

Optimasi Sintesis Karboksi Metil Selulosa (CMC) dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM)

Optimization of Carboxy Methyl Cellulose (CMC) Synthesis from Palm Midrib Using Response Surface Methodology (RSM)

M. Khoiron Ferdiansyah¹, Djagal Wiseso Marseno², Yudi Pranoto²

¹Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas PGRI Semarang,
Jl. Sidodadi Timur No. 24/Dr. Cipto Semarang 50125, Indonesia

²Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No. 1 Bulaksumur
Yogyakarta 55281, Indonesia

Email: khoironferdiansyah@upgris.ac.id

Submisi: 14 Juli 2015; Penerimaan: 27 November 2015

ABSTRAK

Pelepah kelapa sawit mempunyai kandungan selulosa sebesar 89,63%. 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. Faktor yang diteliti pada penelitian ini adalah konsentrasi NaOH, berat NaMCA, dan suhu reaksi karboksimetilasi. Respon yang dioptimasi pada CMC yang dihasilkan adalah derajat substitusi (DS). Kondisi optimum sintesis CMC dari selulosa pelepah kelapa sawit didapatkan dengan konsentrasi NaOH 10%, berat NaMCA 4,57 g, dan suhu reaksi 46,59 °C. Hasil dari perhitungan RSM menunjukkan CMC dengan kondisi optimum memiliki nilai DS sebesar 0,83 sedangkan uji verifikasi menunjukkan nilai DS sebesar 0,75.

Kata kunci: CMC; optimasi; pelepah kelapa sawit; sintesis

ABSTRACT

Palm midrib contain 89.63% of cellulose. Cellulose is the main raw material synthesis of carboxy methyl cellulose (CMC). The purpose of this research was to determine the optimum conditions of carboxy methyl cellulose (CMC) synthesis from palm midrib. In this research, the concentration of NaOH, NaMCA weight, and the temperature of carboxymethylation reaction were examined. The response optimized on the CMC was the degree of substitution (DS). The optimum conditions of CMC synthesis from palm midrib cellulose was obtained from 10% of NaOH, 4.57 g of NaMCA, and the reaction temperature of 46.59 °C. Response Surface Methodology calculation showed that CMC with optimum condition had the degree of substitution (DS) value of 0.83, while in the verification test the DS value was 0.75.

Keywords: CMC; optimization; palm midrib; synthesis

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan yang sangat berkembang di Indonesia. Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hingga tahun 2012 diperkirakan luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai 9.074.621 ha (Deptan, 2012). Pelepah adalah bagian dari tanaman kelapa sawit yang kurang dimanfaatkan secara optimal, bahkan keberadaannya sering kali dianggap sebagai limbah perkebunan. Setiap pohon kelapa sawit dapat dihasilkan 22 – 26 pelepah/tahun dengan rerata berat pelepah daun sawit 4 – 6 kg/pelepah, bahkan produksi pelepah dapat mencapai 40-50 pelepah/pohon/tahun dengan berat sebesar 4,5 kg/pelepah (Umar, 2009). Menurut Mulyani dan Sofyana (2007), pelepah kelapa sawit mengandung selulosa sebesar 40,96%. Kadar selulosa yang cukup tinggi tersebut merupakan suatu potensi bahwa pelepah kelapa sawit dapat diolah lebih lanjut menjadi karboksi metil selulosa (CMC) yang lebih bernilai ekonomi tinggi dan bermanfaat dalam berbagai aplikasi. CMC merupakan derivatif selulosa yang larut dalam air dengan aplikasinya pada industri pangan dan kosmetik, farmasi, detergen (Togrul dan Arslan, 2003).

