



KOVALEN: Jurnal Riset Kimia

<https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/kovalen>



Pemanfaatan Selulosa dari Rumpuk Gajah (*Pennisetum purpureum*) pada Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC)

[Utilization of Cellulose from *Pennisetum purpureum* at The Synthesis of Carboxy Methyl Cellulose (CMC)]

Erwin Abd Rahim*, Grace Sita Turumi, Syaiful Bahri, Jusman, Syamsuddin

Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Tadulako, Jalan Soekarno-Hatta Km. 9, Palu, Indonesia

Abstract. Cellulose from *Pennisetum purpureum* has been used as the main ingredient in the synthesis of carboxymethyl cellulose (CMC). The purpose of CMC synthesis from the cellulose of *Pennisetum purpureum* is to obtain CMC compounds with the best degree of substitution (DS) value and the highest yield. The study was conducted using a completely randomized design with a factorial pattern consisting of two independent variables, namely the concentration of trichloroacetic acid (10%, 20%, and 30%) and reaction time (3 and 4 hours). The results showed that the CMC with the highest DS value (0.839) was obtained using 20% trichloroacetic acid with a reaction time of 3 hours. The highest CMC yield was 30.15% which was obtained using 30% trichloroacetic acid with a reaction time of 4 hours.

Keywords: *Pennisetum purpureum*, carboxymethyl cellulose, substitution degree.

Abstrak. Selulosa dari rumput gajah telah digunakan sebagai bahan utama pada sintesis karboksimetil selulosa (CMC). Tujuan sintesis CMC dari selulosa rumput gajah adalah untuk mendapatkan senyawa CMC dengan nilai derajat substitusi (DS) terbaik dan rendemen tertinggi. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial yang terdiri dari dua variabel bebas, yaitu konsentrasi asam trikloroasetat (10%, 20%, dan 30%) dan waktu reaksi (3 dan 4 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa CMC dengan nilai DS tertinggi (0,839) diperoleh pada penggunaan asam trikloroasetat 20% dengan waktu reaksi 3 jam. Rendemen CMC tertinggi adalah 30,15% yang diperoleh pada penggunaan asam trikloroasetat 30% dengan waktu reaksi 4 jam.

Kata kunci: Rumput gajah, karboksimetil selulosa, derajat substitusi.

Diterima: 7 November 2019, Disetujui: 22 Agustus 2021

Sitasi: Rahim, E A., Turumi, G S., Bahri, S., Jusman., dan Syamsuddin. (2021). Pemanfaatan Selulosa dari Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) pada Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 7(2): 146-153.

LATAR BELAKANG

Carboxymethyl cellulose (CMC) merupakan salah satu senyawa hasil dari modifikasi selulosa (Wijayani *et al.*, 2005). CMC banyak digunakan pada industri makanan untuk memperbaiki tekstur produk makanan.

Senyawa CMC memiliki fungsi stabilisator, pengental, pengemulsi dan pembentuk gel (Winarno, 1985). Kemampuan CMC dalam mengikat molekul air menyebabkan molekul-molekul air mudah terjebak di dalam struktur gel CMC, sehingga kualitas tekstur produk makanan tetap terjaga (Minifie, 1989).

Selulosa merupakan senyawa dasar yang digunakan untuk pembuatan CMC. Selulosa

* Corresponding author
E-mail: erwin_abdulrahim@yahoo.com

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2021.v7.i2.14427>



yang terdapat pada tumbuhan biasanya berada dalam bentuk terikat dengan senyawa lain seperti selulosa maupun lignin (Martina *et al.*, 2002). Selulosa tersebut dapat dipisahkan dari ligninnya dengan cara delignifikasi menggunakan NaOH. Dalam proses delignifikasi ini sekaligus juga dapat melepaskan ikatan hemiselulosa (Saleh *et al.*, 2009). Salah satu jenis tanaman yang tinggi kandungan selulosanya adalah rumput gajah.

