

# Pengaruh Suhu Reaksi, Waktu Reaksi, dan Basa pada Sintesis Karboksimetil Konjak Glukomanan (KM-KGM) untuk Kemasan Pangan

Tri Sutanti Budikania<sup>1</sup>, Kartini Afriani<sup>1</sup>, Achmad Nandang Roziyanto<sup>2</sup>, Gina Maulina<sup>1</sup>, Ahmad Dzaky Muallim<sup>1\*</sup>, Fareka Kholidanata<sup>1</sup>, Dewi Latifah<sup>1</sup>, Try Wahyu Suryaningtyas<sup>1</sup>, Muhammad Fadhil Khoirurrisal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor

Jl. Pangeran Sogiri No. 283, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16154

<sup>2</sup>Program Studi Nanoteknologi Pangan, Politeknik AKA Bogor

Jl. Pangeran Sogiri No. 283, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16154

\*) Email : [ahmaddzakyyy@gmail.com](mailto:ahmaddzakyyy@gmail.com)

(Received : 8 Desember 2022; Accepted: 30 Desember 2022; Published: 31 Desember 2022)

## Abstrak

Senyawa Konjak Glukomanan (KGM) memiliki berat molekul yang besar dengan tingginya kandungan gugus hidroksil dan asetil. Senyawa KGM bersifat mudah dibentuk, mudah terdegradasi sehingga ramah lingkungan, dan memiliki kemampuan pembentukan *film* yang bagus sehingga banyak digunakan sebagai *biofilm* pada kemasan pangan. Senyawa KGM murni memiliki kelemahan yaitu kekuatan mekanik yang rendah dan kurang stabil. Modifikasi KGM menjadi karboksimetil KGM (KM-KGM) menjadi salah satu metode untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan mengurangi sifat hidrofilik KGM. Pada penelitian ini dilakukan sintesis KM-KGM dengan menggunakan variasi basa, suhu reaksi, dan waktu reaksi untuk menentukan pengaruh kondisi tersebut terhadap sintesis senyawa KM-KGM. Hasil sintesis senyawa KM-KGM dikarakterisasi melalui penetapan nilai %asetil dengan menggunakan titrasi asam basa. Dari nilai %asetil tersebut ditetapkanlah nilai derajat substitusinya. Pada senyawa KM-KGM juga dilakukan karakterisasi analisis gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Hasil yang diperoleh dilakukan uji normalitas, data uji tersebut menunjukkan nilai *mean* sebesar 2,721, standar deviasi 0,1139, dan *P-Value* sebesar 0,164 dimana data sudah terdistribusi normal. Hasil uji *t* data menunjukkan nilai *standard error mean* sebesar 0,0268 dan *P-value* sebesar 0,077 dengan nilai  $H_0$  berada pada *confidence interval*. Hal ini menunjukkan bahwa sintesis senyawa KM-KGM yang dihasilkan melalui variasi basa, suhu reaksi, dan waktu reaksi tidak berbeda secara signifikan.

Kata Kunci: Konjak Glukomanan, Karboksimetil Glukomanan, kemasan pangan

## Abstract

*Konjac Glucomannan compound (KGM) has large molecular weight with high content of hydroxyl and acetyl. KGM compounds are easy to form, to degrade so its environmental friendly, and good film ability that used as food packaging biofilm. Pure KGM compounds have weaknesses such as low mechanical strength and less stability. Modification of KGM to carboxymethyl KGM (KM-KGM) is one methods to increase mechanical strength and reduce hydrophilic properties. In this research, KM-KGM synthesis was carried out using variation of base, reaction temperature, and reaction time to determine the effect of these conditions on synthesis result. Synthesis results were characterized by determining %Acetyl value using acid-base titration. From %Acetyl value, the degree of substitution is determined. The characterization functional group analysis was carried out using Fourier Transform Infrared (FTIR). The results of synthesis calculated by normality test, the data showed mean value 2.721, standard deviation 0.1139, and P-value 0.164 that means the data was normally distributed. And the results of synthesis data calculated by t test showed mean standard error value 0.0268 and P-value 0.077 with the  $H_0$  value in confidence interval. This shows synthesis of KM-KGM compounds through variation of base, reaction temperature, and reaction time didn't give a significant result.*

