

Karakteristik Sifat Fisik Membran Elektrolit Polimer Berbasis Kitosan Larva *Black Soldier Fly*/Polivinil Alkohol/Poliakrilonitril dengan Penambahan Ammonium Klorida

Physical Characteristics of Black Soldier Fly Maggot Chitosan/ Polyvinyl Alcohol/Polyacrylonitrile-based Polymer Electrolyte Membrane Incorporated with Ammonium Chloride

M. Thoriq Al Fath*, Nisaul Fadilah Dalimunthe, Rivaldi Sidabutar, Michael, Rosma Natalia Samosir, Thiodorus Marvin Tjandra

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan, Medan, 20155, Indonesia

*Email: thoriq@usu.ac.id

Article history:

Diterima : 2 Februari 2024
Direvisi : 3 Maret 2024
Disetujui : 12 Maret 2024
Mulai online : 23 Maret 2024

E-ISSN: 2337-4888

How to cite:

M. Thoriq Al Fath, Nisaul Fadilah Dalimunthe, Rivaldi Sidabutar, Michael, Rosma Natalia Samosir, Thiodorus Marvin Tjandra. 2024. Karakteristik Sifat Fisik Membran Elektrolit Polimer Berbasis Kitosan Larva *Black Soldier Fly*/Polivinil Alkohol/Poliakrilonitril dengan Penambahan Ammonium Klorida. Jurnal Teknik Kimia USU, 13(1), 63-70.

ABSTRAK

Kitosan berbasis cangkang larva *black soldier fly*/BSF berpotensi dimanfaatkan sebagai membran elektrolit polimer. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik membran berbasis kitosan BSF/PVA/PAN/NH₄Cl dengan memvariasikan massa kitosan dan rasio pemlastis PVA: PAN. Membran difabrikasi dengan metode *phase inversion*. Polimer elektrolit dengan campuran PVA/PAN sebanyak 1,20 g dengan variasi rasio 10:90 dan 20:80 serta variasi kitosan 2,4 g; 2,8 g dan 3,2 g. Kitosan juga dikarakterisasi menggunakan FTIR. Elektrolit polimer dengan komposisi kitosan 2,4 g; 2,8 g; 3,2 g serta rasio PVA/PAN 10:90 memiliki densitas 0,824 g/mL; 1 g/mL dan 1,51 g/mL serta penyerapan air 28,571%; 38,333%; dan 46,154%, rasio PVA/PAN 20:80 memiliki densitas 0,734 g/mL; 1,030 g/mL; dan 1,096 g/mL serta penyerapan air 62,5%; 66,667% dan 100%. Sifat fisik terbaik diperoleh dengan penambahan 2,4 g kitosan dan rasio PVA/PAN 10:90.

Kata kunci: *black soldier fly*, elektrolit polimer, kitosan, membran, sifat fisik

ABSTRACT

Black soldier fly larvae shells/BSF-based chitosan can be utilized as polymer electrolyte membrane. This research aims to analyze the physical characteristics of BSF chitosan/PVA/PAN/NH₄Cl by varying amount of chitosan and ratio of PVA: PAN. Membrane was fabricated using the phase inversion method. Polymer electrolyte with a mixture of 1.20 g of PVA/PAN with ratio variations of 10:90 and 20:80 and chitosan variations of 2.4 g; 2.8 g; and 3.2 g. Chitosan was also FTIR-characterized. Density and water absorption of polymer electrolyte with chitosan composition of 2.4 g; 2.8 g; 3.2 g and PVA/PAN ratio of 10:90 were 0.824 g/mL; 1 g/mL and 1.51 g/mL and water absorption 28.571%; 38.333%; and 46.154%, respectively; and at PVA/PAN ratio of 20:80 were 0.734 g/mL; 1.03 g/mL and 1.096 g/mL and water absorption 62.5%; 66.667% dan 100%, respectively. Best physical property was obtained with the incorporation of 2.4 g of chitosan and 10:90 PVA/PAN ratio.

Keyword: *black soldier fly*, chitosan, membrane, physical characteristics, polymer electrolyte



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v13i1.15595>

1. Pendahuluan

Pada tahun 2020, negara Indonesia mengalami *triple shocks* yaitu penurunan permintaan energi, fluktuasi harga energi dunia, dan fluktuasi nilai tukar rupiah. Pemakaian energi listrik semakin meningkat, tetapi tidak sejalan dengan ketersediaan sumber energi fosil yang tidak bisa diperbarui. Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat tidak diiringi dengan ketersediaan cadangan energi yang melimpah di dunia khususnya di Indonesia [1, 2].

Salah satu sumber energi listrik yang paling sering digunakan adalah baterai. Baterai adalah sebuah media yang secara langsung mengubah energi kimia menjadi energi listrik yang diperoleh melalui transfer elektron dengan media konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) yang menghasilkan arus listrik dan beda potensial. Baterai dirancang untuk menyediakan energi listrik ke sistem *starter* mesin, lampu-lampu, sistem pengapian, dan komponen listrik lainnya. Baterai yang digunakan saat ini menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Hal ini disebabkan karena dalam baterai sel kering, timah digunakan sebagai anoda, grafit sebagai katoda, dan campuran mangan dioksida, timah klorida, dan amonium klorida sebagai elektrolit sehingga sulit terurai oleh mikroorganisme dan sangat berbahaya. Jika limbah baterai tidak ditangani dengan benar dan tepat, pencemaran pada lingkungan akan terjadi [3].

