

Sintesis dan Karakterisasi Bioselulosa–Kitosan Dengan Penambahan Gliserol Sebagai *Plasticizer*

Riesca Ayu Kusuma Wardhani, Djony Izak Rudyardjo, Adri Supardi
Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Email : riesca.wardhani@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian sintesis dan karakterisasi bioselulosa-kitosan dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* berfungsi untuk memperlemah kekakuan supaya bioselulosa kitosan terhindar dari keretakan dan bersifat lebih fleksibel. Sukrosa yang ditambahkan merupakan sumber glukosa, sedangkan urea yang ditambahkan merupakan sumber karbon. Penambahan kitosan berfungsi untuk mengaktifkan kinerja bioselulosa serta memperbaiki struktur permukaan. Hasil uji sifat mekanik (Tensile strength dan Elongation at break) pada bioselulosa-kitosan yang berbahan dasar bioselulosa dan kitosan dengan variasi penambahan gliserol 1 ml – 4 ml menunjukkan bahwa bioselulosa-kitosan-gliserol memiliki karakteristik yang memenuhi standar sifat mekanik kulit manusia. Bioselulosa-kitosan-gliserol terbaik ditunjukkan dengan penambahan komposisi gliserol sebesar 2 ml yang memiliki nilai ketebalan sebesar $126,6 \pm 6,7 \mu\text{m}$, kuat tarik sebesar $27,62 \pm 11 \text{ MPa}$, elongasi sebesar $37,08 \pm 0,99 \%$, struktur permukaannya yang rata, tidak terdapat gelembung, bersifat non toksik serta memiliki nilai ketahanan terhadap air sebesar $55,3 \pm 0,6 \%$. Penelitian tersebut menunjukkan penambahan komposisi gliserol yang paling efektif adalah 2 ml gliserol dalam 100 ml media nira siwalan.

Kata kunci : bioselulosa, kitosan, gliserol, *plasticizer*.

PENDAHULUAN

Setiap makhluk hidup secara biologis memiliki fungsi perlindungan tubuh terhadap infeksi penyakit luka, apabila terdapat luka salah satu metode untuk mengobatinya dapat ditutupi atau dirawat dengan menggunakan penutup luka yang telah dilapisi dengan bahan antimikroba. Penutup luka yang baik adalah kulit dari pasien tersebut yang bersifat permeabel terhadap uap dan melindungi jaringan tubuh bagian dalam terhadap cedera mekanis dan infeksi. Bioselulosa merupakan polimer alam yang bersifat sama seperti hidrogel yang tidak dijumpai pada selulosa alam. Sifat hidrogel dari bioselulosa memberikan daya serap yang lebih baik dan memberikan karakteristik yang

mirip seperti kulit manusia. Kemiripan sifat dengan kulit manusia dari bioselulosa penggunaannya dimanfaatkan serta terus dikembangkan dalam medis antara lain digunakan sebagai pengganti kulit sementara untuk merawat luka bakar serius (Ciechanska,D,2004). Pemanfaatan lainnya juga digunakan untuk menutup luka yang baik untuk pasien yang cedera mekanis maupun akibat infeksi. Pembentukan bioselulosa adalah dari hasil perubahan monosakarida pada media fermentasi menjadi bioselulosa oleh *Acetobacter-xylinum* dengan menggunakan media nira kelapa atau nira siwalan (Bergenia, 1982).

Dalam aplikasinya untuk keperluan medis penggunaan bioselulosa hanya dalam waktu sementara, disebabkan kekuatan serta sifat bioaktif yang masih rendah. Untuk memperbaiki serta meningkatkan sifat bioaktif dari bioselulosa perlu dilakukan perlakuan dengan menggabungkan bersama polisakarida aktif seperti kitosan, yang mana kitosan sendiri memiliki kegunaan yang cukup luas dalam medis (Goosen,M.F.A, 1997). Serat kitosan digunakan sebagai benang jahit dalam pembedahan yang dapat diserap oleh tubuh manusia, sebagai perban penutup luka dan sebagai carrier obat-obatan. Kitosan juga mempengaruhi proses pembekuan darah sehingga dapat digunakan sebagai haemostatik. Kitosan juga bersifat dapat didegradasi secara biologis, tidak beracun, nonimmunogenik dan cocok secara biologis dengan jaringan tubuh hewan (Phillips,and Williams,2000).

Untuk menghasilkan kualitas material bioselulosa kitosan yang baik tidak terlepas dari penggunaan zat pemlastis yang ditambahkan. Zat pemlastis adalah bahan organik yang ditambahkan ke dalam material bioselulosa kitosan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas polimer. Di mana salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai zat pemlastis adalah gliserol. Baik bioselulosa bakteri maupun kitosan memiliki gugus hidroksil sehingga bahan pemlastis yang mempunyai gugus hidroksil seperti gliserol yang diharapkan dapat berinteraksi dengan kedua bahan tersebut dapat menghasilkan suatu material yang lunak, ulet dan fleksibel.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian yang akan dilakukan adalah membuat material bioselulosa kitosan dengan bahan dasar bioselulosa dan kitosan dengan *plasticizer* gliserol. Bioselulosa dalam penelitian ini dapat dihasilkan dalam medium nira siwalan dengan penambahan sukrosa menggunakan *Acetobacter Xylinum* dengan penambahan urea. Kitosan yang digunakan berasal dari kepiting karena prosentase kitinnya yang tinggi daripada organisme yang lain. Sedangkan *plasticizer* yang digunakan adalah gliserol karena gliserol merupakan bahan yang murah, sumbernya

mudah diperoleh, dapat diperbaharui, ramah lingkungan karena mudah terdegradasi dalam alam dan juga pada konsentrasi 25% gliserol bekerja sebagai antiseptik. Sedangkan aplikasi sebagai material bioselulosa-kitosan-gliserol sangat ditentukan oleh karakteristik yang meliputi ketebalan, kekuatan tarik (*Tensile strength dan Elongation at break*), struktur permukaan, spektroskopi IR dan ketahanan terhadap air.