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) adalah tanaman yang tumbuh pada daerah yang memiliki kandungan nutrisi terbatas. Kondisi tanah yang rusak akibat erosi dapat diperbaiki oleh tanaman ini. Dan juga dapat tumbuh pada tanah kritis (Sanderson & Adler, 2008). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Nasution *et al.*, 2016), rumput gajah mengandung serat kasar 34,2%, protein kasar 10,2%, lemak 1,6% abu 11,7%. Berdasarkan kondisi tersebut, maka rumput gajah berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber selulosa pada sintesis CMC.

Karakteristik CMC dipengaruhi oleh yang proses alkalisasi dan karboksimetilasi. Alkalisasi umumnya menggunakan basa, seperti NaOH untuk mengaktifkan gugus-gugus hidroksil (-OH) pada molekul glukosa yang selanjutnya digunakan sebagai inisiasi untuk mempermudah reaksi karboksimetilasi. Karboksimetilasi menggunakan monokloroasetat baik dalam bentuk asam maupun garamnya. Semakin bertambah kadar basa yang digunakan, maka dapat mempercepat reaksi gugus -OH selulosa dengan monokloroasetat (Wijayani *et al.*, 2005).

Kualitas CMC yang dihasilkan dari ekstrak selulosa ditentukan dari derajat substitusi molekul selulosa. Derajat substitusi (DS) sangat

menentukan kelarutan CMC dalam air. Jika $DS < 0,3$, maka CMC larut dalam larutan alkali, sedangkan CMC mudah larut dalam air jika nilai $DS \geq 0,4$ (Setiawan dalam Wijayani *et al.*, 2005). Sumber selulosa yang dapat dimanfaatkan pada sintesis CMC sangat melimpah di alam. Tumbuhan jenis rumput-rumputan adalah salah satu sumber selulosa yang sangat mudah ditemui, seperti rumput gajah.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan utama yang digunakan meliputi rumput gajah, natrium hidroksida, dan asam trikloroasetat. Peralatan yang digunakan adalah neraca digital Kern 440-43N, oven analitik Memmert, termometer, pengaduk magnetik, ayakan 60 mesh, dan Spektrofotometer FT-IR.

Prosedur Penelitian

Pembuatan tepung rumput gajah

Rumput gajah sebelum digunakan di potong-potong, kemudian dijemur sampai kering. Sampel yang telah kering diserbukkan dan diayak dengan ukuran 60 mesh. Tepung rumput gajah dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 60 °C oven selama 1 jam. Sampel tepung yang telah kering ditentukan kadar airnya secara gravimetri (Wijayani *et al.*, 2005).

Ekstraksi selulosa rumput gajah (Bidin, 2010)

Tepung rumput gajah direndam dan didiamkan selama 24 jam di dalam larutan NaOH 10% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Hasil rendaman disaring dan residu direndam dalam larutan Na-hipoklorit 5% selama 3 jam. Hasil rendaman kembali disaring dan aroma hipoklorit dihilangkan dari residu serta pH dinetralkan dengan cara dicuci dengan akuades panas. Residu dikeringkan di dalam

oven pada suhu 60 °C hingga massa residu konstan dan ditentukan rendemen selulosa kasar (Persamaan 1).

$$\text{Rendemen selulosa(\%)} = \frac{m_s}{m_{rg}} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

m_s = massa selulosa

m_{rg} = massa serbuk rumput gajah

Pembuatan CMC

Selulosa rumput gajah ditimbang 5 g dan dicampurkan ke dalam 100 mL akuades. Reaksi alkalisasi dilakukan dengan penambahan sedikit demi sedikit 10 mL NaOH 30% sambil diaduk selama 1 jam. Dilakukan proses karboksimetilasi melalui penambahan asam trikloroasetat dengan konsentrasi 10, 20, dan 30% pada suhu 55°C selama 3 dan 4 jam. Larutan hasil karboksimetilasi dinetralkan menggunakan asam asetat glasial dan disaring. Residu direndam dalam 100 mL metanol selama 24 jam dan disaring kembali. CMC yang diperoleh dikeringkan dalam oven 60 °C (Nur'ain et al., 2017), selanjutnya ditentukan rendemennya (Persamaan 2):