Kandungan B3 dalam baterai dapat diminimalisasi dengan memanfaatkan kitin dan kitosan dari limbah organik. Kitin adalah salah satu jenis polisakarida aktif biologis yang paling melimpah di alam setelah selulosa. Ekstraksi kitin dan kitosan dari serangga memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sumber lain dalam hal metode ekstraksi, penggunaan bahan kimia, waktu, dan hasil yang didapatkan. Pada spesies serangga dewasa, proporsi kitin dapat mencapai 21 g/kg pada *black soldier fly* (BSF); 11,1 g/kg pada cacing tebo; 6,7 g/kg pada kecoa Turkestan, dan 11,9 g/kg pada lalat rumah. Studi menunjukkan hasil ekstraksi cangkang larva BSF memiliki potensi kitin sebesar 23% dari berat keringnya [4].

Kitosan adalah polimer alami, tidak beracun, mudah terdegradasi, dan memiliki elektron bebas yang dapat digunakan sebagai elektrolit polimer dengan konduktivitas ion yang tinggi [5]. Membran kitosan dibuat melalui serangkaian proses, di antaranya deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi [6]. Umumnya, polimer sintetik digunakan untuk meningkatkan kekuatan senyawa mekanik yang akan dimasukkan ke dalam membran. Polivinil alkohol (PVA) adalah zat yang sering dikombinasikan dengan kitosan. Sebagai material polimer, PVA memiliki titik leleh 228 °C – 256 °C sehingga memungkinkan untuk digunakan pada suhu yang tinggi [7, 8]. Kombinasi PVA dan poliakrilonitril (PAN) memberikan struktur permukaan yang signifikan dan stabilitas termal yang sangat baik [9]. Hal ini disebabkan karena PAN memiliki stabilitas termal yang baik dan serapan elektrolit yang tinggi. Kitosan dapat berikatan silang dengan mudah dengan dialdehid, seperti glutaraldehid untuk menghasilkan sifat fisikokimia yang lebih baik [10]. Amonium klorida (NH₄Cl) umumnya ditambahkan sebagai *dopant* untuk meningkatkan nilai konduktivitas listrik pada campuran [11], sehingga biobaterai yang difabrikasi dapat digunakan sebagai sumber energi yang berkelanjutan. Biobaterai tidak mengandung bahan kimia berbahaya serta relatif murah. Biobaterai memiliki prinsip fundamental yaitu hanya melibatkan perpindahan elektron antara dua elektroda yang terpisah oleh media konduktor (elektrolit) yang menghasilkan energi listrik dalam bentuk potensial listrik dan arus [12]. Membran yang difabrikasi untuk aplikasi biobaterai dianalisis terlebih dahulu sifat fisiknya sebelum dikomersialisasi.

Beberapa penelitian tentang pembuatan membran polimer dari bahan baku kitosan telah dilakukan. Purwanto *et al.* (2017) meneliti korelasi sifat fisik membran elektrolit polimer kitosan/montmorillonite terhadap kinerjanya pada *fuel cell* methanol tidak langsung (*indirect*). Membran kitosan yang difabrikasi memberikan nilai penyerapan air sebesar 72,9% [12]. Asnin *et al.* mendapatkan nilai penyerapan air membran elektrolit polimer kitosan sebesar 94,74% dengan konsentrasi kitosan sebesar 1% dan durasi deasetilasi 2 × 3 jam [13]. Penelitian yang dilakukan oleh Han *et al.* mengenai fabrikasi membran elektrolit polimer berbasis kitosan dan lignoselulosa dengan variasi penambahan kitosan 15% yang memperoleh nilai penyerapan air sebesar 749,1% [14]. Berdasarkan penelitian yang telah ada, membran berbasis kitosan BSF belum pernah difabrikasi. Selain itu, analisis penggunaan pemlastis campuran (PVA dan PAN) dalam berbagai rasio terhadap sifat fisik dari suatu membran dapat menutup *research gap* yang ada. Studi ini akan menganalisis membran kitosan dari BSF yang dimodifikasi dengan pemlastis PVA dan PAN untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fisik seperti densitas dan penyerapan air yang dapat berimplikasi pada performa membran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam pengembangan membran kitosan termodifikasi yang ramah lingkungan.

Membran dengan densitas yang tinggi cenderung memiliki mobilitas proton yang terbatas. Namun, penyerapan air yang berlebihan juga dapat merugikan stabilitas struktural. Analisis terhadap densitas dan perilaku penyerapan air memungkinkan dilakukannya penyeimbangan membran dengan transfer proton yang baik dengan mempertahankan integritas struktural untuk kinerja yang maksimum. Selain itu, penggunaan bahan berkelanjutan seperti kitosan dari cangkang serangga, dalam penelitian ini BSF, mendukung pencapaian

beberapa Sustainable Development Goals (SDGs). Hal ini termasuk di antaranya mengenai energi yang berkelanjutan (SDGs 7) dan produksi yang bertanggung jawab (SDGs 12). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan membran elektrolit polimer dengan variasi bahan baku polimer poliakrilonitril (PAN) dan zat *dopant* NH_4Cl dan mengetahui pengaruh komposisi bahan baku yang digunakan terhadap sifat fisik membran yang dihasilkan.

