

Pengembangan Bioplastik Hidrofobik Berbasis Nanoselulosa Kulit Biji Kakao (Theobroma cacao L.) Dengan Metode Coating

Aditya Risqan^{1*}, Tamrin¹, RH Fitri Faradilla¹, Sri Rejeki¹

¹Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Andounohu, Kec. Kambu, Kota Kendari,
Sulawesi Tenggara 93232 Indonesia
*E-mail : adityarisqan6@gmail.com

Diterima: 13 juni 2024; Disetujui: 30 Juni 2024

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya limbah kulit biji kakao yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Kulit biji kakao memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi sehingga dapat dijadikan suatu alternatif untuk membuat produk baru turunan selulosa yaitu nanoselulosa. Nanoselulosa merupakan polimer selulosa yang berukuran nano. Nanoselulosa dapat dimanfaatkan dalam pengembangan bioplastik ramah lingkungan. Bioplastik kulit biji kakao masih memiliki kelemahan yaitu mudah menyerap air dari lingkungannya. Metodecoating dengan menggunakan Fluoro Octyltriethoxyl Silane (FOS) dan lilin lebah diharapkan dapat menahan uap air dari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan karakteristik selulosa, bleached selulosa dan nanoselulosa kulit biji kakao, serta mengetahui pengaruh konsentrasi pelapisan menggunakan FOS dan menggunakan lilin lebah terhadap karakteristik morfologi dan nilai sudut kontak dari bioplastik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor tanpa interaksi. Faktor pertama mencakup perbedaan jenis bahan, terdiri atas dua taraf yaitu menggunakan FOS (F) dan lilin lebah (L). Faktor kedua merupakan jumlah pencelupan (P) terdiri atas tiga taraf yaitu 1 kali, 2 kali, dan 3 kali. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif. Hasil analisis menunjukkan terjadi perbedaan karakteristik selulosa, bleached selulosa dan nanoselulosa kulit biji kakao. Analisis morfologi menunjukkan permukaan bioplastik yang lebih halus dengan perlakuan pelapisan dibandingkan tanpa perlakuan pelapisan. Analisis sudut kontak menunjukkan nilai sudut kontak yang lebih besar pada permukaan bioplastik dengan perlakuan pelapisan.

kata kunci: bioplastik, hidrofobik, FOS, kulit biji kakao, lilin lebah

ABSTRACT

This research was motivated by the existence of cocoa bean shell waste which has not been fully utilized. Cocoa bean shells contain high enough cellulose so that they can be used as an alternative to make new cellulose derivatives, namely nanocellulose. Nanocellulose is a cellulose polymer which is nano-sized. Nanocellulose can be utilized in the development of environmentally friendly bioplastics. Cocoa bean shell bioplastics still have a weakness, namely that they easily absorb water from the environment. The coating method using Fluoro Octyltriethoxyl Silane (FOS) and beeswax is expected to withstand moisture from the environment. This study aims to determine the comparison of the characteristics of cellulose, bleached cellulose and naocellulose from cocoa bean shells. and knowing the effect of coating concentration using FOS and using beeswax on the morphological characteristics and contact angle values of bioplastics. This study used a two-factor completely randomized design (CRD) without interaction. The first factor covers the different types of materials, consisting of two levels, namely using FOS (F) and beeswax (L). The second factor is the amount of immersion (P) consisting of three levels, namely 1 time, 2 times, and 3 times. The data obtained were analyzed descriptively and quantitatively. The analysis showed that there were differences in the characteristics of cellulose, bleached cellulose and cocoa bean shell nanocelluloses. Morphological analysis showed that the bioplastic surface was smoother with coating treatment than without coating treatment.

keywords: bioplastic, hydrophobic, FOS, cocoa bean shell, beeswax

PENDAHULUAN

Tanaman kakao termasuk dalam genus *Theobroma*, dengan nama latin *Theobroma cacao* L. Kolaka Utara merupakan salah satu daerah penghasil biji kakao terbesar di Provinsi Sulawesi Tenggara. Provinsi Sulawesi Tenggara adalah penghasil kakao terbesar ketiga setelah Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tengah. Produksi kakao di Kabupaten Kolaka Utara pada tahun 2015 masih menjadi yang tertinggi di Provinsi Sulawesi Tenggara yaitu 79.475 ton, diikuti Kabupaten Kolaka Timur sebanyak 69,574 ton dan Kabupaten Kolaka sebanyak 29.485 ton (BPS Sulawesi Tenggara, 2016).

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditi andalan negara Indonesia yang mempunyai peluang untuk dikembangkan ke arah diversifikasi produk dengan nilai jual yang cukup tinggi. Dalam pengolahan biji kakao menjadi produk cokelat menghasilkan limbah kulit biji kakao yang cukup banyak. Persentase kulit biji kakao berkisar 10-16% dari keseluruhan bagian biji kakao kering (Maalekuu, 2017). Komponen atau senyawa utama yang terdapat dalam kulit biji kakao adalah selulosa yang jumlahnya mencapai 18, 6%. Kulit biji kakao juga mengandung karbohidrat, aldehyd, polifenol, asam-asam amino dan lain-lain seperti yang terdapat dalam nib (Minifie, 2012).

