

PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SELULOSA BAKTERIAL – RUMPUT LAUT (*Eucheuma cottonii*) UNTUK APLIKASI BIOMEDIS

Febbi Rahmayuni*¹, Edi Nasra*², Ananda Putra*³

Chemistry Department State University Of Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Indonesia

¹fhebbby08@gmail.com, ³a_putra27@yahoo.com

Abstract — Composite bacterial cellulose - seaweed (BC-SW) was prepared by immersing the bacterial cellulose (BC) in seaweed extract (SW) for 1,2,3, and 4 days. Has researched the effect of immersion time on the physical and mechanical properties of the composite, the result showed that longer of immersion time decreases the water content, the higher the compressive strength, tensile strength and elasticity BC-SW composite. From the research done, the content of BC reached 99.156% while for BC-SW composite decreased water content of up to 98.585%. In the compressive strength test, the compressive strength of BC is 0.292 MPa, while the BC-SW composite the compressive strength increased 2 times to 8 times stronger than BC. The value of physical and mechanical properties have not been suitable with the standards for the manufacture of cartilage. Analysis of the structure of KSB-RL was observed using FTIR and XRD. Results of FTIR spectra showed no new functional groups but only experienced a slight shift in the vibrational wave numbers.

Keywords : *bacterial cellulose, seaweed extract, composite, UV light.*

Abstrak - Komposit selulosa bakterial – rumput laut (KSB-RL) dibuat dengan merendam selulosa bakterial (SB) didalam ekstrak rumput laut (RL) selama 1,2,3, dan 4 hari. Telah diteliti efek waktu perendaman terhadap sifat fisik dan mekanik komposit, dari hasil penelitian didapatkan bahwa semakin lama waktu perendaman semakin menurun kandungan air, semakin tinggi nilai kuat tekan, kuat tarik dan elastisitas KSB-RL. Dari penelitian yang dilakukan, kandungan SB mencapai 99.156% sedangkan untuk KSB-RL kandungan air menurun hingga 98.585%. Pada uji kuat tekan, nilai kuat tekan yang dihasilkan SB adalah 0.292 MPa, sedangkan pada KSB-RL nilai kuat tekan meningkat 2 kali hingga 8 kali lebih kuat dibandingkan SB. Nilai sifat fisik dan mekanik ini belum memenuhi standar untuk pembuatan tulang rawan. Analisa struktur KSB-RL diamati dengan menggunakan FTIR dan XRD. Hasil spektra FTIR tidak menunjukkan ada gugus fungsi baru hanya saja mengalami sedikit pergeseran vibrasi bilangan gelombang.

Kata Kunci : *selulosa bakterial, ekstrak rumput laut, komposit, sinar UV*

I. PENDAHULUAN

Selulosa bakterial adalah salah satu bentuk dari selulosa ekstra selular yang diproduksi oleh bakteri dari genus *Acetobacter* seperti *Acetobacter xylinum* (*A.xylinum*) dan terdiri dari suatu jaringan serat hidrofilik yang sangat murni yang bertumpuk dalam

struktur yang bertingkat-tingkat [1]. Selulosa bakterial memiliki beberapa sifat fisik unik antara lain memiliki kemurnian, kristalinitas, kekuatan mekanik, dan porositas tinggi dan mudah terurai. Selulosa bakterial juga mempunyai daya serap air yang baik, tidak menimbulkan alergi dan tidak menimbulkan iritasi [2].

Berdasarkan sifat unik inilah SB dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang medis yaitu pada bidang farmasi dan prostetik seperti lensa kontak, penutup luka sintesis, sistem pengiriman obat, hingga organ dan pergantian jaringan [1]. Pemanfaatan SB dalam bidang biomedis sebagai pergantian jaringan salah satunya yaitu pengganti jaringan lunak di tubuh, contohnya yaitu penghubung tulang dengan tulang (ligamen), penghubung otot dengan tulang (tendon) dan tulang rawan (*cartilage*).

Salah satu kendala dalam pemanfaatan SB dalam bidang biomedis yaitu rendahnya sifat elastisitas dari SB. Walaupun SB memiliki kekuatan tarik yang tinggi sepanjang arah lapisan serat, tetapi nilai modulus tekannya rendah. Apabila SB diberi tekanan kecil seperti ditekan dengan menggunakan jari, air dengan mudah keluar dari dalam gel dan gel tidak dapat kembali ke bentuk semula [3].

