

# Pembuatan Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Pelepah Kelapa Sawit

Razita Hariani<sup>1,\*</sup>, Adhy Prayitno<sup>2</sup>, Bahruddin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

<sup>2</sup>Laboratorium Pengukuran dan Metrologi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

Email: [ira\\_azzahra@yahoo.com](mailto:ira_azzahra@yahoo.com)

**Abstrak—** Pelepah kelapa sawit mempunyai kandungan selulosa sebesar 40,96%. Selulosa merupakan bahan baku utama sintesis karboksi metil selulosa (CMC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi optimum sintesis CMC dari pelepah kelapa sawit menggunakan *Response Surface Methodology (RSM)*. Sintesis CMC terdiri dari dua tahap yaitu alkalisasi dan eterifikasi. Faktor yang diteliti pada penelitian ini adalah rasio Natrium Monokloroasetat (NaMCA) : selulosa, dan waktu eterifikasi. Respon yang dioptimasi pada CMC yang dihasilkan adalah derajat substitusi (DS), viskositas, pH dan kemurnian. Kondisi optimum sintesis CMC dari selulosa pelepah kelapa sawit didapatkan pada berat NaMCA 8 g dan waktu eterifikasi 4 jam. Hasil dari perhitungan RSM menunjukkan CMC dengan kondisi optimum memiliki nilai DS sebesar 0,81, viskositas 5,72 cP, pH 7,67 dan kemurnian 99,56% sedangkan uji verifikasi menunjukkan nilai DS sebesar 0,83, viskositas 5,81 cP, pH 7,56 dan kemurnian 99,67%.

**Kata kunci—** CMC, Optimasi, Pelepah kelapa sawit, RSM, Sintesis

## I. PENDAHULUAN

Luas perkebunan sawit Indonesia pada tahun 2018 mencapai 14 juta ha. Riau merupakan provinsi dengan areal kelapa sawit terluas yaitu 2,4 juta ha (Dirjen Perkebunan, 2018). Lahan sawit yang luas akan menghasilkan limbah perkebunan yang cukup banyak, diantaranya pelepah kelapa sawit. Salah satu usaha yang telah dilakukan untuk memanfaatkan pelepah kelapa sawit adalah menjadikannya sebagai campuran pakan ternak.

Pemanfaatan tersebut masih bersifat terbatas, ditinjau dari sisi aplikasi dan nilai ekonominya. Pelepah kelapa sawit mengandung selulosa lebih dari 40% (Mulyani dan Sofyana, 2007). Kadar selulosa yang cukup tinggi tersebut merupakan suatu potensi bahwa pelepah kelapa sawit dapat diolah lebih lanjut menjadi suatu produk yang lebih bernilai ekonomi tinggi dan bermanfaat dalam berbagai aplikasi, salah satunya dengan pembuatan carboxymethyl cellulose (CMC).

Carboxymethyl cellulose (CMC) banyak digunakan pada berbagai industri, seperti industri makanan, farmasi, detergen, tekstil dan produk kosmetik sebagai pengental, penstabil emulsi atau suspensi dan bahan pengikat pangan, kimia, perminyakan, pembuatan kertas serta bangunan (Wijayani dkk., 2005). Khusus bidang pangan, CMC dimanfaatkan sebagai *stabilizer*, *thickener*, *adhesiver*, dan *emulsifier*. Contoh aplikasinya adalah pada pemrosesan selai, es krim, minuman, saus dan sirup. Pemanfaatannya yang sangat luas, mudah digunakan serta harganya yang murah, menjadikan CMC sebagai salah satu zat yang diminati (Wayan, 2009).

Penelitian dilakukan dengan tahapan isolasi selulosa, sintesis CMC dan karakterisasi CMC. Pelepah sawit akan diisolasi selulosanya kemudian disintesis menjadi CMC. Sintesis CMC meliputi alkalisasi dan eterifikasi. Alkalisasi terjadi perubahan dari selulosa menjadi alkali selulosa, dilakukan dengan menggunakan NaOH, dengan tujuan

mengaktifkan gugus-gugus molekul selulosa. Mengembangkannya selulosa ini akan memudahkan difusi reagen eterifikasi yaitu natrium monokloroasetat (NaMCA). Pada eterifikasi, gugus hidroksil dari selulosa disubstitusi oleh gugus karboksi metil (Heinze dan Pfeiffer, 1999).