Berdasarkan kandungan selulosa yang terdapat pada limbah kulit nib biji kakao berpotensi sebagai sumber nanoselulosa yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan bioplastik. pemanfaatan kulit nib ini selain dapat menambah diversifikasi produk dari limbah kulit nib biji kakao hasil samping industri coklat, juga dapat menghasilkan produk hasil akhir yang memiliki nilai jual tinggi serta diharapkan mampu mengurangi limbah pertanian.

Nanoselulosa merupakan bentuk lain dari selulosa yang memiliki ukuran lebih kecil dari 100 nm. Nanoselulosa memiliki beberapa keunggulan dibandingkan selulosa, diantaranya adalah kekuatan tarik (tensile strength) tinggi (500 Mpa), kristalinitasnya besar, luas permukaannya tinggi dan mudah terdispersi (Brinchi et al, 2013). Dengan luasnya permukaan ini nanoselulosa banyak dimanfaatkan sebagai nanofiller pada material komposit. Selain itu nanoselulosa bersifat biodegradable yang ramah lingkungan (Nugroho, 2016). Nanoselulosa banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri seperti dalam pengembangan kemasan makanan (Arietta et al, 2016; Omara et al, 2019), pengembangan kertas (Aholo et al, 2008; Eriksen et al, 2008 dan Taipale et al, 2010), sebagai pengental makanan dan tambahan karbohidrat rendah kalori, produk penyerap dan hygiene (Mashego, 2016) produk kosmetik, kedokteran dan farmasi (Syverud dan Stineus, 2009). Untuk itu perlu adanya sebuah terobosan baru dalam menghasilkan nanoselulosa dari limbah kulit biji kakao yang selama ini belum

dimanfaatkan secara optimal menjadi produk industri yang bermanfaat, khususnya kemasan pangan.

Proses pembuatan nanoselulosa dapat dilakukan dengan mendegradasi selulosa. Degradasi selulosa ini dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti perlakuan mekanik (homogenisasi dengan tekanan tinggi dan sonifikasi), perlakuan biologi (enzimatik dengan mikroorganisme) dan perlakuan kimiawi (hidrolisis asam dan oksidasi). Metode oksidasi TEMPO mampu menghasilkan karakteristik nanoselulosa yang lebih kecil dibandingkan metode isolasi lainnya (Gea et al, 2018). Faradilla et al (2016) telah mengisolasi nanoselulosa dari batang pisang menggunakan metode oksidasi TEMPO (2,2,6,6-tetramethylpiperidine 1-oxyl) dan menghasilkan nanoselulosa dengan ukuran 7 – 35 nm. Dan Gea et al (2018) mengisolasi nanoselulosa dari tandan sawit dengan ukuran nanoselulosa 31,04 nm.

Keunggulan nanoselulosa lainnya selain melimpah dialam, juga memiliki permukaan yang lebih luas, kekuatan mekanik, biokompatible dan biodegradable (Brinchi et al, 2013), sehingga dapat digunakan sebagai kemasan biodegradable yang ramah lingkungan (Nugroho, 2016). Dengan berbagai keunggulan dari nanoselulosa tersebut sangat berpotensi sebagai bahan baku dalam pengembangan bioplastik yang ramah lingkungan berbasis nanoselulosa kulit biji kakao.

Plastik merupakan salah satu polimer sintesis yang banyak digunakan karena memiliki sifat yang stabil, ringan, tahan air, transparan, fleksibel dan kuat, namun tidak dapat diuraikan oleh mikroba. Dan pembakaran plastik dapat menyebabkan pencemaran yang dapat mengganggu kesehatan (Yuana et al, 2016). Setiap tahun sekitar 300 juta ton plastik di produksi diseluruh dunia, dari jumlah tersebut maka dapat dipastikan jumlahnya akan mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan penduduk dan peningkatan kebutuhan akan kemasan (Arikan et al, 2018), sedangkan untuk mendaur ulang dibutuhkan biaya yang lebih tinggi dibandingkan biaya pembuatannya, maka diperlukan pemikiran dan teknologi baru untuk membuat plastik ramah lingkungan (Avella, 2009). Bioplastik dapat menyelesaikan masalah lingkungan dengan menggunakan bahan dari sumber daya terbarukan dan ramah lingkungan (Sharma et al, 2017).

Bioplastik merupakan plastik yang berasal dari sumber daya terbarukan dan dapat digunakan layaknya plastik konvensional (Sarasa, 2012; dan Karama, 2012), dapat terurai secara alami oleh gugus yang peka terhadap cahaya maupun aktivitas air. Bioplastik akan hancur terurai oleh mikroorganisme menjadi air dan gas karbondioksida setelah habis dipakai dan tanpa menimbulkan zat beracun (Luengo, 2003). Bahan baku bioplastik berlimpah ruah dimanapun dan dapat diperbaharui melalui perkebunan atau pertanian. Indonesia merupakan negara yang memiliki pertanian dan

perkebunan yang luas, sehingga untuk memproduksi bioplastik bukaanlah hal yang sulit untuk mendapatkan bahan bakunya (Dominik, 2004). Berdasarkan bahan baku yang digunakan bioplastik terbagi menjadi dua, yaitu bioplastik petrokimia (Non Renewable Resources) dengan bahan aditif sumber biodegradable dan bioplastik sumberdaya alam terbarukan (Renewable Resources) yang dapat dibuat dari pati, protein dan selulosa (Selviana et al., 2016).

