

Film Nanokomposit Berbasis Termoplastik Pati Singkong -Polivinil Alkohol Dengan Nanoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Bahan Penguat

Soni Hidayat^{*1}, Anerasari Meidinariasty², Robert Junaidi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Email: ¹sonihidayat07@gmail.com, ²anerasari@polsri.ac.id, ³robert.junaidi@gmail.com

Abstrak

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang mengandung kadar selulosa tinggi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan nanoselulosa (NC) yang dimanfaatkan sebagai filler untuk Film Komposit berbasis Termoplastik Pati Singkong - Polivinil Alkohol. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rasio TPS:PVA:NC konstan 5% dari berat TPS:PVA 5:0, 4:1, 3:2, 2:3, 1:4 dan 0:5. Kemudian kedua, setelah mendapatkan film terbaik dari percobaan pertama rasio terbaik divariasikan konsentrasi nanoselulosanya dengan konsentrasi 5, 6, 8 dan 10% sehingga akan diperoleh 9 film komposit yang diteliti. Hasil yang diperoleh berupa lembaran tipis plastik film nanokomposit yang telah diuji sifat mekanik, uji degradasi dan uji ketahanan airnya. Didapatkan konsentrasi nanoselulosa terbaik 10% b/b untuk menghasilkan film komposit dengan nilai uji tarik tertinggi sebesar 14,72%, uji degradasi 51% dan uji ketahanan air dengan persen air terserap tertinggi (71%) serta nilai elongasi tertinggi sebesar 108,33% pada konsentrasi nanoselulosa terbaik 10% b/b.

Kata kunci: Film Nanokomposit, Nanoselulosa, Pati Singkong, Polivinil Alkohol, Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).

Thermoplastic Cassava Starch - Polyvinyl Alcohol Nanocomposite Films with Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) Nanocellulose as Reinforcement Material

Abstract

Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) that contain high cellulose can serve as the raw material for the manufacture of nanocellulose (NC), which is used as a filler for Thermoplastic Cassava Starch - Polyvinyl Alcohol Composite Films. The purpose of this research is to determine the constant TPS:PVA:NC ratio of 5% by TPS:PVA weight of 5:0, 4:1, 3:2, 2:3, 1:4 and 0:5. After finding the best film from the first experiment, the nanocellulose concentration of the best ratio will be varied with concentrations of 5, 6, 8 and 10% - which in turn provides 9 composite films to be examined. The results obtained are thin sheets of nanocomposite plastic films which have been tested for their mechanical properties, degradation and water resistance. The best nanocellulose concentration obtained is 10% b/b, which is used to produce a composite film with the highest test value for tensile (14.72%), for degradation (51%), as well as for water resistance where the highest percentage of water absorbed is 71% and the highest elongation value is (108.33%).

Keywords: Cassava Starch, Nanocellulose, Nanocomposite Films, Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB), Polyvinyl Alcohol.

1. PENDAHULUAN

Ketergantungan manusia pada plastik kemasan semakin meningkat setiap tahunnya. Plastik kemasan yang diproduksi dunia dewasa ini diperkirakan mencapai angka 100 juta ton setiap tahunnya. Dalam hal lain minyak bumi yang dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan plastic kemasan hanya tersedia dengan jumlah terbatas dan sulit terurai secara alami menyebabkan dampak buruk terhadap lingkungan. Terlebih lagi, perpindahan kandungan plastik ke dalam makanan kemasan dapat menyebabkan bermacam gangguan kesehatan seperti gangguan endokrin dan reproduksi, selain menyebabkan kanker [1]. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif plastik kemasan yang ramah kesehatan dan ramah lingkungan. Namun, kemasan ramah lingkungan memiliki kelemahan, terutama sifat mekaniknya. Karena biayanya yang rendah, biodegradabilitas, dan ketersediaannya, pati merupakan sumber polimer alam yang sangat unik dan menarik buat diteliti dalam aplikasi plastik kemasan makanan. Pati tersedia secara luas di alam dan merupakan bahan baku yang menjanjikan untuk membuat plastik biodegradable. Pencampuran polimer merupakan metode penting untuk menghasilkan material baru yang dapat

memenuhi kebutuhan kita. Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer sintetis yang bisa terurai oleh alam secara alami. PVA merupakan bahan yang sering digunakan dalam industri kemasan karena tidak memiliki rasa, tidak berbau dan tidak beracun serta tahan terhadap air, minyak dan lemak. Gugus hidroksil (-OH) yang terkandung dalam struktur PVA cenderung membentuk ikatan hidrogen intramolekul dan antarmolekul yang berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan campuran TPS-PVA. Ini membuat kemampuan pembentukan film yang baik.

Rumus kimia Polivinil alkohol (PVA) $[(C_2H_4OH)_x]$ memiliki molekul relatif kisaran 26.300 s.d 30.000, titik leleh 180°C s.d 190°C, dan derajat hidrolisis 86,5% s.d 89% [2] adalah Polimer sintetis yang dapat bercampur dalam air, sedikit larut dalam etanol tetapi tidak larut dalam pelarut organik lainnya, tidak beracun, tidak berasa, tidak berbau, dan dapat terdekomposisi oleh alam atau *biodegradable*. Sifatnya yang sangat baik dalam proses pembuatan kemasan, ketahanan terhadap lemak dan minyak, kekuatan tarik yang tinggi dan fleksibilitas yang tinggi menjadikan PVA banyak digunakan sebagai alternatif bahan kemasan plastik yang menjanjikan. Namun, hal ini sangat tergantung pada kelembaban, sehingga semakin tinggi kelembaban maka semakin banyak air yang akan diserap oleh lingkungan. Oleh karena itu, hal ini dapat menurunkan kekuatan tarik, meningkatkan perpanjangan dan kekuatan sobek dari film PVA ini [3].