METODE PENELITIAN

Tahap Isolasi Kitin dari Cangkang Kepiting

a. Tahap Deproteinasi

Cangkang kepiting yang sudah dihaluskan dimasukkan ke dalam gelas beker dengan ditambahkan natrium hidroksida 3,5% dengan perbandingan 1:10 (w/v). Proses deproteinasi dilakukan selama ± 2 jam pada suhu 75 °C dengan pengadukan magnetik stirer. Kulit udang dicuci dengan menggunakan aquades hingga pH air cucian netral. Setelah itu dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C sampai kering. Dalam proses ini didapatkan crude kitin.

b. Tahap Demineralisasi

Crude kitin dimasukkan ke dalam gelas beker kemudian ditambahkan larutan HCl 2N dengan perbandingan antara crude kitin dengan larutan HCl 1:15% (w/v). Pada proses ini dilakukan dengan pengadukan menggunakan magnetik stirer selama 30 menit pada suhu kamar. Setelah itu crude kitin dicuci dengan aquades hingga pH air cucian netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C sampai kering. Dalam proses ini akan menghasilkan kitin.

Tahap Transformasi Kitin menjadi Kitosan

Proses ini dilakukan dengan cara memasukkan kitin ke dalam gelas beker, kemudian ditambahkan larutan NaOH 60% dengan perbandingan kitin dan larutan NaOH 1 : 10 (w/v). Campuran direbus dengan suhu 110°C selama 2 jam dengan pengadukan dengan magnetik stirer. Setelah itu menyaring campuran, kemudian mencucinya dengan aquades hingga didapatkan pH air cucian netral. Langkah selanjutnya adalah dengan mengeringkan di dalam oven dengan pada suhu 80°C sampai kering, sehingga diperoleh kitosan. Kitosan yang diperoleh, kemudian ditimbang dan dicatat.

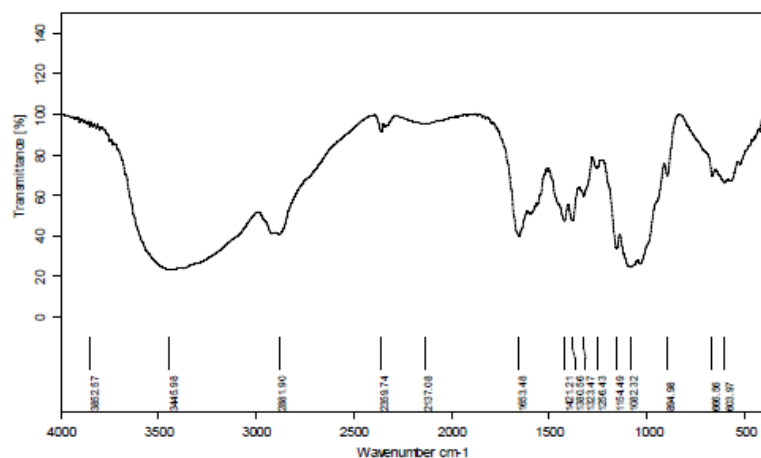
Pembuatan Bioselulosa

Sebanyak 100 ml air nira siwalan hasil penyaringan dituangkan ke dalam gelas beaker yang telah dilengkapi dengan pengaduk magnet, ditambah 10 gram gula pasir dan 0,5 gram urea, selanjutnya diaduk hingga larut. Campuran diasamkan dengan penambahan CH₃COOH 25% hingga pH = 4 dan ditambahkan 3 gram kitosan diaduk hingga larut kemudian ditambahkan 1 ml gliserol 25 % diaduk sambil dipanaskan hingga mendidih selama 15 menit. Selanjutnya dituangkan dalam keadaan panas ke dalam wadah fermentasi yang telah disterilkan dan ditutup. Dibiarkan hingga suhu kamar, lalu ditambahkan 20 ml media starter *Acetobacter xylium*. Difermentasi selama 8-14 hari pada suhu kamar sambil dilakukan pengamatan pembentukan pelikel, selanjutnya lapisan yang terbentuk dicuci dengan aquades kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 70 – 80 °C. Selanjutnya diulangi perlakuan yang sama dengan penambahan gliserol 25 %, masing-masing sebanyak 2 ml, 3 ml, dan 4 ml. Produk yang diperoleh dikarakterisasi secara spektroskopi FT- IR, uji ketebalan, uji morfologi, uji ketahanan terhadap air, lalu dilakukan uji tarik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pembuatan Kitosan

Dalam penelitian ini produk yang diperoleh dari 74,6753 gram cangkang kepiting didapatkan 19,6393 gram kitosan. Untuk mengetahui bahwa produk yang dihasilkan dari proses deasetilasi kitin tersebut adalah kitosan, maka dilakukan Uji Spektrokopi IR. Hasil IR diperoleh dalam bentuk spektrum yang menggambarkan besarnya nilai % transmitansi dan bilangan gelombang untuk kitosan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. di bawah ini.