Reddy dan Rhim (2014) telah melakukan pengembangan bioplastik berbasis nanoselulosa kulit bawang yang dimodifikasi dengan agar dan gliserol sebagai plasticizer, melaporkan bahwa bioplastik berbasis nano memiliki karakteristik permukaan yang halus, homogen dan lebih kuat dibanding yang menggunakan selulosa. Hossain dan Uddin (2018)

telah melakukan penelitian film berbasis nano biomassa tanaman jagung. Faradilla et al., (2018) melaporkan bahwa film bioplastik berbasis nanoselulosa batang pisang memiliki karakteristik lebih kuat, stabil terhadap panas, kristalinitas lebih tinggi, mudah terdispersi kedalam air dan ramah lingkungan.

Pengembangan bioplastik umumnya masih memiliki banyak kekurangan, salah satu kekurangannya adalah daya hidrofobitasnya terhadap air. Bioplastik mudah rusak jika berinteraksi dengan air, hal ini dikarenakan bahan baku yang digunakan sebagian besar memiliki sifat hidrofilik.

Oleh karena itu pentingnya inovasi perlakuan pelapisan untuk meningkatkan sifat hidrofobitasnya. Bahan superhidrofobik adalah bahan yang memiliki permukaan yang sangat sulit untuk dibasahi, dengan sudut kontak air ≤ 150 . hidrofobitas permukaan ditentukan oleh komposisi dan topografi kimianya (Erasmus and Barkhyusen, 2009).

Erasmus dan Barkhyusen (2009) telah melakukan penelitian mengenai kapas yang sangat hidrofilik diberi perlakuan untuk dibuat menjadi kapas hidrofobik, kapas dengan permukaan super hidrofobik dan kemampuan membersihkan diri telah dihasilkan oleh perlakuan menggunakan 1H, 1H, 2H, 2H-Fluorooctyl Triethoxysilane, peningkatan level perlakuan meningkatkan sudut kontak air, sehingga menunjukkan kemampuan membersihkan diri. Marcello et al., (2016) telah melapisi salami dengan menggunakan lilin lebah, lilin lebah mencegah kehilangan air dan memberikan perlindungan selama penyimpanan, lilin lebah juga merupakan salah satu bahan yang paling efektif karena hidrofobitasnya yang tinggi dan keadaan padat pada suhu kamar.

Pemanfaatan bioplastik untuk mengurangi penggunaan limbah sampah plastik saat ini menjadikannya sebagai salah satu zat yang banyak diminati oleh industri. Tetapi karakteristik dari bioplastik tersebut, khususnya sifat hidrofobitasnya masih jauh dari sifat asli plastik polimer. Berdasarkan pertimbangan tersebut, perlu dilakukan penelitian pengembangan bioplastik yang bersumber dari bahan alam yang cukup melimpah seperti limbah industri

pengolahan coklat dalam hal ini kulit nib kakao dan diberikan perlakuan pelapisan untuk mengukur sifat hidrofobitasnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa perbedaan konsentrasi dalam pelapisan akan mempengaruhi kualitas fisik, misalnya morfologi permukaan, tekstur, daya tarik dan sifat hidrofobitasnya. Oleh karena itu perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk melihat pengaruh konsentrasi penggunaan coating 1H, 1H, 2H, 2 H-Fluorooctyl triethoxy silane dan lilin lebah terhadap sifat fisik dari bioplastik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan untuk ekstraksi α -selulosa, pembuatan nanoselulosa, bioplastik dan pelapisan serta analisisnya adalah limbah industri kakao (kulit biji kakao), natriumhidroksida (NaOH 5%), asam peroksida (H₂O₂ 2%, natrium bromide (NaBr), 2,2,6,6, Tetramethyl -piperidin 1 oxyl (TEMPO), natrium hipoklorit (NaOCl 10%), 1H,1H,2H,2H- Fluoro octyltriethoxy silane (FOS), lilin lebah (beeswax), ethanol 96 %, kertas saring, aluminium foildanaquadest. Alat yang digunakan untuk isolasi Nanoselulosa dan pembuatan bioplastik adalah baskom, blender, ayakan 80 mesh, timbangan analitik, oven, kompor gas, , magnetic stirer, sentrifuse, hot plate dan shaker.

Prosedur Penelitian

Preparasi Sampel Kulit Biji Kakao

Kulit biji kakao diperoleh dari PT Kalla Kakao Industri. Kulit biji kakao ini siap untuk dijadikan bubuk.

Pembuatan Bubuk Kulit Biji Kakao

Kulit biji kakao yang diperoleh dari PT Kalla Kakao Industri digiling menggunakan blender sampai halus lalu diayak menggunakan ayakan 70 mesh dan diperoleh bubuk kulit biji kakao.

Ekstraksi Selulosa (Modifikasi Onggo dan Astuti, 2018)

Ekstraksi selulosa dilakukan dengan memasukkan 25 gram bubuk kulit biji kakao kedalam erlenmeyer (1 L) yang berisi 750 ml larutan NaOH 5% lalu di autoklaf selama 1 jam pada suhu 100° C. Sampel kemudian dibiarkan di suhu ruang hingga residu mengendap lalu dipisahkan larutan dari residu semaksimal mungkin. Residu yang diperoleh dibilas dengan aquadest sebanyak tiga kali. Residu (pulp) kemudian diputihkan menggunakan H₂O₂ 2 % (250 ml) lalu dishake selama 2 jam dengan kecepatan 180 rpm. Setelah dua jam, campuran disaring untuk diambil residunya lalu dibilas dengan aquadest. Residu yang diperoleh disebut sebagai α -selulosa.

