

Sintesa dan Karakterisasi Hibrid Kitosan-Limbah Kulit Pisang dengan Berpenguat Lignin Sebagai Pembalut Luka Antibakterial

Wildan Syahputra¹, Satriananda², Munawar^{3*}

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

Jln. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata 24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

¹ wildangafar@gmail.com, ² satriananda.pnl@gmail.com, ³ moenawwar.r1@gmail.com

Abstrak— Penyembuhan luka selama ini memerlukan waktu yang relatif lama dan bahkan memerlukan metode penyembuhan yang lebih kompleks untuk mengatasi luka yang lebih parah pada kulit. Oleh karena itu, berbagai penelitian dilakukan sebagai upaya pendekatan terhadap bidang teknik jaringan guna mengatasi efek luka dalam jangka waktu yang lebih cepat. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pembalut luka yang dikarakterisasi menggunakan uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR), uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM), uji *Swelling Properties* terhadap air dengan waktu (0, 24, dan 48 jam), dan uji antibakteri menggunakan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Limbah kulit pisang yang digunakan dimasukkan kedalam kitosan sebagai pengisi matriks dengan konsentrasi berbeda (0, 2, 4, 6, 8 dan 10% wt). Pembalut luka dibuat dengan mencampur kitosan dan serbuk kulit pisang serta ditambahkan gliserol sebagai *plasticizer*. Hasil dari FTIR pada konsentrasi 10% wt menunjukkan bahwa adanya interaksi antara kulit pisang dengan kitosan pada pita serapan 3165.828 cm^{-1} . Pada SEM struktur morfologi sampel terbaik pada 10% wt menunjukkan kenampakan ikatan antarmuka yang bagus. Penambahan kulit pisang sebagai lignin menurunkan tingkat pembengkakan (*swelling*) terhadap air pada pembalut luka. Hasil uji antibakteri menunjukkan aksi sinergis dengan aktivitas tertinggi pada 10%wt. Selain itu, *Staphylococcus aureus* adalah strain yang paling sensitif yang tercatat pada pembalut luka. Kata kunci— Antibakteri, Kitosan, Serbuk Kulit Pisang, Pembalut Luka.

Abstract— *Wound healing has taken a relatively long time and even requires more complex healing methods to deal with more severe wounds on the skin. Therefore, various studies are carried out as an approach to the field of network engineering to overcome the effects of injury in a faster period. This study aims to make wound dressing characterized by the Fourier Transform Infrared (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM), Swelling Properties for water with time (0, 24 and 48 hours), and antibacterial tests using Escherichia coli bacteria and Staphylococcus aureus. Banana skin waste used was put into chitosan as a matrix filler with different concentrations (0, 2, 4, 6, 8 and 10% wt). The wound dressing is made by mixing chitosan and banana peel powder and adding glycerol as a plasticizer. The results of FTIR at a concentration of 10% wt showed that there was an interaction between banana peel and chitosan on the absorption band 3165.828 cm^{-1} . In SEM the best sample morphology structure at 10% wt shows a good interface interface. Addition of banana peel as lignin decreases the level of swelling of water in wound dressing. Antibacterial test results showed synergistic action with the highest activity at 10% wt. In addition, Staphylococcus aureus is the most sensitive strain recorded in wound dressing.*

Keywords— Antibacterial, Banana Peels Powder, Chitosan, Wound Dressing

I. PENDAHULUAN

Infeksi luka adalah infeksi serius yang telah terjadi di seluruh belahan dunia [1]. Banyak solusi yang telah diteliti dan ditemukan untuk dapat menyembuhkan infeksi luka. Penyembuhan luka memerlukan metode kompleks dan tentu tidak mengembalikan kulit seperti sedia kala. Luka yang cukup parah bahkan dapat meninggal bekas luka berwarna gelap akibat kerusakan jaringan kulit [2][3].

Saat ini telah banyak ditemukan biomaterial multifungsi untuk perancah sel, salah satunya adalah kitosan yang sangat direkomendasikan dalam rekayasa jaringan kulit karena memiliki karakteristik strukturalnya yang serupa dengan glukosaminan dari matriks ekstraselular alami [4][5][6]. Kitosan memiliki biokompabilitas yang baik, toksisitas rendah, aktivitas anti-infeksi dan biodegradabilitas [7]. Ditinjau dari sifat fisika-kimia kitosan, dapat digunakan untuk perancah sel berbagai bentuk seperti pembalut luka, membran, pelapis, serat, dan spons. Beberapa penelitian menunjukkan kitosan dengan berat molekul yang lebih tinggi memiliki sifat pembentuk film yang lebih baik dalam rekayasa jaringan kulit [8]. Hal inilah yang menjadi alasan digunakannya kitosan sebagai perancah sel, khususnya dalam pembuatan pembalut luka.

Pada saat ini telah banyak dilakukan berbagai penelitian dan pengembangan pembalut luka sebagai upaya pendekatan terhadap bidang teknik jaringan guna mengatasi efek luka dalam jangka waktu yang lebih cepat [9].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kitosan memiliki kelemahan jika digunakan sebagai pembalut luka, hal ini disebabkan karena kekuatan mekanik kitosan yang rendah. Dalam [10], mencoba menambahkan lignin ke dalam kitosan, hasilnya menunjukkan bahwa bahwa kekuatan tarik, modulus penyimpanan, suhu degradasi termal dan Tg kitosan dapat ditingkatkan dengan menambahkan lignin.

