

Application of Wound Dressings from Chitosan-Alginate-Collagen Biocomposites

Yuliana Dwi Rachmawati^{1*}, Fiska. Y. Purwaningtyas²
Universitas Muhammadiyah Gresik

Corresponding Author: Yuliana Dwi Rachmawati ydr.rachmawati@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords: Alginate, Biocomposites, Chitosan, Collagen, Wounds

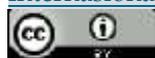
Received : 20, May

Revised : 22, June

Accepted: 24, July

©2024 Rachmawati, Purwaningtyas:

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Wound dressings are materials used to speed up the wound healing process and can make the healing condition better. The aim of this research is to form a biocomposite that originates from chitosan, alginate and collagen as well as looking at appropriate compositional comparisons to provide ideal biocomposite results. This research was carried out at the Chemical Engineering Laboratory, Muhammadiyah University of Gresik. The method used is a drying process at room temperature on a thin glass printer for 24 hours. The results of research on FTIR analysis of this biocomposite membrane contain alkyl amine groups, alkane compounds (C-H), NO₂ bonds, aldehyde compounds, ketones, carboxylic acids, esters or bonds (C=O), alkane compounds (C-H), phenol compounds, alcohol monomers, hydrogen bond alcohol (O-H). Analysis of the swelling test values obtained were, 146%, 236%, 243%, 317%, and 474%.

Aplikasi Pembalut Luka dari Biokomposit Kitosan-Alginat-Kolagen

Yuliana. D. Rachmawati^{1*}, Fiska. Y. Purwaningtyas²

Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik - Indonesia

Corresponding Author: Yuliana Dwi Rachmawati ydr.rachmawati@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Biokomposit, Kitosan, Alginat, Kolagen, dan Luka

Received : 20, May

Revised : 22, Juni

Accepted: 24, July

©2024 Rachmawati, Purwaningtyas:

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Pembalut luka ialah bahan yang digunakan untuk mempercepat proses penyembuhan luka serta mampu membuat keadaan penyembuhan menjadi semakin baik. Tujuan penelitian ini yakni guna membentuk biokomposit yang asalnya melalui bahan kitosan, alginat, serta kolagen sekaligus melihat perbandingan komposisi yang sesuai demi memberikan hasil biokomposit yang ideal. Penelitian ini terlaksana di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Gresik. Metode yang dipakai yakni melalui proses mengeringkan di suhu ruang pada pencetak kaca tipis dengan waktu 24 jam. Hasil penelitian pada analisa FTIR membran biokomposit ini mengandung gugus alkyl amine, senyawa alkana (C-H), ikatan NO₂, senyawa aldehyd, keton, asam karboksilat, ester atau ikatan (C=O), senyawa alkana (C-H), senyawa fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hydrogen (O-H). Analisa uji swelling nilai yang didapat yaitu, 146%, 236%, 243%, 317%, dan 474%.

PENDAHULUAN

Luas pada jaringan kulit disebabkan oleh kecelakaan atau luka bakar yang membutuhkan perawatan spesifik dan terkoordinasi untuk mencegah kemungkinan komplikasi serius yang dapat berujung pada kematian. Untuk mempercepat penyembuhan luka pada kerusakan kulit dan mengurangi pembentukan jaringan parut akibat kehilangan jaringan yang signifikan, penggunaan sel pengganti dermal menjadi suatu pilihan yang penting. Sel-sel seperti xenograft, allograft, dan autograft sering digunakan untuk memfasilitasi penyembuhan luka pada kulit. Oleh karena itu, beberapa penelitian mengembangkan pendekatan rekayasa jaringan untuk meregenerasi dan menjaga keberlangsungan jaringan, serta mengembalikan fungsi organ pada manusia (Suryati dkk., 2021).

Luka dapat disembuhkan dengan menutupi daerah kulit yang terluka menggunakan pembalut yang bertujuan untuk mencegah risiko infeksi. Pembalut luka yang optimal dapat mendukung proses penyembuhan pada luka. Dengan karakteristik tertentu, pembalut luka yang ideal adalah menciptakan lingkungan yang lembab, mengatur produksi sekresi yang berlebihan, menjaga stabilitas tubuh, dan mencegah penetrasi mikroorganisme.

