

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA ASETAT DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKU BIOPLASTIK

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CELLULOSE ACETATE FROM EMPTY PALM OIL BUNCHES AS RAW MATERIAL FOR BIOPLASTIC

Muhammad Faizal^{*1}, Jaksen¹, Fadarina¹

¹(Teknologi Kimia Industri/Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)

Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139, telp. (0711) 353414 fax. (0711) 355918

e-mail : mfaizal1014@gmail.com

ABSTRACT

Synthesis and characterization of cellulose acetate from cellulose of empty fruit bunches (EFB) have been carried out using the Celanese method, namely glacial acetic acid as swelling agent and acetic anhydride as acetylating agent. The research was carried out through the preparation of raw materials, cellulose extraction and synthesis of cellulose acetate from α -cellulose of empty fruit bunches. This study aims to determine the effect of variations in solvent concentration on yield, acetyl content, degree of substitution and moisture content of cellulose acetate and to obtain the characteristics of cellulose that are suitable for application as raw material for making bioplastics. The concentration variations of the solvent used were (10, 15, 20, 25 and 30) % wt/v, with α -cellulose ratio: glacial acetate (1:10), α -cellulose ratio : acetic anhydride (1:5), acetylation time 1.5 hours, acetylation temperature 40°C and stirring speed 200 Rpm. The results showed that the cellulose acetate obtained from the synthesis has characteristics such as cellulose monoacetate and cellulose diacetate with solid form in the form of a powder, white in color and odorless. The best characteristic of cellulose acetate has a yield product of 75%, acetyl content of 36.927%, degree of substitution (DS) 2.22, and water content of 5.75%.

Keywords : Cellulose of Empty Oil Palm Bunches, Cellulose Acetate, Bioplastic

1. PENDAHULUAN

Peredaran sampah plastik di dunia masih menjadi masalah pencemaran lingkungan yang sangat serius dan sulit diatasi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, jumlah sampah di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun dan sebanyak 3,2 juta ton diantaranya merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut. Penggunaan plastik konvensional akan terus meningkat sepanjang tahun sehingga dapat menimbulkan permasalahan lingkungan dikarenakan jenis plastik polimer sintetik (non-degradable) sulit untuk didaur ulang dan terurai di tanah oleh mikroorganisme. Alternatif pengganti plastik konvensional yang sedang digencarkan saat ini adalah jenis plastik biodegradable (bioplastik). Plastik biodegradable terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman seperti; pati, selulosa, kolagen, kasein protein atau senyawa lipid yang terdapat pada hewan (Najih, 2018). Selulosa merupakan salah satu senyawa yang sangat melimpah dan banyak ditemukan di alam, senyawa ini dapat ditemukan pada limbah padat tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan dari industri pengolahan minyak sawit.

Berdasarkan data BPS tahun 2020, produksi kelapa sawit di Indonesia mencapai 47 juta ton, dari 1 ton tandan buah segar kelapa sawit dapat menghasilkan limbah TKKS sebanyak 21-23% atau 0,21-0,23 ton, namun selama ini limbah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu bentuk pemanfaatan limbah TKKS adalah dengan mengekstraksi selulosa sebagai

bahan baku pembuatan bioplastik (Wahyudi dkk., 2020). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki kandungan α -selulosa yang cukup tinggi yaitu 45,85% dan hemiselulosa 22,84% (Andahera dkk., 2019). Selulosa dapat dimodifikasi menjadi selulosa asetat yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Selulosa asetat merupakan biopolimer yang sangat potensial untuk diaplikasikan pada pembuatan bioplastik karena memiliki sifat biodegradable (Bahmid, 2014).

Selulosa asetat merupakan salah satu turunan selulosa dari asam organik yaitu asam asetat. Selulosa asetat mempunyai nilai komersil yang cukup tinggi karena memiliki karakteristik fisik dan optik yang baik sehingga dapat diaplikasikan untuk plastik, film dan membran. Selulosa asetat berguna karena dapat larut dalam aseton, bersifat termoplastis serta memiliki kestabilan dan ketahanan yang baik pada bentuk lapisan plastiknya (Wahyusi dkk., 2017). Berdasarkan derajat substitusi dan kadar asetilnya, jenis selulosa monoasetat sangat cocok untuk dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik karena dapat larut dalam aseton, yaitu dengan kadar asetil < 35% (Gaol dkk., 2013).

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan modifikasi selulosa menjadi selulosa asetat, namun belum ada yang melakukan kajian tentang pengaruh konsentrasi pelarut pada proses sintesis terhadap karakteristik selulosa asetat, dan juga belum memfokuskan aplikasi penggunaan yang lebih spesifik dari selulosa asetat hasil sintesis serta masih sedikit yang membahas tentang potensi α -selulosa dari limbah

TKKS. Oleh karena itu, tujuan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pelarut (asam asetat glasial) pada proses sintesis selulosa asetat terhadap yield produk, derajat substitusi, kadar asetil, kadar air dan analisa kualitatif menggunakan FTIR. Kemudian untuk mendapatkan kondisi yang optimum serta bagaimana karakteristik selulosa asetat yang sesuai untuk bahan baku pembuatan bioplastik.