Berdasarkan kekurangan dari SB tersebut maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk meningkatkan sifat elastisitas dari SB. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperoleh SB dengan elastisitas yang tinggi yaitu dengan menggabungkan SB dengan bahan lain membentuk suatu material baru berupa komposit. Komposit merupakan penggabungan dari dua material atau lebih yang secara fisik dan secara mekanik dapat dipisahkan antara satu dengan yang lainnya. Material penyusun akan menentukan sifat akhir dari komposit [4].

Pada penelitian yang telah dilakukan, peneliti melakukan modifikasi yaitu dengan menggabungkan SB dan rumput laut (*Eucheuma cottonii*). Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* termasuk dalam golongan *Rhodophyceae* (alga merah) yang cukup potensial dan banyak ditemukan di perairan Indonesia. Rumput laut ini merupakan salah satu penghasil karagenan yang kadarnya dapat mencapai 61.59%. Karagenan merupakan suatu polisakarida rantai lurus yang tersusun dari sejumlah galaktosa dan anhidrogalaktosa [5].

Karagenan dapat dimanfaatkan dalam berbagai kegunaan seperti sebagai penstabil, pengental, pembentuk gel, dan pengemulsi yang memiliki nilai jual tinggi. Dalam dunia industri dan perdagangan pun karagenan banyak digunakan yaitu sebagai bahan baku untuk industri makanan, farmasi, kosmetik, bioteknologi dan non pangan [6]. Akan tetapi, gel RL akan mudah pecah apabila diberi tekanan dari luar.

Berdasarkan kekurangan dari SB dan RL, maka dilakukan suatu penelitian yaitu penggabungan kedua material tersebut untuk membentuk suatu komposit yang memiliki sifat yang lebih baik dari sifat SB dan

RL. KSB-RL yang terbentuk diharapkan dapat diaplikasikan dalam dunia medis.

II. METODE

A. Alat dan Bahan.

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas (pyrex), wadah *stainless steel*, wadah plastik, alat pencampur (*blender*), cawan penguap, plastik, setrika (sanyo), neraca analitis (KERN ABS 220-4 *Analytical Balance*), oven (Mettler Model 300), penyaring, termometer, pH meter (Seven Easy S20 METTLER-TOLEDO), FTIR (PerkinElmer Frontier Optica), dan *Compressive tester* (Tony Technik Compressive Test Bauform model 2020).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah air kelapa dari pedagang santan di kawasan pasar alai, kota padang, CO(NH₂)₂ dari PT. Pupuk Sriwijaya, C₁₂H₂₂O₁₁, CH₃COOH 25% dari PT. Brataco Chemical, *starter* bakteri *A.xylinum* diperoleh dari Laboratorium Biokimia FMIPA UNP dan Laboratorium Teknologi Pertanian UNAND, aquades, dan rumput laut.

B. Preparasi SB

Sebanyak 4 Liter limbah air kelapa yang telah disaring dimasukkan kedalam wadah *stainless steel* berkapasitas 5 L, kemudian dipanaskan dan ditambahkan 400 g C₁₂H₂₂O₁₁, 40 g CO(NH₂)₂ dan diaduk hingga larut. Kemudian campuran diasamkan dengan penambahan CH₃COOH 25% hingga mencapai pH 4-4.5 (± 80 mL), dan selanjutnya dipanaskan hingga mendidih. Dalam keadaan panas, 600 mL campuran dituangkan kedalam wadah fermentasi yang telah disterilkan dan ditutup menggunakan kertas berpori (kertas koran) yang steril. Campuran didinginkan hingga mencapai suhu $\pm 28^{\circ}\text{C}$ (suhu kamar). Kemudian secara aseptik ditambahkan 10% v/v (60 mL) *starter* bakteri *A.xylinum* dan difermentasi sampai terbentuk SB dengan ketebalan ± 1 cm.

C. Pencucian dan Pemurnian SB

SB yang dihasilkan dicuci dengan air mengalir selama ± 24 jam, kemudian SB direndam dalam larutan NaOH 2% (w/v) selama ± 24 jam untuk menghilangkan pengotor dan sisa-sisa bakteri. SB selanjutnya dicuci kembali dengan menggunakan air mengalir selama ± 24 jam untuk selanjutnya disimpan dalam wadah berisi air dan siap untuk digunakan.

KSB-RL yang dihasilkan dikeluarkan dari plastik dan sisi-sisi permukaannya dikeringkan dengan menggunakan tisu. Sampel KSB-RL inilah yang digunakan untuk karakterisasi.