Proses sintesis ini menentukan karakter CMC yang diperoleh sehingga pada penelitian ini dilakukan variasi rasio NaMCA : selulosa dan waktu eterifikasi untuk mempelajari pembuatan dan karakteristik CMC yang dihasilkan. Metode *Response Surface Methodology (RSM)* dengan bantuan *software Design Expert v10.0.1* digunakan untuk mencari nilai optimum dari variabel proses yang digunakan untuk menghasilkan karakteristik CMC yang sesuai dalam penggunaannya di industri.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan yaitu pelepah kelapa sawit yang diperoleh dari kebun Politeknik Kampar, ditepungkan dengan ukuran 60 mesh, NaOH (teknis), NaCl (Merck), Asam asetat (Merck), NaOCl (teknis), Na Metabisulfit (Merck), Air suling, Isopropanol (Brataco Chemical), Natrium Monokloroasetat (Merck), Methanol (Merck), Etanol, Asam Nitrat 2M (Merck), Asam Klorida 0,3 N (Merck), NaOH 0,5 N (Merck), AgNO<sub>3</sub> 0,1 N (Merck), Indikator PP (Merck), Indikator K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (Merck).

### Metode

#### Isolasi Selulosa

Isolasi selulosa dilakukan dengan tahap awal penepungan pelepah kelapa sawit. Penepungan pelepah kelapa sawit dimulai dengan pemotongan dan pengeringan pelepah. Pengeringan dilakukan sampai tekstur potongan pelepah kelapa sawit menjadi keras. Setelah dikeringkan, potongan pelepah kelapa sawit kering kemudian

dihancurkan dengan menggunakan mesin penggiling dan selanjutnya dilakukan pengayakan dengan ukuran 60 mesh.

Tepung pelepah sawit seberat 25 g dimasak dengan 500 mL larutan NaOH 15% (b/v), suhu 100 °C selama 3 jam yang bertujuan untuk melarutkan komponen non selulosa. Padatan yang tertinggal kemudian dilakukan pencucian dengan air bersih sehingga bebas dari sisa NaOH, kemudian disaring. Hasil yang disaring ditambahkan 10 gram NaCl dan 35 mL asam asetat 10%. Dilakukan proses pencucian dan padatan yang tertinggal dilakukan *bleaching* dengan 500 mL larutan NaOCl 6% dan 500 mL larutan Na metabisulfat 3% (b/v) pada suhu 60 °C dengan lama pemasakan masing-masing 3 jam, kemudian pencucian dengan air bersih sampai ampas (selulosa) yang diperoleh tidak berbau hipoklorit. Selulosa yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dengan pengering kabinet dengan suhu 50 °C.

### Sintesis CMC

Tepung selulosa pelepah sawit sebanyak 5 g, ditambahkan dengan 100 mL isopropanol dan dialkalisasi dengan 20 mL larutan NaOH 15%. Campuran tersebut kemudian digoyang dalam *waterbath shaker* pada suhu 25 °C selama 1 jam. Setelah dilakukan alkalisasi kemudian dilakukan proses karboksimetilasi dengan menambahkan NaMCA sebanyak 4, 5, 6, 7, 8 gram (penambahan massa (gram) sesuai rancangan komposit pusat). Proses ini dilakukan dalam *waterbath* yang dilengkapi dengan *shaker* selama waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 jam pada suhu 55 °C. Selanjutnya dilakukan penetralan dengan asam asetat dan digunakan indikator PP untuk mengetahui tercapainya kondisi netral pada pH 7. Setelah *slurry* tersebut netral maka dilakukan pencucian dengan larutan alkohol 96%. Padatan yang diperoleh dari hasil penyaringan kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 60 °C. Padatan yang kering kemudian dilakukan penepungan dengan menggunakan blender sehingga diperoleh tepung CMC.

