



Alotrop

Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia

p-ISSN2252-8075 e-ISSN2615-2819

PEMBUATAN FILM BIOPLASTIK NANOKRISTAL SELULOSA PELEPAH NIPAH (*Nypa fruticans*) YANG DIHASILKAN DARI PROSES SONIKASI-HIDROTERMAL DENGAN PENAMBAHAN PATI SAGU

Kasrawati^{1*}, Supran Hidayat Sihotang²

¹STIKes Medika Nurul Islam

²Universitas Tjut Nyak Dhien

* For correspondence purposes, email: kasrawati60@gmail.com

ABSTRACT

*The manufacture of palm leaf frond (*Nypa fruticans*) nanocrystalline bioplastic films produced from a sonication-hydrothermal process with the addition of sago starch. This research aims to determine the characteristics of bioplastics made from cellulose nanocrystals with the addition of sago starch. Characterization uses tensile test methods, water absorption, FTIR, XRD, TGA, and biodegradability tests. The highest tensile strength results for bioplastics were shown in samples with a 20% NCC film variation, namely 11.996 MPa, elongation 1.66%, and Young's modulus 722.65 MPa. The best water absorption test is found in the 20% NCC variation, namely 24.35%. FTIR spectrum analysis shows the absorption of the C-O-C group at a wave number of 1096 cm⁻¹ which identifies the presence of glycosidic bonds in cellulose nanocrystals. Peak 3428 indicates the presence of an O-H group and peak 2926 cm⁻¹ indicates the presence of a C-H group. XRD analysis shows the degree of crystallinity of cellulose nanocrystals, namely 90%. The 15% NCC variation shows good heat stability around 335.71oC and the 20% NCC variation is 327.91%. The best biodegradability test was shown by samples with an NCC variation of 15%, namely 71.68%. The conclusion in this research is that the best sample variations are NCC variations of 20% and 15%.*

Keywords: Bioplastic; Nipah; Nanocellulose; Sonication; Hydrothermal.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pembuatan film bioplastik nanokristal selulosa pelepah nipah (*Nypa fruticans*) yang dihasilkan dari proses sonikasi-hidrotermal dengan penambahan pati sagu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik bioplastik berbahan nanokristal selulosa dengan penambahan pati sagu. Karakterisasi menggunakan



metode uji tarik, daya serap air, FTIR, XRD, TGA, serta uji biodegradabilitas. Hasil kekuatan tarik paling tinggi pada bioplastik ditunjukkan pada sampel dengan variasi NCC 20% yaitu sebesar 11,996 MPa, *elongation* 1,66%, dan *modulus young's* 722,65 Mpa. Uji daya serap air terbaik terdapat pada variasi NCC 20 % yaitu 24,35%. Analisa spektrum FTIR menunjukkan adanya serapan gugus C-O-C pada bilangan gelombang 1096 cm^{-1} yang mengidentifikasi adanya ikatan glikosida pada nanokristal selulosa. Pada puncak 3428 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus O-H dan puncak 2926 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H. Analisa XRD menunjukkan derajat kristalinitas nanokristal selulosa yaitu 90%. Variasi NCC 15% menunjukkan stabilitas panas yang baik sekitar 335,71°C dan variasi NCC 20% yaitu 327,91%. Uji biodegradabilitas terbaik ditunjukkan oleh sampel dengan variasi NCC 15% yaitu sebesar 71,68%. Kesimpulan dalam penelitian ini adalah variasi sampel terbaik adalah variasi NCC 20% dan 15%.

Kata kunci: Bioplastik; Nipah; Nanoselulosa; Sonikasi; Hidrotermal.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan yang terjadi di Indonesia menjadi sebuah permasalahan yang harus dicegah. Salah satu faktor penyebab pencemaran lingkungan yaitu sampah plastik. Indonesia termasuk salah satu negara dengan populasi tinggi dan penyumbang sampah terbanyak kedua di dunia. Salah satu jenisnya yaitu sampah kantong plastik yang digunakan untuk berbelanja supermarket atau minimarket dan produk kemasan makanan yang sulit terdegradasi oleh mikroorganisme karena membutuhkan waktu sekitar 100-500 tahun. Faktor ini mendorong untuk menghasilkan bahan alternatif pembuatan plastik yang dapat meminimalisir dampak pencemaran lingkungan dengan kemasan *biodegradable*. Plastik *biodegradable* terbuat dari material yang dapat diperbaharui seperti senyawa dalam tanaman atau hewan yaitu pati, selulosa, protein atau lipid^{1,2}.

