

EVALUASI KUALITAS Na-CMC HASIL SINTESIS SELULOSA ECENG GONDOK DENGAN CROSSLINKER ASAM SUK SINAT DAN EPIKLOROHIDRIN

Haty Latifah Priatni

haty@stikes-muhammadiyahku.ac.id

STIKES MUHAMMADIYAH KUNINGAN

Jl. Raya Pangeran Adipati No. D4 Kel. Cipari Kec. Cigugur Kab. Kuningan

Diserahkan 27/06/2019, diterima 01/08/2019

ABSTRAK

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) solm) diketahui mengandung selulosa yang cukup tinggi yaitu hingga 72.63 % sehingga berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan NaCMC. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kualitas *swelling* NaCMC yang disintesis dari selulosa tanaman eceng gondok dengan pelarut campuran isobutyl dan isopropyl alkohol dengan menggunakan *crosslinker* asam suksinat dan *crosslinker* epiklorohidrin, serta pengaruh variasi konsentrasi epiklorohidrin dan asam suksinat sebagai *crosslinker* dalam sintesis NaCMC dari selulosa eceng gondok. Penelitian ini meliputi isolasi selulosa, tahap alkalisasi, tahap karboksimetilasi, proses *crosslinking* Na-CMC dan pengujian *swelling* dengan *tea bag method*. Hasil penelitian menunjukkan nilai *swelling* Na-CMC hasil *crosslinking* asam suksinat dengan variasi konsentrasi (2:1), (2:1,5), (2:0,5) berturut-turut yaitu 4, 3 dan 8. Sedangkan nilai *swelling* rasio NaCMC hasil *crosslinking* epiklorohidrin dengan variasi konsentrasi (1:10), (1:5) dan (1: 2,5) yaitu 2,5, 1,5 dan 10,5. Berdasarkan hal tersebut sintesis Na CMC dengan *crosslinker* epiklorohidrin (1:2,5) menunjukkan hasil dengan *swelling* yang lebih tinggi.

Kata kunci : Sintesis, Eceng gondok, Na-CMC, Asam Suksinat, Epiklorohidrin, Swelling

ABSTRACT

Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) or known as Eceng Gondok in Bahasa has a high level cellulose around 72.63%. It is potential as a basic material in creating NaCMC. This study aimed to determine the swelling quality of the synthesized Na-CMC of the water hyacinth (eceng gondok) cellulose with a solvent mixture of isobutyl and isopropyl alcohol using succinic acid crosslinker and epichlorohydrin crosslinker and the effect of variations in the concentration epiklorohidrin and succinic acid as a crosslinker in the synthesis of cellulose NaCMC hyacinth. The study included cellulose isolation, alkalization stage, carboxymethylation stage, crosslinking Na-CMC process and swelling test by using tea bag. The result shows that the swelling quality of Na-CMC from crosslinking succinic acid with concentration variation (2: 1), (2: 1,5), (2: 0.5), respectively, are 4, 3 and 8. While the swelling ratio of epiklorohidrin NaCMC crosslinking resulting various concentrations as (1:10), (1: 5) and (1 : 2.5) ie 2.5, 1.5 and 10.5. Based on the synthesis of Na CMC with epichlorohydrin crosslinker (1: 2,5) it shows that the swelling quality is higher.

Keywords: synthesis, eceng gondok (water hyacinth), Na-CMC, asam suksinat, epiklorohidrin, swelling

PENDAHULUAN

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) memiliki kandungan selulosa

yang cukup tinggi yaitu 72.63%. Kandungan selulosa yang cukup tinggi dan keberadaannya yang melimpah sebagai gulma perairan

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

menjadikan eceng gondok berpotensi sebagai sumber bahan baku pembuatan *carboxymethyl cellulose sodium* (Na-CMC). Carboxymethyl cellulose (CMC) adalah salah satu polimer alam yang terbarukan yang jumlahnya sangat melimpah di bumi dan akan menjadi sumber utama energi kimia di masa depan (Eichhron, 2005).

Musfiroh dkk (2013) telah berhasil mensintesis Na-CMC dari eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms). Namun, Na-CMC yang dihasilkan dari tanaman eceng gondok ini masih memiliki kekurangan pada *oil holding capacity* (OHC) dan *water holding capacity* (WHC) dibandingkan dengan bahan baku, yang kemungkinan hal ini dipengaruhi oleh nilai derajat substitusi (DS). Sifat fisik dan kimia dari Na-CMC yang dihasilkan sangat ditentukan oleh DS. DS memiliki pengaruh terhadap kemampuan Na-CMC menyerap air, perilaku reologi serta viskositas larutan Na-CMC yang akan dihasilkan (Zhao, dkk., 2010).

Penelitian yang dilakukan oleh Pitaloka, dkk. (2015) menginformasikan bahwa penggunaan pelarut campuran isobutil alkohol-isopropil alkohol dapat memperbaiki DS yang dihasilkan. Selain itu, nilai DS juga dapat diperbaiki dengan menggunakan *crosslinker*. Dengan nilai DS maksimum sebesar 1,49. Hashem, dkk. (2013) menggunakan asam suksinat, asam malat, dan asam sitrat sebagai *crosslinker* dalam sintesis Na-CMC dan dilaporkan bahwa *crosslinker* asam suksinat memiliki hasil yang paling maksimal diantara

ketiganya sebagai hidrogel. Sementara penelitian Hasanah (2015) menguraikan bahwa NaCMC hasil sintesis eceng gondok dengan crosslinker epiklorhidrin memberikan kualitas swelling yang lebih baik. Hidrogel merupakan molekul polimer hidrofilik yang saling sambung silang melalui ikatan kimia atau gaya kohesi, yang dapat menyerap dan mempertahankan sejumlah besar air. Hidrogel memiliki karakteristik yang lembut, elastis, lunak sehingga meminimalkan iritasi (Rosiak dkk, 1999).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan metode sintesis Na-CMC dengan menggunakan campuran pelarut isobutil alkohol-isopropil alkohol dan *crosslinker* asam suksinat dan epiklorhidrin. Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi Na-CMC dari selulosa eceng gondok dengan *crosslinker* asam suksinat dan epiklorhidrin menggunakan pelarut campuran isobutil alkohol dan isopropil alkohol dan untuk mengetahui karakterisasinya dan untuk evaluasi terhadap kemampuannya sebagai hidrogel.