Lignin dianggap sebagai bahan baku dengan potensi pemulihan tinggi, banyak terdapat di alam, harganya murah dan ramah lingkungan [11][12]. Lignin hampir terdapat pada semua jenis serat kayu tanaman [13], seperti pisang, tebu, sengon dan sebagainya.

Khususnya pisang, mengandung lignin sekitar 10% [14]. Untuk pembuatan pembalut luka, bagian pisang yang digunakan yaitu kulitnya, hal ini dikarenakan selain terdapat lignin, kulit pisang juga membantu pembentukan senyawa kulit sehingga dapat digunakan untuk mengobati luka memar, luka bakar, dan infeksi luka lainnya [15][16]. Selain itu, penggunaan kulit pisang sebagai pembalut luka didukung oleh banyaknya tersedia kulit pisang sebagai limbah buangan [17]. Pemanfaatan kembali limbah kulit pisang menjadi sebuah produk dapat meningkatkan nilai ekonomisnya.

Pengembangan pembalut luka berbasis hibrid kitosan dan limbah kulit pisang di Indonesia cenderung masih kurang, karena keterbatasan informasi dan penelitian yang dilakukan. Hal ini menjadi peluang yang cukup baik terutama dalam bidang medis di Indonesia yang umumnya menggunakan metode penyembuhan menggunakan bahan-bahan kimia. Penggabungan polimer alami yaitu kitosan dengan kulit pisang diharapkan mampu menciptakan produk pembalut luka dengan karakteristik yang sesuai dan memberikan manfaat, baik dari segi ilmu pengetahuan, kesehatan, maupun dari segi ekonomi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat pembalut luka berbasis hibrid kitosan dan limbah kulit pisang yang di karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Swelling Properties* dan kerentanan antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan

Kulit udang untuk sintesa kitosan, limbah kulit pisang, gliserol, asam asetat, bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

2.2 Pembuatan Kitosan

a) Preparasi Cangkang Udang

Cangkang udang dicuci dengan air keran untuk menghilangkan zat organik terlarut, seperti protein yang melekat dan kotoran lainnya. Cangkang udang kemudian dikumpulkan dan direbus dalam air selama 1 jam untuk mengangkat jaringan, diikuti dengan pengeringan dalam oven pada 160°C selama 2 jam untuk membuat cangkang udang lebih rapuh dan merusak struktur kristal dari kitin. Terakhir, cangkang udang kering digiling menjadi serbuk halus dengan menggunakan penggilingan dan diayak sampai ukuran 100 mesh.

b) Demineralization

Kalsium karbonat merupakan komponen anorganik utama cangkang udang. Untuk menghilangkan kalsium karbonat, digunakan asam klorida yang digunakan untuk mencegah hidrolisis kitin. Konsentrasi asam klorida 2M dan waktu reaksi 120 menit. Rasio cangkang udang kering terhadap larutan asam yang digunakan selama ekstraksi kitin sebesar 1/10 (b/v). Percobaan dilakukan pada suhu kamar di bawah pengadukan konstan 150 rpm. Cangkang udang dikumpulkan, disaring, dan dicuci dengan air deionisasi pada pH netral, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C semalaman.

c) Deproteinization

Pada proses *deproteinization* digunakan NaOH dengan konsentrasi 2 M, waktu reaksi berkisar antara 400 menit dan suhu 100°C. Pada akhir proses disaring, dicuci dan dikeringkan semalaman, seperti yang dijelaskan sebelumnya dalam proses demineralisasi.

d) Decolouration

Residu kitin dicampur dengan aseton pada rasio 1:10 (b/v) selama 10 menit, disaring dan dikeringkan selama 2 jam pada suhu kamar, dilanjutkan dengan pemutihan dengan NaOCl 0,315% selama 5 menit pada padatan yang sama. Kitin yang telah dilakukan proses *decolouration* dicuci dan disaring seperti yang dijelaskan sebelumnya.

e) Deacetylation

Konversi kitin ke kitosan disebut proses deasetilasi. Suspensi kitin dilarutkan dalam 50 mL NaOH 50% pada suhu tetap 100°C di bawah pengadukan konstan. Setelah 3-5 jam, padatan disaring, dicuci dengan air dan alkohol 80% (v/v) sampai filtratnya netral. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama semalaman.

2.3 Pengolahan Serbuk Kulit Pisang

Kulit pisang yang telah dikumpulkan, dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran, dan dipotong kecil-kecil lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 24 jam. Setelah pengeringan, kulit pisang digiling dengan penggilingan mikro. Kemudian kulit ditumbuk dan diayak agar ukuran partikelnya tetap stabil dan disimpan pada suhu kamar dalam wadah plastik sampai digunakan. Selanjutnya serbuk kulit pisang dilakukan pengujian morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan pengujian gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

2.4 Pembuatan Membran Pembalut Luka Kitosan dan Serbuk Kulit Pisang

Disiapkan sebanyak 1 gram serbuk kitosan, dilarutkan dalam larutan asam asetat 2% dan diaduk selama 4 jam pada suhu kamar. Disiapkan 1 ml gliserol dan ditambahkan sebagai *crosslinker* dan *plasticizer*. Larutan kitosan dimasukkan ke dalam cetakan teflon dan dicampur serbuk kulit pisang dengan konsentrasi yang berbeda (0, 2, 4, 6, 8 dan 10% wt), dikeringkan pada suhu 40°C selama 24 jam untuk menguapkan pelarut dan membentuk membran. Selaput yang telah disiapkan dikupas dengan lembut, dan dikeringkan lebih lanjut dengan menjaga oven 40°C selama 4 jam.