### Rancangan Percobaan

Data yang diperoleh dari penelitian ini akan diproses menggunakan metode RSM dengan model *central composite design* (CCD) menggunakan *software Design Expert v10.0.1*. RSM merupakan suatu metode gabungan antara teknik matematika dan teknik statistik yang digunakan dalam pemodelan dan menganalisa suatu respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas dengan tujuan untuk mengoptimalkan respon tersebut (Montgomery, 2009). CCD adalah rancangan percobaan berbasis desain faktorial, yang dapat mengestimasi model kuadratik untuk setiap respon. Respon yang didapatkan dilakukan optimasi variabel proses menggunakan *desirability function*.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk CMC yang dihasilkan diuji dengan parameter meliputi uji kadar air, derajat substitusi, viskositas, pH, kadar NaCl dan kemurnian. Pengujian yang dilakukan terhadap produk berdasarkan SNI 06-3736-1995. Hasil pengujian terhadap sampel CMC dibandingkan dengan SNI terdapat pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1.** Perbandingan hasil uji sampel CMC dengan SNI

No	Parameter Uji	SNI 06-3736-1995		CMC Sampel
		Mutu I	Mutu II	
1	Derajat Substitusi	0,7 – 1,2	0,4 – 1,0	0,82
2	Viskositas (cP)	≥ 25	–	5,5
3	pH	6 – 8	6 – 8,5	7,5
4	Kemurnian (%)	99,5	65	99,6

Dari hasil pengujian laboratorium bahwa CMC yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar kecuali viskositas yang masih dibawah standar  $\geq 25$ .

**Tabel 3.2** Hasil Pengujian CMC

No	Natural Variabels		Responses			
	Rasio	Waktu (jam)	Y1	Y2 (cP)	Y3	Y4 (%)
1	0,8	3	0,70	4	8,4	98,7
2	1	2	0,72	3,7	8,2	99,0
3	1	4	0,76	4,9	8,0	99,2
4	1,2	1	0,72	3,5	8,4	98,8
5	1,2	3	0,77	4,7	8,0	99,1
6	1,2	3	0,75	4,1	8,1	99,2
7	1,2	3	0,75	4,9	8,2	99,0
8	1,2	3	0,76	4,3	8,2	99,1
9	1,2	3	0,80	4,8	8,2	99,2
10	1,2	5	0,80	5,5	7,8	99,3
11	1,4	2	0,72	4,9	8,0	99,2
12	1,4	4	0,82	5,5	7,5	99,6
13	1,6	4	0,75	5,0	8,0	99,3

Y1 = Derajat Substitusi

Y2 = Viskositas (cP)

Y3 = pH

Y4 = Kemurnian (%)

Tabel 3.2 menunjukkan hasil pengujian karakteristik CMC yang didapatkan pada penelitian ini. Karakteristik terbaik didapat pada penambahan 7 gram NaMCA dan waktu eterifikasi 4 jam. Untuk derajat substitusi yaitu sebesar 0,82. Derajat substitusi cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah NaMCA dan waktu eterifikasi. Viskositas CMC tertinggi sebesar 5,5 cP. Nilai ini masih dibawah nilai standar sebesar  $\geq 25$ . pH terbaik yaitu 7,5. pH yang diperoleh masih ada yang diatas standar mutu I yaitu 8,0. Hal ini diduga diakibatkan tingginya konsentrasi NaOH yang dipakai pada proses sintesis. Kemurnian terbaik yaitu 99,6%. Kemurnian ini sudah sesuai dengan SNI untuk mutu I sehingga bisa digunakan untuk produk pangan. Analisa FTIR dilakukan pada sampel dengan karakteristik terbaik yaitu penambahan NaMCA 7 gram dan waktu eterifikasi 4 jam.

Derajat substitusi menentukan kelarutan CMC. Derajat substitusi adalah jumlah rata-rata gugus per anhidroglukosa unit yang disubstitusikan oleh gugus lain. Selulosa mempunyai 3 gugus hidroksil pada setiap anhidroglukosa yang dapat disubstitusi. Gugus hidroksil pada selulosa disubstitusikan dengan gugus karboksimetil dari natrium monokloroasetat. Ditinjau dari segi kualitas, semakin besar harga derajat substitusi maka kualitas CMC semakin baik karena berarti kelarutannya dalam air semakin besar.