Serat selulosa merupakan polimer alami yang sangat kuat dari segi ekonomi relatif murah. Salah satu sumber serat yang potensial adalah serat tandan kosong sawit. Menurut [4] tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mempunyai beberapa komponen, yaitu selulosa 35,66%- 57,75%, lignin 21,27%-36,68%, dan hemiselulosa 6,61%-15,96%. Serat TKS memiliki komposisi kimia 94,26% selulosa, sehingga sangat cocok sebagai sumber selulosa [5]. Keadaan rantai selulosa panjang yang terikat secara intramolekul dan ikatan hidrogen yang stabil memungkinkan selulosa diproduksi dalam bentuk nanoselulosa. Nanoselulosa adalah material berukuran nano dengan diameter 1-100 nm dan panjang 10-100 nm [6]. Nanoselulosa adalah nanokomposit ringan dan berkekuatan tinggi dengan biaya yang relatif rendah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembuatan film nanokomposit TPS/PVA dengan filler nanoselulosa diantaranya rasio konsentrasi larutan TPS/PVA, konsentrasi nanoselulosa yang digunakan, lamanya pengadukan dan suhu reaksi selama pencampuran komposit.

Penelitian memiliki tujuan mengetahui karakteristik film nanokomposit berbasis TPS/PVA dengan filler nanoselulosa ditinjau dari sifat mekanis (kuat tarik dan elongasi) plastik serta uji biodegradasi dan uji ketahanan air, menentukan rasio pembuatan larutan TPS/PVA dan berat konsentrasi nanoselulosa terbaik pada pembuatan film komposit, dan menentukan kadar selulosa, rendemen %yield, struktur morfologi dan ukuran nanoselulosa yang dihasilkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam waktu 3 (tiga) bulan, dimulai pada minggu keempat bulan Mei 2022, dan selesai pada bulan Juli 2022 di Laboratorium Kimia Analisis Dasar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Peralatan yang digunakan yaitu Labu bundar 1L, Termometer, Motor pengaduk, *Statif* dan *klem*, *Ice bath*, Blender & *Crusher*, Ayakan 50 mesh, Kertas saring, Neraca analitik, Hot Plate + Magnetic stirrer, Lemari Pendingin, Gelas kimia, Pipet Ukur, Gelas Ukur, Labu Takar, Labu Erlenmeyer, *Centrifuge*, Sonikator, Cawan Porselin, dan Jangka sorong. Bahan-bahan yang digunakan antara lain Tandan kosong Sawit, H_2O_2 , NaOH, Aquadest, CH_3COOH , Kalium bromida (KBr), Indikator ferroin, Ferro ammonium sulfat, Es batu, Polivinil Alkohol (PVA), dan pati Singkong.

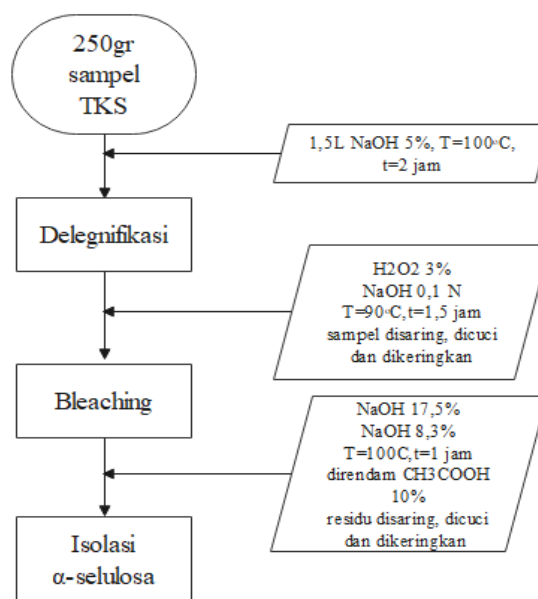
Variabel tetap dan variabel bebas digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini. Variabel tetap Nanoselulosa, yaitu Rasio asam sulfat-selulosa 10;1 mL/g, Massa α -selulosa Tandan kosong kelapa sawit 5gram, Volume Asam Sulfat (H_2SO_4) 50 mL, Waktu Hidrolisis asam 45 menit, % Konsentrasi Asam Sulfat (H_2SO_4) 60%, Suhu hidrolisis asam 45°C, dan Waktu sonikasi 5 menit, sedangkan variabel tetap Komposit Film TPS/ PVA, yaitu Suhu pembuatan larutan TPS/PVA 90°C, Waktu pembuatan larutan TPS/PVA 10 menit, dan Waktu pembuatan film nanokomposit TPS/PVA 15 menit. Selanjutnya variabel bebas, yaitu Rasio TPS:PVA 5:0, 4:1, 3:2, 2:3, 1:4 dan 0:5, dan % berat NC:TPS/ PVA film 5, 6, 8 dan 10 %. Adapun tahapan-tahapan yang peneliti lalui pada penelitian ini dapat diamati pada Gambar 1, 2, dan 3.

Preparasi Sampel

Sampel Tandan Kosong kelapa Sawit dipotong dan dihaluskan menggunakan *Crusher*, setelah itu di saring dengan ayakan ukuran 50 mesh.