2. Metode

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ayakan 100 *mesh*, pompa vakum, termometer, cawan petri, penjepit buaya, multimeter (Junejour Digital, XL830L), *ultrasound bath* (Elmasonic, S. 300 H), *homogenizer* (Nanbei, NB-160 Homogenizers), oven (Mettler, E1515E), mikrometer sekrup digital (Mitutoyo, IP65 Series 293), kertas saring Whatman no. 42, *hot plate*, *magnetic stirrer*, dan baterai zink-karbon AA bekas.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah larva *black soldier fly* (BSF) disuplai secara lokal, akuades, natrium hidroksida (NaOH) dan asam klorida (HCl) 37% disuplai dari Emsure KGaA® (Jerman), polivinil alkohol/PVA (kemurnian 88%) disuplai dari Denka Poval (Jepang), poliakrilonitril/PAN (*analytical grade*) disuplai dari Nanjing Chemical Reagent Co., Ltd., glutaraldehida 6% disuplai dari Nitra Kimia (Indonesia), dan ammonium klorida (NH_4Cl) (99% *chemical grade*) disuplai dari Emsure KGaA® (Jerman).

Ekstraksi Kitosan dari *Black Soldier Fly* (BSF)

Cangkang BSF terlebih dahulu dihaluskan menjadi bubuk menggunakan blender. Selanjutnya, halusan BSF diayak menggunakan ayakan ukuran 100 *mesh*. Bahan baku BSF yang telah dibuat menjadi bubuk, diproses dalam tiga tahap isolasi kitosan. Pada tahap awal yaitu deproteinasi, serbuk larva BSF dicampur dengan larutan NaOH 3,5% dengan rasio 1:10 (b/v) yang dipanaskan pada suhu 70 °C selama 120 menit dengan menggunakan *ultrasound bath* sambil diaduk dengan *homogenizer* dengan kecepatan 3000 rpm. Campuran kemudian dipisahkan menggunakan pompa vakum dan residu dibersihkan sampai filtrat mencapai pH netral. Residu dikeringkan dalam oven pada suhu 65 °C sampai mencapai bobot konstan. Tahap selanjutnya yaitu demineralisasi, serbuk residu yang diperoleh dari hasil deproteinasi dicampur dengan larutan HCl 1 N dengan rasio 1:15 (b/v) yang dipanaskan pada suhu kamar selama 60 menit sambil diaduk. Residu berupa kitin disaring dan dicuci hingga pH netral. Kitin dikeringkan pada oven pada 65 °C sampai kadar air di bawah 10%. Proses deasetilasi diawali dengan pemanasan campuran kitin dan larutan NaOH 50% dengan rasio 1:20 (b/v) pada 90 °C selama 120 menit. Residu yang dihasilkan dalam proses ini merupakan kitosan. Pemisahan antara residu dan filtrat dilakukan dengan menggunakan pompa vakum. Selanjutnya, kitosan dikeringkan di dalam oven pada 65 °C sampai diperoleh bobot konstan [9, 15].

Fabrikasi Membran Kitosan/PVA/PAN/ NH_4Cl

Pembuatan membran elektrolit polimer kitosan/PVA/PAN/ NH_4Cl dilakukan dengan melarutkan campuran PVA/PAN sebanyak 1,20 g dengan variasi rasio sebesar 10:90 dan 20:80 serta kitosan dengan variasi sebesar 2,4 g; 2,8 g; dan 3,2 g ke dalam 100 mL asam asetat 1%. Campuran dipanaskan pada suhu 80 °C selama lima menit Sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan pengadukan 500 rpm. Setelah lima menit, campuran dibiarkan sampai mencapai 25 °C. Selanjutnya, 1 mL glutaraldehida 6% ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk selama 15 menit. Sebanyak 0,4 g NH_4Cl kemudian ditambahkan dan campuran diaduk hingga homogen. Campuran dipindahkan ke cawan petri dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 15 jam. Membran polimer elektrolit polimer diukur ketebalannya menggunakan mikrometer sekrup digital dan diuji konduktivitas listriknya menggunakan multimeter. Variasi kitosan/PVA/PAN dengan konduktivitas tertinggi digunakan sebagai komposisi terbaik dalam variasi komposisi NH_4Cl . Komposisi terbaik kitosan/PVA/PAN ditambahkan NH_4Cl dengan variasi sebesar 0 g; 0,3 g; 0,6 g; 0,9 g; dan 1,2 g. Campuran dicetak dengan cawan petri, dikeringkan di dalam oven, dan diuji nilai konduktivitas listriknya dengan menggunakan multimeter [14].