Nilai derajat substitusi yang dihasilkan berkaitan erat dengan peran media reaksi, reagen alkalisasi, reagen karboksimetilasi dan waktu eterifikasi. Pengaruh media reaksi yang digunakan dilihat dari nilai polaritas pelarut. Media reaksi dengan polaritas kecil akan meningkatkan laju reaksi pembentukan CMC (Pitaloka 2015). Togrul dan Arslan (2003) mengatakan kelebihan NaOH akan bereaksi dengan NaMCA membentuk natrium klorida dan natrium glikolat sebagai produk samping sehingga pembentukan CMC berkurang. Semakin banyak produk samping yang terbentuk akan menurunkan derajat substitusi dari CMC.

Fungsi penambahan NaMCA akan berpengaruh terhadap substitusi dari unit anhidroglukosa pada selulosa. Bertambahnya jumlah alkali yang digunakan akan mengakibatkan naiknya jumlah garam monokloroasetat yang terlarut, sehingga mempermudah dan mempercepat difusi garam monokloroasetat kedalam pusat reaksi yaitu gugus hidroksil.

Dari tabel juga terlihat semakin lama waktu eterifikasi maka nilai DS semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu eterifikasi akan meningkatkan kesempatan terjadinya reaksi substitusi antara gugus hidroksil dengan gugus karboksimetil. Pada waktu tersebut reaksi berlangsung secara efektif sehingga kontak yang lebih baik antara agen eterifikasi dengan selulosa dan molekul karboksimetil selulosa terbentuk secara sempurna (Melisa 2014).

Nilai DS mencapai nilai maksimum pada waktu eterifikasi 4 jam. Pada waktu eterifikasi 5 jam DS menurun karena terbentuknya produk samping yaitu natrium klorida dan natrium glikolat sehingga menurunkan pembentukan produk utama yaitu CMC. Menurut Pushpamalar dkk (2005), penurunan derajat substitusi disebabkan oleh proses degradasi polimer atau pemecah molekul-molekul besar menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana pada karboksimetil selulosa. Nisa (2014) mengatakan makin lama waktu reaksi makin kecil nilai derajat substitusinya. Hal ini diduga karena pada saat alkalisasi struktur karboksimetil selulosa sudah mengembang, makin lama waktu reaksi maka jarak antar gugus makin lebar dan semakin melemahkan ikatan dan akan terputus sehingga substitusi yang diinginkan tidak terjadi.

Pada penelitian ini viskositas yang diperoleh pada rentang 3,5 – 5,5 cP dan ini termasuk dengan CMC dengan viskositas rendah. Menurut *Food Chemical Codex* nilai viskositas yang baik untuk bahan pangan adalah  $\geq 25$  cP. Dianrifiya (2014) mengatakan viskositas erat kaitannya dengan derajat substitusi. Semakin besar nilai derajat substitusi CMC maka semakin besar nilai viskositasnya. Derajat substitusi CMC tertinggi yang dihasilkan pada penelitian ini diperoleh dari penambahan NaMCA 7 gram dan waktu eterifikasi 4 jam. Sehingga viskositas CMC yang tertinggi juga diperoleh pada perlakuan ini. Semakin tinggi derajat substitusi maka makin tinggi kemampuan untuk mengikat air, maka viskositas akan semakin tinggi (Ferdiansyah, dkk, 2016).

pH akan menentukan bagaimana kekentalan dari CMC. pH larutan CMC 1% berkisar antara 6-8 untuk mutu I dan 6 – 8,5 untuk mutu II. Hercules (1999) menyatakan stabilitas terbaik CMC terdapat pada pH 7-9, pH diatas 10 akan

mengalami penurunan viskositas sedangkan pH dibawah 4 sifat CMC akan menjadi kurang larut dan viskositas akan meningkat secara signifikan