D. Preparasi RL

RL dipotong-potong, ditimbang dan diblender dengan penambahan air. Pemplenderan ini dilakukan dengan rasio perbandingan antara RL dan aquades sebesar 1:15. Kemudian RL yang telah diblender disaring dan filtrat yang dihasilkan digunakan sebagai *filler*.

E. Preparasi KSB-RL

SB dipotong-potong dengan ukuran 2x2x1 cm dan 15x2x1 cm dan dimasukkan ke dalam plastik. Kemudian ditambahkan 200 ml ekstrak RL dan diletakkan diatas *shaker*. Perendaman SB dalam ekstrak RL dilakukan dengan variasi waktu perendaman yaitu 1,2,3 dan 4 hari.

F. Karakterisasi KSB-RL

1. Pengujian Sifat Fisik (*Water Content*) KSB-RL

Untuk menentukan kandungan air KSB-RL, KSB-RL yang berukuran 2x2x1 cm ditimbang beratnya menggunakan neraca analitis (W_k), selanjutnya diletakkan diatas kain *non woven*, dipipihkan menggunakan kaca dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C. Pengujian kandungan air SB juga dilakukan dengan cara yang sama. Timbang kembali berat komposit kering setelah dioven (W_d) sampai beratnya konstan.. Persentase kandungan air dapat dihitung menggunakan rumus :

$$W_c (\%) = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100$$

dimana, W_c = kandungan air (%), W_w = berat basah (g) dan W_d = berat kering (g).

2. Pengujian Sifat Mekanik (Kuat Tekan) KSB-RL

Sampel KSB-RL berukuran 2x2x1 cm diletakkan diatas blok beton berukuran 4x4x4 cm yang berfungsi sebagai penyangga. Sampel KSB-RL dan blok beton ditempatkan didalam ruang uji alat *Tony Technik Compressive Tester* dan kemudian alat dioperasikan. Saat proses penekanan berlangsung, sampel KSB-RL diamati hingga sampel pipih. Pada monitor besarnya gaya tekan yang dibutuhkan untuk memipihkan sampel akan terlihat ketika alat penekan mulai menekan permukaan blok beton penyangga sehingga terjadi kenaikan besar gaya tekan yang drastis dan pada saat terjadi kenaikan inilah proses penekanan dihentikan. besarnya gaya tekan yang terlihat sebelum terjadi kenaikan dihitung sebagai nilai gaya tekan sampel KSB-RL. Untuk mendapatkan besarnya nilai kuat tekan dari sampel KSB-RL digunakan rumus :

$$P = \frac{F}{A}$$

dimana, P = Kuat Tekan (Pa), F = Gaya Tekan (N) , dan A = Luas Penampang benda uji (m^2).

3. Pengujian Struktur (Gugus Fungsi) KSB-RL

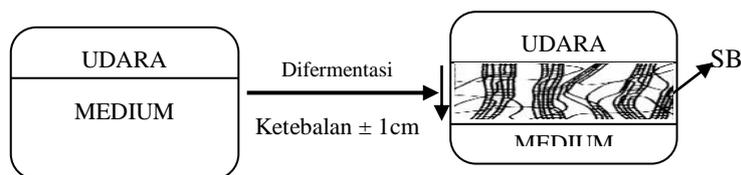
Pengujian dimulai dengan membersihkan *sample holder* alat FTIR menggunakan C_2H_5OH . Selanjutnya pada program di layar monitor masukkan nama sampel yang akan dianalisa. Kemudian pada program kosongkan pilihan "*back ground*". Kemudian sampel KSB-RL berukuran 2x2x1 yang telah dikeringkan dengan menggunakan oven diletakkan diatas *sample holder*, dan pilih menu *scan* untuk melihat *preview* dari sampel KSB-RL. Kemudian *Force Gauge* pada lengan ayundiatu dengan kekuatan antara 90-100 (untuk sampel padat), kemudian sampel di pindai untuk memperoleh spektrum hasil pengujian. Setelah selesai pilih menu "*label*" untuk menambahkan data panjang gelombang pada setiap puncak yang terdapat pada spektrum. Spektrum inilah yang dianalisa untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat pada KSB-RL

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi SB

Proses pembuatan SB ini memerlukan pemanasan, yang bertujuan untuk mensterilkan campuran yang dapat mengganggu proses fermentasi. Selain itu, wadah yang berisi media harus diletakkan pada tempat yang terhidar dari goyangan. Goyangan yang terjadi pada wadah akan mengakibatkan terbentuknya lapisan baru yang tidak terikat satu sama lainnya sehingga gel yang dihasilkan akan terbentuk secara terpisah (berlapis-lapis). Untuk memasukkan starter pada media, harus dilakukan secara aseptik agar tidak terjadi kontaminasi.