2.5 Teknik Pengujian

a) *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Sampel dibentuk lapisan tipis dan bening berukuran 5x4 cm. Setelah itu sampel dimasukkan kedalam tabung perangkat FTIR untuk mendapatkan gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Spektrum akan dilihat pada kisaran 4000-500 cm⁻¹.

b) *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Homogenitas membran pembalut luka dan distribusi pengisi matriks kitosan dipelajari dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

c) *Swelling Properties* (Sifat Pembengkakan terhadap Air)

Spesimen bobot direndam dalam air suling pada suhu 37°C. Setelah perendaman selama 24 jam, spesimen dikeluarkan dari air, dikeringkan dengan saringan kertas dan ditimbang. Sampel direndam lagi untuk yang lain 24 jam kemudian dikeluarkan dari air, dikeringkan dengan kertas saring dan ditimbang.

$$\%Swelling = \frac{Mw - Md}{Md} \times 100 \tag{1}$$

Dimana, Mw adalah berat basah dan Md adalah berat kering dari sampel.

d) Analisa Kerentanan Antibakteri

Aktivitas antibakteri membran pembalut luka kitosan-serbuk kulit pisang diteliti dengan menggunakan metode difusi cakram pada cawan petri [18]. Kultur bakteri yang tumbuh pada fase pertengahan logaritmik, ditempatkan di media agar. *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* disuntikkan ke media agar. Setelah pematangan melapisi agar, membran kitosan-serbuk kulit pisang (diameter 15 mm) dengan konsentrasi yang berbeda (0, 2, 6 dan 10% berat) ditempatkan pada permukaan agar. Lapisan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dan pada suhu 28°C untuk 72 jam berikutnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kitosan yang dihasilkan sesuai dengan standar mutu kitosan (SNI 7949:2013), dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL I
DATA KARAKTERISTIK KITOSAN

Parameter	Hasil Penelitian yang Dilakukan	Standar Mutu Kitosan (SNI 7949:2013)
Warna	Putih	Coklat Muda sampai Putih
Kelarutan dalam Asam	Larut pada CH ₃ COOH 1%	Min 99%
Rendemen	18%	-
Viscositas	-	Min 5 cps
Derajat Deasetilasi	80,35%	Min 75%
Kadar Air	5,5%	Maks 12%
Kadar Abu	3%	Maks 5%
pH	7,1	7-8

Dari tabel 1, menunjukkan bahwa kitosan yang diperoleh memenuhi baku mutu kitosan dan layak digunakan untuk proses selanjutnya. Warna kitosan menunjukkan warna putih sesuai dengan SNI 7949:2013. Kitosan yang dihasilkan memiliki persentase hasil (rendemen) sebesar 18% seperti yang ditunjukkan pada tabel 1, yang setara jika dibandingkan dengan hasil persentase yang diperoleh dalam [19] yang melaporkan 14% hasil kitosan dari krill dan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap persentase hasil 18,6% dari limbah cangkang udang dalam [20].

Kitosan yang disintesa memiliki kandungan abu 3% seperti yang ditunjukkan pada tabel 1, yang bila dibandingkan dengan kitosan komersial memiliki kadar abu 2%. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan yang disintesa memiliki persentase standar kandungan abu yang dapat digunakan untuk aplikasi komersial sesuai dengan SNI 7949:2013, karena kandungan abu pada kitosan adalah

parameter penting yang mempengaruhi kelarutannya, viskositasnya dan juga karakteristik penting lainnya.

Kandungan air kitosan yang diperoleh dari cangkang udang adalah sebesar 5,5% seperti yang ditunjukkan pada tabel 1, yang sesuai dengan SNI 7949:2013 yang melaporkan kadar air maksimal 12%. Dalam [21] melaporkan bahwa produk kitosan komersial dapat mengandung kadar air <10%. Sedangkan, dalam [22][23] melaporkan kadar air dalam kitosan kisaran 1-1,3 yang diperoleh dari cangkang udang air asin.

Kitosan yang dibuat dari cangkang udang ditemukan dapat larut dalam larutan asam asetat 1% dan sebagian larut dalam air seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Derajat deasetilasi merupakan suatu parameter lepasnya gugus asetil dari sampel kitin. Derajat deasetilasi diketahui dengan perhitungan berdasarkan ikatan amida dan adanya gugus amina dari spektra FTIR. Dalam penelitian ini, derajat deasetilasi dari kitosan yang dibuat yaitu 80,35% (tabel 1). Hal ini adalah parameter penting yang mempengaruhi sifat lain seperti kelarutan, reaktivitas kimia dan biodegradabilitas. Derajat deasetilasi dari kitosan yang tersedia secara komersial memiliki nilai yang berkisar antara 75 dan 85%. Nilai derajat deasetilasi tergantung pada berbagai faktor seperti sumber dan prosedur persiapan dan nilai berkisar dari 30 hingga 95% [24] dan juga pada jenis metode analisis yang digunakan, persiapan sampel, jenis instrumen yang digunakan, dan kondisi lain juga dapat mempengaruhi analisis derajat deasetilasi [25]. Derajat deasetilasi merupakan suatu parameter lepasnya gugus asetil dari sampel kitin. Derajat deasetilasi diketahui dengan perhitungan berdasarkan ikatan amida dan adanya gugus amina dari spektra FTIR. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh derajat deasetilasi kitosan yaitu 80,35%.