ALAT DAN BAHAN

Alat yang digunakan untuk sintesis Na-CMC meliputi timbangan digital (Ohaus Pioneer), mesin penggiling (Disc Mill Bright-G CAM STARTER IEC 947-3 Type QS), *hotplate magnetic stirrer* (Cimarec), ayakan *mesh* 50, oven (Heraeus), *fourier transform infrared spectrophotometer* (Shimadzu IR Prestige-21), *Scanning Electron Microscop* (SEM), *freeze dry* dan alat-alat gelas yang umum digunakan di

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

laboratorium. Spektrofotometer UV-Vis (*Genesis*), viskotester (*Viscometer Rion VT 04*), pH meter (*Denver*), Mixer (*IKA*), timbangan (*Adventure Ohaus*), mortar, stamper, alat-alat gelas.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah eceng gondok yang diperoleh dari Arboretum Universitas Padjadjaran dan kolam di daerah Legok Ciburial, Desa Cikole, Lembang Kabupaten Bandung Barat, aquades, natrium hidroksida (NaOH) (Bratachem), natrium hipoklorit (NaOCl) (Bratachem), isopropil alkohol (Bratachem), natrium monokloroasetat ($\text{NaCH}_2\text{COOCl}$) (Sigma Aldrich), methanol (Bratachem), etanol (Bratachem), asam asetat (CH_3COOH) glasial (Merck), isopropil alkohol (Bratachem), isobutil alkohol (Bratachem) dan amonium hidroksida (NH_4OH) (Merck). NaCMC, epiklorohidrin, NH_4OH , dan asam suksinat.

METODE PENELITIAN

3.3.1 Preparasi Bahan Baku Eceng Gondok

Bahan baku yang digunakan yaitu tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (MART.) Solms) yang diperoleh dari Manoko, Lembang. Tumbuhan eceng gondok dibersihkan dari kotoran-kotoran yang masih menempel. Tumbuhan eceng gondok dideterminasi di Laboratorium Taksonomi Tumbuhan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran.

Bahan baku eceng gondok dikeringkan dengan cara dipotong-potong dan dijemur di bawah sinar matahari selama 5-7 hari kemudian dihancurkan menjadi bentuk serbuk kasar. Serbuk dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 95°C selama 12 jam. Setelah kering, kemudian dilakukan pengayakan menggunakan ayakan *mesh* 50 dan selanjutnya eceng gondok siap digunakan.

3.3.2 Pengujian Kadar Air dan Kadar Abu dari Serbuk Eceng Gondok

Pengujian kadar air serbuk eceng gondok dilakukan menurut SNI 08-7070-2005 mengenai cara uji kadar air pulp dan kayu dengan metode pemanasan dalam oven. Berat kering botol bertutup ditimbang terlebih dahulu dengan cara memanaskan botol timbang beserta tutupnya dipindahkan ke dalam desikator dan didiamkan selama ± 10 menit kemudian ditimbang. Pemanasan dan penimbangan diulangi sampai diperoleh berat konstan. Serbuk eceng gondok kering dimasukkan ke dalam botol yang telah diketahui beratnya, lalu serbuknya ditimbang sebanyak 2 gram (W_1). Botol timbang yang telah berisi serbuk dimasukkan ke dalam oven dan tutup botol timbangnya dibuka. Dipanaskan selama 3 jam pada suhu $105^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$. Didinginkan dalam desikator selama 10 menit kemudian hasilnya ditimbang. Pemanasan dan penimbangan diulangi sampai diperoleh berat yang tetap (W_2).

Kadar air serbuk eceng gondok dihitung berdasarkan rumus:

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

$$X = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (3.1)$$

3.3.3 Isolasi α -Selulosa dari Eceng Gondok

Keterangan:

X = kadar air sampel (%)

W₁ = berat contoh eceng gondok awal (gram)

W₂ = berat kering sampel (gram)

Pengujian kadar abu serbuk eceng gondok dilakukan dengan menggunakan metode termogravimetri. Proses pengabuan dilakukan dengan menggunakan tanur pada suhu 600°C.

Serbuk eceng gondok dididihkan dalam air panas kemudian disaring dan dipisahkan bagian yang larut dan tidak larut. Bagian yang tidak larut dididihkan dengan natrium hidroksida (NaOH) 30% selama 1 jam dan dipisahkan lagi dengan cara penyaringan. Residu yang diperoleh dicuci dengan aquades sampai pH 6-7. Residu yang sudah bersih dimasukkan ke dalam gelas kimia dan ditambahkan larutan pemutih natrium hipoklorit (NaOCl), kemudian diaduk rata. Hasilnya dibiarkan selama 4 jam pada suhu kamar. Residu hasil pemasakan disaring dan dicuci dengan aquades sampai bau klorin hilang dan dikeringkan pada oven 50°C. Residu yang diperoleh disebut sebagai α -selulosa (Susantika, 1999).

3.3.4 Sintesis Karboksimetil Selulosa Karboksimetil Selulosa dengan Campuran Pelarut Isopropil Alkohol dan Isobutil Alkohol

Carboxymethylcellulose sodium (Na-CMC) disintesis dari selulosa eceng gondok dalam dua tahap reaksi. Selulosa disuspensikan dalam campuran pelarut isopropil alkohol dan

isobutil alkohol (4:1) di bawah pengaduk mekanik pada temperatur ruang dan masing-masing ditambahkan NaOH 40%. Masing-masing campuran ini diaduk selama 90 menit dan akan dihasilkan alkali selulosa. Sejumlah natrium monokloroasetat (ClCH₂COONa) kemudian pelan-pelan ditambahkan ke dalam masing-masing campuran selama 30 menit dan temperatur diatur pada suhu 55°C selama 3,5 jam. Setelah itu, metanol 70% ditambahkan ke dalam reaktor dan campuran dinetralkan dengan asam asetat 90%. Na-CMC kemudian diperoleh dengan menyaring dan mencuci residu sebanyak 6 kali dengan etanol. Na-CMC yang telah dicuci etanol kemudian dicuci kembali dengan metanol murni dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C.