Pada proses fermentasi, bakteri *A.xylinum* menghasilkan serat-serat selulosa pada bagian permukaan cairan media yang lama-kelamaan akan membentuk suatu lapisan tebal hingga menuju ke lapisan bawah cairan media. Ilustrasi pertumbuhan SB dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Pertumbuhan SB

B. Pencucian dan Pemurnian SB

Setelah terbentuk SB yang berwarna putih kekuningan dengan ketebalan ± 1 cm, SB dicuci dan direndam dengan air mengalir untuk menghilangkan bau, pengotor dan bakteri-bakteri yang masih terdapat

dalam SB. Kemudian pemurnian SB dilakukan dengan perendaman menggunakan larutan NaOH 2%. Berdasarkan Widyaningsih & Hartiwi (2008), penggunaan larutan NaOH 2% dapat menghasilkan sifat mekanik yang baik.

Proses perendaman NaOH bertujuan untuk menghilangkan komponen-komponen non-selulosa dan sisa bakteri yang masih terdapat di dalam SB. Komponen non-selulosa dapat menghalangi ikatan hidrogen yang terjadi antar rantai molekul selulosa mengakibatkan menurunnya kekuatan mekanik selulosa. Sisa bakteri yang masih ada juga dapat menurunkan kekuatan mekanik karena bakteri ini masih dapat beraktivitas dengan menggunakan nutrisi yang ada pada SB. Akibatnya, membran SB yang dihasilkan menjadi rapuh dan berlubang [7]. Proses pencucian dan pemurnian SB dapat menyebabkan terjadinya pengikisan pada lapisan bawah sehingga ketebalan SB berkurang.

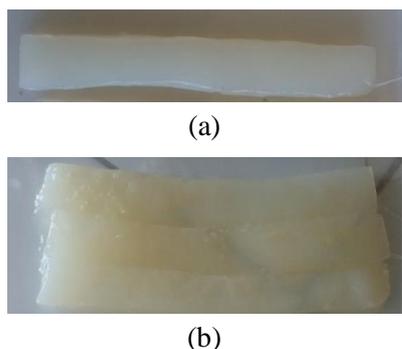
C. Preparasi Ekstrak RL

RL diblender dengan menggunakan air dengan perbandingan 1:15 dan menghasilkan ekstrak encer yang diperkirakan dapat masuk ke dalam SB. Preparasinya dilakukan dengan memblender 50 gram RL dalam 750 ml air dan kemudian dilakukan penyaringan sehingga didapatkan filtrat ekstrak RL berwarna krem yang digunakan sebagai *filler*.

D. Preparasi KSB-RL

Preparasi KSB-RL bertujuan untuk membuat suatu material baru yang memiliki sifat yang lebih baik dari SB dan RL. Preparasi KSB-RL dilakukan dengan merendam SB dalam ekstrak RL dengan variasi waktu perendaman 1,2,3 dan 4 hari diaduk dengan menggunakan *shaker*.

Hasil dari perendaman SB dalam ekstrak RL ini tidak menimbulkan perubahan warna pada KSB-RL (masih seperti SB), tetapi ekstrak dari RL menempel pada permukaan KSB-RL, seperti terlihat pada Gambar 2.

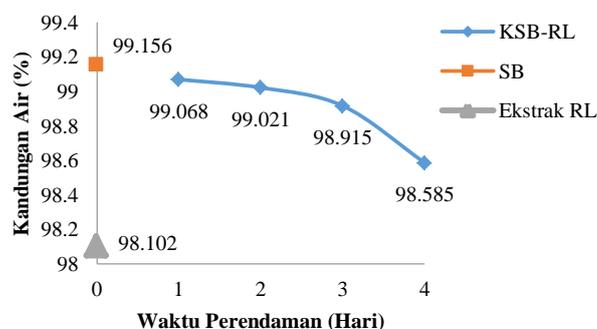


Gambar 2. (a) SB dan (b) KSB-RL

E. Karakterisasi KSB-RL

1. Pengujian Sifat Fisik (*Water Content*) KSB-RL

Penentuan kandungan air ini bertujuan untuk melihat berapa banyak ekstrak RL yang masuk ke dalam SB menggantikan air sewaktu perendaman. Pengukuran kandungan ekstrak RL juga dilakukan, dengan tujuan untuk menentukan banyaknya RL yang dihasilkan dari ekstrak RL yang digunakan. Pengaruh waktu perendaman terhadap kandungan air dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Perendaman terhadap Kandungan Air KSB-RL

Berdasarkan penelitian Ciechanska (2004), SB memiliki kandungan air yang tinggi (98-99%). Gambar 3 menunjukkan bahwa kandungan air yang didapatkan adalah sebesar 99.156 %, hal ini membuktikan bahwa SB memiliki kandungan air yang tinggi. Sedangkan jumlah kandungan air didalam ekstrak RL yaitu sebesar 98.102 %.

