

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *EDIBLE FILM* DARI
CAMPURAN TEPUNG GLUKOMANAN ILES-ILES KUNING
(*Amorphophallus onchophyllus*)
(*Synthesis and Characterization of Edible Film from Mixture of Glucomannan
Flour Yellow Iles-Iles (*Amorphophallus onchophyllus*)*)**

Adi Mulyadi¹, Adi Santoso^{1,2} & Agus Malik Ibrahim¹

¹Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon-Banten

²Puslitbang Hasil Hutan-Bogor

E-mail/telp: vising_adi@yahoo.co.id/085213490391

ABSTRAK

Tanaman iles-iles (*Amorphophallus onchophyllus*) dikenal dengan beberapa nama, antara lain ileus (Sunda) dan porang. Iles-iles dapat diolah menjadi bentuk lain berupa tepung glukomanan, dan dapat dijadikan sebagai bahan pembuat *edible film* yang berguna untuk industri pangan. Penelitian ini bertujuan mensintesis *edible film* dengan pemilihan konsentrasi etanol pada isolasi glukomanan dan pemilihan konsentrasi CMC untuk mendapatkan *edible film* dengan kualitas ketahanan terbaik. Glukomanan diekstrak dari tanaman iles-iles dengan metode maserasi. *Edible film* dihasilkan dari pencampuran antara tepung glukomanan hasil ekstraksi, *carboxy methyl cellulose* (CMC) dan *beeswax*. Variasi konsentrasi pelarut (etanol) pada proses isolasi glukomanan dan variasi konsentrasi CMC pada proses pembuatan *edible film* berpengaruh terhadap parameter kekuatan tarik *edible film* pada taraf signifikansi 99%, namun untuk interaksi antara kedua faktor tersebut tidak berbeda nyata. Kekuatan tarik *edible film* tertinggi yaitu 3,13 kgF/50 mm didapat dari kombinasi perlakuan konsentrasi etanol 60% dengan konsentrasi CMC 4%.

Kata kunci: iles-iles, glukomanan, etanol, *carboxy methyl cellulose*, *edible film*

ABSTRACT

*Iles-iles (*Amorphophallus onchophyllus*) is known by several names, among others, ileus (Sunda) and porang. Iles-iles can be processed into other forms such as glucomannan flour, and can be used as an ingredient in edible film which is useful for the food industry. This study aims to synthesize edible film with the election of ethanol concentration on the isolation and selection of the concentration of glucomannan CMC to obtain edible film with the quality of the best endurance. Glucomannan extracted from iles-iles by maceration method. Edible films resulting from the mixing of the glucomannan flour extraction, carboxy methyl cellulose (CMC), beeswax, and glycerol. Variations in the concentration of solvent (ethanol) in the glocomannan isolation process and CMC concentration variation in the manufacturing process of edible film influence the*

E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id

edible film's tensile strength at a significance level of 99%, but for the interaction between the two factors were not significantly different. The highest edible film's tensile strength that is 3.13 kgF/50 mm obtained from a combination of 60% ethanol concentration with 4% concentration of CMC.

Key words: *iles-iles, glucomannan, ethanol, carboxy methyl cellulose, edible film*

1. PENDAHULUAN

Iles-iles merupakan jenis talas-talasan yang tumbuh liar hampir di seluruh hutan Indonesia. Menurut Kurniawan *et al.* (2011), pusat produksi utama iles-iles adalah di Pulau Jawa, terutama Jawa Timur. Umbi iles-iles tidak dapat dikonsumsi langsung karena memiliki kandungan kristal kalsium oksalat berkisar 0,15% - 0,23% yang dapat menyebabkan rasa gatal. Oleh karena itu, pada tingkat petani umbi iles-iles sering dijadikan chips kering untuk memasok industri tepung iles-iles atau tepung glukomanan. Tepung glukomanan banyak digunakan dalam bidang industri, yaitu sebagai bahan baku kertas, tekstil, perekat, cat, bahan negatif film, komestik juga pembersih (Arifin, 2001). *Edible film* adalah salah satu alternatif bahan pengemas yang ramah lingkungan untuk produk-produk seperti bumbu serbuk, produk konfeksionari, dan produk-produk kering lainnya. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data ketahanan dan ketebalan dari edible film dengan penambahan konsentrasi *carboxy methyl cellulose* (CMC) dan etanol pada pengaruh pemurnian tepung glukomanan terhadap kualitas ketahanan dan ketebalan *edible film*.

