

**STUDI PENGUJIAN GUGUS FUNGSI (*FTIR*) BIOPOLIMER DARI KULIT
SINGKONG UNTUK MENINGKATKAN VISKOSITAS AIR FORMASI SEBAGAI
BAHAN ALTERNATIF DALAM MENGATASI *WATER CONING***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

OLEH:

ANNISA AULIA FITRI
NPM: 173210278



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

**STUDI PENGUJIAN GUGUS FUNGSI (FTIR) BIOPOLIMER DARI KULIT
SINGKONG UNTUK MENINGKATKAN VISKOSITAS AIR FORMASI SEBAGAI
BAHAN ALTERNATIF DALAM MENGATASI *WATER CONING***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

OLEH:

ANNISA AULIA FITRI
NPM: 173210278



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2022**

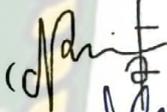
HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh:

Nama : Annisa Aulia Fitri
NPM : 173210278
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Sripsi : Studi Pengujian Gugus Fungsi (FTIR) Biopolimer Dari Kulit Singkong Untuk Meningkatkan Viskositas Air Formasi Sebagai Bahan Alternatif Dalam Mengatasi *Water Coning*

Telah berhasil dipertahankan didepan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Novia Rita, S.T., M.T. ()
Penguji I : Dr.Eng, Adi Novriansyah, M.Eng. ()
Penguji II : Fiki Hidayat, S.T., M.Eng. ()
Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : 28 April 2022

Disahkan Oleh:

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**



Novia Rita, S.T., M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, 15 April 2022



Annisa Aulia Fitri
NPM 173210278



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Novia Rita, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Novia Rita, ST., MT selaku Ketua Prodi dan Bapak Tomi Erfando, ST., MT selaku Sekretaris Prodi serta Bapak Tomi Erfando, ST., MT selaku dosen pembimbing akademik dan dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
3. Teristimewa saya sampaikan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Ayahanda tercinta Yuskhairil dan Ibunda Ratna Yulianti serta keluarga saya selalu memberikan semangat dan doa, serta bantuan materil dan moral sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Bapak Dr.Eng Adi Novriansya,M.T. Selaku Ketua Laboratorium yang telah mendukung dilakukannya penelitian.
5. Terimakasih kepada Erick Karnando yang selalu menemani, membantu dan memberikan dukungan kepada saya. Dan kepada teman saya Teknik Perminyakan 2017 yang telah memberikan kesan yang menyenangkan selama masa perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini.

Teiring doa saya semoga tuhan memberikan balasan atas segala kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 24 April 2022



Annisa Aulia Fitri

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Water Coning.....	5
2.2 Biopolimer Dari Bahan Lain	6
2.3 Chemical Polymer Treatment	9
2.4 Biopolimer Alternatif Dari Kulit Singkong Berupa NaCMC.....	10
2.5 Pengukuran Gugus Fungsi FTIR	12
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Uraian Metode Penelitian	15
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	16
3.3 Alat Dan Bahan.....	17
3.3.1 Alat	17
3.3.2 Bahan	19
3.4 Prosedur Penelitian	20
3.4.1 Persiapan Bahan	20

3.4.2	Prosedur Pembuatan Bubuk Selulosa Kulit Singkong	21
3.4.3	Prosedur Pembuatan Biopolimer Kulit Singkong Berupa Sodium NaCMC (Carboxymethyl Cellulose)	21
3.4.4	Pengujian Viscositas	22
3.4.5	Pembuatan Larutan Biopolimer	23
3.4.6	Prosedur Analisis Gugus Fungsi NaCMC	25
3.4.7	Prosedur Analisis Gugus Fungsi Biopolimer	25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Pembuatan NaCMC (<i>Natrium Carboxymethyl Cellulose</i>) Kulit Singkong	26
4.2	Hasil Rendemen Selulosa	28
4.3	Pengujian Viskositas Biopolimer Terhadap Perubahan Konsentrasi	29
4.4	Analisis Hasil Gugus Fungsi Forier Transformer Infrared (FTIR)	36
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	41
	DAFTAR PUSTAKA	42
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peristiwa terjadinya <i>Water Coning</i>	5
Gambar 2.2 Mekanisme <i>Chemical Polymer Treatmen</i>	9
Gambar 2.3 Kulit Singkong.....	11
Gambar 2.4 Struktur Kimia Selulosa.....	12
Gambar 2.5 NaCMC.....	12
Gambar 2.6 Alat <i>FTIR</i>	13
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	16
Gambar 3.2 Alat Penelitian	18
Gambar 3.3 Bahan Penelitian	20
Gambar 3.4 Pengeringan Sampel Kulit Singkong (a) dan Proses Sieve 100 Mesh (b).....	20
Gambar 3.5 Proses Hidrolisis Kulit Singkong Menggunakan H ₂ S ₄ Asam Sulfat.....	21
Gambar 3.5 Proses Karboksimetil Kulit Singkong (a) dan Hasil NaCMC Kulit Singkong (b).....	22
Gambar 3.6 Pengukuran Densitas (a) dan Viskositas (b).....	23
Gambar 4.1 Diagram alir pembuatan NaCMC kulit singkong.....	27
Gambar 4.2 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer <i>xanthan gum</i> pada salinitas 10.000 ppm.....	31
Gambar 4.3 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer <i>xanthan gum</i> pada salinitas 20.000 ppm.....	31
Gambar 4.4 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer NaCMC pada salinitas 10.000 ppm.....	32
Gambar 4.5 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer NaCMC pada salinitas 20.000 ppm.....	32

Gambar 4.6 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas
biopolimer Kulit singkong pada salinitas 20.000 ppm 33

Gambar 4.7 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas
biopolimer Kulit singkong pada salinitas 10.000 ppm 33

Gambar 4.8 Spektrum gelombang FTIR pada sampel kulit singkong 36

Gambar 4.9 Spektrum gelombang FTIR pada sampel NaCMC 37

Gambar 4.10 Spektrum gelombang FTIR pada sampel *Xanthan Gum* 37



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State of the Art</i>	7
Tabel 2.2 Komposisi zat penyusun kulit singkong.....	10
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	15
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Massa Biopolimer dari Masing-masing Konsentrasi.....	24
Tabel 4.1 Hasil pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap berat selulosa	28
Tabel 4.2 Hasil pengujian viskositas biopolimer <i>xanthan gum</i>	29
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Viscositas biopolimer NaCMC	30
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Viscositas biopolimer Kulit singkong.....	30
Tabel 4.5 Tabel Pengujian Gugus Fungsi Biopolimer	39

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN I.** Tahap Pembuatan *Natrium Carboxymethyl Cellulose* Serbuk Kulit Singkong
- LAMPIRAN II.** Hasil Densitas Biopolimer
- LAMPIRAN III.** Surat Keabsahan Penelitian
- LAMPIRAN IV.** Surat Keabsahan Penelitian Laboratorium FMIPA Universitas Riau