3.3.5 Karakterisasi Na-CMC dari Selulosa Eceng Gondok

Karakterisasi Na-CMC yang disintesis dari selulosa eceng gondok dilakukan menurut SNI 06-3736-1995 mengenai cara uji natrium karboksimetil selulosa teknis, *The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA), dan Farmakope Indonesia. Pemeriksaan karakteristik Na-CMC yang dilakukan meliputi:

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

1. Pengujian Kualitas Serbuk Na-CMC Baku, Na-CMC Hasil Sintesis dari Selulosa Eceng Gondok dengan Berbagai Pelarut

a) Pemeriksaan Organoleptis

Pemeriksaan yang dilakukan meliputi pemeriksaan bentuk, warna, bau, dan rasa sesuai dengan Farmakope Indonesia Edisi ke-IV.

b) Kelarutan

Sampel ditimbang tiga kali sebanyak 0,1 gram kemudian dilarutkan masing-masing dalam akuades, etanol, dan eter. Dilihat kelarutan Na-CMC pada masing-masing pelarut.

c) Derajat Putih

Derajat putih diukur dengan cara memasukkan sampel ke dalam cawan petri hingga menutupi seluruh permukaan cawan petri, kemudian permukaan contoh diratakan. Setelah rata, maka derajat putih diukur dengan menggunakan alat *chromameter*.

d) Foam test

Sampel dibuat dalam bentuk larutan dengan konsentrasi 0,1% kemudian dikocok kuat-kuat. Apabila serbuk yang dihasilkan adalah Na-CMC maka tidak akan terbentuk lapisan busa.

e) Pembentukan Endapan

Sampel dibuat dalam bentuk larutan dengan konsentrasi 0,5% sebanyak 5 ml kemudian ditambahkan 5 ml larutan aluminium sulfat dengan konsentrasi 5%, akan terbentuk endapan putih. Tes

lain yang dapat dilakukan berdasarkan Farmakope Indonesia edisi ke-4 adalah pada 5 ml larutan ditambahkan 5 ml barium klorida, akan terbentuk endapan halus putih.

f) Reaksi Warna

Serbuk Na-CMC hasil sintesis ditimbang sebanyak 0,5 gram kemudian dimasukkan dalam 50 ml air, selanjutnya diaduk dengan menggunakan pengaduk mekanik sampai membentuk dispersi yang sempurna. Larutan diambil sebanyak 1 ml ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan akuades dengan volume yang sama. Selanjutnya, ditambahkan 5 tetes 1-naftol dan dengan hati-hati lewat pinggir tabung ditambahkan 2 ml asam sulfat pekat sehingga terbentuk cincin warna merah ungu pada bidang batas antara dua lapisan.

g) Susut Pengeringan

Sampel ditimbang 1-2 gram dalam botol timbang yang telah diketahui beratnya. Sampel diratakan hingga tebalnya tidak lebih dari 5 mm dan ditimbang dengan teliti. Selanjutnya dimasukkan ke dalam lemari pengering, tutupnya dibuka dan diletakkan di samping botol timbang. Dikeringkan selama 4 jam pada suhu 105°C sampai bobot tetap. Setelah pengeringan selesai, botol ditimbang dalam keadaan tertutup dimasukkan ke

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

dalam desikator, didinginkan pada suhu ruang lalu ditimbang.

Susut Pengeringan =

$$\frac{\text{Kehilangan berat}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

(3.2)

2. Karakterisasi Na-CMC dengan Metode Instrumen

a) Analisis dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pelet dibuat dari sampel Na-CMC (2-5 mg) digerus bersama dengan KBr (200-250 mg). Kemudian spektrum inframerah dari sampel Na-CMC direkam dengan FTIR. Transmisi diukur pada bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹ (Latif, *et al.*, 2007).

b) Analisis dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Sampel dikeringkan menggunakan *freeze dry* kemudian dioleskan pada permukaan aluminium. Setelah kering, sampel didiamkan selama 30 detik dengan emas menggunakan mesin Polaron. Selanjutnya, SEM dijalankan dengan mikroskop *Stereoscan* (Heydarzadeh, *et al.*, 2009).

3.3.7 **Crosslinking Na-CMC dari Selulosa Eceng Gondok Menggunakan Asam Suksinat dengan variasi perbandingan 2 : 1, 2 : 1,5 dan 2 : 0,5**

Sebanyak 3 g Na-CMC dan 1,5 g asam suksinat dilarutkan dalam 20 mL akuabides dengan pengadukan terus-menerus hingga menghasilkan campuran yang homogen. Tambahkan asam sitrat sebanyak 5%, 10%, dan

15% dari berat polimer yang digunakan. Proses ultrasonikasi kemudian dilakukan hingga diperoleh pasta yang bebas dari gelembung. Pasta yang terbentuk kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 55 °C hingga kering (Sari, 2014).

3.3.8 **Crosslinking Na-CMC dari selulosa Eceng Gondok dengan epiklorohidrin dengan perbandingan 1 : 10, 1 : 5 dan 1 : 2,5**

Na-CMC hasil sintesis dari hasil selulosa eceng gondok ditimbang sebanyak 3 gram berat kering dengan 50 gram NaOH 17,5 % dan diaduk pada suhu 50° selama 20 menit. Epiklorohidrin dengan perbandingan 3 variasi perbandingan dicampurkan dengan NH₄OH 25% (1:1) dan ditambahkan kedalam sampel. Sampel direfluks selama 4 jam pada suhu 40°C. produk crosslinking yang tidak larut dikumpulkan, dicuci dengan etanol dan aquades kemudian dikeringkan. Sehingga diperoleh produk crosslinking.

3.3.8 **Pengukuran Swelling Menggunakan *tea bag method***

Kantong teh (100 mesh nilon) yang mengandung sampel bubuk akurat ditimbang (0,5 – 0,001 g) dengan rata-rata partikel ukuran mesh 40 – 60 (250 – 350) terbenam sepenuhnya dalam (200ml) air suling atau larutan garam yang diinginkan (100ml) dan dibiarkan terendam selama 3 jam pada suhu kamar. Kantong the digantung 15 menit untuk menghilangkan cairan berlebih (hosein zadeh, 2013)

Pembengkakan yang seimbang diukur dengan menggunakan persamaan berikut :

$$ES(g/g) = \frac{\text{berat swelling gel} - \text{berat kering gel}}{\text{berat kering gel}}$$

HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Preparasi Bahan Baku Eceng Gondok Solms

Tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (mart) solm yang digunakan pada penelitian ini adalah tumbuhan eceng gondok yang diperoleh dari kolam di daerah Legok Ciburial, Desa Cikole, Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Sebelum preparasi eceng gondok di determinasi untuk mengetahui taksonomi Tumbuhan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjajaran. Hasil determinasi menyatakan bahwa benar tumbuhan yang digunakan adalah eceng gondok *Eichhornia crassipes* (mart) solms.