Biomassa berbasis selulosa mengalami kemajuan yang pesat dalam kurun waktu satu dekade terakhir. Hal ini disebabkan karena memiliki keunggulan seperti sifat mekanik yang baik, densitas

yang rendah, ramah lingkungan, kelimpahan yang banyak, tidak mahal, tidak beracun, mudah didegradasi dan termasuk sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Oleh karena itu bisa digunakan untuk membuat bioplastik berbahan nanokristal selulosa dan pati^{3,4}. Pati mengandung dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin yang dapat mempengaruhi sifat akhir dari bioplastik yang dihasilkan. Sumber pati yang potensial untuk digunakan yaitu pati sagu karena keberadaannya yang melimpah, budidaya tanpa mengenal musim dan dapat berkembang diberbagai daerah⁵.

Pada pembuatan bioplastik menggunakan bahan pati memiliki kekurangan pada sifat mekaniknya dan bersifat hidrofilik, sehingga harus ditambahkan *filler*. *Filler* atau pengisi yang digunakan yaitu nanokristal selulosa sebagai agen penguat. Hal ini dikarenakan selulosa dapat mencegah kelemahan sifat hidrofilik dari pati. Keunggulan serat selulosa yang berperan dalam sifat mekanik bioplastik yaitu ramah lingkungan, tidak beracun, biokompatibilitas, hidrofobik dan *biodegradable*⁶. Ukuran *filler* selulosa



dapat meminimalisir interaksi antara filler dan matriks, oleh sebab itu perlu adanya nano *filler* atau nanoselulosa dalam pembuatan bioplastik. Apabila ukuran partikel semakin kecil atau berukuran nanometer akan memudahkan partikel tersebut masuk dalam ruang matriks yang menyebabkan penyebaran yang semakin merata sehingga mengurangi rongga dalam biopolimer⁷.

Secara umum metode isolasi nanokristal selulosa yang dilakukan yaitu metode konvensional menggunakan hidrolisis pelarut asam dalam membran dialisis, namun metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu yang lama dalam proses isolasi dan hasil yang diperoleh sangat sedikit sehingga diperlukan teknik lain untuk mengisolasi nanokristal selulosa menggunakan metode sonikasi dengan teknologi ultrasonik untuk memecah fase amorf pada selulosa dengan cara meningkatkan laju transfer massa serta pemecahan dinding lebih banyak sehingga dapat menghemat penggunaan pelarut dan mempersingkat waktu isolasi⁸. Metode sonikasi menggunakan bantuan ultrasound, pada saat gelombang merambat maka medium akan mengalami getaran. Getaran yang dihasilkan tersebut yang akan meningkatkan kecepatan kontak antara pelarut dengan sampel yang digunakan sehingga menyebabkan cairan menuju dinding sel dan melepas komponen^{9,10}.

Berdasarkan uraian diatas bahwa pentingnya pemanfaatan bahan alam sebagai material maju bahan bioplastik. Dalam penelitian ini memanfaatkan pati sagu dan nanokristal selulosa dalam memproduksi plastik biodegradable dengan variasi konsentrasi dan penambahan gliserol sebagai plasticizer terhadap sifat mekanik bioplastik

meliputi kuat tarik dan elongasi, sifat biodegradasi, dan karakteristik morfologi dan gugus fungsi.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan juli-september 2024 yang dilaksanakan di laboratorium farmasi STIKes Medika Nurul Islam.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan berupa alat-alat gelas, neraca analitis, Termometer, ayakan 80 mesh, Hot plate, Oven, Ultrasonikasi, reaktor hidrotermal seperangkat alat FTIR, TGA, alat uji tarik, dan XRD

Bahan yang digunakan adalah pelepah nipah, Aquadest, Asam nitrat (HNO_3) 3,5%, Natrium nitrit (NaNO_2) P.a, natrium hidroksida (NaOH) 2%, Natrium sulfat (Na_2SO_4) 2%, Natrium hipoklorit (NaOCl) 1,75%, Hidrogen peroksida (H_2O_2) 10%, Asam Klorida (HCl) 4M, Gliserol P.a dan Pati Sagu.