Pemilihan material film menjadi faktor kunci dalam pembuatan film. Polimer alami saat ini memperoleh perhatian khusus dari peneliti sebagai alternatif bahan karena sifatnya tidak beracun, dapat terurai secara hayati, biokompatibel, lebih ekonomis, dan lebih mudah diperoleh (Rokhati dkk., 2012).

Kitosan adalah suatu polimer alami dalam bentuk serbuk, tanpa aroma, berwarna putih. Sumber utama kitosan berasal dari deasetilasi kitin yang terdapat di cangkang invertebrata, khususnya crustacea seperti udang, kepiting, dan rajungan. Kehadiran pasangan elektron bebas dari gugus amino memberikan kitosan sifat kationik dan nucleophile yang signifikan (Wiyarsi & Priyambodo, 2013).

Alginat merupakan polimer alami yang menjadi komponen utama dalam ekstrak alga coklat (Phaeophyceae) dan memegang peran penting dalam dinding sel. Alginat adalah zat yang melimpah pada beberapa jenis rumput laut. Spesies sargassum paling banyak ditemukan di wilayah perairan Indonesia. Dua jenis monomer pembentuk asam alginat untuk memperoleh popularitas karena sifat koloidnya, kemampuan pembentukan gel, dan sifat hidrofilitiknya. Karena karakteristik ini, senyawa ini sering digunakan sebagai pengemulsi. Kolagen memiliki peran yang sangatlah fundamental dalam tiap tahapan proses penyembuhan. Kolagen dapat meningkatkan sekresi cairan, dapat memperbaiki komponen seluler, dapat membuat faktor pertumbuhan meningkat serta menunjang fibrinogenesis. (Patel dkk., 2018).

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menciptakan serta mengidentifikasi karakteristik biokomposit kitosan-alginat-kolagen pada pembalut luka. Kitosan yang dipakai dalam penelitian ini asalnya yakni kulit udang, sedangkan alginat yang dipakai asalnya yakni sargassum sp, dan kolagen yang diaplikasikan berasal dari ikan.

TINJAUAN PUSTAKA

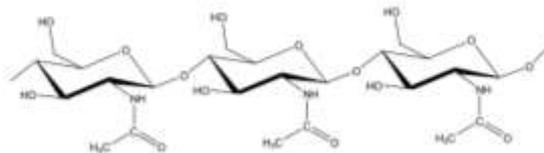
Pembalut Luka

Pembalut luka digunakan untuk mempercepat berbagai fase penyembuhan luka dan menciptakan kondisi penyembuhan yang optimal. Pemilihan pembalut luka harus memenuhi sejumlah kriteria, seperti mengatur kelembaban luka, mendukung proses penyembuhan tanpa merusak jaringan kulit, meningkatkan sirkulasi udara di sekitar luka, mudah dipasang dan dilepas setelah penggunaan, serta harus steril, non-toksik, dan tidak menyebabkan alergi. Oleh karena itu, diharapkan bahwa hidrogel dengan kekuatan mekanik yang lebih baik dapat menjadi pilihan unggul sebagai perban luka yang berkualitas (Fena dkk., 2017).

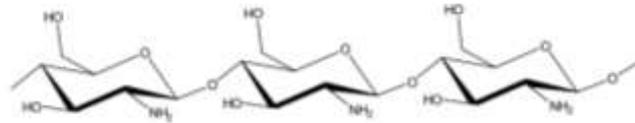
Pembalut luka harus memenuhi kriteria tertentu, termasuk tingkat permeabilitas uap atau gas yang tinggi. Pembalut luka memiliki berbagai fungsi, seperti memberikan perlindungan fisik pada luka, mencegah kontaminasi, dan mendukung pertukaran cairan untuk menjaga kelembaban luka tanpa mengakibatkan kehilangan cairan yang berlebihan. Keberhasilan proses penyembuhan luka sangat tergantung pada standar permeabilitas gas (oksigen) dan uap air pada pembalut luka, sehingga ventilasi dan penguapan air dapat berlangsung secara optimal untuk mempercepat proses penyembuhan. Jenis pembalut luka yang tersedia saat ini mencakup *film dressing*, *simple island dressing*, *non-adherent dressing*, *moist dressing*, *absorbent dressing* (Mardikasari, 2015).