Keywords: konjac glucomannan, carboxymethyl glucomannan, food packaging

## PENDAHULUAN

Glukomanan (GM) merupakan suatu polisakarida dari golongan mannan. Pada umumnya senyawa ini ditemukan di alam pada tumbuhan berkayu lunak (*softwoods*), akar, umbi, dan tanaman umbi lainnya. Konjak glukomanan (KGM) diperoleh dari ekstraksi umbi tanaman porang (*Amorphophallus*). Struktur dari glukomanan (GM) terdiri dari monomer D-manosa dan D-glukosa yang terikat pada posisi  $\beta$ -1,4 (Dave, 1997). Dibandingkan dengan polimer alami lainnya, KGM memiliki berat molekul yang besar dengan tingginya kandungan gugus hidroksil dan asetil. Senyawa KGM memiliki sifat hidrofilik yang kuat dengan viskositas yang tinggi sehingga dapat membentuk lapisan *film* yang padat dan halus ketika bentuk hidrosolnya dikeringkan. Senyawa KGM memiliki sifat mudah dibentuk, mudah terdegradasi sehingga ramah lingkungan, dan memiliki kemampuan pembentukan *film* yang bagus sehingga banyak digunakan diberbagai bidang seperti sebagai *biofilm* pada kemasan pangan dan bidang biomedis (Ni *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2019; Al-Ajlouni *et al.*, 2021).

Senyawa KGM murni memiliki kelemahan yaitu kekuatan mekanik yang rendah dan kurang stabil sehingga aplikasinya dalam film kemasan menjadi terbatas. Para peneliti melakukan studi untuk dapat meningkatkan kekuatan mekanik, stabilitas dan karakteristik lainnya dengan menggunakan berbagai metode. Metode yang dilakukan adalah mengkombinasikan KGM dengan polisakarida lainnya seperti protein, nanopartikel, dan serat penguat (lignin, selulosa nanokristal, selulosa nanofiber). Xu *et al.*, (2021) mengkombinasikan KGM dengan sodium lignosulfonat/polilisilin untuk meningkatkan kekuatan mekanik KGM. Kombinasi KGM dengan xylan dilakukan oleh Al-Ajlouni (2021) untuk menurunkan viskositas dan *gelation point*, serta meningkatkan *wettability*. Adanya penambahan selulosa nanofibril mampu memperbaiki *tensile strength* dan *elongation at break* pada senyawa KGM (Wang *et al.*, 2019). Selain mengkombinasikan KGM, modifikasi KGM menjadi karboksimetil KGM (KM-KGM) juga dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan mengurangi sifat hidrofilik KGM sehingga ketahanan terhadap air meningkat. Pada studi yang dilakukan oleh Wang *et al.*, (2014) diperoleh peningkatan sifat mekanik dan permeabilitas oksigen dengan meningkatnya rasio KM-KGM dalam film KM- KGM/isolat protein. Akan tetapi, masih terjadi penurunan *wettability* dan *moisture content* dari komposit film tersebut.

Saat ini kemasan pangan banyak menggunakan polimer sintetis berbasis minyak bumi karena bobotnya yang ringan, biaya rendah, serta kemudahan dalam pemrosesan (Sangroniz *et al.*, 2019). Akan tetapi penggunaan polimer sintetis ini harus dikurangi karena sifatnya yang sulit terurai, berasal dari sumber daya alam tidak terbarukan, dan isu-isu lingkungan yang dihasilkannya (Kozłowska,

Prus, dan Stachowiak, 2019). Oleh karena itu, untuk mengembangkan kemasan pangan agar keamanan dan kelestarian lingkungan terjaga haruslah dicari bahan baku yang bersifat alami yang berasal dari sumber daya alam terbarukan, dapat terurai secara alamiah, dan ramah lingkungan (Goudarzi dan Shahabi-Ghahfarrokhi, 2018). Sebagian besar jenis karbohidrat, protein, lipid, dan komposisinya adalah biopolimer yang bersifat *food grade*, seperti kitosan, konjak glukomanan, dan gelatin. Saat ini konjak glukomanan (KGM) telah dipertimbangkan sebagai kandidat yang baik untuk aplikasi pengemasan produk pangan (Wang *et al.*, 2019).