Selulosa asetat adalah salah satu makromolekul turunan dari selulosa yaitu merupakan jenis polimer alam yang memiliki struktur mikrofibril terorganisir. Selulosa asetat memiliki kualitas sangat baik dengan transparansi yang baik, kekuatan tarik, tahan panas, daya serap air rendah dan mudah terbiodegradasi. Sifat tersebut menjadi indikasi sehingga selulosa asetat sangat diperlukan untuk dimanfaatkan dalam bidang industri seperti coating, plastik, film, serat tekstil dan membran tekstil (Puls et al., 2011). Selulosa asetat merupakan jenis polimer yang banyak diminati karena bersifat ramah lingkungan. Penggunaan polimer selulosa asetat dapat menurunkan penggunaan polimer dari bahan fosil seperti Polyvinyl-chloride (PVC), Polystyrene, dan Low Density Polyethylene (LDPE). Polimer selulosa asetat memiliki nilai kuat tarik yang dapat mendekati polimer dari bahan fosil. Struktur semikristalin selulosa asetat menentukan kuat tarik polimer sehingga menghasilkan sifat mekanik yang baik. Sifat mekanik digunakan oleh membran untuk memberikan tekanan pada proses pemisahan suatu komponen dari campurannya (Harrison et al., 2004).

Menurut Gaol dkk (2013), selulosa asetat memiliki derajat substitusi (DS) sebesar 0-3,5. Apabila nilai derajat substitusi meningkat maka akan disertai dengan peningkatan titik leleh dari selulosa asetat sebesar 170 - 240°C. Berdasarkan derajat substitusinya selulosa asetat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: (1) Selulosa monoasetat memiliki derajat substitusi 0-2 memiliki kandungan asetil <35% dan dapat larut dalam aseton. (2) Selulosa diasetat memiliki derajat substitusi 2,0-2,8 memiliki kandungan asetil sebesar 35%-43,5%. (3) Selulosa triasetat memiliki derajat substitusi 2,8-3,5 memiliki kandungan asetil sebesar 43,5%-44,8%. Kadar asetil merupakan ukuran jumlah asam asetat yang diesterifikasi pada rantai selulosa yang akan menentukan nilai derajat substitusi (DS). Semakin tinggi kadar asetil maka semakin tinggi pula derajat substitusinya (Seto & Sari, 2013).

Menurut Ott et al (1954) dalam Listyanti (2021), selulosa asetat dapat disintesis melalui 4 tahapan proses antara lain; aktivasi, asetilasi, hidrolisis selulosa triasetat dan pemurnian. Proses aktivasi adalah tahap pengembangan (swelling) selulosa yang dapat mempermudah reaksi esterifikasi. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan reaktifitas selulosa dalam bahan baku, memperbesar permukaan selulosa dan menurunkan derajat polimerisasi. Pembesaran permukaan selulosa diakibatkan adanya pengembangan serat yang ditandai dengan pemutusan ikatan intramolekul sehingga difusi reagen dalam serat dapat berjalan dengan mudah. Proses asetilasi adalah

tahap penggantian gugus hidroksil selulosa dengan gugus asetil baik secara sebagian maupun keseluruhan sehingga dihasilkan produk selulosa triasetat. Gugus asetil diperoleh dari pereaksi anhidrida asetat. Asetilasi umumnya menggunakan pelarut asam asetat dengan bantuan katalis asam sulfat. Perlakuan ini bergantung pada jumlah materi yang dapat larut sempurna dalam campuran asetilasi (Fengel & Wegener, 1995). Hidrolisis adalah tahap substitusi gugus hidroksil dari air pada gugus asetil dari selulosa triasetat sehingga menghasilkan selulosa diasetat dengan asetil yang bervariasi sesuai yang diinginkan. Selulosa asetat memiliki satu gugus asetil primer dan dua gugus asetil sekunder. Reaksi substitusi berlangsung secara bertahap, yaitu diawali dengan substitusi gugus asetil primer kemudian dilanjutkan dengan substitusi gugus asetil sekunder, tahap substitusi dipengaruhi oleh suhu (Kirk & Othmer, 1993). Proses pemurnian dilakukan untuk memperoleh selulosa asetat murni. Perlakuan ini dilakukan dengan pengendapan, pencucian dan pengeringan. Pencucian bertujuan untuk menghilangkan sisa asam asetat dari proses hidrolisis. Tahap pemurnian menghasilkan produk akhir berupa serpihan (flakes) atau bubuk (powder) (Ott et al., 1954).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian sintesis dan karakterisasi selulosa asetat sebagai bahan baku bioplastik dilakukan dengan menggunakan metode Celanese, yaitu menggunakan asam asetat glasial sebagai pelarut dan asam asetat anhidrida sebagai *acetylating agent*.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: gelas kimia, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *oven*, desikator, neraca analitik, kertas saring, spatula, termometer, *water batch*, pipet ukur, pipet tetes, buret, cawan. Bahan yang digunakan antara lain: tandan kosong kelapa sawit, asam asetat glasial (CH₃COOH), asam asetat anhidrida (CH₃CO)₂O, NaOH 10%, H₂O₂ 30%, H₂SO₄, HCl, *aquadest*, indikator PP, metanol dan etanol.