DAFTAR SINGKATAN

NaCMC	= Natrium Karboksimetil Selulosa
H ₂ SO ₄	= Asam Sulfat
NaCl	= Natrium Klorida
NaOH	= Natrium Hidroksida
H ₂ O ₂	= Hidrogen Peroksida
Cr ³⁺	= <i>Chromium</i> (III)
ppm	= <i>Parts Per Million</i>
FT-IR	= <i>Fourier Transform Infra-red</i>



DAFTAR SIMBOL

$^{\circ}\text{C}$	= <i>Temperatur dalam celcius</i>
$^{\circ}\text{F}$	= <i>Temperatur dalam fahrenheit</i>
μ_{kin}	= <i>Viskositas Kinetik (cst atau centi stroke)</i>
C	= <i>Konstanta Viscometer Ostwald (0,4994 cst.s⁻¹)</i>
t	= <i>Waktu alir fluida (detik)</i>
μ_{din}	= <i>Viskositas Dinamik (cP)</i>
ρ	= <i>Densitas Fluida (gr/ml)</i>
g	= <i>Gram</i>
ml	= <i>Mill iliter</i>
mg	= <i>Milli gram</i>
cm	= <i>Senti meter</i>
Pa.s	= <i>Pascal second</i>



**STUDI PENGUJIAN GUGUS FUNGSI (FTIR) BIOPOLIMER
DARI KULIT SINGKONG UNTUK MENINGKATKAN
VISKOSITAS AIR FORMASI SEBAGAI BAHAN
ALTERNATIF DALAM MENGATASI *WATER CONING***

**ANNISA AULIA FITRI
173210278**

ABSTRAK

Water coning bisa terjadi pada sumur yang sudah tua maupun sumur baru. Ada beberapa metode yang sering di gunakan untuk mengatasi masalah *water coning* dan *water cut* tinggi dalam industri migas yaitu dengan menurunkan laju produksi di bawah laju alir kritis, *recompletion*, *water shut-off*, *chemical polymer*, dan *dual completion*. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode *chemical polymer* untuk mengatasi masalah *water coning* dan *water cut* tinggi karena di anggap murah dan mudah dalam pengaplikasiannya. Metode *chemical polymer* sering di gunakan untuk penanggulangan *water coning*. metode ini banyak diaplikasikan di sumur minyak karena mudah untuk pengaplikasiannya. *Chemical polymer* ini diinjeksikan ke sumur produksi dengan menambahkan *agent* kedalam air formasi untuk meningkatkan viskositasnya dengan tujuan menahan mobilitas air agar tidak ikut terproduksi. Polimer sintetis umum di gunakan untuk masalah *water coning*, namun dampak negatif bisa saja terjadi pada lingkungan sekitar. Hasil proses sintesis kulit singkong (NaCMC) yang tertinggi dalam meningkatkan viscositas minyak di peroleh pada penambahan asam sulfat 45% dengan penambahan hasil rendemen 90%. Hasil pengujian viscositas tertinggi biopolimer kulit singkong diperoleh pada konsentrasi 15.000 ppm dengan viscositas sebesar 3.96 cp. Dari hasil pengujian FTIR biopolimer diperoleh kulit singkong diperoleh gugus fungsi OH, C-H, C-O, C=O

Kata kunci : Biopolimer, *Chemical*, FTIR, NaCMC, *Xanthan Gum*.

***STUDY OF TESTING FUNCTION CLUSTERS (FTIR) OF
BIOPOLYMER FROM CASSAVA PELSS TO INCREASE
THE VISCOSITY OF FORMATION WATER AS AN
ALTERNATIVE MATERIAL OVERCOMING WATER CONING***

**ANNISA AULIA FITRI
173210278**

ABSTRACT

Water coning can occur in old wells or new wells. There are several methods that are often used to overcome the problem of water coning and high water cut in the oil and gas industry, namely by reducing the production rate below the critical flowrate, recompletion, water shut-off, chemical polymer, and dual completion. In this study, researchers used the chemical polymer method to overcome the problem of water coning and high water cut because it is considered cheap and easy to apply. The chemical polymer method is often used to treat water coning. This method is widely applied in oil wells because it is easy to apply. This chemical polymer is injected into the production well by adding an agent to the formation water to increase its viscosity in order to prevent the mobility of the water from being produced. Synthetic polymers are commonly used for water coning problems, but negative impacts can occur on the surrounding environment. The highest yield of cassava peel (NaCMC) synthesis in increasing oil viscosity was obtained by adding 45% sulfuric acid with the addition of 90% yield. The result of the highest viscosity test of cassava peel biopolymer was obtained at a concentration of 15,000ppm with a viscosity of 3.96 cp. From the results of the biopolymer FTIR test, the cassava peel obtained the functional groups OH,C-H,C-O,C=O

Keywords: Biopolymer, Chemical, FTIR, NaCMC, Xanthan Gum

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penurunan produksi pada sumur minyak tua sering di akibatkan karena nilai *water cut* sumur tersebut tinggi, salah satu penyebab terproduksinya air yaitu masuknya air formasi ke dalam zona minyak seperti *water coning* (Frigirina et al., 2017). Produksi air yang berlebihan dapat berdampak serius pada produktivitas sumur, produksi air juga dapat mempengaruhi kinerja sumur secara keseluruhan, dan dapat menimbulkan permasalahan baru pada proses produksi minyak (Yang et al., 2020).

Water coning merupakan masalah pergerakan air secara vertical yang masuk ke dalam zona produktif, pergerakan ini diakibatkan karena mobilitas air lebih besar dari pada mobilitas minyak (Okon et al., 2018). Kondisi yang mendukung terjadinya *water coning* yaitu sumur diproduksi melebihi laju produksi kritisnya, tekanan sumur (pwf) rendah sehingga menyebabkan tekanan *drowdown* tinggi, dan *perforasi* yang terlalu dekat dengan WOC (*water oil contact*) (Ngudiono et al., 2018). Ada beberapa metode yang sering di gunakan untuk mengatasi masalah *water coning* dan *water cut* tinggi, seperti menurunkan laju produksi di bawah laju alir kritis, *recompletion*, *water shut-off*, *chemical polymer*, dan *dual completion*. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode *chemical polymer* untuk mengatasi masalah *water coning*.

Polimer yang biasa digunakan dalam *treatment* ini terbagi menjadi dua kelas yaitu Polimer Sintesis (*Partially hydrolyzed polyacrylamide*) dan Biopolimer (*Polysaccharides*). Biopolimer merupakan polimer alami yang dapat dijumpai pada tumbuhan, hewan dan mikroorganisme, biopolimer terbentuk di dalam sel oleh proses metabolisme yang kompleks seperti pati, *dekstran*, *xanthan*, *citosan* dan selulosa (Gao, 2016). Selain ramah lingkungan dan mudah didapatkan biopolimer juga lebih unggul sebagai peningkat viskositas, dapat bersifat sebagai *thickening agent* karena memiliki *water-soluble* yang tinggi, dan memiliki ketahanan termal

yang baik (Indexed et al., 2018). Singkong (*Manihot esculenta*) merupakan tumbuhan dengan nilai karbohidrat tinggi. Seluruh bagian dari tanaman singkong bisa dimanfaatkan dan limbah kulit singkong sejatinya dapat dimanfaatkan. Namun pada saat ini kulit singkong sering dibuang begitu saja oleh masyarakat. sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tahap awal terhadap pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan alternatif biopolimer, sehingga limbah kulit singkong tidak menjadi sampah yang dapat merusak lingkungan (Setiawan et al., 2017).