Isolasi α -Selulosa Tandan kosong kelapa Sawit

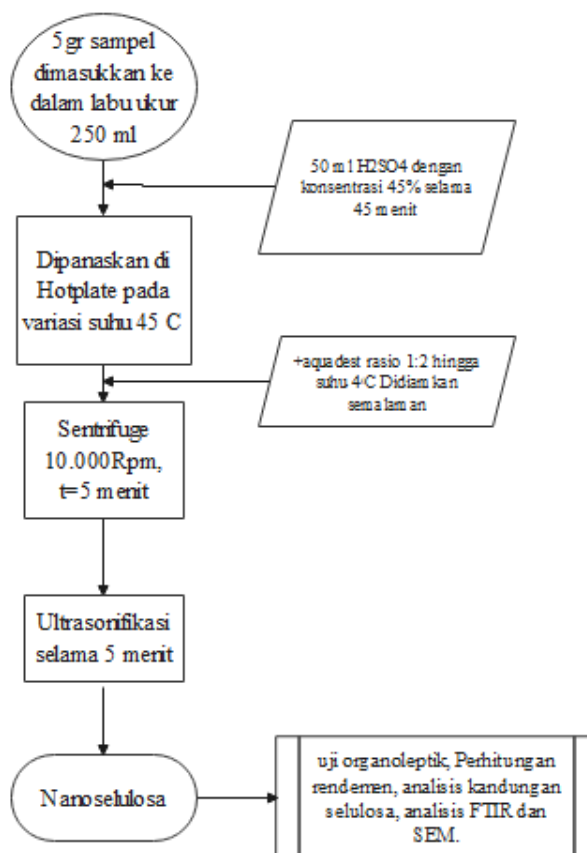
Isolasi α -selulosa tandan kosong kelapa sawit melalui 3 proses yaitu delignifikasi, bleaching dan isolasi α -selulosa. Tahap isolasi α -selulosa tandan kosong kelapa sawit dapat diamati pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Isolasi α-Selulosa Tandan kosong Sawit

Sintesis Nanoselulosa dengan metode hidrolisis asam

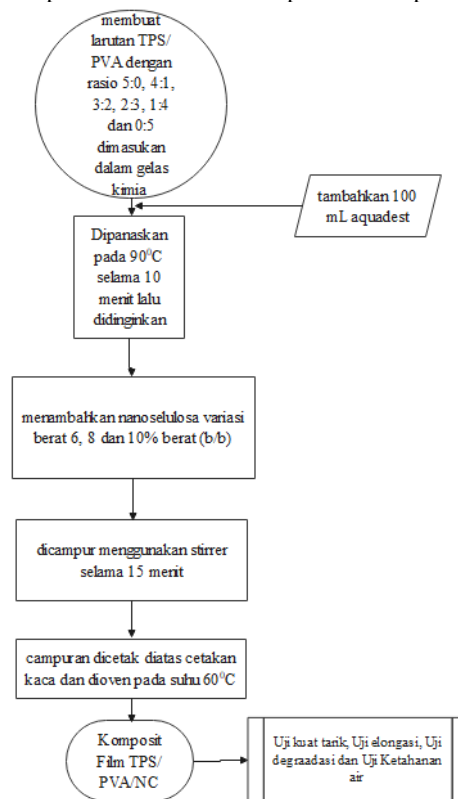
Proses sintesis nanoselulosa menggunakan metode hidrolisis asam dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 2. Sintesis Nanoselulosa dengan metode hidrolisis asam.

Pembuatan film nanokomposit TPS/PVA/NC

Proses Pembuatan film nanokomposit TPS/PVA/NC dapat diamati pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembuatan film nanokomposit TPS/PVA/NC

Analisis Bahan Baku

Perhitungan %yield rendemen

Menentukan rendemen nanoselulosa dari selulosa yang digunakan, dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat serbuk nanoselulosa yang dihasilkan}}{\text{berat sampel hasil isolasi selulosa}} \times 100\% \quad (1)$$

Penentuan Kadar α -selulosa

Analisa kandungan selulosa digunakan sesuai SNI 0444:2009. Timbang 0,15gram sampel serat selulosa bundel buah kosong ke dalam gelas kimia 100 mL. 17,5% NaOH 25°C Tambahkan 7,5 mL larutan NaOH, aduk dengan batang pengaduk sampai campuran benar-benar larut, dan diamkan sekitar 30 menit hingga sampel terdispersi, angkat batang pengaduk dan mencuci sampel yang terpasang menggunakan 2,5 mL larutan NaOH 17,5% untuk mencuci batang pengaduk, sehingga total 10 mL larutan dalam labu Erlenmeyer dengan waktu ekstraksi total 60 menit. Kemudian saring sampel melalui kertas saring yang ditimbang beratnya dan kumpulkan filtratnya. Pipet 2,5 mL filtrat ke dalam Erlenmeyer 100 mL dan tambahkan 1 mL larutan kalium dikromat 0,5 N dan 5 mL asam sulfat pekat ke dalam Erlenmeyer. Panaskan larutan hingga 130°C, tambahkan 5 mL air suling dan dinginkan hingga suhu kamar. Tambahkan 3 tetes indikator ferroin dan titrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat 0,1N hingga berubah menjadi ungu (prosedur yang sama untuk titrasi blanko). Kandungan selulosa alfa dihitung menggunakan rumus pada persamaan (2).

$$X = 100 - \frac{6,85(V_2 - V_1) \cdot N \cdot 20}{A \cdot W} \quad (2)$$

dimana :

X = α-selulosa (%);

V1 = Volume titrasi blanko (ml);

V2 = Volume titrasi sampel (ml);

N = Normalitas ferro ammonium sulfat;

A = Volume filtrat dianalisa (ml);

W = Berat sampel kering (gram);

Uji Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Spektrofotometer FT-IR adalah metode ukur yang digunakan untuk melihat perubahan intensitas setiap gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu dari selulosa karena perlakuan yang diberikan. Tambahkan 0,2 mg sampel yang akan dianalisa dicampur dengan 2 mg kalium bromida (KBr) sebanyak 2 mg lalu diukur pada panjang gelombang 400-4000 cm⁻¹ [7]. Pengamatan gugus fungsional dilakukan untuk mengetahui kandungan selulosa, spektra FT-IR selulosa murni.