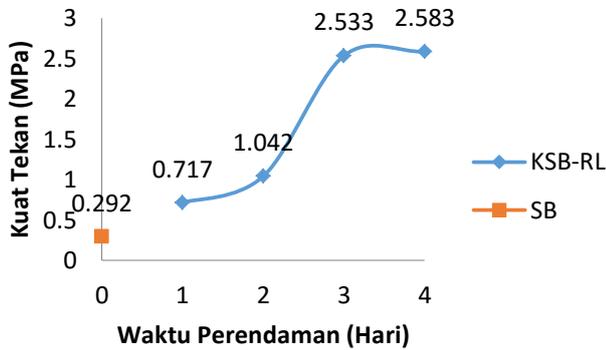
Pengaruh waktu perendaman terhadap kandungan air KSB-RL menunjukkan penurunan kandungan air pada hari ke-1 hingga hari ke-4 dari kandungan air SB. Berdasarkan hasil yang didapatkan semakin lama waktu perendaman maka semakin banyak ekstrak RL yang masuk ke dalam SB menggantikan air. Hal ini ditunjukkan dengan semakin lama waktu perendaman maka semakin berkurang kadar airnya.

Berdasarkan hasil diatas dapat disimpulkan bahwa, pada proses perendaman SB (*matrix*) dalam ekstrak RL (*filler*) terjadi proses absorpsi fisika karena *filler* masuk menggantikan air yang ada di dalam *matrix* tetapi hal ini tidak mengakibatkan terbentuknya zat baru. Hal ini ditandai dengan terjadinya penurunan kandungan air KSB-RL dari SB.

2. Pengujian Sifat Mekanik KSB-RL

a. Uji Kuat Tekan

Pengukuran kuat tekan merupakan pengukuran kapasitas suatu material atau struktur untuk tahan terhadap beban atau tekanan yang cenderung merubah bentuk atau ukurannya. Pengukuran kuat tekan ini merupakan suatu parameter yang penting dalam mendesain atau membuat sebuah struktur material [8].



Gambar 4. Pengaruh Waktu Perendaman terhadap Kuat Tekan KSB-RL

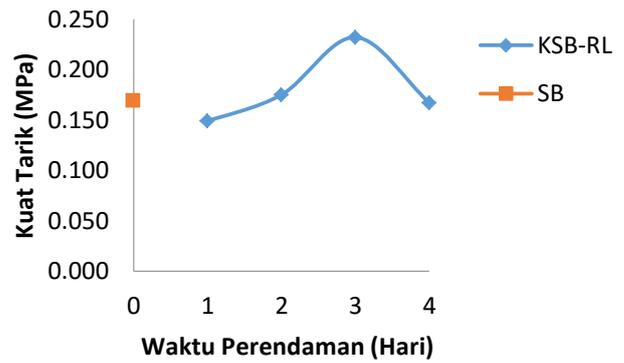
Pengaruh waktu perendaman terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa kuat tekan SB yang dihasilkan adalah sebesar 0.292 MPa. KSB-RL yang memiliki nilai kuat tekan 2 kali hingga 8 kali lebih kuat dibandingkan dengan SB. Akan tetapi, hasil yang didapatkan belum sesuai dengan standar kuat tekan tulang rawan yaitu 14-59 MPa [9].

Berdasarkan penelitian Nakayama et al., (2004) besarnya nilai kuat tekan yang dihasilkan dari komposit SB-Gelatin adalah 3.7 MPa. Nilai kuat tekan komposit SB-Gelatin ini lebih tinggi dari nilai kuat tekan KSB-RL yang dihasilkan.