Pada kulit singkong terdapat kandungan Selulosa sebesar 57% (Ningrum, 2019), dimana kandungan selulosa pada kulit singkong dapat dijadikan sebagai biopolimer dimana bahan ini diharapkan dapat larut di dalam air formasi, sehingga viskositas air formasi meningkat dan mobilitas air menjadi berkurang, hal ini bertujuan untuk mencegah laju air yang masuk mendahului pergerakan minyak menuju zona produksi. Pada penelitian kali ini, peneliti akan menguji gugus fungsi yang terdapat di dalam biopolimer dari kulit singkong yang paling efektif dalam meningkatkan viskositas air pada kondisi temperature reservoir, sehingga diharapkan menjadi bahan alternatif dalam mengatasi masalah water coning.

Dalam penelitian ini, akan diuji biopolimer kulit singkong untuk melihat efektifitas dengan menggunakan Spektrofotometer FTIR (Fourier Transform Infra Red). Hal ini dilakukan untuk melihat kandungan unsur yang terdapat di dalam biopolimer dari kulit singkong, apakah memiliki ciri ataupun struktur yang mirip dengan biopolimer komersil. Terdapat beberapa zat aktif yang terkandung didalam kulit singkong antara lain senyawa selulosa, gugus OH, gugus eter (C-O), ikatan rangkap dua (C=C), ikatan alifatik stretching (C-H), gugus karbonil (C=O) (Yusuf et al., 2014).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan ialah:

1. Menganalisis viskositas biopolimer kulit singkong dan membandingkan dengan biopolimer komersial NaCMC dan *Xanthan Gum*
2. Menentukan gugus fungsi (FTIR) dari biopolimer NaCMC kulit singkong yang paling efektif dalam meningkatkan viskositas air formasi
3. Membandingkan gugus fungsi (FTIR) biopolimer NaCMC kulit singkong dengan NaCMC komersial dan *xantan gum*.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan ialah:

1. Berkontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan.
2. Dapat mengetahui karakteristik biopolimer sehingga nantinya bisa dijadikan sebagai bahan acuan dalam pengujian selanjutnya.
3. Dapat meminimalisir terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh kulit singkong.
4. Memanfaatkan limbah kulit singkong sebagai bahan baku pembuatan biopolimer serta membantu pemerintah dalam mengurangi masalah sampah.
5. Menjadikan publikasi ilmiah berupa paper atau jurnal Nasional maupun Internasional sehingga bisa dijadikan sebagai referensi atau pedoman oleh penelitian selanjutnya.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan, maka penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Memanfaatkan kandungan selulosa yang terdapat didalam limbah kulit singkong sebagai pembuatan biopolimer.
2. Konsentrasi yang di gunakan 7000, 10.000, dan 15.000 ppm

3. Salinitas yang di gunakan 10.000 dan 20.000 ppm
4. Temperatur yang digunakan 60 dan 70 °C
5. Spektrum FT-IR direkam pada spektrometri FTIR dengan rentang bilangan gelombang diantara 400 dan 4000 cm^{-1}
6. Menggunakan NaCMC komersial dan *xantan gum* sebagai pembanding.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

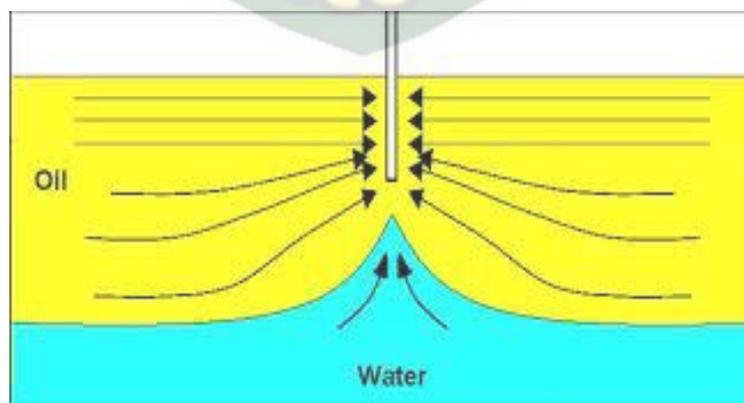
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam (SDA) adalah segala sesuatu yang muncul secara alami yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia pada umumnya. Sebagaimana yang telah di jelaskan oleh Allah SWT dalam firman-Nya pada Q.S Al – An'am ayat 99 yang artinya "Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman". Berdasarkan ayat tersebut manusia hendaknya selalu bersyukur atas pemberian Allah SWT dan merawatnya sebaik mungkin agar bisa menjadi sesuatu yang bermanfaat untuk kehidupan manusia.

2.1 *Water Coning*

Water coning adalah suatu keadaan di sekitar lubang sumur di mana batas minyak dan air naik membentuk kerucut mencapai titik perforasi terbawah, yang akan menyebabkan air lebih awal terproduksi sehingga peningkatan produksi air menjadi lebih cepat. Peristiwa *water coning* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Peristiwa Terjadinya *Water Coning* (Ngudiono et al., 2018)

Hal ini sering terjadi di lapangan yang memproduksi minyak dengan tenaga pendorong air. Air menuju perforasi sumur produksi secara vertikal (gambar 2.1), penerobosan ini diakibatkan karena mobilitas air lebih besar daripada mobilitas minyak, terproduksinya air dapat menyebabkan peningkatan biaya produksi, penurunan produktivitas sumur dan penurunan recovery dari cadangan yang tersedia (Ngudiono et al., 2018).

Ada beberapa metode yang sering di gunakan untuk mengatasi masalah *water coning* dan *water cut* tinggi dalam industri migas yaitu dengan menurunkan laju produksi di bawah laju alir kritis, *recompletion*, *water shut-off*, , dan *dual completion*, *chemical polymer*. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode *chemical polymer* untuk mengatasi masalah *water coning* dan *water cut* tinggi karena di anggap murah dan mudah dalam pengaplikasiannya.