Sintesis KM-KGM banyak dilakukan dengan menggunakan NaOH, dan sedikit yang menggunakan natrium asetat sebagai basa dengan berbagai variasi suhu pemanasan dan waktu pengadukan (Zhao *et al.*, 2015; Xiou *et al.*, 2015; Chen *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2021). Sintesis KM-KGM dengan menggunakan variasi basa, suhu pemanasan, dan waktu pengadukan dapat diteliti lebih lanjut untuk dapat ditentukan korelasinya sehingga didapatkan kondisi optimum dan alternatif basa yang dapat digunakan dalam sintesis KM-KGM untuk kemasan bahan pangan.

## BAHAN DAN METODE

### Sintesis Karboksimetil Konjak Glukomanan (KM-KGM)

5,0 g KGM hasil pemurnian dan 10 g natrium asetat atau natrium hidroksida dilarutkan dalam 50 mL etanol 70% (v/v). Suspensi diaduk pada suhu ruang selama 60 menit. Sejumlah 5 g asam kloroasetat ditambahkan ke suspensi dan diaduk selama 1 jam, 2 jam, atau 3 jam pada suhu 55°C, 65°C, atau 75°C. Setelah reaksi, suspensi dicuci dengan menggunakan etanol 50, 80, 95% (v/v) secara bertahap, kemudian disaring dengan penyaring vakum dan dikeringkan dengan oven vakum pada suhu 60°C selama 8 jam. Dari variasi yang dilakukan dibuatlah kode senyawa penelitian seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Yang Dilakukan Dalam Sintesis Senyawa KM-KGM.

Kode Variasi Sintesis Senyawa KM-KGM	Basa	Suhu Reaksi (°C)	Waktu Reaksi (Jam)
A155	Natrium Asetat	55	1
A255	Natrium Asetat	55	2
A355	Natrium Asetat	55	3
A165	Natrium Asetat	65	1
A265	Natrium Asetat	65	2

A365	Natrium Asetat	65	3
A175	Natrium Asetat	75	1
A275	Natrium Asetat	75	2
A375	Natrium Asetat	75	3
B155	Natrium Hidroksida	55	1
B255	Natrium Hidroksida	55	2
B355	Natrium Hidroksida	55	3
B165	Natrium Hidroksida	65	1
B265	Natrium Hidroksida	65	2
B365	Natrium Hidroksida	65	3
B175	Natrium Hidroksida	75	1
B275	Natrium Hidroksida	75	2
B375	Natrium Hidroksida	75	3

### Karakterisasi Sintesis Karbosimetil Konjak Glukomanan (KM-KGM)

Hasil sintesis senyawa karbosimetil konjak glukomanan (KM-KGM) selanjutnya dikarakterisasi melalui penetapan nilai %Asetil dengan menggunakan titrasi asam basa. Larutan KOH 0,4 M dan larutan HCl 0,2 M disiapkan. Sejumlah 1 g kalium hidrogen ftalat (KHP) ditimbang (mKHP, g) dan dilarutkan dalam akuades. Selanjutnya dititrasi dengan kalium hidroksida menggunakan indikator fenolftalein (PP) (Va, mL). Selanjutnya, sejumlah 10 mL asam klorida dititrasi dengan kalium hidroksida (indikator PP) (Vb, mL). Sampel 1 g KGM (mKGM, g) dilarutkan dalam akuades (250 mL) selama 3 jam disertai pengadukan. Larutan sampel dititrasi dengan larutan KOH 0,1 M (indikator pp) hingga larutan berwarna merah muda (pra-netralisasi). Larutan kalium hidroksida (10 mL) ditambahkan dalam campuran, diaduk selama 3 jam pada suhu ruang. Kelebihan alkali dititrasi balik dengan asam klorida Vc, mL). Larutan didiamkan selama 2 jam, jika terdapat alkali yang terlepas dari sampel maka warna merah muda akan muncul kembali. Titrasi terhadap blanko (tanpa sampel) dilakukan (Vd, mL). Kandungan gugus asetil dapat dihitung dengan persamaan 1 (Xiao *et al.*, 2015)

