

## PENGARUH CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) DAN GLISEROL TERHADAP SIFAT MEKANIK LAPISAN TIPIS KOMPOSIT BAKTERIAL SELULOSA

Indriyati, Lucia Indrarti dan Elsy Rahimi

Pusat Penelitian Fisika (P2F) - LIPI  
Jl. Cisititu 21/154D, Komplek LIPI, Bandung

### ABSTRAK

**PENGARUH CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) DAN GLISEROL TERHADAP SIFAT MEKANIK LAPISAN TIPIS KOMPOSIT BAKTERIAL SELULOSA.** Telah dilakukan pengujian sifat mekanik lapisan tipis komposit bakterial selulosa (BS) yang meliputi kuat tarik, modulus elastisitas, dan regangan putus. Lapisan tipis komposit BS dibuat dengan metode casting antara BS dalam bentuk slurry, karboksimetil selulosa (CMC) dan gliserol menyerupai film bentuk jernih dengan ketebalan antara 20-70mm. Penambahan CMC menaikkan kuat tarik dan modulus elastisitas lapisan tipis komposit BS, tetapi tidak memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada perubahan persentase regangan putus. Sedangkan, penambahan gliserol sebagai plastisizer mengurangi kuat tarik dan modulus elastisitas komposit BS, tetapi menaikkan persentase regangan putus (elongation) lebih dari 20%. Penambahan CMC membuat lapisan tipis komposit BS semakin kaku, sedangkan penambahan gliserol membuat lapisan tipis komposit BS menjadi lebih fleksibel.

**Kata kunci :** Bakterial selulosa, komposit, CMC, gliserol

### ABSTRACT

**THE EFFECT OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) AND GLYCEROL TO THE MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE OF BACTERIAL CELLULOSE SHEET.** The tensile properties (tensile strength, elastic modulus and elongation) of the sheet of bacterial cellulose (BS) composite were tested. The sheets like clear thin films were made from bacterial cellulose by casting method with the result 20-70mm of thickness. Carboxymethyl cellulose (CMC) and glycerol were added to this film. The result indicated that higher concentration of CMC had higher tensile strength and elastic modulus but no significant difference of elongation percentage. On the other side, as a plasticizer, addition of glycerol decreased tensile strength and elastic modulus, but increased elongation for more than 20%. The effect of addition of CMC and glycerol on the sheet of BC composite was rigid, and flexible respectively.

**Key words :** Bacterial cellulose, composite, CMC, glycerol

### PENDAHULUAN

Penelitian mengenai serat selulosa sebagai matriks polimer telah berkembang dengan pesat dalam kurun waktu satu dekade terakhir [1,2]. Hal ini disebabkan karena keunggulan-keunggulan yang dimilikinya seperti sifat mekanik yang baik, densitas yang rendah, merupakan material yang dapat diperbaharui terus menerus, dan ramah lingkungan.

Bakterial selulosa (BS) atau bioselulosa yang lebih dikenal dengan nata de coco, merupakan hasil proses fermentasi dengan menggunakan *Acetobacter xylinum* dalam medium alami yaitu air kelapa. Selain sebagai makanan, gel bakterial selulosa yang dihasilkan dalam kultivasi diam (*static culture*) bila diproses lebih lanjut menjadi lembaran tipis telah terbukti mempunyai sifat mekanik yang baik dan dapat dikembangkan sebagai *functional material* seperti *cone paper*, isolasi kabel, dan *backing layer* sebagai komponen *fuel cell* [3,4]. Gel

bakterial selulosa yang diproses dengan metode *hot press* dengan variasi tekanan dan suhu menghasilkan modulus elastisitas sebesar 15 GPa dan kuat tarik dengan harga lebih besar dari 90 MPa [5].