Uji Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)

Nano selulosa adalah material berukuran nano dengan diameter 1 sampai 100 nm. Analisis SEM dilakukan dengan cara sampel dipasang pada pita karbon dan diamati pada tegangan 1,5 kV [8]. Uji analisis SEM ini memiliki kemampuan untuk menentukan morfologi nanoselulosa, ukuran partikel, pori-pori, dan bentuk material.

Analisis Film Nanokomposit TPS/PVA/NC

Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian *Tensile Strength* pada bioplastik bertujuan untuk melihat kemampuan film dalam menahan beban tinggi, nilai kekuatan tarik maksimum yang dapat dicapai. Tes ini dilakukan menurut ASTM D 638-02. Sampel dipotong dengan ukuran 2 x 10 cm dan dijepit 1,5 cm pada setiap sisi panjangnya. Uji tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji mekanis *Mechanical Universal Testing Machine*. Menurut [9] nilai kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \quad (3)$$

dimana :

σ = Kuat tarik (N/mm²)

Fmaks = Beban maksimum (kg)

A0 = Luas penampang awal (mm²)

Uji Elongasi (Persen Perpanjangan Putus)

Pengujian persen perpanjangan pada saat putus dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai persentase elongasi bioplastik. Proses pengujian memakai alat *Mechanical Universal Testing Machine* dengan cara memasang sampel pada alat uji kemudian mencatat batas awal sampel, lalu diberikan gaya tarik pada sampel hingga putus sehingga didapatkan data batas akhir. Menurut [10] untuk menghitung nilai elongasi dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (4)$$

dimana :

ε = Elongasi (%)

L0 = Batas awal (cm)

L1 = Batas akhir (cm)

Uji Degradasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat tingkat penguraian bioplastik di dalam tanah. Proses dilakukan dengan cara memendam atau mengubur sampel bioplastik menggunakan media tanah gembur dan kompos alami. Massa awal (m_0) sampel bioplastik ditimbang lalu kemudian ditanam dalam media tanah, setelah itu sampel yang telah dikubur diambil kembali dan dikeringkan lalu ditimbang massa akhir (m_1). Persentase kehilangan massa rata-rata bioplastik diperoleh melalui rumus sebagai berikut [11].

$$\% \text{ Kehilangan massa} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

dimana :

m_0 = Massa awal bioplastik (gr)

m_1 = Massa akhir bioplastik (gr)

Uji Ketahanan Air

Proses pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa kadar air yang dapat diserap oleh sampel film komposit. Daya serap air bioplastik dianalisis menggunakan metode ASTM D 570-98. Sampel dipotong menjadi ukuran 10 x 10 mm kemudian 30 menimbang beratnya (W_0) kemudian direndam dalam gelas kimia berisi aquadest pada suhu 23°C selama 1 hari. Setelah Sampel direndam selama 1 hari kemudian dikeluarkan dan dilap menggunakan kain kering, dan ditimbang (perubahan berat mendekati 0,001 gr). Menurut [12], persentase air yang diserap dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Air yang terserap} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana :

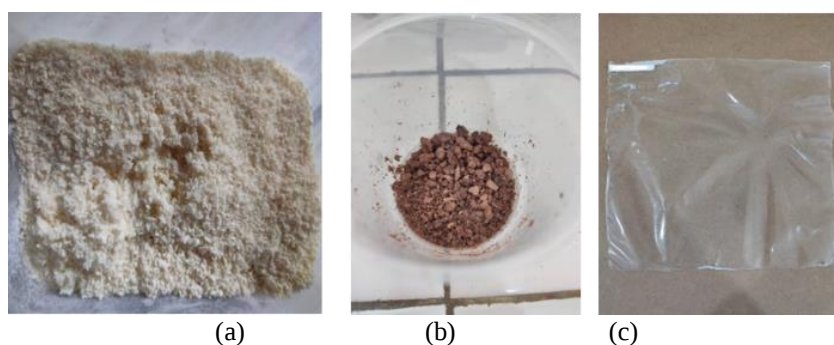
W_0 = Berat sampel sebelum direndam air (gr)

W_1 = Berat sampel setelah direndam air (gr)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Bahan Baku α -selulosa, Nanoselulosa dan Produk Film Nanokomposit

Pada penelitian ini menghasilkan bahan baku yang akan digunakan sebagai komposit pada film nanokomposit TPS/PVA berupa nanoselulosa dari α -selulosa tandan kosong sawit, dengan kandungan α -selulosa pada serat selulosa tandan kosong kelapa sawit di uji menggunakan SNI 0444:2009 dan Nanoselulosa dianalisis dengan uji organoleptic, uji spektrofotometer fourier transform infra red (FTIR), uji analisis scanning electron microscope (SEM) serta produk yang dihasilkan berupa film nanokomposit diuji kekuatan tarik (tensile strength), uji elongasi (persen perpanjangan putus), uji degradasi dan uji ketahanan air. Hasil bahan baku dan produk terdapat pada Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. (a) α -selulosa (b) nanoselulosa (c) Film Komposit

Pada hasil α -selulosa memiliki struktur fisik berupa serbuk halus berwarna putih sedangkan nanoselulosa yang dihasilkan berupa serbuk halus berwarna coklat. Hasil produk film nanokomposit memiliki struktur fisik yang berwarna putih bening, tidak berbau serta berbentuk pipih dan lentur seperti kertas.

