

SINTESIS DAN KARAKTERISASI CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) DARI NATA DE COCO MENGGUNAKAN NATRIUM MONOKLOROASETAT SEBAGAI AGEN PADA PROSES KARBOKSIMETILASI

Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose (CMC) from Nata de Coco using Sodium Monochloroacetate as an Agent in The Carboxymethylation Process

Mita Nasution, Novelina, Purnama Dini Hari

Departemen Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas,
Kampus Limau Manis, Padang
Email: purnamadini@ae.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik karboksimetil selulosa (CMC) yang disintesis dari selulosa nata de coco dengan variasi konsentrasi natrium monokloroasetat (NMA). Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar garam sisa (NaCl), derajat substitusi (DS), kelarutan dalam air, viskositas larutan, serta identifikasi gugus fungsi dengan spektroskopi FTIR. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan penambahan NMA menghasilkan kenaikan nilai DS secara signifikan, yang berkorelasi positif dengan peningkatan kelarutan dan viskositas larutan. CMC dengan penambahan NMA 9 g menunjukkan nilai rata-rata kadar air 3,73%, nilai derajat substitusi 0,70, kadar NaCl 1,35%, kemurnian CMC 96,80%, viskositas CMC 31,20 cPs, dan nilai pH 6,84. Spektrum FTIR menunjukkan keberhasilan substitusi gugus karboksimetil yang ditandai dengan kemunculan pita khas pada bilangan gelombang 1594 cm^{-1} dan 1421 cm^{-1} . Hasil ini menunjukkan bahwa selulosa dari nata de coco dapat dimanfaatkan secara efektif untuk menghasilkan CMC dengan karakteristik fungsional yang kompetitif.

Kata kunci— karboksimetil selulosa; natrium monokloroasetat; selulosa bacterial; nata de coco

ABSTRACT

This research aims to evaluate the characteristics of carboxymethyl cellulose (CMC) synthesized from nata de coco with varying concentrations of sodium monochloroacetate (NMA). The parameters analyzed included moisture content, residual salt content (NaCl), degree of substitution (DS), solubility in water, solution viscosity, and functional group identification using FTIR spectroscopy. The results showed that increasing the addition of NMA significantly increased the DS value, which positively correlated with increased solubility and solution viscosity. CMC with the addition of 9 g of NMA showed an average moisture content of 3.73%, a degree of substitution value of 0.70, an NaCl content of 1.35%, CMC purity of 96.80%, CMC viscosity of 31.20 cPs, and a pH value of 6.84. The FTIR spectrum shows the successful substitution of the carboxymethyl group, indicated by the appearance of characteristic bands at wavenumbers 1594 cm^{-1} and 1421 cm^{-1} . These results indicate that cellulose from nata de coco can be effectively utilized to produce CMC with competitive functional characteristics.

Kata kunci— carboxymethyl cellulose; sodium monochloroacetate; bacterial cellulose; nata de coco

PENDAHULUAN

Selulosa merupakan polisakarida alami yang melimpah dan memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku biopolimer yang ramah lingkungan (Jabeen dan Atif, 2023). Salah satu bentuk selulosa murni adalah selulosa bakteri yang dapat diperoleh dari nata de coco. Selulosa jenis ini tersusun dalam jaringan nanofiber yang bebas lignin dan hemiselulosa, sehingga sangat sesuai untuk dimodifikasi menjadi turunan fungsional seperti karboksimetil selulosa (CMC) (Padmanabhan et al., 2023). Dengan demikian, bahan baku CMC ini lebih mudah diproses dibandingkan sumber selulosa lain seperti dari tanaman.

CMC merupakan eter selulosa yang banyak digunakan dalam industri pangan, farmasi, dan kosmetik sebagai pengental, stabilisator, dan agen pembentuk film. Sifat fungsional CMC sangat

dipengaruhi oleh derajat substitusi (DS) dan struktur kimianya, yang dapat dikontrol melalui proses karboksimetilasi menggunakan agen seperti natrium monokloroasetat (Singh dan Khatri, 2011). Karboksimetilasi memperkenalkan gugus karboksimetil ke dalam rantai selulosa, meningkatkan kelarutan dan viskositasnya dalam air (Rahman et al., 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik karboksimetil selulosa (CMC) yang disintesis dari selulosa nata de coco dengan variasi konsentrasi natrium monokloroasetat (NMA).

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain air kelapa dan sari jeruk nipis. Bahan lain yang digunakan yaitu glukosa, ammonium sulfat, NaOH 0,3M, NaOH 15%, aquadest, methanol 60%, methanol 80%, etanol 80%, etanol 96%, isopropil alkohol, natrium monokloroasetat (CICH₂COONa), CH₃COOH 98%, H₂SO₄, NaClO₂, indikator PP, HCL 0,3 M, HNO₃ 2 N dan 0,1 N, AgNO₃ 0,1 N, dan K₂CrO₄ 5 %. Alat yang digunakan antara lain erlenmeyer, gelas ukur, ayakan 50 mesh, oven, *food dehydrator*, pH meter, viskometer (Brookfield), tanur, cawan porselin, desikator, *hotplate stirrer*, *magnetic stirrer*, spatula, dan Fourier Transform Infra-Red (Shimadzu FTIR Tracer)

B. Cara Kerja

1. Pembuatan Nata de coco

Pembuatan nata de coco merujuk pada metoda dari Sari (2023). Sebanyak 500 ml air kelapa disaring lalu ditambahkan 50 g glukosa dan 2,5 g amonium sulfat. Campuran kemudian diaduk rata dan dipanaskan hingga mendidih. Sebanyak 2,5 ml sari jeruk nipis kemudian ditambahkan. Cairan homogen menjadi media untuk pembuatan nata de coco dan dimasukkan ke dalam wadah fermentasi. Sebanyak 50 ml starter bakteri *Acetobacter xylinum* ditambahkan. Wadah kemudian ditutup dan diinkubasi selama 14 hari untuk memperoleh nata lembaran.