Kitosan

Kitosan adalah hasil dari deasetilasi kitin, yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin (β -1,4-2 amino-2-deoksi-D-Glukosa) dengan rumus molekul $[C_6H_{11}NO_4]_n$ dan berat molekul sekitar $2,5 \times 10^5$ Dalton. Bentuk kitosan berupa serpihan putih kekuningan yang tidak memiliki bau atau rasa. Kitosan bersifat tidak larut dalam air, alkali kuat, asam sulfat, serta pelarut organik seperti alkohol, aseton, dimetilformamida (DMSO), dan dimetilsulfoksida (DMF). Meskipun mudah larut dalam asam klorida, asam nitrat, asam asetat 1% sampai 2%, serta asam format 0,2% sampai 1,0%. Kitosan larut dalam asam organik/mineral encer melalui protonasi gugus amino bebas (NH_2 \rightarrow NH_3^+) pada pH di bawah 6,5. Pelarut yang baik untuk kitosan adalah asam format, asam asetat dan asam glutamat. Asam format, asam asetat, dan asam glutamat adalah pelarut yang efektif untuk kitosan. Kelarutan kitosan sesuai dengan peningkatan berat molekul kitosan. (Istiqomah, 2012). Struktur kitin dan kitosan ditampilkan secara berurutan pada Gambar 1 dan 2.



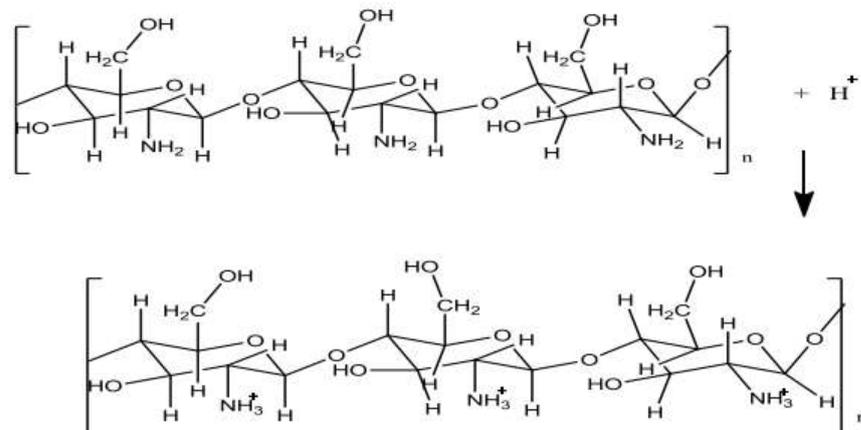
Gambar 1. Struktur Kimia Kitin (Istiqomah, 2012)



Gambar 2. Struktur Kimia Kitosan (Istiqomah, 2012)

Kitosan adalah produk biologis yang memiliki sifat kationik, tidak beracun, dapat terurai secara hayati, dan kompatibel dengan berbagai sistem biologis. Kitosan memiliki jumlah gugus amino (NH_2) yang lebih tinggi dibandingkan kitin, menjadikannya lebih nukleofilik dan bersifat basa. Kristalinitas kitosan lebih rendah daripada kitin karena adanya ikatan hidrogen antarmolekul dan intramolekul, mempermudah distribusinya dalam berbagai reagen (Wiyarsi & Priyambodo, 2018).

Kitosan diperoleh melalui isolasi dari rangka hewan invertebrata seperti *Arthropoda sp*, *Molusca sp*, *Coelenterata sp*, *Annelida sp*, *Nematoda sp*, dan beberapa kelompok jamur. Selain berasal dari rangka hewan invertebrata, kitosan juga dapat ditemukan di berbagai organisme, termasuk insang ikan, trakea, dinding usus, dan kulit cumi-cumi. Sumber utama kitosan adalah cangkang dari *Crustaceae sp*, seperti udang, lobster, kepiting, dan hewan laut lainnya yang memiliki cangkang.