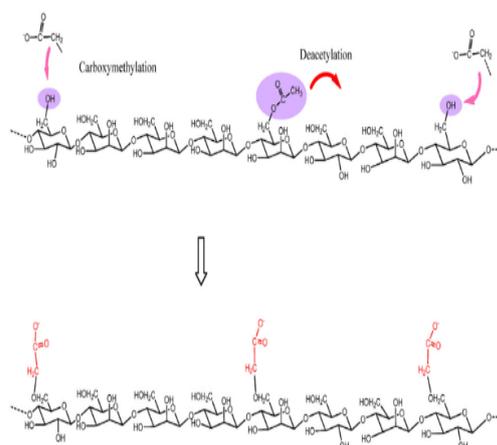
$$\%Asetil = \frac{430 \times mKHP \times Vb \times (Vd - Vc)}{204,23 \times Va \times mKGM} \quad (1)$$

Dari nilai %Asetil tersebut ditetapkanlah nilai derajat substitusinya (DS) melalui persamaan 2 (Chen *et al.*, 2006). Kemudian dilakukan juga analisis gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

$$DS = \frac{162 \times \%Asetil}{4300 - 42 \times \%Asetil} \quad (2)$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan variasi basa, suhu reaksi, dan waktu reaksi untuk mengetahui adanya pengaruh atau korelasi faktor tersebut terhadap senyawa KM-KGM yang disintesis. Hal ini untuk mengetahui kondisi terbaik yang dapat diterapkan dalam melakukan sintesis senyawa KM-KGM. Sintesis senyawa KM-KGM meliputi dua tahapan proses yaitu tahap proses alkalisasi yang dilanjutkan dengan tahap proses karboksimetilasi. Pada proses tahapan alkalisasi, dilakukan variasi basa dengan natrium hidroksida dan natrium asetat yang bertujuan untuk dilakukan dengan mengaktifkan gugus -OH pada senyawa KGM, memecah ikatan hidrogen dan mengembangkan senyawa KGM sehingga memperluas jarak antar senyawa KGM. Pada saat senyawa KGM ini mengalami pengembangan maka akan memudahkan proses difusi reagen karboksimetilasi yaitu natrium kloroasetat. Reaksi karboksimetilasi ini akan menentukan karakter senyawa KM-KGM yang diperoleh (Andayani *et al.*, 2017). Struktur senyawa KGM dan KM-KGM dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur KGM (atas) dan KM-KGM (bawah) (Xiao *et al.*, 2015)

Pada Gambar 1 terlihat bahwa pada saat reaksi karboksimetilasi maka gugus -OH pada senyawa KGM akan tergantikan oleh gugus asetil. Kemudian salah satu ikatan hidrogen pada gugus asetil

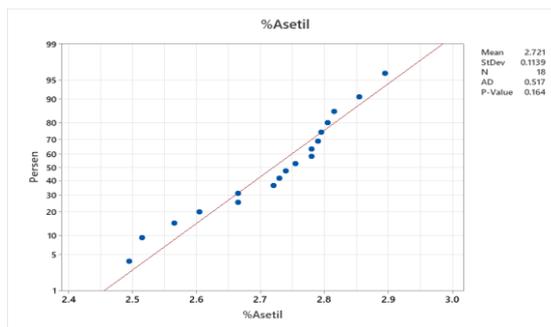
akan terpecah yang menyebabkan senyawa KGM akan dengan mudah menyatu untuk membentuk struktur bercabang. (Chen dan Li, 2011). Hal inilah yang menyebabkan senyawa KGM yang pada awalnya mempunyai rantai lurus akan berubah menjadi bercabang setelah karboksimetilasi. Perubahan struktur memiliki kaitan erat dengan nilai derajat substitusi (DS) yaitu semakin tinggi nilai DS maka struktur dari KM-KGM akan lebih banyak memiliki cabang (Andayani *et al.*, 2017).