Dalam usaha mengembangkan aplikasi BS, sebagai bahan pengemas telah dilakukan kajian awal pembuatan lapisan tipis komposit BS dengan memodifikasi BS dengan material lain sebagai komposit BS yaitu campuran hidrokoloid (bakterial selulosa) dengan aditif [6]. Aditif yang banyak digunakan adalah CMC dan gliserol. CMC merupakan derivat selulosa yang sifatnya mengikat air dan sering digunakan sebagai pembentuk tekstur halus [7]. Gliserol banyak digunakan sebagai bahan pemlastis untuk menghasilkan lapisan tipis yang lebih fleksibel. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan penambahan gliserol akan mengurangi kekuatan mekanik

berbagai jenis film dengan bahan dasar protein maupun polisakarida [8,9,10]

Gliserol terbukti efektif untuk meningkatkan sifat plastis film CMC. Penambahan gliserol sebagai pemlastis akan mengurangi kerapatan dan gaya antar molekul substrat (pati) dengan gliserol, sehingga lapisan tipis yang terbentuk lebih fleksibel dan halus. Penambahan gliserol yang berlebih akan menyebabkan lapisan tipis menjadi lunak dan lengket sehingga sukar diangkat dari cetakan karena gliserol lebih bersifat mengikat air dan melunakan permukaan. Sebaliknya kekurangan gliserol akan menyebabkan lapisan tipis menjadi kasar dan rapuh [11].

Berdasarkan uraian kerangka pemikiran di atas maka hipotesis penelitian ini adalah diduga CMC dan gliserol berpengaruh terhadap karakteristik lapisan tipis komposit bakterial selulosa yang akan diaplikasikan sebagai bahan pengemas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui interaksi konsentrasi CMC, gliserol, dan campuran CMC-gliserol terhadap sifat mekanik lapisan tipis komposit bakterial selulosa yang meliputi kuat tarik, regangan putus, dan modulus elastisitas. Penelitian ini juga mengevaluasi bentuk lapisan tipis yang terjadi secara visual akibat penambahan CMC dan gliserol serta pengaruhnya terhadap ketebalan lapisan komposit BS.

Diharapkan melalui penelitian ini diperoleh lapisan tipis komposit bakterial selulosa yang mempunyai karakteristik sifat mekanik (kuat tarik, modulus elastisitas, regangan putus) yang bagus sebagai bahan pengemas.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan

Bahan-bahan berikut digunakan dalam penelitian ini: gliserol (Merck, 87%), *carboxymethyl cellulose* (Daiichi, *food grade*), bakterial selulosa (BS) dari fermentasi limbah air kelapa dalam bentuk *slurry*.

### Pencucian dan Pemurnian BS

Pencucian gel bakterial selulosa dilakukan dengan pencucian dengan air mengalir dan dibantu dengan mendidihkan gel bakterial selulosa dalam air mendidih untuk menghilangkan keasaman dari BS tersebut. Pemurnian bioselulosa dilakukan dengan mendidihkan gel bakterial selulosa dalam larutan alkali 2% dengan tujuan menghilangkan komponen non-selulosa.

### Pembuatan Lapisan Tipis Komposit BS

Gel BS dibuat dalam bentuk *slurry* dengan menggunakan blender selama sekitar 5 menit. Kemudian BS dalam bentuk *slurry* dicampur dengan CMC atau

gliserol atau gabungan CMC dan gliserol seperti yang tertera pada Tabel 1. Pemilihan komposisi ini didasarkan pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Gliserol sebagai bahan pemlastis tidak lebih besar dari 2% [12]. Pembuatan lapisan tipis komposit BS dilakukan dengan metode casting di atas plastik mika dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 40 °C selama 16 sampai dengan 20 jam.

