

LAPORAN HASIL PENELITIAN
“SINTESIS CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) DARI KULIT
PISANG AMBON HIJAU (*MUSA PARADISIACA* VAR. *SAPIENTUM*)”



Disusun oleh:

DINDA AYU WIDIA SAFITRI

NPM. 20031010165

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
SURABAYA
2024

LAPORAN HASIL PENELITIAN

**“SINTESIS CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) DARI KULIT
PISANG AMBON HIJAU (*MUSA PARADISIACA VAR. SAPIENTUM*)”**

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia**



Disusun oleh:

DINDA AYU WIDIA SAFITRI

NPM. 20031010165

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR

SURABAYA

2024



Laporan Hasil Penelitian
 "Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)"

LEMBAR PENGESAHAN

"SINTESIS CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) DARI KULIT PISANG AMBON HIJAU (*MUSA PARADISIACA* VAR. *SAPIENTUM*)"

Disusun Oleh:

DINDA AYU WIDIA SAFITRI

NPM. 20031010165

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji penelitian
 Pada Tanggal 16 Oktober 2024

Menyetujui,

Dosen Penguji

Dosen Pembimbing

1.

Ir. Nurul Widji Triana, MT

Ir. Kindriari Nurma W, MT

NIP. 19610301 198903 2 001

NIP. 19600228 198803 2 001

Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT

19640611 199203 2 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarivan, MP

NIP. 19650403 199103 2 001

Program Studi S-1 Teknik Kimia
 Fakultas Teknik dan Sains
 Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Telp. (031) 8782179 Surabaya 60294

KETERANGAN REVISI

Yang dibawah ini:

Nama : 1. Zirly Zauda Putri

NPM : 20031010154

2. Dinda Ayu Widia S.

NPM : 20031010165

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi proposal penelitian, dengan judul:

"Sintesis *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)"

Surabaya 10 Oktober 2024

Menyetujui,

Dosen Penguji

Dosen Penguji

(Ir. Nurul Widji Triana, MT)

(Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT)

NIP. 19610301 198903 2 001

NIP. 19640611 199203 2 001

Dosen Pembimbing

(Ir. Kindriari Nurma W. MT)

NIP. 19600228 198803 2 001



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dinda Ayu Widia Safitri
NPM : 20031010165
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

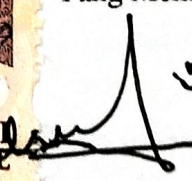
Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 12 Maret 2025



Yang Membuat Pernyataan


Dinda Ayu Widia Safitri
NPM. 20031010165



INTISARI

Carboxymethyl Cellulose (CMC) adalah turunan selulosa yang larut dalam air dengan sifat hidrofilik, viskoelastis, dan dapat digunakan sebagai penstabil, pengental, serta agen pembentuk gel dalam berbagai aplikasi industri, seperti pangan, farmasi, dan tekstil. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis CMC dari kulit pisang ambon hijau (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) dengan berbagai variasi kondisi alkalisasi guna mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fisikokimia produk yang dihasilkan.

Proses produksi CMC meliputi tahap preparasi kulit buah, delignifikasi, *bleaching*, alkalisasi, karboksimetilasi, dan penetralan. Variabel yang dikaji mencakup konsentrasi NaOH (25%, 30%, 35%, 40%, dan 45%) serta waktu reaksi alkalisasi (30, 50, 70, 90, dan 110 menit).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH CMC berada dalam rentang 6,80 – 8,10, dengan nilai tertinggi pada kondisi NaOH 40% selama 90 menit. Kadar NaCl dalam CMC bervariasi antara 6,12% – 8,45%, di mana kadar terendah diperoleh pada NaOH 40% selama 70 menit. Kemurnian CMC berkisar antara 73,21% – 89,45%, dengan nilai tertinggi pada NaOH 40% selama 90 menit. Derajat substitusi (DS) diperoleh dalam kisaran 0,58 – 0,85, dengan nilai optimal pada NaOH 40% selama 90 menit.

Secara keseluruhan, variasi parameter alkalisasi berpengaruh signifikan terhadap kualitas CMC yang dihasilkan, terutama dalam aspek pH, kemurnian, kadar NaCl, dan derajat substitusi. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting dalam optimasi produksi CMC berbasis limbah perkebunan untuk aplikasi industri yang lebih luas.



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan hasil penelitian dengan judul “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)” tepat pada waktunya. Laporan disusun untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terimakasih atas segala bimbingan dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama melakukan penelitian dan pembuatan laporan hasil ini kepada :

1. Dr. Ir. Sintha Soraya, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Sains dan Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ir. Kindriari Nurma W, MT selaku dosen pembimbing penelitian.
3. Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT selaku dosen penguji penelitian.
4. Ir. Nurul Widji Triana, MT selaku dosen penguji penelitian.
5. Kedua orang tua saya, Ayah dan Mama, yang yang senantiasa memberikan dukungan penuh tanpa henti dalam perjalanan menuju kesuksesan penulis.
6. Kakak-kakak saya, David Setya dan Daniel Satria, serta kakak ipar saya, Indriani, yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama pengerjaan penelitian ini.
7. Keluarga yang senantiasa memberikan dukungan baik secara moril maupun materil selama penulis melakukan penelitian.
8. Teman – teman jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan dorongan dan semangat kepada penulis selama melakukan penelitian.
9. Sahabat-sahabat saya Amrita Dewi, Annisa Maghfirah, Elvina Dzakiyyah, Ivana Dzakiyyah, Laily Tazkiyah, Widya Ayu, dan Galang Perwira yang selalu memberikan dukungan penuh selama pengerjaan penelitian ini.



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan laporan ini, besar harapan penulis akan saran dan kritikan yang sifatnya membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, 16 Oktober

2024



DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| KETERANGAN REVISI..... | ii |
| SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iii |
| INTISARI..... | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang | 1 |
| I.2 Tujuan | 2 |
| I.3 Manfaat | 2 |
| BAB II..... | 3 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 3 |
| II.1. Limbah Kulit Buah | 3 |
| II.1.1 Kandungan Kulit Pisang | 3 |
| II.1.2 Selulosa | 4 |
| II.1.3 <i>Carboxymethyl Cellulose</i> (CMC)..... | 5 |
| II.1.4 Sifat dan Fungsi CMC..... | 6 |
| II.1.5 Parameter Uji Kualitas CMC | 6 |
| II.1.6 Penggunaan CMC | 8 |
| II.1.7 Standar SNI | 9 |



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

| | |
|--|----|
| II.2 Landasan Teori | 9 |
| II.2.1 Preparasi Kulit Buah | 9 |
| II.2.2 Delignifikasi | 9 |
| II.2.3 <i>Bleaching</i> | 12 |
| II.2.4 Alkalisasi | 13 |
| II.2.5 Karboksimetilasi | 14 |
| II.2.6 Penetralan | 15 |
| II.2.7 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi | 16 |
| II.3 Hipotesis | 18 |
| BAB III | 19 |
| METODE PENELITIAN | 19 |
| III.1 Bahan | 19 |
| III.2 Peralatan yang digunakan | 19 |
| III.3 Rangkaian Alat | 19 |
| III.4 Variabel Penelitian | 20 |
| III.5 Prosedur Penelitian | 20 |
| III.6 Analisa Hasil | 25 |
| BAB IV | 27 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | 27 |
| IV.1 Hasil Pengujian CMC dari Kulit Pisang Ambon Hijau | 27 |
| IV.2 Pembahasan | 31 |
| BAB V | 38 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | 38 |
| V.1 Kesimpulan | 38 |
| V.2 Saran | 38 |



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

| | |
|----------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA | 39 |
| LAMPIRAN I | 44 |
| LAMPIRAN II | 46 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel II.1 Penggunaan CMC pada Berbagai Industri | 8 |
| Tabel II.2 Standar Mutu <i>Carboxymethyl Cellulose</i> (CMC)..... | 9 |
| Tabel IV. 1 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap pH CMC | 27 |
| Tabel IV. 2 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kadar NaCl CMC | 28 |
| Tabel IV. 3 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kemurnian CMC..... | 29 |
| Tabel IV. 4 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Derajat Substitusi (DS) CMC | 30 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar II.1 Reaksi Delignifikasi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida.... | 11 |
| Gambar II.2 Reaksi Alkalisasi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida..... | 14 |
| Gambar III.1 Rangkaian Alat Isolasi Selulosa..... | 19 |
| Gambar III.2 Diagram Alir Proses Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC).... | 24 |
| Gambar IV. 1 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap pH CMC..... | 31 |
| Gambar IV. 2 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kadar NaCl CMC..... | 32 |
| Gambar IV. 3 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kemurnian CMC..... | 34 |
| Gambar IV. 4 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Derajat Substitusi CMC | 35 |



BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pentingnya pemanfaatan sumber daya alam secara optimal telah menjadi perhatian utama dalam pengembangan sektor pertanian dan industri. Meskipun pisang, salah satu buah tropis yang terkenal, telah lama dimanfaatkan, potensi pemanfaatan berbagai bagian tanaman pisang, seperti batang dan kulitnya, masih belum sepenuhnya dieksplorasi. Bagian-bagian ini, terutama kulit buah, umumnya dibuang dan dianggap sebagai limbah hasil pertanian. Padahal, kandungan selulosa yang terdapat pada kulit buah pisang cukup besar, yaitu sekitar 60-65% (Novianti, 2016). Pemanfaatan potensi ini dapat memberikan dampak positif, tidak hanya pada ekonomi melalui pengembangan produk berkelanjutan seperti *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), tetapi juga pada lingkungan melalui pengurangan limbah. Meskipun demikian, belum banyak penelitian yang fokus pada sintesis CMC dari kulit pisang. Pengembangan ini dapat menjadi solusi inovatif dalam memanfaatkan limbah pertanian secara optimal.

Kulit pisang hijau memiliki keunggulan karena kandungan karbohidrat dan serat kasarnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan kulit pisang yang sudah matang (kuning). Hal ini menjadikan kulit pisang hijau lebih potensial untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC). Kandungan karbohidrat yang lebih tinggi pada kulit pisang hijau, dikombinasikan dengan kadar air yang lebih rendah, menunjukkan bahwa kulit pisang hijau lebih efisien dalam sintesis CMC (Kaur, 2018). CMC banyak digunakan dalam industri detergen, cat, kertas, keramik, tekstil, dan makanan. Selain itu, CMC juga digunakan sebagai pengental, bahan pengikat, serta penstabil emulsi atau suspensi. Penggunaan CMC dalam berbagai industri menunjukkan fleksibilitas dan daya serbaguna senyawa ini sebagai bahan baku penting dalam industri modern.



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

Pada penelitian terdahulu oleh Yuliasmi pada tahun 2019 yang berjudul "*The Effect of Alkalization on Carboxymethyl Cellulose Synthesis from Stem and Peel Cellulose of Banana,*" diperoleh hasil bahwa derajat substitusi yang didapatkan sebesar 0,5. Selain itu, penelitian oleh Kaur pada tahun 2018 yang berjudul "*Carboxymethyl Cellulose from Cavendish Banana Peel as a Drag Reduction Agent,*" menunjukkan bahwa derajat substitusi yang diperoleh rata-rata sebesar 0,62, yang lebih tinggi dari batas yang direkomendasikan sebesar 0,5. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan konsentrasi natrium hidroksida dan waktu reaksi optimum pada reaksi alkalisasi guna menghasilkan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dengan derajat substitusi tertinggi.

I.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dari kulit buah pisang ambon hijau (*musa paradisiaca* var. *sapientum*) dengan konsentrasi NaOH dan waktu alkalisasi optimum yang memiliki karakteristik dan mutu sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

I.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memanfaatkan kulit buah pisang ambon hijau (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) sebagai *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) yang ramah lingkungan dan berstandar SNI.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Limbah Kulit Buah

Sisa-sisa pertanian mengandung sejumlah besar bahan lignoselulosa yang dapat diuraikan oleh enzim selulase. Bahan organik ini melimpah di alam dan terdiri dari tiga polimer utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa merupakan komponen terbesar, dengan proporsi sekitar 35-50%, diikuti oleh hemiselulosa (20-35%) dan lignin (10-25%). Meskipun buah-buahan sering dipanen untuk daging buahnya, kulitnya sering kali dibuang atau tidak dimanfaatkan secara maksimal (Sutini, 2019).