2.2 Preparasi Bahan Baku

Bahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diperoleh dari PT. Polytech Indonesia dengan ukuran awal 5-8 cm. Preparasi bahan baku TKKS dilakukan dengan tahap pencucian dan pengeringan, kemudian pengecilan ukuran dengan menggunakan alat *cutting*, *blender* dan *shieving*. Ukuran partikel terkecil selulosa yang diperoleh yaitu 40-60 mesh dan selanjutnya akan diproses lebih lanjut ke dalam proses ekstraksi.

2.3 Ekstraksi Selulosa dari TKKS

Proses ekstraksi dilakukan melalui tahapan delignifikasi dan *bleaching*. Proses delignifikasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin yang terikat di serat tandan kosong kelapa sawit (Bahmid, 2014). Delignifikasi dapat melarutkan kandungan lain di TKKS selain selulosa dengan menggunakan larutan

NaOH, komponen lain seperti lignin, hemiselulosa dan holoselulosa dapat larut dalam kondisi alkali, sedangkan selulosa tidak (Dewanti, 2018). Pada penelitian ini digunakan konsentrasi larutan NaOH sebesar 10%, yaitu berdasarkan acuan bahwa pada proses delignifikasi penggunaan NaOH tidak boleh melebihi 17% karena selulosa dapat mengalami perubahan struktur yang sangat berbeda dari aslinya pada konsentrasi NaOH 15-20 % (Chen, 2014). Selanjutnya, proses *bleaching* bertujuan untuk menghilangkan pigmen dan sisa lignin dengan menggunakan larutan H₂O₂ 30% sehingga diperoleh hasil selulosa dengan tingkat kecerahan yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan proses delignifikasi pada suhu 90°C selama 2 jam, setelah itu dilakukan pencucian dengan *aquadest* sampai pH netral lalu diendapkan dan disaring. Kemudian proses *bleaching* dilakukan pada suhu 80°C selama 2 jam, lalu dicuci hingga pH netral, diendapkan, disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40-50°C. Selulosa hasil ekstraksi kemudian diidentifikasi kadar α -selulosa untuk menentukan tingkat kemurnian selulosa.

2.4 Sintesis Selulosa Asetat dari α -Selulosa TKKS

Proses pembuatan selulosa asetat dari α -selulosa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dilakukan melalui 4 tahap, yaitu tahap aktivasi, asetilasi, hidrolisis dan pemurnian. Tahap aktivasi dilakukan dengan melarutkan 10 gr α -selulosa ke dalam larutan asam asetat glasial 100 ml selama 1 jam pada suhu 40°C dan pengadukan konstan 200 Rpm dengan variasi konsentrasi pelarut (10,15,20,25,30) % b/v. Kemudian dilanjutkan tahap asetilasi dengan menambahkan katalis asam sulfat pekat 0,5 ml dan asam asetat anhidrida 50 ml selama 1,5 jam pada suhu konstan 40°C dan pengadukan konstan 200 Rpm. Selanjutnya dilakukan tahap hidrolisis yang bertujuan untuk menghentikan proses asetilasi dengan cara menambahkan *aquadest* 25 ml dan asam asetat glasial 50 ml dipanaskan pada suhu 50°C dan pengadukan konstan 250 Rpm selama 30 menit. Kemudian tahap pemurnian dilakukan dengan cara pencucian dengan *aquadest* yang bertujuan untuk mengencerkan larutan asam asetat, dilakukan sampai bau asam asetat hilang dan pH netral, lalu direndam dan diendapkan dengan larutan metanol selama 15 menit. Setelah itu endapan disaring dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 55°C selama ± 6 jam. Kemudian hasil selulosa asetat yang diperoleh dilakukan analisa kadar asetil (ASTM D871-96), nilai DS, kadar air (SNI 08-7070-2005) dan analisa gugus fungsi menggunakan instrumen FTIR PerkinElmer Spectrum IR 10.6.1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Ekstraksi Selulosa

Selulosa diperoleh melalui proses ekstraksi yaitu dengan memisahkan kandungan lain yang tidak diharapkan selain selulosa, yaitu lignin dan hemiselulosa. Kadar α -selulosa diidentifikasi dengan cara melarutkan selulosa hasil ekstraksi dengan larutan NaOH 17,5% sehingga diperoleh tingkat kemurnian

selulosa. Pada penelitian ini diperoleh kadar α -selulosa dengan kemurnian yang cukup tinggi, yaitu 84,92%. Hasil ekstraksi selulosa TKKS diperoleh selulosa yang berwarna putih cerah, bersih, dan tidak berbau dengan data karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Selulosa Hasil Ekstraksi