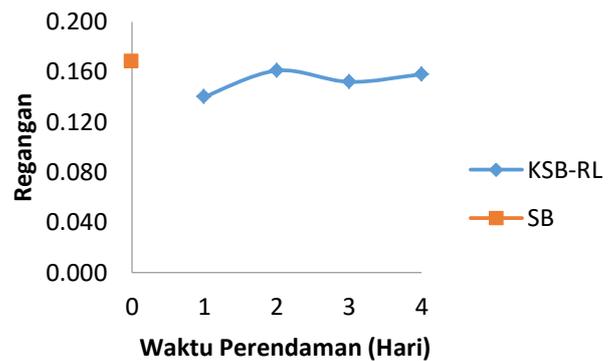
Semakin lama waktu perendaman yang dilakukan maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan semakin banyak ekstrak RL yang masuk kedalam *matrix* SB sehingga KSB-RL semakin keras yang dapat dibuktikan dengan menurunnya jumlah kandungan air KSB-RL pada Gambar 3.

b. Uji Kuat Tarik

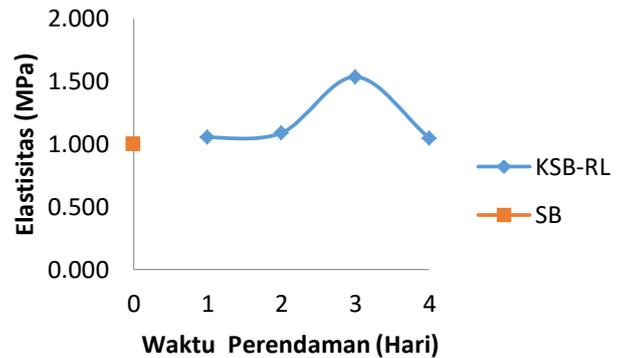
Kuat tarik merupakan salah satu sifat mekanis untuk mengukur kekuatan suatu material. Kuat tarik KSB-RL adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh KSB-RL selama pengukuran berlangsung sampai KSB-RL terputus, sehingga kuat tarik dari suatu KSB-RL sangat berpengaruh terhadap kualitas dari KSB-RL tersebut. Semakin tinggi kuat tarik suatu material maka kualitas material semakin baik kualitas [10].



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Pengaruh Waktu Perendaman terhadap (a) Kuat Tarik, (b) Regangan, dan (c) Elastisitas KSB-RL

Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa perendaman SB dalam ekstrak RL mempengaruhi kuat tarik, regangan dan elastisitas KSB-RL. Kuat tarik atau tegangan didefinisikan sebagai perubahan gaya terhadap luas penampang daerah yang dikenai gaya tersebut. Gaya yang bekerja pada benda menyebabkan terjadinya perubahan ukuran benda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa KSB-RL dapat meningkatkan kuat tarik pada hari ke-2 sampai hari ke-4 dari kuat tarik SB. Nilai kuat

tarik KSB-RL optimum yang dihasilkan yaitu pada waktu perendaman selama 3 hari.

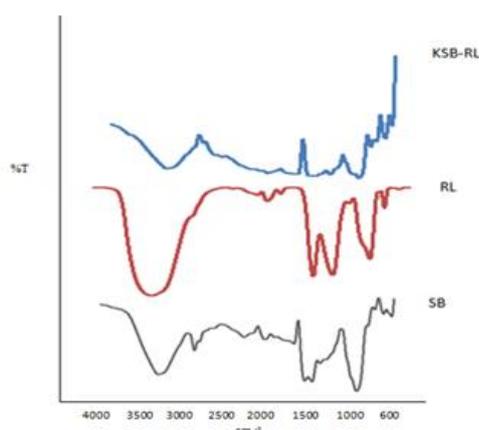
Regangan didefinisikan sebagai perbandingan perubahan panjang benda terhadap panjang mula-mula akibat suatu gaya dengan arah sejajar perubahan panjang tersebut. Regangan ini berbanding terbalik dengan nilai elastisitas suatu material. Secara keseluruhan, hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa waktu perendaman dapat menurunkan regangan KSB-RL.

Berdasarkan perbandingan nilai kuat tarik dengan regangan KSB-RL, maka didapatkan nilai elastisitas KSB-RL. Perendaman SB dalam ekstrak RL dapat meningkatkan sifat elastisitas dari KSB-RL karena perendaman ini menurunkan regangan KSB-RL. Dapat diketahui bahwa SB memiliki nilai elastisitas sebesar 0.997 MPa, sedangkan KSB-RL yang terbentuk dengan perendaman selama 3 hari memiliki nilai elastisitas 1.535 MPa.