Tahapan preparasi tanaman eceng gondok dilakukan mula-mula, eceng gondok segar dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran dan lumpur yang masih menempel pada eceng gondok. Setelah bersih eceng gondok dipotong-potong menjadi bagian yang lebih kecil kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 5 sampai 7 hari hingga kering. Eceng gondok yang telah kering kemudian dihitung susut pengeringannya. Hasil susut pengeringan dapat dilihat pada **tabel 4.1**

Tabel 4.1

Eceng Gondok Segar (kg)	Eceng Gondok Kering (kg)	Susut Pengeringan (%)
25	2.5	94%

Uji susut pengeringan dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada

eceng gondok. Berdasarkan uji susut pengeringan, kandungan air pada eceng gondok yang diperoleh dari lembang, jawa barat, sebesar 94%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh sumarsih dkk (2007) yang menyatakan bahwa eceng gondok segar memiliki kandungan air sebesar 94,06 %.

Eceng gondok kering digiling dengan menggunakan blender hingga menjadi serbuk yang halus. Proses ini juga termasuk salah satu cara delignifikasi yaitu secara fisika (permatasari dkk., 2014). Serbuk eceng gondok dikeringkan kembali menggunakan open pada suhu 95°C selama 12 jam. Setelah kering serbuk eceng gondok siap digunakan untuk proses selanjutnya.

4.2 Hasil Pengujian Kadar Air Dan Kadar Abu Serbuk Eceng Gondok.

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada serbuk eceng gondok. Pengujian kadar air pada serbuk eceng gondok dilakukan menurut SNI 08-7070-2005 dengan metode pemanasan dalam oven. Hasil pengujian kadar air serbuk eceng gondok yang diperoleh adalah sebesar 9,35 %. Kadar air serbuk eceng gondok ini memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu < 10 %. Kadar air dibawah 10% dinilai cukup aman karena kadar air yang rendah dapat mencegah terjadinya reaksi hidrolisis, serta mencegah pertumbuhan mikroba pada serbuk simplisia (Puspawati dkk.,2013).

Pengujian kadar abu serbuk eceng gondok dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral pada eceng gondok. Pengujian kadar abu serbuk eceng gondok dilakukan dengan metode

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

termogravimetri dimana proses pengabuan dilakukan dengan memijarkan sampel pada suhu 600^oc menggunakan tanur. Pemanasan pada suhu ini akan menyebabkan senyawa organik dan turunannya menguap dan terdestruksi, sehingga yang tersisa unsur mineral dan anorganik. Penetapan kadar abu dilakukan untuk mengukur jumlah pencemar benda-benda organik seperti tanah yang masih menempel (Azizah dan Salamah, 2013).

Hasil pengujian kadar abu serbuk eceng gondok yang berasal dari Lembang, Jawa Barat sebesar 19.91% . Susanti (2015) melaporkan bahwa kadar abu serbuk eceng gondok yang diperoleh dari ARBORETUM Universitas Padjajaran kampus Jatinangor adalah sebesar 10,11 %. Hal ini disebabkan oleh perbedaan tempat hidup bahan baku eceng gondok yang digunakan. Perbedaan hidup tanaman eceng gondok dapat menimbulkan perbedaan kandungan mineral yang diserap eceng gondok. Nilai kadar abu yang lebih tinggi menunjukan bahwa sampel eceng gondok yang digunakan memiliki kandungan mineral dan anorganik yang lebih tinggi. Hasil pengujian kadar air dan kadar abu serbuk eceng gondok dapat dilihat pada **tabel 4.2**

Tabel 4.2

Hasil pengujian kadar air dan kadar abu serbuk eceng gondok

Pengujian ke-	Kadar air (%)	Kadar abu (%)
1	9,35	19,91
2	9,56	19,59
Rata-rata	9,4	39,5
Standar Deviasi	0.148492	0.226274

4.3 Hasil Isolasi α Selulosa Dari Eceng Gondok

Isolasi α selulosa dari eceng gondok dilakukan dengan 3 tahap, yaitu pre-hidrolisis, proses delignifikasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) 30% kemudian dilanjutkan proses pemutihan (bleaching) menggunakan natrium hipoklorit (NaOCl). Pada tahap pre-hidrolisis serbuk eceng gondok dididihkan dalam air panas lalu disaring. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang larut dalam air.

Sampel yang tidak larut kemudian dididihkan dengan menggunakan NaOH 30% selama 1 jam, yang merupakan tahap kedua. Proses ini juga disebut proses Delignifikasi bertujuan untuk menghilangkan lignin dan bentuk selulosa lain yang larut dalam NaOH, seperti β -selulosa, γ -selulosa yang merupakan bentuk selulosa yang mudah larut dalam NaOH 17,5% atau larutan basa kuat lainnya. Hal ini menyebabkan proses isolasi α -selulosa melibatkan penggunaan basa kuat seperti NaOH. Dengan demikian, α -selulosa akan terisolasi sementara bentuk selulosa lainnya akan terlarut dalam NaOH. Menurut sumada dkk (2011), semakin besar konsentrasi NaOH yang digunakan berbanding lurus dengan banyaknya α -selulosa yang diperoleh, namun pada konsentrasi tertentu banyaknya α -selulosa menunjukan kecenderungan konstan.

Residu yang diperoleh kemudian dicuci dengan air hingga pH netral (pH 6-7). pH dijaga pada pH netral disebabkan senyawa yang ingin

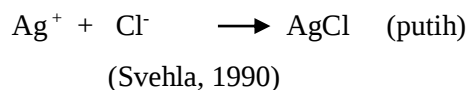
Farmaka

Volume 17 Nomor 2

dihasilkan merupakan eksipien farmasi berbasis *pharmaceutical grade* sehingga pH harus berada pada range pH netral agar tidak bereaksi saat digunakan dalam proses pembuatan sediaan farmasi selanjutnya.

Residu yang telah dicuci ini kemudian diputihkan (*bleaching*) menggunakan larutan pemutih natrium hipoklorit (NaOCI) selama 4 jam pada suhu kamar. Hal ini untuk mendapatkan derajat putih yang baik. Natrium hipoklorit dapat meningkatkan derajat putih dengan cara menghilangkan lignin atau warna lignin (Susantika, 1999).