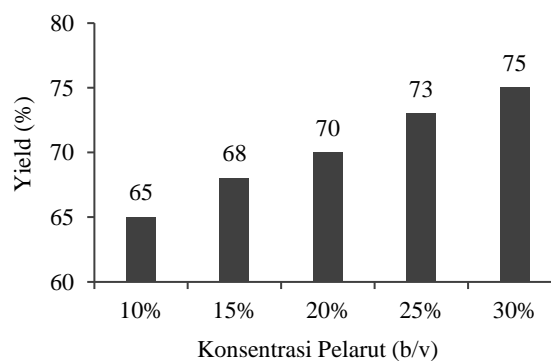
Karakteristik	Keterangan
Warna	Putih
Bentuk	Padatan Serbuk
Yield Total (%)	53,76
Kadar α -selulosa (%)	84,92
Kadar Air (%)	5,2

3.2 Hasil Sintesis Selulosa Asetat

Produk selulosa asetat yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki karakteristik fisik berwarna putih berbentuk padatan serbuk dan tidak berbau. Saat proses asetilasi, selulosa asetat mengalami perubahan warna karena proses asetilasi memicu perubahan-perubahan oksidatif pada molekul-molekul selulosa sehingga mengalami perubahan warna selama proses (Fengel & Wegener, 1995). Kondisi tersebut terjadi pada penelitian ini, dimana saat proses penambahan katalis asam sulfat dan *acetylating agent* asam asetat anhidrida terjadi perubahan warna agak kecoklatan. Hasil sintesis selulosa asetat diperoleh dengan memvariasikan konsentrasi pelarut asam asetat glasial yang bertindak sebagai *swelling agent*.

3.3 Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Yield Selulosa Asetat

Hasil yield dari sintesis selulosa asetat diperoleh jumlah persentase yang cukup tinggi berkisar antara 65 – 75 % yaitu dapat dilihat pada Tabel 2. Yield merupakan perbandingan antara massa selulosa asetat hasil sintesis (gr) terhadap massa awal α -selulosa (gr). Pada variasi konsentrasi pelarut paling rendah (10%), dari massa awal α -selulosa 10 gram diperoleh hasil selulosa asetat sebesar 6,5 gram dengan yield 65%. Sedangkan untuk variasi konsentrasi pelarut paling tinggi (30%), diperoleh hasil selulosa asetat sebesar 7,5 gr dengan yield tertinggi yaitu 75%. Berdasarkan Gambar 1. dapat diketahui bahwa pada penelitian ini konsentrasi pelarut sangat berpengaruh terhadap yield selulosa asetat yang dihasilkan.

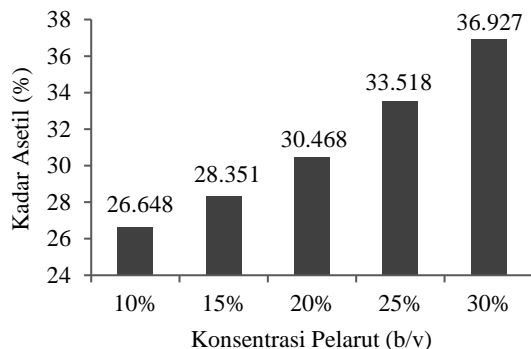


Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Yield

Dari grafik terlihat bahwa % yield selulosa asetat hasil sintesis mengalami peningkatan setiap penambahan konsentrasi pelarut (asam asetat glasial), semakin besar konsentrasi pelarut maka persentase yield akan semakin tinggi. Pada penelitian ini diperoleh yield selulosa asetat paling tinggi yaitu 75% pada variasi konsentrasi pelarut 30 %. Hal ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan homogenitas dan luas permukaan yang besar selama proses aktivasi dengan penambahan pelarut asetat glasial sebagai swelling agent sehingga proses difusi katalis dan agen pereaksi asetilasi ke dalam serat selulosa akan terjadi semakin cepat. Namun jika penggunaan jumlah pelarut atau konsentrasi pelarut yang terlalu tinggi akan terjadi kemungkinan berkurangnya tumbukan antar reaktan sehingga akan memperkecil yield produk (Gaol, dkk., 2013).

3.4 Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Kadar Asetil dan Derajat Substitusi (DS)

Kadar asetil merupakan ukuran jumlah asetil yang diesterifikasi pada rantai selulosa yang akan menentukan nilai derajat substitusi (Bahmid, 2014). Analisis kadar asetil dilakukan untuk menentukan jenis selulosa asetat yang diperoleh dari hasil sintesis, apakah termasuk jenis selulosa monoasetat, diasetat atau triasetat. Berdasarkan hasil penelitian ini, variasi konsentrasi pelarut sangat berpengaruh terhadap kadar asetil yang diperoleh yaitu berkisar antara 26,648 – 36,638 % yang dapat dilihat pada gambar 2.