Gambar 3. Kitosan Mengalami Protonasi Karena Suasana Asam dari Asam Asetat (Ariadi Lusiana dkk., 2019)

Tabel 1. Sumber-Sumber Kitin Dan Kitosan (Istiqomah, 2012)

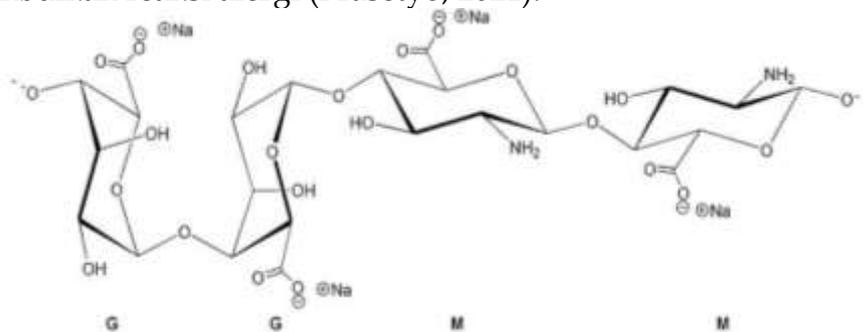
Jenis	Kadar Kitosan
Jamur/Cendawan	5-20%
Cumi-cumi	3-20%
kalajengking	30%
Laba-laba	38%
Kumbang	35%
Ulat sutra	44%
Kepiting	69%
Udang	70%

Cangkang udang memiliki kandungan kitin sekitar 20-30%, protein sekitar 21%, dan mineral sekitar 40-50%. Dalam cangkang *Crustacea sp*, kitin hadir sebagai *mucopolysaccharide* yang mengikat garam anorganik, khususnya kalsium karbonat (CaCO_3), protein, dan lipid, termasuk pigmen. Oleh karena itu, proses ekstraksi kitin dari kulit udang melibatkan tahap pemisahan protein (deproteinasi) dan pemisahan mineral (demineralisasi). Sementara itu, untuk memperoleh kitosan, dilakukan proses deasetilasi.

Alginat

Alginat adalah biopolimer yang banyak digunakan dalam industri makanan, minuman, tekstil, kertas, cat, dan farmasi. Alginat pertama kali ditemukan oleh Stanford pada awal tahun 1880-an. Asam alginat adalah copolymer yang terdiri dari dua monomer, yaitu asam D-mannuronic (M) dan L-guluronic (G), yang membentuk ikatan pada C1 dan C4.

Alginat seringkali digunakan sebagai perban luka karena memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi, mampu merangsang pertumbuhan jaringan sel baru, dan mengurangi peradangan, sehingga mempercepat proses penyembuhan luka. Selain itu, alginat mampu menutup dan melindungi luka, menjaga keseimbangan kelembaban di sekitar area luka, memiliki sifat elastis, tidak mengganggu atau merusak jaringan baru, dan dapat mempercepat penyembuhan luka. Keunggulan ini disebabkan oleh sifat alginat yang bersifat biodegradable dan biokompatibel, memiliki sifat antibakteri, tidak beracun, dan tidak menimbulkan reaksi alergi (Prasetyo, 2021).

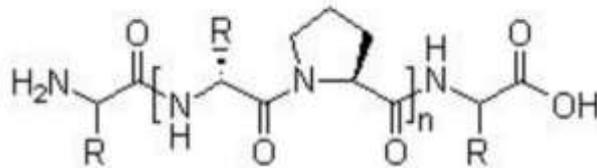


Gambar 4. Struktur Kimia Alginat (Putriyana dkk., 2018)

Kolagen

Kolagen merupakan protein kunci yang membentuk komponen utama matriks ekstraseluler dan merupakan protein paling melimpah dalam tubuh manusia. Struktur kolagen terdiri dari *triple helix* yang terbentuk dari tiga rantai polipeptida α . Terdapat sekitar 30 variasi rantai α yang berkontribusi pada 14 jenis kolagen. Kolagen tipe I, II, dan III merupakan jenis kolagen berserat atau interstisial yang paling umum. Sementara itu, tipe IV, V, dan VI merupakan bentuk non-fibrillar yang ditemukan di jaringan interstisial dan membran basalis (Nining, 2020).