Sintesis CMC meliputi perubahan dari selulosa menjadi alkali selulosa yang kemudian gugus hidroksil dari selulosa tersebut disubstitusi oleh gugus karboksi metil dengan jalan mereaksikannya dengan sodium monoklorasetat (Heinze dan Pfeiffer, 1999). Banyaknya gugus hidroksil yang disubstitusi disebut *degree of substitution* (DS) atau derajat substitusi (Cash dan Caputo, 2010). Menurut Waring dan Parsons (2001), DS merupakan faktor utama kelarutan CMC dalam air. CMC dengan DS di bawah 0,4 bersifat *swellable* tetapi tidak mampu untuk larut dalam air, sedangkan di atas nilai DS tersebut CMC mampu terlarut dengan hidroafinitas yang bertambah seiring dengan peningkatan DS. DS menjadi salah satu parameter utama keberhasilan proses sintesis CMC. Togrul dan Arslan (2003) dalam penelitian mengenai sintesis CMC dari umbi gula bit melaporkan bahwa DS CMC dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH pada tahap alkalisasi dan berat NaMCA pada tahap karboksimetilasi. Barai dkk. (1997) menambahkan bahwa selain konsentrasi NaOH dan NaMCA, suhu yang digunakan pada proses karboksimetilasi juga mempengaruhi peningkatan DS CMC. Data FAO menyebutkan bahwa standar DS CMC untuk pangan berkisar 0,2 – 1,5. Pada industri pangan, CMC diproduksi dengan kisaran DS 0,7 – 0,9. Adapun proses sintesis CMC dirancang dengan sistem optimasi menggunakan RSM *central composite design*, sehingga dapat mengendalikan kondisi proses agar dihasilkan produk CMC dengan nilai DS yang memenuhi standar untuk keperluan industri pangan. Proses sintesis CMC terdiri dari beberapa tahapan. Reaksi alkalisasi dan karboksimetilasi merupakan tahapan yang

menentukan besaran nilai DS. Proses alkalisasi bertujuan untuk merenggangkan ikatan hidrogen intra- dan intermolekul selulosa sehingga mudah disubstitusi menjadi gugus karboksimetil. NaMCA pada tahap karboksimetilasi berfungsi sebagai agen pensubstitusi yang mensubstitusi gugus –OH pada selulosa menjadi gugus karboksimetil sehingga terbentuk CMC, sedangkan suhu berperan dalam mempercepat reaksi karboksimetilasi (Ventola, 2013).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi optimum sintesis CMC pelepah kelapa sawit dengan faktor, yaitu konsentrasi NaOH, berat NaMCA, dan suhu reaksi karboksimetilasi dengan respon yang dioptimasi adalah derajat substitusi (DS).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Penelitian ini menggunakan pelepah kelapa sawit yang diperoleh dari perkebunan kelapa sawit di Dusun Ngrendeng, Desa Sumberoto, Kecamatan Donomulyo, Kabupaten Malang. Bahan yang digunakan untuk proses isolasi selulosa adalah NaOH (*technical grade*), aquades, NaCl, asam asetat, NaOCl (klorin), dan Na-metabisulfid. Bahan yang digunakan untuk proses sintesis CMC adalah NaMCA (Merck), isopropanol (Brataco Chemical), NaOH, dan aquades sebagai pelarut. Sedangkan bahan yang digunakan untuk analisis DS CMC adalah NaOH, aquades, H₂SO₄, serta indikator PP.

Peralatan yang digunakan untuk preparasi sampel tepung pelepah kelapa sawit antara lain mesin penggiling tepung (FFC 15) dan ayakan ukuran 60 mesh. Untuk proses isolasi selulosa pelepah sawit digunakan erlenmeyer 1 liter, *waterbath* (Memmert), dan pengering kabinet. Proses sintesis CMC menggunakan peralatan antara lain erlenmeyer 500 ml, *waterbath* yang dilengkapi dengan pengontrol suhu dan *shaker* (Kottermann). Untuk analisis DS CMC menggunakan peralatan gelas (buret, erlenmeyer, gelas beaker, batang pengaduk, pipet volume, corong, dan labu ukur), oven (Memmert), dan desikator.