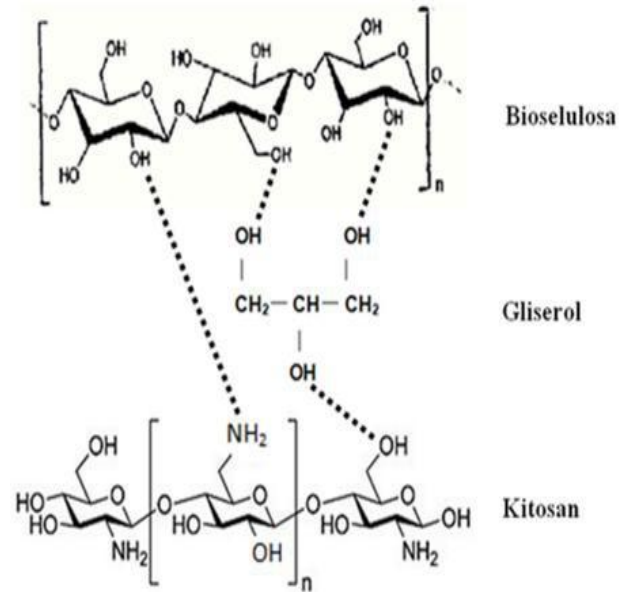
Gambar 1. Spektrum kitosan

Dari spektrum IR di atas terlihat tajam yang khas pada gugus karboksil amida pada daerah $1653,48\text{ cm}^{-1}$. Selain itu juga terdapat puncak pita serapan gugus hidroksil (-O-H) pada daerah $3445,98\text{ cm}^{-1}$. Perhitungan derajat deasetilasi menggunakan spektra IR ditentukan dengan absorbansi dari gugus amida dan OH.

Dari hasil penelitian berdasarkan analisis spektra IR dengan menggunakan metoda *base-line*, maka didapatkan nilai perhitungan untuk derajat deasetilasi dari kitosan dari cangkang sebesar 82,272%. Standar nilai untuk derajat deasetilasi kitosan adalah $DD > 70\%$. Derajat deasetilasi menentukan banyaknya gugus asetil yang telah dihilangkan selama proses transformasi dari kitin menjadi kitosan. Semakin besar derajat deasetilasi, maka kitosan akan semakin aktif karena semakin banyak gugus amina yang menggantikan gugus asetil, dimana gugus amina lebih reaktif bila dibandingkan dengan gugus asetil karena adanya pasangan elektron bebas pada atom nitrogen dalam struktur kitosan.

b. Pembuatan Bioselulosa

Selama fermentasi, kitosan yang ditambahkan ke dalam media akan membentuk bioselulosa- kitosan dimana terjadi interaksi antara bioselulosa dengan kitosan. Gugus NH_2 dari kitosan melalui ikatan hidrogen dan dipol-dipol berinteraksi dengan gugus -OH pada molekul bioselulosa-kitosan. Pada proses pembuatan bioselulosa-kitosan dilakukan variasi komposisi 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml gliserol 25%. Selama fermentasi, penambahan gliserol ini juga mengakibatkan terjadi interaksi antara gliserol dengan bioselulosa-kitosan melalui ikatan hidrogen dan ikatan dipol-dipol. Interaksi ini secara hipotesis digambarkan pada gambar di bawah ini.



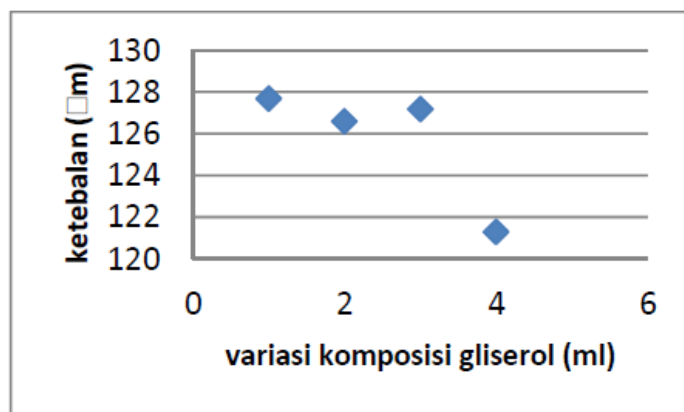
Gambar 2. Interaksi bioselulosa-kitosan dengan gliserol

c. Karakteristik Bioselulosa-Kitosan-Gliserol

□ **Hasil Pengukuran Tebal Bioselulosa- Kitosan-Gliserol**

Tabel 1. Data pengukuran tebal bioselulosa-kitosan- gliserol

Komposisi Gliserol (ml)	Ketebalan Bioselulosa-Kitosan Gliserol (μm)
1	127,7 □ 5,4
2	126,6 □ 6,7
3	127,2 □ 5,8
4	121,3 □ 1,3



Gambar 3. Pengaruh variasi komposisi gliserol terhadap ketebalan rata-rata bioselulosa-
kitosan-gliserol

Pada bioselulosa-kitosan gliserol dengan variasi penambahan gliserol 1 ml, 2 ml, 3 ml, dan 4 ml memberikan nilai ketebalan 127,7; 126,6; 127,2; dan 121,3 μm .