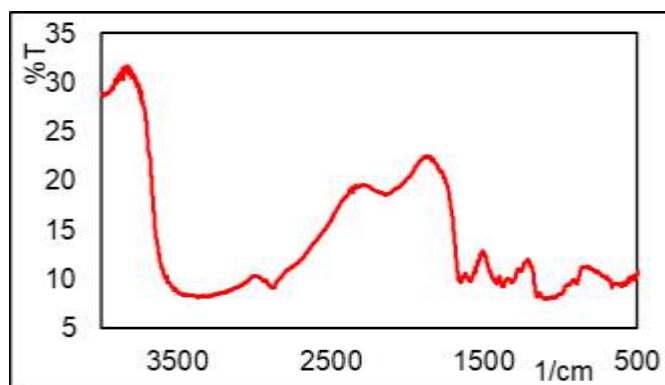
Pembuatan pembalut luka dimulai dengan menyiapkan 1 gram kitosan yang dilarutkan dalam larutan asam asetat 1% dan diaduk selama 2 jam pada suhu kamar. Dilanjutkan dengan penambahan 1 ml gliserol sebagai *plasticizer*. Larutan kitosan dimasukkan ke dalam cetakan dan dikeringkan pada suhu 40°C selama 24 jam untuk menguapkan pelarut dan membentuk membran. Selaput yang telah disiapkan dikupas dengan lembut, dan dikeringkan lebih lanjut dengan menjaga oven 40°C selama 4 jam. Komposit disiapkan dan dicampur serbuk kulit pisang dengan konsentrasi yang berbeda (0, 2, 4, 6, 8 dan 10% berat) lalu dicampur dengan larutan kitosan dan diaduk selama 2 jam pada suhu kamar kemudian dituang pada cetakan dan dibiarkan kering 24 jam pada oven 40°C. Sampel membran pembalut luka dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sampel membran pembalut luka

3.1 Fourier Transform Infrared (FTIR)

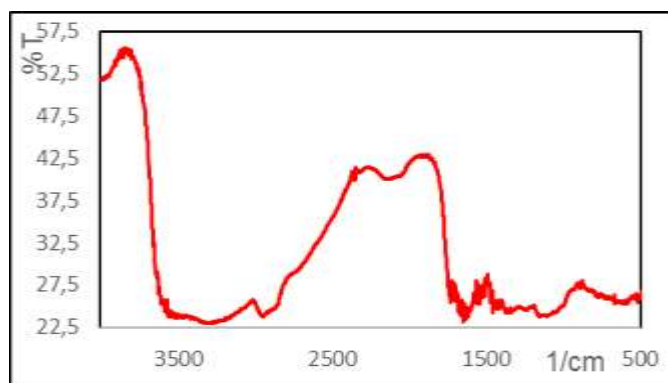
Spektra FTIR membran pembalut luka kitosan-limbah kulit pisang dengan konsentrasi yang berbeda (0, 2, 4, 6, 8 dan 10% wt) tercatat spektrum gelombang 400-4000 cm^{-1} . Spektrum kitosan dan serbuk kulit pisang ditunjukkan masing-masing pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Spektrum FTIR pada Kitosan

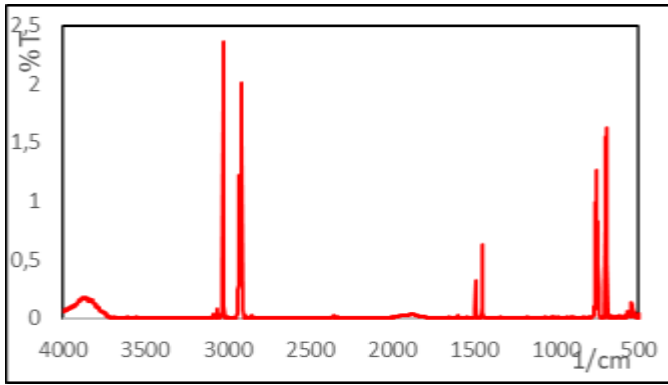
Dari gambar 2 ditunjukkan bahwa kitosan mengandung banyak gugus fungsional (hidroksil, karbonil, karboksil, amina, dan amida). Perlu diketahui bahwa penambahan gliserol ke kitosan tidak memberikan band baru dalam spektrum kitosan. Sebelumnya studi pada serbuk kulit pisang mengungkapkan bahwa serbuk kulit pisang mengandung polimer (pektin, hemiselulosa dan lignin) dan mereka kaya akan gugus fungsional organik seperti $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$ dan O-H [26]. Karakteristik penyerapan pita kitosan dan kulit pisang serupa dengan yang telah diteliti sebelumnya [27][28]. FT-IR pada kitosan-serbuk kulit pisang (10% berat), seperti terlihat pada gambar terdapat perbedaan komposit yang jelas antara bahan dibandingkan dengan spektrum kitosan murni. Puncaknya pada 3520 cm^{-1} sesuai dengan gelombang peregangan O-H yang meluas dan bergeser ke 3628 cm^{-1} . Peningkatan intensitas pita 2898 cm^{-1} yang sesuai dengan gelombang C-H . Band baru muncul pada 1760 cm^{-1} yang sesuai dengan gugus karboksil.

Hasil FTIR juga menunjukkan peran asam dalam kitosan. Dengan profil FTIR yang menunjukkan absorbansi serupa satu sama lain, hal ini menunjukkan peran asam dalam reaksi preparasi nanopartikel kitosan. Asam tidak berikatan intra- dan intermolecular-dengan asam di- dan tri- karboksilat [29]. Spektrum FTIR juga tidak menunjukkan pembentukan polimer baru. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan tidak berpolimerisasi dengan asam. Dapat disimpulkan bahwa asam hanya bertindak sebagai donor proton yang dapat melarutkan kitosan [30].