**Tabel 1.** Komposisi Lapisan Tipis Komposit BS.

Kode	BS dalam bentuk <i>slurry</i>	CMC	Gliserol
Sampel	%	%	%
A1B1	100	0	0
A1B2	99.5	0	0.5
A1B3	99	0	1
A1B4	98.5	0	1.5
A2B1	99.5	0.5	0
A2B2	99	0.5	0.5
A2B3	98.5	0.5	1
A2B4	98	0.5	1.5
A3B1	99	1	0
A3B2	98.5	1	0.5
A3B3	98	1	1
A3B4	97.5	1	1.5
A4B1	98.5	1.5	0
A4B2	98	1.5	0.5
A4B3	97.5	1.5	1
A4B4	97	1.5	1.5

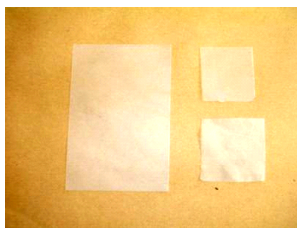
### Uji Sifat Mekanik

Uji sifat mekanik lapisan tipis komposit BS dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* buatan Orientec (UCT-5T) dan dioperasikan berdasarkan ISO 527-5A (jarak antar penjepit mula-mula 20 mm, kecepatan penarikan 1 mm/min, 23°C). Sebelum dilakukan pengujian, sampel dikondisikan pada suhu 23°C dan kelembaban relatif 50% selama seminggu. Kemudian sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* JIS K-6251-7 sebanyak 8 spesimen untuk masing-masing sampel. Kuat tarik, persentase regangan putus (*elongation*), dan modulus elastisitas dihitung berdasarkan metode ISO. Pengukuran ketebalan lapisan tipis komposit BS dilakukan menggunakan mikrometer digital. Ketebalan rata-rata dan standar deviasi dihitung menggunakan *Microsoft Excel*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara visual, lapisan tipis komposit BS tampak transparan (Gambar 1). Penambahan CMC menghasilkan lapisan tipis komposit BS lebih kaku dan rapuh, sedangkan penambahan gliserol membuat lapisan tipis

komposit BS menjadi lunak dan fleksibel. Penambahan gliserol pada konsentrasi 1,5% menghasilkan lapisan tipis komposit BS yang terasa lunak dan lengket setelah pengeringan di dalam oven selama 16 sampai dengan 20 jam pada suhu 40°C. Hal ini disebabkan dengan penambahan gliserol akan mengurangi kerapatan dan gaya antar molekul bakterial selulosa dengan gliserol, sehingga lapisan tipis yang terbentuk lebih fleksibel, tetapi gliserol yang berlebih akan menyebabkan lapisan tipis menjadi lebih lunak dan lengket sehingga sukar dilepaskan dari cetakan karena gliserol lebih bersifat mengikat air dan melunakkan permukaan [11].



Gambar 1. Lapisan tipis komposit bakterial selulosa dengan Aditif.

### Ketebalan Rata-rata Lapisan Tipis Komposit BS

Proses pembuatan lapisan tipis komposit BS dengan metode casting menghasilkan lembaran dengan ketebalan hampir merata dan homogen. Ketebalan rata-rata lapisan tipis komposit BS dapat dilihat pada Tabel 2. Kolom A merupakan penambahan konsentrasi CMC 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% untuk masing-masing A1, A2, A3, dan A4. Baris B merupakan penambahan konsentrasi gliserol 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% untuk masing-masing B1, B2, B3, dan B4. Dari Tabel 2. dapat dilihat pengaruh interaksi bakterial selulosa, CMC, dan gliserol terhadap ketebalan lapisan tipis komposit bakterial selulosa. Penambahan konsentrasi CMC membuat lapisan tipis komposit BS semakin tebal dibandingkan dengan tanpa penambahan CMC. Lapisan tipis komposit bakterial selulosa yang paling tebal dihasilkan dari campuran bakterial selulosa dengan CMC 1,5% dan gliserol 1,5% ( $58,58 \pm 3,55 \text{ mm}$ ), sedangkan yang paling tipis didapatkan dari lapisan tipis tanpa penambahan aditif.