Kondisi terbaik dalam melakukan sintesis senyawa KM-KGM ini dapat dilihat dari hasil nilai %Asetil menggunakan titrasi asam basa dimana hasil titrasi menunjukkan nilai %Asetil pada senyawa KM-KGM seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Konten Asetil Senyawa KM-KGM Hasil Sintesis

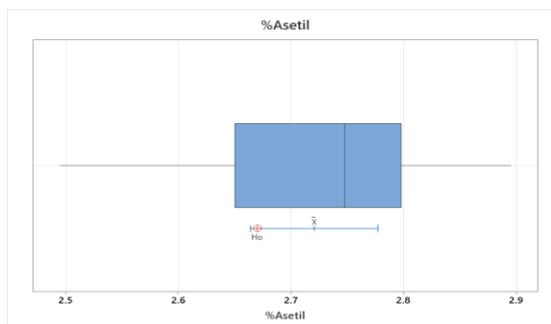
Kode Variasi Sintesis Senyawa KM-KGM	%Asetil (%A)
Sampel KGM	5,30
A <sub>1</sub> 55	2,74
A <sub>2</sub> 55	2,86
A <sub>3</sub> 55	2,90
A165	2,61
A265	2,57
A365	2,79
A175	2,73
A275	2,52
A375	2,50
B155	2,67
B255	2,76
B355	2,72
B165	2,82
B265	2,78
B365	2,81
B175	2,80
B275	2,78
B375	2,67

Dari data pada Tabel 2 terlihat bahwa sintesis senyawa KM-KGM ini sudah berhasil dengan segala variasi basa, waktu reaksi, dan suhu reaksi. Hal ini terlihat dari adanya pengurangan nilai %Asetil pada senyawa KGM yaitu sebesar 5,30 menjadi rata-rata %Asetil berada pada nilai 2,72. Adanya penurunan %Asetil ini menjadi salah satu indikasi keberhasilan proses sintesis (Xiao *et al.*, 2015). Dari hasil nilai %Asetil yang diperoleh kemudian diuji normalitas secara statistik. Hasil uji normalitas menunjukkan nilai *Mean* sebesar 2,721, Standar Deviasi 0,1139, dan *P-Value* sebesar 0,164 seperti pada Gambar 2. Berdasarkan statistika nilai *P-Value* dari Anderson-Darling, maka data %Asetil pada Tabel 2 terdistribusi normal.



Gambar 2. Hasil Uji Normalitas %Asetil Senyawa KM-KGM

Kemudian data nilai %Asetil pada Tabel 2 juga diolah secara statistika untuk mengetahui pengaruh variasi basa, lama waktu reaksi dan suhu reaksi terhadap hasil sintesis senyawa KM-KGM. Berdasarkan analisis uji t maka dihasilkan nilai *standard error mean* sebesar 0,0268 dan *P-value* sebesar 0,077. Berdasarkan statistika nilai *P-value* dari Anderson-Darling, maka data %Asetil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa variasi basa, lama waktu reaksi, dan suhu reaksi tidak mempengaruhi nilai %Asetil hasil sintesis senyawa KM-KGM. Nilai  $H_0$  berada pada *confidence interval* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Analisis Data Statistik Nilai %Asetil.

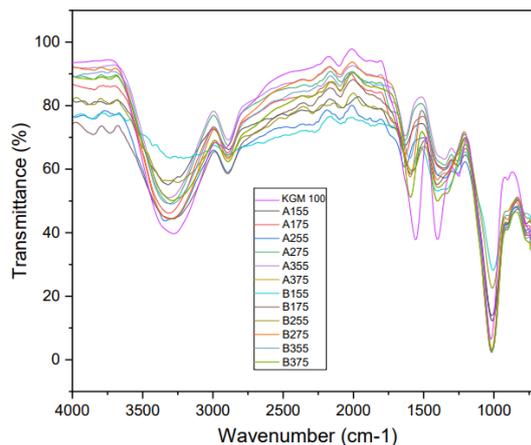
Dari hasil %Asetil tersebut dapat pula ditentukan nilai derajat substitusinya melalui perhitungan menggunakan persamaan 2. Hasil derajat substitusi pada sintesis senyawa KM-KGM dengan variasi basa, suhu reaksi, dan waktu reaksi seperti pada Tabel 3. Seperti halnya %Asetil, derajat substitusi juga menandakan bahwa proses sintesis berhasil dilakukan sehingga muncul derajat substitusi pada gugus -OH atau gugus asetil pada senyawa KGM menjadi gugus karboksimetil sehingga menghasilkan KM-KGM. Nilai rata-rata derajat substitusi ini berada pada nilai 0,11.