$$\text{Rendemen CMC (\%)} = \frac{m_{cmc}}{m_s} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

m_s = massa selulosa

M_{cmc} = massa CMC

Penentuan derajat substitusi CMC

CMC ditimbang 2 g dan ditambahkan ke dalam 60 mL larutan etanol 95%, selanjutnya ditambahkan dengan 10 mL larutan NaNO₃ 2M dan diaduk selama 2 menit, kemudian dipanaskan selama 5 menit dan diaduk selama 15 menit. Campuran hasil reaksi disaring dan residu dicuci dengan etanol 95% yang telah dipanaskan pada suhu 60 °C. Residu dicuci kembali dengan metanol dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Residu kering ditimbang 0,5 g dan dicampurkan

dengan 100 mL aquadest dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 25 mL larutan NaOH 0,5 N, selanjutnya dipanaskan selama 15 menit. Campuran yang panas ditambahkan indikator pp, kemudian dititrasi dengan HCl 0,3 N (Elomaa et al., 2004). Derajat substitusi ditentukan dengan Persamaan 4.

$$\% \text{ CMC} = [(V_0 - V_n) \times 0,058 \times 100] / M \quad (3)$$

$$\text{DS} = [162 \times \% \text{CMC} / [5800 - (57 \times \% \text{CMC})]] \quad (4)$$

Keterangan:

DS = Derajat substitusi

V_0 = volume HCl untuk menitrasi blanko (mL)

V_n = volume HCl untuk menitrasi sampel (mL)

M = Massa sampel (gram)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak Selulosa Rumput Gajah

Proses delignifikasi bertujuan agar senyawa selulosa yang terdapat dalam bahan terbebas dari komponen-komponen lainnya sehingga dalam proses karboksimetil menghasilkan derajat substitusi yang cukup tinggi. Untuk menghilangkan komponen-komponen lain yang terdapat pada ekstrak selulosa dilakukan pembilasan selulosa dengan air sampai pH mendekati pH 7; ini dibuktikan dengan mengukur pH dari air cucian sampai diperoleh pH 6,5. Pencucian dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan sisa-sisa NaOH lignin yang ada pada ekstrak selulosa kasar dimana terjadi perubahan endapan dari berwarna coklat menjadi putih kekuningan.

Ekstrak selulosa yang telah melalui proses *bleaching* dengan larutan hipoklorit didapatkan serbuk berwarna putih kekuningan. Menurut Wagiyanto (2009), natrium hipoklorit juga dapat berperan sebagai reagen untuk delignifikasi tanpa mengurangi serat selulosa secara signifikan. Hipoklorit pada proses *bleaching*

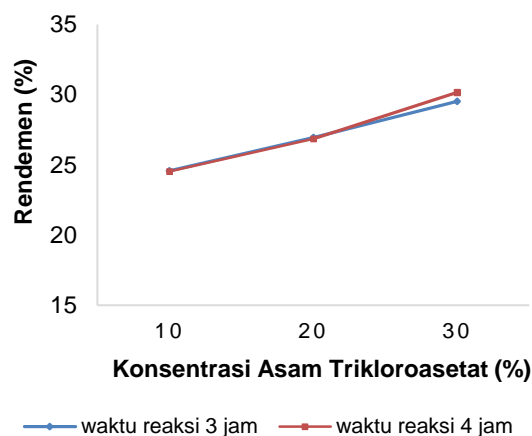
dihilangkan dengan penambahan air panas termasuk hemiselulosa (Wagiyanto, 2009) .

Hasil dari proses delignifikasi pada serbuk rumput gajah ini diperoleh selulosa kasar dengan rendemen 37,98%. Nur'ain *et al.*, (2017) telah menggunakan metode yang sama dengan penelitian ini untuk mengekstrak selulosa batang jagung dan memperoleh rendemen ekstrak selulosa yaitu 36,43%.

