

Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit terhadap Sifat Listrik dan Sifat Mekanik PANi-Nanoserat Pinang

M. Wahyu Ramadhani*, Alimin Mahyudin

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 13 September 2021

Direvisi: 01 Oktober 2021

Diterima: 03 Oktober 2021

Kata kunci:

PANi
karbon aktif
selulosa
nanoserat pinang
konduktivitas

Keywords:

PANi
activated carbon
cellulose
areca nanofiber
conductivity

Penulis Korespondensi:

M. Wahyu Ramadhani

Email: ramadhaniwahyu96@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian mengenai pengaruh penambahan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit telah dilakukan untuk mengetahui sifat listrik dan sifat mekanik PANi-nanoserat pinang. Persentase karbon aktif yang ditambahkan terhadap PANi-nanoserat pinang berturut-turut adalah 10% ; 20% ; 30% ; 40% ; dan 50%. PANi dihasilkan dari polimerisasi monomer anilin dan amonium peroksidisulfat yang kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk PANi. Persentase nanoserat pinang yang digunakan pada setiap komposit adalah 6%. Karbon aktif dibuat melalui metode dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi dengan aktivator NaOH. Metode pembuatan nanoselulosa dari serat pinang menggunakan metode *dewaxing*, *bleaching*, dan *dehemicelulosa*. Pembuatan komposit dilakukan melalui metode *dry mixing* antara karbon aktif dan PANi-nanoserat pinang. Pengujian dilakukan berupa uji sifat listrik, karakterisasi gugus fungsi, dan uji sifat mekanik. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai konduktivitas tertinggi terdapat pada persentase 50% karbon aktif dengan nilai 3.35×10^{-3} S/cm pada frekuensi pengukuran 120 Hz. Nilai kapasitansi tertinggi terdapat pada persentase 50% karbon aktif dengan nilai 179,8 μ F pada pengukuran frekuensi 100 Hz. Hasil karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menunjukkan tingkat kemurnian dari komposit terjadi dengan tidak terbentuknya gugus fungsi baru pada komposit. Nilai kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas yang dihasilkan berturut-turut yaitu 14,96 MPa, 8,27%, dan 180,97 MPa.

The electrical and mechanical properties of PANi/polyaniline-nanofiber areca have been studied after adding activated carbon from oil palm shells. The ratio of activated carbon added to PANi-nanofiber areca, respectively, was 10% ; 20% ; 30% ; 40% ; and 50%. PANi is made by polymerizing aniline monomer with ammonium peroxydisulfate, then pulverizing the resultant PANi powder. The percentage of areca nanofibers used in each composite was 6%. Dehydration, carbonization, and activation with NaOH activator are used to create activated carbon. While dewaxing, bleaching, and dehemicellulose processes are used to make nanocellulose from areca fiber. Activated carbon and PANi-nanofiber areca were combined in a dry mixing process to create the composite. Electrical properties, functional group characterisation, and mechanical properties tests were all performed. According to the results of the testing, at a measuring frequency of 120 Hz, the highest conductivity value is 3.35×10^{-3} S/cm in the percentage of 50% activated carbon. With a value of 179.8 μ F at a frequency measurement of 100 Hz, the proportion of 50% activated carbon has the highest capacitance value. The findings of the Fourier Transform Infrared (FTIR) characterization revealed that the composite's purity level increased without the development of new functional groups. Tensile strength, strain, and modulus of elasticity respectively, were 14.96 MPa, 8.27%, and 180.97 MPa.

Copyright © 2021 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki komoditas unggulan dan utama yaitu kelapa sawit yang memiliki nilai ekonomis dan menjadi salah satu penyumbang devisa negara terbesar diantara komoditas perkebunan lainnya. Sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar, tentunya limbah dari kelapa sawit Indonesia sangat besar dan potensinya masih bisa dikembangkan. Selama ini limbah kelapa sawit sebagian hanya digunakan sebagai pupuk dan lebihnya akan berakhir di tempat pembuangan akhir. Seandainya limbah kelapa sawit dikelola secara maksimal maka Indonesia memiliki potensi untuk memenuhi pasokan pangan dan energi dunia. Oleh karena itu, penting bagi masyarakat umum untuk mengenal potensi dari limbah kelapa sawit yang dapat memberikan nilai tambah pada industri kelapa sawit nusantara (Meisrilestari *et al.*, 2013).