3.2. Penentuan Kadar α -Selulosa

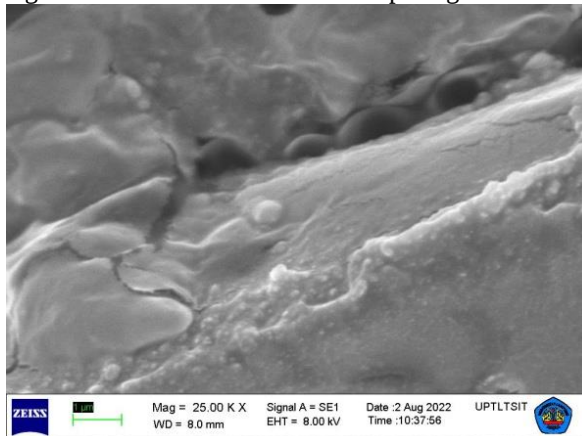
Kadar α -Selulosa yang diperoleh berdasarkan perhitungan adalah sebesar 72,23%.

3.3. Penentuan Yield Nanoselulosa

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh Yield nanoselulosa sebesar 24,22%.

3.4. Hasil SEM Nanoselulosa

Nanoselulosa adalah jenis bahan baru yang dicirikan oleh kristalinitas, peningkatan luas permukaan, peningkatan dispersi dan biodegradasi. Hasil SEM Nanoselulosa pada gambar 5 dibawah berikut ini:

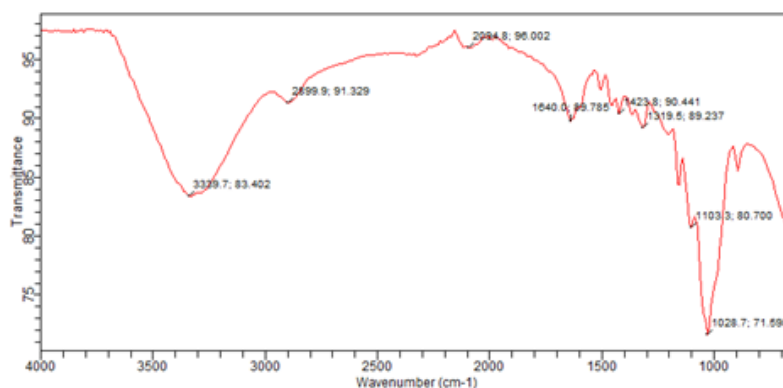


Gambar 5. Hasil SEM Nanoselulosa dengan pembesar 25.000x

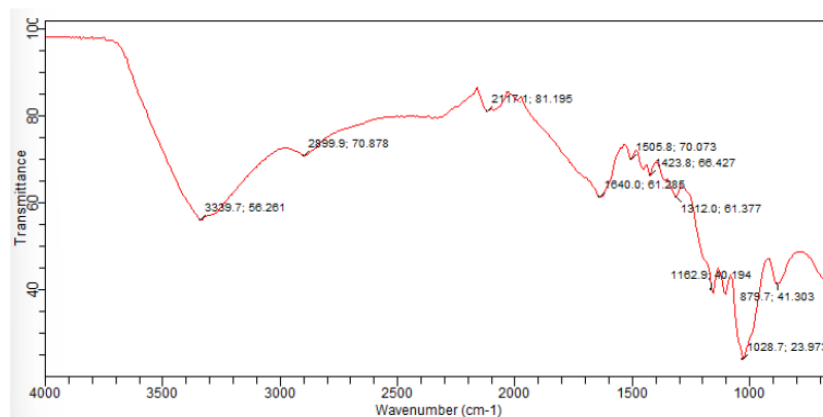
Asam sulfat (H_2SO_4) konsentrasi 45% yang digunakan pada penelitian ini menghasilkan nanoselulosa dengan ukuran 64-580 nm, ini menunjukkan bahwa ukuran nanoselulosa yang diperoleh dipengaruhi oleh konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan yang dimana semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka ukuran nanoselulosa yang dihasilkan semakin kecil.

3.5. Hasil FT-IR α -selulosa dan Nanoselulosa

Spektroskopi FTIR digunakan untuk menunjukkan gugus fungsi yang ada dalam nanoselulosa. Nilai α -selulosa yang tinggi dan adanya puncak karakteristik dalam spektrum IR selulosa menunjukkan kemurnian selulosa. Gugus hidroksil (OH) merupakan gugus fungsi terpenting dalam selulosa karena selulosa merupakan rantai glukosa yang panjang. Hasil FT-IR dapat diamati pada gambar di bawah ini:



Gambar 6. FT-IR α -Selulosa



Gambar 7. FT-IR Nanoselulosa

Spektrum selulosa terlihat pada daerah serapan sekitar 3000–3750 cm^{-1} muncul serapan gugus OH *stretch*. Hasil analisis FTIR pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa spektrum selulosa pada α -selulosa hidrolisis asam tersusun atas serapan gugus O-H *stretch* pada 3339,7 cm^{-1} , serapan gugus C-H *bending* pada 1103,3 cm^{-1} , dan serapan gugus C-O *stretch* pada 1028,7 cm^{-1} . Hasil analisis FTIR gambar 6 menunjukkan bahwa spektrum selulosa pada nanoselulosa setelah hidrolisis asam terdapat serapan gugus O-H *stretch* yang muncul pada 3339,7 cm^{-1} , serapan gugus C-H *bending* muncul pada 1162,9 cm^{-1} , dan serapan gugus C-O *stretch* pada 1028,7 cm^{-1} .