Limbah seperti kulit pisang memiliki kandungan selulosa yang tinggi dan jumlah yang melimpah. Pemanfaatan limbah ini masih belum optimal, sehingga sering kali terbuang percuma dan berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan (Agustriono, 2018). Selulosa sendiri adalah polisakarida yang berperan sebagai komponen struktural dalam dinding sel tumbuhan yang lebih kompleks. Limbah yang menjadi fokus penelitian ini adalah sisa-sisa kulit buah dari pisang ambon hijau (*musa paradisiaca* var. *sapientum*), yang diketahui mengandung selulosa (Saha, 2004).

II.1.1 Kandungan Kulit Pisang

Polisakarida selulosa dapat diisolasi dari kulit pisang, yang mencapai sekitar 40% dari total berat pisang segar namun masih kurang dimanfaatkan. Dengan mensintesis kulit pisang dan mengubahnya menjadi *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), limbah ini dapat dimanfaatkan secara optimal. Aplikasi potensial dari kulit pisang sangat bergantung pada komposisi kimianya, di mana komponen fungsional penting termasuk Pati Resisten (RS) dan serat makanan. Untuk menghasilkan CMC dalam jumlah tinggi, kulit pisang harus memiliki kandungan serat dan karbohidrat yang tinggi dengan tingkat lignin yang rendah (Kaur, 2018).

Selulosa dari kulit pisang semakin populer dan sedang diuji dalam pengembangan berbagai keperluan biomedis dan farmasi, berkat ketersediaan



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

limbah tanaman pisang yang melimpah. Kulit pisang mengandung serat yang sangat halus dibandingkan dengan serat dari kayu, dengan kandungan selulosa yang tinggi, yaitu sekitar 60-65%, hemiselulosa sekitar 6-8%, dan lignin sekitar 5-10% (Samathoti, 2023).

Kulit pisang hijau memiliki keunggulan, yaitu kandungan karbohidrat dan serat kasar yang lebih tinggi dibandingkan kulit pisang yang sudah matang (kuning). Hal ini menjadikan kulit pisang hijau lebih potensial sebagai bahan baku pembuatan CMC. Kandungan karbohidrat yang lebih tinggi pada kulit pisang hijau, dikombinasikan dengan kadar air yang lebih rendah, menunjukkan bahwa kulit pisang hijau lebih efisien dalam sintesis CMC (Kaur, 2018).

II.1.2 Selulosa

Selulosa adalah serat berwarna putih yang tidak larut dalam air panas maupun dingin, serta dalam pelarut alkali dan organik netral seperti alkohol dan benzena. Molekul selulosa memiliki bentuk linear dan cenderung membentuk ikatan hidrogen yang kuat, baik di dalam satu polimer selulosa maupun antara rantai polimer yang berdekatan. Ikatan hidrogen ini memungkinkan selulosa memiliki ukuran besar dan sifat kekuatan tarik yang tinggi (Sumardjo, 2009).

Selulosa merupakan salah satu jenis polimer karbohidrat yang terdiri dari β -D-glukopiranos, dengan tiga gugus hidroksil per anhidro glukosa. Hal ini menjadikan selulosa memiliki derajat fungsionalitas yang tinggi (Guniawaty, 2021). Selulosa adalah biopolimer yang melimpah di alam dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Karena sifatnya yang tidak larut dalam air, selulosa perlu dimodifikasi agar dapat digunakan dalam berbagai industri, seperti pengental, agen pengental gel, atau bahan stabilisasi (Kamal, 2010).

Selulosa merupakan salah satu sumber daya alam terbarukan yang melimpah di Indonesia. Keberadaannya tidak terlepas dari lignoselulosa. Oleh karena itu, langkah pertama untuk memperoleh selulosa adalah mengisolasi selulosa dari lignoselulosa (Mulyadi, 2019). Dengan melakukan modifikasi kimia pada selulosa, dapat diciptakan produk-produk baru dengan beragam karakteristik



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

yang berbeda. Salah satu turunan selulosa yang signifikan adalah *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) (Aditia, 2023).

II.1.3 *Carboxymethyl Cellulose* (CMC)

Carboxymethyl Cellulose (CMC) adalah derivatif selulosa yang berupa polisakarida berantai lurus, panjang, dan anionik. CMC dihasilkan dari modifikasi selulosa (Triasswari, 2022). Sebagai zat aditif, CMC biasa ditambahkan pada bahan pangan sebagai pengental atau penstabil emulsi. CMC adalah eter polimer selulosa linear dan senyawa anion yang bersifat *biodegradable*, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun. CMC tersedia dalam bentuk butiran atau bubuk yang larut dalam air tetapi tidak larut dalam larutan organik. CMC memiliki rentang pH antara 6,5 hingga 8,0 dan stabil dalam rentang pH 2–10. Senyawa ini bereaksi dengan garam logam berat untuk membentuk film yang tidak larut dalam air, transparan, serta tidak bereaksi dengan senyawa organik. Fungsi CMC meliputi pengental, penstabil emulsi atau suspensi, dan bahan pengikat (Futeri, 2019).

Karakteristik ini menjadikan CMC bahan yang menarik untuk berbagai aplikasi industri. CMC merupakan derivatif selulosa yang larut dalam air, yang diproduksi melalui reaksi antara selulosa dengan natrium monokloroasetat dalam kondisi alkali. CMC dikenal karena kemampuannya mengontrol sifat aliran (reologi) dan viskositas dalam larutan air, serta kemampuannya membentuk lapisan film yang kuat dan tahan lama. Awalnya, CMC digunakan sebagai pengganti bahan alami seperti pati dan gom, tetapi seiring waktu, CMC digunakan untuk aplikasi yang lebih luas karena sifat-sifat khasnya.

Penggunaan CMC sangat beragam, mulai dari industri kertas, pengolahan tekstil, hingga deterjen dan fluida pengeboran. Hal ini dikarenakan kemampuannya untuk mengubah dan memperbaiki tekstur serta stabilitas produk. Selain itu, versi yang lebih murni, dikenal sebagai "*cellulose gum*," sering digunakan dalam produk makanan, farmasi, dan kosmetik sebagai bahan pengental, penstabil, atau pembentuk tekstur (Feddersen, 1993).



II.1.4 Sifat dan Fungsi CMC

CMC memiliki beberapa sifat dan fungsi, antara lain:

1. Mudah larut dalam air dingin maupun air panas
2. Dapat membentuk lapisan
3. Bersifat stabil terhadap lemak dan tidak larut dalam pelarut organik
4. Baik sebagai bahan penebal
5. Sebagai zat *inert*
6. Bersifat sebagai pengikat

Berdasarkan sifat dan fungsinya, CMC dapat digunakan sebagai bahan aditif dalam produk minuman dan aman untuk dikonsumsi. CMC memiliki kemampuan untuk menyerap air dari udara, di mana jumlah air yang terserap dan laju penyerapannya bergantung pada kadar air yang terkandung dalam CMC, serta kelembaban dan temperatur udara di sekitarnya. Kelembaban CMC yang diizinkan dalam kemasan tidak boleh melebihi 8% dari total berat produk.

II.1.5 Parameter Uji Kualitas CMC

Parameter untuk uji kualitas dari CMC meliputi:

1. pH

pH CMC merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaannya. Jika pH di bawah 1, larutan menjadi tidak homogen karena terbentuk endapan, sehingga untuk penggunaan di bidang industri, khususnya industri makanan, disarankan agar sifat CMC tidak terlalu asam. Larutan CMC 1% biasanya memiliki pH antara 7,0 hingga 8,5, dan pada rentang pH 5 hingga 9 tidak terlalu berpengaruh terhadap viskositas CMC. Pada pH kurang dari 3, viskositas CMC bertambah karena terbentuknya gel yang sedikit larut, sedangkan pada pH di atas 10, viskositas CMC sedikit berkurang (Wijayani, 2005).

2. Derajat substitusi (DS)

Derajat substitusi (DS) merupakan nilai rata-rata pensubstitusi per unit anhidroglukosa. Selulosa memiliki 3 gugus hidroksil pada setiap unit anhidroglukosa yang dapat disubstitusi, sehingga derajat substitusi selulosa



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

berkisar antara 0 hingga 3. CMC dengan DS antara 0,21 hingga 0,38 memiliki sifat yang tidak larut dalam air, sedangkan CMC dengan DS di atas nilai tersebut mudah larut dalam air. Peningkatan DS akan meningkatkan kemampuan CMC untuk mengikat air. Selain itu, nilai DS yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan berkurangnya ukuran partikel CMC. Semakin kecil ukuran partikel, luas permukaan akan semakin besar, yang memungkinkan reaktan berlebih dapat berpenetrasi ke dalam selulosa dalam waktu yang lebih singkat. Nilai DS juga mempengaruhi profil kegunaan CMC yang dihasilkan, dan dapat bervariasi tergantung pada bahan baku, kadar NaOH, banyaknya monokloroasetat, serta waktu dan suhu saat sintesis berlangsung. Kelarutan CMC sangat dipengaruhi oleh nilai Derajat Substitusi (DS); CMC dengan $DS < 0,3$ mudah larut dalam larutan alkali, sedangkan $DS \geq 0,4$ mudah larut dalam air (Nur'ain, 2017).

3. Kadar NaCl

Kadar NaCl berkaitan dengan kemurnian CMC. Dengan mengetahui kadar NaCl, kemurnian CMC dapat diukur; semakin kecil kadar NaCl, semakin tinggi kemurniannya. Terbentuknya NaCl ini disebabkan oleh reaksi antara natrium monokloroasetat dengan alkali selulosa. CMC dengan kadar $> 99,5\%$ diklasifikasikan sebagai mutu 1 dan digunakan dalam industri makanan, obat-obatan, dan kosmetik, sedangkan CMC dengan kadar di bawah nilai tersebut digunakan dalam industri pertambangan atau petroleum.

4. Kemurnian CMC

Kadar CMC $> 99,5\%$ diklasifikasikan sebagai mutu 1 dan digunakan dalam industri makanan, obat-obatan, dan kosmetik, sedangkan CMC dengan kadar di bawah nilai tersebut digunakan dalam industri pertambangan atau petroleum.

(Wijayani, 2005).



II.1.6 Penggunaan CMC

Penggunaan CMC pada berbagai industri sebagaimana tertera pada tabel berikut:

Tabel II.1 Penggunaan CMC pada Berbagai Industri

| Jenis Industri | Aplikasi | Jenis CMC |
|----------------|-------------------------|--|
| Kosmetik | Pasta gigi | Pengental stabilizer, pengikat Pengental, |
| | Shampoo: produk berbusa | Stabilizer, Pengikat Air |
| | Krim: body lotion | Emulsion stabilizer, Pembentuk Lapisan |
| Makanan | Makanan beku | Pengendali pertumbuhan kristal es |
| | Makanan hewan | Penguat rasa |
| | Makanan berprotein | Pengikat air, Pengental |
| | Saos | Menahan kadar air dalam makanan, penguat rasa, pengental |
| Farmasi | Salep | Stabilizer, Pengental, Pembentuk Lapisan |
| | Jelly | Pengental, Pembentuk Lapisan |
| | Obat Pencuci Perut | Zat inert, Pengikat air |
| | Sirup | Pengental |
| Kertas | Internal addition | Pengikat, mempercepat kering pada kertas |
| | Pelapisan pigment | Pengikat |
| Tekstil | Kain dan Laundry | Pembentukan Lapisan |
| | Bahan Pewarna | Pengikat(binder), Pengikat Air |

(Kamal, 2010).