Isolasi Selulosa dari Pelepah Kelapa Sawit

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 35 g dimasak dengan 700 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, Indikator PP digunakan untuk mengetahui padatan yang bebas dari sisa NaOH. Selanjutnya dilakukan perendaman dengan 700 mL aquades yang dicampur dengan 14 g NaCl dan 35 mL asam asetat 10%. Dilakukan proses pencucian dan padatan yang tertinggal dilakukan *bleaching* dengan 700 mL larutan NaOCl 6% dan 700 mL larutan Na metabisulfit 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.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH 15% (b/v) merupakan perlakuan terbaik pada proses isolasi selulosa. Hal tersebut didasarkan kepada parameter tingginya kadar selulosa sebesar 89,63% (db). Selain itu, selulosa yang dihasilkan dari proses isolasi menggunakan NaOH dengan konsentrasi 15% (b/v) memiliki tingkat kecerahan tertinggi dengan nilai L sebesar 90,83.

Rancangan Percobaan Optimasi Sintesis CMC dengan Response Surface Methodology (RSM)

Proses optimasi sintesis CMC dilakukan dengan menggunakan rancangan komposit pusat (CCD) yang dilanjutkan dengan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan 3 faktor dalam penelitian. Faktor yang diteliti pada penelitian ini adalah konsentrasi NaOH, berat NaMCA, dan suhu reaksi karboksimetilasi. Respon yang dioptimasi pada CMC adalah derajat substitusi (DS). Level dari variabel bebas dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan kombinasi perlakuan berupa kode maupun nilai pada CCD dengan 20 kombinasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Sintesis CMC dari Selulosa Pelepeh Kelapa Sawit

Tepung selulosa pelepeh sawit sebanyak 5 g, ditambahkan dengan 100 mL isopropanol dan dialkalisasi dengan 20 mL larutan NaOH (dengan beberapa perlakuan konsentrasi sesuai rancangan komposit pusat). Campuran tersebut kemudian digoyang dalam *waterbath shaker* pada suhu 25 °C selama 1 jam. Setelah dilakukan alkalisasi kemudian dilakukan proses karboksimetilasi dengan

Tabel 1. Level variabel bebas, kode, dan nilai yang dioptimasi

Variabel bebas	-α	-1	0	1	α
X ₁	6,59	10	15	20	23,41
X ₂	2,636	4	6	8	9,364
X ₃	46,59	50	55	60	63,41

Tabel 2. Optimasi sintesis CMC menggunakan desain CCD 3 faktor, X1 (NaOH, %), X2 (NaMCA, g) dan X3 (suhu reaksi, °C) dengan 20 kombinasi perlakuan

Variabel terkode			Variabel sebenarnya			Hasil DS
X ₁	X ₂	X ₃	NaOH (%)	NaMCA (g)	Suhu reaksi (°C)	
-1	-1	-1	10	4	50	0,63
-1	-1	1	10	4	60	0,83
-1	1	-1	10	8	50	0,88
-1	1	1	10	8	60	1,08
1	-1	-1	20	4	50	0,86
1	-1	1	20	4	60	0,89
1	1	-1	20	8	50	1,11
1	1	1	20	8	60	1,30
0	0	0	15	6	55	1,08
0	0	0	15	6	55	1,09
0	0	0	15	6	55	1,09
0	0	0	15	6	55	1,04
0	0	0	15	6	55	1,04
0	0	0	15	6	55	1,06
-1,682	0	0	6,59	6	55	0,86
1,682	0	0	23,41	6	55	1,09
0	-1,682	0	15	2,636	55	0,66
0	1,682	0	15	9,364	55	1,01
0	0	-1,682	15	6	46,59	1,17
0	0	1,682	15	6	63,41	1,25

menambahkan NaMCA (dengan beberapa perlakuan penambahan massa (gram) sesuai rancangan komposit pusat). Proses ini dilakukan dalam *waterbath* yang dilengkapi dengan *shaker* selama 3 jam pada suhu tertentu (dengan beberapa perlakuan besar suhu reaksi sesuai rancangan komposit pusat). 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.