Kolagen yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari ikan. Salah satu kegunaan kolagen ikan adalah dapat meningkatkan proses penyembuhan luka karena terdiri dari senyawa protein sederhana dan kalsium, di mana sekitar 95% kalsium tersebut berbentuk kalsium karbonat. Kandungan kalsium dan protein ini memiliki peran krusial dalam penyembuhan luka, dengan kalsium membantu protrombin membentuk benang-benang fibrin saat luka melepaskan enzim trombokinas. Selain kalsium, kolagen ikan juga memiliki kontribusi signifikan dalam proses penyembuhan luka karena mengandung zat aktif seperti kolagen, glukosamin, asam hialuronat, kondroitin sulfat, dan protein sulfur. Komponen-komponen ini memainkan peran penting dalam berbagai fungsi sel, termasuk fibroblast yang meningkatkan produksi kolagen untuk mempercepat proses penyembuhan luka. Kolagen juga memiliki kemampuan untuk mengurangi dan meredakan nyeri dengan bantuan glukosamin dan kondroitin yang terkandung dalam kolagen ikan (Hamdani Saputra dkk., 2021).



Gambar 5. Struktur Kimia Kolagen (Priyambodo dkk., 2018)

METODOLOGI

Penelitian aplikasi pembalut luka dari biokomposit kitosan-alginat-kolagen dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik.

Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini meliputi asam asetat 0,5 M, kitosan (kulit udang), alginat (*sargassum sp*), kolagen (ikan), larutan kimia buffer fosfat (BPS).

Alat Penelitian

Peralatan Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini meliputi gelas beaker 100 ml, *hotplate*, *magnetic stirrer*, knop mengatur skala, staker, plat kaca.

Pembuatan Biokomposit

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini meliputi kitosan, alginat diukur dengan memakai neraca analitik. Sementara itu, kolagen diukur berantnya yakni 1 gram memakai neraca analitik. Setelah ditimbang, bahan-bahan tersebut kemudian dilarutkan pada 25 ml asam asetat 0,5 M dengan menggunakan *stirrer*. Kitosan sebanyak 0,5 gr diaduk hingga homogen dalam larutan asam asetat 0,5 M. Alginat, sebanyak 0,5 gram, juga dilarutkan pada asam asetat 0,5 M dengan bantuan *stirrer* selama 5 menit. Kolagen, sejumlah 1 gram, dihomogenkan dalam larutan asam asetat 0,5 M dengan menggunakan *stirrer*.

Seluruh bahan baku kemudian dicampur dengan volume kitosan:alginat:kolagen dalam perbandingan 1:0:1; 1:1:0; 1:1:1; 1:2:1; dan 1:1:2.

Setelah semua bahan terlarut, campuran tersebut diaduk menggunakan *stirrer* sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan hingga mencapai homogenitas. Selanjutnya, campuran ini dituangkan dalam cetakan kaca lalu dibiarkan dalam waktu 2-3 hari di suhu ruang. Setelah itu, biokomposit dilepaskan dari cetakan kaca.

Pengujian Biokomposit

a. Rasio *swelling* (%)

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur berat awal membran berukuran sekitar $\pm 2 \times 2$ cm, yang selanjutnya direndam dalam aquadest selama 1 jam. Setelah direndam, membran diukur kembali beratnya sehingga diperoleh prosentase air yang diserap dengan persamaan uji. Rasio *swelling* dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ swelling} = \frac{W_a - W_0}{W_0} \times 100 \% \quad (1)$$

Dimana,

W_a = sesudah perendaman

W_0 = sebelum perendaman

b. Uji degradasi

Uji degradasi membran dilakukan dengan memotong membran menjadi bagian kecil kemudian ditimbang, direndam dengan larutan kimia buffer fosfat (PBS, pH = 7,4) yang mengandung lisozim selama 3 hari pada suhu 37°C. Kemudian ditimbang dan diamati rasio degradasinya. Uji degradasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ degradation} = \frac{M_0 - M}{M_0} \times 100 \% \quad (2)$$

Dimana,

Rasio degradasi = (%)

M_0 = sebelum direndam (gram)