II.1.7 Standar SNI

Standar mutu CMC berdasarkan SNI 06-3736- 1995 adalah seperti tabel dibawah ini :

Tabel II.2 Standar Mutu *Carboxymethyl Cellulose* (CMC)

| Uraian | Mutu 1 | Mutu 2 |
|--------------------|-----------|-----------|
| Kemurnian CMC | 99,5% | 65,0% |
| Kadar NaCl | 0,25% | - |
| Derajat Substitusi | 0,7 – 1,2 | 0,4 – 1,0 |
| pH larutan 1% | 6,0 – 8,0 | 6,0 – 8,5 |

Kategori mutu 1 dapat digunakan pada bidang industri makanan, obat-obatan, dan kosmetik. Sedangkan kategori mutu 2, dapat digunakan pada bidang industri pertambangan atau *petroleum*.

II.2 Landasan Teori

II.2.1 Preparasi Kulit Buah

Sampel kulit pisang dibersihkan, kemudian dijemur di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air secara signifikan, lalu dioven untuk menurunkan kadar air lebih lanjut. Kulit pisang kering digiling menggunakan *blender* dan dilakukan pengayakan untuk menyeragamkan ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel, maka luas permukaan akan semakin besar. Hal ini akan menyebabkan reaktan berlebih dapat berpenetrasi ke dalam selulosa dalam waktu yang lebih singkat (Nur'ain, 2017). Pada saat dioven digunakan suhu 105°C karena air menguap pada suhu 100°C, dengan suhu 105°C maka kandungan air dalam sel sebagian besar sudah menguap (Wijaya, 2022). Suhu pengeringan di bawah 105°C menyebabkan waktu pengeringan yang lebih lama, yang tidak memberikan informasi terbaik mengenai kadar air sampel, sedangkan suhu pengeringan di atas 130°C dapat merusak sampel (Voicu, 2020).

II.2.2 Delignifikasi

Tahapan awal dari isolasi selulosa adalah delignifikasi. Proses delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi mudah diperoleh



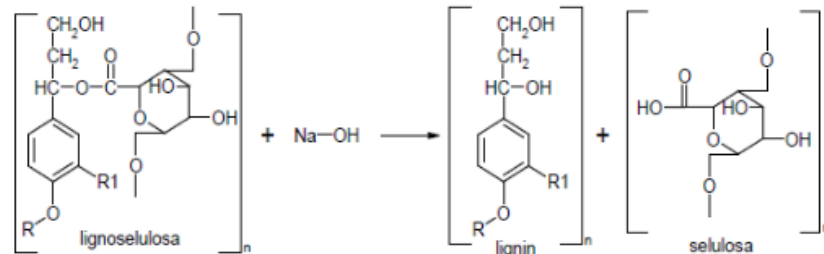
Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

karena telah terpisah dari lignin. Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dengan serat. Proses delignifikasi yang sering digunakan dengan penggunaan larutan basa, penggunaan larutan basa atau alkali dimana serat tumbuhan akan direndam dalam jangka waktu tertentu (Kurniaty, 2017). Jika dibandingkan dengan larutan asam, larutan basa mempunyai hasil yang lebih baik untuk proses delignifikasi (Sriana, 2021). *Pretreatment* seperti penggunaan NaOH dapat membantu dalam pemisahan lignin dari serat selulosa. *Pretreatment* dapat meningkatkan kandungan selulosa dan secara efektif menghilangkan lignin (Kurniaty, 2017).

Beberapa larutan alkali yang dapat digunakan dalam proses delignifikasi antara lain NaOH, Na₂SO₃, dan Na₂SO₄. Umumnya, delignifikasi dilakukan dengan menggunakan larutan basa seperti NaOH, KOH, atau LiOH (Mardina, 2013). NaOH sering dipilih dalam proses delignifikasi karena merupakan salah satu metode yang paling efisien untuk memperoleh ekstrak selulosa. Penggunaan NaOH dapat menghilangkan lignin sekaligus mengekstraksi hemiselulosa dari selulosa yang berbentuk amorf, sehingga NaOH sangat umum digunakan dalam proses delignifikasi (Kristin, 2023).

Larutan NaOH dengan konsentrasi rendah efektif dalam mendegradasi lignin yang membungkus selulosa dengan cara menyerang dan merusak struktur lignin, baik yang bersifat kristalin maupun amorf. Proses ini mendegradasi lignin dan hemiselulosa serta menyebabkan pengembangan struktur selulosa (Sena, 2021). Konsentrasi NaOH 10% sering dianggap optimal karena mampu menghilangkan lignin secara efisien tanpa terlalu banyak merusak struktur selulosa. Pada konsentrasi ini, NaOH dapat mengembangkan serat selulosa dan membuka struktur lignin, yang memudahkan penghilangan lignin pada langkah berikutnya (Ritonga, 2023).

Berikut merupakan reaksi yang terjadi selama proses delignifikasi berlangsung:



Gambar II.1 Reaksi Delignifikasi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida

Reaksi yang terjadi pada delignifikasi adalah larutan NaOH akan terionisasi. Ion OH^- akan memutuskan ikatan-ikatan pada struktur dasar lignin dan ion Na^+ berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat, dimana garam ini akan larut dan ditandai dengan warna coklat kehitaman pada larutan (*black liquor*). Reaksi menghasilkan dua cincin benzene yang terpisah, dimana masing-masing cincin memiliki gugus O yang reaktif. Gugus O reaktif ini bereaksi dengan Na^+ dan ikut larut dalam larutan basa sehingga lignin hilang apabila dibilas. Selain itu, reaksi ini juga menghasilkan H_2O . Selulosa bersifat hidrofilik, maka H_2O diikat oleh selulosa yang menyebabkan konsentrasi ikatan O-H meningkat (Permata, 2021).

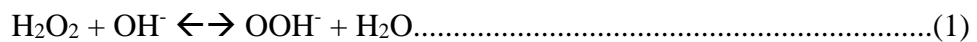
Delignifikasi dilakukan pada $100\text{ }^\circ\text{C}$ karena suhu pemasakan diatas $102\text{ }^\circ\text{C}$ dapat menyebabkan terjadinya degradasi selulosa (Paskawati, 2010). Waktu optimum untuk proses delignifikasi menggunakan NaOH bervariasi tergantung pada jenis bahan yang digunakan dan konsentrasi NaOH, namun umumnya berkisar antara 1 hingga 3 jam. Untuk sebagian besar bahan lignoselulosa seperti kulit pisang, ampas tebu, dan jerami, waktu delignifikasi antara 1 hingga 2 jam sering dianggap optimal. Pada durasi ini, lignin dapat dihilangkan secara signifikan tanpa menyebabkan degradasi selulosa yang berlebihan (Abimbola, 2022). Pencampuran bahan dipengaruhi oleh proses pengadukan. Dengan pengadukan yang tepat, larutan dapat tercampur merata dengan bahan baku yang akan dipisahkan ligninnya (Sumada, 2011).



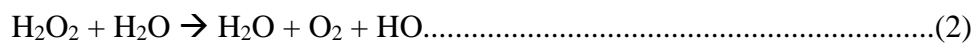
II.2.3 Bleaching

Bleaching merupakan proses pemutihan yang bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin pada bahan lignoselulosa, seperti selulosa yang digunakan dalam pembuatan CMC. Bahan kimia yang umum digunakan dalam proses *bleaching* adalah jenis oksidator seperti natrium hipoklorit dan hidrogen peroksida dalam kondisi alkali. Oksidator berfungsi untuk memecah lignin, khususnya pada gugus kromofor yang menyebabkan warna pada bahan. Hidrogen peroksida (H_2O_2) mempunyai kemampuan melepaskan oksigen yang cukup kuat dan mudah larut dalam air, sehingga sangat efektif dalam pemutihan. Keuntungan penggunaan H_2O_2 dalam proses *bleaching* antara lain lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan berbasis klorin, seperti natrium hipoklorit.

Adapun reaksi yang terjadi selama proses *bleaching* dengan H_2O_2 adalah sebagai berikut:



Ion HO_2^- inilah yang bertindak sebagai agen pemutih aktif. Proses ini dikenal sebagai deprotonasi hidrogen peroksida. Dalam kondisi alkali, ion HO_2^- secara efektif memecah lignin sehingga meningkatkan kemurnian dan kecerahan selulosa. Namun, keberadaan logam transisi seperti Fe, Mn, dan Cu dapat memicu dekomposisi hidrogen peroksida, yang tidak diinginkan karena mengurangi efisiensi pemutihan. Dekomposisi H_2O_2 dalam larutan basa dengan adanya logam transisi mengikuti reaksi berikut:



Logam transisi bertindak sebagai katalis dalam reaksi ini, menghasilkan radikal hidroksil (HO^\cdot) dan superoksida (O_2^\cdot) yang bertindak sebagai produk sampingan. Reaksi dekomposisi ini harus dicegah karena mengurangi jumlah ion HO_2^- yang aktif dalam proses pemutihan. Oleh karena itu, pada proses *bleaching* dengan H_2O_2 , diharapkan reaksi (1) yang mendominasi, sementara reaksi dekomposisi (2) harus dihindari untuk menjaga efisiensi pemutihan (Fuadi, 2008).

Semakin tinggi konsentrasi hidrogen peroksida (H_2O_2), maka selulosa yang dihasilkan akan semakin cerah. Namun, konsentrasi H_2O_2 yang terlalu tinggi dapat



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

menyebabkan penurunan rendemen karena serat selulosa dapat mengalami degradasi. Selain konsentrasi H_2O_2 , suhu juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses *bleaching*. Suhu yang lebih tinggi akan mempercepat laju reaksi, sehingga mempercepat proses pemutihan. Peningkatan suhu selama *bleaching* juga dapat meningkatkan derajat putih sampel (Sena, 2021).

Suhu yang terlalu tinggi dapat meningkatkan reaktivitas bahan baku dan mempercepat proses kimia seperti pemutihan, tetapi suhu yang terlalu rendah mungkin tidak cukup untuk menghasilkan pemutihan yang efektif. Suhu optimal untuk proses *bleaching* biasanya berada pada kisaran $70^{\circ}C$ hingga $80^{\circ}C$, di mana pemutihan berlangsung efisien tanpa menyebabkan degradasi serat yang signifikan.

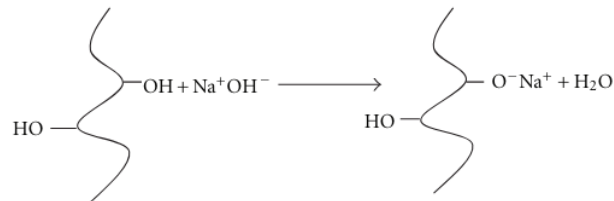
Selain itu, waktu proses *bleaching* juga mempengaruhi kualitas selulosa yang dihasilkan. Semakin lama waktu *bleaching*, semakin reaktif H_2O_2 dalam mendegradasi lignin. Namun, waktu reaksi yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan pada rantai selulosa, yang dapat menurunkan kualitas produk akhir. Sebagai contoh, waktu *bleaching* selama 60 menit pada pelepah sawit dengan H_2O_2 3% menghasilkan selulosa dengan kemurnian 95,11% (Irfanto, 2014). Semakin lama proses *bleaching*, reaksi akan berjalan semakin sempurna, sehingga pemutusan ikatan lignin dan hemiselulosa berlangsung lebih efektif dan menghasilkan lebih banyak selulosa bebas (Lismeri, 2019).

II.2.4 Alkalisasi

Alkalisasi merupakan langkah penting untuk mengaktifkan gugus-gugus hidroksil (OH) pada molekul selulosa. Proses ini menyebabkan struktur selulosa mengembang, sehingga mempermudah difusi reagen karboksimetilasi ke dalam jaringan selulosa (Ripdayana, 2019). Pada proses alkalisasi, natrium hidroksida (NaOH) digunakan sebagai basa. Fungsi NaOH adalah untuk mengaktifkan gugus-gugus OH pada molekul selulosa sekaligus berperan sebagai agen pengembang. Pengembangan struktur selulosa ini akan sangat mempengaruhi efisiensi proses karboksimetilasi berikutnya, di mana kondisi optimum untuk karboksimetilasi tercapai ketika proses pengembangan selulosa juga optimum (Hariani, 2023).