2.2 Biopolimer Dari Bahan Baku Lain

Penelitian yang dilakukan peneliti kali ini terinspirasi dari beberapa penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya juga melakukan penelitian terhadap Biopolimer biopolimer berbahan organik dan menganalisis spektrum FTIR pada biopolimer yang juga diuji di laboratorium dengan menggunakan konsep dan metode yang hampir sama serta dengan berbagai parameter yang di uji. Biopolimer alami salah satu contohnya adalah pati, yang merupakan bentuk biopolimer sebagai penyimpan energi. Pati termasuk kedalam jenis polisakarida dan merupakan biopolimer yang tersusun atas dua jenis unit penyusun yang berbeda yaitu amilose dan amilopektin yang bisa dipisahkan menurut kelarutan (Stevens,2017). Pati adalah salah satu bahan penyusun yang paking banyak dan luas terdapat dialam, sebagai karbohidrat cadangan pangan pada tanaman. Sebagian besar pati disimpan didalam akar, umbi, biji buah dan umbi lapis simpan cadangan tersebut berada dalam bentuk granula granula berukuran lebih besar (Santoso,2006)

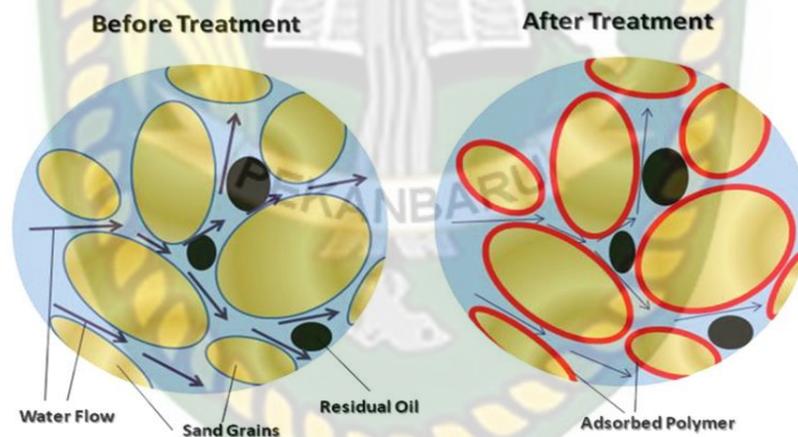
Tabel 2.1. *State of the Art*

No	Judul Penelitian	Bahan Baku	Metode Penelitian	Hasil
1	Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Natrium Karboksimetil Selulosa	Kulit singkong	<i>Eksperimen Research</i>	Analisis Spektrum FTIR pada Na-CMC dari kulit singkong dilakukan untuk Na-CMC dengan karakteristik yang paling optimal yaitu Na-CMC dengan kemurnian 96,20%, perolehan 22%
2	Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose Sodium (Na-CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.) yang Tumbuh di Daerah Jatinangor dan Lembang (Indriyati et al., 2016)	Eceng gondok	isolasi α -selulosa, alkalinasi dan karboksimetilasi	Gugus karboksil sebagai garam ditunjukkan dengan puncak pada 1600-1640 cm ⁻¹ dan 1400-1450 cm ⁻¹ . Puncak serapan inilah yang membedakan selulosa dengan Na-CMC

3	Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Durian Mentega Sebagai Carboxymethyl Cellulose (CMC) (Nugraheni et al., 2018).	Kulit durian	Isolasi selulosa dan sintesis	Analisis FTIR menghasilkan CMC yang diperkuat dengan munculnya gugus C = O karbonil pada bilangan gelombang 1546 cm ⁻¹ dan bentuk gugus anester pada bilangan gelombang 1745 cm ⁻¹ .
4	Ekstraksi Dan Karakterisasi Selulosa Dari Limbah Ampas Sagu (Dan et al., 2017)	Ampas sagu	Hidrolisis, delignifikasi dan bleaching	pada profil spektra FT-IR selulosa hasil ekstraksi perlakuan hidrolisis HCl (MCC 1) dan H ₂ SO ₄ (MCC 2) menunjukkan tidak terdapatnya senyawa lignin dan hemiselulosa pada hasil ekstraksi.
5	Produksi dan Karakterisasi Gum Xanthan Dari Ampas Tahu Sebagai Pengental Pada Proses Tekstil (Gustiani et al., 2018).	Xantan Gum	<i>Eksperimen Research</i>	Puncak absorpsi pada panjang gelombang 3414 cm ⁻¹ adanya keberadaan OH ikatan hidrogen. Pada pita 2922,16 cm ⁻¹ menyebabkan belokan C-H dari getaran CH ₂ dan CH ₃ .

2.3 Chemical Polymer Treatment

Treatment ini dilakukan dengan menginjeksikan *chemical polymer* dan beberapa *chemical* lain bersamaan dengan air menuju ke lubang sumur hingga masuk ke formasi reservoir (Dalrymple & Jaripatke, 2009). *Treatment chemical* ini sering di aplikasikan pada lapangan migas yang terjadi *water coning* dikarenakan sangat efektif karena memiliki biaya yang murah dan mudah dalam persiapan, penyimpanan dan dalam proses penginjeksian. Polimer gel yang diinjeksikan akan menurunkan permeabilitas air. Saat polimer diinjeksikan pada batas zona WOC di sumur produksi, larutan polimer akan teradsorpsi dengan air di permukaan batuan sehingga menjadi gel dan terbentuklah lapisan tipis pada batuan reservoir. Polimer dan air yang menyatu akan meningkatkan nilai swelling sehingga mencegah air mengalir pada zona minyak (Frigirina et al., 2017). Umumnya, salinitas, pH, suhu, dan tegangan geser merupakan parameter penting untuk struktur gel (Vol et al., 2008).



Gambar 2.2. Mekanisme *Chemical Polymer Treatment*
(Chung et al., 2011)

Adapun fungsi dari *chemical polymer treatment* diantaranya yaitu :

- a. Mengontrol produksi air berlebih
- b. Mengurangi biaya produksi air
- c. Memperpanjang usia produksi sumur (*forcase*)

Syarat ideal suatu sumur untuk dilakukan *chemical polymer treatment*:

- a. Permeabilitas harus besar dari 1000 mD dan kecil dari 6000 mD
- b. Temperatur suatu sumur sampai 230 °F
- c. Direkomendasikan untuk sumur dengan masalah *water coning*
- d. Produksi *water cut* meningkat secara signifikan dan produksi minyak menurun
- e. Bond semen dan instalasi Sumur harus baik (Ngudiono et al., 2018).

2.4 Biopolimer Alternatif Dari Kulit Singkong Berupa NaCMC

Indonesia merupakan penghasil singkong terbesar (Muslim, 2017). Produksi singkong di Indonesia mencapai lebih dari 23 juta ton setiap tahunnya. Kulit singkong yang terkandung di singkong mencapai 16% dari berat singkong tersebut, maka setiap tahun ada sekitar 3,3 juta ton kulit singkong yang tidak digunakan dan menjadi limbah (Rose, 2019).

Rumus molekul selulosa ialah $2(C_6H_{10}O_5)_n$, derajat polimerisasinya yaitu n . Kandungan yang dapat dijadikan sebagai biopolimer ialah selulosa (Araújo et al., 2016). Kulit dari singkong menyimpan 57% selulosa, 22% lignin, serta memiliki panjang serat antara 0,5- 0,05 cm (Ningrum, 2019). Kulit singkong di Indonesia adalah limbah industri yang jumlahnya sangat melimpah. Dari jumlah limbah ini sebagian besar kulit singkong hanya di manfaatkan sebagai pakan ternak oleh masyarakat sehingga peneliti berharap dengan adanya penelitian ini limbah kulit singkong bisa di manfaatkan menjadi biopolimer yang dapat di aplikasikan pada industri migas.