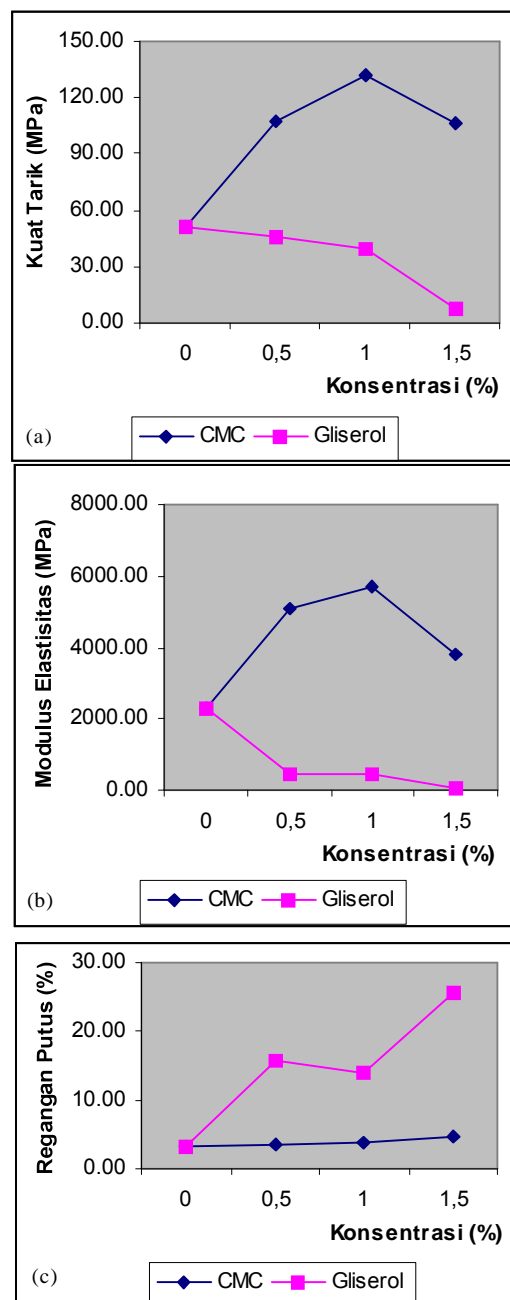
### Sifat Mekanik

Berdasarkan hasil uji mekanis, lapisan tipis komposit BS yang dibuat dari BS dalam bentuk *slurry*

Tabel 2. Ketebalan Rata-rata Lapisan Tipis Komposit BS.

	B1	B2	B3	B4
A1	$24,46 \pm 2,96 \mu\text{m}$	$23,63 \pm 3,09 \mu\text{m}$	$21,13 \pm 1,16 \mu\text{m}$	$41,20 \pm 3,11 \mu\text{m}$
A2	$28,24 \pm 2,13 \mu\text{m}$	$27,48 \pm 0,97 \mu\text{m}$	$40,63 \pm 3,20 \mu\text{m}$	$47,70 \pm 3,68 \mu\text{m}$
A3	$34,63 \pm 3,20 \mu\text{m}$	$33,45 \pm 2,26 \mu\text{m}$	$46,54 \pm 1,24 \mu\text{m}$	$50,85 \pm 4,26 \mu\text{m}$
A4	$44,60 \pm 2,86 \mu\text{m}$	$38,13 \pm 1,79 \mu\text{m}$	$51,58 \pm 2,93 \mu\text{m}$	$58,58 \pm 3,55 \mu\text{m}$

menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih rendah ( $51,22 \text{ MPa}$ ) dari lapisan tipis BS melalui proses *hotpress* ( $90 \text{ MPa}$ ) [5]. Hal ini disebabkan putusnya serat-serat gel BS akibat perlakuan *blending*. Sifat mekanik dari lapisan tipis BS tanpa aditif untuk kuat tarik, modulus elastisitas, dan regangan putus masing-masing  $51 \text{ MPa}$ ,  $2200 \text{ MPa}$ , dan  $3\%$ . Penambahan konsentrasi CMC pada BS dalam bentuk *slurry* memberikan pengaruh pada sifat mekanik lapisan tipis komposit BS. Hal ini dapat dilihat pada Grafik 1(a) dan Grafik 1(b) yang menunjukkan kuat tarik dan modulus elastisitas lapisan tipis komposit BS meningkat jika dibandingkan dengan kuat tarik dan modulus



Gambar 2. Perbandingan sifat mekanik lapisan tipis komposit BS-CMS dan lapisan tipis komposit BS-Gliserol, (a) kuat tarik, (b) modulus elastisitas, (c) tegangan putus.

elastisitas lapisan tipis BS tanpa CMC. Sedangkan, penambahan konsentrasi CMC pada lapisan tipis komposit BS tidak memberikan perbedaan yang cukup besar untuk persentase regangan putusya (Grafik 1(c)).