Isolasi Nanoselulosa dengan Metode Oksidasi TEMPO (Modifikasi Faradilla et al., 2016)

NaBr sebanyak 0,2 gram dicampurkan dengan 0,04 gram TEMPO dalam 100 ml aquades menggunakan magnetic stirer hingga terlarut sempurna lalu ditambahkan 27 gram α -selulosa dan 22,5 ml NaOCl 10 %. Reaksi dibiarkan terus berlangsung selama 3 jam. Setelah 3 jam, dilakukan penambahan 5 ml etanol untuk menghentikan reaksi. Campuran dibiarkan di suhu ruang hingga residu mengendap dan dipisahkan dari larutannya. Sisa residu disaring menggunakan kertas saring. Residu kemudian dimasukkan ke dalam kantong membran dialisis dan diletakkan dalam gelas piala yang berisi aquades selama satu hari. Nanoselulosa yang dihasilkan kemudian disimpan kedalam refrigerator.

Pembuatan Bioplastik

Nanoselulosa yang telah disimpan di lemari pendingin (refrigerator) sebelum dibuat menjadi bioplastik terlebih dahulu diukur kadar airnya dengan cara cawan petri dimasukkan kedalam oven, lalu dioven selama 30 menit dengan suhu 105°C. selanjutnya cawan ditimbang menggunakan timbangan analitik. Sampel nanoselulosa kemudian ditimbang sebanyak 2 gram lalu dimasukkan kedalam cawan untuk kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik. Setelah itu dioven lagi selama 5 jam dengan suhu 105°C. Hasil penimbangan sampel nanoselulosa tersebut dimasukkan kedalam rumus untuk kemudian diketahui jumlah kadar airnya. Hasil kadar air akan mempengaruhi jumlah total solid dari nanoselulosa untuk kemudian menentukan jumlah konsentrasi nanoselulosa dan konsentrasi aquadest yang akan digunakan.

Dalam pembuatan bioplastik yang pertama dilakukan adalah persiapan bahan. Bahan yang akan disiapkan diantaranya nanoselulosa sebanyak 4,53 gram (d disesuaikan dengan hasil kadar air), aquadest 30,47 dan gliserol sebanyak 0,25 ml. semua bahan tersebut dimasukkan kedalam blender lalu diblender selama 10 menit. Sampel yang telah diblender di masukkan kedalam cawan masing- masing 20 ml. sampel diketuk- ketuk agar tidak terdapat buih. Selanjutnya sampel dioven sampai kering dan terpisah dari cawannya. Sampel selanjutnya disimpan kedalam plastik label agar tidak berjamur.

Pelapisan (Coating) Metode Menggunakan 1H,1H,2H,2H- fluoro- Octyltriethoxysilane (FOS)

Sebanyak 40 ml absolut etanol disiapkan kedalam tabung sentrifuge 50 ml (tabung sentrifuse plastik). 3 M HCl ditambahkan kedalam tabung hingga pH etanol mencapai 2. Pengukuran pH bisa menggunakan pH meter atau kertas lakmus. Fos sebanyak 800 μ L ditambahkan kedalam etanol. Larutan kemudian di vortex atau dikocok. Larutan diinkubasi pada suhu 40°C selama 2 jam. Bioplastik disiapkan 3 lembar dengan lebar sekitar 1,5 cm dan panjang 7 cm, l.alu

dicelupkan kedalam larutan dan diinkubasi pada suhu 80°C selama 3 jam. Bioplastik kemudian dikeluarkan dari larutan dan dioven pada suhu 60°C. bioplastik yang telah dicoating disebut B-fos 1. Sisa larutan FOS dicelupkan kembali dengan 3 lembar bioplastik yang telah disiapkan dan diulangi kembali dari tahap pencelupan kedalam larutan dan inkubasi pada suhu 80°C selama 3 jam hingga didapat B-FOS II, perlakuan tersebut dilakukan hingga diperoleh B-FOS III. semua sampel kemudian diukur sudut kontakny.

Pelapisan (Coating) Dengan Menggunakan Lilin Lebah (Beeswax)

Lilin lebah sebanyak 3 gram dimasukkan kedalam labu takar 100 ml. lalu ditambahkan N- heksan (100 ml) kedalam labu takar, larutan dikocok hingga terlarut sempurna. Larutan dituang kedalam cawan petri kaca tertutup. Pada cawan petri satu lembar bioplastik direndam kedalam larutan selama 10 detik, lalu dikeringkan. Pengeringan bioplastik dilakukan dengan cara dimasukkan kedalam oven dengan suhu 50°C selama 10 menit. Bioplastik yang sudah kering direndam kembali kedalam larutan N- heksan dan lilin lebah, lalu dikeringkan kembali dengan oven. Perendaman ini dilakukan hingga tiga kali (jumlah perlakuan pencelupan). Bioplastik yang sudah kering kemudian disimpan didalam plastik klip.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Selulosa dan Nanoselulosa