2. Pembuatan selulosa bakterial

Selulosa bakterial dipersiapkan dari nata lembaran sesuai prosedur dari Sanjaya (2018) yang dimodifikasi. Nata lembaran dicuci hingga tidak ada lapisan lengket di kedua permukaannya. Lembaran tersebut kemudian dipotong dadu dan dipanaskan pada suhu 90°C selama 10 menit. Potongan nata dipisahkan dengan air menggunakan saringan lalu dikeringkan memakai *food dehydrator* pada suhu 50°C selama 28 jam. Nata kering kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 50 mesh.

3. Pembuatan CMC Nata De Coco

Proses pembuatan CMC merujuk pada Safitri et al. (2017) dengan modifikasi. Pembuatan CMC dilakukan melalui 2 proses yaitu alkalisasi dan karboksimetilasi. Pada proses alkalisasi, sebanyak 5 g selulosa nata de coco ditambahkan 100 ml isopropanol, sambil diaduk menggunakan *hotplate stirrer* 100 rpm pada suhu 30°C. selanjutnya ditambahkan 20 ml NaOH 15% tetes demi tetes selama 1 jam sambil terus diaduk. Langkah selanjutnya proses karboksimetilasi dengan menambahkan natrium monokloroasetat sesuai perlakuan yang diberikan yaitu 6 g, 7 g, 8g, 9g, dan 10 g.

Proses karboksimetilasi dilakukan dengan *hotplate stirrer* 100 rpm pada suhu 60°C selama 3 jam. Campuran hasil karboksimetilasi didinginkan sampai suhu ruang dan dinetralkan menggunakan asam asetat glasial 98% sampai pH 7. Selanjutnya disaring dan direndam dengan metanol 100 ml selama 24 jam, lalu disaring kembali. Residu dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C selama 1 jam. CMC yang telah kering dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 50 mesh.

C. Prosedur Pengamatan

Analisa yang dilakukan terhadap bahan baku antara lain kadar selulosa (TAPPI, 1990) dan holoselulosa (TAPPI, 1990). Sementara untuk CMC yang dihasilkan dilakukan analisis antara lain kadar air (Syukri, 2021), derajat substitusi (Hariyani et al., 2013), kadar NaCl (Togrul dan Arslan, 2003), tingkat kemurnian (Togrul dan Arslan, 2003), viskositas CMC 2% (Safitri et al., 2017), keasaman (pH) (Wijayani et al., 2005), kelarutan (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2014)

D. Analisis Data

Desain penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak lengkap dengan perlakuan berupa variasi penambahan natrium monokloroasetat (NMA) dengan 3 ulangan. Data yang dihasilkan dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) pada level 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Bahan Baku Nata de Coco

Nata de coco memiliki karakteristik kemurnian selulosa yang tinggi. Berbeda dengan selulosa yang berasal dari tanaman, selulosa bakterial seperti nata de coco relatif bebas dari hemiselulosa dan lignin, serta pektin (Lupaşcu et al., 2022). Selulosa berbasis tanaman memerlukan proses pre-treatment yang banyak, seperti delignifikasi, bleaching, dan hidrolisis untuk mengisolasi selulosa murni sebelum masuk pada proses derivatisasi (Suchaiya et al., 2022). Kadar holoselulosa dan kadar selulosa dari nata de coco yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis selulosa *nata de coco*.

Komponen Analisis	Rata-rata $\pm$ SD
Kadar Holoselulosa (%)	78,28 $\pm$ 1,17
Kadar Selulosa (%)	63,56 $\pm$ 0,58

Kadar holoselulosa dan selulosa yang diperoleh dari bahan baku menunjukkan potensi sebagai sumber selulosa yang memungkinkan untuk digunakan dalam modifikasi kimia seperti proses karboksimetilasi dalam pembuatan CMC. Dibandingkan dengan kadar selulosa yang diperoleh dari tanaman seperti ampas tebu (40-50%)(Alizadeh Asl et al., 2017), kapas (95%)(Rahman et al., 2021), dan bambu betung (83,8 %) (Suryadi et al., 2019), nata de coco pada bahan baku memiliki kadar selulosa yang relatif tinggi, dan berbeda dengan sumber tanaman, nata de coco tidak mengandung lignin.

B. Karakteristik CMC yang Dihasilkan

1. Kadar Air

Metode yang digunakan pada analisis kadar air ini menggunakan prinsip thermogravimetri. Hasil pengamatan analisis kadar air CMC nata de coco dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisis sidik ragam pada taraf 5% menunjukkan bahwa variasi penambahan natrium monokloroasetat pada sintesis CMC nata de coco tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air CMC nata de coco yang dihasilkan. Kadar air pada CMC nata de coco berkisar antara 3,46 – 3,80%. Hal ini sesuai dengan temuan (Syukri et al., 2025) dan (Anggrahini et al., 2017). Kadar air yang diperoleh berada di kisaran 3 %, dimana sudah sesuai dengan standar SNI pada CMC menyatakan kadar air <10%(Triasswari et al., 2022).