2. BAHAN DAN METODE

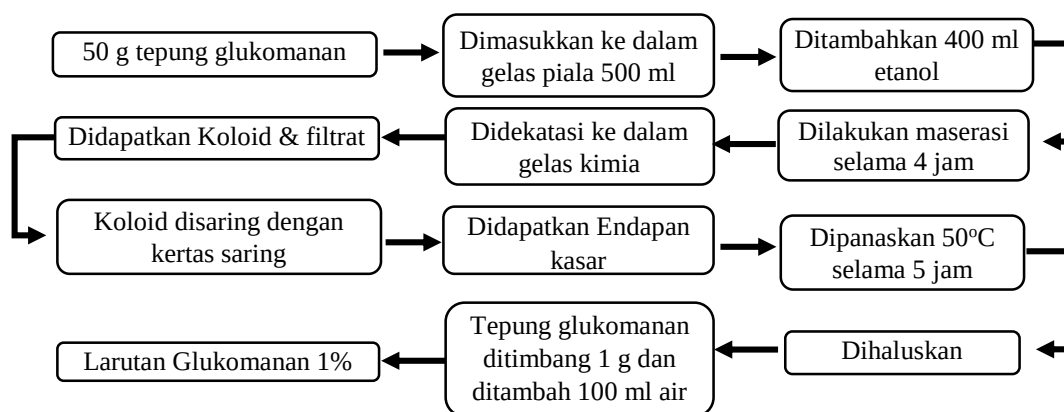
Bahan dan alat

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah tepung *Amorphophallus onchophyllus*, etanol 40% (v/v), 60% (v/v), dan 80% (v/v), akuades, glukomanan murni 100% (b/b), *carboxy methyl cellulose* (CMC), *beeswax* (lilin lebah), *plasticizer* (gliserol). Alat yang digunakan untuk isolasi glukomanan gelas piala, kompor listrik, pengaduk magnetik, kain saring, neraca analitik, oven, lempengan kaca, alumunium foil, cawan alumunium, instrumen FTIR, *thickness gauge*, *tensile tester*.

E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id

Isolasi glukomanan dengan metode maserasi

Isolasi glukomanan dari tepung iles-iles dilakukan untuk mendapatkan tepung glukomanan yang digunakan sebagai bahan baku sintesis *edible film*. Metode isolasi glukomanan merupakan modifikasi dari metode yang dilakukan oleh Widjanarko *et al.* (2011), dengan menggunakan larutan etanol pada konsentrasi berbeda yaitu; 40% (v/v), 60% (v/v), dan 80% (v/v). Ditimbang 50 g tepung glukomanan kasar kemudian dimasukkan dalam gelas kimia 500 ml lalu ditambahkan etanol 400 ml, kemudian dimaserasi selama 4 jam sambil diaduk dengan pengaduk magnetik, setelah selesai kemudian didekantasi ke dalam gelas kimia bertujuan untuk memisahkan endapan kasar tepung glukomanan dengan glukomanan yang larut dengan etanol 40%, setelah itu koloid atau glukomanan yang larut dengan etanol disaring dengan kertas saring, endapan yang terdapat di dalam kertas saring kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu 50 °C selama 5 jam sampai etanol yang terdapat di kertas saring menguap, yang tersisa glukomana murni yang ada di dalam kertas saring, setelah selesai pengovenan koloid atau glukomanan murni tadi dihaluskan menggunakan alu dan mortar agar tepung tersebut mudah larut dengan air.