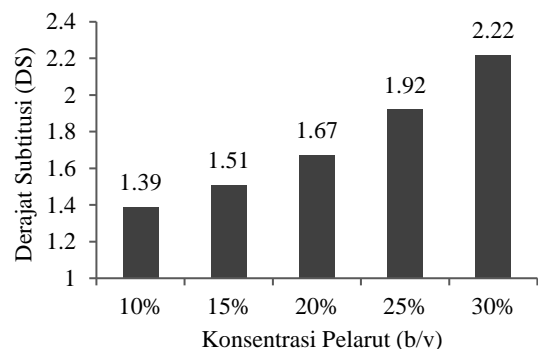
Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Kadar Asetil

Dari grafik dapat diketahui bahwa semakin besar konsentrasi pelarut maka kadar asetil yang dihasilkan akan semakin tinggi. Jumlah kadar asetil paling kecil 26,648% diperoleh pada penggunaan konsentrasi pelarut 10%, dan penambahan konsentrasi pelarut menjadi 15%, 20%, 25% menghasilkan peningkatan kadar asetil yang cukup signifikan yaitu secara berturut-turut sebesar 28,351%, 30,468%, dan 33,518% yang dapat dilihat persentase kenaikannya pada grafik atau gambar 2. Dari data tersebut membuktikan bahwa berdasarkan kadar asetil yang dihasilkan pada penelitian ini, maka selulosa asetat hasil sintesis untuk variasi konsentrasi pelarut 10-20% diperoleh jenis selulosa monoasetat (kadar asetil <35%). Sedangkan untuk variasi konsentrasi 30% diperoleh kadar asetil dengan

persentase paling tinggi yaitu 36,927% dan dapat dikategorikan sebagai selulosa diasetat (kadar asetil 35-43,5%).

Hal tersebut membuktikan bahwa jenis selulosa monoasetat dan selulosa diasetat yang dihasilkan pada penelitian ini dapat diaplikasikan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik, karena memiliki persentase kadar asetil dengan range 22,2 - 42,2% yang dapat larut dalam aseton. Namun selulosa asetat dengan kadar asetil tertinggi yang dihasilkan pada penelitian ini, yaitu 36,927% hampir mendekati karakteristik selulosa asetat komersial (39-41%) yang sesuai dengan SNI. Dari hasil penelitian ini, maka dapat diketahui indikasinya bahwa jika digunakan konsentrasi pelarut yang lebih tinggi (>30%) maka kemungkinan akan terjadi peningkatan kadar asetil sampai dengan kategori jenis yang sesuai dengan selulosa triasetat (kadar asetil 43,5-44,8%). Namun jenis selulosa tersebut kurang cocok jika diaplikasikan sebagai bahan baku bioplastik.

Nilai derajat substitusi (DS) sangat dipengaruhi oleh jumlah kadar asetil selulosa asetat, berdasarkan referensi semakin tinggi kadar asetil maka derajat substitusinya juga akan semakin meningkat. Derajat substitusi digunakan untuk mengetahui jumlah gugus hidroksil (-OH) yang tergantikan dengan gugus asetil (-OCH₃CO) sebagai acuan terbentuknya selulosa asetat (Utami dkk., 2021). Semakin tinggi nilai DS maka akan semakin tinggi juga titik lelehnya, titik leleh selulosa asetat adalah berkisar 170-240°C (Souhoka & Latupeirissa, 2018).



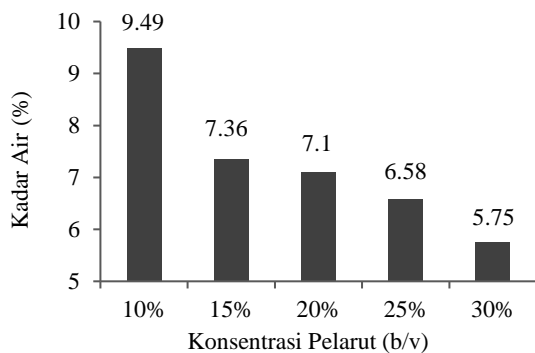
Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Derajat Substitusi (DS)

Pada penelitian ini, derajat substitusi (DS) yang dihasilkan berbanding lurus dengan kadar asetil selulosa asetat hasil sintesis, dilihat pada gambar 3. Penambahan konsentrasi pelarut yang semakin tinggi akan berpengaruh terhadap nilai derajat substitusi selulosa asetat yang dihasilkan. Dari grafik, diketahui bahwa penggunaan konsentrasi pelarut 30% menghasilkan selulosa asetat dengan derajat substitusi tertinggi yaitu 2,22 yang merupakan kategori jenis selulosa diasetat. Sedangkan untuk variasi penggunaan pelarut 10,15,20,25% diperoleh nilai DS yang sesuai dengan jenis selulosa monoasetat. Selulosa asetat dapat digolongkan berdasarkan jumlah gugus hidroksil yang berhasil disubstitusi oleh gugus asetil. Selulosa monoasetat yaitu selulosa asetat dengan satu gugus