Adapun reaksi yang terjadi selama proses alkalisasi berlangsung yakni sebagai berikut:



Gambar II.2 Reaksi Alkalisasi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida

Selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n, yang memiliki gugus hidroksil (-OH) pada setiap unit anhidroglukosa, akan bereaksi dengan NaOH. Pada reaksi ini, gugus hidroksil (-OH) pada selulosa mengalami deprotonasi (kehilangan proton/H⁺) sehingga berubah menjadi gugus oksida (O⁻), yang kemudian berikatan dengan ion natrium (Na⁺), membentuk alkali selulosa. Air (H₂O) terbentuk sebagai produk samping. Fungsi utama alkalisasi yakni mengaktifkan gugus hidroksil (-OH) pada selulosa agar lebih reaktif, sekaligus mengembangkan struktur selulosa sehingga reagen karboksimetilasi dapat terdifusi lebih mudah ke dalam serat selulosa (Williams, 2011).

II.2.5 Karboksimetilasi

Karboksimetilasi merupakan langkah untuk melihat jumlah asam monokloroasetat ataupun natrium monokloroasetat akan berpengaruh terhadap substitusi unit anhidroglukosa pada selulosa (Ripdayana, 2019). Proses ini melibatkan reaksi di mana asam monokloroasetat (ClCH₂COOH) atau garamnya, natrium monokloroasetat (ClCH₂COONa), berikatan dengan gugus hidroksil (-OH) pada molekul selulosa.

Reaksi ini dapat dijelaskan sebagai berikut:



(Pitolaka, 2015).

Proses dimulai dengan aktivasi gugus hidroksil pada selulosa melalui deprotonasi, di mana ion hidroksil (-OH) bereaksi dengan basa (NaOH) untuk membentuk ion alkoksida (R-O⁻). Ion alkoksida ini kemudian berfungsi sebagai



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

nukleofil yang menyerang karbon yang terikat pada klorin dalam natrium monokloroasetat. Dalam reaksi ini, klorin tereliminasi, menghasilkan ikatan baru antara oksigen dari selulosa dan karbon dari gugus karboksimetil. Hasil dari reaksi ini adalah karboksimetil selulosa ($R_{\text{selulosa}}-\text{OCH}_2\text{COONa}$) dan natrium klorida (NaCl) sebagai produk samping.

Jumlah natrium monokloroasetat yang digunakan menjadi faktor utama yang mempengaruhi proses substitusi pada molekul selulosa, dengan pengaruh sekitar 90%. Bertambahnya jumlah basa yang digunakan dalam proses karboksimetilasi akan mempermudah dan mempercepat difusi monokloroasetat menuju gugus hidroksil pada selulosa (Wijayani, 2005). Penambahan 5 gram natrium monokloroasetat sudah dianggap cukup, karena penambahan yang berlebihan dapat menghasilkan produk samping yang lebih banyak, sehingga nilai derajat substitusi *carboxymethyl cellulose* yang dihasilkan justru menurun (Safitri, 2017).

Suhu optimum untuk proses karboksimetilasi bervariasi tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Namun, hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar reaksi karboksimetilasi optimal pada suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C} - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Golbaghi, 2017). Dalam rentang waktu reaksi 1 hingga 4 jam, terjadi peningkatan nilai derajat substitusi.

Peningkatan ini disebabkan oleh bertambahnya waktu reaksi yang memberikan kesempatan lebih besar bagi terjadinya reaksi substitusi. Dalam periode waktu tersebut, reaksi berlangsung secara efektif, yang memungkinkan kontak yang lebih baik antara agen eterifikasi dan selulosa, sehingga menghasilkan *carboxymethyl cellulose* yang lebih baik. Namun, pada waktu reaksi 5 jam, terjadi penurunan nilai derajat substitusi. Penurunan ini disebabkan oleh proses degradasi polimer, di mana molekul-molekul besar dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana pada *carboxymethyl cellulose* (Pushpamalar, 2005).

II.2.6 Penetralan

Eter selulosa, yaitu *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), diproduksi melalui perlakuan selulosa dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) berair, diikuti



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

dengan reaksi dengan asam monokloroasetat atau garam natriumnya. Dalam reaksi ini, produk sampingan yang dihasilkan meliputi natrium klorida (NaCl) dan natrium glikolat, yang terbentuk dari bahan kimia eterisasi bersama dengan natrium hidroksida bebas. Untuk menghasilkan *carboxymethyl cellulose* dengan kemurnian tinggi, pemurnian dan penghilangan garam dilakukan dengan menggunakan metanol.

Pada akhir proses karboksimetilasi, CMC perlu dinetralkan, karena biasanya mengandung sedikit kelebihan natrium hidroksida. Meskipun titik netral Na-CMC berada dalam rentang basa lemah dengan pH 8,25, pH umumnya diatur menjadi 7–7,5. Jika pH CMC yang masih lembab diatur atau dinetralkan menjadi 6 atau lebih rendah, CMC yang dikeringkan akan memiliki kelarutan yang terbatas. Larutannya akan tampak keruh, menunjukkan garis-garis, dan mengandung partikel gel yang tidak larut. Ketika nilai pH diatur ke 4 atau lebih rendah sebelum pengeringan, CMC yang dihasilkan menjadi tidak larut dalam air (Wüstenberg, 2015).

Campuran kemudian disaring, dan sisa padatan direndam menggunakan metanol semalaman untuk menghilangkan kotoran. Kemudian asam asetat glasial digunakan untuk menetralkan larutan metanol yang tersuspensi, dan campuran disaring dan dikeringkan menggunakan oven (Parid, 2018).

II.2.7 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi

Faktor – faktor yang mempengaruhi proses pembuatan CMC diantaranya:

1. Alkalisasi

Alkalisasi merupakan langkah untuk mengaktifkan gugus-gugus OH pada molekul selulosa. Melalui proses ini, struktur selulosa akan mengembang, sehingga memudahkan reagen karboksimetilasi berdifusi ke dalamnya.

Waktu alkalisasi yang cukup cenderung memberikan hasil yang optimal dalam pembuatan CMC. Alkalisasi selama 60 menit memungkinkan reaksi antara selulosa dan natrium monokloroasetat berlangsung secara optimal, meningkatkan tingkat substitusi dan menghasilkan CMC dengan sifat yang diinginkan. Waktu alkalisasi yang terlalu pendek atau terlalu lama dapat



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

memengaruhi kualitas dan konsistensi CMC, sehingga rentang waktu alkalisasi antara 30 menit sampai dengan 110 menit merupakan kompromi yang baik untuk mendapatkan produk yang optimal. Pada penelitian sebelumnya oleh Kaur (2018) mencatat bahwa waktu reaksi 60 menit memberikan kemampuan pengurangan drag yang baik. Hal ini berkaitan erat dengan derajat substitusi, di mana derajat substitusi yang tepat dapat meningkatkan efektivitas pengurangan drag.

Dengan konsentrasi NaOH yang lebih tinggi, tingkat substitusi dapat meningkat, menghasilkan CMC dengan viskositas yang lebih baik dan sifat fungsional yang lebih unggul. Namun konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi selulosa jika waktu reaksi tidak dikontrol dengan baik, yang dapat merugikan sifat akhir produk. Pada penelitian Maulina penambahan konsentrasi NaOH 50% menyebabkan terjadinya penurunan derajat substitusi pada CMC. Peningkatan konsentrasi NaOH mendorong peningkatan kadar air pada selulosa yang dihasilkan karena terjadi peningkatan molekul air pada proses tersebut. Pada penelitian (2018) peningkatan konsentrasi NaOH 25% sampai dengan 35% menghasilkan CMC dengan kemampuan mengikat air yang meningkat. Oleh karena itu penggunaan variasi konsentrasi NaOH 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dapat dianggap sebagai konsentrasi terbaik dalam proses alkalisasi CMC.

2. Karboksimetilasi

Langkah selanjutnya adalah karboksimetilasi, yaitu proses di mana jumlah asam monokloroasetat atau natrium monokloroasetat yang digunakan akan memengaruhi tingkat substitusi unit anhidroglukosa pada selulosa. Pada dasarnya, karboksimetilasi adalah proses eterifikasi, di mana gugus karboksilat dari natrium monokloroasetat melekat pada struktur selulosa. Pengendalian jumlah gugus karboksilat yang ditambahkan sangat penting selama proses pembuatan CMC.

(Warnita, 2018).



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

II.3 Hipotesis

Dalam pembuatan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dari kulit buah pisang ambon hijau memiliki pengaruh yang signifikan dengan penambahan natrium hidroksida dan variasi waktu pada reaksi alkalisasi terhadap derajat substitusi produk yang dihasilkan.



BAB III

METODE PENELITIAN

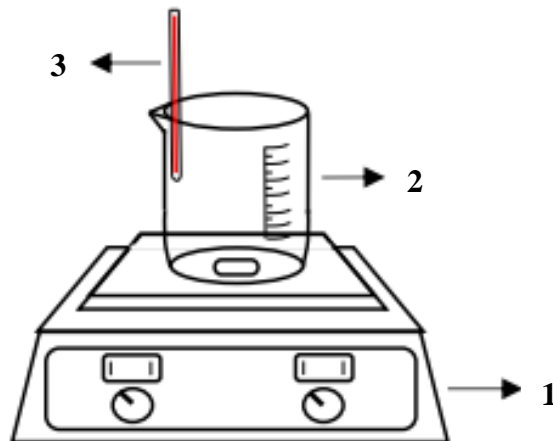
III.1 Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material UPN “Veteran” Jawa Timur pada bulan Juli hingga September 2024. Bahan yang digunakan yaitu kulit pisang ambon hijau (*musa paradisiaca* var. *sapientum*) yang diperoleh dari kota Sidoarjo Jawa Timur serta bahan kimia pendukung diantaranya NaOH, H₂O₂, ClCH₂COONa, metanol, CH₃COOH, AgNO₃, K₂CrO₄, etanol, HNO₃, HCl, indikator fenolftalein (PP), dan aquadest yang dibeli dari toko tidar kimia Surabaya.

III.2 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan diantaranya, mesin penggiling, ayakan ukuran 80 mesh, oven, kertas saring, erlenmeyer, *beaker glass*, *hot plate magnetic stirrer*, neraca analitik, corong kaca, gelas ukur, kertas pH, buret, lumpang, dan alu.

III.3 Rangkaian Alat



Gambar III.1 Rangkaian Alat Isolasi Selulosa

Keterangan :

1. *Hot plate magnetic stirrer*
2. *Beaker glass*
3. Termometer



III.4 Variabel Penelitian

A. Kondisi yang Ditetapkan

1. Berat serbuk kulit pisang : 150 gram
2. Berat natrium monokloroasetat : 5 gram
3. Suhu pengeringan : 105 °C
4. Kecepatan pengadukan : 300 rpm
5. Suhu delignifikasi : 100 °C
6. Suhu *bleaching* : 80 °C
7. Suhu alkalisasi : 30 °C
8. Suhu karboksimetilasi : 60 °C
9. Waktu delignifikasi : 1 jam
10. Waktu *bleaching* : 1 jam
11. Waktu karboksimetilasi : 3 jam

B. Kondisi yang Dijalankan

1. Konsentrasi NaOH alkalisasi : 25%; 30%; 35%; 40%; dan 45%
2. Waktu reaksi alkalisasi : 30 menit, 50 menit, 70 menit, 90 menit, 110 menit

III.5 Prosedur Penelitian

1) Preparasi Kulit Buah

Kulit pisang dibersihkan, kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 7 hari untuk mengurangi kadar air secara signifikan. Setelah itu, kulit dijemur di oven pada suhu 105°C selama 1 jam untuk menurunkan kadar air lebih lanjut. Kulit pisang kering kemudian digiling menggunakan blender dan diayak dengan ayakan ukuran 80 mesh (Nur'ain, 2017).