Analisis Derajat Substitusi (DS) CMC

Analisis derajat substitusi (DS) CMC dengan metode yang digunakan dalam Wijayani dkk. (2005) yaitu ditimbang 0,7 g (berat kering) sampel dalam cawan. Cawan berisi sampel dimasukkan ke dalam tanur selama 5 jam pada suhu 750 °C dan dipindahkan ke dalam oven selama 12 jam pada suhu 100 °C, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 2 jam. Sampel dimasukkan dalam gelas kimia dan ditambahkan 35

mL H₂SO₄ 0,1 N, 250 mL akuades dan dididihkan selama 30 menit. Sampel didinginkan dan ditambah indikator PP lalu dititrasi dengan NaOH 0,1 N sambil diaduk perlahan sampai terjadi perubahan warna dari tidak berwarna menjadi berwarna merah muda. Derajat Substitusi (DS) dihitung dengan cara:

$$DS = \frac{162 \times A}{10.000 - 80A} \quad (1)$$

$$A = \frac{af - bfl}{\text{berat sampel kering (g)}} - \text{kebasaan} \quad (2)$$

$$A = \frac{af - bfl}{\text{berat sampel kering (g)}} + \text{keasaman} \quad (3)$$

Keterangan :

- a = volume H₂SO₄ 0,1 N yang digunakan
- f = faktor H₂SO₄ 0,1 N
- b = volume NaOH 0,1N yang diperlukan
- fl = faktor NaOH 0,1 N
- 162 = berat molekul AGU.
- 80 = peningkatan berat molekul satuan anhidroglukosa untuk setiap pengikatan satuan gugus karboksimetil yang ditambahkan.
- 10.000 = rata-rata derajat polimerisasi selulosa.

Secara terpisah, kebasaan atau keasaman dari sampel diukur dengan cara berikut:

Ditimbang 1 g berat kering CMC dalam gelas kimia kemudian ditambahkan 5 mL H₂SO₄ 0,1 N dan 200 mL akuades dipanaskan selama 10 menit. Setelah dingin ditambah indikator PP dan dititrasi dengan NaOH 0,1 N (NaOH yang diperlukan = S mL). Uji blanko (tanpa CMC) dilakukan pada saat yang sama (NaOH yang diperlukan = B mL). Selanjutnya dihitung kebasaan atau keasaman dengan rumus berikut:

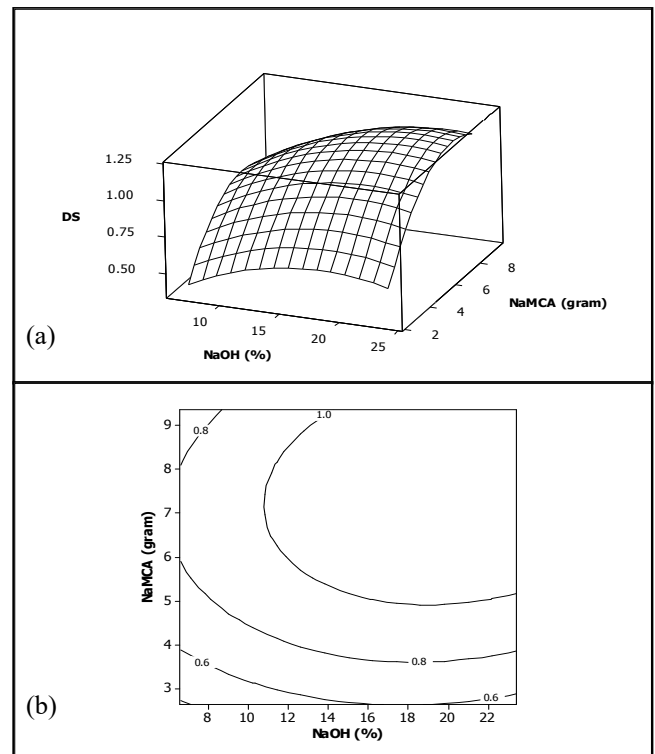
$$\text{Kebasaan (keasaman)} = \frac{(B-S) \times f1}{\text{berat sampel kering}} \quad (4)$$