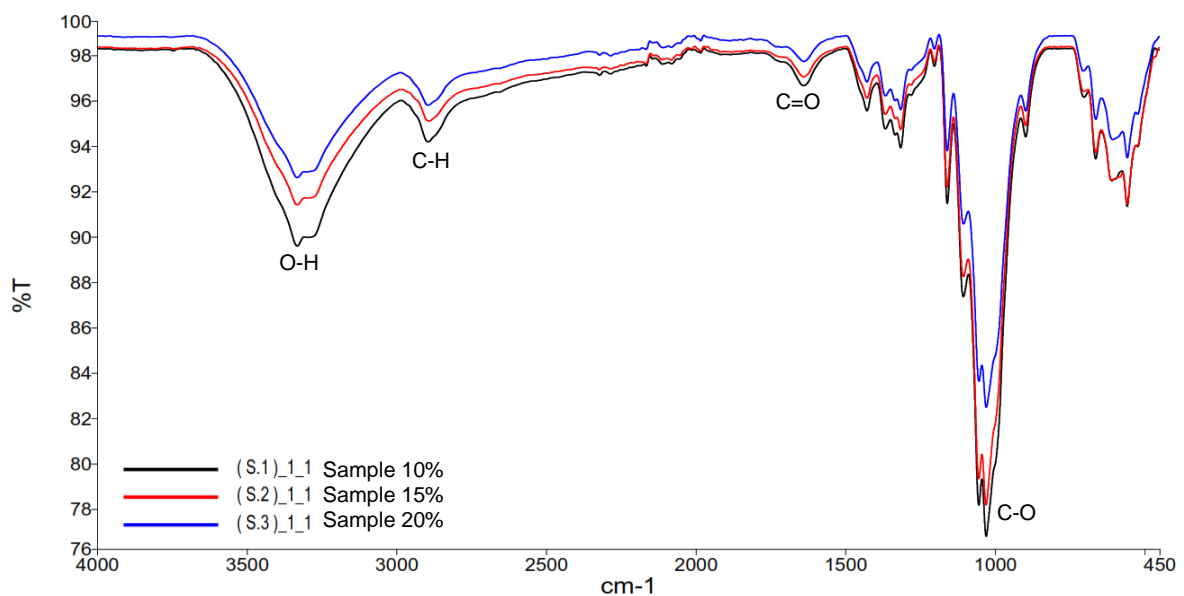
hidroksil yang tergantikan oleh satu gugus asetil, kemudian selulosa diasetat adalah selulosa asetat dengan dua gugus hidroksil yang disubstitusikan oleh dua gugus asetil, yang merupakan kategori selulosa asetat komersial. Sedangkan selulosa triasetat merupakan selulosa asetat dengan tiga gugus hidroksil yang disubstitusikan oleh tiga gugus asetil (Asparingga, 2018).

3.4 Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Kadar Air Selulosa Asetat

Kadar air selulosa asetat yang dihasilkan pada penelitian ini sangat dipengaruhi oleh konsentrasi pelarut dan suhu pengeringan yang digunakan selama proses sintesis. Dapat dilihat pada gambar 4. bahwa semakin tinggi konsentrasi pelarut yang digunakan maka kadar air selulosa asetat semakin menurun. Penggunaan konsentrasi pelarut paling rendah yaitu 10% menghasilkan selulosa asetat dengan kadar air yang masih cukup tinggi, yaitu 9,49%. Sedangkan variasi konsentrasi pelarut 30% diperoleh selulosa asetat dengan kadar air yang sudah relatif rendah dan sesuai dengan karakteristik selulosa asetat yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioplastik.



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Kadar Air



Gambar 5. Hasil Analisa FTIR (Sampel 10%, 15%, dan 20%)

Selain itu, kadar air selulosa asetat juga dapat dipengaruhi oleh suhu pengeringan pada proses sintesis selulosa asetat. Pada penelitian ini suhu pengeringan yang digunakan adalah cukup rendah, yaitu 50°C sehingga kadar air selulosa asetat masih relatif tinggi. Namun jika kondisi suhu pengeringan yang digunakan terlalu tinggi, maka dikhawatirkan dapat merusak struktur kimia dari produk akhir selulosa asetat. Jika dibandingkan dengan peneliti sebelumnya yang menggunakan suhu pengeringan 55°C dan memperoleh kadar air berkisar 4,33 – 4,47%, maka kadar air selulosa asetat dari penelitian ini masih relatif lebih tinggi, yaitu 5,75 – 9,49%. Penggunaan konsentrasi pelarut yang terlalu rendah nyata nya berpengaruh terhadap kadar air yang dihasilkan, dalam hal ini perlu meninjau penambahan variasi konsentrasi pelarut yang lebih tinggi >30%.