Salah satu limbah padat dari kelapa sawit adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang memiliki banyak manfaat dan kegunaan bagi usaha industri dan rumah tangga, seperti arang aktif dan tepung tempurung. Cangkang kelapa sawit memiliki kandungan arang aktif atau karbon aktif sekitar 20-22%. Cangkang kelapa sawit dapat dijadikan sebagai karbon aktif melalui proses dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi material karbon. Karbon aktif dapat dikompositkan dengan suatu polimer konduktif sehingga menghasilkan material yang dapat digunakan sebagai elektroda kapasitor (Nurdiati and Astuti, 2015).

Perkembangan teknologi pada saat ini mendorong manusia menciptakan polimer organik konduktif sebagai material penghantar listrik. Keuntungan dari polimer organik konduktif dibandingkan bahan anorganik lainnya adalah sintesis yang mudah dan beraneka ragam. Salah satu polimer organik konduktif yang sedang dikembangkan pada saat ini adalah PANi (polianilin). PANi dibentuk dari monomer anilin ($C_6H_5NH_2$) yang merupakan salah satu senyawa turunan benzene melalui proses polimerisasi (Dharmawan *et al.*, 2014).

Pengujian sifat listrik komposit PANi dengan bottom ash menghasilkan nilai konduktivitas yang meningkat seiring penambahan bottom ash dan komposit PANi-bottom ash lebih stabil terhadap perubahan temperatur (Susmita and Muttaqin, 2013). Penelitian mengenai penambahan tembaga (Cu) pada PANi yang menghasilkan peningkatan konduktivitas listrik pada PANi seiring dengan kenaikan suhu dan semakin banyak serbuk Cu yang ditambahkan menghasilkan penurunan energi gap (Astuti, 2013). Penelitian mengenai sintesis komposit PANi/karbon dari tempurung kemiri menghasilkan nilai konduktivitas dan kapasitansi yang meningkat seiring penambahan karbon (Nurdiati and Astuti, 2015).

Penelitian ini akan berfokus pada mengkompositkan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan PANi-nanoserat pinang untuk mengetahui sifat listrik dan sifat mekanik dari material komposit tersebut. Pengujian yang akan dilakukan adalah uji konduktivitas, kapasitansi, karakterisasi gugus fungsi menggunakan FTIR, dan uji sifat mekanik bahan melalui pengujian kuat tarik, regangan, dan modulus elastis.

II. METODE

Pembuatan PANi menggunakan metode polimerisasi oksidasi secara kimia dilakukan dengan mencampurkan 2 ml monomer anilin dengan 50 ml HCl selama 1 jam dan 6g amonimun peroksidisulfat ($(NH_4)_2S_2O_8$) dicampurkan dengan aquades (H_2O) selama 1 jam. Selanjutnya larutan anilin-HCl dicampurkan dengan larutan $(NH_4)_2S_2O_8-H_2O$ dalam gelas kimia, diaduk, dan dibiarkan selama 1 jam sampai terjadi polimerisasi sempurna yang membentuk endapan. Endapan yang dihasilkan dicuci dengan aquades sebanyak 3 kali dan dicuci lagi dengan aseton. Endapan yang telah dicuci tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring menghasilkan PANi dalam bentuk *emeraldin salt* (ES). PANi tersebut dipanaskan di atas *hote plate* dengan suhu 80 °C sampai kering. PANi yang telah kering digerus sampai halus dan PANi siap digunakan.