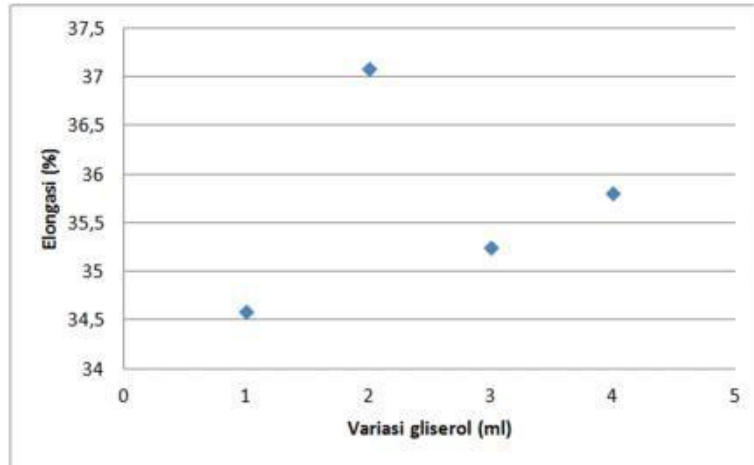
Hal diatas dapat dijelaskan bahwa nata pada dasarnya dapat dihasilkan dari cairan fermentasi yang mengandung gula sebagai sumber karbon, dimana gula ini disintesis oleh bakteri *Acetobacter Xylinum* menjadi nata. Dengan penambahan gliserol maka semakin banyak komposisi gliserol yang ditambahkan larutan akan semakin kental atau pekat. Media yang pekat akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme bakteri, akibatnya kerja bakteri tidak optimal dan kegiatan dari bakteri *Acetobacter Xylinum* dalam proses pembentukan bioselulosa-kitosan akan terhambat (Arviyanti & Yulimartani, 2008). Massa kitosan juga menyebabkan penghambatan kegiatan dari bakteri *Acetobacter Xylinum* dalam proses isomerisasi dari bioselulosa karena adanya reaksi pengikatan dari kitosan yang bereaksi dengan bioselulosa (Setiawan, 2011). Gliserol memiliki sifat hidrofilik yaitu mampu mengikat air, sehingga kandungan air dalam bahan meningkat dan kadar air yang dihasilkan menjadi tinggi. Menurut Dewi (2009) nilai kadar air yang tinggi disebabkan oleh kepekatan medium fermentasi yang ada sehingga pembentukan selulosa oleh bakteri terjadi secara lambat yang pada akhirnya menghasilkan nata dengan susunan selulosa yang lebih longgar karena banyak air yang terperangkap di dalamnya.

Berdasarkan penelitian ini ketebalan bioselulosa-kitosan gliserol menurun seiring dengan peningkatan penambahan komposisi gliserol. Pengukuran ketebalan bioselulosa-kitosan gliserol dapat digunakan sebagai indikator keseragaman dan kontrol kualitas bioselulosa-kitosan gliserol yaitu yang mempunyai ketebalan yang tipis tetapi tidak mudah sobek.

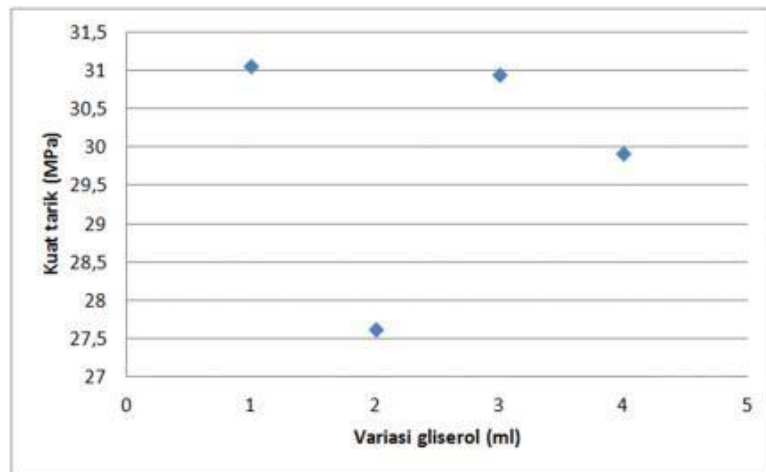
□ Hasil Uji Tarik dan Elongasi Bioselulosa-Kitosan-Gliserol

Tabel 2. Data pengukuran kuat tarik dan elongasi bioselulosa- kitosan-gliserol

Komposisi	□ (Mpa)	□ (%)
1	31,05 ± 12	34,58 ± 0,98
2	27,62 ± 11	37,08 ± 0,99
3	30,94 ± 12	35,25 ± 0,96
4	29,92 ± 12	35,80 ± 0,97



Gambar 4. Pengaruh variasi komposisi gliserol terhadap elongasi bioselulosa-kitosan



Gambar 5. Pengaruh variasi komposisi gliserol terhadap kuat tarik bioselulosa-kitosan-glisierol