Karboksimetil Selulosa dari Rumput Gajah

Pada penelitian ini proses alkalisasi menggunakan larutan NaOH yang berfungsi untuk mengaktifkan gugus-gugus hidroksil (-OH) pada selulosa. Jika aktivasi selulosa berjalan sempurna, maka proses karboksimetilasi juga akan sempurna. Bila konsentrasi NaOH <30% pada proses alkalisasi akan menyebabkan alkalisasi tidak berjalan sempurna karena banyak gugus -OH pada selulosa yang tidak teraktivasi, sehingga CMC yang dihasilkan menjadi sedikit dan nilai DS rendah (Agustriono & Hasanah, 2016).

Dalam proses alkalisasi terjadi perubahan warna secara perlahan-lahan dari selulosa putih kekuningan menjadi berwarna coklat. Jumlah penambahan NaOH yang semakin banyak dapat menyebabkan campuran mengalami perubahan warna menjadi semakin pekat. Perubahan warna terjadi karena adanya reaksi NaOH dengan sisa-sisa lignin yang masih terdapat dalam ekstrak selulosa (Nur'ain *et al.*, 2017). Kemudian pada tahap karboksimetilasi pada waktu penambahan asam trikloroasetat terjadi perubahan warna dari coklat tua menjadi kekuningan. CMC yang diperoleh berwarna putih akibat adanya penambahan asam asetat glasial pada saat penetralan dan perendaman dengan etanol sehingga pengotor akan dihilangkan dari produk CMC.



Gambar 1. Rendemen CMC berdasarkan konsentrasi asam trikloroasetat

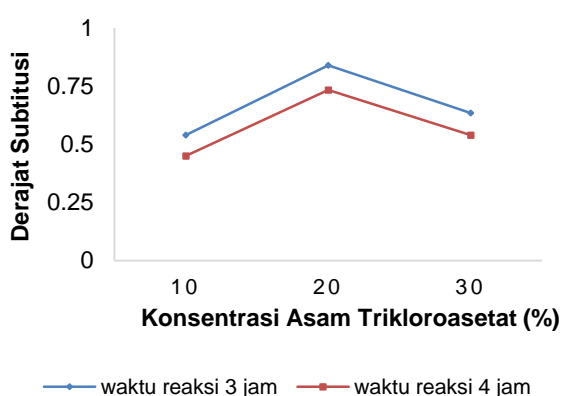
Rendemen tertinggi CMC terdapat pada konsentrasi asam trikloroasetat 30%, yaitu 30,15% dan rendemen terendah terdapat pada penambahan konsentrasi asam trikloroasetat 10% yaitu 24,54% (Gambar 1). Hasil ini belum diperoleh kondisi optimal karena grafik rendemen masih menunjukkan kecenderungan peningkatan. Nilai rendemen antara waktu reaksi 3 dan 4 jam juga belum terlihat berbeda signifikan karena reaksi antara selulosa dan trikloroasetat belum optimal, sehingga dimungkinkan adanya penambahan waktu reaksi pada penelitian berikutnya. Hasil hampir serupa didapatkan juga oleh Safitri *et al.*, (2017) yang mensintesis CMC dari selulosa kulit durian pada waktu reaksi 4 jam dengan rendemen 39,77%.

Hasil CMC yang diperoleh lebih kecil dibandingkan proses pembuatan CMC yang dilakukan oleh Bidin (2010) yaitu sebesar 67,52% dan Melisa (2014) sebesar 69,73%. Kedua peneliti ini dalam pembuatan CMC menggunakan senyawa monokloroasetat dimana senyawa ini lebih reaktif bila dibandingkan dengan trikloroasetat. Akibatnya rendemen CMC yang dihasilkan menggunakan trikloroasetat menjadi lebih rendah. Rendahnya

rendemen CMC yang dihasilkan kemungkinan juga disebabkan oleh tingkat kemurnian dari ekstrak selulosa yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan CMC.