Pembuatan arang aktif dari cangkang kelapa sawit melalui proses dehidrasi dengan cara dikeringkan di bawah sinar matahari selama 5-7 hari untuk menghilangkan kadar airnya. Cangkang kelapa sawit yang telah kering selanjutnya melalui tahap karbonisasi (pengarangan) dengan cara dibakar pada suhu 400 °C selama 2 jam menghasilkan karbon. Karbon kemudian digerus sampai halus dan diayak dengan ayakan 150 mesh. Karbon yang telah halus melalui proses aktivasi dengan cara direndam menggunakan aktivator NaOH dengan rasio karbon : NaOH yaitu 1 : 3 dalam gelas kimia. Karbon hasil aktivasi dicuci dengan HCl sampai pH netral dan dikeringkan pada suhu 110 °C selama 1 jam. Karbon aktif yang telah kering siap digunakan.

Pembuatan nanoserat pinang melalui proses *blend* dan *hand lay-up*. Serat pinang yang diperoleh dari sabut buah pinang dikeringkan dan dihaluskan. Serat pinang yang telah halus sebanyak 10g diekstraksi dengan cara distilasi menggunakan 50 ml alkohol dan 50 ml n-heksana pada *soxhlet* selama 6 jam. Serat pinang hasil ekstraksi dikeringkan pada oven dengan suhu 105 °C selama 3 jam. Sebanyak 2g serat pinang hasil ekstraksi selanjutnya *dibleaching* menggunakan 1,5 gram NaClO₂ dan 0,5 ml CH₃COOH serta 200 ml aquades dengan suhu 95 °C selama 1 jam di dalam labu erlemeyer 500 ml yang kemudian ditambahkan lagi 1,5 gram NaClO₂ dan 0,5 ml CH₃COOH dengan pengulangan total waktu 4 jam. Serat hasil *bleaching* dicuci dengan aquades dan dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Serat yang telah kering dimasukkan ke dalam labu erlemeyer 500 ml ditambahkan 200 ml H₂SO₄ 1,3% yang dipanaskan dengan *waterbath* pada suhu 95 °C selama 2 jam. Setelah serat ditambahkan H₂SO₄ menghasilkan selulosa dan kemudian dimurnikan dengan aquades. Selulosa ditambahkan aquades dengan perbandingan 1 : 4 dimasukkan ke dalam *ultrasonic cleaner* disonikasi selama 6 jam. Selulosa hasil sonikasi disaring dan siap digunakan.

PANi, karbon aktif, dan nanoserat selulosa dicampurkan dengan metode pencampuran kering dengan variasi karbon aktif 10%; 20%; 30%; 40%; 50% terhadap volume cetakan. Nanoserat selulosa yang digunakan dengan variasi 6% untuk setiap sampel terhadap volume cetakan dan selebihnya PANi. Setelah dilakukan pencampuran, sampel uji dicetak dalam bentuk tablet menggunakan alat kompaksi dalam bentuk tablet dengan jari-jari 1 cm dan ketebalan 0,5 cm untuk pengujian sifat listrik dan karakterisasi FTIR. Cetakan sampel uji dengan ukuran 7,5 cm x 2,5 cm x 0,5 cm untuk pengujian sifat mekanik.

2.1 Konduktivitas

Pengujian konduktivitas dari sampel uji menggunakan LCR meter (*Inductance, Capacitance & Resistance*) dengan variasi frekuensi 100 Hz dan 120 Hz. Selanjutnya dihitung nilai konduktivitas listrik (σ) menggunakan Persamaan (1).

$$\sigma = \frac{l}{RA} \quad (1)$$

dengan σ adalah konduktivitas ($\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$) atau (S/m), l adalah tebal sampel (m), R adalah resistansi bahan (Ω), dan A adalah luas penampang elektroda (m^2).

2.2 Kapasitansi

Nilai kapasitansi didapatkan menggunakan LCR meter dengan cara mengubah pengukuran ke variable C (kapasitansi) pada variasi frekuensi pengukuran 100 Hz dan 120 Hz. Sampel uji diapit dengan dua plat dibagian atas dan bagian bawah. Penjepit dari LCR meter dijepitkan pada plat bagian atas dan bagian bawah yang kemudian menghasilkan nilai kapasitansi dari sampel uji. Nilai kapasitansi diperoleh menggunakan Persamaan (2).

$$C = \frac{Q}{V} = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2)$$

dengan C adalah kapasitansi (F), Q adalah muatan elektron (C), V adalah tegangan (V), ϵ adalah konstanta dielektrik, A adalah luas permukaan dielektrik, dan d adalah ketebalan dielektrik.