Gambar 3. Spektrum FTIR dari Serbuk Kulit Pisang

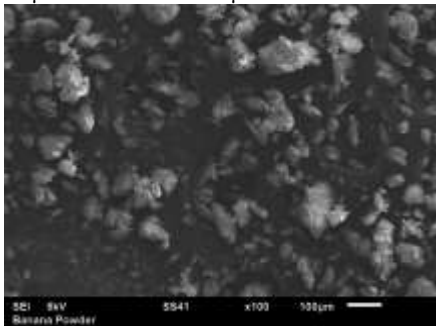
Gambar 3 menunjukkan spektrum membran pembalut luka yang mengandung serbuk kulit pisang dengan konsentrasi yang berbeda (0, 2, 4, 6, 8 dan 10% wt). Dari gambar tersebut tercatat terjadi peningkatan intensitas amida yang mencapai puncaknya pada 1638 cm^{-1} dengan penambahan *filler*. Band pada pita serapan 2890 cm^{-1} dan 2.900 cm^{-1} terjadi peningkatan yang ditunjukkan dengan karakteristik untuk C-H karena penambahan *filler*. Band ini muncul pada pita serapan 1760 cm^{-1} yang sesuai dengan gugus karboksil selain untuk meningkatkan intensitas pada pita serapan 1440 cm^{-1} yang terjadi semacam interaksi antara muatan positif gugus amina kitosan dan gugus karboksil bermuatan negatif pada kulit pisang yang membuat interaksi yang baik antara *filler* dan matriksnya.



Gambar 4. Spektrum FTIR dari membran pembalut luka pada 10%wt

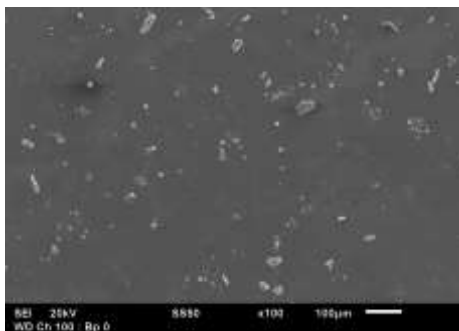
3.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pada gambar 5 menunjukkan struktur morfologi SEM dari partikel serbuk kulit pisang. Ukuran partikel berada di kisaran panjang 20-80 µm dan lebar 20-30 µm.

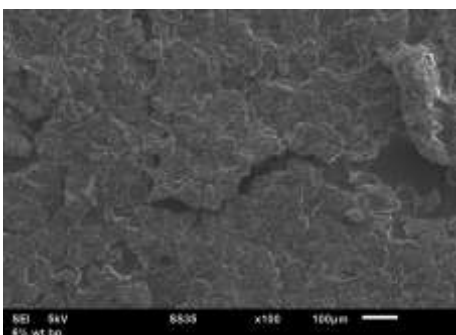


Gambar 5. Struktur morfologi serbuk kulit pisang

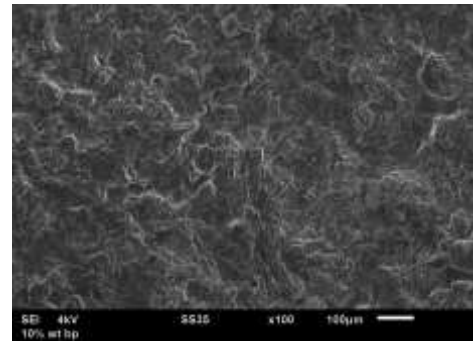
Struktur morfologi SEM dengan konsentrasi 0, 2, 4, 6, 8 dan 10% wt dari kitosan dan serbuk kulit pisang ditunjukkan pada Gambar 5. Analisis morfologi SEM menunjukkan bahwa *filler* membran pembalut luka seragam yang didistribusikan dalam matriks kitosan konsentarsi 10% wt, dengan terjadinya peningkatan konsentrasi pengisi pada distribusi yang tidak teratur dengan beberapa agregat *filler*.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Struktur morfologi membran pembalut luka pada konsentrasi (a) 0% wt; (b) 6% wt; dan (c) 10% wt

3.3 Swelling Properties (Sifat Pembengkakan)

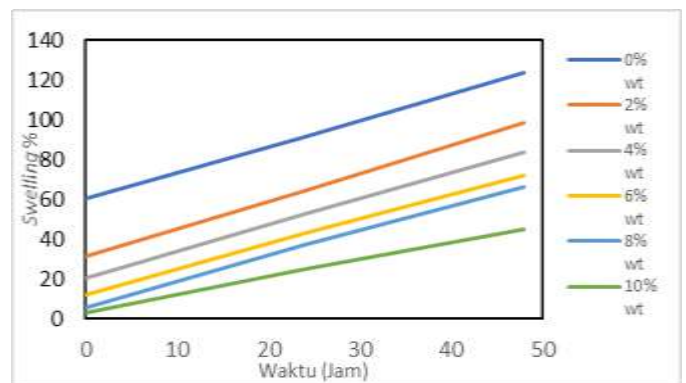
Penting untuk menentukan sifat pembengkakan pada air untuk biomaterial jika mereka digunakan sebagai bahan penutup luka. Hal ini adalah ukuran dari kapasitas film untuk menyerap eksudat luka. Lingkungan yang ideal Untuk penyembuhan luka yang baik adalah menjaga agar luka luka tetap lembab [31].