Prosedur Kerja

1. Preparasi Serbuk Pelepah Nipah

Pelepah nipah yang telah diperoleh sebanyak 2 kg dikupas kulit luar, dipotong dengan ukuran 0,5-1 cm kemudian dijemur selama 5 hari, setelah kering dihaluskan dengan blender dan diayak dengan ayakan 80 mesh.

2. Isolasi Selulosa dari Pelepah Nipah

Untuk sekali isolasi ditimbang sebanyak 75 gram Serbuk Pelepah nipah, ditambahkan 1 L campuran HNO_3 3,5% dan 10 mg NaNO_2 dipanaskan di atas hot plate pada suhu 90°C selama 2 jam kemudian disaring. Selanjutnya di digesti dengan 750 ml larutan yang mengandung NaOH 2% dan Na_2SO_4 2% pada suhu 50°C selama 1 jam lalu

disaring. Selanjutnya dilakukan pemutihan dengan 250 ml larutan NaOCl 1,75% pada temperatur mendidih selama 30 menit kemudian disaring. Setelah itu dilakukan pemurnian selulosa dengan 500 ml larutan NaOH 17,5 % pada suhu 80°C selama 0,5 jam lalu disaring. Dilanjutkan pemutihan dengan H₂O₂ 10% pada suhu 60°C selama 15 menit. Dicuci dan disaring selulosa yang terbentuk. Dikeringkan dengan oven selama 8 jam pada suhu 60°C .

3. Isolasi Nanokristal Selulosa dari Selulosa

Selulosa dilarutkan dalam HCl 4M dan disonikasi dengan frekuensi 40Hz selama 30 menit dalam waterbath pada suhu 40°C kemudian dipindahkan ke reaktor hidrotermal dan dipanaskan sampai suhu 110°C selama 1 jam, disaring, dinetralkan dan dikeringkan kemudian diuji XRD dan FTIR.

4. Pembuatan Film Bioplastik

Pembuatan film bioplastik dengan menggunakan nanoselulosa 0%, 10%, 15%, 20% dan 25%, proses pencampuran dilakukan dengan cara masing-masing variasi nanoselulosa dicampurkan dengan 50 ml aquades dan diaduk 300 rpm selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan 5 gr pati sagu dan 80 ml aquades kedalam nanoselulosa yang sudah dihomogenkan. Kemudian dipanaskan dengan hotplate pada suhu 70-75°C selama 50 menit sambil distirer. Pada 10 menit pertama ditambahkan gliserol sebanyak 5 ml. setelah 50 menit didiamkan hingga tidak ada gelembung. Campuran dituangkan kedalam loyang teflon dan dioven pada suhu 60°C selama 16 jam kemudian diuji kuat tarik, FTIR, dan TGA.

5. Uji Daya Serap Air (DSA)

Sampel bioplastik dipotong ukuran 2x2 cm, Ditimbang masa awal dan dimasukkan ke dalam gelas berisi akuadest selama 15 detik, kemudian diangkat dan diletakkan diatas kertas saring, timbang kembali masa akhir dan dihitung persentasenya dengan rumus:

$$DSA = \frac{Massa\ akhir - Massa\ awal}{Massa\ awal} \times 100\%$$

6. Uji Biodegradabilitas

Analisa biodegradabel dilakukan berdasarkan acuan ASTM G-21-70 menggunakan metode pengontakan langsung dengan tanah (cut). Sampel dipotong 2x2 cm, ditimbang massa awal kemudian dimasukkan sampel dalam tanah yang digali sedalam 30 cm selama 30 hari, diangkat sampel setiap 3 hari dan dibersihkan dengan kuas dari residu tanah yang menempel, ditimbang kembali sampel menjadi massa akhir, kemudian di hitung dengan persamaan

$$\% \text{ Hilang berat} = \frac{Massa\ awal - Massa\ akhir}{Massa\ awal} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Selulosa dari Pelepah Nipah

Berdasarkan serangkaian proses yang dilakukan terhadap serbuk pelepah nipah diperoleh selulosa yang berwarna putih. Pada tahap isolasi selulosa dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan dengan jumlah serbuk pelepah nipah 75 gr untuk setiap pengulangan, sehingga total serbuk pelepah nipah yang digunakan sebanyak 450 gram dan pada akhir proses menghasilkan selulosa sebanyak 173,98 gram (38,66%).