2.3 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Karakterisasi menggunakan FTIR dapat mengetahui ikatan non logam (senyawa organik) yang terbentuk pada sampel uji. Sehingga dengan mengetahui gugus fungsi dari sampel uji dapat dipelajari apakah terbentuk ikatan baru akibat perlakuan yang diberikan. Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara materi dan energi. Ketika FTIR digunakan, inframerah akan melewati celah ke sampel. Celah ini berfungsi sebagai pengontrol jumlah energi yang akan diberikan kepada sampel. Sampel kemudian menyerap beberapa inframerah yang masuk, sedangkan inframerah lain yang tidak terserap akan dipindahkan melalui permukaan sampel. Tujuannya agar sinar inframerah tersebut bisa lolos hingga ke detektor. Sinyal yang terukur lalu dikirim ke komputer untuk kemudian direkam.

2.4 Kuat Tarik, Regangan, dan Modulus Elastisitas

Nilai kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas diukur untuk mengetahui sifat mekanik dari karbon aktif yang ditambahkan pada PANi-nanoserat pinang. Nilai kuat tarik dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A_t} \quad (3)$$

dengan σ_t adalah kuat tarik (N/cm²), F_t adalah gaya tarik tegak lurus terhadap permukaan (N), dan A_t adalah luas bidang spesimen yang ditarik (cm²). Nilai regangan dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (4)$$

dengan ε adalah regangan, Δl adalah perubahan panjang spesimen (cm), dan l adalah panjang spesimen semula (cm). Nilai modulus elastisitas dihitung menggunakan Persamaan (5).

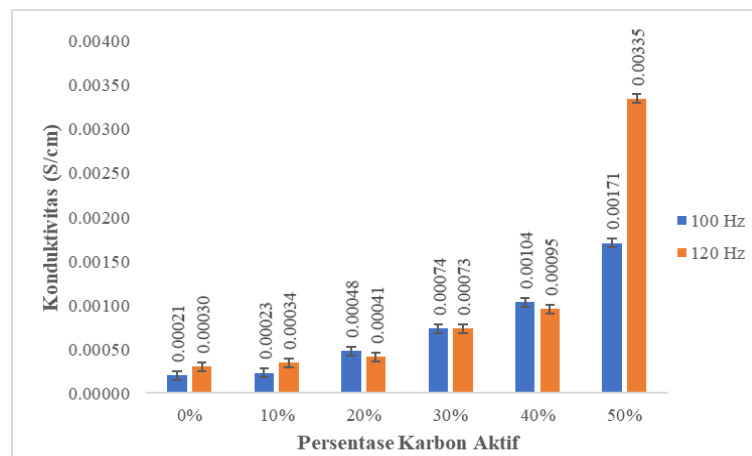
$$E = \frac{\sigma_t}{\varepsilon} \quad (5)$$

dengan E adalah modulus elastisitas (N/cm²).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Konduktivitas

Nilai konduktivitas dari komposit arang aktif dari cangkang kelapa sawit dengan PANi dan nanoserat pinang dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai konduktivitas sampel uji diukur menggunakan dua variasi frekuensi yaitu 100 Hz dan 120 Hz. Garis yang terdapat di atas diagram batang pada Gambar 1 merupakan *error bar*. *Error bar* tersebut menunjukkan jangkauan data dari tiga kali pengambilan data dengan hasil akhir konduktivitas yang diperoleh. Semakin kecil jangkauan data, maka semakin pendek garis *error bar* yang telah diformulasikan dengan standar deviasi data yang telah diperoleh. Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan nilai *error bar* yang kecil (0,00002-0,000075).