TABEL II

SWELLING PROPERTIES (SIFAT PEMBENGKAKAN) TERHADAP AIR PADA MEMBRAN PEMBALUT LUKA

Sampel	Swelling (%)		
	0 h	24 h	48 h
0% wt	60,4651	91,3293	123,9891
2% wt	31,3186	64,5773	98,7322
4% wt	20,1149	52,6833	83,5828
6% wt	11,9047	42,9036	72,3548
8% wt	5,67375	36,9308	65,9306
10 wt%	3,16455	24,6881	44,8313

Serapan air dari kitosan berhubungan dengan kelompok hidrofilik (gugus hidroksil dan amino) dari polisakarida. Pembengkakan membran pembalut luka kitosan-serbuk kulit pisang setelah 24 jam dan 48 jam perendaman dalam air suling ditampilkan pada Tabel 2 dan ditunjukkan pada Gambar 7.

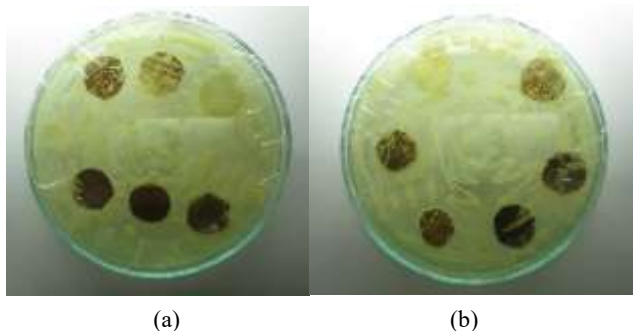


Gambar 7. Kurva Swelling properties pada membran pembalut luka kitosan-serbuk kulit pisang

Jelas dari gambar bahwa sampel 0% wt menunjukkan tingkat pembengkakan lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditambahkan *filler*, penambahan serbuk kulit pisang ke kitosan mengakibatkan penurunan pembengkakan dan karenanya meningkatkan ketahanan terhadap air. Perilaku ini disebabkan oleh semacam interaksi antara senyawa bermuatan negatif pada serbuk kulit pisang seperti asam karboksilat dan gugus bermuatan positif pada rantai tulang punggung kitosan. Interaksi ini membatasi mobilitas dari rantai kitosan yang menurunkan serapan air. Untuk lebih baik pada pemahaman tentang dampak serbuk kulit pisang terhadap perilaku pembengkakan kitosan, plot serapan air versus waktu diilustrasikan pada Gambar 7.

3.4 Analisa Kerentanan Antibakteri

Titik penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi kitosan dengan *filler* kulit pisang memiliki interaksi sinergis dengan spektrum antimikroba yang luas terhadap gram negatif, bakteri gram positif dan bahkan terhadap strain kultur ragi yang menunjukkan kemampuan pembentukan biofilm. Hasil pada Gambar 8 menunjukkan bahwa membran pembalut luka kitosan-serbuk kulit pisang memiliki aksi sinergis dengan aktivitas tertinggi sebesar 10% wt. Selain itu, *Staphylococcus aureus* adalah strain yang paling sensitif yang tercatat untuk membran ini.



Gambar 8. Pengaruh kerentanan antibakteri membran pembalut luka kitosan dan serbuk kulit pisang pada (a) *Escherichia coli* dan (b) *Staphylococcus aureus*

Membran pembalut luka kitosan-serbuk kulit pisang juga menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi terhadap strain *Escherichia coli* (bakteri gram negatif) dibandingkan strain *Staphylococcus aureus* (bakteri gram positif). Atas dasar itu, beberapa penelitian mencatat bahwa kitosan mempengaruhi gram negatif dan positif tapi agak seperti efek argumentatif, beberapa temuan menunjukkan efektivitas lebih terhadap gram negatif dibandingkan dengan gram positif [31][32][33].

Namun, temuan ini mengenai polaritas permukaan bakteri, membran luar bakteri gram negatif memiliki lipopolisakarida, bermuatan sangat negatif, yang memungkinkan keterikatan dengan kitosan polikasional relatif terhadap gram positif, yang terdiri dari peptidoglikan yang terkait dengan polisakarida dan asam teikoat [34], yang pada gilirannya mendukung glukosa [35][36][37]. Efek serupa dengan sel jamur dan ragi yang bisa mengganggu pertumbuhan [38][39].

Para ilmuwan mendukung mekanisme lain, aktivitas antimikroba dari kitosan yang dikaitkan dengan kelasi logam, di mana kitosan memiliki kemampuan pengikatan logam yang sangat baik karena kelompok amina mengambil logam kation dengan khelasi [40]. Di sini, kami berhipotesis bahwa hubungan semacam itu adalah salah satu pendekatan baru untuk meningkatkan sifat komposit ini [41] seperti meningkatkan biodegradabilitas dan aktivitas antimikroba, apalagi kulit pisang mengandung polimer seperti lignin, hemiselulosa dan pektin [42] yang bisa membantu dalam meningkatkan sifat komposit baru yang terbentuk. Oleh karena itu, kita bisa menggunakannya untuk tujuan medis sebagai pembalut luka. Dalam industri makanan, tepung pisang/kitosan diaplikasikan untuk mengawetkan sayuran yang baru, menunjukkan sifat antimikroba terhadap bakteri ketika digunakan [43]. Meskipun dalam penelitian ini kulit pisang digunakan sebagaimana adanya, hasil studi antibakteri sebanding dengan yang dipelajari oleh P.B. Franco dan rekan penulisnya yang mempelajari aktivitas antibakteri membran chitosan yang terkait dengan senyawa aktif ekstrak kulit pisang [44].

IV. KESIMPULAN

Serbuk kulit pisang menunjukkan reaksi sebagai crosslinker ionik untuk kitosan. Penambahan serbuk kulit pisang menurunkan reaksi pembengkakan membran pembalut luka dan memperkuat matriks polimer. Penambahan gliserol meningkatkan volume unit molar yang berputar untuk peningkatan waktu relaksasi terhadap pergeseran frekuensi maksimum dengan frekuensi yang lebih rendah.