Tabel 2.2. Komposisi zat penyusun kulit singkong

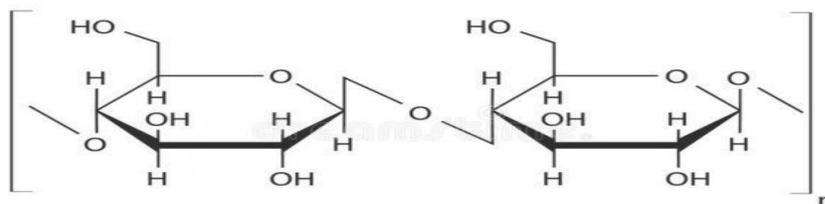
Komposisi	Persentase (%)
Abu	6,3
Air	9,8
Lignin	22
Selulosa	57



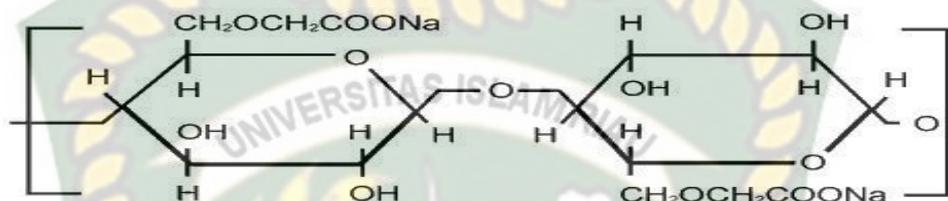
Gambar 2.3 Kulit singkong (Ningrum, 2019)

Turunan selulosa yang banyak diproduksi secara komersial dan lebih banyak dari pada turunan selulosa yang lain yaitu Na-CMC (Parid et al., 2018). Na-CMC termasuk dalam molekul anionik yang dapat mencegah terjadinya pengendapan protein pada titik isoelektrik dan meningkatkan viskositas, memiliki sifat tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak beracun, memiliki pH dengan rentang 6,5 sampai 8. Tahapan dalam proses pembuatan NaCMC dalam penelitian ini terdiri dari proses hidrolisis, delignifikasi, *bleaching*, alkalisasi dan karboksimetilasi.

Proses alkalisasi merupakan proses yang dilakukan untuk mengaktifkan gugus OH pada molekul selulosa, adanya proses ini menyebabkan struktur kristal selulosa mengembang dan memudahkan reagen karboksimetilasi berdifusi, setelah dilakukannya proses alkalisasi lalu dilanjutkan dengan proses karboksimetilasi (Nisa & Putri, 2014). Proses karboksimetilasi merupakan proses yang dilakukan untuk melihat pengaruh dari asam monokloroasetat yang akan mempengaruhi substitusi unit anhidroglukosa pada selulosa (Dimawarnita & Panji, 2018). Proses karboksimetilasi dilakukan menggunakan reagen natrium monokloroasetat dimana pada proses ini gugus OH selulosa akan digantikan dengan $\text{ClCH}_2\text{COONa}$ (Silsia et al., 2018).



Gambar 2.4 Struktur kimia selulosa (Nugraheni et al., 2018)



Gambar 2.5 NaCMC (Devi et al., 2016)

2.5 Pengukuran Gugus Fungsi Dengan Fourier transform infrared (FTIR)

Fourier transform infrared (FTIR) adalah salah satu teknik analisis yang penting bagi para peneliti. Jenis analisis ini dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sampel dalam bentuk cairan, larutan, pasta, bubuk, film, serat, dan gas. Analisis ini juga memungkinkan untuk menganalisis material pada permukaan substrat (Penggemar dkk., 2012). Dalam prosedur analisis FTIR, sampel dikenai kontak dengan radiasi infra merah (IR). Radiasi IR kemudian berdampak pada getaran atom molekul dalam sampel, menghasilkan penyerapan atau transmisi energi tertentu. Hal ini membuat FTIR berguna untuk menentukan getaran molekul tertentu yang terkandung dalam sampel (Kirk dan Othmer, 1953).

Spektroskopi FTIR digunakan untuk mengkonfirmasi bahwa lignin dan hemiselulosa telah dihilangkan selama langkah isolasi selulosa melalui analisis gugus fungsinya. Untuk uji karakteristik NaCMC dengan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dilakukan di Universitas Riau. Spektrum FT-IR direkam pada spektrometri FTIR dengan rentang bilangan gelombang diantara 400 dan 4000 cm^{-1} . (Tuan Mohamood et al., 2018). Alasan suatu senyawa atau molekul diuji menggunakan FTIR adalah karena senyawa atau molekul tersebut mampu menyerap radiasi inframerah yaitu yang terletak pada panjang gelombang $10^{-6} - 10^{-4}$ mm. Spektrum serapan inframerah suatu material mempunyai pola yang khas,

sehingga berguna untuk identifikasi material dan identifikasi keberadaan gugus-gugus fungsi yang ada (Zuraida, 2016: 22).



Gambar 2.6 Alat *FTIR* (Zuraida, 2016: 22).

FTIR adalah salah satu metode spektroskopi yang sangat populer yang biasa digunakan yang merupakan metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk menganalisis hasil spektrum. Metode spektroskopi yang digunakan yaitu metode absorpsi yang merupakan metode yang didasarkan pada perbedaan penyerapan radiasi inframerah.

Inti dari spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan (Anam, dkk., 2007: 79-83). Pada penampakan spektrum inframerah posisi pita dalam analisis inframerah dinyatakan dalam satuan frekuensi. Frekuensi sering dinyatakan sebagai bilangan gelombang yaitu jumlah gelombang atau panjang gelombang percenti meter (cm^{-1}). Daerah yang sering dianalisis dengan spektroskopi inframerah adalah dalam kisaran panjang gelombang $4000\text{-}600\text{ cm}^{-1}$ atau setara dengan $2,5\text{-}5\text{ m}$ atau bisa lebih rendah dari itu. Hasil analisis dicatat dalam modulus pemancar (%T) atau dalam bentuk serapan (Abs) (Zuraida, 2016: 22).

Prinsip kerja dari FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. FTIR merupakan salah satu dari teknik spektroskopi inframerah yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kandungan gugus kompleks suatu material tetapi tidak dapat digunakan untuk menentukan unsur-unsur penyusunnya. Dalam hal ini FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada pada Na-CMC. Hasil

analisis gugus fungsi FTIR berupa grafik/kurva relatif transmitansi (%) terhadap bilangan gelombang (cm^{-1}). Puncak-puncak dalam grafik tersebut menunjukkan ikatan molekul yang teridentifikasi pada sampel (Sonip, dkk., 2015: 2).



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Uraian Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, Peneliti melakukan penelitian di Laboratorium *Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau* dan Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Riau dengan metode *Experiment Research* dengan menggunakan metode sintesis, dengan melakukan hidrolisis, delignifikasi, bleaching dan proses karboksimetilasi untuk menghasilkan produk biopolimer berupa NaCMC. Peneliti menggunakan bahan sampel dari limbah kulit singkong yang didapat dari Kabupaten Kampar, Siak Hulu, Riau.