Gambar 1 Pengaruh persentase karbon aktif terhadap konduktivitas PANi-nanoserat pinang

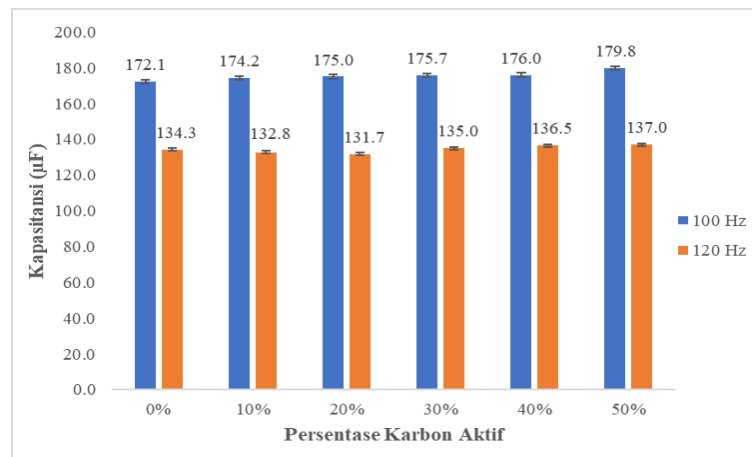
Penambahan karbon aktif pada PANi yang diperkuat nanoserat pinang mempengaruhi nilai konduktivitasnya. Hasil pengukuran didapatkan bahwa semakin banyak persentase karbon aktif yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai konduktivitas yang dihasilkan. Nilai konduktivitas tertinggi dengan pengukuran 120 Hz terdapat pada sampel A5 yaitu 0,00335 S/cm dengan persentase karbon aktif sebesar 50%. Nilai konduktivitas terendah pada pengukuran frekuensi 120 Hz yang memiliki kode sampel A1 sebesar 0,00034 S/cm dengan persentase 10% karbon aktif. Pengukuran dengan frekuensi 100 Hz memiliki nilai konduktivitas tertinggi pada sampel A5 yaitu 0,00171 S/cm. Nilai konduktivitas terendah dengan pengukuran pada frekuensi 100 Hz terdapat pada sampel A1 yaitu 0,00023 S/cm. Hasil konduktivitas yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan penelitian (Nurdiati and

Astuti, 2015) yang menghasilkan nilai konduktivitas tertinggi 0,000057 S/cm pada frekuensi pengukuran 120 Hz. Hal ini disebabkan pori-pori yang dimiliki karbon aktif yang memungkinkan penyerapan muatan dalam jumlah besar sehingga konduktivitasnya semakin besar.

Secara keseluruhan nilai konduktivitas komposit PANi-karbon aktif yang diperkuat nanoserat pinang memiliki rentang antara 10^{-3} sampai 10^{-4} S/cm. Material yang memiliki nilai konduktivitas kisaran 10^{-6} sampai 10^2 S/cm tergolong sebagai bahan yang bersifat semikonduktor. Nilai konduktivitas komposit arang aktif dan PANi yang diperkuat nanoserat pinang sebanding dengan besarnya frekuensi yang diberikan. Semakin tinggi frekuensi yang diberikan maka menghasilkan nilai konduktivitas yang tinggi. Kenaikan frekuensi akan meningkatkan pembawa muatan pada material sehingga terjadi transfer muatan yang tinggi pada daerah antar muka yang berakibat meningkatnya konduktivitas (Nurdiati and Astuti, 2015).

3.2 Kapasitansi

Kapasitansi yang diperoleh pada penelitian ini diukur menggunakan LCR Meter dengan frekuensi pengukuran 100 Hz dan 120 Hz. Nilai kapasitansi dari komposit PANi dan karbon aktif yang diperkuat nanoserat pinang dapat dilihat pada Gambar 2. *Error bar* yang dihasilkan dari formulasi perhitungan data kapasitansi yang diambil memiliki jarak jangkauan data yang kecil (2,5-3,1). Hal ini dapat dilihat dari garis di atas diagram batang yang pendek pada Gambar 2, yang artinya nilai standar deviasi dari data yang diperoleh tidak terlalu besar yaitu antara 2,5 sampai 3,1.



Gambar 2 Pengaruh persentase karbon aktif terhadap kapasitansi PANi-nanoserat pinang

Berdasarkan Gambar 2, nilai kapasitansi PANi yang ditambahkan karbon aktif yang diperkuat nanoserat pinang memiliki rentang nilai antara 174,2 µF sampai 179,8 µF dengan pengukuran menggunakan frekuensi 100 Hz. Pengukuran dengan frekuensi 120 Hz memiliki rentang nilai kapasitansi antara 131,7 µF sampai 137,0 µF.