Peningkatan elongasi bioselulosa-kitosan gliserol terjadi karena molekul pemlastis yaitu gliserol mempunyai gaya interaksi yang cukup kuat dengan polimer dalam bioselulosa-kitosan gliserol sehingga molekul pemlastis berdifusi kedalam rantai polimer. Dalam hal ini molekul pemlastis akan berada diantara rantai polimer (antara polimer bioselulosa dan kitosan) dan mempengaruhi mobilitas rantai yang dapat meningkatkan plastisasi sampai batas kompatibilitas (sifat yang menguntungkan ketika terjadi pencampuran polimer) rantai. Plastisasi adalah proses penambahan suatu zat cair atau padat agar meningkatkan sifat plastisitas suatu bahan, sedangkan zat yang ditambahkan disebut *plasticizer* atau pemlastis. Jika jumlah pemlastis melebihi batas ini, maka akan terjadi plastisasi berlebihan sehingga plastisasi tidak efisien lagi (Kurnia, 2010). Penambahan *plasticizer* gliserol lebih dari 2 ml menunjukkan hasil elongasi

cenderung menurun. Hal ini terjadi karena penambahan gliserol telah melewati batas sehingga molekul pemlastis yang berlebih berada pada fase tersendiri di luar fase bioselulosa dan kitosan. Keadaan tersebut menyebabkan penurunan gaya intermolekul antar rantai menurun. Dari analisa tersebut dapat diketahui bahwa penambahan gliserol yang paling efektif untuk meningkatkan elongasi adalah tidak lebih dari 2 ml.

Pada penambahan gliserol 2 ml terlihat bahwa nilai kuat tariknya sebesar 27,62 MPa lebih kecil dibandingkan dengan penambahan gliserol 1 ml, 3 ml, dan 4 ml. Hal ini disebabkan karena pada penambahan gliserol 2 ml sampel berada pada batas kompatibilitas. Selain itu hal tersebut terjadi karena sifat gliserol sebagai *plasticizer* adalah menurunkan kekakuan supaya lebih fleksibel sehingga kekuatan bioselulosa-kitosan gliserol juga menurun.

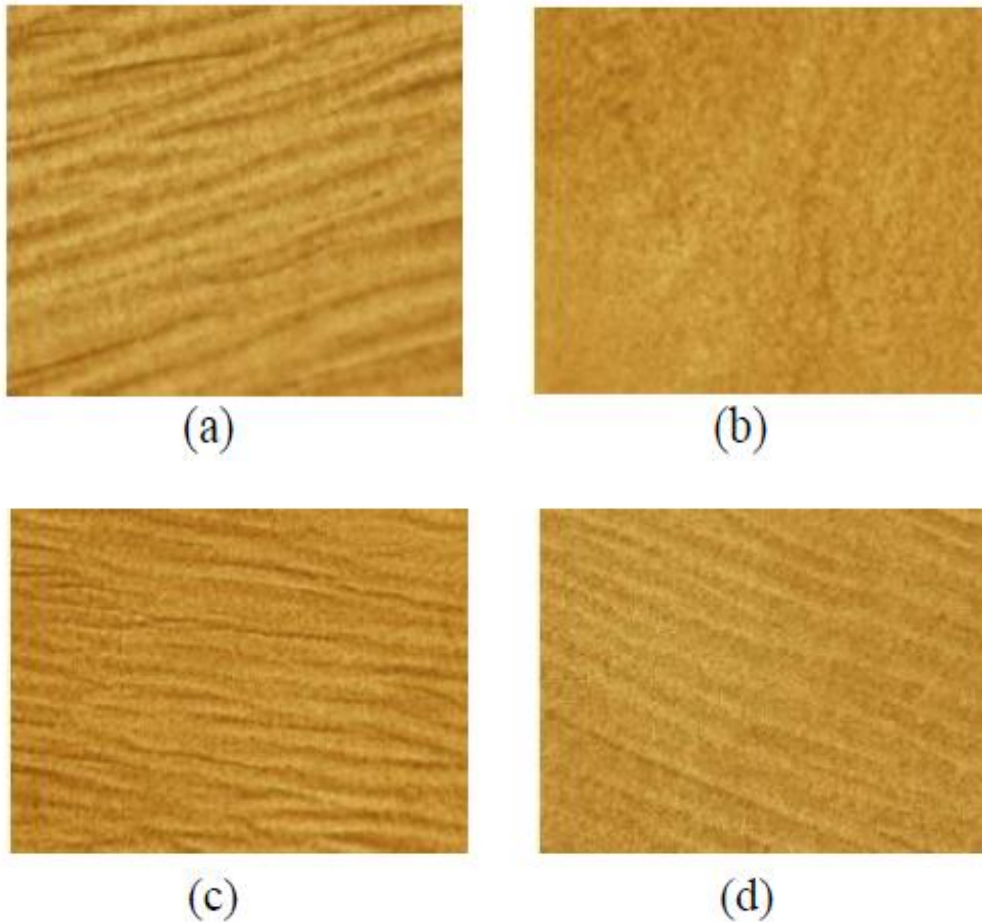
Tabel 3. Perbandingan standar karakteristik sifat mekanik kulit manusia

Author	Test type	UTS (MPa)	Failure strain (%)	Elastic modulus (MPa)	Initial slope (MPa)	Site ^a	Age
Jansen and Rottier (1958b)	In vitro tension	1-24	17-207	2.9-54.0	0.69-3.7	Ab	0-99
Dunn (1983)	In vitro tension	2-15		18.8	0.1	AB & T	47-86
Vogel (1987)	In vitro tension	5-32	30-115	15-150		V	0-90

Bioselulosa-kitosan gliserol dapat digunakan sebagai material medis jika memenuhi standar sifat mekanik tertentu. Berdasarkan pada tabel 3 pada penelitian Vogel (1987) material medis yang dihasilkan yaitu dengan nilai kuat tarik antara 5 MPa – 32 MPa, sedangkan elongasi antara 30 % -

115 %. Hasil uji sifat mebataskanik (*Tensile strength dan Elongation at break*) pada bioselulosa- kitosan yang berbahan dasar bioselulosa dan kitosan dengan variasi penambahan gliserol 1 ml – 4 ml pada tabel II menunjukkan sifat mekanik yang baik. Hal tersebut terbukti karena bioselulosa- kitosan gliserol yang dihasilkan memenuhi standar sifat mekanik yang ada pada kulit manusia.