Adapun jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

Kegiatan	TAHUN 2022											
	Januari				Febuari				Maret			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur												
Persiapan Alat dan Bahan Penelitian												
Persiapan Sampel												
Pengujian Viskositas												
Uji Gugus Fungsi (FTIR)												
Analisis dan Pembahasan												

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

1. Blender
2. Oven
3. Sieve Shaker
4. Neraca
5. Erlenmenyer
6. Hot Plate
7. Botol Sample
8. Picnometer
9. Gelas Ukur
10. Magnetic
11. Beaker
12. Viskometer
13. Saringan
14. Alumunium Foil



Blender



Gelas Ukur



Timbangan Digital



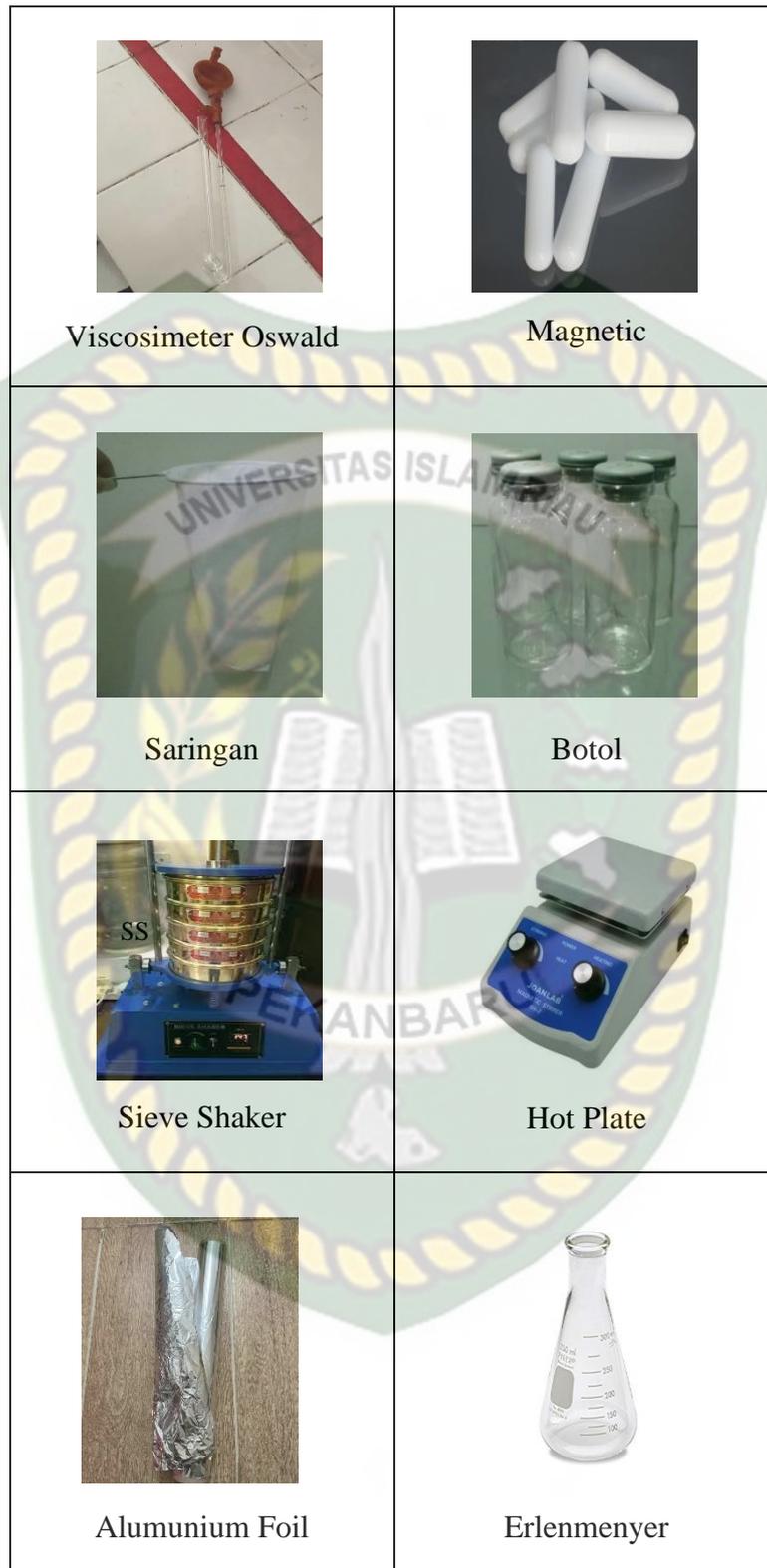
Beaker



Oven



Picnometer

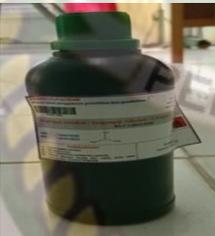


Gambar 3.2 Alat Penelitian

3.3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Kulit Singkong
2. Methanol (CH_3OH)
3. Isopropil Alkohol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$)
4. Asam Asetat Glisial ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)
5. Natrium Hidroksida (NaOH)
6. Asam Sulfat (H_2SO_4)
7. Asam Trikloroasetat (CCl_3COOH)
8. Hidrogen Proksida (H_2O_2)
9. Aquades (H_2O)
10. Natrium Klorida (NaCl)
11. *Xantan Gum*
12. *Chromium Asetat*

 <p style="text-align: center;">Kulit Singkong</p>	 <p style="text-align: center;">Methanol (CH_3OH)</p>
 <p style="text-align: center;">Isopropil Alkohol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$)</p>	 <p style="text-align: center;">Asam Asetat ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)</p>
 <p style="text-align: center;">Natrium Hidroksida (NaOH)</p>	 <p style="text-align: center;">Asam Sulfat (H_2SO_4)</p>

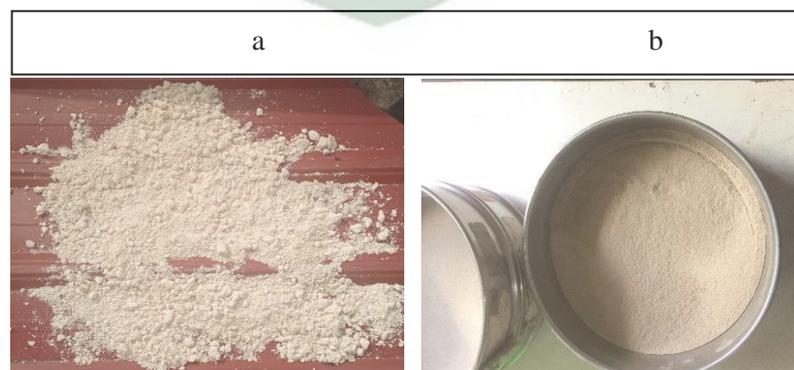


Gambar 3.3 Bahan Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan

Tahapan awal dalam penelitian ini ialah preparasi sampel atau persiapan bahan, Sebelum dilakukan sintesis, kulit singkong dipisahkan dari kulit luarnya, dicuci terlebih dahulu dan digiling menjadi bubuk. Bubuk ini kemudian dikeringkan di bawah terik matahari selama 18 jam sampai mencapai berat konstan kemudian di sieve menggunakan 100mesh (Setiawan et al., 2017).



