digunakan sudah dimodifikasi, hal ini dilakukan karena pati asli memiliki struktur kristal yang akan menghambat pembentukan plastik. Menurut teori dari Piemonte *et al.*, (2013) modifikasi pati dibagi menjadi 2 jenis yaitu *destructurization* yang membentuk *thermoplastic starch* (TPS) dengan memasukkan pati ke mesin ekstruder dalam keadaan bertekanan dan suhu yang tinggi serta kadar air yang rendah, sedangkan yang terkandung rendah dalam mesin ekstruder, sedangkan *chemical modification* gugus hidroksil pada pati disubstitusi dengan gugus eter atau ester dengan tujuan untuk mengurangi sifat hidrofilik dari pati sehingga tidak mudah terdegradasi oleh air. Menurut Karnawidjaja, (2009) pembuatan film menggunakan pati dengan penambahan air dan proses pemanasan akan terjadi proses gelatinisasi karena adanya ikatan hidrogen sehingga ikatan amilosa saling berdekatan. Gel tersebut akan membentuk film yang stabil setelah proses pengeringan, hal ini disebabkan karena adanya proses penguapan sehingga produk akan menyusut.

Digunakannya etanol karena bersifat mudah menguap, namun dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna pada bahan yang terkena larutan tersebut. Penggunaan pelarut organik menyebabkan proses hidrolisis pada lignoselulosa yang menghasilkan serat dengan kandungan selulosa tinggi dan mengalami perubahan warna menjadi gelap (Safitri *et al.*, 2018). Perubahan jerami padi sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan pelarut organik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perlakuan Pelarut Organik pada Jerami
(Setiawan *et al.*, 2021)

Pada Gambar 7. dapat dilihat perubahan yang terjadi pada jerami padi sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan pelarut organik. Gambar (A) sebelum perlakuan (B) perlakuan menggunakan etanol 5% dan (C) perlakuan etanol 35%. Jerami padi sebelum dilakukan perlakuan terlihat berwarna cerah dan bertekstur kasar, sedangkan sesudah dilakukan perlakuan menjadi lebih gelap namun bertekstur halus. Banyaknya konsentrasi yang digunakan akan mempengaruhi efektivitas delignifikasi terutama penggunaan konsentrasi etanol yang tinggi berpengaruh terhadap proses pengendapan lignin di permukaan lignoselulosa (Hamzah *et al.*, 2020).

Sintesis karboksimetil selulosa (CMC) dapat dikonversersi lebih lanjut menjadi *biodegradable film*. CMC merupakan polisakarida yang dapat larut dalam air, berwarna putih, tidak berasa, tidak berbau, hidrofilik, dan pembentuk film yang baik sehingga digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* (Joshi *et al.*, 2014). CMC didapat dari sekam padi, namun ada juga produksi pada skala laboratorium dan skala industri. Perbandingan kemurnian CMC (%) dalam sekam padi, ampas tebu dan produk CMC komersial dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Perbandingan Kemurnian CMC

Limbah Biomassa	Kandungan CMC (%)
CMC komersial	95,04
Sekam padi	92,33
Ampas tebu	98,53

(Gupta *et al.*, 2020)

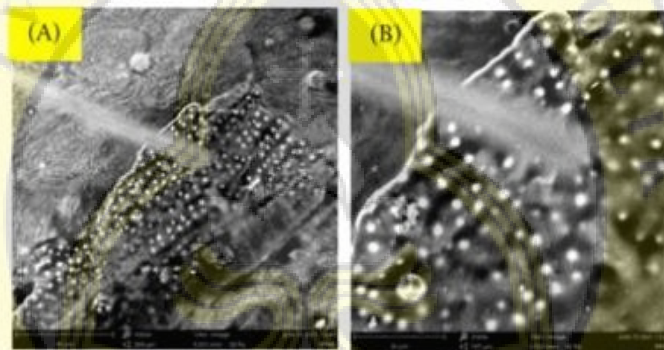
Pada Tabel 17. dapat dilihat bahwa tingkat kemurnian CMC pada ampas tebu lebih tinggi jika dibandingkan dengan sekam padi dan CMC komersial. Dalam Gupta *et al.*, (2020) penambahan CMC pada pembuatan film biopolimer menunjukkan nilai kristalinitas yang lebih rendah dari pada selulosa selama proses *mercerization* ikatan hidrogen terputus dalam lingkungan basa. Penurunan nilai kristalinitas yang signifikan seperti dalam pembuatan hidrogel dan kemampuan CMC untuk menyerap air karena adanya peningkatan disekitar wilayah amorf.