□ **Hasil Uji Morfologi Bioselulosa-Kitosan- Gliserol**



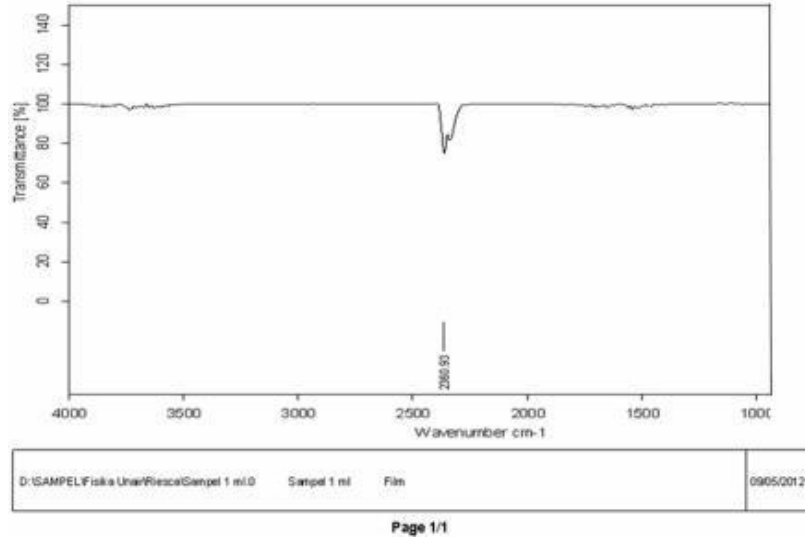
Gambar 6. Hasil uji mikroskop optik permukaan atas bioselulosa-kitosan dengan variasi komposisi gliserol (a) 1 ml, (b) 2 ml, (c) 3 ml, (d) 4 ml.

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa pada penampang atas bioselulosa-kitosan gliserol yang terdiri dari campuran bioselulosa dan kitosan dengan penambahan variasi komposisi gliserol 1 ml sampai 4 ml menunjukkan struktur permukaan yang tidak terlihat adanya sedikit gelembung dan tidak berongga. Bioselulosa-kitosan gliserol dengan penambahan gliserol 2 ml menunjukkan struktur permukaan yang halus, rata, dan tidak adanya kerutan bila dibandingkan dengan penambahan gliserol 1 ml, 3 ml, dan 4 ml.

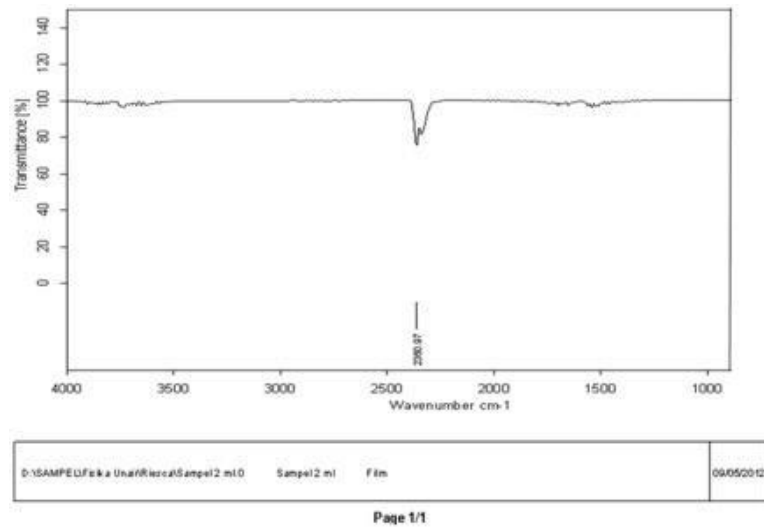
Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa *plasticizer* bekerja dengan cara melekatkan dirinya sendiri di antara rantai-rantai polimer. Terjadi hal lain ketika penambahan gliserol 1 ml, 3 ml, dan 4 ml yang menunjukkan pada penampang atas bioselulosa-kitosan gliserol terdapat gliserol yang kurang merata yang ditunjukkan dengan adanya kerutan-kerutan, padahal seharusnya gliserol berada di antara bioselulosa dan kitosan. Hal ini terjadi karena penambahan gliserol telah melewati

batas sehingga molekul pemlastis yang berlebih berada pada fase tersendiri di luar fase pati dan kitosan sehingga mengakibatkan gliserol pada bioselulosa-kitosan gliserol semakin terlihat kurang merata.