Peningkatan kekuatan tarik dan modulus elastisitas lapisan tipis komposit BS akibat penambahan CMC disebabkan oleh peningkatan interaksi antara *slurry* BS dengan CMC dalam jaringan matriks lapisan tipis komposit BS. Peningkatan gaya tarik menarik antar molekul penyusun lapisan tipis tersebut menyebabkan peningkatan kekuatan strukturnya. Kondisi ini berkaitan dengan struktur BS yang terdiri atas *microfibril-microfibril* dan CMC yang merupakan turunan selulosa yang mempunyai gugus hidroksil yang saling membentuk ikatan hidrogen antar

dan intramolekul membentuk lapisan tipis yang terdiri atas seret-serat yang saling menguatkan[5,12].

Lapisan tipis komposit BS dengan penambahan gliserol akan meningkatkan persentase regangan putus, tetapi menurunkan kuat tarik dan modulus elastisitas lapisan tipis komposit BS. Dapat dilihat pada Grafik 1. bahwa semakin tinggi konsentrasi gliserol semakin besar persentase regangan putusya yang berarti semakin mulur sampel tersebut jika dilakukan uji tarik.

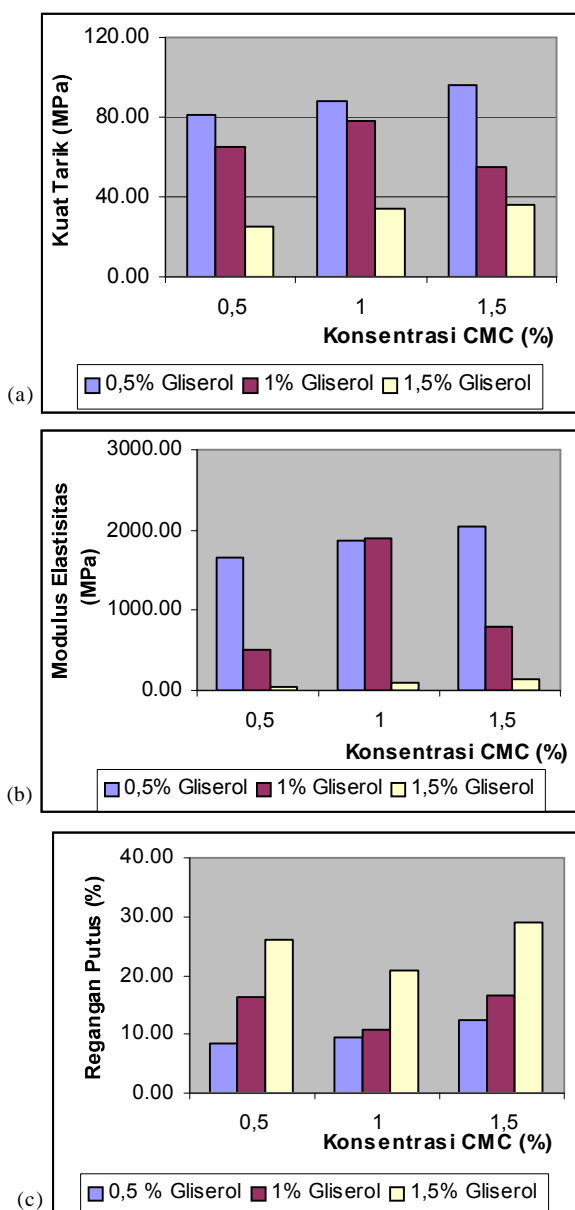
Interaksi campuran antara bakterial selulosa, CMC, dan gliserol sebagai bahan penyusun lapisan tipis komposit BS berpengaruh pada sifat mekaniknya, hal ini dapat dilihat pada Grafik 2, yang menunjukkan peningkatan kuat tarik dan modulus elastisitas dengan penambahan konsentrasi CMC. Begitu juga dengan kenaikan presentase regangan putus sebagai akibat penambahan konsentrasi gliserol.