Gambar 3.4 Pengeringan sampel kulit singkong (a) dan proses sieve 100 mesh (b)

3.4.2 Prosedur Pembuatan Bubuk Selulosa Kulit Singkong

Adapun proses pembentukan bubuk selulosa dari kulit singkong adalah sebagai berikut:

1. Hidrolisis kulit singkong dengan asam sulfat pada variasi (45, 50, dan 55%) (w/w) lalu netralkan dengan aquades (Pratama et al., 2019).
2. Untuk proses awal penghilangan lignin didelignifikasi sampel dengan natrium hidroksida 40% dan panaskan bahan pada temperatur 100°C selama 3 jam netralkan dengan aquades (Basmal et al., 2018).
3. Lanjut *bleaching sampel* menggunakan natrium hidroksida (NaOH) dan hidrogen peroksida (H₂O₂)20%, aduk terus menerus sampai 3 jam dan saring, Fasa padat dibilas dengan aquades beberapa kali sampai sisa air jernih. sampel selulosa dikeringkan dengan oven di temperatur 55 °C selama 1 hari (Suriyatem et al., 2020).



Gambar 3.5 Proses hidrolisis kulit singkong menggunakan H₂S₄ asam sulfat

3.4.3 Prosedur Pembuatan Biopolimer Kulit Singkong Berupa *Sodium NaCMC (carboxymethyl cellulose)*

Setelah membuat bubuk selulosa dilanjutkan dengan membentuk biopolimer. Tahapannya (Suriyatem et al., 2020). yaitu:

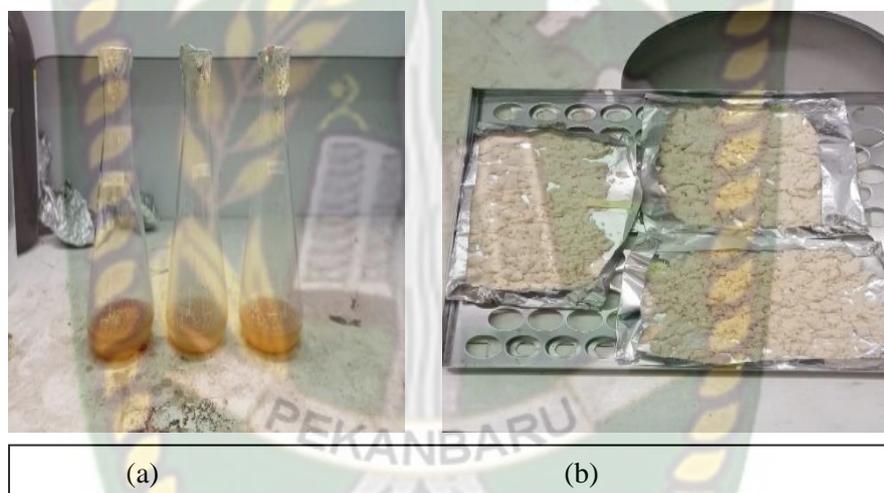
1. Bubuk selulosa (15 gr), 30% NaOH dan isopropanol dicampur dan terus diaduk dalam gelas kimia pada temperatur 50 °C selama 3 jam.
2. Campuran tersebut secara bertahap ditambah dengan larutan asam

kloroasetat/IPA, diaduk lebih lanjut selama 30 menit dan dimasukkan di oven temperatur 55 °C sampai 24 jam. Fasa padat dicampur dengan metanol dan dinetralkan dengan CH₃COOH. Campuran disaring dan dibilas dengan 70% metanol. Terakhir biopolimer dikeringkan di oven pada temperatur 55 °C sampai 24 jam. Pengukuran persentasi selulosa (Penjumras et al., 2014) dapat dilakukan dengan cara :

$$\text{Selulosa}(\%) = \left(\frac{W_2}{W_1} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: W₁: berat kulit singkong awal (gr)

W₂: berat kulit singkong akhir (gr)



Gambar 3.5 Proses karboksimetil kulit singkong (a) dan hasil biopolimer kulit singkong (b)

3.4.4 Pengujian Viskositas

Viskositas yaitu sifat dari fluida yang melibatkan/mempengaruhi ukuran ketahanannya terhadap deformasi pada tingkat tertentu, atau sering disebut viskositas ialah nilai kekentalan dari suatu fluida. Cp (*centipoise*) adalah satuan nilai viskositas.

Prosedur menghitung viskositas dengan viskometer *Ostwald* (Saputra et al., 2018):

- a) Persiapkan viskometer dan larutan biopolimer.
- b) Isikan 3 ml larutan biopolimer pada viskometer.
- c) Hisap cairan dengan bola karet sampai melewati batas atas viskometer
- d) Lepaskan bola karet dan tunggu sampai cairan turun melewati batas atas viskometer.
- e) Ambil *stopwatch* lalu ukur waktu larutan biopolimer mengalir dari garis atas hingga ke garis bawah viskometer.
- f) Hasil waktu pengaliran di catat sebagai nilai t dan nilai viskositas dihitung memakai persamaan sebagai berikut:

$$\mu_{kin} = C \times t \dots \dots \dots (2)$$

$$\mu_{din} = \rho \times \mu_{kin} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

μ_{kin} = viskositas kinetik (cst atau centi stroke)

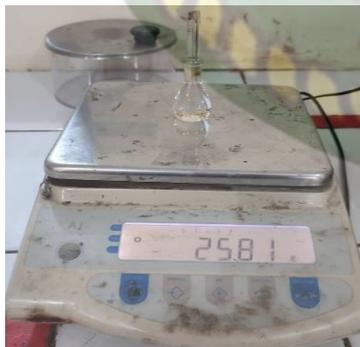
C = konstanta viscometer *Ostwald* (0,4994 $\text{cst} \cdot \text{s}^{-1}$)

t = waktu alir fluida (detik)

μ_{din} = viskositas dinamik (cP)

ρ = densitas fluida (gr/ml)

3.4.5 Pembuatan Larutan Biopolimer



(a)

(b)

Gambar 3.6 Pengukuran densitas (a) dan viskositas (b)

3.4.5 Pembuatan Larutan Biopolimer

Siapkan larutan biopolimer dengan konsentrasi 7.000, 10.000, dan 15.000 ppm dengan zat pelarut (*brine*) yang telah dibuat. Dibawah ini merupakan contoh pembuatan larutan biopolimer terhadap larutan brine dengan konsentrasi polimer 7.000 ppm:

$$1 \text{ ppm} = \frac{1}{1.000.000}$$

$$7.000 \text{ ppm} = \frac{7000}{1.000.000} \times 100\% \\ = 0.7 \%$$

$$\text{Konsentrasi} = \frac{\text{Zat Pelarut}}{\text{Pelarut}}$$

$$0.7 \% = \frac{\text{gr}}{40 \text{ ml}}$$

$$\text{gr} = 0.7 \% \times 40 \text{ ml} \\ = 0.28 \text{ gr}$$

- Siapkan gelas ukur kemudian isi brine kedalam gelas ukur sebanyak 40 ml.
- Menimbang selulosa kulit singkong dengan wadah kaca seberat 0,04 gr pada neraca digital.
- Posisikan gelas kimia di atas *magnetic stirrer* pada kecepatan mengaduk yang diinginkan sampai selulosa mengeluarkan gel (2-3 jam).
- Setelah tampak tercampur sempurna, saring dan tuang larutan ke dalam botol.