Tabel 2. Hasil analisis kadar air CMC

Perlakuan	Kadar air (%) (Rata-rata $\pm$ SD)
A (NMA 6 g)	3,46 $\pm$ 0,20
B (NMA 7 g)	3,63 $\pm$ 0,15
C (NMA 8 g)	3,66 $\pm$ 0,21
D (NMA 9 g)	3,73 $\pm$ 0,26
E (NMA 10 g)	3,80 $\pm$ 0,17
KK = 0,13%	

Keterangan: SD = Standar Deviasi, KK = Koefisien Keragaman, NMA = Natrium Monokloroasetat

CMC merupakan bahan yang bersifat higroskopis, sehingga mudah menyerap air dari lingkungan (Rahman et al., 2021). Hal ini berkaitan dengan keberadaan gugus karboksimetil hidrofilik ($-\text{CH}_2\text{COOH}$ atau $-\text{COO}-$) yang dimasukkan pada struktur selulosa pada proses karboksimetilasi(Tavares et al., 2020). Gugus polar ini meningkatkan interaksi antara CMC dengan molekul air. Dengan demikian, CMC perlu disimpan dalam kemasan yang tertutup rapat.

2. Derajat Substitusi

Derajat substitusi (DS) adalah parameter penting dalam melihat kualitas CMC. DS menggambarkan jumlah rata-rata gugus hidroksil yang digantikan oleh gugus karboksimetil dalam setiap unit glukosa pada rantai selulosa yang dimodifikasi menjadi CMC (Suchaiya et al., 2022). Secara teoritis, DS tertinggi adalah sebesar 3, sesuai jumlah gugus hidroksil yang dimiliki oleh glukosa. Tapi pada umumnya CMC komersial memiliki DS berkisar antara 0,4-1,5 (Casaburi et al., 2018). Hasil pengamatan analisis derajat substitusi CMC *nata de coco* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Derajat substitusi CMC *nata de coco*.

Perlakuan	Derajat Substitusi (%) (Rata-rata $\pm$ SD)
A (NMA 6 g)	0,36 $\pm$ 0,03 a
B (NMA 7 g)	0,44 $\pm$ 0,04 a b
C (NMA 8 g)	0,47 $\pm$ 0,02 b
E (NMA 10 g)	0,56 $\pm$ 0,06 c
D (NMA 9 g)	0,70 $\pm$ 0,10 d
KK = 1,8%	

Keterangan: NMA = Natrium Monokloroasetat. SD = Standar Deviasi, KK = Koefisien Keragaman, Angka-angka pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama, berbeda nyata pada taraf 5% *Duncan's New Multiple Range Test* (DMRT).

Hasil analisis sidik ragam pada taraf 5%, menunjukkan bahwa variasi penambahan NMA pada proses sintesis CMC *nata de coco* memberi pengaruh nyata terhadap nilai derajat substitusi pada CMC *nata de coco* yang dihasilkan. Nilai derajat substitusi yang dihasilkan berkisar antara 0,36 - 0,70%. Nilai derajat substitusi terendah didapatkan pada perlakuan A (NMA 6 g) sebesar 0,36%, sedangkan tertinggi didapatkan pada perlakuan D (NMA 9 g) sebesar 0,70%. Hal ini menunjukkan peningkatan keberhasilan proses karboksimetilasi seiring penambahan.

Nilai DS yang dihasilkan secara umum memenuhi karakteristik CMC komersial, kecuali pada perlakuan A (NMA 6 g). Penambahan NMA secara umum dapat meningkatkan nilai DS CMC yang dihasilkan, meskipun mengalami penurunan pada perlakuan E (NMA 10g). Hal ini sesuai dengan temuan (Rahman et al., 2021) dimana nilai DS dari CMC akan semakin meningkat seiring dengan penambahan NMA. Setelah melewati konsentrasi optimal, penambahan NMA dapat mengakibatkan penurunan nilai DS, sebagaimana yang dinyatakan oleh (Ginting et al., 2021). Peningkatan penambahan NMA memperbesar ketersediaan NMA untuk bereaksi selama proses karboksimetilasi. Namun penambahan yang berlebihan dapat menyebabkan reaksi antara NMA dengan NaOH membentuk natrium glikolat sebagai produk samping. Reaksi samping ini bersifat kompetitif, sehingga dapat menurunkan rantai polimer CMC yang terbentuk (Suchaiya et al., 2022).

Nilai DS berhubungan dengan karakteristik CMC, dan merupakan parameter inti yang menentukan kesesuaian CMC untuk digunakan dalam berbagai aplikasi. Kelarutan CMC berkorelasi langsung dengan nilai DS. Secara umum, CMC dengan nilai DS $>0,4$ akan larut sempurna di dalam air (Rahman et al., 2021). Peningkatan nilai DS juga dapat meningkatkan viskositas produk yang ditambahkan CMC (Alizadeh Asl et al., 2017).