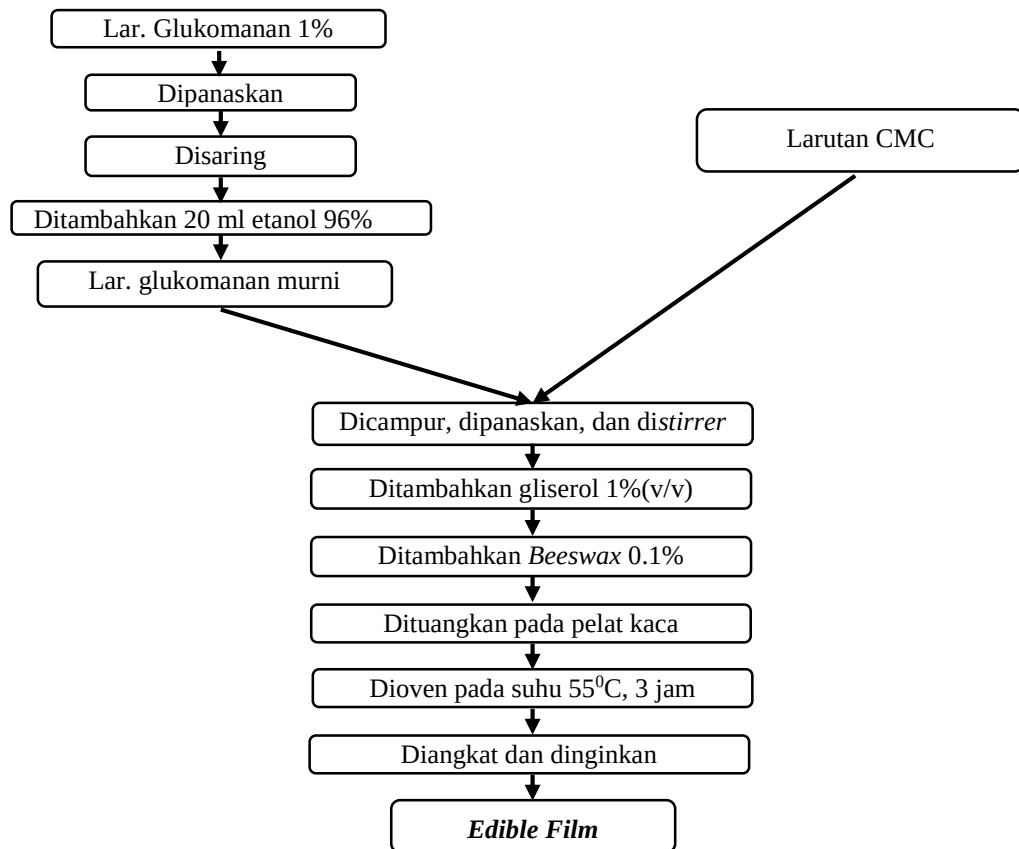
Gambar 1. Diagram alir isolasi glukomanan dengan etanol

Pembuatan *edible film*

Proses pembuatan *edible film* ini dilakukan dengan cara mencampurkan ekstrak glukomanan murni hasil isolasi dengan konsentrasi etanol 40% (v/v), 60% (v/v), dan 80% (v/v) dengan CMC 2% (b/v), 3% (b/v), dan 4% (b/v) sambil

E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id

dipanaskan dan diaduk dengan pengaduk magnetik, kemudian ditambahkan dengan gliserol 1% (v/v) dan *beeswax* 0.1% (b/v).



Gambar 2. Diagram alir pembuatan *edible film*

Pembuatan larutan CMC 2% (b/v), 3% (b/v), dan 4% (b/v)

Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi CMC untuk sintesis *edible film*. Ditimbang CMC 2 g kemudian ditambahkan aquades 100 ml, CMC yang ditambahkan air akan mengental seperti gel, kemudian ditambahkan etanol 40 ml dengan konsentrasi 96% bertujuan untuk mengencerkan kekentalan CMC, setelah ditambahkan etanol CMC *distirrer* sambil dipanaskan bertujuan untuk menguapkan etanol yang sudah dicampur dengan CMC tadi, kemudian ditambahkan lagi aquades 20 ml, bertujuan agar pada saat proses pencampuran dengan larutan glukomanan 1% (b/v) tersebut tidak membentuk gel. Pembuatan

larutan CMC 3% dan 4% (b/v) sama perlakuannya dengan pembuatan CMC 2% (b/v).

Pengukuran ketebalan film (*thickness*)

Edible film diukur ketebalannya menggunakan alat *thickness gauge* dengan lima kali ulangan. Hasil pengukuran yang didapat diolah menggunakan metode statistik rancangan faktorial dengan dua faktor.

Pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*)

Kuat tarik diukur dengan menggunakan *tensile strength*. Sebelum pengukuran dilakukan, sampel dikondisikan di dalam ruangan yang memiliki suhu 25 °C. Kuat tarik ditentukan berdasarkan berat beban maksimum pada saat film pecah.

Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan faktorial dua faktor (A x B) dengan masing-masing tiga taraf faktor. Faktor A adalah konsentrasi pelarut etanol yang digunakan dalam proses isolasi glukomanan (40%, 60%, dan 80%). Faktor B adalah konsentrasi larutan CMC yang digunakan dalam proses sintesis *edible film* (2%, 3%, dan 4%).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Edible film berperan sebagai lapisan tipis yang dapat didegradasi oleh bakteri dan terbuat dari sumber daya yang dapat diperbarui. *Edible film* disintesis dari glukomanan hasil isolasi dari tepung iles-iles kuning (*Amorphophallus oncophyllus*). Isolasi glukomanan menggunakan metode maserasi dengan konsentrasi etanol yang bervariasi yaitu 40%, 60% dan 80%.