Selulosa adalah suatu polimer linier panjang ($C_6H_{10}O_5$) yang dibentuk oleh lebih 100 –2000 molekul D-glukosa dengan ikatan 1,4- β -glikosidik. Selulosa banyak terdapat pada dinding sel tumbuhan (Fessenden, 1982). Selulosa dalam dinding sel tanaman selalu berikatan dengan lignin dan hemiselulosa. Senyawa lignin dan hemiselulosa ini bersifat mudah larut dalam senyawa alkali, sehingga dapat dihilangkan menggunakan larutan basa seperti NaOH melalui proses delignifikasi. Delignifikasi merupakan proses pemisahan lignoselulosa dari bubuk kakao sehingga selulosa, lignin, dan hemiselulosa terpisah. Delignifikasi mengurangi ikatan hidrogen dengan menghilangkan gugus hidroksil melalui reaksi dengan natrium hidroksida (Emilia, 2018).

Rosli et al. (2013) melaporkan bahwa natrium hidroksida efisien untuk menghilangkan hemiselulosa dari serat selulosa. Selain itu, ukuran kulit biji kakao yang digunakan juga sangat berpengaruh dalam proses ekstraksi dalam jumlah lignin dan hemiselulosa yang terbebaskan. Penelitian ini menggunakan bubuk kulit biji kakao yang berukuran 70 mesh, karena semakin kecil ukuran partikel bahan akan memungkinkan terjadinya interaksi antara bahan pereaksi dengan permukaan serat dalam proses ekstraksi lebih optimum (Amirudin et al, 2020). Melisa et al. (2014) dalam jurnal penelitiannya menyimpulkan bahwa semakin kecil partikel semakin

banyak yang terekstrak. Hasil perbedaan karakteristik selulosa dan nanoselulosa dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan penampakan selulosa, bleached selulosa dan nanoselulosa kulit biji kakao

Berdasarkan Gambar 1 Hasil ekstraksi selulosa menggunakan pelarut basa NaOH 5 % berwarna kehitaman. Hal ini dipastikan karena karakteristik dari kulit biji kakao yang berwarna coklat kehitaman dan kandungan lignin yang cukup tinggi pada kulit biji kakao, yakni sebesar 7,12 % (Laconi, 1998). Selain itu, warna hitam pada pulp juga disebabkan karena kandungan lignin yang masih tersisa setelah proses ekstraksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan bleaching untuk mengurangi warna kehitaman pada pulp.

Pengolahan nanoselulosa diawali dengan adanya proses bleaching. Proses bleaching bertujuan untuk melarutkan sisa senyawa lignin yang dapat menyebabkan perubahan warna, dengan cara mendegradasi rantai lignin yang panjang oleh bahan-bahan kimia pemutih menjadi rantai-rantai lignin yang pendek, maka lignin dapat larut pada saat pencucian dalam air atau alkali (Sumada et al., 2011). Lignin yang mengotori pulp mengandung senyawa kromofor yang dapat melunturkan warna pulp jika tidak diolah (Raharja, 2007). Proses bleaching selulosa menggunakan larutan oksidator hidrogen peroksida 2 %. Hidrogen peroksida mempunyai kemampuan melepaskan oksigen yang cukup kuat dan mudah larut dalam air serta mampu mendegradasi senyawa lignin pada bahan pangan. Hasil bleaching pulp menggunakan H₂O₂ 2% berwarna coklat terang. Hal ini dikarenakan konsentrasi larutan hidrogen peroksida yang digunakan masih terlalu rendah. Sehingga, masih terdapat senyawa lignin pada pulp yang dihasilkan.

Nanoselulosa yang diisolasi adalah polimer selulosa yang berukuran nano. Nanoselulosa dalam penelitian ini diisolasi dengan menggunakan oksidator

TEMPO. oksidasi TEMPO terjadi dengan mengubah gugus hidroksil menjadi gugus karboksilat (Amirudin et al., 2020). Saito et al. (2006) menyatakan bahwa gugus hidroksil primer C6 pada selulosa akan dikonversi menjadi gugus karboksilat melalui gugus aldehid, dan melibatkan NaClO selama proses oksidasi.

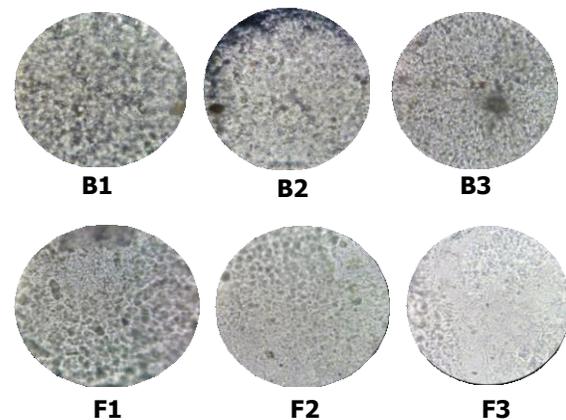
Hasil penelitian sebagaimana disajikan pada Gambar 13 memaparkan bahwa nanoselulosa yang diisolasi menggunakan oksidator TEMPO memiliki warna yang lebih putih dibandingkan dengan selulosa.