3. Kadar NaCl

NaCl adalah produk samping dari reaksi karboksimetilasi yang terlahir selama pembentukan (Ginting et al., 2021). Hasil pengamatan analisis kadar NaCl pada CMC *nata de coco* dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil sidik ragam pada taraf 5%, menunjukkan bahwa penambahan variasi natrium monokloroasetat pada sintesis CMC *nata de coco* memberi pengaruh nyata terhadap kadar NaCl pada CMC yang dihasilkan. Rentang kadar NaCl yang dihasilkan pada CMC *nata de coco* pada perlakuan NMA 6 gram hingga 10 gram berkisar antara 0,80-1,67%

Tabel 4. Kadar NaCl pada CMC *nata de coco*.

Perlakuan	Kadar NaCl (%) (Rata-rata $\pm$ SD)
A (NMA 6 g)	0,80 $\pm$ 0,12 a
B (NMA 7 g)	0,99 $\pm$ 0,14 b
C (NMA 8 g)	1,32 $\pm$ 0,08 c
D (NMA 9 g)	1,35 $\pm$ 0,05 c
E (NMA 10 g)	1,67 $\pm$ 0,10 d
KK = 1,70%	

Keterangan: NMA = Natrium Monokloroasetat. SD = Standar Deviasi, KK = Koefisien Keragaman, Angka-angka pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama, berbeda nyata pada taraf 5% *Duncan's New Multiple Range Test* (DMRT).

Hasil Penelitian ini sesuai dengan temuan (Ginting et al., 2021) dengan bahan baku tepung biji durian, di mana ditemukan kadar NaCl mencapai 7% pada CMC yang dihasilkan. Penambahan NMA yang berlebihan dapat menyebabkan terbentuknya NaCl dalam jumlah yang besar (Syukri et al., 2025). NMA yang ditambahkan harus seimbang dengan NaOH yang diberikan agar nilai DS yang diperoleh optimal.

NaCl dianggap pengotor dalam CMC, dan tidak diinginkan untuk CMC yang digunakan dalam bidang pangan dan farmasi (Rahman et al., 2021). Kadar NaCl yang diperoleh pada penelitian ini relatif lebih rendah, yang menunjukkan bahwa proses pencucian sudah relatif baik. Dalam konteks penggunaan CMC di luar bidang tersebut, seperti pada industri deterjen, pengeboran minyak, dan kertas, dimana hanya membutuhkan CMC kasar (Casaburi et al., 2018), maka CMC yang dihasilkan tidak membutuhkan kadar NaCl yang rendah.

4. Tingkat Kemurnian

Tingkat kemurnian CMC berkaitan dengan adanya bahan pengotor di dalamnya. Bahan yang termasuk dalam pengotor dalam pembuatan CMC antara lain natrium glikolat, NaCl, kelebihan alkali yang tidak bereaksi, atau selulosa yang tidak bereaksi (Rahman et al., 2021). Tingkat kemurnian dari CMC *nata de coco* pada berbagai variasi penambahan natrium monokloroasetat dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Kemurnian CMC *nata de coco*.

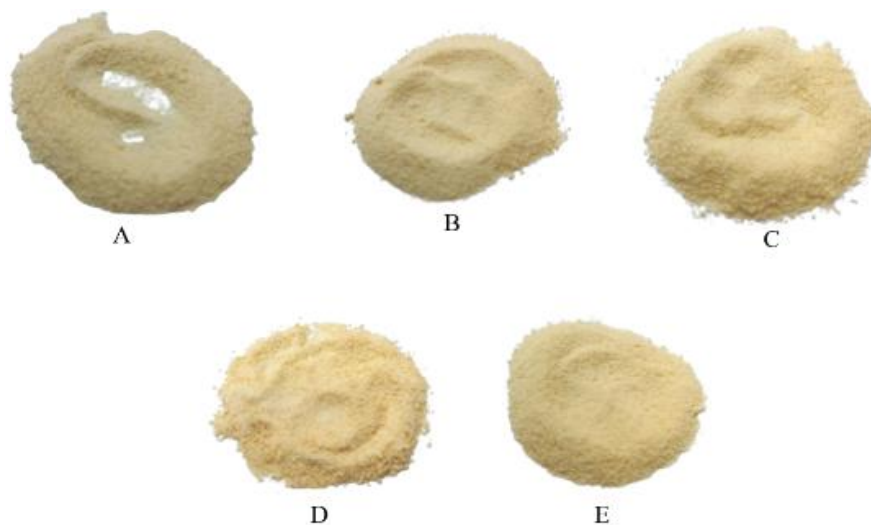
Perlakuan	Kemurnian CMC (%) (Rata-rata $\pm$ SD)
A (NMA 6 g)	89,97 $\pm$ 0,20 a
B (NMA 7 g)	91,84 $\pm$ 0,09 b
C (NMA 8 g)	94,34 $\pm$ 0,37 c
E (NMA 10 g)	96,03 $\pm$ 0,16 d
D (NMA 9 g)	96,80 $\pm$ 0,20 e
KK = 0,06%	

Keterangan: NMA = Natrium Monokloroasetat. SD = Standar Deviasi, KK = Koefisien Keragaman, Angka-angka pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama, berbeda nyata pada taraf 5% *Duncan's New Multiple Range Test* (DMRT).