Uji Densitas

Pengujian densitas membran polimer elektrolit dilakukan dengan pengukuran dimensi sesuai dengan prosedur ASTM D1505. Metode ini mengasumsikan penampang melintang (*cross-section*) dari spesimen yang seragam, dimana asumsi ini tidak berlaku untuk sebagian besar material komposit. Oleh karena itu, dilakukan

pengukuran pada beberapa titik, dan kemudian dihitung nilai rata-ratanya [16]. Densitas membran dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\rho = \frac{\text{Massa membran (g)}}{\text{Volume membran (mL)}} \quad (1)$$

Uji Penyerapan Air (*Water Uptake*)

Pengujian serap air dilakukan untuk memprediksi ukuran zat yang terdifusi melalui celah membran melalui pengontakan dengan cairan. Uji penyerapan air dilakukan dengan cara merendam membran dalam akuades selama 24 jam pada suhu kamar dan juga ditimbang massa kering dan massa basah [16]. Uji penyerapan air dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\% \text{ Penyerapan air} = \frac{m_{\text{basah}} - m_{\text{kering}}}{m_{\text{kering}}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan m_{basah} merupakan berat membran dalam keadaan basah dan m_{kering} merupakan berat membran dalam keadaan kering.

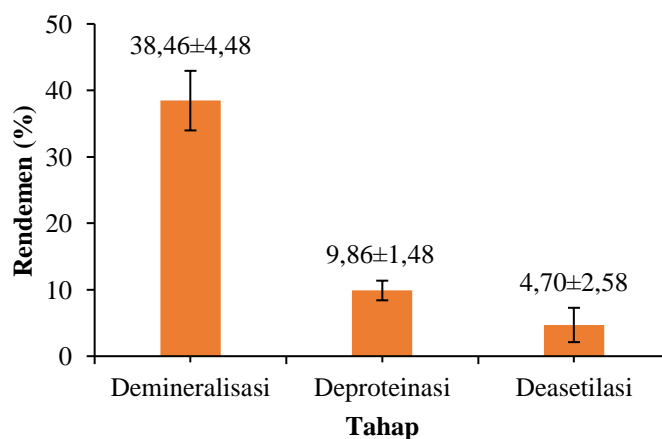
Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi kimia pada membran elektrolit polimer yang dihasilkan. Pengujian FTIR dilakukan menggunakan spektrofotometri FTIR (Shimadzu) di Laboratorium Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara. Pengujian dilakukan pada rentang panjang gelombang 4000 cm^{-1} sampai dengan 400 cm^{-1} . Sampel akan diletakkan pada *set holder*, kemudian sinar infra merah dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan pada sampel sedangkan yang lain pada pembanding. Kemudian secara berturut-turut sinar akan melewati *chopper*. Setelah melalui prisma, berkas cahaya akan jatuh pada detektor yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Hasil sinyal ini disajikan dalam bentuk puncak-puncak yang menunjukkan gugus-gugus fungsi penyusun membran elektrolit polimer [17].

3. Hasil dan Pembahasan

Yield Kitosan BSF (*Black Soldier Fly*)

Berat kering *black soldier fly* (BSF) yang digunakan dalam proses pembuatan kitosan adalah sebanyak 350 g. Dalam tahap demineralisasi, digunakan HCl untuk menghilangkan mineral seperti kalsium karbonat. Setelah demineralisasi, dilakukan proses deproteinasi untuk melepaskan ikatan antara protein dan kitin yang terbentuk dengan menetralkan pH dengan NaOH sehingga terjadi pengendapan [18]. Gambar 1 menyajikan hasil isolasi kitin yang telah dilakukan. Dari 350 g serbuk BSF yang telah dikeringkan diperoleh kitosan dengan nilai *yield* sebesar $4,70 \pm 2,58\%$.



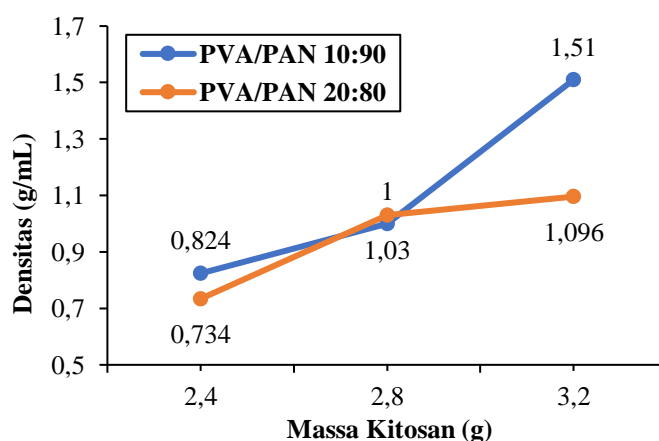
Gambar 1. Rendemen kitosan *black soldier fly* (BSF)

Untuk mendapatkan kitosan, dilakukan proses deasetilasi untuk mengubah kitin menjadi kitosan. Proses ini bertujuan untuk mengubah gugus asetil dari molekul rantai kitin menjadi senyawa dengan gugus amino (NH_2) yaitu kitosan. Pada penelitian Wahyuni *et al* (2020) produksi kitosan dari selongsong *maggot* sebesar 5,78%.