Nilai Derajat Substitusi (DS) CMC

Hasil analisis nilai DS menunjukkan bahwa pada penambahan asam trikloroasetat 20% terjadi peningkatan nilai DS hingga 0,839 dan setelah itu, nilai DS kembali turun menjadi 0,634 (Gambar 2). Kondisi yang sama terjadi pada nilai DS pada waktu reaksi 4 jam. Berdasarkan penelitian ini kondisi terbaik terhadap kualitas dari CMC adalah pada penambahan asam trikloroasetat 20%. Waktu reaksi 3 jam memiliki nilai DS yang lebih tinggi dibandingkan waktu reaksi 4 jam. Hal tersebut terjadi karena waktu reaksi yang semakin lama menyebabkan struktur karboksimetil selulosa mengembang saat proses alkilasi, sehingga jarak antar gugus semakin melebar dan ikatan semakin lemah hingga putus, akhirnya proses substitusi tidak terjadi (Silsia, 2018; Nisa & Putri, 2014).



Gambar 2. Nilai derajat substitusi CMC

Derajat substitusi tertinggi terjadi pada penggunaan konsentrasi asam trikloroasetat 20% dan waktu reaksi 3 jam (Gambar 2). Hasil yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan nilai DS CMC dari selulosa kulit buah kakao yang menggunakan trikloroasetat 20% dan waktu

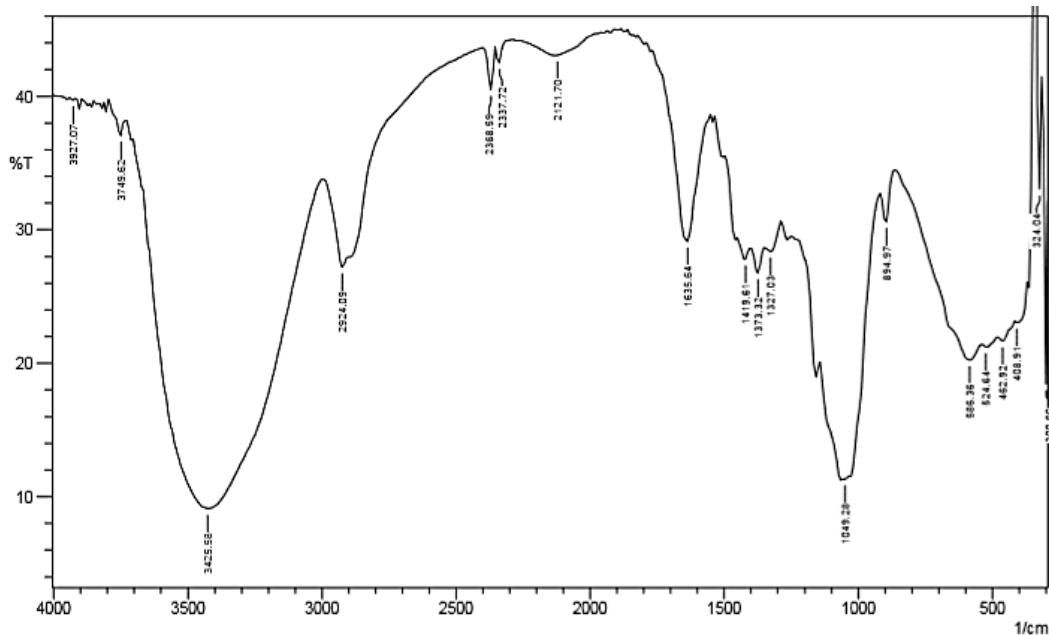
reaksi 3 jam yang bernilai sekitar 0,15 (Nisa & Putri, 2014). Sementara itu, Sebayang & Sembiring, 2017 menggunakan selulosa dari tanaman palem-paleman untuk sintesis CMC, mendapatkan nilai DS yang hampir sama dengan penelitian yang dilakukan, yaitu 0,82. Pada penelitian lainnya, CMC dari pelepah sawit memiliki nilai derajat substitusi yang lebih kecil, yaitu 0,75 (Ferdiansyah *et al.*, 2017). Nilai DS CMC yang diperoleh telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan FAO. Nilai DS dalam SNI berada pada mutu 1 jika berkisar 0,7 – 1,2 (Nur'ain *et al.*, 2017), sedangkan nilai DS dalam standarisasi FAO adalah antara 0,2-1,5 (Ferdiansyah *et al.*, 2017).