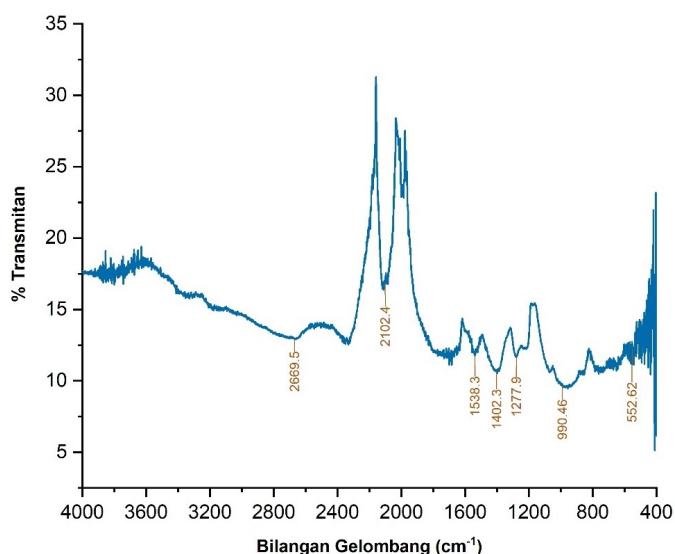
Nilai kapasitansi terbesar baik pada frekuensi pengukuran 100 Hz ataupun 120 Hz terdapat pada sampel A5 dengan penambahan 50% karbon aktif yang memiliki nilai kapasitansi berturut-turut yaitu 179,8 µF dan 137,0 µF. Nilai kapasitansi terkecil dengan pengukuran 100 Hz terdapat pada sampel A1 yaitu 174,2 µF sedangkan nilai kapasitansi terkecil pada frekuensi pengukuran 120 Hz terdapat pada sampel A2 yaitu 131,7 µF. Hal ini dapat terjadi dikarenakan proses pencampuran antara karbon aktif dan PANi-nanoserat pinang yang tidak merata sehingga menyebabkan kemampuan sampel dalam menyimpan muatan berbeda (Aziz *et al.*, 2017).

Secara keseluruhan pada diagram batang Gambar 2 jika ditinjau dari frekuensi pengukuran yang digunakan yaitu 100 Hz dan 120 Hz, nilai kapasitansi cenderung menurun seiring dengan tingginya nilai frekuensi yang digunakan. Nilai kapasitansi yang didapatkan dari penelitian ini memiliki nilai yang lebih besar dari penelitian (Nurdiati and Astuti, 2015) yang menghasilkan nilai kapasitansi tertinggi pada pengukuran 100 Hz yaitu 10,52 µF. Hal ini disebabkan karbon aktif yang ditambahkan memiliki pori-pori yang akan meningkatkan penyerapan muatan sehingga kapasitansinya semakin besar.

Perbedaan nilai kapasitansi yang dihasilkan antara frekuensi 100 Hz dan 120 Hz dipengaruhi penggunaan bahan dielektrik yang memisahkan elektroda superkapasitor. Pada frekuensi rendah menyebabkan elektron dapat beresilasi mengikuti medan aplikasi sehingga mekanisme polarisasi dapat mengikuti medan aplikasi, sedangkan pada frekuensi tinggi, osilasi elektron tidak dapat mengikuti medan aplikasi yang menyebabkan polarisasi tidak dapat mengikuti medan aplikasi, sehingga nilai dielektrisitas bahan menurun secara eksponensial seiring bertambahnya nilai frekuensi pengukuran (Nurdiati and Astuti, 2015).