M = setelah direndam (gram)

c. Analisa gugus FT-IR

Spektroskopi FT-IR merupakan alat yang digunakan dalam menghitung serapan radiasi di sekitaran inframerah pada beragam panjang gelombang. Secara kualitatif, alat ini bisa dipakai dalam melakukan pengidentifikasian gugus fungsi yang terdapat pada susunan molekul. Data yang spektrum FT-IR hasilkan mencakup sejumlah puncak karakteristik yang direpresentasikan menjadi kurva transmitansi (%) serta bilangan gelombang (cm^{-1}) pada sampel yang sedang diuji, dan selanjutnya data tersebut akan dianalisis.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pembalut luka digunakan untuk menutupi atau melindungi luka dan dapat mempercepat penyembuhan luka. Dalam penelitian ini, pembalut luka dibuat dalam bentuk lembaran lapisan film / membran. Bahan baku lapisan film pembalut luka yang digunakan adalah kitosan udang, alginat dari sari alga coklat, dan kolagen dari ikan yang dilarutkan dengan asam asetat. Lapisan film kitosan:alginat: kolagen bisa disaksikan dalam Gambar 6.

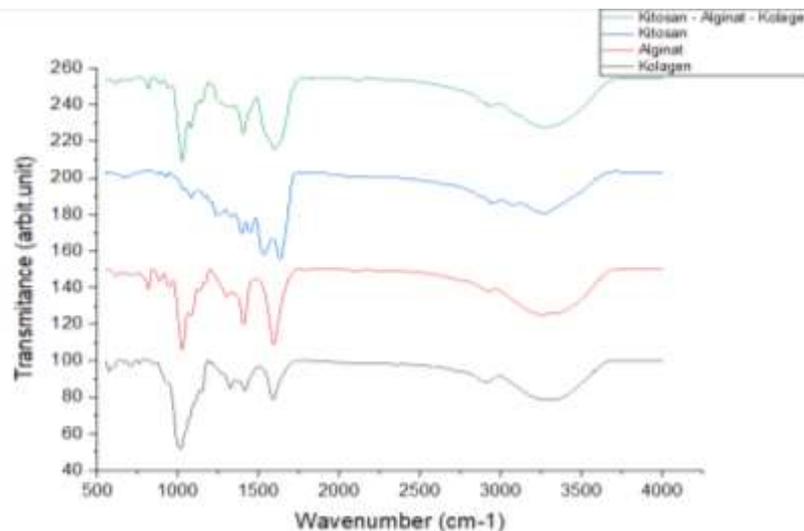


Gambar 6. Lapisan Film Pembalut Luka

Proses membuat biokomposit melalui campuran kitosan, alginat, serta kolagen guna aplikasi pembalut luka melibatkan sejumlah pengujian. Pembahasan hasil uji tersebut yakni sebagai berikut:

Analisa Gugus (FT-IR)

Analisis gugus fungsi (FT-IR) pada membran dilakukan dengan tujuan untuk menentukan apakah membran kitosan, alginat, dan kolagen tersebut mengandung gugus fungsi tambahan. Hasil dari analisis gugus fungsi (FT-IR) ini bisa disaksikan melalui Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Analisa Gugus (FT-IR)

Adapun untuk data hasil uji spektrum IR biokomposit kitosan-alginat-kolagen bisa disaksikan dalam Tabel 2.

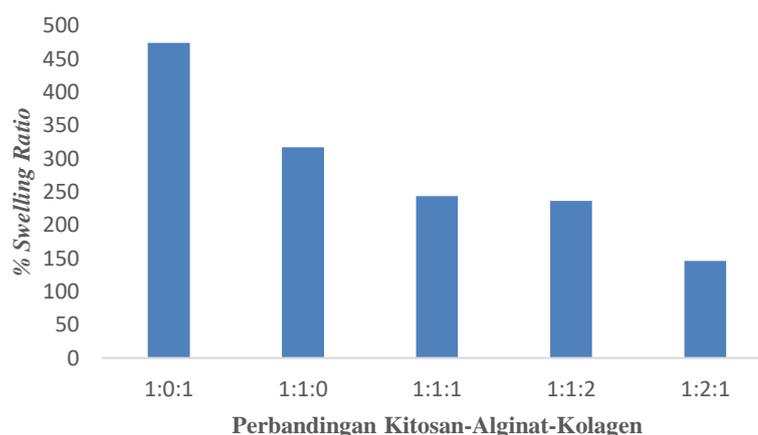
Tabel 2. Data Hasil Uji FT-IR Biokomposit Kitosan-Alginat-Kolagen