Gambar 1. Selulosa Dari Serbuk Pelelah Nipah

Nanokristal Selulosa dari Pelelah Nipah

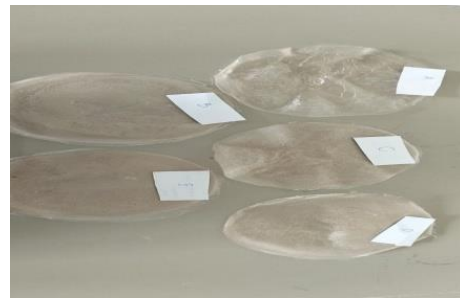
Selulosa yang dihasilkan diubah menjadi nanoselulosa melalui metode sonikasi-hidrotermal. Pada tahap ini digunakan selulosa sebanyak 160 gram dan pada akhir proses menghasilkan nanoselulosa sebanyak 61,8 gram (38,63%).



Gambar 2. Nanoselulosa Pelelah Nipah

Pembuatan Film Bioplastik

Pembuatan film bioplastik dengan menggunakan nanoselulosa 0%, 10%, 15%, 20% dan 25%, ditambah 5 gr pati sagu dan gliserol sebanyak 5 ml. Hasil film nanoselulosa dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini

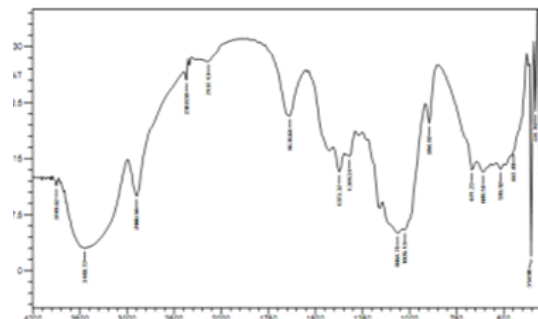


Gambar 3. Film Bioplastik

Dari film bioplastik yang dihasilkan terlihat bahwa semakin banyak konsentrasi nanoselulosa yang digunakan maka film bioplastik yang dihasilkan semakin tidak homogen. Ketidakhomogen berakibat pada tidak sempurnanya proses yang terjadi, sehingga ikatan yang terjadi antara pati, selulosa dan gliserol tidak kuat.

Analisa Gugus Fungsi dengan FTIR

Hasil analisa FTIR nanokristal selulosa dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini

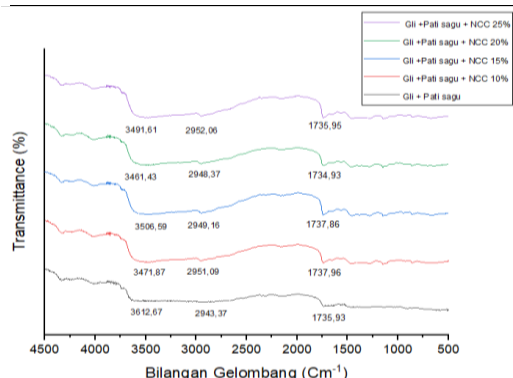


Gambar 4 Spektrum FTIR Nanoselulosa

Pada Gambar terlihat puncak serapan gugus O-H pada kisaran 4000-2995 cm^{-1} . Ikatan C-H diabsorpsi diantara 2890-2960 cm^{-1} . Daerah absorbansi air pada bilangan gelombang 1640. Daerah uluran C-O-C diabsorpsi pada daerah 1170-1080 cm^{-1} Serapan ini berasal dari ikatan glikosida