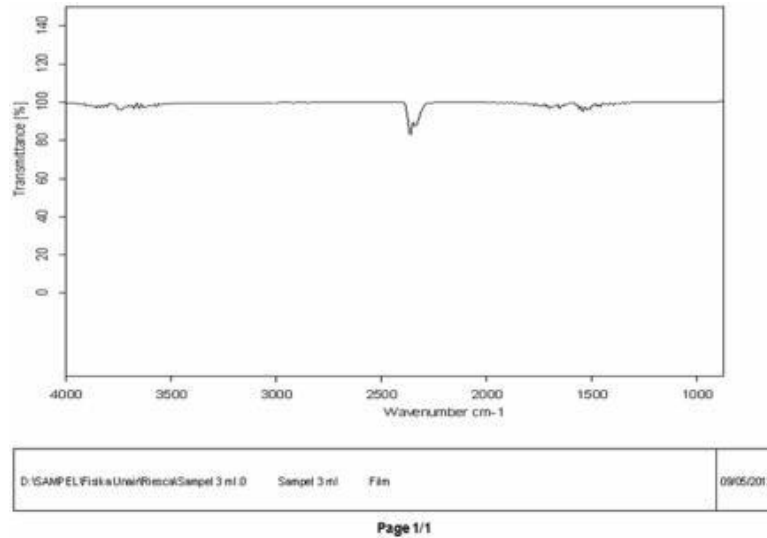
□ Hasil Uji Spektroskopi Bioselulosa-Kitosan- Gliserol



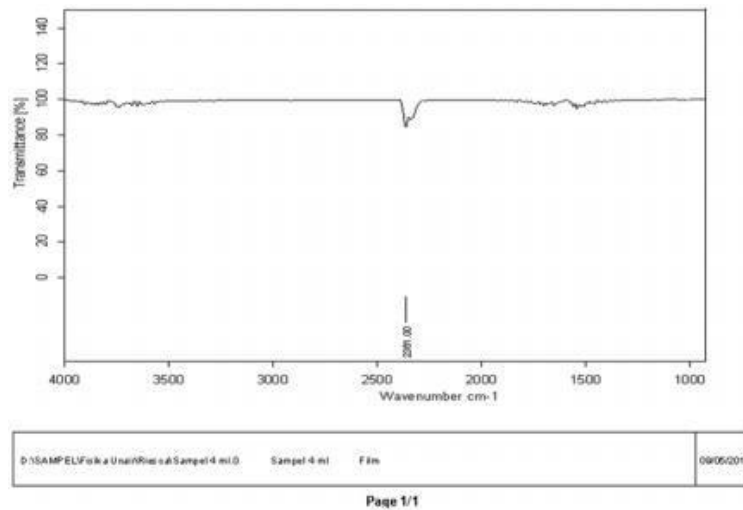
Gambar 7. Spektrum IR Bioselulosa-Kitosan dengan Gliserol 1 ml



Gambar 8. Spektrum IR Bioselulosa-Kitosan dengan Gliserol 2 ml



Gambar 9. Spektrum IR Bioselulosa-Kitosan dengan Gliserol 3 ml



Gambar 10. Spektrum IR Bioselulosa-Kitosan dengan Gliserol 4 ml

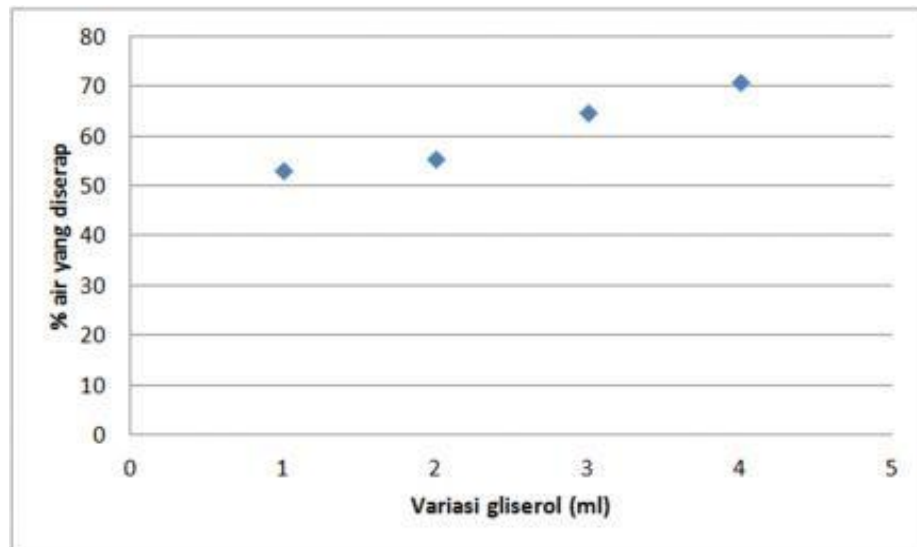
Analisis spektroskopi IR yang di dapat dari berbagai variasi komposisi gliserol dapat dilihat adanya interaksi antara bioselulosa-kitosan dengan gliserol. Hal ini terbukti adanya perubahan serapan yang terjadi pada *numberwave* 3500 cm^{-1} sampai 1580 cm^{-1} dengan serapan yang berbeda-beda. Dari gambar diatas, dapat dilihat adanya serapan terletak pada bilangan gelombang 3500 cm^{-1} , walaupun serapan itu kecil. Pada gambar menunjukkan bahwa bioselulosa-kitosan gliserol memiliki banyak gugus OH. Pada bilangan gelombang 1730 cm^{-1} - 1580 cm^{-1} terdapat gugus fungsi NH_2 , hal ini menunjukkan adanya interaksi antara bioselulosa gliserol bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk akibat dari pencampuran antara bioselulosa-kitosan dengan gliserol. Namun jika dilihat dari panjang gelombang yang

terbaca belum ada gugus fungsi baru yang terbentuk. Hal tersebut berarti bioselulosa-kitosan gliserol yang dihasilkan merupakan proses *blending* secara fisika karena tidak ditemukannya gugus fungsi baru sehingga *film* memiliki sifat seperti komponen-komponen penyusunnya.