2) Delignifikasi

Serbuk kulit pisang direndam dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 10% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Proses perendaman berlangsung selama 1 jam pada suhu 100°C dengan pengadukan 300 rpm. Setelah



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

itu, campuran disaring menggunakan kertas saring dan dicuci dengan aquadest hingga mencapai pH netral (Triasswari, 2022).

3) *Bleaching*

Residu yang diperoleh kemudian direndam dalam larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) 3% dengan perbandingan 1:20 (b/v) pada suhu 80 °C dan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 1 jam. Setelah itu, campuran disaring, dan residu dicuci dengan aquadest mendidih hingga bau hidrogen peroksida hilang. Residu kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C (Wildan, 2010).

4) Alkalisasi

Sebanyak 10 gram selulosa ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 100 mL aquadest. Alkalisasi dilakukan dengan menambahkan 10 mL larutan natrium hidroksida (NaOH) konsentrasi 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% secara bertahap. Campuran tersebut diaduk menggunakan hotplate magnetic stirrer pada suhu 30°C selama 30 menit, 50 menit, 70 menit, 90 menit, dan 120 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm.

5) Karboksimetilasi

Setelah alkalisasi selesai, dilakukan proses karboksimetilasi dengan menambahkan 5 gram natrium monokloroasetat ($ClCH_2COONa$). Pengadukan dilakukan selama 3 jam pada suhu 60°C dan kecepatan 300 rpm menggunakan hotplate magnetic stirrer. Setelah proses selesai, campuran disaring, dan residunya dilanjutkan ke proses penetralan.

6) Penetralan

Setelah karboksimetilasi selesai, campuran disaring, dan residu dipindahkan ke dalam beaker glass. Ditambahkan methanol absolut untuk melarutkan atau membersihkan sisa reagen yang tidak bereaksi atau produk samping dari proses karboksimetilasi. Selanjutnya, ditambahkan asam asetat glasial hingga pH campuran menjadi netral. Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu

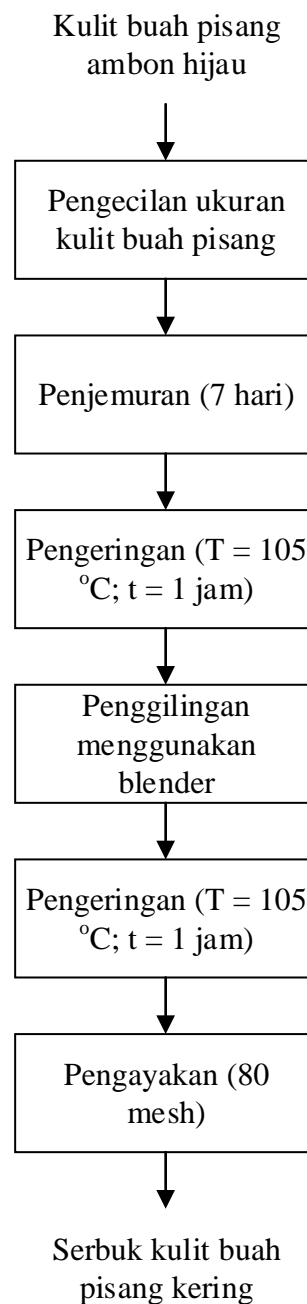


Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

105°C. Setelah kering, padatan digerus menggunakan lumpang dan alu, lalu diblender hingga diperoleh serbuk CMC (Nisa, 2014).



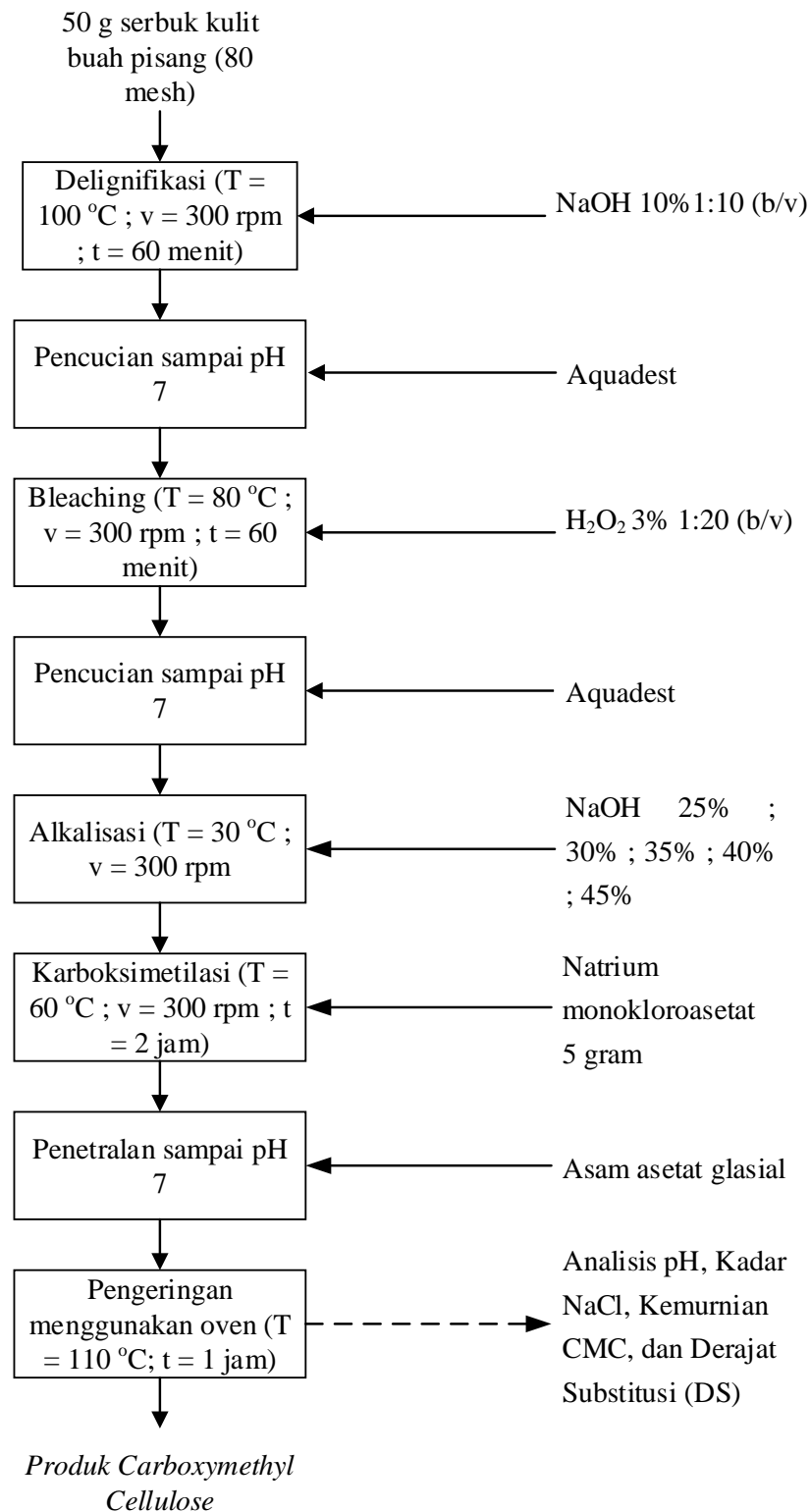
Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”



Gambar III. 2 Diagram Alir Proses Persiapan Bahan Baku



Laporan Hasil Penelitian
"Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)"



Gambar III.3 Diagram Alir Proses Sintesis *Carboxymethyl Cellulose* (CMC)



III.6 Analisa Hasil

Dilakukan analisis pH, kadar NaCl, kemurnian CMC, dan Derajat Substitusi (DS).

- 1) Analisis pH
 - a) Tambahkan 1 gram CMC kering ke dalam 100 ml aquadest dalam *beaker glass*
 - b) Panaskan larutan sampai suhu 70 °C sambil diaduk hingga larut
 - c) Setelah larutan dingin, ukur pH menggunakan pH meter.

(Safitri, 2017).

- 2) Analisis kadar NaCl
 - a) Masukkan 1 gram berat kering CMC ke dalam erlenmeyer
 - b) Tambahkan 200 ml aquadest untuk mengencerkan
 - c) Lakukan titrasi dengan larutan AgNO₃ 0,1 N menggunakan indikator K₂CrO₄ 5%
 - d) Hitung kadar NaCl (%) dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar NaCl (\%)} = \frac{0,5845 \times f \times \text{vol AgNO}_3}{\text{berat sampel kering (gram)}}$$

- 3) Analisis kemurnian CMC
Kemurnian CMC dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kemurnian} = 100\% - \% \text{ NaCl}$$

(Wijayani, 2005)

- 4) Analisis Derajat Substitusi (DS)
 - a) Campurkan 2 gram CMC dengan 60 ml larutan etanol 95% sambil diaduk merata
 - b) Tambahkan 10 ml larutan asam nitrat 2 M, aduk selama 2 menit
 - c) Panaskan campuran selama 5 menit sambil terus diaduk selama 15 menit
 - d) Saring campuran dan cuci residu dengan 30 ml larutan etanol 95% yang telah dipanaskan hingga 60°C
 - e) Cuci kembali residu menggunakan methanol
 - f) Keringkan residu dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

- g) Masukkan 0,5 gram residu ke dalam erlenmeyer, tambahkan 100 ml aquadest sambil diaduk
- h) Tambahkan 25 ml larutan NaOH 0,5 N dan panaskan selama 15 menit
- i) Dalam keadaan panas, titrasi campuran dengan larutan asam klorida 0,3 N menggunakan indikator PP

Derajat substitusi (DS) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\% CMC = \frac{[V_o - V_n) \times 0,058 \times 100}{M}$$
$$DS = \frac{162 \times \% CMC}{[5800 - (57 \times \% CMC)]}$$

Keterangan:

V_o = ml asam klorida yang digunakan untuk menitrasi blanko

V_n = ml asam klorida yang digunakan untuk menitrasi sampel

M = berat sampel (gram)

(Nur'ain, 2017).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Pengujian CMC dari Kulit Pisang Ambon Hijau

Tabel IV. 1 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap pH
CMC

| Konsentrasi NaOH Alkalisasi (%) | Waktu Alkalisasi (menit) | pH |
|---------------------------------|--------------------------|-----|
| 25% | 30 menit | 6,8 |
| | 50 menit | 7 |
| | 70 menit | 7,2 |
| | 90 menit | 7,3 |
| | 110 menit | 7,5 |
| 30% | 30 menit | 6,9 |
| | 50 menit | 7,2 |
| | 70 menit | 7,4 |
| | 90 menit | 7,6 |
| | 110 menit | 7,7 |
| 35% | 30 menit | 7,1 |
| | 50 menit | 7,3 |
| | 70 menit | 7,5 |
| | 90 menit | 7,7 |
| | 110 menit | 7,8 |
| 40% | 30 menit | 7,2 |
| | 50 menit | 7,5 |
| | 70 menit | 7,7 |
| | 90 menit | 7,8 |
| | 110 menit | 8 |
| 45% | 30 menit | 7,3 |
| | 50 menit | 7,6 |
| | 70 menit | 7,8 |
| | 90 menit | 7,9 |
| | 110 menit | 8,1 |



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

Tabel IV. 2 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kadar NaCl CMC

| Konsentrasi NaOH Alkalisasi (%) | Waktu Alkalisasi (menit) | Kadar NaCl (%) |
|---------------------------------|--------------------------|----------------|
| 25% | 30 menit | 23,9 |
| | 50 menit | 23,4 |
| | 70 menit | 22,9 |
| | 90 menit | 22,5 |
| | 110 menit | 23 |
| 30% | 30 menit | 22,5 |
| | 50 menit | 21,8 |
| | 70 menit | 21,2 |
| | 90 menit | 20,8 |
| | 110 menit | 21,1 |
| 35% | 30 menit | 20,5 |
| | 50 menit | 19,6 |
| | 70 menit | 19,1 |
| | 90 menit | 18,8 |
| | 110 menit | 19,3 |
| 40% | 30 menit | 18,4 |
| | 50 menit | 17,9 |
| | 70 menit | 17,5 |
| | 90 menit | 17,2 |
| | 110 menit | 17,4 |
| 45% | 30 menit | 18,3 |
| | 50 menit | 18,2 |
| | 70 menit | 17,9 |
| | 90 menit | 17,7 |
| | 110 menit | 18,4 |