Proses pemutihan ini melibatkan reaksi korinasi dan oksidasi, dimana reaksi ini akan menyebabkan pulp menjadi berwarna kuning yang semakin lama warnanya menjadi semakin pudar dan reaksi oksidasi akan menyebabkan lignin menjadi semakin mudah larut dalam air. Setelah direndam selama 4jam, α -selulosa disaring dan dicuci dengan aquades hingga bau klorin hilang. Selain dari bau, untuk membuktikan tidak ada klorin lagi pada α -selulosa maka sampel diuji kualitatif dengan menggunakan AgNO_3 dalam suasana asam. Dengan terbentuknya endapan AgCl yang berwarna putih menunjukkan hasil positif sesuai reaksi.



Hasil pencucian α -selulosa menunjukan bahwa α -selulosa hasil isolasi telah bebas dari klorin dengan tidak terbentuknya endapan berwarna

putih. Setelah bebas klorin, α -selulosa hasil isolasi eceng gonok dikeringkan dengan menggunakan open pada suhu 50°C . Hasil isolasi α -selulosa dari eceng gondok dapat dilihat pada

Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil isolasi α -selulosa dari eceng gondok

Isolasi ke-	Massa serbuk Eceng Gondok (g)	Massa α -selulosa (g)	Rendemen (%)
1	40	8,0098	20,024
2	40	8,0256	20,026
3	40	8,5004	21,251
4	40	8,6496	21,62
Rata-rata			20,73
Standar deviasi			0.82816

4.4. Hasil Sintesis Natrium Karboksimetil Selulosa (Na-CMC) dari Selulosa Eceng Gondok

Sintesis Na-CMC dari selulosa eceng gondok dilakukan menggunakan NaOH 40% dan natrium monokloroasetat ($\text{ClCH}_2\text{COONa}$) dengan pelarut campuran isobutyl alkohol-isopropil alkohol (4 banding 1) Sintesis Na-CMC terdiri dari 2 tahap reaksi, yaitu alkalisasi dan karboksimetilasi. Pada tahap pertama, selulosa dari eceng gondok masing-masing disuspensikan dengan pelarut campuran isopropil alkohol-isobutyl alkohol (4 banding 1) menggunakan magnetik stirrer pada temperatur ruang. Pelarut yang digunakan merupakan pelarut dengan kepolaran yang berbeda. Suspensi yang dihasilkan kemudian ditambahkan NaOH 40%, diaduk selama 90 menit dan dihasilkan alkali selulosa. Tahap selanjutnya, yaitu karboksimetilasi, dilakukan dengan cara natrium monokloroasetat ($\text{ClCH}_2\text{COONa}$) ditambahkan pelan-pelan ke dalam campuran

Farmaka

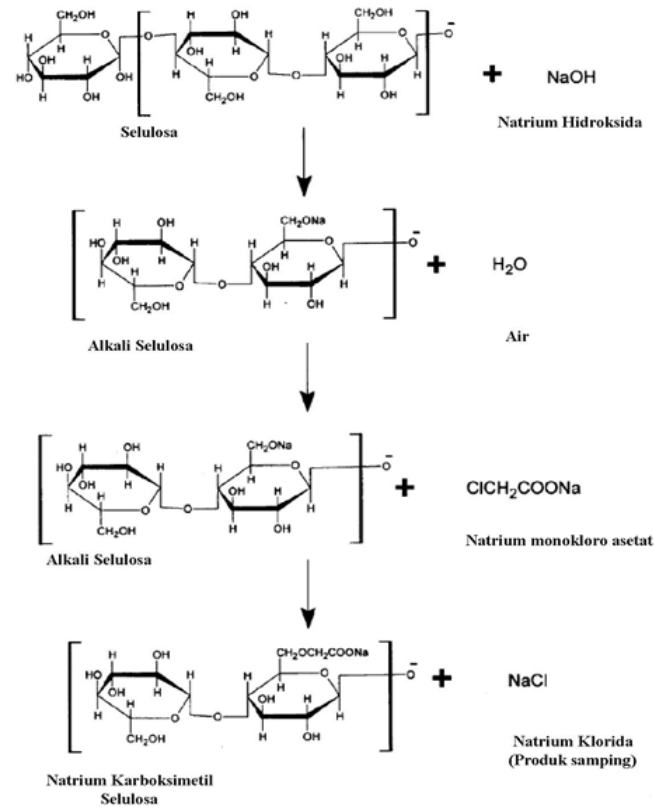
Volume 17 Nomor 2

selama 30 menit pada suhu 55°C dan campuran ini diaduk selama 3,5 jam. Alkali selulosa reaktif terhadap natrium monokloroasetat, yang merupakan suatu agen eterifikasi (Latief, et al., 2017).

Namun, pada tahap reaksi ini tidak hanya terjadi pembentukan Na-CMC namun terjadi pula pembentukan produk samping berupa natrium glikolat dan natrium klorida (Musfiroh et al, 2013).

Selama proses pengadukan selama 3,5 jam, methanol 70% ditambahkan ke dalam reaktor. Metanol berfungsi untuk mencuci dan memisahkan Na-CMC yang terbetuk dengan produk samping berupa natrium glikolat dan natrium klorida. Campuran dinetralkan dengan asam asetat 90%. Na-CMC yang diperoleh kemudian disaring dan dicuci sebanyak 6 kali dengan etanol 96% dan methanol absolut untuk menghilangkan produk samping dan mendapatkan Na-CMC yang murni (Latif et al., 2007).

Gambar 4.1 Tahapan reaksi pada sintesis Na-CMC



Zat-zat yang terlibat pada proses sintesis Na-CMC meliputi serbuk α -selulosa, isopropil alkohol, NaOH 40% natrium monokloroasetat, methanol 70%, dan asam asetat 90% dengan perbandingan berturut-turut 1 : 20 : 20 : 5 : 20 : 10. Perbandingan ini diperoleh dari hasil optimasi yang dilakukan oleh Budiman (2012). Konsentrasi NaOH dan jumlah natrium monokloroasetat yang akan digunakan pada proses sintesis Na-CMC berpengaruh pada kualitas Na-CMC yang akan dihasilkan. Konsentrasi NaOH yang terlalu rendah pada proses alkalisasi akan membatasi konversi selulosa menjadi alkali selulosa yang selanjutnya berpengaruh pada proses karboksimetilasi. Namun, konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat pula menyebabkan Na-CMC yang