Bahwa kitosan diperoleh melalui proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi mengakibatkan komponen mineral atau bahan organik lainnya dan protein pada bahan baku selongsong pupa *maggot* terlarut dalam larutan HCl maupun NaOH sehingga mengakibatkan bobot akhir kitosan lebih rendah dibandingkan dengan bobot bahan baku awal [19]. Kemudian pada penelitian Ardianto dan Amalia didapatkan rendemen hasil isolasi kitosan cangkang pupa BSF sebesar 11,93%. Rendemen yang didapat lebih besar dari pada penelitian Wahyuni *et al.*, yaitu sebesar 5,78% [20]. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi pelarut deasetilasi yang berbeda. Pada penelitian tersebut digunakan perbandingan 1:30 (b/v). Hal ini menunjukkan bahwa jika jumlah NaOH yang digunakan lebih sedikit, sehingga banyak sisa protein yang masih tertinggal dan jumlah gugus asetil yang terlepas dan rendemen yang dihasilkan lebih besar. Pada penelitian ini, *yield* kitosan mengalami penurunan jika dibandingkan dengan *yield* kitin. Hal ini disebabkan karena hilangnya gugus asetil selama proses deasetilasi yang menghilangkan sekitar 60-80% gugus asetil dari kitin [21].

Densitas Membran Kitosan/PVA/PAN/NH₄Cl

Pengaruh komposisi PVA/PAN dan kitosan terhadap densitas membran kitosan/PVA/PAN/NH₄Cl yang dihasilkan disajikan pada Gambar 2.



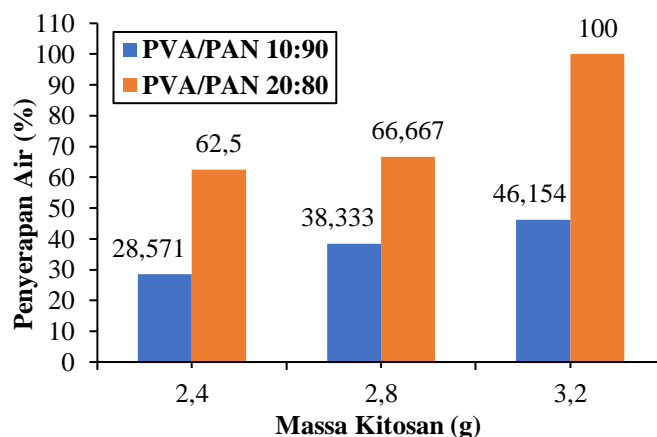
Gambar 2. Densitas membran kitosan/PVA/PAN/NH₄Cl pada variasi komposisi

Berdasarkan Gambar 2, variasi komposisi PVA/PAN dan kitosan mengakibatkan perubahan pada nilai densitas membran. Nilai densitas tertinggi sebesar 1,510 g/mL pada komposisi PVA/PAN 10:90 dan kitosan 3,2 g. Sementara itu, nilai densitas terendah sebesar 0,734 g/mL pada komposisi PVA/PAN 20:80 dan kitosan 2,4 g. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai densitas mengalami peningkatan dengan penambahan kitosan yang meningkat. Dengan bertambahnya komposisi kitosan, kerapatan membran yang dihasilkan juga meningkat [22]. Gambar 2 juga menunjukkan nilai densitas pada komposisi PVA/PAN 20:80 yang memiliki nilai densitas yang lebih rendah dibandingkan komposisi PVA/PAN 10:90. Fenomena ini dapat dijelaskan karena PVA tidak dapat mendistribusikan molekul H₂O secara merata dibandingkan dengan PAN. Distribusi molekul yang tidak merata pada penambahan PAN yang lebih besar akan menghasilkan membran dengan kerapatan yang lebih tinggi [23].

Penyerapan Air (*Water Uptake*) Membran Kitosan/PVA/PAN/NH₄Cl

Pengaruh komposisi PVA/PAN dan kitosan terhadap kemampuan penyerapan air (*water uptake*) membran kitosan/PVA/PAN/NH₄Cl yang dihasilkan disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, nilai penyerapan air tertinggi diperoleh pada komposisi PVA/PAN 20:80 dan kitosan 3,2 g, sedangkan kemampuan penyerapan air terendah diperoleh pada komposisi PVA/PAN 10:90 dan kitosan 2,4 g. Membran PVA/PAN dengan perbandingan 20:80 memiliki nilai penyerapan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi PVA/PAN 10:90. Sifat dari PVA yang sangat hidrofilik diakibatkan banyaknya kandungan gugus fungsi hidroksil sebagai penyusun senyawa PVA. Selain itu, kombinasi PVA dengan PAN yang bersifat hidrofobik mengakibatkan komposisi 20:80 memiliki nilai penyerapan air yang tinggi [24, 25]. Selain itu, peningkatan penyerapan air terjadi pada kedua komposisi PVA/PAN dengan komposisi 10:90 dan 20:80. Hal ini disebabkan oleh kontribusi peningkatan komposisi kitosan pada kedua komposisi. Kitosan secara alami memiliki sifat hidrofobik dan sulit larut dalam air. Namun, kitosan juga terdiri dari tiga gugus fungsional utama, yaitu asam amino, gugus hidroksil primer dan sekunder yang memiliki sifat polar dan hidrofilik. Hal ini menyebabkan penyerapan air pada membran menjadi relatif lebih tinggi. Selain itu, penyerapan air yang terlalu tinggi