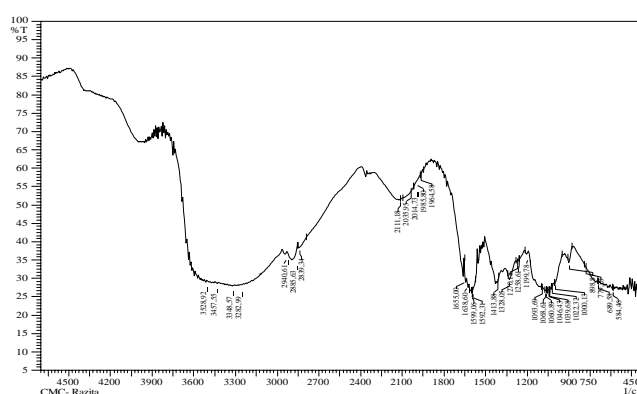
Analisis pH dari CMC yang dihasilkan yang terendah 7,5 yaitu pada penambahan NaMCA 7 gram dan waktu eterifikasi 4 jam yang masuk ke mutu I dan mengindikasikan CMC masih bersifat netral dan tertinggi 8,4 yang masuk ke mutu II. pH yang terlalu asam akan membuat CMC mengendap ketika dilarutkan dalam air. Kelebihan reagen NaOH yang tidak bereaksi dengan selulosa dan NaMCA akan meningkatkan pH dari CMC. Dianrifiya dan Widya (2014) mengatakan semakin banyak NaMCA maka produk samping yang terbentuk berupa natrium klorida akan semakin banyak dan pH yang akan dihasilkan juga akan meningkat

Kemurnian dari CMC dipengaruhi oleh banyaknya produk samping yang dihasilkan pada proses sintesis CMC. Semakin sedikit produk samping yang dihasilkan maka semakin tinggi kemurnian CMC yang dihasilkan. Produk samping yang dihasilkan yaitu natrium glikolat dan natrium klorida.

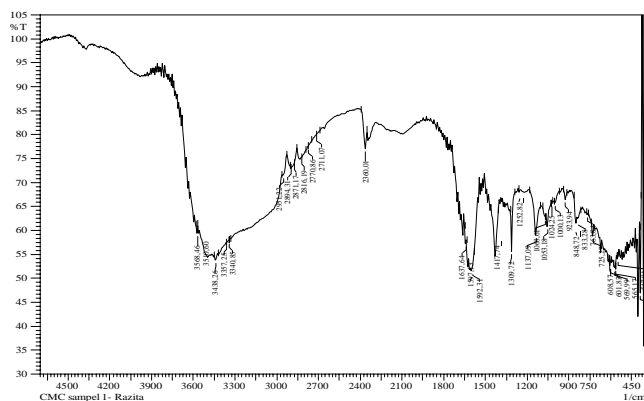
Hasil pengujian kadar NaCl pada produk CMC terendah sebesar 0,4% dengan kemurnian tertinggi sebesar 99,6% didapat pada penambahan 7 gram NaMCA dengan waktu reaksi 4 jam. Hasil ini sudah memenuhi kriteria untuk mutu I sebesar 99,5% sehingga bisa dipakai untuk produk pangan. Hasil analisis menunjukkan penambahan NaMCA 8 gram akan menurunkan nilai kemurnian CMC yang disebabkan oleh meningkatnya jumlah NaCl pada CMC. Melisa (2005) melaporkan bahwa penambahan 8 sampai 10 gram NaMCA menyebabkan semakin banyaknya produk samping yang terbentuk seperti NaCl. Wijayani (2005) menyatakan bahwa kadar NaCl semakin naik seiring dengan kenaikan NaMCA, karena NaCl merupakan hasil samping reaksi pembentukan CMC akibat kelebihan reagen yang ditambahkan.

### Analisa Gugus Fungsi CMC

CMC komersial dan CMC pelepah sawit dengan karakteristik terbaik dianalisa gugus fungsinya menggunakan FTIR, yang digambarkan dalam 2 spektrum. Sumbu x menggambarkan panjang gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) dan sumbu y menggambarkan transmitan cahaya yang diteruskan melalui sampel (%T). Spektrum FTIR dilakukan untuk membuktikan keberadaan gugus karboksil (-COOH) pada CMC. Hasil analisa FTIR CMC komersial dan CMC yang dihasilkan dari pelepah sawit dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.1. Spektrum FTIR CMC komersial



Gambar 3.2. Spektrum FTIR CMC pelepah sawit.