Analisis Statistik

Analisis statistik menggunakan bantuan software MINITAB Release 14. Software akan menganalisis model yang paling sesuai dengan kondisi respon sehingga akan memunculkan titik optimal dari respon yang diberikan. Dari analisis ini juga akan diperoleh koefisien yang berpengaruh dan disamping itu juga diperoleh grafik dari respon yang diamati berupa koefisien regresi, *response surface plot* dan *contour plot*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tepung selulosa yang berasal dari pelepah kelapa sawit merupakan bahan baku sintesa CMC. Hasil *surface* dan *contour plot* dari nilai DS oleh konsentrasi NaOH dan berat NaMCA ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi NaOH dan berat NaMCA berpengaruh terhadap nilai DS. Pada konsentrasi

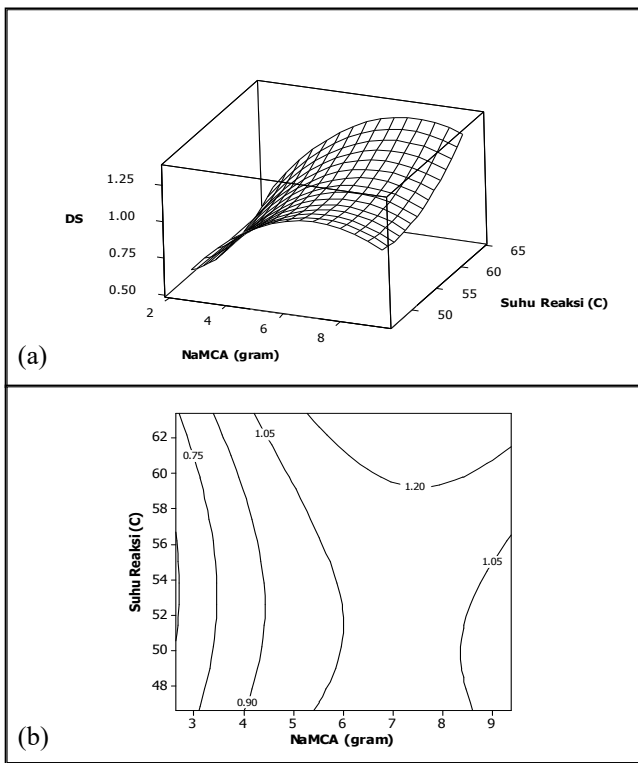


Gambar 1. *Surface plot* (a) dan *contour plot* (b) nilai DS oleh konsentrasi NaOH dan berat NaMCA

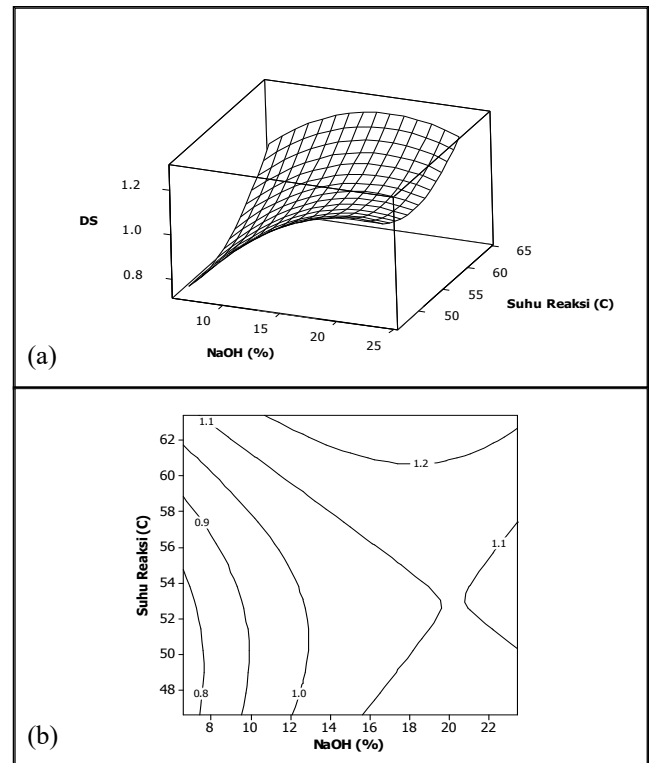
NaOH yang sama dengan berat NaMCA yang berbeda, DS yang lebih tinggi dihasilkan dengan berat NaMCA yang lebih tinggi. Barai dkk. (1997) menyatakan bahwa hal tersebut disebabkan oleh banyaknya NaMCA yang tersedia untuk mensubstitusi gugus -OH pada selulosa sehingga terjadi reaksi karboksimetilasi.