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

Tabel IV. 3 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kemurnian CMC

| Konsentrasi NaOH Alkalisasi (%) | Waktu Alkalisasi (menit) | Kemurnian CMC (%) |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------|
| 25% | 30 menit | 75,3% |
| | 50 menit | 76,5% |
| | 70 menit | 77,2% |
| | 90 menit | 76,8% |
| | 110 menit | 75,9% |
| 30% | 30 menit | 77,5% |
| | 50 menit | 78,7% |
| | 70 menit | 79,5% |
| | 90 menit | 79,2% |
| | 110 menit | 78,0% |
| 35% | 30 menit | 79,5% |
| | 50 menit | 80,4% |
| | 70 menit | 80,9% |
| | 90 menit | 81,4% |
| | 110 menit | 81,0% |
| 40% | 30 menit | 81,6% |
| | 50 menit | 82,0% |
| | 70 menit | 82,5% |
| | 90 menit | 83,0% |
| | 110 menit | 82,6% |
| 45% | 30 menit | 81,7% |
| | 50 menit | 82,0% |
| | 70 menit | 82,3% |
| | 90 menit | 81,9% |
| | 110 menit | 81,5% |



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

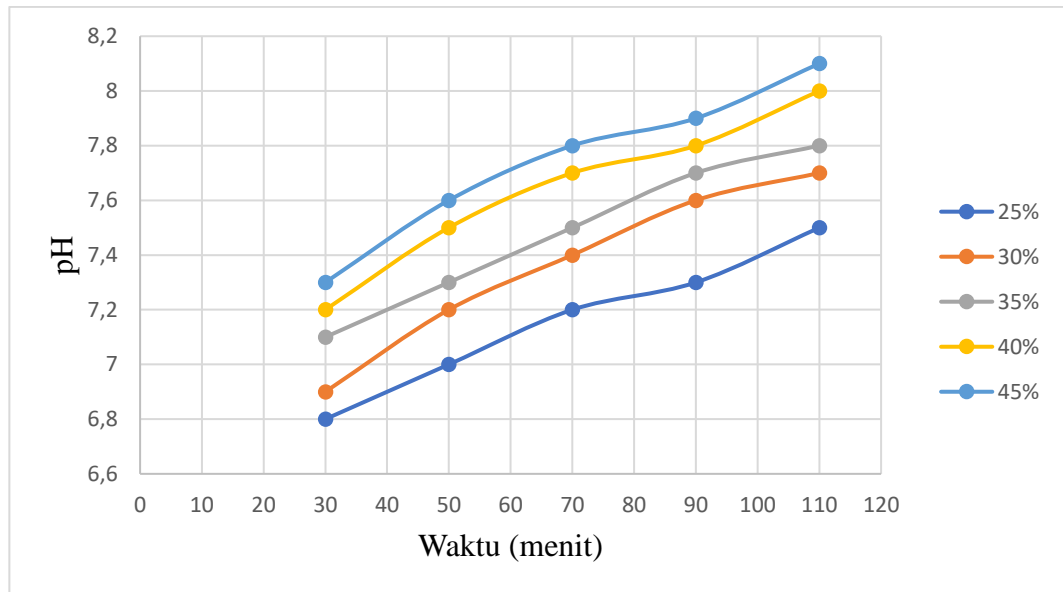
Tabel IV. 4 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Derajat Substitusi (DS) CMC

| Konsentrasi NaOH Alkalisasi (%) | Waktu Alkalisasi (menit) | Derajat Substitusi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------|
| 25% | 30 menit | 0,55 |
| | 50 menit | 0,65 |
| | 70 menit | 0,72 |
| | 90 menit | 0,67 |
| | 110 menit | 0,62 |
| 30% | 30 menit | 0,60 |
| | 50 menit | 0,70 |
| | 70 menit | 0,78 |
| | 90 menit | 0,72 |
| | 110 menit | 0,68 |
| 35% | 30 menit | 0,65 |
| | 50 menit | 0,72 |
| | 70 menit | 0,80 |
| | 90 menit | 0,75 |
| | 110 menit | 0,70 |
| 40% | 30 menit | 0,65 |
| | 50 menit | 0,78 |
| | 70 menit | 0,85 |
| | 90 menit | 0,76 |
| | 110 menit | 0,73 |
| 45% | 30 menit | 0,68 |
| | 50 menit | 0,77 |
| | 70 menit | 0,73 |
| | 90 menit | 0,75 |
| | 110 menit | 0,70 |



IV.2 Pembahasan

1. Hubungan pH CMC dengan Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi



Gambar IV. 1 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap pH CMC

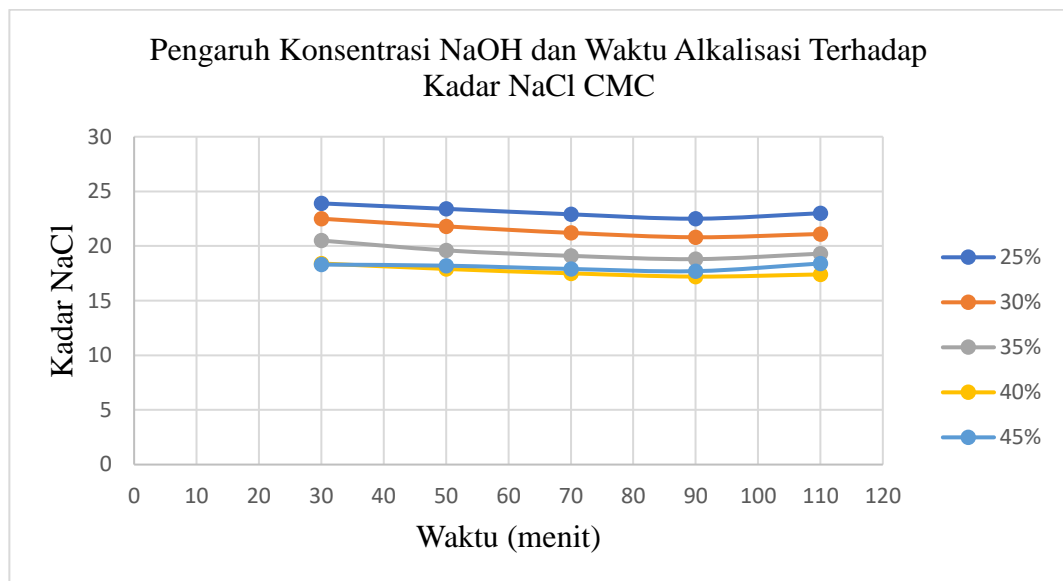
Pada Gambar IV.1 menunjukkan rentang pH CMC yang berkisar antara 6,8 hingga 8,1. Pada pH CMC sebesar 6,8 diperoleh dari konsentrasi NaOH terendah yakni sebesar 25%, sedangkan pada pH 8,1 diperoleh dari konsentrasi NaOH sebesar 45%. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH, maka pH CMC pun meningkat. Hal ini disebabkan oleh sifat NaOH sebagai basa kuat, di mana semakin tinggi konsentrasinya, semakin banyak ion hidroksida (OH^-) yang dilepaskan ke dalam larutan, sehingga meningkatkan pH. Pernyataan ini didukung oleh penelitian (Ependi, 2015), yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH yang ditambahkan, semakin tinggi nilai pH yang dihasilkan.

Selain itu, pH CMC mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu alkalisasi. Pada waktu 30 menit, pH CMC berturut-turut sebesar 6,8 ; 6,9 ; 7,1 ; 7,2 ; 7,3. Sedangkan pada waktu 110 menit, pH CMC berturut-turut sebesar 7,5 ; 7,7 ; 7,8 ; 8 ; 8,1. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu alkalisasi dapat meningkatkan pH CMC, namun jika waktu alkalisasi terlalu lama, hal ini



dapat mengganggu struktur selulosa dan berdampak negatif pada hasil akhir CMC. Berdasarkan standar mutu SNI 06-3736-1995, *carboxymethyl cellulose* dengan pH dalam rentang 6,8 hingga 8,1 masuk ke dalam kategori mutu 2, yang memungkinkan aplikasinya di industri pertambangan atau petroleum.

2. Hubungan Kadar NaCl dengan Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi



Gambar IV. 2 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kadar NaCl CMC

Pada Gambar IV.2 menunjukkan kadar NaCl pada CMC. Mula-mula kadar NaCl sebesar 23,9 yang diperoleh dengan konsentrasi NaOH terendah yakni 25% serta pada waktu 30 menit. Namun, pada konsentrasi tertinggi yakni 45%, kadar NaCl yang diperoleh sebesar 18,3 dengan waktu alkalisasi 30 menit. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi alkalisasi dapat menurunkan kadar NaCl yang dihasilkan. Pernyataan ini didukung oleh penelitian (Klunkin, 2020), yang menyatakan bahwa konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan munculnya reaksi samping berupa pembentukan natrium glikolat. Semakin banyak natrium glikolat yang terbentuk, semakin banyak natrium monokloroasetat yang digunakan dalam reaksi samping tersebut. Akibatnya, jumlah natrium



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

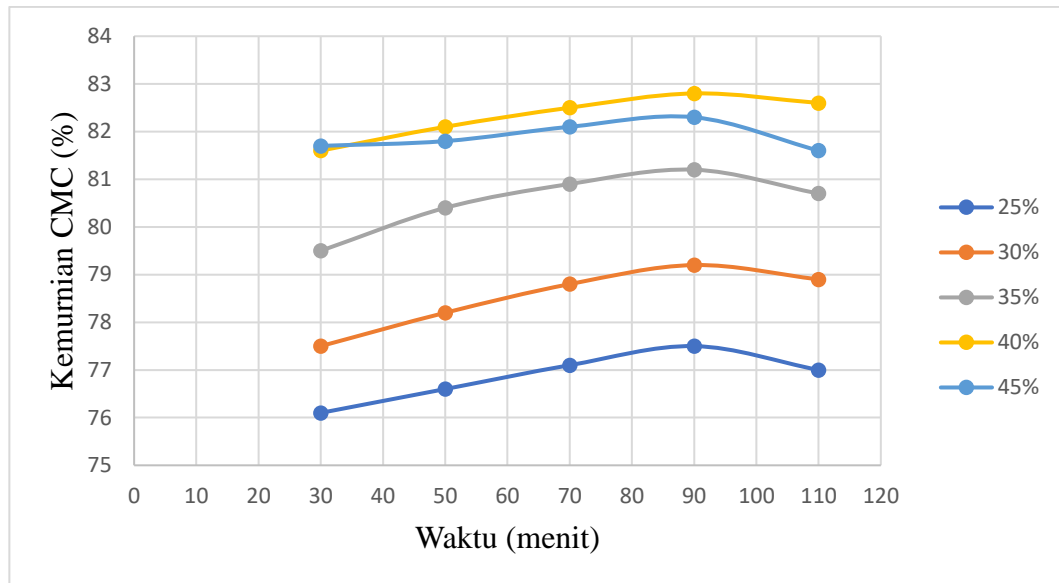
monokloroasetat yang tersedia untuk bereaksi membentuk NaCl semakin berkurang. Dengan kata lain, pembentukan natrium glikolat mengurangi jumlah natrium monokloroasetat yang berkontribusi pada pembentukan NaCl, sehingga kadar NaCl cenderung menurun saat natrium glikolat terbentuk dalam jumlah yang lebih besar.

Selain itu, kadar NaCl mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu alkalisasi. Pada waktu alkalisasi 30, 50, 70, 90, 110 menit dengan konsentrasi 25%; dihasilkan kadar NaCl sebesar 23,9; 23,4; 22,9; 22,5; dan 23,0. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu, dapat mendegradasi selulosa, sehingga banyak reaksi samping yang terbentuk. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian (Santoso, 2012), yang menyatakan bahwa proses alkalisasi yang berlangsung lebih lama menyediakan lebih banyak waktu untuk terjadinya reaksi samping (pembentukan natrium glikolat), sehingga semakin sedikit natrium monokloroasetat yang tersedia untuk membentuk NaCl, yang pada akhirnya menurunkan kadar NaCl dalam produk akhir CMC.