Hasil sidik ragam pada taraf 5% menunjukkan bahwa pada proses sintesis CMC *nata de coco* penambahan NMA memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kemurnian CMC yang diperoleh. Berdasarkan Tabel 6, kemurnian CMC *nata de coco* dengan penambahan NMA 6 gram hingga 10 gram berkisar antara 89,97-96,80%. Tingkat kemurnian semakin tinggi seiring dengan penambahan NMA, namun mengalami penurunan pada perlakuan E (NMA 10 g).

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian (Syukri et al., 2025) yang memperoleh CMC kemurnian 95,96% dari tanaman pimbing menggunakan penambahan NMA 8 g. Penelitian lainnya yang menggunakan bahan biji salak pondoh dengan penambahan NMA sebesar 5 g juga menghasilkan kemurnian mencapai 90,86% (Anggrahini et al., 2017). Adapun CMC komersial memiliki tingkat kemurnian mencapai 99,5% (Casaburi et al., 2018).

Kemurnian CMC dapat pula diamati dari warna CMC yang dihasilkan. Gambar CMC nata decoc yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1. Semakin terang warna CMC yang dihasilkan, maka semakin murni CMC tersebut.



Gambar 1. CMC *nata de coco* dalam berbagai perlakuan (A.(NMA 6 g); B. (NMA 7 g); C .(NMA 8 g); D. (NMA 9 g); E (NMA 10 g)

5. Viskositas CMC nata de coco 2%

Viskositas merupakan karakteristik CMC yang mempengaruhi fungsionalitas dan kecocokan CMC untuk diaplikasikan dalam beragam produk. CMC membentuk larutan kental dalam media cair karena kelarutan airnya yang tinggi (Rahman et al., 2021). Hasil pengamatan analisis viskositas CMC *nata de coco* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Viskositas larutan CMC 2%

Perlakuan	Viskositas (cPs) (Rata-rata $\pm$ SD)
A (NMA 6 g)	14,76 $\pm$ 1,16 a
B (NMA 7 g)	16,85 $\pm$ 0,22 b
C (NMA 8 g)	18,79 $\pm$ 0,03 c
E (NMA 10 g)	26,31 $\pm$ 0,47 d
D (NMA 9 g)	31,20 $\pm$ 0,60 e
KK = 0,33%	

Keterangan: NMA = Natrium Monokloroasetat. SD = Standar Deviasi, KK = Koefisien Keragaman, Angka-angka pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama, berbeda nyata pada taraf 5% *Duncan's New Multiple Range Test* (DMRT).

Hasil analisis sidik ragam pada taraf 5% menunjukkan bahwa variasi penambahan natrium monokloroasetat memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai viskositas dari CMC nata de coco. Nilai viskositas dari CMC nata de coco pada perlakuan A (NMA 6 g) hingga E (NMA 10 g) yaitu 14,76 - 31,20 cPs. Hasil viskositas yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah dari pimpling (250 – 300 cPs) (Syukri et al., 2025), namun lebih tinggi dari biji salak pondoh (3,86 cPs) (Anggrahini et al., 2017), dan tidak jauh berbeda dengan bambu betung (20,8 cPs) (Suryadi et al., 2019).

Viskositas CMC dipengaruhi oleh derajat substitusi CMC. Viskositas akan meningkat seiring dengan naiknya DS dari CMC. Hal ini karena gugus karboksimetil hidrofilik membuat polimer CMC memasukkan lebih banyak air ke dalamnya (Alizadeh Asl et al., 2017). Semakin tinggi DS, maka semakin tinggi penyerapan air oleh CMC. Viskositas larutan CMC seiring dengan DS pada temperatur yang sama (Rachtanapun et al., 2021). Adapun DS, dipengaruhi secara signifikan oleh jumlah NMA yang ditambahkan selama sintesis (Casaburi et al., 2018).

Penambahan NMA yang berlebihan akan menurunkan DS, sehingga viskositas CMC yang diperoleh juga akan ikut berkurang. Hal ini juga berkaitan dengan penurunan kemurnian CMC yang diperoleh, karena penambahan yang berlebihan akan meningkatkan produksi hasil samping seperti NaCl. Secara tidak langsung ini akan mempengaruhi viskositas CMC yang diperoleh, sebagaimana penjelasan dari (Syukri et al., 2025).

6. Keasaman (pH)

pH CMC merupakan karakteristik yang dipengaruhi oleh struktur kimia CMC dan kondisi saat sintesa. pH CMC juga mempengaruhi bisa tidaknya CMC tersebut digunakan untuk berbagai kebutuhan (Syukri et al., 2025). Hasil pengamatan analisis pH CMC *nata de coco* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. pH pada CMC *nata de coco*.

Perlakuan	pH (Rata-rata $\pm$ SD)
A (NMA 6 g)	6,11 $\pm$ 0,20 a
B (NMA 7 g)	6,44 $\pm$ 0,10 b
C (NMA 8 g)	6,82 $\pm$ 0,03 c
D (NMA 9 g)	6,84 $\pm$ 0,21 c
E (NMA 10 g)	7,69 $\pm$ 0,11 d
KK = 0,40%	

Keterangan: NMA = Natrium Monokloroasetat. SD = Standar Deviasi, KK = Koefisien Keragaman, Angka-angka pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama, berbeda nyata pada taraf 5% *Duncan's New Multiple Range Test* (DMRT).