Tabel 1. Bilangan Gelombang FTIR Nanokristal Selulosa dari Pelepah Nipah

Gugus fungsi	Nanokristal selulosa (cm^{-1})
Uluran O-H	3428
Uluran C-H	2926
Uluran C-O-C	1096



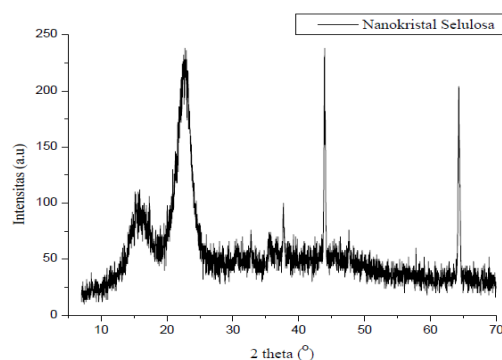
Gambar 5. Spektrum FTIR Film Bioplastik

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa terdapat puncak serapan antara 2943- 2952 cm^{-1} menunjukkan uluran dari gugus C-H dari gugus CH_2 berasal dari amilosa. Pada gambar tersebut terdapat vibrasi ulur gugus -OH pada sampel ditunjukkan pada bilangan gelombang 346- 3612 cm^{-1} . Hal ini menandakan bahwa pada pati termoplastik dari pati sagu serta nanoselulosa terdapat gugus hidroksil -OH yang lebih bebas disebabkan oleh berkurangnya atom-atom yang dapat diberikan hidrogen. Selain itu juga terdapat bilangan gelombang gugus CO *bending* pada puncak serapan pada bilangan gelombang 1734- 1737 cm^{-1} yang menunjukkan proses grafting pada ikatan selulosa, pati, dan gliserol yang sudah terikat silang.

Analisa Kristalinitas dengan XRD

Analisa XRD dilakukan untuk mengetahui kristalinitas nanokristal selulosa. Selulosa dapat mengandung

daerah kristalin yang secara acak bercampur dengan daerah amorf. Difraktogram sinar-X daerah kristalin menghasilkan puncak-puncak yang tajam, sedangkan polimer amorf cenderung menghasilkan puncak yang melebar. Gambar 6 dibawah menunjukkan sudut 2θ pada sampel nanokristal selulosa.



Gambar 6. Difraktogram Nanoselulosa

Dari gambar 6 terlihat puncak-puncak tajam yang menunjukkan daerah amorf telah hilang pada proses sonikasi hidrotermal dengan penggunaan HCl 4M dan yang tinggal adalah nanokristal selulosa. Dari hasil difraktogram menunjukkan bahwa nanoselulosa merupakan bentuk kristalin yang ditandai dengan puncak yang tajam dengan derajat kristalinitas yaitu 90%.

Analisa Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik dari film bioplastik tanpa bahan pengisi nanokristal selulosa dan film bioplastik pada beberapa variasi NCC diuji melalui uji tarik pada temperatur kamar menggunakan beban 2000 KgF dengan kecepatan 5 mm/menit. Ketebalan rata-rata dari film bioplastik yang dihasilkan adalah 0,2-0,3 mm. Hasil uji mekanik bioplastik dapat dilihat pada gambar 7.

Berdasarkan gambar 7 memperlihatkan bahwa dengan adanya penambahan *filler* nanokristal selulosa pada film bioplastik mulai dari 10% dapat meningkatkan kekuatan tarik dari 5,265 MPa menjadi 6,365 MPa. Kekuatan tarik maksimum terjadi pada variasi NCC 20 % yaitu sebesar 11,996 MPa. Hasil uji kuat tarik menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa mampu meningkatkan kekuatan tarik bioplastik pada variasi tertentu. Penggunaan NCC 20% memiliki nilai kuat tarik yang paling tinggi, hal ini dikarenakan campuran antara matriks dan filler lebih homogen. Penggunaan NCC 25% nilai kekuatan tarik turun menjadi 11,587 Mpa, ini disebabkan proses yang terjadi tidak homogen yang mengakibatkan bioplastik tidak sempurna serta berpengaruh pada kekuatan tarik bioplastik. Film bioplastik yang tidak homogen disebabkan oleh kadar nanoselulosa yang berlebihan.