Berdasarkan standar mutu SNI 06-3736-1995, kategori mutu 1 untuk CMC mensyaratkan kadar NaCl sebesar 0,25%. Oleh karena itu, kadar NaCl sebesar 17,5% hingga 23,9% tidak memenuhi syarat untuk kategori mutu 1.



3. Hubungan Kemurnian CMC dnegan Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi



Gambar IV. 3 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Kemurnian CMC

Pada Gambar IV.3 menunjukkan kemurnian CMC dengan konsentrasi NaOH dan waktu alkalisasi yang berbeda. Pada penelitian ini diperoleh kemurnian CMC terbaik sebesar 82,8% yang dicapai pada konsentrasi NaOH 40% dengan waktu reaksi alkalisasi 90 menit. Sedangkan kemurnian CMC terendah diperoleh pada konsentrasi NaOH 25% yakni sebesar 75,3%. Hal ini menunjukkan bahwa meningkatnya kemurnian CMC sejalan dengan meningkatnya konsentrasi NaOH alkalisasi. Namun, pada konsentrasi tertinggi yakni 45%, kemurnian CMC mengalami penurunan. Hal ini disebabkan selulosa mengalami degradasi, sehingga kemurnian CMC mengalami penurunan. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Agustriono, 2013), konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi CMC akibat kelebihan NaOH, sehingga tidak terjadi peningkatan kemurnian yang signifikan.

Waktu alkalisasi juga memiliki pengaruh pada kemurnian CMC. Di mana pada waktu reaksi yang semakin tinggi yakni 30, 50, 70, dan 90 menit dengan konsentrasi

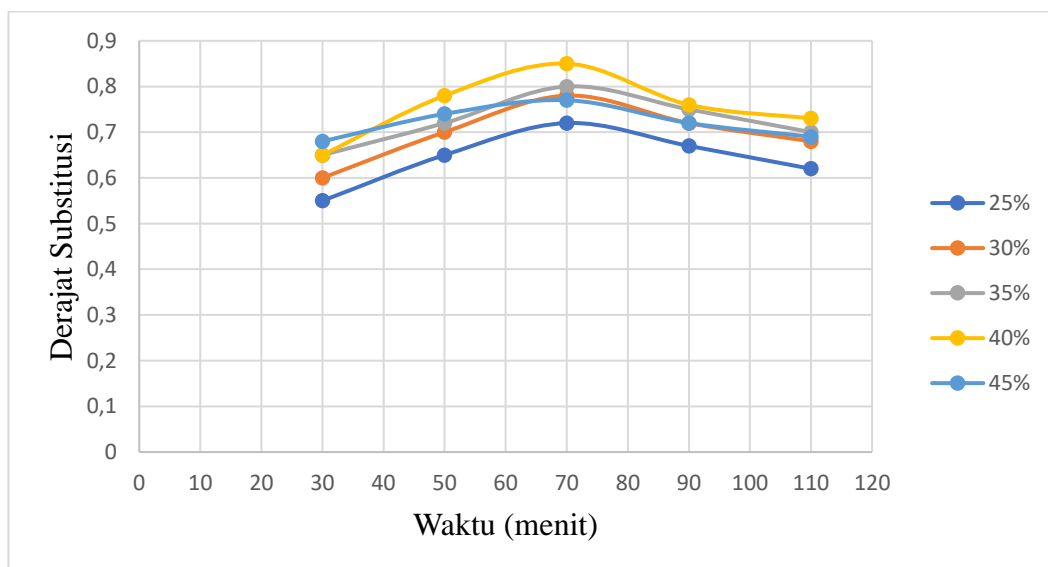


Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

25%, kemurnian CMC mengalami peningkatan signifikan sebesar 75,3%; 76,5%; 77,2%; 76,8%. Namun, terjadi penurunan kemurnian pada waktu reaksi 110 menit sebesar 75,9%. Hal ini menunjukkan bahwa kemurnian CMC semakin meningkat dengan meningkatnya waktu alkalisasi. Namun, waktu yang terlalu lama dapat mendegradasi selulosa karena terbentuknya produk samping yang dapat mengurangi kemurnian CMC. Penelitian yang dilakukan oleh (Santoso, 2012), menyatakan bahwa setelah melewati titik waktu optimum, selulosa mulai mengalami degradasi, sehingga kemurnian CMC berkurang.

Berdasarkan standar mutu SNI 06-3736-1995, *carboxymethyl cellulose* dengan kemurnian sebesar 76,1% hingga 83,1% masuk ke dalam kategori mutu 2, yang dapat diaplikasikan di industri pertambangan atau petroleum.

4. Hubungan Derajat Substitusi dengan Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi



Gambar IV. 4 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Alkalisasi Terhadap Derajat Substitusi CMC

Pada Gambar IV.4 menunjukkan grafik derajat substitusi yang dihasilkan dengan variasi konsentrasi NaOH dan waktu alkalisasi. Pada penelitian ini, derajat



Laporan Hasil Penelitian “Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

substitusi yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Derajat substitusi tertinggi diperoleh pada konsentrasi NaOH 40% dengan waktu reaksi 70 menit yakni sebesar 0,85. Derajat substitusi meningkat pada konsentrasi 25%, 30%, 35%, dan 40%, namun mengalami penurunan pada konsentrasi 45%. Hal ini disebabkan konsentrasi 40% NaOH pada proses alkalisasi efektif untuk mengaktifkan gugus-gugus hidroksil (OH) pada molekul selulosa. Ketika struktur selulosa mengembang, maka mempermudah membuka struktur selulosa, sehingga mempermudah difusi reagen karboksimetilasi ke dalam jaringan selulosa pada tahap karboksimetilasi. Namun, ketika konsentrasi NaOH dinaikkan lebih lanjut, terjadi penurunan derajat substitusi (DS) karena konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan munculnya reaksi samping berupa natrium glikolat. Reaksi samping ini menghambat reaksi utama (reaksi karboksimetilasi), sehingga semakin banyak natrium glikolat yang terbentuk, semakin sedikit gugus hidroksil pada selulosa yang berhasil bereaksi dengan natrium monokloroasetat, yang akhirnya menurunkan derajat substitusi. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Klunkin, 2020), yang menyatakan bahwa reaksi karboksimetilasi berlangsung optimal pada konsentrasi 40%. NaOH berperan dalam membuka serat selulosa, sehingga gugus hidroksil selulosa dapat bereaksi secara efisien dengan natrium monokloroasetat untuk menghasilkan CMC.

Selain itu, derajat substitusi mengalami kenaikan pada waktu 30, 50, dan 70 menit. Namun pada waktu 90, dan 110 menit terjadi penurunan derajat substitusi. Waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan derajat substitusi. Penurunan ini disebabkan oleh proses degradasi polimer, di mana molekul-molekul besar dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana pada *carboxymethyl cellulose*. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Santoso, 2012), yang menyatakan bahwa dalam proses alkalisasi yang berlangsung lebih lama, waktu yang lebih banyak tersedia untuk reaksi, sehingga dapat menghasilkan derajat substitusi yang lebih tinggi. Dengan kata lain, lebih banyak gugus *carboxymethyl* dapat terikat pada rantai selulosa. Namun, pada suhu dan waktu yang melebihi titik maksimum, reaksi dapat mencapai keseimbangan di mana penambahan waktu lebih lanjut tidak



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

menyebabkan peningkatan derajat substitusi, dan selulosa dapat mengalami degradasi.

Berdasarkan standar mutu SNI 06-3736-1995, *carboxymethyl cellulose* dengan derajat substitusi antara 0,55 hingga 0,85 masuk ke dalam kategori mutu 2, yang dapat diaplikasikan di industri pertambangan atau petroleum.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa produksi *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dari kulit buah pisang ambon hijau (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) dipengaruhi oleh variabel konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) dan waktu reaksi alkalisasi.

1. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi NaOH sebesar 25% dengan waktu reaksi 50 menit, menghasilkan pH sebesar 7,0. Selain itu, pada konsentrasi NaOH 40% dengan waktu reaksi 90 menit, diperoleh kadar NaCl sebesar 17,2%, kemurnian CMC mencapai 82,8%, dan derajat substitusi tertinggi sebesar 0,75 diperoleh pada konsentrasi NaOH 40% dan waktu reaksi 70 menit.
2. Berdasarkan standar mutu SNI, pH CMC, kadar NaCl, kemurnian CMC, dan derajat substitusi yang masuk ke dalam kategori mutu 2.
3. CMC yang dihasilkan pada penelitian ini tidak sesuai dengan tujuan awal aplikasi CMC pada industri makanan karena masuk pada kategori CMC mutu 2, sehingga dapat diaplikasikan dalam industri pertambangan atau petroleum.

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi variasi variabel lain, seperti suhu reaksi atau rasio natrium monokloroasetat terhadap selulosa.
2. Penelitian ini mendukung upaya pengelolaan limbah kulit pisang menjadi produk bernilai ekonomis tinggi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat mendorong penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan limbah organik lainnya sebagai bahan baku pembuatan CMC yang bermanfaat.



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, J, & Putra, A 2023, ‘Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradasi Plastik Biodegradable Berbasis Selulosa Bakteri – Polietilenglikol Dari Air Kelapa (*Cocosnucifera*)’, *Jurnal Chemistry*, Vol. 12, No. 2, hh. 30-35.
- Agustriono, F, & Hasanah, F 2016, ‘Pemanfaatan Limbah Sebagai Bahan Baku Sintesis Karboksimetil Selulosa’, *Jurnal Farmaka*, Vol. 14, No. 3, hh. 1-5.
- Chales, M, Hamzah, F, & Zalfiatri, Y 2023, ‘Kualitas Pektin Pepaya Berdasarkan Tingkat Kematangan Buah’, *Jurnal Penegelolaan dan Teknologi Lingkungan*, Vol. 2, No. 1, hh. 1-7.
- Feddersen, R, & Thorp, S 1993, ‘*Sodium Carboxymethylcellulose*’, Penerbit Academic Press, Wilmington
- Fuadi, A & Sulistya, H 2008, ‘Pemutihan Pulp Dengan Hidrogen Peroksida’, *Jurnal Reaktor*, Vol. 12, No. 2, hh. 123-128.
- Futeri, R, Samah, S, & Putra, R 2019, ‘Pembuatan Cmc (Carboxy Methyl Cellulose) Dari Limbah Ampas Tebu Menggunakan Reaktor Semi Continue’, *Jurnal 6 Th Ace Conference*, Vol. 1, No. 1, hh. 1-6.
- Guniawaty, Y, Sardjono, R, & Khoerunnisa, F 2021, ‘Aplikasi Enkapsulasi Selulosa Nanopartikel Pada Nanomedicine’, *Jurnal Chemica Isola*, Vol. 2, No. 2, hh. 58-64.
- Hariani, R, & Fatmayati 2023, ‘Pembuatan Carboxymethyl Cellulose (Cmc) Dari Batang Kelapa Sawit’, *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, Vol. 7, No. 1, hh. 498-508.
- Hermawani, R, Ramadhani, D, Daya, A, Wahyudi, F, & Sukemi 2019, ‘Nutrisi Tepung Kulit Dan Jerami Nangka’, *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Vol. 1, No. 1, hh. 201-207.
- Jannah, M, Kusyanto, & Harjanto 2023, ‘Pengaruh Ukuran Bahan Baku Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Dan Waktu Hidrolisis Pada Proses