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam pada taraf 5% menunjukkan bahwa variasi penambahan natrium monokloroasetat pada CMC *nata de coco* memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pH yang dihasilkan. Nilai pH yang dihasilkan CMC *nata de coco* pada perlakuan NMA 6 gram hingga 10 gram berkisar antara 6,11-7,69. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan pH CMC komersial yaitu 6,93 (Suryadi et al., 2019). Dari kisaran pH yang diperoleh diketahui bahwa pH CMC yang dihasilkan adalah mendekati pH netral.

7. Kelarutan

Hasil uji kelarutan CMC *nata de coco* dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan hasil pada Tabel 8, kelarutan CMC *nata de coco* pada semua perlakuan menunjukkan hasil yang sama, yaitu CMC *nata de coco* larut dalam air, namun tidak dapat larut pada pelarut n-heksan, etil asetat dan etanol 96%.

Tabel 8. Kelarutan CMC *nata de coco* dalam berbagai pelarut.

Perlakuan	Kelarutan			
	Air	n-heksan	Etil asetat	Etanol 96%
A (NMA 6 g)	+	-	-	-
B (NMA 7 g)	+	-	-	-
C (NMA 8 g)	+	-	-	-
D (NMA 9 g)	+	-	-	-
E (NMA 10 g)	+	-	-	-

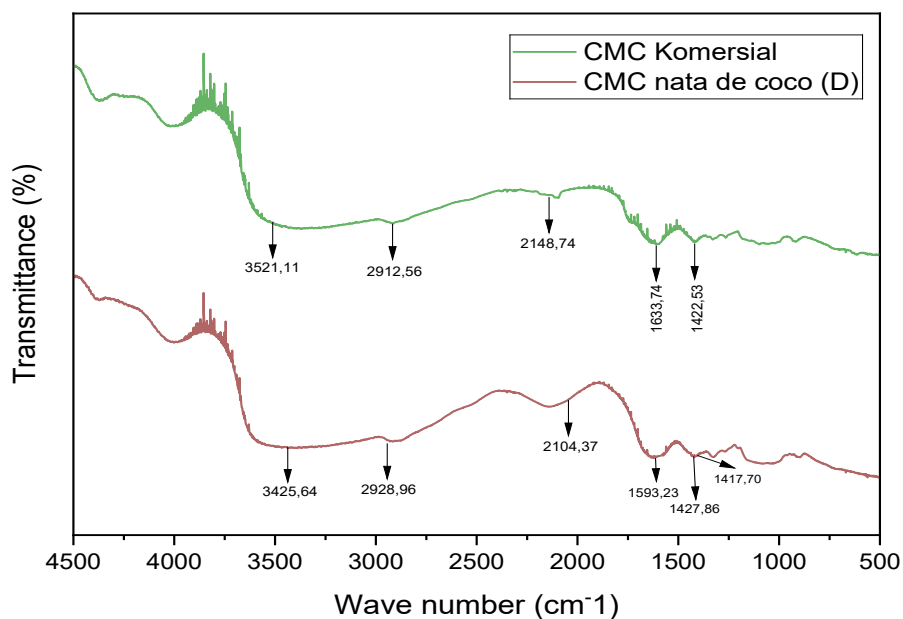
Keterangan: Tanda (+) = CMC dapat larut dengan sempurna, Tanda (-) = CMC tidak dapat larut dengan sempurna dan masih ada endapan setelah pengadukan

CMC dikenal sebagai derivat selulosa yang dapat larut di dalam air (El-Saied et al., 2016). Kelarutan CMC dalam air dipengaruhi oleh derajat substitusi CMC (Rahman et al., 2021). Semakin besar DS, maka kelarutan CMC akan semakin tinggi. Namun demikian, CMC dengan DS melebihi 0,4 sudah larut dengan sempurna di dalam air. Kelarutan negatif pada pelarut organik seperti N-heksan, etil acetate, dan etanol 965 telah sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu CMC dari

pimping (Syukri et al., 2025). CMC dari tanaman pimping diketahui juga tidak larut pada ketiga pelarut organik tersebut, dan meninggalkan endapan saat dilarutkan.

8. Analisis FTIR CMC komersial dan produk terbaik

Fourier Transform Infrared (FTIR) *spectroscopy* merupakan teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis struktur kimia, gugus fungsional, dan ikatan kimia dalam CMC, yang berperan besar dalam mengkonfirmasi proses karboksimetilasi selulosa menjadi CMC. Spektrum FTIR CMC komersial dan CMC nata de coco dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektrum FTIR CMC komersial dan CMC *nata de coco*

CMC memiliki gugus fungsi yang sama dengan selulosa seperti gugus hidroksil (-OH) dan hidrokarbon (C-H). Terbentuknya CMC ditunjukkan dengan kemunculan puncak yang mewakili gugus karboksimetil (-CH₂COONa). Konfirmasi struktural CMC yang disintesis dari nata de coco (Perlakuan D) dilakukan menggunakan spektroskopi FTIR dan dibandingkan dengan CMC komersial. Spektrum FTIR kedua sampel menunjukkan puncak karakteristik CMC, yang mengindikasikan keberhasilan modifikasi kimia selulosa.