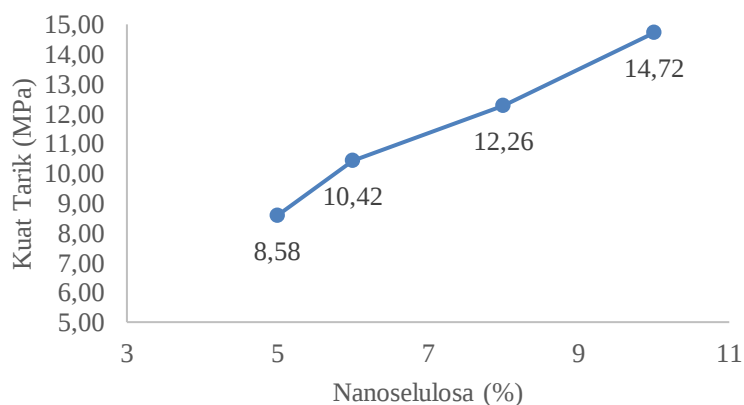
Hasil analisis gugus fungsi selulosa dari α -selulosa dan nanoselulosa tandan kosong kelapa sawit menggunakan FT-IR menunjukkan kemiripan dengan gugus fungsi selulosa murni menurut [13].

Tabel 1. Karakteristik FT-IR

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Selulosa Murni	α -Selulosa	Nanoselulosa
O-H <i>stretch</i>	3000-3750	3350	3339,7	3339,7
C-H <i>stretch</i>	2700-3000	2800	2899,9	2899,9
CH ₂ <i>bend</i>	1475-1300	1431	1423,8	1423,8
C-H <i>bend</i>	1000-1300	1300	1103,3	1162,9
C-O <i>stretch</i>	1000-1050	1035	1028,7	1028,7

3.6. Pengaruh Nanoselulosa (NC) Terhadap Nilai Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik dan persen perpanjangan (elongasi) adalah sifat mekanis yang terdapat pada struktur kimia film nanokomposit. Kekuatan tarik menunjukkan ketegangan maksimum yang dapat ditahan film selama waktu pengukuran. Berikut merupakan gambar grafik dari hasil pengujian Nilai Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*) Film nanokomposit:

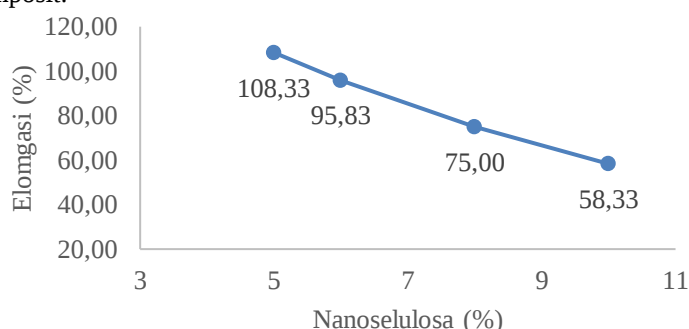


Gambar 7. Pengaruh Nanoselulosa (NC) Terhadap Nilai Uji Kuat Tarik

Pada Gambar 7 memperlihatkan hasil pengukuran uji analisis kekuatan tarik film nanokomposit yang dihasilkan. Pada gambar 7 diatas ditunjukkan dari sampel 1 ke sampel 4 mengalami kenaikan nilai kuat tarik yang berbanding lurus dengan penambahan nanoselulosa pada film nanokomposit TPS/PVA. Kuat tarik maksimum yang dihasilkan sebesar 14,72 MPa pada konsentrasi nanoselulosa (NC) 10% dan kondisi minimum kuat tarik yang dihasilkan sebesar 8,58 MPa pada konsentrasi nanoselulosa (NC) 5%. Semakin banyak penambahan nanoselulosa pada film nanokomposit TPS/PVA akan meningkatkan kekuatan tarik film yang diperoleh, hal ini dikarenakan nanoselulosa memiliki sifat kimia yang identik dengan kandungan pati singkong dan polivinil alkohol yaitu gugus hidroksil oleh karena itu afnitas yang baik di antara mereka bisa terjadi menyebabkan pembentukan perkolasi ikatan hidrogen yang kuat pada jaringan antarmuka film yang memberikan efek penguatan [14]

3.7. Contoh Sub-Bab Kedua

Persen perpanjangan putus (% Elongasi) merupakan persentase perubahan ukuran panjang film pada ketika film ditarik hingga putus. Berikut merupakan gambar grafik dari nilai uji persen perpanjangan putus (% elongasi) Film Nanokomposit:

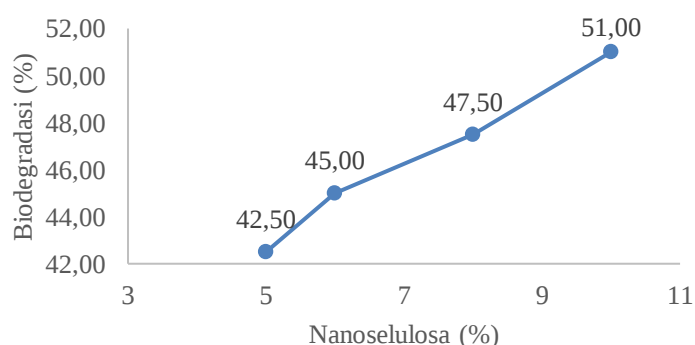


Gambar 8. Pengaruh Nanoselulosa (NC) Terhadap Nilai Uji Elongasi.