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
3278, 86	O-H
2932, 39	C-H alkana
1632, 73	C=O
1553, 64	NO ₂
1407, 87	C-H alkana
1020, 71	Alkyl amine

Dari Gambar 7 terlihat adanya puncak bilangan gelombang baru yang memperlihatkan interaksi antara kitosan, alginat, dan kolagen. Perbedaan komposisi ini dapat diamati dengan jelas dari grafik analisa gugus FT-IR. Dalam grafik memakai perbandingan Kitosan : Alginat : Kolagen, pada bilangan gelombang 1020,71 mengindikasikan keberadaan gugus alkil amina. Pada nilai bilangan gelombang 1407,87 memperlihatkan gugus fungsi C-H alkana. Bilangan gelombang pada 1553,64 mengindikasikan adanya gugus fungsi ikatan NO₂. Bilangan gelombang pada 1632,73 menunjukkan keberadaan senyawa aldehid, keton, asam karboksilat, ester, atau ikatan (C=O). Puncak pada 2932,39 menunjukkan senyawa alkana (C-H). Bilangan gelombang dalam rentang 3278,86 mengindikasikan keberadaan senyawa fenol, monomer alkohol, dan alkohol dengan ikatan hidrogen (O-H). (Suryati dkk., 2021).

Uji Swelling Ratio

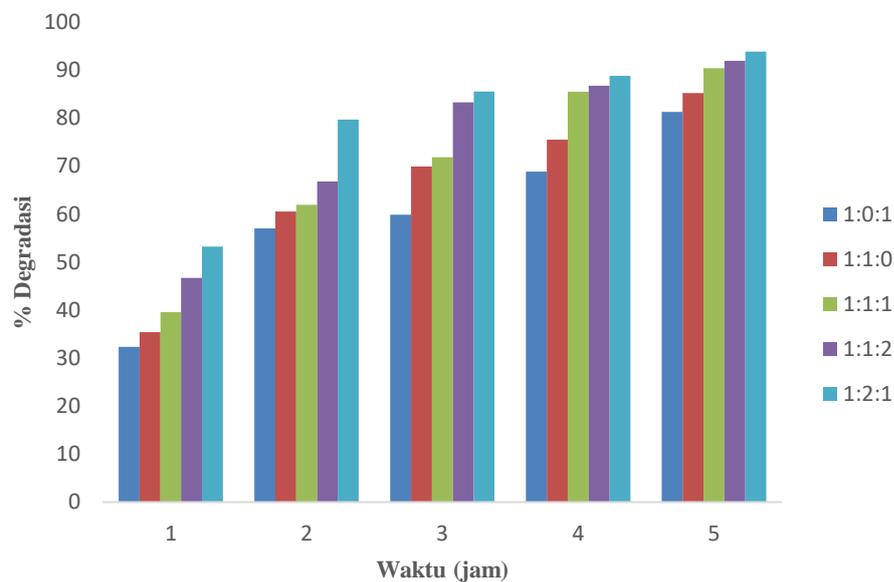
Uji ketahanan air (*swelling*) dilaksanakan guna melihat variasi perbandingan kitosan, alginat, dan kolagen terhadap persen air yang diserap oleh biomembran. Grafik yang menggambarkan variasi komposisi kitosan, alginat serta kolagen terhadap uji *swelling* bisa disaksikan melalui Gambar 8.

**Gambar 8. Grafik % Swelling Biokomposit Kitosan, Alginat, dan Kolagen**

Gambar 8 memperlihatkan bahwa semakin banyak komposisi kitosan serta semakin sedikit komposisi alginat, nilai uji *swelling ratio* pada membran biokomposit menjadi semakin besar. Sebaliknya, dengan komposisi kitosan yang sedikit dan komposisi alginat yang lebih banyak, nilai uji *swelling ratio* yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Persentase *swelling* sangat dipengaruhi oleh sifat hidrofilik membran, di mana kitosan memiliki sifat hidrofilik. (Suryati dkk., 2021).

Uji Degradasi

Uji degradasi dilakukan dengan tujuan menentukan durasi waktu di mana lapisan film dapat terurai dalam tubuh. Proses degradasi pada sampel diamati selama 1 hingga 5 jam, di mana sampel direndam dalam larutan *Phosphate Buffer Saline* lalu disimpan di suhu 37°C. *Phosphate Buffer Saline* digunakan sebagai medium cairan. Hasil perhitungan presentase degradasi sampel bisa disaksikan melalui Gambar 9.