3. Pengujian Struktur KSB-RL

a. Analisa Gugus Fungsi

Sampel yang digunakan dalam analisa gugus fungsi adalah KSB-RL pada perendaman hari ke-4. Hasil spektrum FTIR kemudian dianalisis secara kualitatif untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat didalam setiap material. KSB-RL yang digunakan dalam pengujian gugus fungsi ini adalah KSB-RL pada perendaman hari ke-4. Spektrum FTIR yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Spektrum FTIR

Puncak karakteristik selulosa ditampilkan dalam interval bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan Yue, Han, & Wu (2013) dan Gayathry & Gopalaswamy (2014), puncak karakteristik gugus fungsi pada selulosa

adalah vibrasi regangan O-H ($3100\text{-}3800 \text{ cm}^{-1}$), C-H (2901 cm^{-1}), C-O (1370 cm^{-1}) dan C-O-C (1163 cm^{-1} dan 1068 cm^{-1}).

Berdasarkan spektrum FTIR pada Gambar 6 dapat dianalisis gugus fungsi yang terdapat pada KSB-RL. Puncak-puncak yang muncul ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 1. Puncak-puncak bilangan gelombang pada masing-masing gugus fungsi

Sampel	Puncak (cm^{-1})				
	O-H	C-H	-C-H	C-O	C-O-C
RL	3378.27	-	1426.09	-	1027.73
SB	3335.85	2914.71	-	1457.03	1033.81
KSB-RL	3339.96	2895.23	-	1384.75	1035.84

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa dalam SB terdapat vibrasi pada bilangan gelombang 3335.85 cm^{-1} yang menunjukkan adanya regang O-H alkohol. Vibrasi pada bilangan gelombang $1635,11 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya cincin siklis lingkaran enam dari monomer glukosa. Vibrasi pada bilangan gelombang 1033.81 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan C-O-C β -1,4-glikosidik. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahayu & Rohaeti (2012), di mana dalam penelitian tersebut SB menunjukkan adanya regangan O-H pada bilangan gelombang 3400.01 cm^{-1} , cincin siklis lingkaran enam dari monomer glukosa vibrasi pada bilangan gelombang 1636.01 cm^{-1} , dan C-O-C β -1,4-glikosidik vibrasi pada bilangan gelombang 1110.20 cm^{-1} .

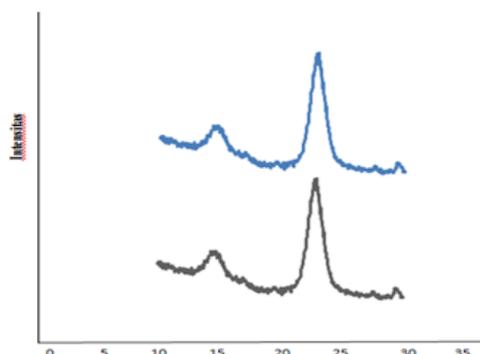
Berdasarkan hasil yang didapatkan, KSB-RL tidak menghasilkan puncak baru tetapi hanya mengalami pergeseran batokromik dan hipokromik. Pergeseran merah atau batokromik adalah pergeseran serapan maksimum ke bilangan gelombang yang lebih tinggi dan pergeseran biru atau hipokromik merupakan pergeseran serapan maksimum ke bilangan gelombang yang lebih rendah.

Puncak 1457.03 cm^{-1} (vibrasi regangan C-O) pada SB mengalami pergeseran bilangan gelombang yang lebih rendah (pergeseran hipokromik) menjadi 1384.75 cm^{-1} pada KSB-RL. Puncak 335.85 cm^{-1} (vibrasi O-H) pada SB mengalami pergeseran batokromik pada KSB-RL. Pergeseran ini menunjukkan adanya pengaruh ekstrak RL yang masuk ke SB pada KSB-RL.

b. Analisa Kristalinitas

Uji kristalinitas dilakukan untuk mengetahui derajat kristalinitas dari KSB-RL menggunakan XRD. Pada uji kristalinitas, sampel yang digunakan adalah

KSB-RL kering pada perendaman hari ke-4. Gambar 7 menunjukkan difraktogram SB dan KSB-RL.



Gambar 7. Difraktogram SB dan KSB-RL

Berdasarkan difraktogram yang dihasilkan terlihat bahwa didaerah sudut 2θ menunjukkan adanya fase kristalin 1α dan 1β . Pada puncak 1α , puncak SB muncul pada $2\theta = 14.6^\circ$, sedangkan puncak yang dihasilkan pada KSB-RL mengalami pergeseran menjadi 14.3° . Pada puncak 1β , juga mengalami pergeseran yaitu muncul puncak pada 22.8° untuk SB, sedangkan untuk KSB-RL muncul puncak pada 22.7° . Pergeseran ini menunjukkan adanya pengaruh ekstrak RL yang masuk kedalam SB.