Spektrum FTIR Senyawa CMC dari Rumput Gajah

Spektrum FTIR menunjukkan gugus fungsional dari senyawa CMC yang dihasilkan dari selulosa rumput gajah. Spektrum FTIR CMC dari rumput gajah pada Gambar 3 menunjukkan adanya *peak* pada bilangan gelombang 3425 cm^{-1} yang merupakan gugus -OH dari cincin glukopiranosida pada CMC. Adanya *broad peak* pada bilangan gelombang $3700\text{-}3100\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus -OH yang memiliki ikatan hidrogen dengan gugus -OH lain dari monomer glukosa (Eriningsih *et al.*, 2011; Saputrayadi *et al.*, 2018).

Spektrum IR penciri dari CMC terdapat pada gugus -CH_2 pada bilangan gelombang 1419 cm^{-1} dan terdapat gugus -C=O (karbonil) pada bilangan gelombang 1635 cm^{-1} . Kedua *peak* yang didapatkan ini telah sesuai dengan spektrum IR dari CMC komersial (Tabel 1). Lestari *et al.* (2013), juga melaporkan bahwa CMC dari limbah tanaman jagung memiliki gugus -OH pada panjang bilangan gelombang

1604 cm^{-1} dan -CH_2 pada bilangan gelombang 1419 cm^{-1} .



Gambar 3. Spektrum FTIR Karboksimetil Selulosa dari selulosa rumput gajah

Tabel 1. Perbandingan spektrum FTIR CMC Komersial dengan CMC rumput gajah

No	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Gugus Fungsi
	CMC Komersial	CMC Rumput Gajah	
1.	3433	3425	-OH <i>stretching</i>
2.	2916	2924	-CH <i>stretching</i> CH ₂ & CH ₃ grup
3.	1604	1635	-C=O region (Konstituen CMC)
4.	1419	1419	-CH ₂ <i>scissoring</i> (Konstituen CMC)
5.	1327	1327	-OH <i>bending</i>
6.	1095	1049	-C-O-C <i>asymmetry bridge stretching</i>
7.	902	894	-1,4- β glikosidik

Peak yang tajam pada bilangan gelombang 1049 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O-C yang merupakan ikatan glikosidik antar monomer glukosa yang diperkuat pada vibrasi tekuk pada bilangan gelombang 894 cm^{-1} . Hasil ini juga serupa dengan CMC komersial (Tabel 1).

KESIMPULAN

Konsentrasi terbaik sintesis karboksimetil selulosa dari rumput gajah diperoleh pada konsentrasi asam trikloroasetat 20% dan waktu reaksi 3 jam dengan nilai DS CMC 0,839. Rendemen tertinggi sintesis karboksimetil selulosa dari rumput gajah diperoleh pada konsentrasi asam trikloroasetat 30% dengan waktu reaksi 4 jam dan rendemen CMC yang dihasilkan 30,15%.