Kitosan digunakan dalam pembuatan film berasal dari kulit udang, kepiting dan lobster yang merupakan modifikasi protein. Dalam Elhussieny *et al.*, (2020) penambahan kitosan pada pembuatan produk film agar menghasilkan produk yang awet, selain itu juga bersifat sebagai antimikroba sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengawet. Menurut Viorica *et al.*, (2011) penggunaan kitosan dalam pembuatan plastik *biodegradable* dapat mengurangi kecepatan penyerapan air, meningkatkan sifat mekanik pada produk, dapat mengurangi kelembaban dari produk, dapat terdegradasi dan dapat digabungkan dengan material lainnya. Penambahan kitosan berpengaruh terhadap elongasi bioplastik yaitu semakin banyak kitosan yang digunakan maka nilai elongasi semakin besar, hal ini didukung oleh teori dari (Nafiyanto, 2019) yang menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi kitosan yang digunakan maka ikatan hidrogen yang terdapat pada bioplastik semakin banyak, sehingga ikatan kimia akan sulit terputus karena ikatannya rapat dan homogen. Selain itu kitosan tidak beracun dan

ramah lingkungan, sehingga sering digunakan pada material yang bersifat *biodegradable*. Sedangkan untuk produk bioplastik pada proses sintesis dapat membentuk lapisan tipis, bening, fleksibel dan kuat (Khantayanuwong, 2016).

5.4. Karakteristik Bioplastik

Karakteristik yang dihasilkan bioplastik berbeda-beda tergantung produk dan bahan yang digunakan selama proses produksi dapat dilihat dari sifat fisik dan mekanik. Berikut merupakan gambaran morfologi bioplastik melalui perbesaran yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Morfologi Bioplastik
(Setiawan *et al.*, 2021)

Pada Gambar 8. disajikan morfologi dengan perbesaran yang berbeda, pada gambar (A) dengan perbesaran 1000x dan (B) dengan perbesaran 2500x. Berdasarkan hasil SEM pada penelitian Setiawan *et al.*, (2021) morfologi permukaan bioplastik terlihat tidak rata dan terdapat bagian yang menggumpal. Keadaan seperti ini disebabkan karena kurangnya homogenitas dari produk sehingga menyebabkan ikatan antar muka pada permukaan serat dengan matriks melemah, sehingga sifat mekanik bioplastik tersebut menurun.

Sifat mekanik pada bioplastik, *biodegradable film* dan produk lainnya dapat dilihat melalui kekuatan tarik, panjang putus (elongasi), biodegradabilitas, modulus young dan ketahanan air. Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum sebelum produk putus atau robek. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui tarikan maksimum pada suatu produk untuk setiap permukaan film. Menurut Fauzi (2013) sifat kohesi struktural tergantung pada konsentrasi dan jenis bahan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik maupun film. Kohesi struktural yaitu kemampuan polimer untuk menentukan kekuatan ikatan antar rantai polimer.

Pembuatan bioplastik, *biodegradable film* dan produk lainnya memiliki ketebalan tersendiri dalam pencetakan, hal tersebut dikarenakan ketebalan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari produk yang dihasilkan serta karakteristiknya seperti pada kuat tarik, elongation, kuat robek, modulus young. Elongasi yaitu terjadinya perubahan panjang maksimum pada peregangan sebelum sampel terputus (Pradana, 2017) hal ini dapat dilihat pada konsentrasi bahan yang digunakan seperti pada penambahan pati. Syarifudin dan Yuniarta (2015) penambahan konsentrasi pati maupun pektin pada sampel produk dapat meningkatkan elastisitasnya karena bersifat hidrofilik dan dapat membentuk ruang bebas. Kuat tarik (*tensile strength*) yaitu gaya maksimum yang dapat ditahan suatu benda saat diregangkan. Pada suatu produk dengan kuat tarik yang besar tergantung besarnya konsentrasi pada bahan yang digunakan, hal tersebut berhubungan dengan meningkatnya kekuatan gel maka matriks pada produk akan semakin rapat dan akan mempengaruhi kuat tarik tersebut. Namun pada penambahan gliserol dapat menurunkan kekuatan nilai kuat tarik, karena ikatan hidrogen akan berkurang pada ikatan intermolekular sehingga kemampuan menurun (Akili *et al.*, 2012).