□ Hasil Uji Ketahanan Terhadap Air Bioselulosa-Kitosan-Gliserol

Tabel 4. Data pengukuran ketahanan terhadap air bioselulosa- kitosan-gliserol

Variasi gliserol	Massa awal	Massa akhir	Penyerapan (%)
			53,2 ± 0,6
2	0,0438	0,0680	55,3 ± 0,6
3	0,0437	0,0720	64,8 ± 0,6
			70,7 ± 0,8



Gambar 11. Pengaruh variasi komposisi gliserol terhadap % air yang diserap bioselulosa-kitosan-gliserol

Dari data gambar di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan komposisi gliserol semakin besar penyerapan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik sehingga mempunyai kemampuan mengikat air. Peningkatan konsentrasi gliserol mengakibatkan air yang tertahan dalam matriks bioselulosa-kitosan gliserol semakin meningkat.

Menurut Ciechanska (2004) bioselulosa menunjukkan kandungan air yang tinggi (98–99%) dan daya serap cairan yang baik. Karena sifat bioselulosa memiliki daya serap yang baik terhadap cairan dan keberadaan gugus-gugus hidrofilik dalam matriks

bioselulosa-kitosan gliserol menyebabkan air terikat, *film* jadi mudah mengembang dan banyak menyerap air sehingga penyerapan air pada bioselulosa-kitosan gliserol akan cenderung tinggi. Hal ini sesuai sifat yang dapat bekerja efisien dan kompatibel. Hal tersebut didukung dengan hasil uji morfologi yang menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan gliserol pada komposisi lebih dari 2 ml maka semakin banyak gliserol yang tidak merata berada di atas bioselulosa dan kitosan karena tidak berada diantara bioselulosa dan kitosan sehingga memudahkan bioselulosa-kitosan gliserol untuk menyerap air.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, pengamatan, serta hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan gliserol mempengaruhi karakteristik sifat mekanik dan sifat fisis bioselulosa-kitosan- gliserol, dimana struktur penampangnya semakin halus, tipis, dan fleksibel. Selain itu penambahan gliserol membuat kekuatan bioselulosa-kitosan-gliserol cenderung menurun, elongasinya cenderung naik dan ketahanan terhadap air semakin menurun.
2. Komposit bioselulosa-kitosan-gliserol dapat dimanfaatkan sebagai salah satu keperluan pengobatan dalam bidang medis karena memenuhi standar sifat mekanik tertentu. Karakteristik bioselulosa-kitosan-gliserol yang terbaik diberikan pada penambahan gliserol 2 ml, dimana nilai ketebalannya adalah $126,6 \pm 6,7 \mu\text{m}$, kuat tarik sebesar $28 \pm 11 \text{ MPa}$, elongasinya sebesar $37,08 \pm 0,99 \%$, air yang diserap $55,3 \pm 0,6 \%$, struktur permukaannya halus, rata, tidak adanya kerutan dan tidak terdapat gelembung.

DAFTAR PUSTAKA

Annaidh, A.N, et al, 2011, *Characterization of The*

Anisotropic Mechanical Properties of Excised Human Skin, Journal of The Mechanical Behavior of Biomedical Materials, University College Dublind, Ireland: Elsevier Science Ltd.

Arviyanti, E., & Yulimartani, N., 2008, *Pengaruh Penambahan Air Limbah Tapioka Pada Proses Pembuatan Nata*, Program Studi Teknik Kimia FT, UNDIP, Semarang.

- Bergenia H.A., 1982, *Reverse osmosis of coconut water through cellulose acetate membrane*, Proceedings of the second ASEAN workshop Membrane Technology.
- Ciechanska, D., 2004, *Multifunctional Bacterial Cellulose/Chitosan Composite Materials for Medical Application*, Fiber & Textiles in Eastern Europe volume 12 No.4(48):p. 69- 72, Institute of Chemical Fiber, Poland.
- Dewi, Saraswati, 2009, *Pengaruh Jenis Gula dan Milko Ditinjau dari Serat Kasar, Rendemen dan Kadar air*, Skripsi, Program Studi Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan, UNIBRAW, Malang.
- Goosen, M.FA, 1997, *application of Chitin and Chitosan*, Technology Publishing Co. Inc, Lancaster.
- Kurnia, W.A., 2010, *Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Komposit dari Bahan Dasar Kitosan, Pati dan Asam Laurat*, Skripsi, Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UNAIR, Surabaya.
- Phillips, G.O. and Williams, P.A., 2000, *Handbook of Hydrocolloid*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Setiawan, Agus, 2011, *Sintesis dan Karakterisasi Bioselulosa-Kitosan Serta Pemanfaatannya Dalam Bidang Medis*, Skripsi, Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UNAIR, Surabaya.