Dengan meningkatkan konsentrasi serbuk kulit pisang dalam sampel, pergeseran lain menuju frekuensi yang lebih rendah dari proses yang terdeteksi. Pergeseran ini mungkin disebabkan oleh semacam interaksi polimer/pengisi (*filler*) yang menambahkan peningkatan ke unit yang lain dan berakibat pada waktu relaksasi. Membran pembalut luka kitosan-serbuk kulit pisang memiliki aksi sinergis dengan aktivitas tertinggi pada 10% wt, Bakteri *Staphylococcus aureus* adalah strain yang paling sensitif yang tercatat untuk membran ini.

REFERENSI

- [1] Kamel, Nagwa A., Salwa L.A.E., Neveen, M.S. 2017. *Chitosan/banana peel powder nanocomposites for wound dressing application: Preparation and characterization*. Materials Science and Engineering C. Vol. 72, Hal. 543-550
- [2] Guarino, V.C., Altobelli, T.R., Ambrosio, L. 2015. *Degradation Properties and Metabolic Activity of Alginate and Chitosan Polyelectrolytes for Drug Delivery and Tissue Engineering Applications*. AIMS Materials Science. Vol. 2, No. 4, Hal. 497-502.
- [3] Güneş, Seda, Funda, Tihminlioğlu. 2017. *Hypericum perforatum Incorporated Chitosan Films as Potential Bioactive Wound Dressing Material*. International Journal of Biological Macromolecules.
- [4] Dodane, Valérie and Vinod D. Vilivalam. 1998. *Pharmaceutical applications of chitosan*. PSTT. Vol. 1, No. 6.
- [5] Kumar, Majeti N.V. Ravi. 2000. *A review of chitin and chitosan applications*. Reactive & Functional Polymers. Vol. 46, Hal. 1-27.
- [6] Tanaka, Yoshinori, Shin-ichiro Tanioka, Miyoko Tanaka, Takahiko Tanigawa, Yukisato Kitamura, Saburo Minami, Yoshiharu Okamoto, Mariko Miyashita and Masanobu Nanno. 1997. *Effects of chitin and chitosan particles on BALB/c mice by oral and parenteral administration*. Biomaterials. Vol. 8, No.5, Hal. 91-95.
- [7] Ma, Ye, Lian Xina, Huaping Tana, Ming Fana, Jianliang Lia, Yang Jia, Zhonghua Ling, Yong Chen, Xiaohong Hu. 2017. *Chitosan membrane dressings toughened by glycerol to load antibacterial drugs for wound healing*. Materials Science & Engineering C. Vol. 81, Hal. 522-531.
- [8] Tan, Huaping, Constance R. Chu, Karin A. Payne, Kacey G. Marra. 2009. *Injectable in Situ Forming Biodegradable Chitosan-Hyaluronic Acid Based Hydrogels for Cartilage Tissue Engineering*. Biomaterials. Vol. 30, Hal. 2499-2506.
- [9] Ishihara, Mayuki, Kuniaki Nakanishi, Katsuaki Ono, Masato Sato, Makoto Kikuchi, Yoshio Saito, Hirofumi Yura, Takemi Matsui, Hidemi Hattori, Maki Uenoyama, Akira Kurita. 2002. *Photocrosslinkable chitosan as a dressing for wound occlusion and accelerator in healing process*. Biomaterials. Vol. 23, Hal. 833-840.
- [10] Chen, Long, Chang-yu Tang, Nan-ying Ning, Chao-yu Wang, Qiang Fu, Qin Zhang. 2009. *Preparation and Properties of Chitosan/Lignin Composite Films*. Chinese Journal of Polymer Science. Vol. 27, No. 5, Hal. 739-746.
- [11] Matsushita, Yasuyuki, Saori Wada, Kazuhiko Fukushima, Seiichi Yasuda. 2006. *Surface characteristics of phenol-formaldehyde-lignin resin determined by contact angle measurement and inverse gas chromatography*. Industrial Crops and Products. Vol. 23, Hal. 115-121.
- [12] Popa, Valentin I., Adina-Mirela Căpraru, Silvia Grama and Teodor Măluțan. 2011. *Nanoparticles Based on Modified Lignins With Biocide Properties*. Cellulose Chemistry and Technology. Vol. 45, No. 3-4, Hal. 221-226.
- [13] Bahri, Samsul. 2015. *Pembuatan Pulp dari Batang Pisang*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. Vol. 4, No. 2, Hal. 36-50.
- [14] Wina, Elizabeth. 2001. *Tanaman Pisang Sebagai Pakan Ternak Ruminansia*. Balai Penelitian Ternak. Wartazoa, Vol. 11, No. 1.
- [15] Pereira, A., & Maraschin, M. 2015. *Banana (Musa spp) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health*. Journal of Ethnopharmacology. Vol. 160, Hal. 149-163.
- [16] Rangan, A., Manjula, V.M., Rajendran, M.T., Satyanarayana, G.K., Reghu, M. 2017. *Novel method for the preparation of lignin-rich nanoparticles from lignocellulosic fibers*. Industrial Crops and Products, Vol. 103, Hal. 152-160.
- [17] Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. 2018. *Phenolic Compounds Within Banana Peel and Their Potential Uses: A Review*. Journal of Functional Foods. Vol. 40, Hal. 238-248.
- [18] C. Deng, L. He, M. Zhao, D. Yang, Y. Liu. 2007. *Biological properties of the chitosan-gelatin sponge wound dressing*. Carbohydr. Polym. 69 (83-589).
- [19] Brzeski, MM. 1982. *Concept of Chitin/Chitosan Isolation from Antarctic Krill (Euphausia Superba) Shells on A Technique Scale*. In:

- Hirano S, Tokura S (Eds) Proceedings of the 2nd International Conference on Chitin and Chitosan. The Japan Society of Chitin and Chitosan, Sapporo, Japan, pp 15-29.
- [20] Alimuniar A, Zainuddin R. 1992. *An Economical Technique for Producing Chitosan*. In: Brine CJ, Sanford PA, Zikakis JP (Eds) *Advances in Chitin and Chitosan*. Elsevier Applied Science, London and New York, pp 627-632.
- [21] Li, Q, Dunn ET, Grandmaison EW, Goosen MFA. 1992. *Applications and Properties of Chitosan*. J Bioactive Compatible Polym. 7:370-397.
- [22] Islam, MM, Masum SM, Rahman MM, Ashraful M, Molla I, Shaikh AA, Roy SK. 2011. *Preparation of Chitosan from Shrimp Shell and Investigation of Its Properties*. Int J Basic Appl Sci. 11(1):116-130.
- [23] Hossein T, Mehran M, Seyed MRR, Amir ME, Farnood SSJ. 2008. *Preparation of Chitosan from Brine Shrimp (Artemia urmiana) Cyst Shells and Effects of Different Chemical Processing Sequences on The Physicochemical and Functional Properties of The Product*. Molecules 13:1263-1274.
- [24] Martino AD, Sittinger M, Risbud MV. 2005. *Chitosan: A Versatile Biopolymer for Orthopedic Tissue Engineering*. Biomaterials. 26:5983-5990.
- [25] Khan T, Peh K, Ch'ng HS. 2002. *Reporting Degree of Deacetylation Values of Chitosan: The Influence of Analytical Methods*. J Pharm Pharmaceut Sci 5(3):205-212.
- [26] H. Zheng, L. Wang. 2013. *Banana peel carbon that containing functional groups applied to the selective adsorption of Au (III) from waste printed circuit boards*. Soft Nanosci. Lett. 3 (2):29-36.
- [27] R.S.D. Castro, et al. 2011. *Banana peel applied to the solid phase extraction of copper and lead from river water: preconcentration of metal ions with a fruit waste*. Ind. Eng. Chem. Res. 50 (6) 3446-3451.
- [28] Y. Zhang, et al. 2008. *Physicochemical characterization and antioxidant activity of quercetinloaded chitosan nanoparticles*. J. Appl. Polym. Sci. 107 (2) 891-897.
- [29] Bodnar, M., Hartmann, J. F., Borbely, J. 2005. *Preparation and Characterization of Chitosan-Based Nanoparticles*. Biomacromolecules 2005(6): 2521-2527.
- [30] Moura, M. R., & Aouada, F. A. 2008. *Preparation of Chitosan Nanoparticles Using Methacrylic Acid*. Journal of Colloid and Interface Science. 321(2):477-483.
- [31] H.K. No, et al., *Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights*, Int. J. Food Microbiol. 74 (1) (2002) 65-72.
- [32] J. Šimůnek, et al., *Effect of chitosan on the growth of human colonic bacteria*, Folia Microbiol. 51 (4) (2006) 306-308.
- [33] Y.C. Chung, et al., *Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall*, Acta Pharmacol. Sin. 25 (2004) 932-936.
- [34] S.B. Oyeleke, *Microbial assessment of some commercially prepared yoghurt retailed in Minna, Niger State, Afr. J. Microbiol. Res.* 3 (5) (2009) 245-248.
- [35] C.S. Chen, W.Y. Liau, G.J. Tsai, *Antibacterial effects of N-sulfonated and N-sulfobenzoyl chitosan and application to oyster preservation*, J. Food Prot. 61 (9) (1998) 1124-1128.
- [36] Papineau, A.M, dkk. 1991. *Antimicrobial Effect of Water-Soluble Chitosans With High Hydrostatic Pressure*. Food Biotechnol. 5 (1):45-57.
- [37] S.W. Fang, C.F. Li, D.Y.C. Shih, *Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat*, J. Food Prot. 57 (2) (1994) 136-140.
- [38] A. El Ghaouth, et al., *Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits*, Phytopathology 82 (4) (1992) 398-402.
- [39] G.J. Tsai, et al., *Antimicrobial activity of shrimp chitin and chitosan from different treatments and applications of fish preservation*, Fish. Sci. 68 (1) (2002) 170-177.
- [40] Huang, J.C. 2002. *Carbon Black Filled Conducting Polymers and Polymer Blends*. Adv. Polym. Technol. 21(4):299-313.
- [41] M. Alexandre, P. Dubois, *Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials*, Mater. Sci. Eng. R. Rep. 28 (1) (2000) 1-63.
- [42] T.H. Emaga, et al., *Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties*, Bioresour. Technol. 99 (10) (2008) 4346-4354.
- [43] N. Pitak, S.K. Rakshit, *Physical and antimicrobial properties of banana flour/chitosan biodegradable and self sealing films used for preserving Fresh-cut vegetables*, LWT-Food Sci. Technol. 44 (10) (2011) 2310-2315.
- [44] P. Battaglini Franco, L.A. de Almeida, R.F.C. Marques, G. Brucha, M.G.N. Campos, *Evaluation of antibacterial activity of chitosan membranes associated to unripe banana peel*, Mater. Sci. Forum 869 (2016) 859-863.