Puncak-puncak yang dihasilkan pada difraktogram merupakan karakter khas dari selulosa. Selulosa yang dihasilkan adalah selulosa I. Pergeseran yang terjadi tidak mengubah tipe selulosa. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan NaOH 2% akan mempertahankan tipe selulosa yaitu selulosa I. Hasil pengukuran derajat kristalinitas dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Derajat Kristalinitas SB dan KSB-RL

Sampel	Berat Total (gr)	Berat Kristal (gr)	Berat Amorf (gr)	% Derajat Kristalinitas
SB	0.222	0.149	0.073	67.117 %
KSB-RL	0.217	0.143	0.074	65.899 %

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa SB memiliki derajat kristalinitas sebesar 67.117%. Perendaman menggunakan ekstrak RL dapat menurunkan kristalinitas KSB-RL. Hal ini sesuai dengan besarnya intensitas puncak yang muncul. Apabila intensitas puncak KSB-RL yang dihasilkan tinggi maka kristalinitas KSB-RL akan tinggi.

IV. KESIMPULAN

Waktu perendaman dapat mempengaruhi karakteristik KSB-RL yaitu

1. Adanya ekstrak RL yang masuk dapat menurunkan kandungan air KSB-RL dari kandungan air SB
2. Ekstrak RL mengalami proses penyerapan absorpsi fisika karena tidak membentuk senyawa baru.
3. Masuknya ekstrak RL kedalam SB, dapat meningkatkan sifat mekanik dari KSB-RL
4. Sifat mekanik yang dihasilkan belum memenuhi standar tulang rawan.

REFERENSI

- [1] A. Putra, Y. Hagiwara, A. Kakugo, H. Furukawa, and J. P. Gong, "Ligament-like tough double-network hydrogel based on bacterial cellulose," *Cellulose*, 2009.
- [2] D. Ciechanska, "Multifunctional Bacterial Cellulose / Chitosan Composite Materials for Medical Applications," *Fibers Text. East. Eur.*, vol. 12, no. 4, pp. 69–72, 2004.
- [3] B. A. Nakayama, A. Kakugo, J. P. Gong, Y. Osada, M. Takai, and T. Erata, "High Mechanical Strength Double-Network Hydrogel with Bacterial Cellulose **," *Adv. Funct. Mater.*, vol. 14, pp. 1124–1128, 2004.
- [4] Sudarsono, "Kajian sifat mekanik material komposit propeler kincir angin standard naca 4415 modifikasi," *Apl. sains dan Teknol.*, pp. 379–387, 2012.
- [5] Hardoko, "Pengaruh Konsumsi Gel dan Larutan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) terhadap Hiperkolestrolemia Darah Tikus Wistar," *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. XIX, no. 2, 2008.
- [6] Prasetyowati, C. Jasmine, and D. Agustiawan, "Prasetyowati, Corrine Jasmine A., Devy Agustiawan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya," *J. Tek. Kim.*, vol. 15, no. 2, pp. 27–33, 2008.
- [7] S. Widyarningsih and D. Hartiwi, "Pengaruh Medium Perendaman terhadap Sifat Mekanik, Morfologi, dan Kinerja Membran Nata de Coco," vol. 3, pp. 28–33, 2008.

- [8] T. J. Urbanik, S. K. Lee, and C. G. Johnson, "Column compression strength of tubular packaging forms made from paper," *J. Test. Eval.*, vol. 34, no. 6, pp. 477–483, 2006.
- [9] A. H. Doulabi, K. Mequanint, and H. Mohammadi, "Blends and nanocomposite biomaterials for articular cartilage tissue engineering," *Materials (Basel)*, vol. 7, no. 7, pp. 5327–5355, 2014.
- [10] Iskandar, M. Zaki, S. Mulyati, U. Fathanah, and I. Sari, "Pembuatan Film Selulosa dari Nata de Pina," *Rekayasa Kim. dan Lingkung.*, vol. 7, no. 3, pp. 105–111, 2010.
- [11] Y. Yue, G. Han, and Q. Wu, "Transitional Properties of Cotton Fibers from Cellulose I to Cellulose II Structure," vol. 8, no. 4, pp. 6460–6471, 2013.
- [12] G. Gayathry and G. Gopalswamy, "Production and characterisation of microbial cellulosic fibre from *Acetobacter xylinum*," *Indian J. Fibre Text. Res.*, vol. 39, no. 1, pp. 93–96, 2014.
- [13] T. Rahayu and E. Rohaeti, "Sifat Mekanik Selulosa Bakteri dari Air Kelapa Dengan Penambahan KITOSAN," vol. XXXIII, no. 2, pp. 81–87, 2012.