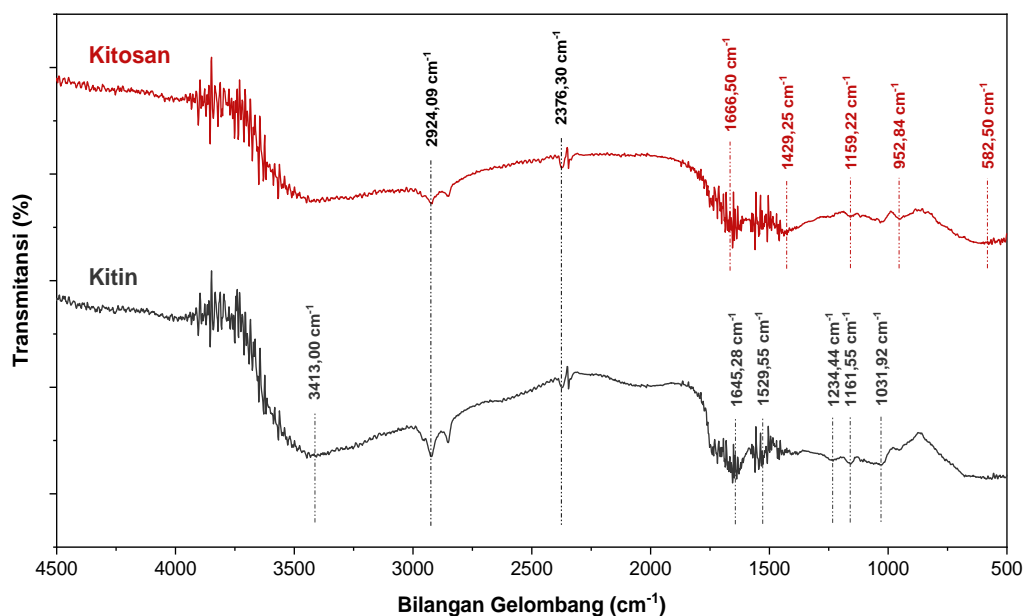
disebabkan oleh reaksi hidrolisis yang tidak sempurna sehingga gugus hidroksil (-OH) bebas menjadi lebih banyak. Membran dengan derajat *swelling* terendah diasosiasikan sebagai membran dengan kualitas yang baik [26].



Gambar 3. Penyerapan air membran kitosan/PVA/PAN/ NH_4Cl pada variasi komposisi

Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*) Membran Kitosan/PVA/PAN/ NH_4Cl

Analisis FTIR pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari kitin dan kitosan yang telah diproduksi. Adapun hasil analisis FTIR kitin dan kitosan dari larva BSF ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil FTIR kitin dan kitosan dari *maggot* BSF

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa gugus fungsi yang muncul dari analisis FTIR kitin dan kitosan memiliki perbedaan. Ikatan karbon-karbon pada kitin memiliki *range* serapan gelombang yang besar pada daerah sidik jari sehingga sulit untuk melakukan interpretasi ikatan karbon dari spektrum inframerah.

Spektrum inframerah kitin menunjukkan sembilan puncak utama pada kisaran $445,56\text{ cm}^{-1}$; $1031,92\text{ cm}^{-1}$; $1161,15\text{ cm}^{-1}$; $1234,44\text{ cm}^{-1}$; $1529,55\text{ cm}^{-1}$; $1645,28\text{ cm}^{-1}$; $2376,3\text{ cm}^{-1}$; $2924,09\text{ cm}^{-1}$; dan 3414 cm^{-1} . Gugus fungsi yang terdeteksi pada kitin adalah S-S pada frekuensi bilangan gelombang $550\text{ cm}^{-1} - 470\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi C-C pada frekuensi bilangan gelombang $1300\text{ cm}^{-1} - 700\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi C=C-C pada frekuensi bilangan gelombang $1510\text{ cm}^{-1} - 1450\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi N-H pada frekuensi bilangan gelombang $1650\text{ cm}^{-1} - 1550\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi C-H pada frekuensi bilangan gelombang $2935\text{ cm}^{-1} - 2915\text{ cm}^{-1}$, serta gugus fungsi O-H pada frekuensi bilangan gelombang $3400\text{ cm}^{-1} - 3200\text{ cm}^{-1}$. Penanda karakteristik kitin yang dihasilkan terdapat pada deformasi C-H pada sebaran $2924,09\text{ cm}^{-1}$ dan adanya spektrum kitin standar yang menunjukkan adanya vibrasi ikatan N-H yang mengindikasikan gugus amina sekunder. Spektrum inframerah kitosan