Tabel 3. Derajat Substitusi Senyawa KM-KGM Hasil Sintesis

Kode Variasi Sintesis Senyawa KM-KGM	Derajat Substitusi (DS)
Sampel KGM	-
A <sub>1</sub> 55	0,11
A <sub>2</sub> 55	0,11
A <sub>3</sub> 55	0,11
A165	0,10
A265	0,10
A365	0,11
A175	0,11
A275	0,10
A375	0,10
B155	0,10
B255	0,11
B355	0,11
B165	0,11
B265	0,11
B365	0,11
B175	0,11
B275	0,11
B375	0,10

Deasetilasi terjadi saat proses sintesis KM-KGM dalam suasana basa. Pada penelitian ini, dalam sintesis senyawa KM-KGM dilakukan variasi jenis basa, lama waktu reaksi, dan suhu reaksi. Berdasarkan data %Asetil dan derajat substitusi pada Tabel 2, terlihat bahwa apapun kondisi yang dilakukan dalam sintesis, senyawa KM-KGM yang dihasilkan akan mengambil setengah dari nilai %Asetil sampel KGM. Hal ini berarti tidak ada pengaruh yang signifikan adanya perbedaan jenis basa, lama waktu reaksi, dan suhu reaksi pada sintesis KM-KGM. Ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Xiao *et al* (2015).

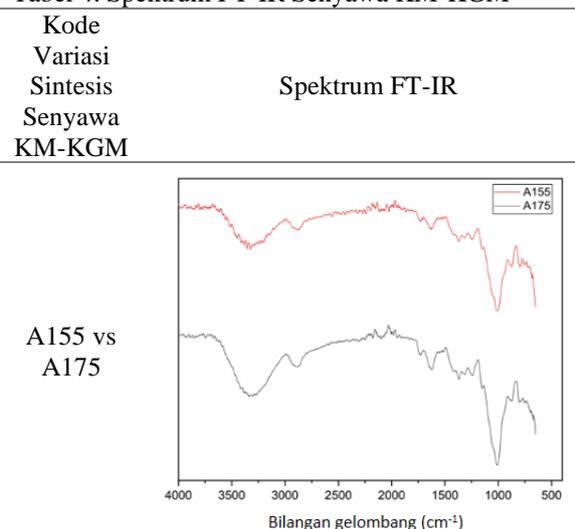
Analisis FTIR pada Gambar 4 menunjukkan terdapat serapan pada panjang gelombang 3300-3600  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan vibrasi ulur O-H yang terdapat pada KGM dan KM-KGM. Serapan O-H teramati adanya pergeseran bilangan gelombang dan perbedaan intensitas antara KGM dengan KM-KGM yang menunjukkan terdapat pengurangan gugus O-H pada KGM karena atom H telah disubstitusi oleh karboksimetil membentuk KM-KGM. Vibrasi ulur dari gugus C=O terdapat pada 1700  $\text{cm}^{-1}$ , vibrasi C=O tersebut berasal dari gugus asetil KGM yang tersisa dan karboksi metil pada KM-KGM. Selain itu, terdapat peak pada daerah 1595  $\text{cm}^{-1}$  dan 1405  $\text{cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur simetris COOH yang menunjukkan terdapatnya gugus karboksimetil. Hasil FTIR sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Wang *et al.* (2019), Xiao *et al.* (2015), Wu *et al* (2021)