Pencirian *edible film* menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi vibrasi molekul dari *edible film* yang mengandung senyawa organik. Terdapat ikatan C-H, O-H, dan N-H pada daerah serapan antara 3500 cm⁻¹ – 3000 cm⁻¹ pada *edible film* dengan konsentrasi etanol 40% dan konsentrasi CMC 2%. Daerah spektrum inframerah

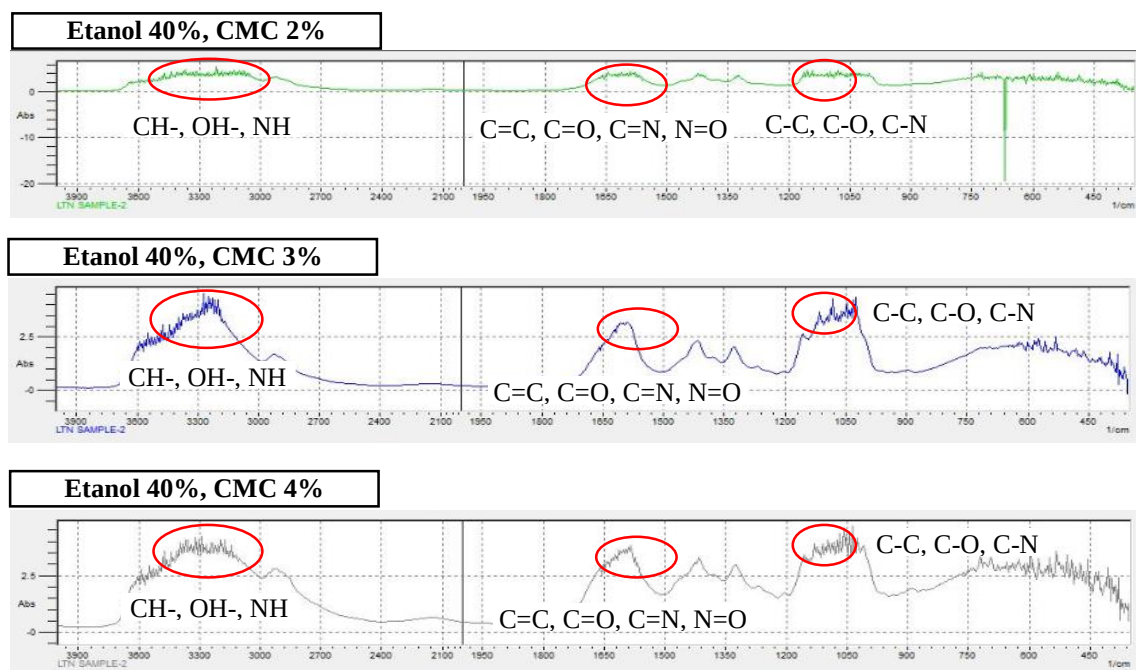
E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id

ini yang merupakan daerah khusus berguna untuk identifikasi gugus fungsional dan menunjukkan dua bagian spektrum dari suatu alkohol. Untuk daerah serapan antara 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} terdapat tipe ikatan rangkap dua C=C, C=O, C=N, dan N=O, dan untuk daerah serapan antara 1200 cm^{-1} - 1050 cm^{-1} terdapat tipe ikatan C-C, C-O, dan C-N.

Tabel 1. Hasil analisis FTIR pada *edible film* dengan konsentrasi etanol 40%

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		
	CMC 2%	CMC 3%	CMC 4%
C-H			
O-H	3500 – 3000	3500 – 3000	3500 – 3000
N-H			
C=C			
C=O	1650 – 1500	1650 – 1500	1650 – 1500
C=N			
N=O			
C-C			
C-O	1200 – 1050	1200 – 1050	1200 – 1050
C-N			

Keterangan: CMC (*carboxy methyl cellulose*)