Gambar 8 menunjukkan hasil pengukuran uji persen perpanjangan putus (% elongasi) film nanokomposit yang dihasilkan. Pada Gambar 8 diperlihatkan bahwa pada sampel 1 ke sampel 4 mengalami penurunan nilai elongasi berbanding terbalik dengan penambahan nanoselulosa (NC) pada film nanokomposit TPS/PVA. % elongasi tertinggi yang didapatkan sebesar 108,33% pada konsentrasi NC 5% dan % elongasi terendah yang didapatkan sebesar 58,33% pada konsentrasi NC 10%. Semakin banyak penambahan nanoselulosa pada film nanokomposit TPS/PVA akan menurunkan nilai % elongasi film yang dihasilkan, hal ini tidak berbanding lurus dengan nilai uji kuat tarik yang semakin meningkat dengan penambahan nanoselulosa. Penurunan nilai % elongasi disebabkan kelebihan jumlah serat nanoselulosa menyebabkan peningkatan interaksi antarmolekul yang mungkin bersaing dengan interaksi antara TPS, PVA dan nanoselulosa oleh karena itu kompatibilitas TPS, PVA dan nanoselulosa berkurang yang menurunkan perpanjangan putus (% elongasi) film nanokomposit [15].

3.8. Pengaruh Nanoselulosa (NC) Terhadap Nilai Uji Degradasi

Analisis degradasi dilakukan untuk menentukan apakah bahan tersebut dapat terdegradasi. berikut merupakan gambar grafik dari nilai uji degradasi film nanokomposit yang dihasilkan :

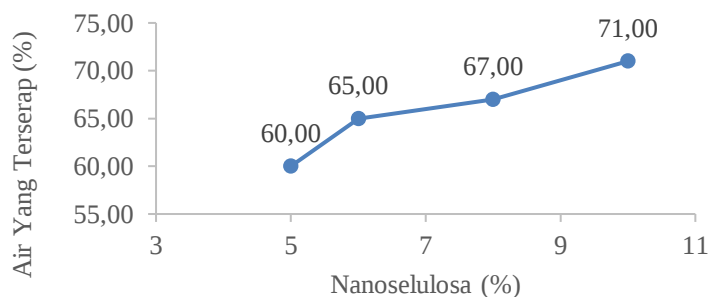


Gambar 9. Pengaruh Nanoselulosa (NC) Terhadap Nilai Uji Degradasi.

Gambar 9 menunjukkan hasil pengukuran uji biodegradasi pada film nanokomposit yang dihasilkan. Pada Gambar 9 diperlihatkan bahwa pada sampel 1 ke sampel 4 mengalami kenaikan nilai % biodegradasi yang berbanding lurus dengan penambahan nanoselulosa (NC) pada film komposit TPS/PVA. Nilai % biodegradasi tertinggi yang didapatkan sebesar 51% pada konsentrasi nanoselulosa 10% dan nilai % biodegradasi terendah yang diperoleh sebesar 42,5% pada konsentrasi nanoselulosa 5%. Semakin banyak penambahan nanoselulosa pada film nanokomposit TPS/PVA akan meningkatkan nilai % biodegradasi yang dihasilkan, hal ini dikarenakan sifat film komposit untuk menyerap air yang lebih tinggi menyebabkan mikroorganisme seperti alga, bakteri, dan jamur untuk menempel dan tumbuh, karena film telah menjadi sumber energi utama pertumbuhan mikroba [15]. Film dengan komposisi massa tinggi memiliki proses biodegradasi tinggi dan film dengan komposisi massa rendah memiliki proses biodegradasi rendah. [16].

3.9. Pengaruh Nanoselulosa (NC) Terhadap Nilai Uji Ketahanan Air

Proses pengujian ini bertujuan melihat seberapa banyak air yang dapat diserap oleh sampel film nanokomposit. Berikut merupakan gambar grafik dari Nilai Uji Ketahanan Air Film Nanokomposit yang dihasilkan :



Gambar 10. Pengaruh Nanoselulosa (NC) Terhadap Nilai Uji Ketahanan Air.

Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengukuran uji ketahanan air pada film nanokomposit yang dihasilkan. Pada Gambar 4.5 diperlihatkan bahwa pada sampel 1 ke sampel 4 mengalami kenaikan nilai uji ketahanan air yang berbanding lurus dengan penambahan nanoselulosa (NC) pada film nanokomposit TPS/PVA. Nilai uji ketahanan air tertinggi didapatkan sebesar 71% air yang terserap pada konsentrasi nanoselulosa 10% dan nilai uji ketahanan air terendah yang diperoleh sebesar 60% dengan konsentrasi nanoselulosa 5%. Semakin banyak penambahan nanoselulosa semakin meningkatkan kapasitas penyerapan air oleh film, hal ini dikarenakan terbentuknya struktur jaringan antara partikel nanoselulosa dan komponen TPS/PVA yang mencegah molekul air larut dan menurunkan ketahanan air dari film serta peningkatan kapasitas penyerapan air ini disebabkan oleh terbentuknya beberapa partikel akumulasi besar, dimana akumulasi partikel nanoselulosa yang besar dapat menghasilkan rongga yang dapat menyerap molekul air sehingga meningkatkan persentase penyerapan air [15].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa hasil uji kuat tarik tertinggi didapatkan sebesar 14,72 MPa, hasil nilai uji % degradasi tertinggi didapatkan sebesar 51%, hasil nilai uji ketahanan air dengan % air yang terserap tertinggi diperoleh sebesar 71% dengan rasio TPS/PVA 2:3 dengan penambahan filler nanoselulosa 10% b/b serta hasil uji nilai persen perpanjangan putus (% elongasi) tertinggi diperoleh sebesar 108,3% dengan rasio TPS/PVA 2:3 dengan penambahan filler nanoselulosa 5% b/b. Rasio terbaik yang digunakan pada pembuatan film nanokomposit pada berbagai variasi nanoselulosa TPS/PVA yaitu 2:3, dengan penambahan konsentrasi nanoselulosa dengan hasil uji kuat tarik, uji degradasi dan uji ketahanan air dengan persen air terserap tertinggi sebesar 10% b/b tertinggi serta uji persen perpanjangan putus tertinggi sebesar 5% b/b. 3. Kadar α -selulosa yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 72,23% dengan rendemen % yield nanoselulosa sebesar 24,22% dengan ukuran nanoselulosa yang diperoleh 64-580 nm serta terlihat adanya serapan gugus O-H *stretch* pada 3339,7 cm^{-1} , serapan gugus C-H *bending* pada 1103,3 cm^{-1} , dan serapan gugus C-O *stretch* pada 1028,7 cm^{-1} pada α -selulosa. Spektrum selulosa pada nanoselulosa setelah hidrolisis asam memiliki serapan gugus O-H *stretch* yang muncul pada 3339,7 cm^{-1} , serapan gugus C-H *bending* pada 1162,9 cm^{-1} , dan serapan gugus C-O *stretch* pada 1028,7 cm^{-1} .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. S. Iriani, K. Wahyuningsih, T. C. Sunarti and A. W. Permana, "Sintesis Nanoselulosa Dari Nanas Dan Aplikasinya Sebagai Nanofiller Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol," *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, vol. 12, no. 1, pp. 11-119, 2015, doi: 10.21082/jpasca.v12n1.2015.11-19
- [2] A. Saxena, T. J. Elder, J. Kenvin and A. J. Ragauskas AJ, "High Oxygen nanocomposite barrier films based on xylan and nanocrystalline cellulose," *Nano-Micro Lett*, vol. 2, pp. 235-241, 2010, doi: 10.1007/BF03353849.
- [3] X. Tang and S Alavi, "Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability," *Carbohydrate Polymers*, vol. 85, pp. 7-16, 2011, doi: 10.1016/j.carbpol.2011.01.030.
- [4] Y. Sudiyanti, "Pemanfaatan Limbah Biomassa Industri Kelapa Sawit untuk Produksi Bioetanol Generasi 2 dan Co-Products," *Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia*, Jakarta, 2013.
- [5] R. Nahrowi, "Konversi Selulosa Menjadi Karboksimetil Selulosa dari Tandan Kosong Sawit," Universitas Lampung, 2015.
- [6] F. Utami, "Preparasi Nanoselulosa Dari Tongkol Jagung dengan Metode Hidrolisis Asam Pada Berbagai Variasi Waktu Sonikasi," Universitas Jember, 2018.
- [7] L. Zhongdong, L. Peng and J. F. Kennedy, "The Technology of Molecular Manipulation and Modification assisted by microwaves as applied to starch granules," *Carbohydrate Polymers*, vol. 61, pp. 374-378, 2005, doi: 10.1016/j.carbpol.2005.06.004.
- [8] N. Hastuti, K. Kanomata and T. Kitaoka, "Hydrochloric Acid Hydrolysis of Pulps from Oil Palm Empty Fruit Bunches to Produce Cellulose Nanocrystals," *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 26, no. 9, pp. 3698-3709, 2018, doi: 10.1007/s10924-018-1248-x.
- [9] U. F. Jabbar, "Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum tuberosum* L)," Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2017.
- [10] M. Ghufro, L. Nuriyah, L. Prastika, R. F. K. Wardhani and A. R. Safitri, "Studi Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Dasar Jagung Manis Dengan Pemplastis Sorbitol dan Penguat Zink Oksida," *Seminar Nasional FST*, vol. 1, 2018.
- [11] A. R. Amalia, R. F. Kumara and N. P. Putri, "Manufacturing of Bioplastics from Cellulose Empty Fruit Bunches Waste with Addition of Glycerol as Plasticizer," *Konversi*, vol. 8, no. 2, pp. 63-68, 2019.
- [12] N. Hairani., "Optimasi Hidrolisis Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit menjadi Selulosa Mikrokristal dan Aplikasi sebagai Pengisi pada Komposit Polimer Termoplastik Pati Singkong," Universitas Sumatera Utara, 2014.
- [13] A. Yulandri, "Sintesis Selulosa Asetat Dari Agar Rumput Laut Merah *Gracilaria Vermiculophylla*," Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2020.
- [14] F. Fahma, Sugiarto, T. C. Sunarti, S. M. Indriyani and N. Lisdayana, "Thermoplastic Cassava Starch-PVA Composite Films with Cellulose Nanofibers from Oil Palm Empty Fruit Bunches as Reinforcement Agent," *International Journal of Polymer Science*, vol. 2017, pp. 1-5, 2017, doi: 10.1155/2017/2745721.
- [15] N. S. Lani, N. Ngadi, A. Johari and M. Jusoh, "Isolation, Characterization, and Application of Nanocellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber as Nanocomposites," *Journal of Nanomaterial*, vol. 2014, pp. 1-9, 2014, doi: 10.1155/2014/702538.
- [16] S. P. Martina, "Analisis Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Nasi Aking. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, vol. 1, no. 1, pp. 9-12, 2016, doi: 10.26737/jipf.v1i1.53.