Hasil yang sama juga ditunjukkan pada penelitian Togrul dan Arslan (2003), Adinugraha dkk. (2005), Pushpamalar dkk. (2006), Varshney dkk. (2006), dan Hutomo dkk. (2012). Pada berat NaMCA yang rendah, nilai DS yang dihasilkan juga rendah. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya jumlah NaMCA yang dapat mensubstitusi gugus hidroksil selulosa. Pada penambahan NaMCA dengan berat melebihi 8 g seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1, terlihat jika NaMCA yang ditambahkan terlalu tinggi, maka DS cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya natrium glikolat (Barai dkk., 1997).

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa selain berat NaMCA, suhu reaksi juga berpengaruh terhadap nilai DS. Semakin tinggi suhu reaksi maka nilai DS mengalami peningkatan. Hal itu terjadi karena suhu dapat menyebabkan penggelembungan pada molekul selulosa sehingga mempermudah terjadinya reaksi NaMCA dengan selulosa (Varshney dkk., 2006). Namun jika suhu reaksi karboksimetilasi yang digunakan terlalu tinggi maka nilai



Gambar 2. *Surface plot* (a) dan *contour plot* (b) nilai DS oleh berat NaMCA dan suhu reaksi



Gambar 3. *Surface plot* (a) dan *contour plot* (b) nilai DS oleh konsentrasi NaOH dan suhu reaksi

DS mengalami penurunan karena terjadi degradasi selulosa. Pushpamalar dkk. (2006) menyatakan bahwa peningkatan DS terjadi seiring dengan kenaikan suhu reaksi sampai titik tertentu dan setelah itu DS mengalami penurunan. Hal ini disebabkan terciptanya kondisi lingkungan yang mendukung reaksi karboksimetilasi. Dalam penelitian ini, nilai DS mengalami peningkatan meskipun diberikan perlakuan suhu hingga 60 °C.

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH maka nilai DS mengalami peningkatan. Namun pada konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi, nilai DS mulai mengalami penurunan. Menurut Pushpamalar (2006), pengaruh NaOH dengan berbagai konsentrasi telah dipelajari dan diketahui bahwa DS dari CMC mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan konsentrasi NaOH, namun pada konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi akan menyebabkan nilai DS mengalami penurunan.

Peristiwa tersebut terjadi karena adanya dua reaksi yang berjalan dan bersifat kompetitif. Reaksi yang pertama melibatkan gugus hidroksil dari selulosa dengan NaMCA dengan keberadaan NaOH untuk membentuk molekul CMC. Reaksi yang kedua terjadi antara NaOH dengan NaMCA yang dapat membentuk sodium glikolat. Hal itu dapat diartikan bahwa dengan adanya konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi akan menyebabkan terbentuknya sodium glikolat secara berlebih akibat adanya reaksi samping antara NaOH dengan

NaMCA. Pushpamalar dkk. (2006) menyatakan bahwa pada tahap pertama dalam karboksimetilasi adalah reaksi kesetimbangan antara NaOH dan gugus hidroksil selulosa. Tahap kedua adalah pembentukan gugus karboksimetil dengan substitusi NaMCA. NaMCA dapat juga bereaksi dengan NaOH membentuk sodium glikolat sebagai hasil reaksi samping.