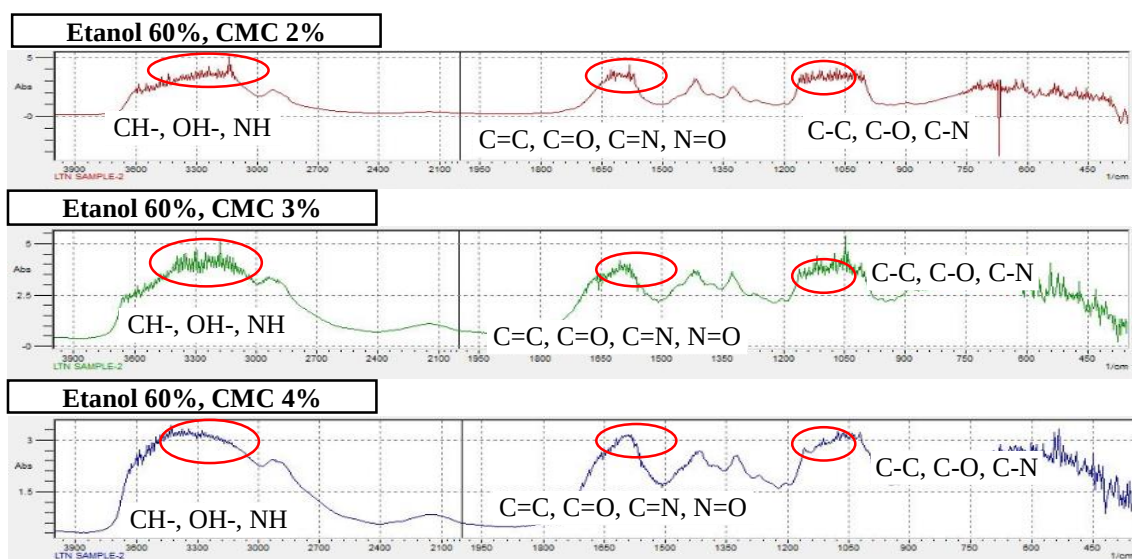
Gambar 3. Spektrum FTIR *edible film* konsentrasi pelarut etanol 40%

Edible film dengan konsentrasi etanol 40% dan konsentrasi CMC 3% serta 4% pun memiliki daerah serapan yang sama, namun untuk konsentrasi CMC 3% dengan konsentrasi etanol 40% pada daerah serapan 3500 cm^{-1} - 3000 cm^{-1} , 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} , dan 1200 cm^{-1} - 1050 cm^{-1} menunjukkan intensitas serapan yang lebih kuat dibandingkan dengan konsentrasi CMC 2%. Konsentrasi CMC 4% menunjukkan bahwa intensitas pada daerah serapan 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} lebih lemah dibandingkan dengan konsentrasi CMC yang 3%, karena terdapat puncak yang bertumpang tindih, dibandingkan dengan konsentrasi CMC 2%. Perbandingan CMC 2%, 3%, dan 4% dengan konsentrasi etanol 60% dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil analisis FTIR pada *edible film* dengan konsentrasi etanol 60%

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		
	CMC 2%	CMC 3%	CMC 4%
C-H			
O-H	3500 – 3000	3500 – 3000	3500 – 3000
N-H			
C=C			
C=O	1650 – 1500	1650 – 1500	1650 – 1500
C=N			
N=O			
C-C			
C-O	1200 – 1050	1200 – 1050	1200 – 1050
C-N			

Keterangan: CMC (*carboxy methyl cellulose*)