Hal ini disebabkan pada metode oksidasi TEMPO, larutan yang digunakan untuk oksidasi selulosa

mengandung NaClO. Aminah (2017) menyatakan bahwa NaClO umumnya digunakan sebagai bahan utama dalam proses bleaching selulosa. Sofiana (2017) juga menyatakan bahwa perlakuan bleaching menggunakan natrium hipoklorit memiliki efek yang sama dengan alkalinasi, akan tetapi lebih kuat. Sehingga dapat diketahui bahwa selama proses oksidasi berlangsung, senyawa NaClO juga bekerja dalam memotong senyawa lignin sehingga dihasilkan nanoselulosa yang berwarna putih. Rosli et al. (2013) melaporkan bahwa berdasarkan pada analisis komposisi kimia, sejumlah besar lignin hilang selama proses bleaching.

Hasil Analisis Morfologi

Analisis morfologi bioplastik menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 40x. Analisis morfologi bertujuan untuk mengetahui permukaan bioplastik dengan perlakuan pelapisan menggunakan Beeswax dan perlakuan menggunakan FOS. Penampakan morfologi bioplastik hasil pelapisan dapat dilihat pada Gambar 2.



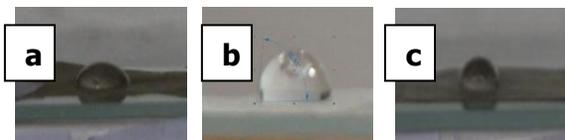
Gambar 2. Morfologi bioplastik hasil pelapisan beeswax 1x (B1), beeswax 2x (B2), beeswax 3x (B3), FOS 1x (F1), FOS 2x (F2) dan FOS 3x (F3)

Gambar 2 hasil pengujian morfologi menunjukkan bahwa bioplastik pelapisan menggunakan FOS memiliki permukaan yang lebih halus dan pori-pori lebih kecil dibandingkan dengan bioplastik pelapisan menggunakan beeswax. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah pencelupan permukaan morfologi bioplastik semakin halus. Hal ini dikarenakan penggunaan bahan pelapis yang menutupi permukaan bioplastik. Hal ini didukung oleh penelitian Irnawati et al., (2020) yang menyatakan bahwa bahan pelapis akan melapisi dan menutupi pori-pori film. Sehingga, semakin banyak pelapisan berulang, maka permukaan bioplastik akan semakin halus.

Hasil Analisis Sudut Kontak

Sudut kontak adalah sudut yang dibentuk antara bidang datar bahan uji dengan permukaan cairan yang ditetaskan ke bahan uji. Sudut ini sebagai salah satu parameter penting untuk mengetahui energi permukaan, hidrofobisitas, kekasaran dan heterogenitas. Dari pengukuran sudut kontak dapat diketahui permukaan bersifat hidrofobik atau bersifat hidrofilik (Wiguna dan Kelen, 2018).

Besarnya sudut kontak permukaan bahan terhadap tetesan cairan diperoleh berdasarkan hasil pengamatan langsung melalui pemotretan kamera digital yang kemudian diukur sudut kontak menggunakan CorelDraw X4. Para peneliti telah berhasil mengklasifikasikan sudut kontak dalam tiga kelompok yaitu untuk sudut lebih kecil dari 30° maka bahan tersebut bersifat basah (hidrofilik), sudut kontak antara 30° - 89° disebut basah sebagian (partially wetted), dan sudut kontak lebih dari 90° disebut hidrofobik atau bersifat menolak air. Cairan yang digunakan untuk mengukur sudut kontak adalah air (Syakur et al., 2011). Menurut Karthick dan Maheshwar (2008) permukaan yang bersifat hidrofobik memiliki sudut kontak antara 90°-150° dan hidrofilik memiliki sudut kontak antara 10°-90°. Gambar 3 menunjukkan droplet pada permukaan bioplastik yang tidak dilapisi atau coating (Gambar 3a), bioplastik pelapisan dengan lilin lebah (Gambar 3b) dan bioplastik pelapisan menggunakan fluoroocthyl triethoxyl silane (FOS) (Gambar 3c). Droplet ini akan menentukan sudut kontak dari bioplastik.



Gambar 3. Droplet pada permukaan bioplastik tanpa pelapisan (a), pelapisan FOS (b), Pelapisan Beeswax (c).

Berdasarkan Gambar 3 permukaan droplet pada waktu 120 detik, menunjukkan droplet pada permukaan bioplastik yang tidak sama, bioplastik tanpa pelapisan lebih melebar dibandingkan bioplastik perlakuan pelapisan. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik dengan perlakuan pelapisan dapat menahan tetesan air masuk kedalam permukaan bioplastik. Bioplastik pelapisan beeswax (B) menunjukkan droplet yang lebih konstan dibandingkan dengan bioplastik pelapisan FOS. Rerata nilai sudut kontak bioplastik dengan metode pelapisan dapat dilihat pada Tabel 1.

analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pelapisan sangat berpengaruh nyata terhadap nilai

Tabel 1. Rerata Nilai Sudut Kontak.