Puncak serapan lebar dapat diamati pada bilangan gelombang 3425,64 cm⁻¹ dalam CMC yang disintesis sesuai dengan vibrasi gugus O-H *stretching*, yang merupakan ciri khas gugus -OH dalam molekul selulosa (Suchaiya et al., 2022). Puncak ini tampak sedikit lebih lebar tetapi kurang intens dibandingkan dengan selulosa bakteri, karena gugus hidroksil sebagian digantikan oleh gugus karboksimetil. Absorpsi pada bilangan gelombang 2928,96 cm⁻¹ mewakili vibrasi C-H *stretching* dari gugus -CH₂ alifatik (Tavares et al., 2020). Ini umum terlihat pada selulosa asli maupun modifikasi, tetapi puncaknya meningkat dengan adanya rantai samping yang terikat eter, mendukung keberhasilan substitusi gugus karboksimetil. Puncak yang relatif kuat dan berbeda terlihat pada bilangan gelombang 2104,37 cm⁻¹, yang kemungkinan tumpang tindih dengan kontribusi dari beberapa mode vibrasi, yang diperkirakan merupakan produk samping dari proses produksi CMC, dan kombinasi ikatan CMC dengan air (Abdullaevich & Abdukhalilovich, 2020).

Puncak yang menunjukkan keberhasilan proses karboksimetilasi adalah gugus karbonil (C=O) *stretching* di sekitar bilangan gelombang 1593,23 cm⁻¹. Kemudian puncak pada bilangan gelombang 1427,86 menunjukkan adanya gugus karboksilat (-COO⁻), yang mengkonfirmasi eterifikasi tulang punggung selulosa (Alizadeh Asl et al., 2017). Puncak serapan pada bilangan gelombang 1421,28 cm⁻¹ sesuai dengan vibrasi CH₂ *scissoring* dan peregangan simetris (*symetric stretching*) gugus karboksilat. Selain itu, keberadaan vibrasi O-Na sering terdeteksi di sekitar 1417,70 cm⁻¹, yang selanjutnya mengkonfirmasi bahwa produk yang disintesis ada dalam bentuk garam natrium (Na-CMC) (Suryadi et al., 2019). Perbandingan spektrum FTIR pada CMC komersial dengan CMC nata

de coco menunjukkan bahwa proses pembuatan CMC dari nata de coco telah berhasil memperoleh CMC yang diinginkan, dimana telah terkonfirmasi munculnya gugus fungsi karbonil (-C=O), karboksil (COO-), dan eter (O-Na).

KESIMPULAN

Variasi penambahan natrium monokloroasetat berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap derajat substitusi, kadar NaCl, kemurnian CMC, viskositas CMC, dan nilai pH CMC, namun tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air. Penambahan natrium monokloroasetat sebesar 9 gram memiliki karakteristik optimal dibandingkan perlakuan lainnya, yaitu dengan rata-rata kadar air 3,73%, nilai derajat substitusi 0,70, kadar NaCl 1,35%, kemurnian CMC 96,80%, viskositas CMC 31,20 cPs, dan nilai pH 6,84. Analisis FTIR menunjukkan adanya gugus karbonil (C=O) stretching di sekitar bilangan gelombang $1593,23\text{ cm}^{-1}$, dan gugus karboksilat (-COO^-) pada bilangan gelombang $1427,86$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Universitas Andalas sesuai dengan Kontrak Penelitian Skema Penelitian Skripsi Sarjana (PSS) Batch I Nomor: 220/UN16.19/PT.01.03/PSS/2024 Tahun Anggaran 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullaevich, Y. S., & Abdukhalilovich, S. A. (2020). Low And Highly Substituted Carboxymethyl Cellulose Synthesis From Powdered And Microcrystalline Cellulose. *The American Journal of Applied Sciences*, 02(10), 83–96. <https://doi.org/10.37547/tajas/Volume02Issue10-13>
- Alizadeh Asl, S., Mousavi, M., & Labbafi, M. (2017). Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Sugarcane Bagasse. *Journal of Food Processing & Technology*, 08(08). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000687>
- Anggrahini, S., Marseno, W., Setiyoko, A., & Wahyuningtyas, A. (2017). *Carboxymethyl Celulose (CMC) From Snake Fruit (Salaca edulis Reinw) Kernel of "Pondoh Super": Synthesis and Characterization* (Vol. 14, Issue 2). <http://journal.ugm.ac.id/ifnp>
- Casaburi, A., Montoya Rojo, Ú., Cerrutti, P., Vázquez, A., & Foresti, M. L. (2018). Carboxymethyl cellulose with tailored degree of substitution obtained from bacterial cellulose. *Food Hydrocolloids*, 75, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.002>
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia.(2014). Farmakope Indonesia Edisi V. Jakarta: Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan.
- El-Saied, H., Basta, A. H., El-Sheikh, H., Abdel-Shakour, E. H., AEl-Henawy, A., El-Deftar, M. M., & Hasanin, M. S. (2016). OF ADVANCED RESEARCH Comparative Studies on CMC-Produced from Non-and Woody Lignocellulosic in Production of Biological Active Materials. *International Journal of Advanced Research*, 4(7), 1817–1829. <https://doi.org/10.21474/IJAR01>
- Ginting, M., Utama, A., Muhammad, H., Maulida, & Tambun, R. (2021). Carboxymethyl cellulose synthesis from durian seed flour: The effect of sodium chloroacetate variation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1122(1), 012094. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1122/1/012094>
- Hariani, R., Prayitno, A., & Bahrudin, B. (2020). Pembuatan Carboxymethyl Cellulose (CMC) Dari Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Sains Dan Ilmu Terapan*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.59061/jsit.v3i1.13>
- Jabeen, N. dan Atif, M. (2023). Polysaccharides based biopolymers for biomedical applications: a review. *Polymers for Advanced Technologies*, 35(1). <https://doi.org/10.1002/pat.6203>