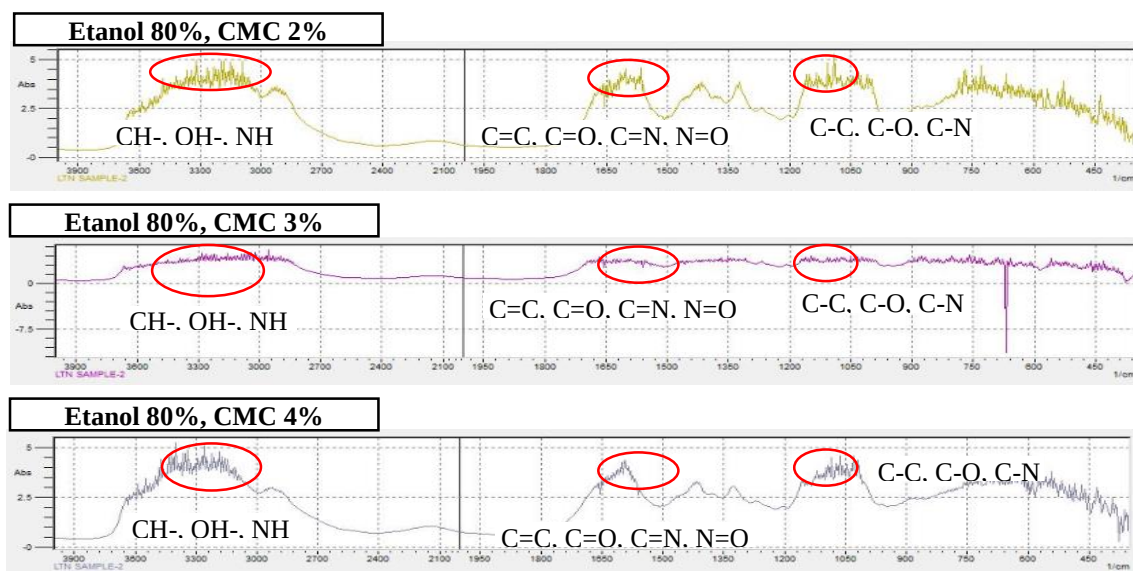


Gambar 4. Spektrum FTIR *edible film* konsentrasi pelarut etanol 60%

Tabel 3 menunjukkan terdapat ikatan rangkap dua C=C, C=O, C=N, dan N=O pada daerah serapan antara 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} , dan untuk daerah serapan antara 1200 cm^{-1} - 1050 cm^{-1} terdapat tipe ikatan C-C, C-O, dan C-N. Konsentrasi CMC 3% pada daerah serapan 3500 cm^{-1} - 3000 cm^{-1} dan 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} menunjukkan intensitas serapan yang lebih kuat dibandingkan dengan konsentrasi CMC 2%. Konsentrasi CMC 4% menunjukkan bahwa intensitas pada daerah serapan 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} lebih kuat dibandingkan dengan konsentrasi CMC yang 3%, karena pada konsentrasi CMC yang 4% hanya sedikit puncak yang bertumpang tindih sehingga nilai frekuensi vibrasi dari konsentrasi tersebut menjadi tinggi dan hal itu berbanding lurus dengan kekuatan ikatan.

Tabel 3. Hasil analisis FTIR pada *edible film* dengan konsentrasi etanol 80%

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		
	CMC 2%	CMC 3%	CMC 4%
C-H			
O-H	3500 – 3000	3500 – 3000	3500 – 3000
N-H			
C=C			
C=O	1650 – 1500	1650 – 1500	1650 – 1500
C=N			
N=O			
C-C			
C-O	1200 – 1050	1200 – 1050	1200 – 1050
C-N			



Gambar 5. Spektrum FTIR *edible film* konsentrasi pelarut etanol 80%

Berdasarkan data di atas dapat dikemukakan bahwa untuk konsentrasi etanol 80% dengan konsentrasi CMC 2% terlihat pada daerah serapan antara 3500 cm^{-1} - 3000 cm^{-1} terdapat tipe ikatan C-H, O-H, dan N-H. Ikatan rangkap dua C=C, C=O, C=N, dan N=O terdapat pada daerah serapan antara 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} , dan untuk daerah serapan antara 1200 cm^{-1} - 1050 cm^{-1} terdapat tipe ikatan C-C, C-O, dan C-N.

Edible film konsentrasi etanol 80% dengan konsentrasi CMC 3% serta 4% pun sama untuk daerah serapan dan gugusnya, namun untuk konsentrasi 3% pada daerah serapan 3500 cm^{-1} - 3000 cm^{-1} menunjukkan intensitas serapan yang lebih kuat dibandingkan dengan konsentrasi CMC 2%. Daerah serapan 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} menunjukkan intensitas yang lebih kuat dibandingkan dengan konsentrasi etanol yang 2%, untuk konsentrasi CMC 4% menunjukkan bahwa intensitas pada daerah serapan 1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} lebih kuat dibandingkan dengan konsentrasi CMC 3%, karena puncak yang terdapat pada konsentrasi CMC 4% tidak banyak puncak yang bertumpang tindih.

Hasil analisis di atas sejalan dengan penelitian Xu *et al.* (2008) yang menunjukkan bahwa karakteristik utama glukomanan adalah munculnya puncak pada daerah 3400 cm^{-1} (regangan O-H), 2887 cm^{-1} (regangan C-H), 1736 cm^{-1} (regangan C=O), dan 1092 cm^{-1} (regangan C-O). Korkiatithaweechai *et al.* (2011) mengemukakan bahwa pada spektrum glukomanan, serapan pada daerah 1723 cm^{-1} berasal dari bagian karbonil (C=O) dari gugus asetil. Unit manosa dan glukosa dari glukomanan ditandai munculnya puncak vibrasi tekuk C-H dari β piranosa. Kehadiran ikatan β -1,4 glukosidik dan β -1,4 manosidik ditandai dengan munculnya puncak regangan C-O-C (Widjanarko *et al.*, 2011).