Hasil uji statistik menggunakan MINITAB Release 14, analisis ragam digunakan untuk mengetahui efek dari variabel terhadap respon Y. Berdasarkan hasil Anova untuk respon derajat substitusi (Y) bahwa model berpengaruh nyata atau signifikan terhadap respon dimana nilai $P < 0,01$ pada hasil sintesis CMC. Pengaruh yang sangat nyata ini secara linear, sedangkan secara kuadratik dan interaksi antar variabel tidak memberikan pengaruh yang nyata. Untuk ketidaktepatan pengujian atau nilai *lack of fit* adalah 0,007. Nilai R^2 adalah sebesar 59,60% yang menunjukkan bahwa variabel memberikan pengaruh sebesar 59,60% pada nilai respon, sedangkan 40,40% dipengaruhi faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model. Nilai *Adjusted R²* sebesar 89,48%, menunjukkan kecermatan hubungan antara variabel terhadap respon. Penurunan nilai *Adjusted R²* akan terjadi jika variabel yang ditambahkan pada pemodelan tidak memberikan pengaruh. Selanjutnya didapatkan persamaan kanonikal yang diperoleh setelah analisis model dan ragam:

$$Y = 3,35301 + 0,107375X_1 + 0,205945X_2 - 0,157323X_3 + 0,002X_1X_2 - 9,00000004X_1X_3 + 0,002X_2X_3 - 0,00177911X_1^2 - 0,0234938X_2^2 + 0,00154430X_3^2 \quad (1)$$

Keterangan:

Y = Derajat substitusi

X1 = NaOH (%)

X2 = NaMCA (g)

X3 = suhu reaksi (°C)

Kondisi optimum sintesis CMC didapatkan dengan konsentrasi NaOH 10 %, berat NaMCA 4,57 g, dan suhu reaksi 46,59 °C Kondisi tersebut diperlukan dengan menggunakan besaran konsentrasi NaOH, berat NaMCA, dan suhu reaksi yang tidak terlalu tinggi. Hal ini disebabkan sintesis CMC dengan sasaran DS optimum yang nilainya tidak terlalu tinggi yaitu pada kisaran DS 0,7-0,9. Hasil dari perhitungan RSM pada MINITAB Release 14 menunjukkan hasil bahwa kondisi optimum sintesis CMC akan didapatkan produk CMC dengan nilai DS sebesar 0,83. Uji verifikasi menunjukkan CMC dengan kondisi optimum memiliki DS sebesar 0,75. Nilai DS tersebut diartikan sebagai rata-rata gugus hidroksil yang telah tersubstitusi oleh gugus karboksi metil sebanyak 0,75. Nilai 0,75 diperoleh sebagai hasil penjumlahan gugus hidroksil tersubstitusi seluruh AGU dan dibagi dengan banyaknya jumlah AGU yang dimiliki oleh polimer CMC.

Perbandingan spektra FTIR CMC dan selulosa pelepah kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 4. Jika spektra FTIR selulosa dan CMC pelepah kelapa sawit dibandingkan akan terlihat adanya perbedaan. Perbedaan yang pertama yaitu kecuraman gugus -OH pada bilangan gelombang 3448 cm⁻¹ dan 3417 cm⁻¹. Terlihat pada selulosa gugus -OH lebih banyak yang ditandai dengan spektra yang lebih curam. Pada CMC, spektra -OH tidak terlalu curam karena gugus -OH jumlahnya sudah berkurang karena disubstitusi oleh NaMCA. Perbedaan yang kedua adalah pada bilangan gelombang 1604 cm⁻¹ dan 1419 cm⁻¹ yang hanya terlihat di spektra CMC pelepah kelapa sawit. Bilangan gelombang tersebut juga

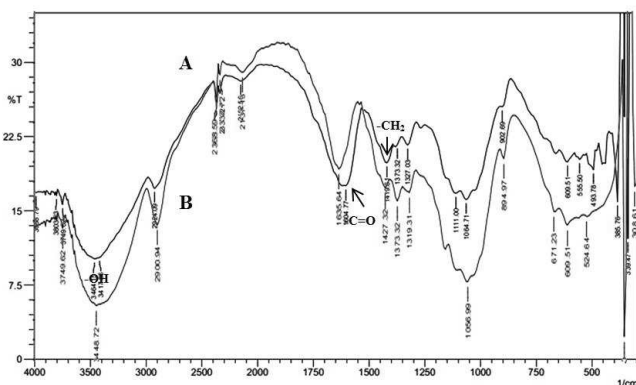
menunjukkan bahwa selulosa pelepah kelapa sawit sudah mengalami modifikasi menjadi CMC karena C=O dan -CH₂ merupakan konstituen CMC.