Farmaka
Volume 17 Nomor 2

terbentuk terdegradasi oleh NaOH yang berlebihan. NaOH juga dapat bereaksi dengan natrium monokloroasetat dan meningkatkan pembentukan produk samping natrium glikolat dan natrium klorida. Semakin banyak jumlah natrium monokloroasetat yang digunakan akan menyebabkan semakin banyak pula gugus fungsi dalam Na-CMC yang tersubstitusi dengan gugus karboksinitil (Ismail et al., 2010)

Pelarut	Sintesis ke-	Massa α -sehlusa (g)	Massa Na-CMC (g)	Rendemen (%)
Isopropil alkohol + Isobutil alkohol	1	10	12,26	122,60
	2	10	8,5	85,00
	3	10	11,6	116
	4	10	4,09	40,00
Rata-rata				90,90

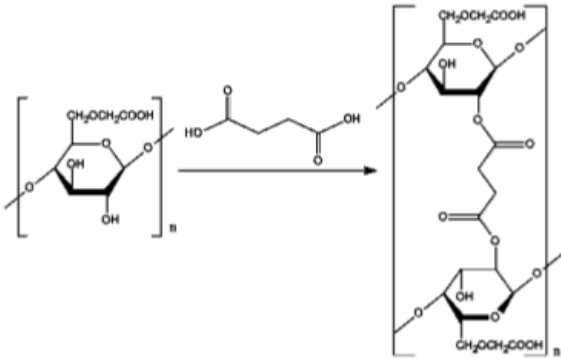
4.5 Hasil Crosslinking Na-CMC dari Selulosa Eceng Gondok dengan Asam Suksinat dengan 3 variasi perbandingan (2 : 1), (2 : 1,5), (2 : 0,5)

Na-CMC hasil sintesis yang telah diperoleh direaksikan dengan asam suksinat sebagai agen pengikat silang (crosslinker). Penelitian yang dilakukan oleh Hashem (2013) menunjukan ikatan silang yang dihasilkan menyebabkan paduan CMC-asam karboksilat memiliki kemampun mengembang mencapai 40 kali bobot hidrogel kering.

Proses crosslinker antara Na-CMC hasil sintesis dari selulosa eceng gondok dilakukan dengan cara menimbang sebanyak 3 g Na-CMC hasil sintesis dan 1,5 g asam suksinat. Kedua zat ini kemudian dilarutkan dalam 20 ml aquades dan dilakukan pengadukan terus menerus menggunakan magnetic stirrer selama 3 jam pada suhu ruang hingga menghasilkan campuran

yang homogen. Proses ini untuk mendapatkan ikatan silang antara Na-CMC hasil sintesis dari selulosa eceng gondok dengan crosslinker asam suksinat. Ikatan silang yang dihasilkan merupakan suatu ikatan ester antara gugus hidroksil yang dimiliki oleh polimer-polimer Na-CMC dengan dua buah gugus karboksilat pada asam suksinat. Produk yang terbentuk dikeringkan pada oven pada suhu 55°C hingga kering. reaksi esterifikasi yang terjadi ditunjukkan pada **gambar 4.2**

Gambar 4.2 reaksi esterifikasi antara Na-CMC dengan asam suksinat (Sari, 2014)



Tabel 4.5 Hasil crosslinking Na-CMC dengan asam suksinat dengan 3 variasi perbandingan

Sampel	Hasil (gr)
Asam Suksinat 2 : 1	3
Asam Suksinat 2 : 1,5	3
Asam suksinat 2 : 0,5	0,9

4.6 Hasil Crosslinking Na-CMC dari Selulosa Eceng Gondok dengan Epiklorohidrin dengan 3 variasi perbandingan (1 : 10), (1 : 5), (1 : 2,5)

Epiklorohidrin merupakan crosslinker yang digunakan pada turunan selulosa (Ade et al., 2010) dan diketahui memiliki beberapa kelebihan diantaranya berat molekul yang kecil sehingga memungkinkan untuk masuk secara dalam pada granula Na-CMC (Pertiwi, 2013). Na-CMC hasil sintesis (isopropyl alcohol dan isobutyl alcohol) dilarutkan dalam NaOH 17,5% pada suhu 50°C selama 20 menit. Epiklorohidrin dengan perbandingan 1 : 10 dicampur dengan NH₄OH 25% (1 : 1). NH₄OH berfungsi sebagai pembentuk suasana basa dan pembentuk ikatan rantai panjang polimer, (Elyani, 2013). Dalam reaksi ini, terjadi beberapa reaksi samping, seperti beberapa molekul epiklorohidrin hanya dapat bereaksi dengan satu gugus hidroksil dari Na-CMC dan beberapa epiklorohidrin non reaktif hidrolisis menjadi gliserol (Yang et al., 2011).

Campuran Na-CMC dan epiklorohidrin direfluks selama 4 jam pada suhu 40°C untuk memutus ikatan Na-CMC dan membentuk ikatan antara Na-CMC dan epiklorohidrin. Produk crosslink Na-CMC yang tidak larut dikumpulkan, dicuci dengan etanol, berfungsi untuk melarutkan residu reagen yang digunakan karena epiklorohidrin dapat bercampur dalam etanol dan NH₄OH dapat larut dalam etanol. Pencucian dilakukan sampai bau ammonia hilang, dan dicuci dengan air hingga pH netral (pH 6-7). Kemudian produk dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C. Hasil crosslink Na-CMC dapat dilihat pada **tabel 4.6**

Tabel 4.6 Hasil crosslinking Na-CMC dengan epiklorohidrin dengan 3 variasi perbandingan

Sampel	Hasil (gr)
Epiklorohidrin 1 : 10	3,8
Epiklorohidrin 1 : 5	1
Epiklorohidrin 1 : 2,5	0,5

4.7 Hasil Pengujian Kualitas Serbuk Na-CMC dari Selulosa Eceng Gondok

Pengujian kualitas serbuk Na-CMC hasil sintesis dan *crosslinking* dari selulosa eceng gondok, meliputi organoleptis, kelarutan, derajat putih, *foam test*, pembentukan endapan, susut pengeringan. Pengujian ini dengan cara membandingkan Na-CMC yang dihasilkan dengan Na-CMC baku yang beredar di pasaran.

Pada pengujian organoleptis, parameter yang dilihat adalah warna, bau dan rasa dari Na-CMC. Menurut Farmakope Indonesia, Na-CMC berbentuk serbuk atau granul, putih sampai krem, dan tidak berbau. Baik Na-CMC hasil crosslinking dan Na-CMC baku yang beredar di pasaran tidak memiliki bau dan rasa. Namun terdapat sedikit perbedaan warna. Serbuk Na-CMC hasil crosslinking yang dihasilkan berwarna putih hingga krem.