Tabel 2 Data Pengujian Sifat Mekanik Film Bioplastik

Sampe l	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young's (MPa)
A	5,265	0,93	489,64
B	6,365	1,37	464,60
C	8,560	1,51	566,89
D	11,99	1,66	722,65
E	11,58	1,61	179,89

Ket :

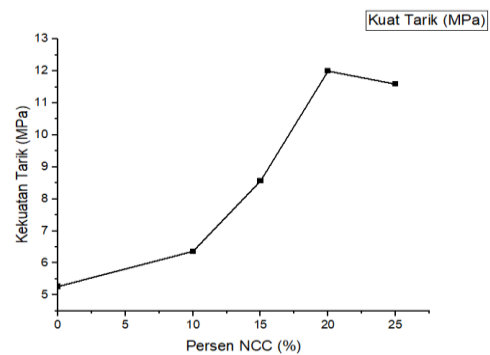
A : Gliserol + Pati Sagu

B : Gliserol + Pati Sagu + NCC 10%

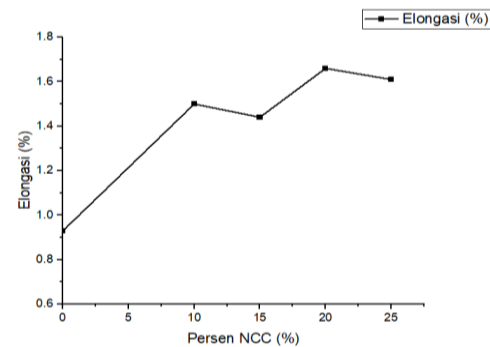
C : Gliserol + Pati Sagu + NCC 15%

D : Gliserol + Pati Sagu + NCC 20%

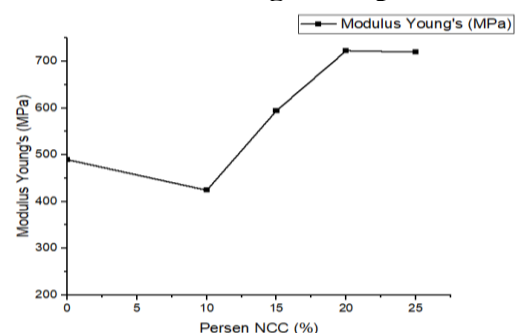
E : Gliserol + Pati Sagu + NCC 25%



Gambar 7. Kuat tarik Bioplastik



Gambar 8. elongasi Bioplastik



Gambar 9. Modulus Young's pada Bioplastik

Nilai modulus young's tertinggi berada pada bioplastik dengan penggunaan NCC 20% yaitu sebesar 722,65 MPa. Penambahan massa selulosa dan pati dapat meningkatkan nilai *modulus young*. Namun saat penambahan massa selulos amenjadi 25% *modulus young* kembali menurun. Hal ini disebabkan oleh ketidak homogen pada sampel bioplastik.

Uji Daya Serap Air

Dari hasil perhitungan daya serap air yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 hasil daya serap air

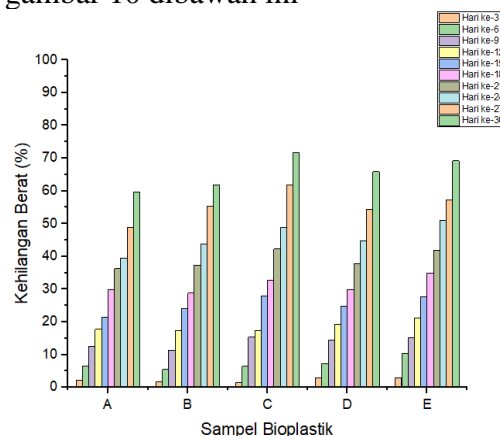
No	Sampel	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Daya serap air (%)
1	A	0,3988	0,5513	38,23
2	B	0,5116	0,6843	33,75
3	C	0,4263	0,5967	39,97
4	D	0,4041	0,5025	24,35
5	E	0,4262	0,5322	24,87