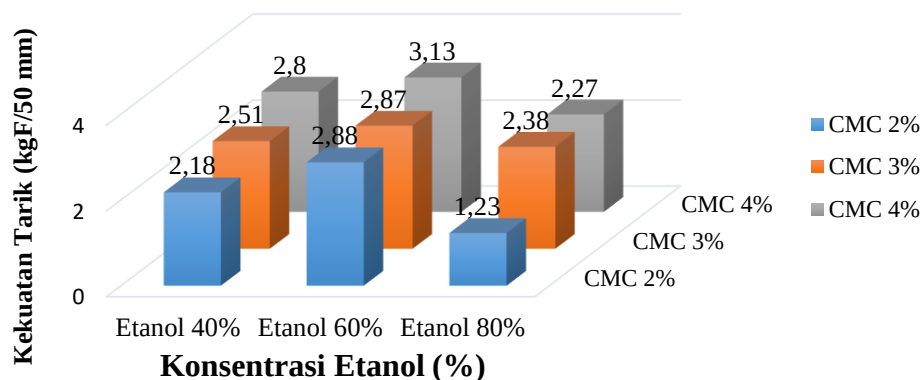
Hasil analisis kekuatan tarik *Edible Film*

Uji kuat tarik dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh faktor konsentrasi etanol pada proses isolasi glukomanan dan faktor konsentrasi CMC, serta interaksi kedua faktor tersebut terhadap kekuatan tarik dari *edible film*. Hasil

analisis kuat tarik *edible film* berdasarkan variasi konsentrasi alkohol dan konsentrasi CMC disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4. Nilai rata-ran hasil analisis kuat tarik dari *edible film*

Konsentrasi Alkohol	Konsentrasi CMC		
	2%	3%	4%
40%	2,18	2,51	2,80
60%	2,88	2,87	3,13
80%	1,23	2,38	2,27



Gambar 3. Grafik kekuatan tarik *edible film*

Berdasarkan grafik di atas diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi dari *edible film* pada konsentrasi etanol 60% dengan konsentrasi CMC 4% yaitu 3,13 kgF/50 mm, sementara untuk nilai yang paling rendah yaitu pada konsentrasi etanol 80% dengan CMC 2% diperoleh nilai 1,2 kgF/50 mm. Menurut McHugh dan Krochta (1994), bahwa penggunaan *plasticizer* cenderung menurunkan nilai kuat tarik dan meningkatkan persentase pemanjangan atau elongasi pada *edible film* karena *plasticizer* dapat mengurangi gaya antar molekul dan meningkatkan mobilitas rantai biopolimer.

Lemeshko *et al.*, (2013) menyatakan kepolaran suatu larutan ditentukan dengan dipol momen. Dipol momen air 1,84 Debye lebih besar dibandingkan dengan etanol 1,69 Debye. Polaritas larutan etanol 40% lebih tinggi dibandingkan dengan larutan etanol 60% dan 80%, karena etanol 40% terdiri dari 40% etanol

dan 60% air. Hasil isolasi glukomanan dengan etanol konsentrasi rendah 40% lebih banyak karena polaritas yang lebih tinggi sehingga melarutkan senyawa-senyawa yang polar seperti kalsium oksalat, protein, pati dan abu. Pemurnian tepung glukomanan menggunakan konsentrasi etanol 60% maka kepolaran etanol lebih rendah dibandingkan etanol 40% sehingga akan melarutkan senyawa-senyawa yang tidak dapat larut oleh konsentrasi etanol 40%. Pemurnian etanol dengan konsentrasi tinggi 80% diduga kepolaran etanol akan lebih rendah sehingga akan melarutkan senyawa-senyawa yang non polar seperti lemak.