Perlakuan	Rerata Sudut Kontak		DMRT 0,05
	Sudut Kontak	Keterangan	
Kontrol	51,99 ^e ±2,15	Basah Sebagian	
F1	78,05 ^{bc} ±1,74	Basah Sebagian	2= 2,41
F2	77,06 ^c ±1,95	Basah Sebagian	3= 2,53
F3	71,83 ^d ±0,42	Basah Sebagian	4= 2,60
B1	84,42 ^a ±0,44	Basah Sebagian	5= 2,66
B2	84,89 ^a ±0,19	Basah Sebagian	6= 2,69
B3	80,55 ^b ±1,64	Basah Sebagian	7= 2,71

Berdasarkan Tabel 1. Hasil analisis sudut kontak menunjukkan bahwa rerata nilai sudut kontak bioplastik pelapisan beeswax lebih tinggi dibandingkan pelapisan FOS dan kontrol, dengan rerata nilai sudut kontak beeswax sebesar 80,55° - 84,89°, rerata sudut kontak pelapisan FOS 71,83° - 78,05° dan rerata kontrol sebesar 51,99°. Ada beberapa faktor yang menjadi penduga rendahnya nilai sudut kontak dari pelapisan bioplastik. Faktor faktor penduga tersebut diantaranya kehalusan permukaan bioplastik dan pengaktifan larutan FOS yang belum optimal. Perlakuan pelapisan membuat permukaan bioplastik menjadi halus. rendahnya sudut kontak bioplastik pada permukaan yang halus disebabkan oleh permukaan bidang kontak. Semakin kasar suatu permukaan maka bidang kontak akan semakin kecil, namun sudut kontak akan semakin besar (Irnawati et al, 2020). Selain itu perubahan sudut kontak bergantung pada sifat permukaan itu sendiri. Pada permukaan hidrofobik, kekasaran akan mengakibatkan bertambahnya sudut kontak, sedangkan pada permukaan hidrofilik kekasaran membuat sudut kontak semakin menurun (Wiguna dan Kelen, 2018). Secara umum, dari semua perlakuan, B2 (beeswax 2x pencelupan) memiliki sudut kontak tertinggi dan paling konstan terhadap penurunan nilai sudut kontak, dengan rerata nilai sudut kontak 84,89°

Lilin (wax) merupakan ester dari asam lemak berantai panjang dengan alkohol monohidrat berantai panjang atau sterol. Hagenmaier dan Shaw (1990) dalam Listiyawati (2012), menyatakan bahwa asam lemak rantai panjang seperti stearat dan palmitat sering digunakan sebagai aditif karena bersifat hidrofobik dengan titik leleh yang tinggi. Krochta et al., (1994), menambahkan jika yang diinginkan sifat hidrofobik maka lipid dapat memberikan kontribusi untuk menahan uap air, sedangkan komponen karbohidrat dan protein berperan untuk membentuk matriks yang lebih tahan.

Analisis ragam sudut kontak bioplastik menggunakan variabel jenis bahan pelapis. Hasil

sudut kontak dari bioplastik. Hal ini terlihat dari nilai sudut kontak yang sangat berbeda dari perlakuan jenis

bahan pelapis. Bahan pelapis menggunakan beeswax memiliki rerata sudut kontak diatas pelapisan menggunakan FOS. Data hasil analisis nilai sudut kontak menggunakan lilin lebah adalah 84,42° (P1), 84,89° (P2), 80,55° (P3). Nilai sudut kontak menggunakan FOS adalah 78,55° (F1), 77,06° (F2), 71,83° (F3), sedangkan kontrol memiliki sudut kontak yang sangat rendah yaitu 51,99° (K). Keseluruhan perlakuan bioplastik masih dalam kategori basah sebagian dengan derajat nilai sudut kontak 30°-89.

UCAPAN TERIMAKASIH

Bagian ini bersifat opsional (pilihan) bagi penulis. Ucapan terima kasih ditujukan kepada lembaga atau instansi yang memberikan dana penelitian. Ucapan terima kasih juga dapat disampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S. 2017. Bionanokomposit Film Berbasis PVA dan Nanoselulosa dari Serat Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Arikan, E.B., and H. Digny, B. 2019. Production of bioplastic from potato peel waste and investigation of its biodegradability.
- Avella, M.E. 2009. Eco- challenges of bio based polymer composite material. (2), 911-925.
- Badan Pusat Statistik Sulawesi Tenggara. 2016. Statistik Kakao Sultra. Kendari.
- Brinchi, L. 2013. Production of Nanocrystalline Cellulose from Lignocellulosic Biomass. *Journal Carbohydrate Polimer*. 94, 154-159.
- Brinchi, L., Cotana, F., Fortunati, E. and Kenny, J. M. 2013. Production of nanocrystalline cellulose from lignocellulosic biomass: Technology and applications. *Carbohydrate Polymers*, 94: 154- 169.
- Emilia. 2018. Modifikasi Proses Penyiapan Nanokristalin Selulosa dari Limbah Daun Nanas. Skripsi. Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Eriksen., Syverud, K. and Gregersen. 2008. The use of microfibrillated cellulose produced from kraft pulp as strength enhancer in TMP paper. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 23 (3): 299-304.
- Faradilla, R.H.F., George, L., Aditya, R., Try, H., Martina, H.S. and Jayashree, A. 2016. Nanocellulose Characteristics From The Inner

And Outer Layer Of Banana Pseudo-Stem Prepared by TEMPO-Mediated Oxidation. *Cellulose*.