Modulus young atau disebut juga modulus elastis dimana berkaitan dengan regangan (*strain*) dan tegangan (*stress*) sehingga dapat dilihat pada ukuran kekakuan benda atau tingkat elastisitasnya. Setiani *et al.*, (2013) menyatakan semakin besar nilai *modulus young* maka benda tersebut akan kaku, begitu juga sebaliknya apabila nilai *modulus*

young kecil maka benda tersebut akan semakin elastis. Selain itu pengaturan suhu dan waktu juga dapat mempengaruhi elastisitas suatu produk, apabila suhu yang digunakan semakin tinggi dan waktu pengeringan lama maka kekakuan produk akan meningkat, sehingga mengakibatkan produk mudah robek dan kering. Produk bioplastik, *biodegradable film* maupun produk lainnya harus memiliki sifat tahan terhadap air dengan kata lain daya serap air pada produk tersebut rendah. Hal ini akan menyebabkan penurunan sifat mekanis pada produk yang signifikan. Menurut Darni *et al.*, (2014) ketahanan air dari plastik berbanding terbalik dengan nilai serap air, apabila nilai air yang diserap semakin kecil maka ketahanan air pada produk akan semakin besar. Maka dari itu pada pembuatan bioplastik maupun *biodegradable film* ditambahkan pati, karena bersifat hidrofilik yang berpengaruh pada proses penyerapan air.

5.5. Peluang pengembangan

Peluang pengembangan produk bioplastik dan produk lainnya seperti *biodegradable film*, kertas dan lain-lain dengan menggunakan bahan limbah padi dapat berpeluang besar, hal tersebut dikarenakan karena terdapat kandungan selulosa yang merupakan salah satu biopolimer alami. Biomassa menjadi bahan baku yang digunakan bersifat *biodegradable* karena dapat terdegradasi, mudah didapat (Waryat, 2013). Namun tidak semua bagian limbah padi dapat digunakan sebagai pembuatan bioplastik sehingga perlu dipilah pada bagian-bagian tertentu seperti pada jerami, sekam ataupun dedak padi. Kendala yang terjadi pada proses pengembangan produk yaitu adanya modifikasi bahan dengan pengecilan ukuran maupun penambahan bahan tambahan pada saat proses modifikasi seperti modifikasi pati yang ditambahkan dengan *plasticizer* agar produk menjadi lebih elastis dan dapat meningkatkan kemampuan *biodegradability*nya.

Penggunaan larutan dalam pembuatan bioplastik memiliki kelemahan terutama penggunaan larutan alkali. Menurut Ferreira *et al.*, (2021) penggunaan larutan alkali pada pembuatan bioplastik menghasilkan serat dengan kandungan selulosa yang rendah dan menghasilkan air limbah yang dapat mencemari lingkungan, sehingga harus

segera ditangani dengan tepat agar tidak merusak lingkungan sekitar. Selain itu pelarut yang sering digunakan untuk proses delignifikasi yaitu metanol dan etanol. Namun penggunaan metanol memiliki kekurangan pada saat proses reaksi terjadi secara maksimal maka metanol membutuhkan asam klorida, selain itu larutan ini juga bersifat beracun sehingga penggunaan dan pengoperasian harus dilakukan secara hati-hati (Zhao, 2009). Untuk perlakuan larutan etanol pada serat alam tidak membutuhkan katalis asam, tingkat toksisitas lebih rendah dan lebih aman serta dapat dioperasikan dengan tingkat konsentrasi yang rendah.

Pembuatan bioplastik dengan bahan pati memiliki kelemahan yaitu kurang tahan terhadap air atau bersifat hidrofilik dan sifat mekaniknya masih rendah terutama pada kekuatan tarik dan modulus young. Menurut Ban (2005) biopolimer yang digunakan untuk campuran pati harus bersifat hidrofobik seperti kitosan, selulosa dan protein. Sedangkan sifat mekaniknya terutama elastisitasnya dapat diperbaiki dengan mencampurkan pati dengan *plasticizer*. Selain itu penambahan bahan tambahan lainnya seperti CMC juga menjadi kendala karena harganya yang mahal di pasaran, selain itu untuk pembuatan CMC perlu diperhatikan alkalisasi dan karboksimetilasi karena akan menentukan karakteristik yang dihasilkan dari CMC tersebut.