3.3 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Karakterisasi FTIR yang telah dilakukan menunjukkan tidak terdapatnya senyawa baru yang terbentuk dari hasil komposit bahan yang terbentuk dari karbon aktif dan PANi yang diperkuat nanoserat pinang, yang ditunjukkan pada Gambar 3. Spektrum selulosa menunjukkan kelompok fungsional yang sesuai untuk senyawa PANi dan karbon aktif serta selulosa dari serat pinang. Alkohol, alkana, fenol, aromatik, ester, dan asam karboksilat dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen yang berbeda adalah gugus fungsi utama yang ada pada sampel.



Gambar 3 Spektrum FTIR pada 10% penambahan karbon aktif dengan PANi-nanoserat pinang

Berdasarkan Gambar 3 bahwa karbon aktif memiliki gugus fungsi utama yaitu C-H, C-O, dan O-H pada berbagai bilangan gelombang. Gugus fungsi C-O pada panjang gelombang 1277,9 cm⁻¹ merupakan gugus fungsi dari asam karboksilat. Gugus fungsi C-H dan O-H dalam rentang 2000-3600 cm⁻¹ merupakan gugus fungsi dari alkohol dan fenol (ikatan hidrogen) (Susmita and Muttaqin, 2013).

Keberadaan PANi terdapat pada kemunculan gugus fungsi C=C atau biasa disebut gugus fungsi aromatik. Gugus fungsi C=C yang terdapat pada PANi memiliki ikatan rangkap. Ikatan rangkap ini terkonjugasi dengan ikatan C-H, N-H, dan C-N pada PANi yang membuat PANi bersifat polar. Hal ini disebabkan masing-masing ikatan yang terkonjugasi tersebut memiliki kemampuan elektronegativitas yang berbeda-beda. Keadaan ini yang menyebabkan PANi menjadi polimer yang konduktif (Susmita and Muttaqin, 2013).

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, serat pinang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Alkana, aromatik, dan alkohol merupakan gugus fungsi yang terdapat pada selulosa dari serat pinang. Hilangnya beberapa puncak dalam spektrum menunjukkan penghapusan beberapa komponen setelah perlakuan kimia dari serat. Daerah penyerapan utama yang menunjukkan nanoselulosa adalah rentang 500-1750 cm⁻¹. Penurunan intensitas puncak dengan perlakuan berturut-turut dapat dikaitkan dengan ikatan hidrogen antar dan intra-molekul yang dibentuk oleh sebagian besar gugus hidroksil yang dihasilkan (Rozi and Mahyudin, 2020).

3.4 Kuat Tarik, Regangan, dan Modulus Elastisitas

Pengukuran kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh persentase serat pinang yang digunakan pada komposit terhadap kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas yang dimiliki masing-masing sampel uji.

Tabel 1 Nilai kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas

Persentase Serat Pinang (%)	Kuat Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
0	3,20	7,07	45,28
6	14,96	8,27	180,97

Pengujian sifat mekanik berupa kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas dilakukan pada sampel dengan variasi persentase serat sebesar 0% dan 6% terhadap jumlah total dari bahan komposit. Nilai kuat tarik yang didapatkan pada persentase serat 6% lebih besar dibandingkan dengan komposit tanpa serat. Hal ini dikarenakan serat pinang yang berupa nanoselulosa memiliki nilai sifat mekanik yang cukup tinggi. Hal ini dibuktikan dengan penelitian (Rozi and Mahyudin, 2020) yang menguji sifat mekanik dari nanoselulosa dari serat dengan variasi serat 6% menghasilkan nilai kuat tarik yang tinggi dibandingkan variasi serat lainnya.

Kuat Tarik yang didapatkan juga dipengaruhi oleh vibrasi regangan yang berada pada gugus fungsi O-H dan C-H pada selulosa (Wicaksono *et al.*, 2013). Metode yang digunakan juga berpengaruh terhadap nilai kuat tarik yang diperoleh, metode *hand lay-up* untuk pembuatan komposit juga memiliki kekurangan yaitu dapat terbentuk rongga pada komposit karena proses pembuatan komposit dilakukan secara manual.