## KESIMPULAN

Pembuatan lapisan tipis komposit BS dengan metode casting menghasilkan lapisan tipis dengan ketebalan yang cukup homogen. Penambahan konsentrasi CMC (sampai 1,5%) menaikkan kuat tarik dan modulus elastisitas lapisan tipis komposit BS, tetapi tidak begitu berpengaruh pada penambahan persentase regangan putusya (elongation). Penambahan konsentrasi gliserol (sampai 1,5%) menaikkan persentase regangan putus sampai lebih dari 20%, tetapi mengurangi nilai kuat tarik dan modulus elastisitasnya.

## DAFTARACUAN

- [1]. NOTINGHER P.V., PANAITESCU D., VULUGA Z., IORGA M., PAVEN H., FLOREAD., *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, **8**(2), (2006) 687
- [2]. FAKHOURI F.M., TANADA-PALMU P.S., GROSSO C.R.F., *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **02** (261), (2004) 21
- [3]. WHITE D.G., and MALCOLM BROWN, *Cellulose and Wood Chemistry and Technology, Proceedings of the tenth Cellulose Conference, USA*, (1989)
- [4]. O. NEILL H., BARBARA R. EVANS, and J. WOODWARD, *Merit Review and Pee Evaluation DOE Fuel Cells for Transportation National Laboratory R&D Golden, Colorado*, (2002)
- [5]. YAMANAKA S., WATANABE K., KITAMURA N., IGUCHI M., MITSUHASHI S., NISHI Y., URYU M., *Journal of Material Science*, **24**, (1989) 3141
- [6]. KROTCHA J. L., BALDWIN E. A., NISPEROS-CARRIEDO M.O., *Edible Coatings and Films to*



Gambar 3. Sifat mekanik lapisan tipis komposit BS-CMC-Gliserol, (a) kuat tarik, (b) modulus elastisitas, (c) regangan putus.

- Improve Food Quality. 1<sup>st</sup> edition*, Technomic Publishing Company Inc., Pennsylvania (1994)
- [7]. SANDERSON G.R., *Polysaccharides in Foods*, Food Technology, **35** (7), (1981) in KROCHTAJ.M., E.A. BALDWIN M.O., NISPEROS-CARRIEDO, *Edible Coating and Films to Improve Food Quality*, Technomic Publishing Company, Inc., Pennsylvania, U.S.A. (1994)
- [8]. YOSHIDA C.M.P., ANTUNES, A.J., *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **21** (02), (2004) 247
- [9]. TAPIA-BLACIDO D., SOBRAL P.J., MENEGALLI F.C., *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **22**(02), (2005) 249
- [10]. GONTARD N., GUILBERT S., CUQ J. L., *Journal of Food Science*, **58**(1), (1993) 206
- [11]. HARRIS, H., *Kajian Teknik Formulasi Terhadap Karakteristik Edible Film Dari Pati Ubi Kayu, Aren dan Sagu Untuk Pengemasan Produk Sami Basah*. Program Studi Ilmu Pangan, Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor., (1999)
- [12]. GARNIDA YUDI, Respons Buah Durian Terhadap Minimal Akibat Pengaruh Formulasi Bahan *Edible Coating* dan Lama Penyimpanan Pada Suhu Beku, *Disertasi program Pascasarjana Universitas Padjadjaran*, Bandung (2006)
- [13]. FENGEL D., WEGENER G., WOOD, *Chemistry, Ultrastructure, Reaction*, Walter de Gruyter, Berlin (1983)