menunjukkan enam puncak utama pada kisaran $582,5\text{ cm}^{-1}$; $1159,22\text{ cm}^{-1}$; $1429,25\text{ cm}^{-1}$; $1666,5\text{ cm}^{-1}$; $2376,3\text{ cm}^{-1}$; dan $2924,09\text{ cm}^{-1}$. Gugus fungsi yang terdeteksi pada kitosan adalah C-I pada frekuensi bilangan gelombang $600\text{ cm}^{-1} - 500\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi C-N pada frekuensi bilangan gelombang $1190\text{ cm}^{-1} - 1130\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi ion karbonat pada frekuensi bilangan gelombang $1490\text{ cm}^{-1} - 1410\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi $-C=N-$ pada frekuensi bilangan gelombang $1690\text{ cm}^{-1} - 1590\text{ cm}^{-1}$ gugus fungsi $O=C=O$ pada frekuensi bilangan gelombang $2400\text{ cm}^{-1} - 2000\text{ cm}^{-1}$, serta gugus fungsi C-H pada frekuensi bilangan gelombang $2935\text{ cm}^{-1} - 2915\text{ cm}^{-1}$. Spektra juga menunjukkan hilangnya gugus N-H pada 1560 cm^{-1} yang umumnya terjadi selama proses deasetilasi kitosan. Selain itu, terjadi pelebaran spektra pada rentang $3200\text{ cm}^{-1} - 3500\text{ cm}^{-1}$ [26]. Penelitian oleh Syafri *et al.* mengenai sintesis membran elektrolit polimer dari selulosa-kitosan-alginat menunjukkan hasil pengujian FTIR pada membran yang dihasilkan mendeteksi keberadaan gugus C-H pada $2940,61\text{ cm}^{-1}$ serta terjadi pelebaran spektra pada daerah serapan gelombang $3430,34\text{ cm}^{-1}$ yang menandakan pelebaran vibrasi gugus O-H [27]. Dengan demikian, spektrum inframerah telah memperkirakan bahwa telah terjadi perubahan senyawa kitin menjadi kitosan.

4. Kesimpulan

Pemlastis PAN/PVA dan penambahan kitosan pada membran berbasis kitosan larva BSF mampu meningkatkan sifat fisik membran dengan baik. Analisis terhadap densitas, penyerapan air, dan FTIR telah dilakukan. Penambahan PVA yang rendah menyebabkan molekul terdistribusi lebih merata dan densitas yang dihasilkan lebih tinggi. Selain itu, kitosan menyebabkan peningkatan kepadatan membran. Berdasarkan uji densitas, nilai densitas optimum diperoleh pada rasio PVA/PAN 10:90 dan kitosan 3,2 g sebesar $1,510\text{ g/mL}$. Rasio PVA/PAN yang tinggi dan penambahan kitosan meningkatkan sifat hidrofilik. Melalui uji penyerapan air, membran dengan kualitas terbaik diperoleh pada rasio PVA/PAN 10:90 dan kitosan 2,4 g dengan *water uptake* minimum sebesar 28,571%. Hasil *Fourier Transform Infrared* menunjukkan kehadiran kitosan: hilangnya gugus N-H pada 1560 cm^{-1} dan melebarnya spektra pada rentang $3200\text{ cm}^{-1} - 3500\text{ cm}^{-1}$. Dengan demikian, membran dengan PVA/PAN 10:90 dan kitosan 2,4 g dengan *water uptake* minimum memiliki sifat fisik terbaik. Namun, penelitian yang dilakukan terbatas pada penemuan membran dengan sifat fisik terbaik. Hasil dari penelitian tahap awal (*preliminary study*) ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan bervariasi penambahan *dopant* NH_4Cl sebagai fasilitator konduktivitas yang mendukung pengembangan penyimpanan bioenergi yang hijau dan efisien.

5. Ucapan Terima Kasih

Para penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara (LP-USU) atas pembiayaan kegiatan penelitian yang diberikan melalui skema Penelitian Terapan dengan nomor kontrak induk: 13388/UN5.1.R/PPM/2023 dan nomor kontrak turunan: 2837/UN5.1.R/SK/PPM/2023.

6. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] Masthura, N. Putri, and A. H. Daulay, "Analisis pengaruh penambahan volume dan lama fermentasi terhadap kelistrikan biobaterai sari buah nenas (*Ananas comosus*)," *J. Fisika dan Terapannya*, vol. 8, pp. 25–31, 2021
- [2] N. Shofiyana, I. Supriyadi, M. Uwais, and A. Qarni, "Transisi energi indonesia pasca pandemi covid-19 dan konflik militer rusia-ukraina," *J. Kewarganegaraan*, vol. 6, no. 2, pp. 3381–3387, 2022.
- [3] M. Abidin, A. F. Hafidh, M. Widyaningsih, M. Yusuf, and A. Murniati, "Pembuatan biobaterai berbasis ampas kelapa dan tomat busuk," *J. Al Kimiya*, vol. 7, no. 1, pp. 28–34, 2020.
- [4] K. Mohan *et al.*, "Recent insights into the extraction, characterization, and bioactivities of chitin and chitosan from insects," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 105, no. August, pp. 17–42, 2020.
- [5] F. Safitri and I. Supu, "Uji konduktivitas film dan elektrolit polimer kitosan cangkang kepiting dengan penambahan KCl ," *Jambura Phy. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 99–109, 2019.
- [6] D. E. Pratiwi, "Sintesis membran elektrolit padat berbahan dasar kitosan," *J. Sainsmat*, vol. 7, no. 2, pp. 86–91, 2018.
- [7] R. A. Lusiana, V. D. A. Sangkota, and S. J. Santosa, "Chitosan succinate / PVA-PEG membrane: Preparation, characterization, and permeation ability test on creatinine," *J. of Sci. & Appl. Chem.*, vol. 21, no. 2, pp. 80–84, 2018.
- [8] C. Juliano and G. A. Magrini, "Cosmetic ingredients as emerging pollutants of environmental and