Gambar diatas menunjukkan hasil spektrum FTIR kedua jenis sampel memiliki pola yang hampir sama. Pada gambar dapat dilihat bahwa gugus karboksil dapat diidentifikasi pada panjang gelombang 1638  $\text{cm}^{-1}$  pada CMC komersial dan panjang gelombang 1637  $\text{cm}^{-1}$  pada CMC pelepah sawit. Panjang gelombang 1413  $\text{cm}^{-1}$  pada CMC komersial dan 1417  $\text{cm}^{-1}$  pada CMC pelepah sawit menunjukkan adanya ikatan  $-\text{CH}_2$  dari konstituen karboksimetil. Santoso dkk (2012) mengatakan gugus karboksil diidentifikasi pada panjang gelombang dengan kisaran 1600-1640  $\text{cm}^{-1}$  dan 1400-1450  $\text{cm}^{-1}$ . Berdasarkan identifikasi tersebut terbukti bahwa CMC pelepah sawit mempunyai kemiripan gugus fungsi dengan CMC komersial dan mempunyai bilangan gelombang yang menunjukkan gugus konstituen pada CMC yaitu gugus karboksil dan  $-\text{CH}_2$ .

Bilangan gelombang 3438  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan  $-\text{OH}$  stretching yang merupakan ciri khas selulosa. Menurut Saputra dkk (2014), panjang gelombang 3700-3100  $\text{cm}^{-1}$  merupakan gugus  $-\text{OH}$  yang menunjukkan ikatan hidrogen antara atom hidrogen dalam satu kelompok gugus hidroksil lain monomer glukosa pada rantai polimer selulosa. Panjang gelombang 2951  $\text{cm}^{-1}$  merupakan puncak ikatan  $-\text{CH}$  atau  $-\text{CH}_2$  atau  $-\text{CH}_3$  dari AGU. Panjang gelombang 1309  $\text{cm}^{-1}$  merupakan puncak ikatan gugus  $-\text{OH}$  bending vibration, sedangkan panjang gelombang 1068  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan  $\text{CH-O-CH}_2$  stretching. Panjang gelombang 923  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan 1,4  $\beta$  glikosidik.

Dari hasil gugus fungsional yang terukur dari spektrum FTIR dengan dengan masing-masing serapan pada daerah panjang gelombang tertentu menunjukkan kesesuaian dengan struktur karboksimetil selulosa. Hal ini ditandai dengan adanya vibrasi  $-\text{OH}$ , ikatan  $-\text{CH}$ , gugus karboksil ( $\text{COO-}$ ), ikatan  $-\text{CH}_2$  dan gugus eter ( $-\text{O-}$ ).

### Optimasi Variabel Proses Terhadap Respon

Optimasi dilakukan untuk mendapatkan nilai optimum kadar NaMCA dan waktu eterifikasi terhadap respon yang diinginkan. Persamaan yang didapat untuk masing-masing respon derajat substitusi, viskositas, pH dan kemurnian adalah sebagai berikut :

$$Y1 = 0,60038 + 0,066667X1 + 0,025X2$$

$$Y2 = 1,25 + 1,58333X1 + 0,48333X2$$

$$Y3 = 9,30192 - 0,625X1 - 0,15833X2$$

$$Y4 = 97,83077 + 0,91667X1 + 0,066667X2$$

*Desirability function* merupakan salah satu cara menentukan nilai optimum menggunakan *response surface methodology*. Untuk mencari nilai optimum dari persamaan respon kita menentukan fungsi batasan. Fungsi batasan dari tiap respon adalah sebagai berikut :

$$Y1 \geq 8,2 \quad Y3 = 6-8,4$$

$$Y2 \geq 5,5 \quad Y4 \geq 99,5$$

Nilai *individual desirability* untuk respon Y1 (derajat substitusi) = 0,81, Y2 (viskositas) = 5,72 cP, Y3 (pH) = 7,67 dan Y4 (kemurnian) = 99,56% dengan desirability sebesar 0,903. Kondisi optimum yang didapat pada rasio NaMCA : selulosa 1,6 dan waktu eterifikasi 4 jam.

Pada hasil verifikasi kondisi optimum yang direkomendasikan program Design Expert dengan *RSM-Central Composite Design*, diperoleh CMC dengan derajat substitusi 0,83, viskositas 5,81 cP, pH 7,56 dan kemurnian sebesar 99,67%. Jika dibandingkan dengan nilai yang diprediksikan, maka nilai hasil verifikasi berada di kisaran 95% *PI low* dan 95% *PI high*. Hal ini berarti kondisi proses pengolahan untuk memperoleh CMC dengan derajat substitusi, viskositas, pH dan kemurnian yang maksimum sudah cukup baik dan konsisten (Noordin *et al.*, 2004).