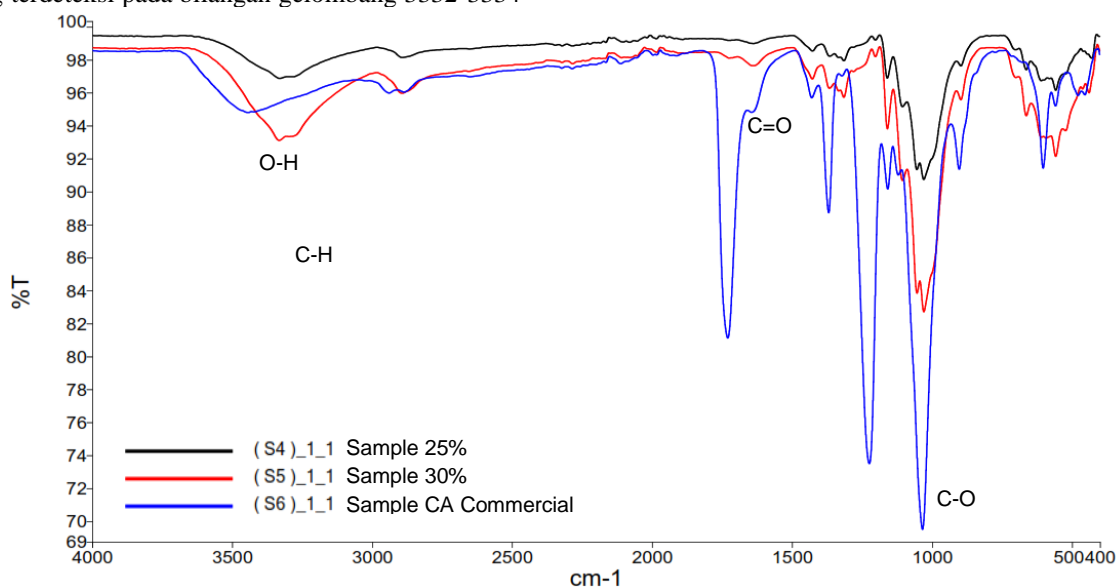
3.5 Karakterisasi Selulosa Asetat Dengan Analisa Gugus Fungsi (FTIR)

Salah satu analisa kualitatif untuk mengetahui keberhasilan proses asetilasi adalah dengan menggunakan instrumen FTIR, yaitu dengan mengidentifikasi serapan-serapan khas dan perubahan gugus fungsi setelah penambahan gugus asetil. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil analisa gugus fungsi antara selulosa asetat hasil sintesis dengan selulosa asetat komersial. Struktur kimia selulosa asetat tersusun oleh tiga gugus fungsi, yaitu C-O, O-H, C-H, dan C=O. Perubahan gugus fungsi untuk sampel selulosa asetat (10%, 15% dan 20%) dapat dilihat pada spektrum FTIR yang terbentuk pada Gambar 5. Dari grafik dapat diketahui bahwa pada tiap sampel terdapat gugus O-H yang menyatakan bahwa masih ada gugus fungsi yang belum terasetilasi secara sempurna, yang terlihat pada bilangan gelombang 3334 cm^{-1} dengan kedalaman peak yang berbeda untuk tiap sampel nya.

Sampel 10% memiliki tingkat kedalaman peak yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan sampel 15% dan 20%, hal ini membuktikan bahwa masih terdapat gugus O-H pada selulosa yang tidak tersubstitusi yaitu ditandai dengan nilai kadar asetil yang tidak terlalu tinggi. Namun keberhasilan reaksi asetilasi pada penelitian ini dibuktikan dengan terbentuknya selulosa asetat yang dapat dilihat pada serapan khas pada gelombang 1638-1639 cm^{-1} untuk gugus C=O yang merupakan gugus karbonil dan 1053 cm^{-1} untuk gugus C-O asetil dengan tingkat kedalaman peak yang cukup tinggi.

Hasil analisa gugus fungsi untuk sampel 25% dan 30% serta sampel selulosa asetat komersial sebagai perbandingan dapat dilihat pada Gambar 6. Dari grafik diketahui bahwa untuk sampel 25% dan 30%, gugus O-H yang terdeteksi pada bilangan gelombang 3332-3334

cm^{-1} memiliki tingkat kedalaman peak yang cukup rendah dan intensitasnya lemah yaitu hampir sama dengan serapan gelombang pada selulosa asetat komersial 3445 cm^{-1} . Hal tersebut membuktikan bahwa gugus O-H yang tersubstitusi oleh gugus asetil lebih banyak dibandingkan sampel dengan konsentrasi pelarut yang lebih rendah sehingga penambahan konsentrasi pelarut dapat mempengaruhi substitusi gugus hidroksil oleh gugus asetil yang ditandai dengan peningkatan jumlah kadar asetil. Kemudian keberhasilan reaksi asetilasi dibuktikan juga dengan terbentuknya gugus karbonil (C=O) pada serapan gelombang 1638 cm^{-1} dan gugus asetil (C-O) pada serapan gelombang 1053 cm^{-1} dengan tingkat kedalaman peak yang cukup tinggi hampir mendekati kedalaman peak sampel selulosa asetat komersial untuk serapan gugus fungsi C-O.