KESIMPULAN

Kondisi optimum sintesis CMC pelepah kelapa sawit diperoleh dengan perlakuan konsentrasi NaOH 10%, berat NaMCA 4,57 g, dan suhu reaksi 46,59 °C. Hasil dari perhitungan RSM menunjukkan CMC dengan kondisi optimum memiliki nilai DS sebesar 0,83. Uji verifikasi menunjukkan CMC dengan kondisi optimum memiliki DS sebesar 0,75.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha, M P., Marseno, D.W. dan Haryadi (2005). Synthesis and characterization of sodium carboxymethylcellulose from Cavendish Banana Pseudo Stem (*Musa cavendishii lambert*). *Carbohydrate Polymers* **62**: 164-169.
- Barai, B.K., Singhal, R.S. dan Kulkarni, P.R. (1997). Optimization of a process for preparing carboxymethyl cellulosa from water hyacinth (*Eichornia crassipes*). *Carbohydrate Polymers* **32**: 229-231.
- Cash, M.J. dan Caputo, S.J. (2010). Cellulose derivatives. Dalam: Imeson, A. *Food stabilizer, thickener, and gelling agents*, hal. 94-115. Wiley-Blackwell. United Kingdom.
- Deptan. (2012). Luas areal kelapa sawit menurut provinsi di Indonesia 2008-2012. Direktorat Jenderal Perkebunan. <http://www.deptan.go.id/infoeksekutif/bun/BUN-aseam2012/Areal-KelapaSawit.pdf>. [10 April 2013].
- Heinze, T. dan Pfeiffer, K. (1999). Studies on the synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie* **266**(4638): 37-45.
- Hutomo, G.S. (2012). *Sintesis dan Karakterisasi Turunan Selulosa dari Pod Husk Kakao (Theobroma cacao L.)*. Disertasi. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- 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 /search katalog/byId/50039](http://pustaka2.ristek.go.id/katalog/index.php/search/katalog/byId/50039). [10 April 2013].
- Pushpamalar, V., Langford, S.J., Ahmad, M. dan Lim, Y.Y. (2006). Optimization of reaction conditions for



Gambar 4. Spektra FTIR CMC (A) dan selulosa pelepah kelapa sawit (B)

- preparing carboxymethylcellulose from sago waste. *Carbohydrate Polymers* **64**: 312-318.
- Togrul, H. dan Arslan, N. (2003). Production of carboxymethyl cellulose from sugar beet pulp cellulose and rheological behaviour of carboxymethyl cellulose. *Carbohydrate Polymers Journal* **54**: 73-82.
- Umar, S. (2015). Potensi perkebunan kelapa sawit sebagai pusat pengembangan sapi potong dalam merevitalisasi dan mengakselerasi pengembangan peternakan berkelanjutan. http://repository.usu.ac.id/bitstream/..1/ppgb_2009_Sayed%20Umar.pdf. [10 Juli 2015].
- Varshney, P.K., Gupta, P.K., Naithani, S., Khullar, R., Bhatt, A., dan Soni, P.L. (2006). Carboxymethylation of α -cellulos isolated from *Lantana camara* with respect to degree of substitution and rheological behavior. *Carbohydrate Polymers Journal* **63**: 40-45.
- Ventola, S.C. (2013). *Isolasi Selulosa dan Sintesis Karboksimetil selulosa (CMC) dari Enceng Gondok*. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Waring, M.J. dan Parsons, D. (2001). Physico-chemical characterization of carboxymethylated spun cellulose fibres. *Biomaterials* **22**: 903-912.
- Wijayani, A., Ummah, K. dan Tjahjani, S. (2005). Karakterisasi karboksimetil selulosa (CMC) dari enceng gondok (*Eichornia crassipes (Mart) Solms*). *Indonesian Journal of Chemistry* **3**: 228-231.