- health concern. A mini-review,” *Cosmetics (MDPI)*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [9] C. He, J. Liu, J. Li, F. Zhu, and H. Zhao, “Blending based polyacrylonitrile/poly(vinyl alcohol) membrane for rechargeable lithium ion batteries,” *J. Memb. Sci.*, vol. 560, no. May, pp. 30–37, 2018.
 - [10] E. Szymanska and K. Winnicka, “Stability of chitosan -A challenge for pharmaceutical and biomedical applications,” *Marine Drugs (MDPI)*, vol. 13, no. 4, pp. 1819–1846, 2015.
 - [11] N. Mamajan Khan, N. S. Mohd Ali, A. F. Ahmad Fuzlin, and A. S. Samsudin, “Ionic conductivity of alginate-NH₄Cl polymer electrolyte,” *Makara J. Technol.*, vol. 24, no. 3, pp. 125-130, 2020.
 - [12] M. Purwanto, L. Atmaja, M.T. Salleh, M.A. Mohamed, J. Jafaar, A.F. Ismail, M. Santoso, dan N. Widiastuti, “Correlation between proton conductivity, hydrophilicity, and thermal stability of chitosan/montmorillonite composite membrane modified gpts and their performance in direct methanol fuel cell,” *Malaysian J. Anal. Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 675–689, 2017.
 - [13] S. N. Asnin, Wahab, D. Permana, L. O. Ahmad, S. H. Sabarwati, and L. O. A. Ramadhan, “Enhanced conductivity and ion exchange capacity of chitosan membranes through modification with lithium for lithium polymer battery application,” *WSEAS Trans. Power Syst.*, vol. 11, pp. 183–189, 2016.
 - [14] N. Widiarti, W. Sumarni, and L. Setyaningrum, “The synthesis of chitosan polymer membrane/PVA as an eco-friendly battery for alternative energy resource,” *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 6, no. 1, pp. 14–19, 2017.
 - [15] B. Buanasari, W. Sugiyo, and H. Rustaman, “Effect of ultrasonic assisted on the degree of deacetylation of chitosan extracted from portunus pelagicus,” *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 10, no. 1, pp. 17–23, 2021.
 - [16] S. A. Agrawal, “Simplified measurement of density of irregular shaped composites material using archimedes principle by mixing two fluids having different densities,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 1005–1009, 2021.
 - [17] A. Pambudi, M. Farid, and H. Nurdiansah, “Analisa morfologi dan spektroskopi infra merah serat bambu betung (*Dendrocalamus asper*) hasil proses alkalisasi sebagai penguat komposit absorpsi suara,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. 441–444, 2017.
 - [18] R. Modaso, E. Suryanto, T. Tallei, and I. F. . Rumengan, “The yield, nitrogen content, and dye’s binding capacity of chitin and chitosan of rotifer *Brachionus rotundiformis*,” *Aquat. Sci. Manag.*, vol. 106, no. Mei, p. 99, 2013.
 - [19] S. Wahyuni, R. Selvina, R. Fauziyah, H. T. Prakoso, P. Priyono, and S. Siswanto, “Optimasi suhu dan waktu deasetilasi kitin berbasis selongsong maggot (*Hermetia ilucens*) menjadi kitosan,” *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 25, no. 3, pp. 373–381, 2020.
 - [20] R. Ardianto and R. Amalia, “Optimasi proses deasetilasi kitin menjadi kitosan dari selongsong maggot menggunakan RSM,” *Metana*, vol. 19, no. 1, pp. 1–12, 2023.
 - [21] F. Khoushab and M. Yamabhai, “Chitin research revisited,” *Mar. Drugs*, vol. 8, no. 7, pp. 1988–2012, 2010.
 - [22] P. Wan, X. Yang, Q. Feng, S. Shi, B. Deng, and L. Zhang, “Biodegradable chitosan-based membranes for highly effective separation of emulsified oil/water,” *Environ. Eng. Sci.*, vol. 39, no. 12, pp. 907–917, 2022.
 - [23] H. J. Kim, S. J. Park, D. I. Kim, S. Lee, O. S. Kwon, and I. K. Kim, “Moisture effect on particulate matter filtration performance using electro-spun nanofibers including density functional theory analysis,” *Sci. Rep.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2019.
 - [24] L. Fan, M. Wang, Z. Zhang, G. Qin, X. Hu, and Q. Chen, “Preparation and characterization of PVA alkaline solid polymer electrolyte with addition of bamboo charcoal,” *Materials (Basel)*, vol. 11, no. 5, 2018.
 - [25] G. Zhu, F. Wang, K. Xu, Q. Gao, and Y. Liu, “Study on properties of poly(vinyl alcohol)/polyacrylonitrile blend film,” *Polimeros*, vol. 23, no. 2, pp. 146–151, 2013.
 - [26] A. P. Dewi, A. Mardhiyana, R. Manfaati, and U. Leoanggraini, “The effect of additional chitosan and cellulose on the performance of bioplastic from manihot glaziovii starch,” *Fluida*, vol. 16, no. 1, pp. 36–42, 2023.
 - [27] R. Syafri *et al.*, “Synthesis and characterization of polymer electrolyte membrane based on cellulose-chitosan-alginate as Li-ion battery separator,” *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 13, no. 2, pp. 585–591, 2023.