- Lupaşcu, R. E., Ghica, M. V., Dinu-Pîrvu, C. E., Popa, L., Velescu, B. Ştefan, & Arsene, A. L. (2022). An Overview Regarding Microbial Aspects of Production and Applications of Bacterial Cellulose. In *Materials* (Vol. 15, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ma15020676>
- Padmanabhan, S. K., Lamanna, L., Friuli, M., Sannino, A., Demitri, C., & Licciulli, A. (2023). Carboxymethylcellulose-based hydrogel obtained from bacterial cellulose. *Molecules*, 28(2), 829. <https://doi.org/10.3390/molecules28020829>
- Rachtanapun, P., Jantrawut, P., Klunklin, W., Jantanasakulwong, K., Phimolsiripol, Y., Leksawasdi, N., Seesuriyachan, P., Chaiyasao, T., Insomphun, C., Phongthai, S., Sommano, S. R., Punyodom, W., Reungsang, A., & Ngo, T. M. P. (2021). Carboxymethyl bacterial cellulose from nata de coco: Effects of NaOH. *Polymers*, 13(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/polym13030348>
- Rahman, M. S., Hasan, M. S., Nitai, A. S., Nam, S., Karmakar, A. K., Ahsan, M. S., Shiddiky, M. J. A., & Ahmed, M. B. (2021). Recent developments of carboxymethyl cellulose. In *Polymers* (Vol. 13, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/polym13081345>
- Safitri, D., Rahim, E. A., Prismawiryanti, P., & Sikanna, R. 2017. Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) Dari Selulosa Kulit Durian (Durio zibethinus). *Kovalen*, 3(1), 58. <https://doi.org/10.22487/j24775398.2017.v3.i1.8234>
- Sanjaya, M. 2018. Pengaruh Konsentrasi Asam Trikloroasetat Dalam Proses Karboksimetilasi Terhadap Karakteristik CMC (Carboxymethyl Cellulase) Dari Limbah Padat Nata De Coco. (Skripsi Sarjana, Universitas Andalas).
- Sari, R. S. (2023). Efektivitas Sari Jeruk Lemon (Citrus limon L.) Sebagai Pengganti Cuka dan Pemberi Aroma Terhadap Karakteristik Nata De Katul. (Skripsi Sarjana, Universitas Andalas).
- Singh, R. dan Khatri, O. P. (2011). A scanning electron microscope based new method for determining degree of substitution of sodium carboxymethyl cellulose. *Journal of Microscopy*, 246(1), 43-52. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.2011.03583.x>
- Suchaiya, V., Choochouy, N., Chokboribal, J., Khammee, T., Nueangnun, K., & Jaroennon, P. (2022). Effects of Reaction Time on Degree of Substitution, Yield and Morphology of Carboxymethyl Cellulose from Banana Peel. *Journal of Physics: Conference Series*, 2175(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2175/1/012033>
- Suryadi, H., Sutriyo, & Fauziah, G. (2019). Characterization sodium carboxymethyl cellulose from alpha cellulose betung bamboo (dendrocalamus asper). *Pharmacnosy Journal*, 11(5), 894–900. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.143>
- Syukri, D. (2021). Bagan Alir Analisis Proksimat Bahan Pangan (Volumetri dan Gravimetri). Universitas Andalas.
- Syukri, D., Suryanto, H., Faridah, A., Refdi, C. W., Diliarosta, S., Rini, Rahmi, I. D., Fiana, R. M., Saputra, A., & Annisa Rahmi, Z. J. (2025). Fabrication of Carboxymethyl Cellulose (CMC) Derived from Themeda Gigantea Cellulose with Various Concentrations of Sodium Monochloroacetate. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 25(1), 104–114. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2025.104.114>
- TAPPI. (1990). TAPPI Test Methods. Atlanta. TAPPI Press.
- Tavares, K. M., Campos, A. de, Luchesi, B. R., Resende, A. A., Oliveira, J. E. de, & Marconcini, J. M. (2020). Effect of carboxymethyl cellulose concentration on mechanical and water vapor barrier properties of corn starch films. *Carbohydrate Polymers*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116521>
- Toğrul, H., & Arslan, N. 2003. Production Of Carboxymethyl Cellulose From Sugar Beet Pulp Cellulose And Rheological Behaviour Of Carboxymethyl Cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 54(1), 73-82. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(03\)00147-4](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(03)00147-4)

- Triasswari, N. P. M., Arnata, I. W., & Sedana, I. (2022). Karakteristik Karboksimetil Selulosa dari Onggok Singkong pada Variasi Konsentrasi Natrium Hidroksida dan Asam Trikloroasetat. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 10(3), 302–311. <https://doi.org/10.24843/JRMA.2022.v10.i03.p07>
- Wijayani, A. Khoirul U. Siti T. (2005). Karakterisasi Carboxymethyl cellulase (CMC) dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*), Indonesian Journal of Chemistry, 5(3):228-231. <https://doi.org/10.22146/ijc.21795>