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaruh *reagent* berupa natrium monokloroasetat dan waktu eterifikasi dalam proses pembuatan CMC cukup besar. Semakin banyak natrium monokloroasetat yang digunakan dan semakin lama waktu eterifikasi menyebabkan parameter hasil analisa CMC meningkat, diantaranya nilai derajat substitusi (DS) meningkat dari 0,70 menjadi 0,82, kemurnian meningkat dari 98,7 % menjadi 99,6 %, viskositas meningkat dari 3,5 cP menjadi 5,5 cP, kecuali pH CMC yang menunjukkan kecenderungan naik dan turun dimana pH mulanya 8,4 turun menjadi 7,8 kemudian pH meningkat menjadi 8,0 lalu turun ke 7,5.

Kondisi optimum proses sintesis CMC yaitu pada kondisi proses dengan rasio NaMCA : selulosa 1,6 dan waktu eterifikasi 4 jam dengan nilai *desirability* 0,903 dan diprediksi menghasilkan produk CMC dengan derajat substitusi 0,81, viskositas 5,72 cP, pH 7,67 dan kemurnian sebesar 99,56%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Againa, Dita Dioputri, Wirnani, Sri dan Supartini Enny. 2016. Penerapan Metode Overlaid Contour Plot dan Desirability Function pada Central Composite Design. BIAStatistic Vol.10, No.1, Hal 17-30. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Almlof, H. 2010. Extended Mercerization Prior to Carboxymethyl Cellulose Preparation. Department of Chemical Engineering, Faculty of Technology and Science, Karistads University. Sweden.