DAFTAR PUSTAKA

Agustriono, F. R., & Hasanah, A. N. (2016). Review Pemanfaatan Limbah sebagai

- Bahan Baku Sintesis Karboksimetil Selulosa. *Farmaka*, 14(3): 87–94. <https://doi.org/10.24198/jf.v14i3.10788>
- Bidin, A. (2010). Optimasi Kondisi Reaksi Sintesis Karboksimetil Selulosa Dari Jerami Padi (*Oryza sativa*). [Skripsi]. Universitas Tadulako.
- Elomaa, M., Asplund, T., Soininen, P., Laatikainen, R., Peltonen, S., Hyvärinen, S., & Urtti, A. (2004). Determination of the degree of substitution of acetylated starch by hydrolysis, ¹H NMR and TGA/IR. *Carbohydrate Polymers*, 57(3): 261–267. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.05.003>
- Ferdiansyah, M. K., Marseno, D. W., & Pranoto, Y. (2017). Optimasi Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *AgriTECH*, 37(2): 158–164. <https://doi.org/10.22146/agritech.25363>
- Lestari, P., Hidayati, T. N., Lestari, S. H. I., & Marseno, D. W. (2013). Pengembangan Teknologi Pembuatan Biopolimer Bernilai Ekonomi Tinggi Dari Limbah Tanaman Jagung (*Zea Mays*) Untuk Industri Makanan: Cmc (Carboxymethylcellulose). *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa - Penelitian 2013*. Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa - Penelitian 2013, Jakarta. <https://www.neliti.com/id/publications/170681/>
- Martina, A., Yuli, N., & Sutisna, M. (2002). Optimasi Beberapa Faktor Fisik Terhadap Laju Degradasi Selulosa Kayu Albasia (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen Dan Karboksimetil selulosa (CMC) Secara Enzimatis oleh Jamur. *Jurnal Natur Indonesia*, 4(2): 156–163.
- Melisa., Bahri, S., Nurhaeni. (2014). Optimasi Sintesis Karboksimetil Selulosa dari Tongkol Jagung Manis (*Zea mays* L. Saccharata. *Online Journal of Natural Science*, 3(2): 70-78.
- Minifie, B. (1989). *Chocolate, Cocoa, and Confectionery*. Van Nostrand Reinhold.
- Nasution, H. I., Dewi, R. S., & Hasibuan, P. (2016). Pembuatan Etanol Dari Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum* Schumach) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan fermentasi *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 8(2): 144–151. <https://doi.org/10.24114/jpkim.v8i2.4441>
- Nisa, D., & Putri, W. D. R. (2014). Pemanfaatan Selulosa Dari Kulit Buah Kakao (*Teobroma cacao* L.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Cmc (Carboxymethyl Cellulose). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(3): 34–42.
- Nur'ain, N., Nurhaeni, N., & Ridhay, A. (2017). Optimasi Kondisi Reaksi Untuk Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) Dari Batang Jagung (*Zea mays* L.). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 3(2): 112–121.
- Safitri, D., Rahim, E. A., Prismawiryanti, P., & Sikanna, R. (2017). Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) Dari Selulosa Kulit Durian (*Durio zibethinus*). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 3(1): 58–68.
- Saleh, A., Pakpahan, M. M. D., & Angelina, N. (2009). Pengaruh Konsentrasi Pelarut, Temperatur Dan Waktu Pemasakan Pada Pembuatan Pulp Dari Sabut Kelapa Muda. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(3): 37–38.
- Sanderson, M. A., & Adler, P. R. (2008). Perennial Forages as Second Generation Bioenergy Crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(5): 768–788. <https://doi.org/10.3390/ijms9050768>
- Sebayang, F., & Sembiring, H. (2017). Synthesis of CMC from Palm Midrib Cellulose as Stabilizer and Thickening Agent in Food. *Oriental Journal of Chemistry*, 33(1): 519–530.

- Silsia, D. (2018). Characterization of Carboxymethyl Cellulose (CMC) of Palm Midrib. *Jurnal Agroindustri*, 8(1): 53–61.
- Wagiyanto, D. (2009). *Kimia Teknik*. <http://blog.uns.ac.id>, diakses pada 19 Desember 2020.
- Wijayani, A., Umma, K., & Tjahjani, S. (2005). Karakteristik Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Enceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms). Universitas Negeri Surabaya. *Indo. J. Chem*, 5(3): 228–231.
- Winarno, F. (1985). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.