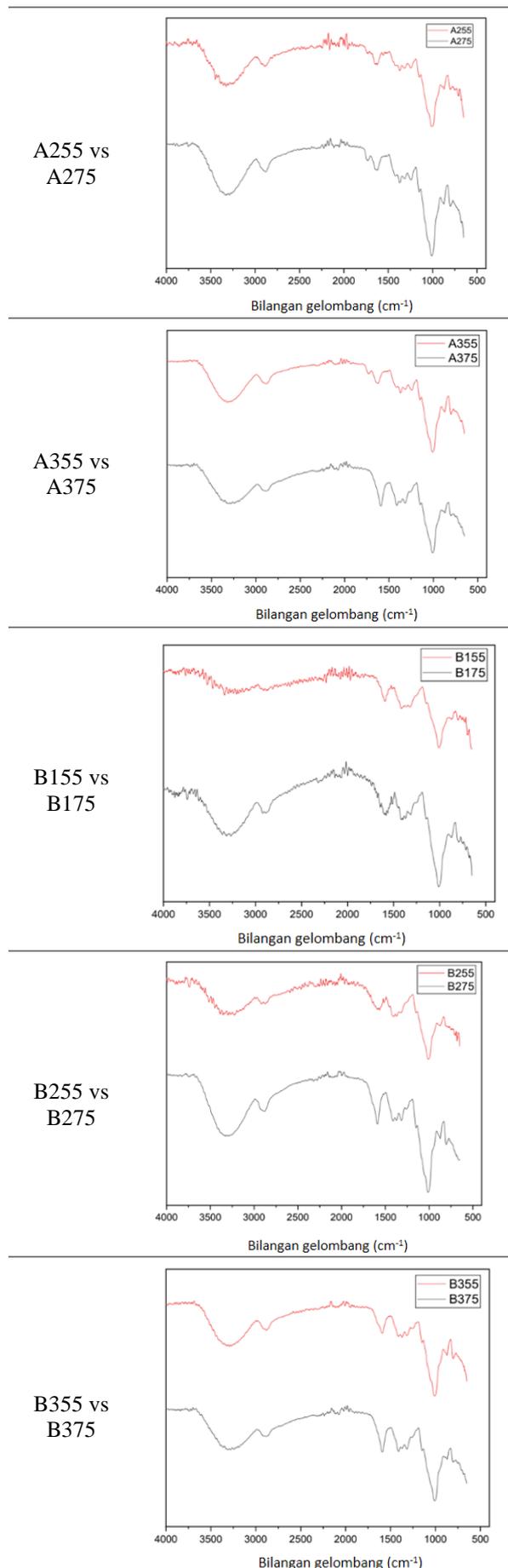


Gambar 4. Analisis FTIR KM=KM variasi basa, waktu reaksi, suhu

Tidak adanya pengaruh yang signifikan dari variasi basa, suhu reaksi, dan waktu reaksi pada sintesis senyawa KM-KGM juga diperkuat dengan spektrum FT-IR yang ditunjukkan dari masing-masing senyawa KM-KGM hasil sintesis. Jika dibandingkan waktu reaksi yang paling singkat yaitu 1 jam dengan waktu reaksi yang paling lama yaitu 3 jam, terlihat tidak ada perbedaan peak yang signifikan. Hal serupa juga terlihat tidak ada perbedaan peak yang signifikan jika dibandingkan antara suhu reaksi paling rendah yaitu 55°C dengan suhu reaksi yang paling tinggi yaitu 75°C. Pengaruh perbedaan penggunaan basa juga tidak terlihat menghasilkan perbedaan yang signifikan terhadap senyawa KM-KGM yang disintesis yang terlihat dari peak yang dihasilkan memiliki kemiripan yang dapat terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spektrum FT-IR Senyawa KM-KGM





## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa sintesis senyawa KM-KGM yang dihasilkan melalui variasi basa, suhu reaksi, dan waktu reaksi menunjukkan hasil bahwa semua variasi tersebut tidak berbeda secara signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ajlouni, K., Fleming, P., & Pekarovicova, A. (2021). Glucomannan–Xylan Blend Biofilms For Food Packaging: Preparation And Evaluation Of Filmogenic Solutions And Biofilms. *Journal of Print and Media Technology Research*, 10(4), 247-259.
- Andayani, R., Wijayani, S. T., Fadilah. (2017). Kinetika Reaksi Sintesis Karboksi Metil Glukomanan. *Equilibrium*, 16(1).
- Chen, J., Li, J., and Li, B. (2011). Identification Of Molecular Driving Forces Involved In The Gelation Of Konjacglucomannan-Based Films By Alkali And Sodium Carboxymethylcellulose. *Food Research International*, 35 : 829-836.
- Chen, P., Zhang, H., Ding, J., Lin, X., Lu, X., Liu, C., Tang, Y. (2017). Carboxylmethyl konjac glucomannan conjugated polydopamine composites for Pb(II) removal. *Carbohydrate Polymers* 162 (2017) 62–70.
- Chen, Z. G., Zong, M. H., & Li, G. J. (2006). Lipase-Catalyzed Acylation Of Konjac Glucomannan In Organic Media. *Process Biochemistry*, 41(7), 1514- 1520.
- Chua, M., Chan, K., Hocking, T. J., Williams, P. A., Perry, C. J., & Baldwin, T. C. (2012). Methodologies for the extraction and analysis of konjac glucomannan from corms of *Amorphophallus konjac* K. Koch. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 2202-2210.
- Dave, V., McCarthy S.P. (1997). Review of Konjac Glucomannan. *Journal of Environmental Polymer Degradation*, Vol. 5, No.4. Doi : 10.1007/BF02763667
- Goudarzi, V., & Shahabi-Ghahfarrokhi, I. (2018). Development Of Photo- Modified Starch/Kefiran/TiO<sub>2</sub> Bio-Nanocomposite As An Environmentally- Friendly Food Packaging Material. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 116, 1082-1088.
- Kozłowska, J., Prus, W., & Stachowiak, N. (2019). Microparticles Based On Natural And Synthetic Polymers For Cosmetic Applications. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 129, 952-956.
- Li, X., Jiang, F., Ni, X., Yan, W., Fang, Y., Corke, H., & Xiao, M. (2015). Preparation And Characterization Of Konjac Glucomannan And Ethyl Cellulose Blend Films. *Food Hydrocolloids*, 44, 229-236.

- Ni, Y., Liu, Y., Zhang, W., Shi, S., Zhu, W., Wang, R., & Wang, J. (2021). Advanced Konjac Glucomannan-Based Films In Food Packaging: Classification, Preparation, Formation Mechanism And Function. *LWT*, 152, 112338.
- Sangroniz, A., Zhu, J. B., Tang, X., Etxeberria, A., Chen, E. Y. X., & Sardon, H. (2019). Packaging Materials With Desired Mechanical And Barrier Properties And Full Chemical Recyclability. *Nature Communications*, 10(1), 1-7.
- Sun, J., Jiang, H., Wu, H., Tong, C., Pang, J., & Wu, C. (2020). Multifunctional Bionanocomposite Films Based On Konjac Glucomannan/Chitosan With Nano-Zno And Mulberry Anthocyanin Extract For Active Food Packaging. *Food Hydrocolloids*, 107, 105942.
- Wang, L., Lin, L., Chen, X., Tong, C., & Pang, J. (2019). Synthesis And Characteristics Of Konjac Glucomannan Films Incorporated With Functionalized Microcrystalline Cellulose. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 563, 237-245.
- Wang, L., Xiao, M., Dai, S., Song, J., Ni, X., Fang, Y., & Jiang, F. (2014). Interactions Between Carboxymethyl Konjac Glucomannan And Soy Protein Isolate In Blended Films. *Carbohydrate Polymers*, 101, 136-145.
- Wu, C., Sun, J., Jiang, H., Li, Y., Pang, J. (2021). Construction of carboxymethyl konjac Glucomannan/Chitosan Complex Nanogels as Potential Delivery Vehicles For Curcumin. *Food Chemistry* 362 (2021) 130242
- Xiao, M., Dai, S., Wang, L., Ni, X., Yan, W., Fang, Y., & Jiang, F. (2015). Carboxymethyl Modification Of Konjac Glucomannan Affects Water Binding Properties. *Carbohydrate Polymers*, 130, 1-8.
- Xu, X., & Pang, J. (2021). Fabrication and Characterization of Composite Biofilm of Konjac Glucomannan/Sodium Lignosulfonate/ $\epsilon$ -Polylysine with Reinforced Mechanical Strength and Antibacterial Ability. *Polymers*, 13(19), 3367.
- Zhang, W., & Rhim, J. W. (2022). Recent Progress In Konjac Glucomannan-Based Active Food Packaging Films And Property Enhancement Strategies. *Food Hydrocolloids*, 107572.
- Zhao, Y., Zhang, Y., Lindström, M. E., & Li, J. (2015). Tunicate Cellulose Nanocrystals: Preparation, Neat Films and Nanocomposite Films With Glucomannans. *Carbohydrate Polymers*, 117, 286-296.