- Fatimah, T. 2016. Pemanfaatan Selulosa dari Tandan Kosong Sawit untuk Sintesis dan Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose (CMC). Program Pascasarjana Magister Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung
- Faulina, R., Andari, S. dan Anggraeni, D. 2011. Response Surface Methodology (RSM) dan Aplikasinya. FMIPA. ITS-Surabaya.
- Ferdiansyah, dkk. Kajian Karakteristik Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Pelepah Kelapa Sawit sebagai Upaya Diversifikasi Bahan Tambahan Pangan yang Halal. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 5 (4) 2016.
- Futeri, R. Synthesis Carboxyl Methyl Cellulose (CMC) with Addition Method from Durian Seed. *Scholars Research Library. Der Pharmacia Lettre*, 2016, 8 (19):262-268
- Gutawa, dkk. Synthesis and Characterization of Sodium Carboxymethyl Cellulose from Pod Husk of Cacao (*Theobroma cacao* L.). *International Journal of Food Science and Microbiology* ISSN : 2143-5389 Vol. 3 (6), pp. 099-103, June 2015.
- Hutomo, dkk. 2012. Synthesis and Characterization of Sodium Carboxymethyl Cellulose from Pod Husk of Cacao (*Theobroma cacao* L.). *African Journal of Food Science* Vol. 6(6), pp. 180-185, 31 March, 2012
- Hong. 2013. Preparation and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Sugarcane Bagasse. Department of Chemical Science Faculty of Science Universiti Tunku Abdul Rahman
- Latif, dkk. 2007. Two Step Synthesis and Characterization of CMC from Rayon Grade Wood Pulp and Cotton Linter. *Journal Chem. Soc. Pak.* Vol 29 No 2, 2007.
- Melisa, dkk. 2014. Optimasi Sintesis Karboksimetil Selulosa Dari Tongkol Jagung Manis (*Zea Mays* L Saccharata). *Online Jurnal of Natural Science*, Vol.3(2): 70-78 Agustus 2014
- Montgomery DC. 2009. Design and Analysis of Experiments. Ed ke-7. New York: John Wiley & Sons, inc.
- Mulyani, S. dan Sofyana. 2007. Pemanfaatan Pelepah Daun Sawit sebagai Bahan Baku Pulp dengan Proses Etanol. *Indonesian Science and Technology Digital Library*.  
<http://pustaka2.ristek.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/byld/50039>. Diakses tanggal 10 April 2017.
- Muzakkar, dkk. Sintesis dan Karakterisasi CMC (Carboxymethyl Cellulose) yang Dihasilkan dari Jerami Padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan* Vol. 1, No. 3, P. 222-231, 2016.
- Nisa, Dianrifya et al. 2014. Pemanfaatan Selulosa dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (Carboxymethyl Cellulose). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol.2 No.3 p.34-42, Juli 2014. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang.
- Pitaloka, dkk. 2015. Pembuatan CMC dari Selulosa Eceng Gondok dengan Media Reaksi Campuran Larutan Isopropanol - Isobutanol untuk Mendapatkan Viskositas dan Kemurnian Tinggi. *Jurnal Integrasi Proses* Vol. 5, No. 2 (Juni 2015) 108 – 114
- Putri dan Kurniyati. Effect of Sodium Chloroacetate towards the Synthesis of CMC (Carboxymethyl Cellulose) from Durian (*Duriozibenthinus*) Peel Cellulose. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)* ISSN: 2349-2763 Issue 03, Volume 3 (March 2016)
- Riswoko, Asep. 2006. Pembuatan Selulosa Ester Dan Karakterisasi Sifat Polimer Kristal Cair. *Akta Kimindo* Vol. 1 No. 2 April 2006: 79-86 AKTA KIMIA INDONESIA. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Material (P3TM) bidang Polimer, BPPT JAKARTA
- Santoso, dkk. 2012. Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Pembuatan Natrium Karboksimetil Selulosa. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* Vol. 11, No. 3, 2012, 124-131.
- Saputra, A.H.; Hapsari, M.; Pitaloka, A.B.2015. Synthesis and Characterization of CMC from Water Hyacinth Cellulose Using Isobutyl-Isopropyl Alcohol Mixture as Reaction Medium. *Contemporary Engineering Sciences*, Vol. 8, 2015, no. 33, 1571 - 1582
- Satti, A. 2015. Synthesis and Characterization of Sodium Carboxymethyl Cellulose from the Sawdust of Pine wood. *Sudan University of Science & Technology*
- Seeburin. 2014. Cellulose Extraction from Pomelo Peel: Synthesis of Carboxymethyl cellulose. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering* Vol:8, No:5, 2014
- Setiawan, Yusuf. 2005. Penggunaan Pulp Tandan Kosong Sawit untuk Pembuatan Karboksimetil Selulosa (CMC). *BeritaSelulosa*. Vol 24, No. 10-17.
- Sixta, Herbert, 2006. Handbook of Pulp, volume 1, Wiley-VCH Verlag GmbH and co., Lenzig, hal 634
- SNI, Standar Nasional Indonesia. 1995. SNI 06-3736-1995: Natrium Karboksimetil Selulosa Teknis. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

SNI, Standar Nasional Indonesia. 1998. SNI 06 4558-1998: Cara Uji Viskositas Natrium Karboksimetil Selulosa. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Statistik Perkebunan Indonesia 2015 - 2017 : Kelapa Sawit, Direktorat Jenderal Perkebunan, Desember 2017.

Tasaso, Penpun. 2015. Optimization of Reaction Conditions for Synthesis of Carboxymethyl cellulose from Oil Palm Fronds. International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 6, No. 2, April 2015

Togrul and Arslan. 2003. Production of Carboxymethyl Cellulose from Sugar Beet Pulp Cellulose and Rheological Behavior of Carboxymethyl Cellulose. Article in Carbohydrate Polymers.

Wayan, 2009. Karboksimetil Selulosa (CMC). [http://wayan.web.id/karboksimetil-selulosa\\_cmc.html](http://wayan.web.id/karboksimetil-selulosa_cmc.html). Diakses pada tanggal 1 Agustus 2016

Wijayani, dkk. 2005. Karakterisasi Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Enceng Gondok (*Eichorniacrassipes* (Mart) Solm), A Review : Indo. J. Chem., 2005, 5(3), 228-231)

Woldeamanuel, Y. 2011. Synthesis of Carboxymethyl Cellulose from Sugarcane Bagasse. Department of Chemical Engineering, Addis Ababa University. Ethiopia