Gambar 9. Grafik degradasi biokomposit kitosan, alginat, dan kolagen

Berdasarkan grafik di atas, dapat dijelaskan bahwa semakin banyak komposisi kitosan pada biokomposit maka semakin cepat waktu untuk terdegradasi. Peningkatan ini disebabkan oleh sifat gampang kehilangan ukuran serta bentuk yang dimiliki oleh kolagen dan kitosan, yang mengakibatkan degradasi yang cepat saat terpapar cairan tubuh atau media kultur sel. Hal ini terjadi karena tingginya sifat hidrolisis yang dimiliki oleh kitosan, alginat, dan kolagen, membuatnya lebih mudah larut dalam air (Peng dkk., 2016).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Hasil dari penelitian ini bisa ditarik kesimpulan meliputi: Penentuan perbandingan komposisi bahan yang tepat diperlukan agar mendapatkan ciri biokomposit yang optimal dalam menutup luka. Analisis FT-IR pada membran biokomposit dengan perbandingan Kitosan : Alginat : Kolagen mengidentifikasi keberadaan gugus alkil amine, senyawa alkana (C-H), ikatan NO₂, senyawa aldehida, keton, asam karboksilat, ester, atau ikatan (C=O), senyawa alkana (C-H), senyawa fenol, monomer alkohol, dan alkohol dengan ikatan hidrogen (O-H). Kitosan dan kolagen, yang sifatnya gampang kehilangan ukuran serta bentuk sebab sifat hidrofilitas tinggi, menyebabkan nilai degradasi meningkat seiring dengan peningkatan komposisi kitosan dan kolagen dalam penelitian ini. Uji swelling pada membran biokomposit dengan perbandingan Kitosan : Alginat : Kolagen pada variasi 1:0:1, 1:1:0, 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 menunjukkan nilai uji swelling masing-masing sebesar 474%, 236%, 243%, 236%, dan 146%.

PENELITIAN LANJUTAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat dikemukakan beberapa saran yaitu perlu diadakan suatu penelitian lanjutan dengan mengubah maupun menambah variabel penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhavan-Kharazian, N., & Izadi-Vasafi, H. (2019). Preparation and characterization of chitosan/gelatin/nanocrystalline cellulose/calcium peroxide films for potential wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 881-891. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.159>
- Ariadi Lusiana, R., Pratiwi Rusendi, D., Setiyo Widodo, D., Haris, A., Suseno, A., & Gunawan, G. (2019). Studi Sifat Fisikokimia Membran Kitosan Termodifikasi Heparin Dan Polietilen Glikol (Peg). *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 4(02), 1-13. <https://doi.org/10.23960/aec.v4.i2.2019.p01-13>
- Hamdani Saputra, M., Nuraeni, R., Fadilah Pazra, D., Studi Penyuluhan Peternakan dan Kesejahteraan Hewan, P., Bogor, P., & Studi Kesehatan Hewan, P. (2021). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur dan Tanaman Yodium (*Jatropha multifida* Linn) sebagai Salep Antiseptik Alami Utilization of Eggshell Waste and Yodium Leaves (*Jatropha multifida* Linn) as a Natural Antiseptic Ointment. 23-35. <http://jurnal.polbangtan-bogor.ac.id/index.php/jaa/article/view/471/511>
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (2015). Pengembangan Hidrogel Film..., Fena Retyo Titani, Fakultas Teknik Dan Sains UMP, 2019.
- Ii, B. A. B., Tipe, T., & Luka, P. (2017). 2. 1 Pembalut Luka Pembalut luka biasanya dipakai untuk mempercepat berbagai tahap penyembuhan luka dan dapat menciptakankondisi yang lebih baik untuk penyembuhan . Pembalut luka yang dipilih harus memiliki kriteria antara lain dapat mengatur kelembaban. 17-29.
- Istiqomah, N. (2012). Pembuatan Hidrogel Kitosan - Glutaraldehid Untuk Aplikasi Penutup Luka Secara In Vivo. Nur. Skripsi, 7-29.