Berdasarkan tabel 3 diatas hasil pengujian daya serap air terhadap variasi NCC 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% diperoleh ketahanan terbaik terdapat pada film bioplastik dengan variasi NCC 20% dimana penyerapan air terjadi sebesar 24,35 %. Sedangkan untuk film bioplastik yang memiliki sifat penyerapan air paling tinggi terdapat pada film bioplastik dengan variasi NCC 15% dimana penyerapan air sebesar 39,97%. Hasil ini dapat dilihat bahwa kombinasi nanoselulosa, pati sagu serta gliserol mampu meningkatkan ketahanan air pada bioplastik dengan formulasi tertentu. Namun ada faktor lain yang mempengaruhi hasil daya serap air yaitu ketebalan dari sampel bioplastik yang berbeda-beda yang disebabkan oleh proses pencetakan sampel bioplastik yang kurang merata, serta pengaruh dari proses pengadukan larutan sampel yang tidak homogen menyebabkan larutan tidak larut sempurna.

Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas atau kemampuan biodegradasi bioplastik dilakukan untuk mengetahui pengaruh alam terhadap plastik dalam jangka waktu tertentu,

sehingga akan diperoleh persentase kerusakan atau persentase kehilangan berat pada plastik. Bioplastik yang memiliki biodegradabilitas yang buruk maka akan berfungsi merusak lingkungan dan tidak berbeda dengan plastik biasa yang saat ini sudah beredar luas di masyarakat. Pengujian biodegradabilitas bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan bioplastik hingga terurai (waktu degradasi sempurna). Hasil uji biodegradabilitas dapat dilihat pada gambar 10 dibawah ini

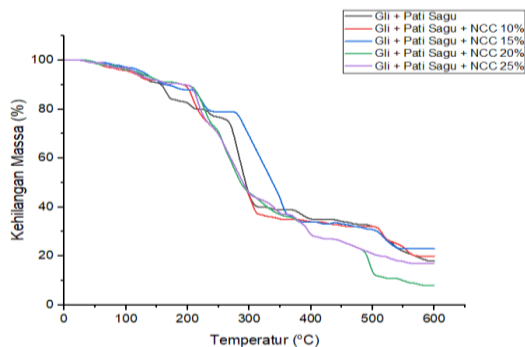


Gambar 10. Hasil Uji Biodegradabilitas

Penanaman sampel dilakukan selama 30 hari dengan pengamatan tiga hari sekali. Hasil uji biodegradabilitas menunjukkan bahwa degradasi terbaik ditunjukkan oleh sampel dengan variasi NCC 15% yang memiliki nilai kehilangan massa sebesar 71,68% kemudian diikuti oleh variasi NCC 25% yaitu 69,24%. Semakin banyak nanoselulosa yang dikandung oleh suatu plastik, maka semakin cepat plastik tersebut terdegradasi. Jadi yang berperan dalam faktor biodegradabilitas suatu plastik adalah nanoselulosa, karena selulosa merupakan bahan alam yang dapat terdegradasi di alam karena aktifitas mikroba dari tanah.

Uji Ketahanan Termal TGA

Thermogravimetry analysis (TGA) bertujuan untuk mengetahui stabilitas termal dari film bioplastik variasi NCC 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% yang dihasilkan. Hasil analisa TGA untuk masing-masing film bioplastik tersebut dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini



Gambar 11. Kurva TGA Bioplastik

Dari kurva TGA diatas terlihat bahwa bioplastik variasi NCC 15% memiliki stabilitas termal yang baik dibandingkan dengan variasi NCC yang lainnya. Dekomposisi awal bioplastik NCC 15% terjadi pada suhu 47,64°C sampai 227,98°C dengan penurunan massa sebesar 10% dari massa awal. Penurunan ini disebabkan oleh penguapan air dan senyawa yang memiliki berat molekul yang rendah. Penurunan massa maksimum bioplastik NCC 15% terjadi pada suhu 335,72°C dengan massa residu sebesar 32,87%, pemanasan berlanjut meninggalkan massa residu padat sebesar 23,52%. Variasi NCC 20% dan 25% mengalami penurunan suhu dekomposisi hal ini disebabkan oleh campuran distribusi yang tidak homogen dari nanokristal selulosa dalam pati sagu dan gliserol, karena interaksi kelompok hidroksil makromolekul pati sagu, gliserol dan kelompok hidroksil nanokristal selulosa.