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

- Pembuatan Kertas’, *Jurnal Teknik Kimia Vokasional*, Vol. 3, No. 2, hh. 59-65
- Kamal, N 2010, ‘Pengaruh Bahan Aditif Cmc (*Carboxyl Methyl Cellulose*) Terhadap Beberapa Parameter Pada Larutan Sukrosa’, *Jurnal Teknologi*, Vol. 1, No. 17, hh. 101-107.
- Kaur, H, Jaafar, A, & Yusup, S 2018, ‘Carboxymethyl Cellulose from Cavendish Banana Peel As a Drag reduction Agent’, *Material Science and Engineering Journal*, Vol. 1, No. 1, hh. 1-9.
- Kristin, Lavlinesia, & Rahmi, S 2023, ‘Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida Dan Natriummonokloroasetat Pada Pembuatan Carboxymethyl Cellulose Dari Serat Kulit Buah Pinang’, *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol. 1, No. 1, hh. 1-14.
- Kurniaty, I, Habibah, D, Yustiana, & Fajriah, I 2017, ‘Proses Delignifikasi Menggunakan Naoh Dan Amonia (NH₃) Pada Tempurung Kelapa’, *Jurnal Integrasi Proses*, Vol. 6, No. 4, hh. 197-201.
- Mulyadi, I 2019, ‘Isolasi Dan Karakterisasi Selulosa : Review’, *Jurnal Sainatika Unpam*, Vol. 1, No. 2, hh. 177-182.
- Nisa, Dianrifiya, Widya, D, & Rukmi 2014, ‘Pemanfaatan Selulosa Dari Kulit Buah Kakao (*Teobroma Cacao* L.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Cmc (*Carboxymethyl Cellulosa*)’, *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, Vol.2, No. 3, hh. 3442.
- Nur’ain, Nurhaeni, & Ridhay, A 2017, ‘Optimasi Kondisi Reaksi Untuk Sintesis Karboksimetil Selulosa (Cmc) Dari Batang Jagung (*Zea Mays* L.)’, *Jurnal Kovalen*, Vol. 3, No. 2, hh. 112-121.
- Parid, D, et al 2018, ‘Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunch Stalk Fibres’, *Jurnal Bioresources*, Vol. 1, No. 1, hh. 535-554.
- Permata, D, Kasim, A, Asben, A, & Yusniwati 2021, ‘Delignification Of Lignocellulosic Biomass’, *World Journal Of Advanced Research And Review*, Vol. 12, No. 2, hh. 462-469.
-



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

- Pitolaka, Badra, A, & Wijaya 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, hh. 108-114.
- Ripdayana, Ridhay, A, & Rahim, E 2019, ‘Pembuatan Carboxymethyl Cellulose (Cmc) Dari Pelepeh Nanas (*Ananas Cosmosus* Merr.)’, *Jurnal Kovalen*, Vol. 5, No. 2, hh. 210-216.
- Sabira, Q, & Suryani, T 2023, ‘Glucose Levels And Organoleptic Quality Probiotic Tepache Of Pineapple Peel On Variation Of Sugar And Fermentation Duration’, *Incobest Journal*, Vol. 1, No. 1, hh. 348-355.
- Safitri, D, Rahim, E, Prismawiryanti, & Sikanna, R 2017, ‘Sintesis Karboksimetil Selulosa (Cmc) Dari Selulosa Kulit Durian (*Durio Zibethinus*)’, *Jurnal Kovalen*, Vol. 3, No. 1, hh. 58-68.
- Saha, B 2004, ‘Hemicellulose Bioconversion’, *Microbiol Biotechnol Journal*, Vol. 30, No. 1, hh. 279-291.
- Salimi, Y, Hasan, A, & Botutihe, D 2021, ‘Sintesis Dan Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose Sodium (Na-Cmc) Dari Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Dengan Media Reaksi Etanolisobutanol’, *Jurnal Chem*, Vol. 3, No. 1, hh. 1-11.
- Samathoti, P 2023, ‘Methods Of Extraction Of Cellulose From Bio Waste Of Banana Plant And Applications’, *Asian Journal Of Pharmaceutics*, Vol. 17, No. 4, hh. 659.
- Sena, P, Putra, G, & Suhendra, L 2021, ‘Karakterisasi Selulosa Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Pada Berbagai Konsentrasi Hidrogen Peroksida Dan Suhu Proses Bleaching’, *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, Vol. 9, No. 3, hh. 288-299.
- SNI 06-3736- 1995, Standar Mutu CMC.
- SNI 14-0444-1989, Cara Uji Kadar Selulosa.
- Sriana, T, Dianpalupidewi, T, Ukhrawi, S, & Nata, I 2021, ‘Pengaruh Konsentrasi *Sodium Hydroxide* (NaOH) pada Proses Delignifikasi Kandungan



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

- lignoselulosa Serat (*Fiber*) Siwalan (*borassus flabellifer*) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Etanol’, *Jurnal Buletin Profesi Insinyur*, Vol. 4, No. 2, hh. 49-52.
- Sumardjo, D 2009, ‘Pengantar Kimia: Buku Panduan Kulah Mahasiswa Kedokteran Dan Program Strata I Fakultas Bioeksakta’, Penerbit Buku Kedokteran Egcc, Jakarta
- Sutini, Widiastuty, Y, & Ramadhani, A 2019, ‘Hidrolisis Lignoselulosa Dari Agricultural Waste Sebagai Optimasi Produksi Fermentable Sugar’, *Jurnal Equilibrium*, Vol. 3, No. 2, hh. 59-68.
- Syaiful, A, Hermawati, Dan Sonda, M 2022, ‘Pengaruh Lama Pengaktifan Ragi Untuk Fermentasi Kulit Kopi Arabika Menjadi Bioetanol’, *Jurnal Saintis*, Vol. 3, No. 2, hh. 37-49.
- Triasswari, N, Arnata, I, Dan Yoga, I 2022, ‘Karakteristik Karboksimetil Selulosa Dari Onggok Singkong Pada Variasi Konsentrasi Natrium Hidroksida Dan Asam Trikloroasetat’, *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, Vol. 10, No. 3, hh. 302-311.
- Warnita, F, Dan Panji, T 2018, ‘Sintesis Karboksimetil Selulosa Dari Sisa Baglog Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*)’, *Jurnal Menara Perkebunan*, Vol. 86, No. 2, hh. 96-106.
- Widiastuti, T, Afrizal, & Zulmanelis 2016, ‘Sintesis Dan Karakterisasi Kertas Berbahan Dasar Selulosa Kulit Durian (*Durio Zibethinus*)’, *Jurnal Risenologi*, Vol. 1, No. 1, hh. 57-63.
- Wijaya, A, & Noviana 2022, ‘Penetapan Kadar Air Simplisia Daun Kemangi (*Ocimum Basilicum* L.) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengeringan’, *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, Vol. 4, No. 2, hh. 185-194
- Wijayani, A, Ummah, K, & Tjahjani, S 2005, ‘Karakterisasi Karboksimetil Selulosa (Cmc) Dari Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes* (Mart) Solms)’, *Jurnal Chem*, Vol. 5, No. 3, hh. 228-231.



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

- Wildan, A, Abdullah, & Priyanto, S 2010, ‘Studi Proses Bleaching Serat Kelapa Sebagai Reinforced Fiber’, *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Proses*, Vol. 1, No. 1, hh. 1-6.
- Williams, T 2011, ‘Time Effects On Morphology And Bonding Ability In Mercerized Natural Fibers For Composite Reinforcement’, *International Journal Of Polymer Science*, Vol. 1, No. 1, hh. 1-9.
- Wüstenberg, T 2015, ‘Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry: Fundamentals and Applications’, Penerbit Wiley-VCH, Weinheim
- Yuliasmi, S, Ginting, N, & Wahyuni, H 2019, ‘The Effect of Alkalization on Carboxymethyl Cellulose Synthesis from Stem and Peel Cellulose of Banana’, *Herbal Medicine in Pharmaceutical and Clinical Sciences Journal*, Vol. 7, No. 22, hh. 3874-3877.



LAMPIRAN I

1. Perhitungan pada proses delignifikasi

Berat serbuk kulit buah pisang kering 150 gram

NaOH 10% 1:10

$$\% \cdot V_1 = \% \cdot V_2$$

$$48\% \cdot V_1 = 10\% \cdot 1500 \text{ ml}$$

$$V_1 = 312.5 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat larutan NaOH 10%, dibutuhkan 312,5 ml NaOH untuk diencerkan dengan aquadest hingga volume 1500 ml.

2. Perhitungan pada proses *bleaching*

Berat serbuk kulit buah pisang kering 75 gram

H₂O₂ 3% 1:20

$$\% \cdot V_1 = \% \cdot V_2$$

$$50\% \cdot V_1 = 3\% \cdot 1500 \text{ ml}$$

$$V_1 = 90 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat larutan H₂O₂ 3%, dibutuhkan 90 ml H₂O₂ untuk diencerkan dengan aquadest hingga volume 1500 ml.

3. Perhitungan pada proses alkalisasi

a. Variabel NaOH 25%

Berat serbuk kulit buah pisang kering 10 gram

$$\% \cdot V_1 = \% \cdot V_2$$

$$48\% \cdot V_1 = 25\% \cdot 10 \text{ ml}$$

$$V_1 = 5,2 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat larutan NaOH 25%, dibutuhkan 5,2 ml NaOH untuk diencerkan dengan aquadest hingga volume 10 ml.

b. Variabel NaOH 30%

Berat serbuk kulit buah pisang kering 10 gram

$$\% \cdot V_1 = \% \cdot V_2$$



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”

$$48\% \cdot V_1 = 30\% \cdot 10 \text{ ml}$$

$$V_1 = 6,2 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat larutan NaOH 30%, dibutuhkan 6,2 ml NaOH untuk diencerkan dengan aquadest hingga volume 10 ml.

c. Variabel NaOH 35%

Berat serbuk kulit buah pisang kering 10 gram

$$\% \cdot V_1 = \% \cdot V_2$$

$$48\% \cdot V_1 = 35\% \cdot 10 \text{ ml}$$

$$V_1 = 7,2 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat larutan NaOH 35%, dibutuhkan 7,2 ml NaOH untuk diencerkan dengan aquadest hingga volume 10 ml.

d. Variabel NaOH 40%

Berat serbuk kulit buah pisang kering 10 gram

$$\% \cdot V_1 = \% \cdot V_2$$

$$48\% \cdot V_1 = 40\% \cdot 10 \text{ ml}$$

$$V_1 = 8,3 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat larutan NaOH 40%, dibutuhkan 8,3 ml NaOH untuk diencerkan dengan aquadest hingga volume 10 ml.

e. Variabel NaOH 45%

Berat serbuk kulit buah pisang kering 10 gram

$$\% \cdot V_1 = \% \cdot V_2$$

$$48\% \cdot V_1 = 45\% \cdot 10 \text{ ml}$$

$$V_1 = 9,3 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat larutan NaOH 45%, dibutuhkan 9,3 ml NaOH untuk diencerkan dengan aquadest hingga volume 10 ml.



Laporan Hasil Penelitian
"Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)"

LAMPIRAN II



Gambar 1. Penjemuran kulit pisang



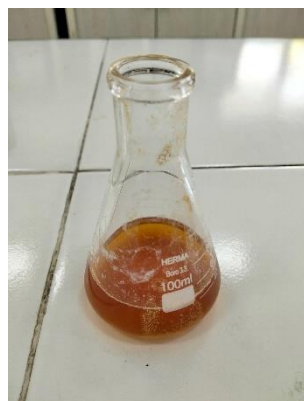
Gambar 2. Penggilingan kulit pisang kering



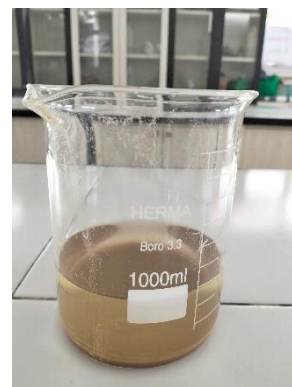
Gambar 3. Proses Delignifikasi



Gambar 4. Proses *Bleaching*



Gambar 5. Proses Alkalisasi



Gambar 6. Proses Penetralkan



Laporan Hasil Penelitian
“Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*)”



Gambar 7. Uji pH



Gambar 8. Uji kadar NaCl



Gambar 9. Uji Derajat Substitusi (DS)