Chandra (1997) mengemukakan bahwa penambahan konsentrasi CMC pada proses pembuatan *edible film* dapat menghasilkan *edible film* yang tahan terhadap lipid dan mempunyai kelarutan yang baik. Sifat ini sangat menguntungkan terutama untuk pengemasan produk yang sebelum dikonsumsi mengalami pemanasan terlebih dahulu, film akan larut tanpa mempengaruhi sensori bahan yang dikemas. Hasil pengolahan data kekuatan tarik disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Sidik ragam kekuatan tarik *edible film*

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F Hitung	F Tabel p=0,05	F Tabel p=0,01
Rata-rata	1	219,583	219,583	-	-	-
Perlakuan:				-	-	-
A	2	5,959	2,979	15,332**	3,354	5,488
B	2	2,668	1,334	6,865**	3,354	5,488
AB	4	1,484	0,371	1,909*	2,728	4,106
Kekeliruan	27	5,247	0,194	-	-	-
Jumlah	36	234,941	-	-	-	-
Keterangan: A = Konsentrasi etanol				** = Berbeda nyata		
B = Konsentrasi CMC				* = Tidak berbeda nyata		
AB = Interaksi faktor A dan B						

Diperoleh F_{Hitung} untuk perlakuan konsentrasi etanol (A) sebesar 15,332 dibandingkan dengan nilai F_{Tabel} sebesar 3,354 untuk taraf $p = 0,05$ dan 5,488 untuk taraf $p = 0,01$ maka diperoleh kesimpulan bahwa isolasi glukomanan dengan variasi konsentrasi etanol 40%, 60%, dan 80% nyata berpengaruh terhadap kuat tarik yang dihasilkan *edible film*. Perlakuan konsentrasi CMC (B)

diperoleh nilai F_{Hitung} sebesar 6,865 dibandingkan dengan F_{tabel} sebesar 3,354 untuk taraf $p = 0,05$ dan 5,488 untuk taraf $p = 0,01$ maka diperoleh kesimpulan bahwa variasi konsentrasi CMC berpengaruh nyata terhadap kuat tarik yang dihasilkan *edible film*. Interaksi antara konsentrasi etanol dan konsentrasi CMC (AB) diperoleh F_{Hitung} sebesar 1,909 dibandingkan dengan F_{Tabel} sebesar 2,728 untuk taraf $p = 0,05$ dan 4,106 untuk taraf $p = 0,01$, maka diperoleh kesimpulan yaitu $F_{Hitung} < F_{Tabel}$ sehingga untuk interaksi ini tidak berpengaruh nyata terhadap kuat tarik dari *edible film*.

4. KESIMPULAN

Variasi konsentrasi pelarut (etanol) pada proses isolasi glukomanan dan variasi konsentrasi CMC pada proses pembuatan *edible film* berpengaruh terhadap parameter kekuatan tarik *edible film* pada taraf signifikansi 99%, namun untuk interaksi antara kedua faktor tersebut tidak berbeda nyata. Kekuatan tarik *edible film* tertinggi yaitu 3,13 kgF/50 mm didapat dari kombinasi perlakuan konsentrasi etanol 60% dengan konsentrasi CMC 4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin MA. 2001. Pengeringan Umbi Iles-iles secara Mekanis untuk Meningkatkan Mutu Keripik Iles-iles [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Chandra SDP. 1997. Mempelajari Pengaruh Konsentrasi CMC dan Lilin Lebah terhadap Karakteristik *Edible film* dari Bungkil Kedelai *Plasticizer* Sorbitol [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Korkiatithaweechai S, Umsarika P, Praphairaksit N, & Muangsin N. 2011. Controlled Release of Diclofenac From Matrix Polymer of Chitosan and Oxidized Konjac Glucomannan. *Mar. Drugs* 2011. 9: 1649-1663. doi:10.3390/ md9091649.

- Kurniawan F, Mulyono E, Broto W, & Permana AW. 2011. Teknologi Produksi Tepung Mannan dari Umbi Iles-iles (*Amorphophalus oncophyllus*) Bermutu *Food Grade*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Paska Panen. Cimanggu, Bogor.
- Lemeshko M, Krems RV, Doyle JM, & Kais S. 2013. Manipulation of Molecules with Electromagnetic Fields. *Molecular Physics* 111, 1648 (2013). DOI: 10.1080/00268976.2013.813595.
- Mc Hugh TH, & Krochta JM. 1994. Plasticized Whey Protein Edible Films: Water Vapour Permeability Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(2): 416-419.
- Widjanarko SB, Aji S, & Anni F. 2011. Efek Hidrogen Peroksida terhadap Fisiko-Kimia Tepung Porang dengan Metode Maserasi Ultrasonik. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Xu Z, Yang Y, Jiang Y, Sun Y, Shen Y, & Pang J. 2008. Synthesis and Characterization of Konjac Glucomannan-Graft-Polyacrylamide Via γ -irradiation. *Molecules*. 2008(13): 490-500.