Gambar 6. Hasil Analisa FTIR (Sampel 25%, 30% dan CA Komersial)

Berdasarkan hasil analisa gugus fungsi menggunakan FTIR pada sampel selulosa asetat hasil sintesis membuktikan bahwa terdapat gugus asetil pada setiap sampel yang diverifikasi dengan adanya karakteristik serapan-serapan khas, yaitu serapan gugus karbonil (C=O) dan gugus asetil (C-O). Namun jika dibandingkan dengan hasil analisa pada sampel selulosa asetat komersial, sampel 30% lebih mendekati karakteristik yang hampir sama. Dari hasil analisa telah dibuktikan bahwa proses asetilasi α -selulosa tandan kosong kelapa sawit menjadi selulosa asetat telah berhasil secara kualitatif dan karakteristik dari sampel 30% lebih cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian sintesis selulosa asetat dari α -selulosa tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan bioplastik dengan memvariasikan konsentrasi pelarut (*swelling agent*), maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Kondisi optimum yang diperoleh pada penelitian ini adalah penggunaan variasi konsentrasi pelarut 30% dengan karakteristik paling baik, yaitu yield 75%, kadar asetil 36,927%, derajat substitusi 2,22 dan kadar air 5,75%, yang hampir mendekati karakteristik selulosa asetat komersial dan dapat diaplikasikan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.
2. Penambahan jumlah konsentrasi pelarut asam asetat glasial sangat mempengaruhi proses asetilasi dan karakteristik selulosa asetat yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi pelarut, maka yield, kadar asetil dan nilai derajat substitusinya akan semakin meningkat.
3. Hasil analisa kualitatif dengan menggunakan FTIR membuktikan bahwa proses asetilasi telah berhasil dilakukan yang ditandai dengan terbentuknya gugus asetil pada selulosa asetat

DAFTAR PUSTAKA

- Andahera, C., Sholikhah, I., Islamiati, D.A., Pusfitasari, M.D. 2019. *Pengaruh Penambahan Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry 2 (2) : 46-54.
- Asparingga, H., Syahbanu, I., Alimuddin, A.H. 2018. *Pengaruh Volume Anhidrida Asetat Pada Sintesis Selulosa Asetat Dari Sabut Kelapa*. Jurnal Kimia Khatulistiwa, 7(3): 10-17.
- Bahmid, Nur Alim. 2014. *Pengembangan Nanofiber Selulosa Asetat Dari Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Bioplastik*. Tesis. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2020. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2020*. BPS-Statistics Indonesia.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2021. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2021*. BPS-Statistics Indonesia.
- Chen, Hongzhang. 2014. *Chemical Composition and Structure of Natural Lignocellulose*. In: Chen, H.Z., Ed., *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice*, Springer, Netherlands, Dordrecht, 25-71.
- Dewanti, Dian Purwitasari. 2018. *Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan*. Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 19, No.1.
- Fengel, D., Wegener, H. 1995. *“Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions”*. Walter de Gruyter & Co: Berlin.
- Gaol, M.R.L.L., Sitorus, R., Yanthi, S., Surya I., Manurung, R. 2013. *Pembuatan Selulosa Asetat dari α -selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia USU Vol. 2(3): 33-39.
- Harrison, I.K., Huttenhuis, P.J.G., dan Heesink, A.B.M. 2004. *BIOCA-Biomass Streams to Produce Cellulose Acetate*. Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion. 2(6): 370-381.
- Kirk, R.E., Othmer, D.F. 1993. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th Ed., p.593-616. The International Science Encyclopedia Inc., New York.
- Listyanti, Anyberta Dwi. 2021. *Sintesis Selulosa Asetat dari Tongkol Jagung Dengan Variasi Volume Anhidrida Asetat Sebagai Material Membran*. Skripsi: Universitas Jember.
- Najih, Ismat. 2018. *Sintesis Plastik Biodegradable Berbahan Kitosan, Arang Manggis dan Minyak Sereh*. Skripsi : Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Puls, J., Wilson, S.A., Holter, D. 2011. *Degradation of Cellulose Acetate-Based Materials : Review*. Journal Polymer Environ 19: 152-165.
- Seto, A.S dan Sari, A.M. 2013. *Pembuatan Selulosa Asetat Berbahan Dasar Nata De Soya*. Konversi, 2(2).
- Siswati, N.D., Wachidah, A.N., Ariyani, A.E.P. 2021. *“Selulosa Asetat Dari Ampas Sagu”*. Jurnal Teknik Kimia, Vol.15, No.2.
- Souhoka, A.F., dan Latupeirissa, J. 2018. *Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat (CA)*. Indo J. Chem. Res, 5(2):58-62.
- Utami, I., Hasan, A., Junaidi, R. 2021. *Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dari α -Selulosa Fiber Cake Kelapa Sawit*. Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia. Vol.1: 357-364.
- Wahyudi, B., Kasafir, M.B.H., Hidayat, M.R.T. 2020. *Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Talas dengan Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brothohardjono XVI : Surabaya.
- Wahyusi, K.N., Siswanto., Utami L.I. 2017. *Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu*. Jurnal Teknik Kimia Vol 12, No.1.