Nilai regangan yang didapatkan pada persentase 6% lebih besar dibandingkan komposit tanpa serat. Nilai yang dihasilkan ini lebih tinggi dibandingkan penelitian (Rozi and Mahyudin, 2020) yang menggunakan persentase 6% serat pinang menghasilkan nilai regangan 3,63%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan resin yang digunakan pada penelitian ini merupakan polivinil alkohol yang merupakan polimer yang elastis. Ikatan antar matriks dan filler berpengaruh terhadap kekuatan komposit di mana pada penelitian ini regangan dengan persentase serat meningkat karena ikatan matriks dengan filler juga meningkat dari persentase sebelumnya (Rozi and Mahyudin, 2020).

Berdasarkan nilai kuat tarik dan regangan yang diperoleh, maka didapatkan nilai modulus elastisitas dari komposit tanpa serat dan komposit dengan 6% serat berturut-turut sebesar 45,28 MPa dan 180,97 MPa. Nilai modulus elastisitas dari komposit dengan serat 6% lebih besar dibandingkan dengan komposit tanpa serat. Hal ini dapat terjadi dikarenakan nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan kuat tarik dan berbanding terbalik dengan nilai persentase regangan. Semakin tinggi kuat tarik maka akan semakin tinggi juga modulus elastisitas dari komposit tersebut. Hasil pengukuran modulus elastisitas dari penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan (Rozi and Mahyudin, 2020) untuk persentase serat pinang 6% yang menghasilkan nilai modulus elastisitas sebesar 105,32 MPa.

IV. KESIMPULAN

Nilai konduktivitas yang dihasilkan meningkat seiring dengan besarnya persentase penambahan karbon aktif. Nilai konduktivitas tertinggi sebesar $3,35 \times 10^{-3}$ S/cm pada persentase penambahan 50% karbon aktif dengan frekuensi pengukuran 120 Hz. Nilai kapasitansi tertinggi sebesar 179,8 μ F pada persentase penambahan 50% karbon aktif dengan frekuensi pengukuran 100 Hz sehingga dapat diaplikasikan pada elektroda kapasitor. Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan tidak terbentuknya gugus fungsi baru pada komposit karbon aktif yang ditambahkan PANi diperkuat nanoserat pinang. Penggunaan nanoserat pinang 6% menghasilkan nilai kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas berturut-turut yaitu 14,96 MPa, 8,27%, dan 180,97 MPa yang lebih besar dibandingkan tanpa penggunaan nanoserat pinang.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, A. (2013), “Pengaruh Penambahan Tembaga (Cu) Terhadap Sifat Listrik Polianilin (PANi)”, *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, Vol. 5 No. 1, pp. 31–37.
- Aziz, H., Tetra, O.N., Alif, A., Syukri, S. and Perdana, Y.A. (2017), “Performance Karbon Aktif dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Elektroda Superkapasitor”, *Jurnal Zarah*, Vol. 5 No. 2, pp. 1–6.
- Dharmawan, R., Sudigdo, S. and Harahap, H. (2014), “Karakterisasi Sensor Polimer Konduktif Polianilin Berpengisi Serbuk Ban Untuk Mendeteksi Konduktivitas Minyak”, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 3 No. 2, pp. 41–44.
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R. and Wijayanti, H. (2013), “Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia dan Fisika-Kimia”, *Konversi*, Vol. 2 No. 1, p. 45.
- Nurdiati, D. and Astuti. (2015), “Sintesis Komposit PANi / Karbon dari Tempurung Kemiri (Aleurites Moluccana) Sebagai Elektroda Kapasitor”, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 4 No. 1, pp. 51–57.
- Rozi, M.F. and Mahyudin, A. (2020), “Analisis Variasi Fraksi Volume Nanoserat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Biodegradasi Material Komposit Epoksi dengan Pati Talas”, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 9 No. 2, pp. 270–276.
- Susmita, R. and Muttaqin, A. (2013), “Analisis Sifat Listrik Komposit Polianilin (PANi) Terhadap Penambahan Bottom Ash Sebagai Elektroda Superkapasitor”, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 2 No. 2.
- Wicaksono, R., Syamsu, K., Yuliasih, I. and TIN, M.N. (2013), “Karakteristik Nanoselulosa Selulosa dari Ampas Tapioka dan Aplikasinya Sebagai Penguat Film Tapioka”, *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, Vol. 23 No. 1.