Penentuan warna Na-CMC yang dihasilkan dapat dilakukan dengan pengujian derajat putih dengan alat kromameter. Terdapat 3 parameter satuan warna utama yang dilihat, yaitu L* (Lightness) yang menggambarkan kecerahan, b* menunjukkan koordinat derajat warna kuning hingga biru, dan a* menunjukkan koordinat derajat warna hijau hingga merah

(Handayani dll., 2012). Hasil pengujian derajat putih Na-CMC dapat dilihat pada **Tabel 4.7**

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Derajat Putih

NaCMC			
Sampel	L*	b*	a*
Na-CMC baku	95.36	0.04	7.67
Na-CMC hasil crosslinking asam suksinat 2:1	84.63	1.83	9.18
Na-CMC hasil crosslinking asam suksinat 2:1,5	89.6	-0.83	14.41
Na-CMC hasil crosslinking asam suksinat 2:0,5	83.34	0.36	19.33
Na-CMC hasil crosslinking Epiklorohidrin 1:10	81.99	-1.29	11.06
Na-CMC hasil crosslinking Epiklorohidrin 1:5	76.17	4.91	12.58
Na-CMC hasil crosslinking Epiklorohidrin 1:2,5	84.4	0.64	17.7

Berdasarkan hasil pengujian derajat putih menunjukkan bahwa warna yang dihasilkan dari Na-CMC hasil sintesis crosslinking asam suksinat dan epiklorohidrin dari selulosa eceng gondok sedikit lebih gelap dibanding dengan baku.

Pengujian kualitas serbuk Na-CMC yang diuji adalah kelarutan dalam air dan alkohol. Berdasarkan monografi Na-CMC yang tercantum pada farmakope Indonesia edisi keempat, Na-CMC akan membentuk larutan koloidal dengan penambahan air, namun tidak larut dalam penambahan etanol. Hal tersebut diatas dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Hasil karakterisasi Na-CMC mixture (isopropyl + isobutyl)

Parameter	Hasil
Organoleptis	
Warna	Putih
Bentuk	Serbuk
Rasa	Tidak berasa
Bau	Tidak berbau
Kelarutan	
Air	Terdispersi
Alkohol	Tidak larut
Foam test	- (tidak terbentuk lapisan busa)
Pengendapan	+ (terbentuk endapan)

4.8 Hasil Karakterisasi Na-CMC dengan Metode Instrumen FTIR

Analisis gugus fungsi pada Na-CMC hasil sintesis dari selulosa eceng gondok dengan crosslinker asam suksinat dan epiklorohidrin dengan menggunakan instrumen FTIR dengan variasi konsentrasi yang berbeda. Berdasarkan hasil analisis FTIR, spektrum infra merah Na-CMC menunjukkan hasil spectrum yang identic dengan Na-CMC baku adalah epiklorohidrin 1 : 10, 1 : 5, 1 : 2,5. Hal ini mengindikasi adanya gugus fungsi yang terdapat pada Na-CMC hasil sintesis dan Na-CMC baku. Spektrum Na-CMC yang dihasilkan dengan menggunakan instrumen FTIR dan dapat dilihat pada lampiran 1 sampai 3.

Hasil analisis dari gugus fungsi Na-CMC baku dengan FTIR menunjukkan adanya (-OH) pada bilangan gelombang 3114,13 cm⁻¹ hingga 3432,39 cm⁻¹ yang disebabkan oleh regangan dari gugus hidroksil (OH). Pada bilangan 2907,74 cm⁻¹ hingga 2941,49 cm⁻¹ menunjukkan regangan gugus CH. Terdapat pita kuat pada Na-CMC baku dan seluruh Na-CMC hasil crosslink

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

pada bilangan gelombang 1572,98 cm^{-1} hingga 1690,04 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonil (-C=O) yang merupakan indikasi Na-CMC namun pita-pita ini bergeser pada bilangan gelombang 1700an pada Na-CMC hasil crosslink hal ini mengindikasikan adanya ikatan silang antara Na-CMC dengan asam suksinat membentuk senyawa ester (Hashem et al, 2013). Pita-pita sekitar 1405,17 cm^{-1} hingga 1595,16 cm^{-1} diberikan oleh vibrasi gunting $-\text{CH}_2$. Pita-pita pada bilangan gelombang antara 1600-1400 indikasi terbentuknya karboksimetil pada Na-CMC. Pita gelombang 1005,00 cm^{-1} hingga 1065,69 cm^{-1} menunjukkan regangan $\text{CH}-\text{O}-\text{CH}_2$ (Singh, and Sing, 2013)

Tabel 4.9 hasil analisis gugus fungsi Na-CMC dengan instrument FTIR

Sampe l	Gugus fungsi dan bilangan gelombang (cm^{-1})				
	- OH stretching	- CH/C H ₂ /CH ₃ stretching	-C=O (Indikasi Na-CMC)	-CH ₂ Bending (Na-CMC)	-C-O stretching
Na-CMC baku	3408,28	2919,31	1599,93	1420,60	897,88
Na-CMC hasil crosslinking asam suksinat 2:1	3276,12	2652,17	1727,28	1417,70	849,66
Na-CMC hasil crosslinking asam suksinat	3114,13	2927,03	1690,04	1410,95	803,37

2:1,5					
Na-CMC hasil crosslinking asam suksinat 2:0,5	3408,28	2907,74	1718,60	1595,16	1005,00
Na-CMC hasil crosslinking Epiklorohidrin 1:10	3415,03	2.941,49	1.635,66	1.461,10	1.047,36
Na-CMC hasil crosslinking Epiklorohidrin 1:5	3432,39	2.932,81	1669,42	1405,17	1051,22
Na-CMC hasil crosslinking Epiklorohidrin 1:2,5	3301,08	2937,04	1.572,98	1413,85	1065,69

4.9 Hasil Pengujian Swelling pada Crosslink Asam Suksinat dan Epiklorohidrin

Hasil pengujian swelling asam suksinat dan epiklorohidrin yang paling bagus adalah yang paling kecil perbandingannya yaitu asam suksinat 2 : 0,5 dan epiklorohidrin dengan nilai perbandingan 1 : 2,5. Dilihat dari nilai keseimbangan swellingnya lebih tinggi. Semakin besar nilai keseimbangan maka semakin bagus menyerap air. Dapat dilihat pada **tabel 4.9**

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

Karakterisasi dengan metode SEM EDX (*Scanning Elektron Microscope Energy Dispersive X-Ray*) Na-CMC yang diuji dengan SEM EDX merupakan Na-CMC hasil sintesis terbaik yaitu asam suksinat 2 : 0,5 dan epiklorohidrin 1 : 2,5. Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari Na-CMC yang dihasilkan.