Hasil analisa TGA dapat dilihat pada tabel 4 berikut

Tabel 4 Hasil Uji Ketahanan Termal masing-masing Bioplastik

Sam pel	Dekomposisi awal (°C)	Dekomposisi maksimum (°C)	%Residu akhir
A	172,26	297,26	18,6
B	214,67	302,56	20,96
C	227,98	335,72	23,52
D	224,69	327,91	8,17
E	168,79	272,33	17,23

SIMPULAN

Karakterisasi sifat mekanik dari film bioplastik menunjukkan bahwa variasi berat NCC 20% menunjukkan hasil terbaik yaitu dengan nilai uji tarik 11,996 MPa, regangan 1,66%, modulus young's 722,65 MPa, dan ketahanan air yang baik yaitu 24,35%

Karakterisasi biodegradabilitas dan suhu dekomposisi dari film bioplastik menunjukkan bahwa variasi berat NCC 15% menunjukkan hasil terbaik yaitu Uji biodegradabilitas selama 30 hari sebesar 71,68% serta suhu dekomposisinya yaitu 345,6°C dengan massa residu sebesar 25,33%.

DAFTAR PUSTAKA

- Mandasari, M. D. P., & Kusuma, S. B. W. (2023). Water Hyacinth Nanocellulose addition effect on the Mechanical Properties of Sweet Potato Starch-Based Bioplastics. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(1), 22-32.
- Iriani, E. S., Permana, A. W., Yuliani, S., Kailaku, S. I., & Sulaiman, A. A. (2019). The effect of agricultural waste nanocellulose on the properties of bioplastic for fresh fruit packaging. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 309, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.



3. Kasrawati, & Yuni, I. (2022). Pembuatan Nanokristal Selulosa Dari Pelepah Nipah (*Nypa Fruticans*) dengan Metode Hidrolisa Menggunakan Pelarut Asam Sulfat (H_2SO_4). *Jurnal Ilmu Farmasi*, 1(1), 1-9.
4. Ramadhan, N. H., Munawaroh, Z., Irawan, A. P., & Sayekti, T. (2023). Pengembangan Biodegradable Plastic Berbasis Singkong Genderuwo Berpenguat Nanoselulosa Kulit Durian dengan Ekstrak Kayu Secang sebagai Antimikroba. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 3(3), 293-302.
5. Saputra, M. R. B., & Supriyo, E. (2022). Pembuatan plastik biodegradable menggunakan pati dengan penambahan katalis zno dan stabilizer gliserol. *Pentana: Jurnal Penelitian Terapan Kimia*, 1(1), 41-51.
6. Oyeoka, H. C., Ewulonu, C. M., Nwuzor, I. C., Obele, C. M., & Nwabanne, J. T. (2021). Packaging and degradability properties of polyvinyl alcohol/gelatin nanocomposite films filled water hyacinth cellulose nanocrystals. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), 168-185.
7. Raza, M., Abu-Jdayil, B., Banat, F., & Al-Marzouqi, A. H. (2022). Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from date palm waste. *ACS omega*, 7(29), 25366-25379.
8. Hendrawati, T. Y., Umar, E., Ramadhan, A. I., Sari, A. M., Salsabila, M., Suryani, R., ... & Rahardja, I. B. (2023). Sintesis dan Karakterisasi Nanoselulosa Serbuk Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Ultrasonifikasi. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 159-166.
9. Sunardi, S., Trianda, N. F., & Irawati, U. (2020). Pengaruh Nanoselulosa dari Pelepah Nipah sebagai Filler terhadap Sifat Bioplastik Polivinil Alkohol. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(2), 69-76.
10. Hertiwi, L. R., Aminudin, M. R., & Sanjaya, I. G. M. (2024). Utilization of Nanocellulose from Red Onion Skins as Nanofiller in Polyvinyl Alcohol-Based Film. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 27(1), 14-20.
11. Hidayat, S., Meidinariasty, A., & Junaidi, R. (2022). Film Nanokomposit Berbasis Termoplastik Pati Singkong-Polivinil Alkohol Dengan Nanoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Bahan Penguat. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 2(10), 413-423.