- Faradilla, R.H.F., George, L., Youn, J.A., Try, H., Penny, M., Justin, R., Martina, H.S. and Jayashree, A. 2016. Characteristics of Free Standing- Film From The Banana Pseudo-Stem Nanocellulose Generated by TEMPO-Mediated Oxidation. *Cellulose*.
- Fessenden, R. J. dan J. S. Fessenden. 1982. *Kimia Organik Jilid 2 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Hossain, A.B.M.S, dan Uddin, M.M, 2018. Dataset biomaterial nano - Selulosa berbasis nano using berbasis biomassa tanaman jagung. *Data dalam brief* 17 (2018) 162- 168.
- Karana, E., Characterization of 'natural' and 'highquality' materials to improve perception of bioplastics. *Journal of Cleaner Production*, 2012. 37: p. 316-325.
- Karthick B. dan Maheshwari R. 2008. "Lotusinspired nanotechnology applications,"*Resonance*,13 (12) : 1141-1145.
- Krochta JM., BaldwinEA., dan Carriedo MON.1994. *Edible Coating and Film to Improve food Quality*. Technomic Publ. Co. Inc. Pennsylvania, USA.
- ListiyawatiO. 2012. Pengaruh Penambahan Plasticizer dan Asam Palmitat Terhadap Karakter Edible Flim Karaginan. Skripsi. Universitas Sebelas Maret, Kendari.
- Luengo, J. M., B. Garcia, A. Sandoval, G. Naharro, E. R. Olivera, *Bioplastics from microorganisms*. *Current Opinion in Microbiology*, 2003. 6(3): p.251-260.
- Melisa, Syaiful B, Nurhaeni. 2014. Optimization of Carboxymethyl Cellulose Synthesis of Cobs of Sweet Corn (*Zea mays* L. *Saccharata*). *Journal of Natural Science*.3 (2): 70-78.
- Minifie, B.W. 2012. *Chocolate, Cocoa and Confectionary*. Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- Nugroho, W. 2016. Pembuatan Cellulose Powder dari Ampas Tebu dengan Variasi Konsentrasi dan Volume Larutan H₂SO₄. Skripsi. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Onggo, H. dan Astuti, J.T., 2018. Pengaruh Sodium Hidroksida dan Hidrogen Peroksida terhadap

- Rendemen dan Warna Pulp dari Serat Daun Nenas (The Effect of Sodium Hydroxide and Hydrogen Peroxide on the Yield and Color of Pulp from Pineapple Leaf Fiber). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 3(1): 37-43.
- Reddy, J.P dan Rhim, J.W. 2014. Characterization of bionanocomposite films prepared with agar and paper - mulberry pulp nanocellulose. *Carbohydrat polymers*.
- Raharja, C. 2007. Proses Pemutihan Pulp (Bubur Kertas) dengan Teknik Ozonasi. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Rosli, N. A., Ahmad, I., and Abdullah, I. 2013. Isolation and characterization of Cellulose Nanocrystals From Agave Angustifolia Fiber. *BioResources*. 8(2): 1893-1908.
- Saito, T., Nishiyama, Y., Putaux, J.L., Vignon, M. and Isogai, A. 2006. Homogeneous Suspensions of Individualized Microfibrils from TEMPO-Catalyzed Oxidation of Native Cellulose. *Biomacromolecules*. 7:1687-1691.
- Sarasa, J., J. M. Gracia, C. Javierre. Study of the biodegradation of a bioplastic material waste. *Bioresource Technology*, 2008. 100(15): p.3764-3768
- Selpiana, Patricia dan Anggraini, C.P., 2016. Pengaruh penambahan kitosan dan gliserol pada pembuatan bioplastik berbasis ampas tebu dan ampas tahu. *Jurnal teknik kimia* No. 1 Vol. 22 Januari 2016.
- Sharma, S., Gupta, A., Podder, P.K., 2017. Dissolution and characterization of biofunctional keratin particles extracted from chicken peathers. In: *IOP Conference Series. Material Science and Engineering*. IOP Publishing. P.12013.
- Sofiana, A., Leo, C. Isojo, Anik, S.H. 2017. Analisis Termal dan Gugus Fungsi Mikrofibril Selulosa (MFC) dari Limbah Batang Sorghum. *Majalah Polimer Indonesia*. 20 (2): 65-72.
- Sumada, K., Puspita, E.T. dan Fiqih, A. 2011. Kajian Proses Isolasi α - Selulosa dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz Yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*. 5 (2): 434-438.
- SyakurA., IkaNA., Sarjiya, dan Berahim H. 2011. Pengaruh Penambahan Silikon Terhadap Sudut Kontak Hidrofobik dan Karakteristik Arus Bocor Permukaan Bahan Resin Epoksi. *TEKNIK*, 32(3).ISSN 0852-1697.
- Syverud, K. and Stenius, P. 2009. Strength and barrier properties of MFC films. *Cellulose*, 16 (1): 75-85.
- Taipale, T., Österberg, M., Nykänen, A., Ruokolainen, J. and Laine, J. 2010. Effect of microfibrillated cellulose and fines on the drainage of kraft pulp suspension and paper strength. *Cellulose*, 17 (5): 1005-1020.
- Wiguna GA., dan Kelen YRL. 2018. Implementasi Visual Basic 6.0 Untuk Pengukuran Sudut Kontak Menggunakan Pendekatan Geometri Dua Lingkaran. *Jurnal Iptek Terapan*, 12(2): 107-11.
- Zugenmaier, P. 2008. *Crystalline Cellulose and Derivatives*. Heidelberg: Springer-Verlag. Hal. 2, 7-8