Pengujian EDX untuk mengetahui atom penyusun dari sampel EDX digunakan untuk mengenali jenis atom permukaan yang mengandung multi atom. Berdasarkan struktur Na-CMC hasil sintesis, atom-atom penyusunnya adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan natrium (Na). sedangkan dari hasil pengujian EDX komposisi penyusun dalam sampel Na-CMC baku adalah atom O, C dan Na. sedangkan atom pada Na-CMC hasil crosslinking asam suksinat dan epiklorohidrin komposisinya adalah O, C, Na dan Cl.

Hasil pengujian EDX terdapat perbedaan munculnya Cl pada NaCMC hasil crosslinking asam suksinat dan epiklorohidrin ini disebabkan karena masih adanya sisa peraksi sintesis yang digunakan.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Swelling Asam Suksinat dan Epiklorohidrin

Pengujian	Asam suksinat dengan perbandingan	Nilai kesetimbangan swelling	Epiklorohidrin dengan perbandingan	Nilai kesetimbangan swelling	Non cross link	Nilai kesetimbangan
1	2 : 1	4	1 : 10	2	1	47

2		4		3	2	45
1	2 : 1,5	3	1 : 5	1		
2		3		2		
1	2 : 0,5	8	1 : 2,5	11		
2		8		10		

SIMPULAN

Karakterisasi NaCMC yang disintesis dari selulosa eceng gondok dalam pelarut campuran isobutil dan isopropyl alcohol dengan variasi konsentrasi crosslinking asam suksinat dan epiklorohidrin memenuhi persyaratan parameter fisika meliputi warna, bentuk, rasa, bau, kelarutan, foam test dan pengendapan sebagai NaCMC berdasarkan farmakope Indonesia edisi V. Nilai swelling NaCMC hasil crosslinking asam suksinat dengan variasi konsentrasi (2:1), (2:1,5), (2:0,5) berturut-turut yaitu 4, 3 dan 8. Sedangkan nilai swelling rasio NaCMC hasil crosslinking epiklorohidrin dengan variasi konsentrasi (1:10), (1:5) dan (1 : 2,5) yaitu 2,5, 1,5 dan 10,5. Berdasarkan hal tersebut sintesis Na CMC dengan crosslinker epiklorohidrin (1:2,5) menunjukkan hasil dengan swelling yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Azizah, Barokati dan N. Salamah. 2013. Standarisasi Parameter Non Fisik dan Perbandingan Kadar Kurkumin Ekstrak Etanol dan Ekstrak Terpurifikasi Rimpang Kunyit. *Jurnal Ilmiah Kefarmasian*. 3(1): 21 – 30.
2. Budiman, Iman. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Carboxymetil Cellulose Sodium (NaCMC) dari Selulosa Eceng

Farmaka

Volume 17 Nomor 2

- Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart.)Solm) Sebagai Eksipien Sediaan Farmasi [Skripsi]. Jatinangor: Fakultas Farmasi Universitas Padjajaran.
3. Eichhorn, S.J.; Young, R.J.; and Davies, G.R. (2005). Modeling crystal and molecular deformation in regenerated cellulose fibers. *Biomacromolecules*, 6 (1), 507-513.
 4. Hasanah, A.N., I. Musfiroh, I. Budiman. 2013. The Optimization of Sodium Carboxymethyl Cellulose (Na-CMC) Synthesized from Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) Cellulose. *RJPBCS*, 4: 1092-1099.
 5. Hasanah, An., I Musfiroh., Eliyani., Sriwidodod., Muchtaridi., an A, Muhtadi. 2015. Epiklorohidrin as Crosslinking Agent for Synthesis of Carboxymetil Cellulose Sodium (NaCMC) as Pharmaceutical Excipient from water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* L.). *Int.J. Chem. Sci* 13 (3) : 1227-1237.
 6. Hashem, M., S. Sharaf, M. M. A. El-Hady, A. Hebeish. 2013. Synthesis and Characterization of Novel Carboxymethylcellulose Hydrogels and Carboxymethylcellulose-hydrogel-ZnO-nanocomposites. *Carbohydrate Polymers*. 95 : 421-427.
 7. Ismail, N. M., A. Bono., A.C.R Valitinus., S.Nilus., and I.M. Chng., 2010. Optimization of Reaction Condition for Preparing Carboxymethylcellulose *Journal Applied Science*. 10 (21): 2530-2536
 8. Latif, A., Anwar, and S. Noor. 2007. Two-Step Synthesis and Characterization of Carboxymethylcellulose from Rayon Grade Wood Pulp and Cotton Linter. *Jour. Chem. Soc.Pak*. 29 (2): 143-150.
 9. Puspawati, Ririn, P. Adirestuti, dan R. Menawati. 2013. Khasiat Umbi Bawang Dayak (*Euletherine palmifolia* (L.) Merr.) sebagai Herbal Antimikroba Kulit Kartika *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 1(1): 31-37.
 10. Rosiak, J.M.; and Yoshii, F. (1999). Hydrogels and their medical applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 151(1-4), 56-64.
 11. Sari, K. 2009. Produksi Alkohol dari Rumput Gajah Secara Kimia. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(1).
 12. Sari. D.P. Sintesis Hidrogel Anti Bakteri Berbasis Karboksimetil Selulosa Asam Suksinat-AgNO₃. [Skripsi]. Bogor. IPB
 13. Susanti. 20015 Uji Toksisitas Akut Na-CMC Hasil Sintesis dari Selulosa Eceng Gondok . dalam penyisihan Logam berat (Cr) pada limbah Elektropaating. *Jurnal Teknik*. 28 (1):34-42.
 14. Susanti, I.E 199. Pembuatan Selulosa Mikrokristal dari eceng Gondok dan Pemanfaatannya dalam pembuatan Tablet dengan cara Granulasi Kering. *Skripsi*. Jatinangor. Universitas. Padjajaran.
 15. Zhao, H., F. Cheng, G. Li, dan J. Zhang. 2010. Optimization of a Process for Carboxymethyl Cellulose (CMC) Preparation in Mixed Solvents. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*. 52 (9): 749-759.