Hasil perhitungan massa polimer diunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Massa Biopolimer dari Masing-masing Konsentrasi

konsentrasi biopolimer (ppm)	massa biopolimer (gr)
7.000	0.28
10.000	0,4
15.000	0,6

3.4.6 Prosedur Analisis Gugus Fungsi Biopolimer

Prosedur analisis gugus fungsi biopolimer mengacu pada metode yang dilakukan Santoso, S. P. dkk. (2012) sebagai berikut:

1. Ditimbang 3 gr biopolimer yang paling optimal kemudian digiling bersama kalium bromida (KBr).
2. Campuran dipress sehingga menjadi lempeng tipis dengan diameter ± 1 cm.
3. Direkam pada bilangan gelombang 4000- 400 cm^{-1} dengan menggunakan spektrum FTIR.

3.4.7 Prosedur Analisis Gugus Fungsi Biopolimer

Dalam menentukan Gugus Fungsi biopolimer sebagai berikut:

1. Oleskan sampel pada NaCl Window. Tekanlah kedua NaCl Window sehingga tidak ada gelembung udara diantara keduanya.
- 2 Untuk analisis secara kuantitatif masukkan sampel dalam Demountable Cell
3. Sample siap di analisis

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

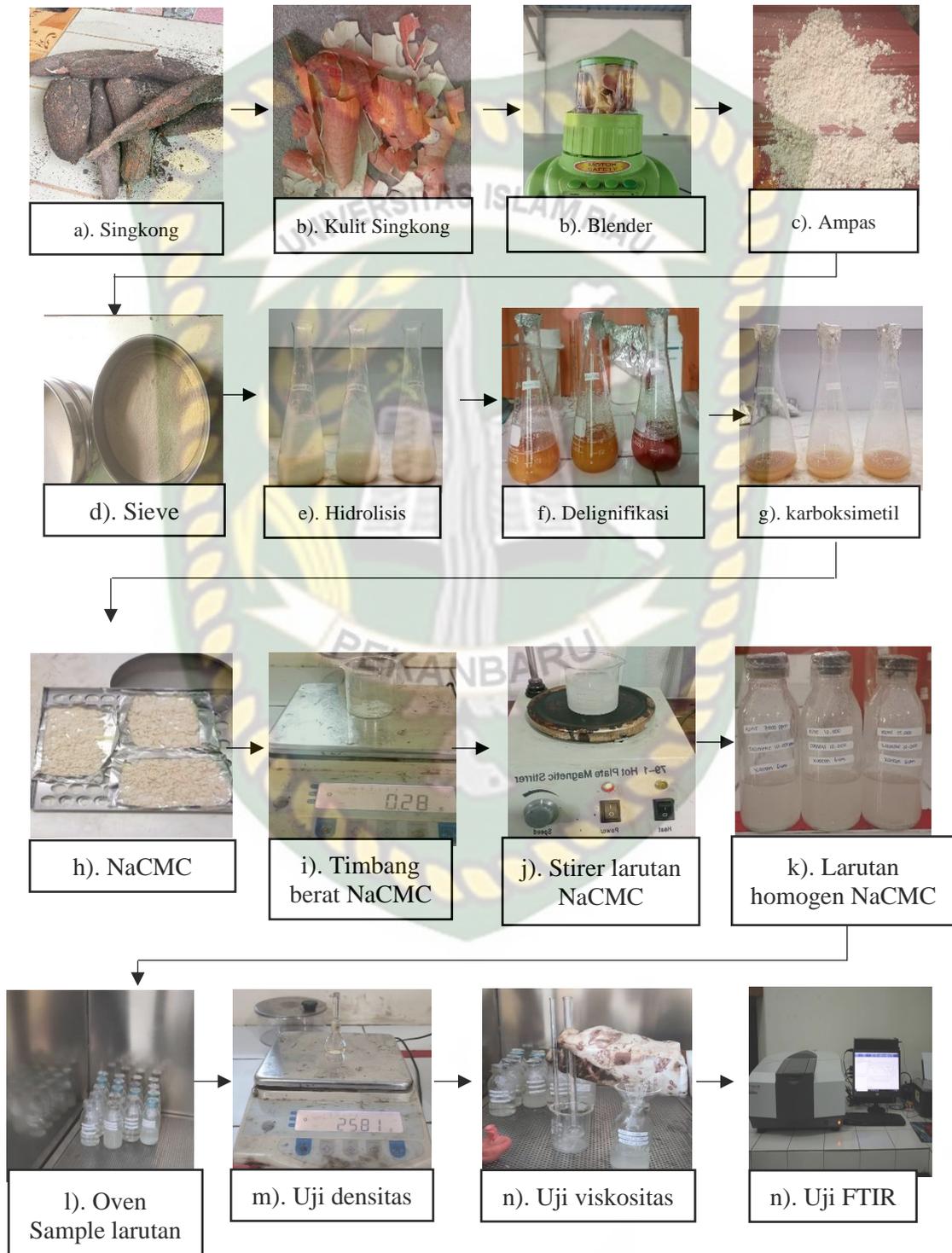
4.1. Pembuatan NaCMC (*Natrium Carboxymethyl Cellulose*) Kulit Singkong

Untuk mendapatkan bubuk selulosa dilakukan hidrolisis sampel kulit singkong yang sudah di blender hingga halus dan sudah di saring, sampel yang halus akan mempermudah dan mempengaruhi proses hidrolisis menggunakan asam sulfat sehingga reaksi asam akan lebih maksimal pada saat penetrasi butiran serat. Hidrolisis merupakan reaksi yang terjadi antara reaktan dengan air sehingga dapat terjadinya penguraian senyawa, asam sulfat, asam asetat, asam klorida dan asam fosfa merupakan jenis asam yang sering digunakan pada proses hidrolisis. Penggunaan asam sulfat untuk hidrolisis lebih baik daripada menggunakan asam lainnya. Hal ini serupa dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Pratama et al., 2019) hasil hidrolisis selulosa menggunakan asam sulfat dapat menghasilkan selulosa yang lebih tinggi dari pada asam yang lain, karena asam sulfat mengandung jumlah ion *hydronium* yang lebih banyak dari pada asam yang lain sehingga dapat menyebabkan pemutusan monomer akan berlangsung dengan sempurna (R. Safitri, Anggita, Safitri, & Ratnadewi, 2018). Semakin tinggi konsentrasi asam sulfat maka akan menghasilkan produk yang lebih gelap.

Lanjut ke proses delignifikasi, proses ini digunakan untuk menghilangkan lignin, untuk mendapatkan kemurnian selulosa yang tinggi maka lignin di hilangkan menggunakan NaOH (D. Safitri, Rahim, Prismawiryanti, & Sikanna, 2017). Warna dari hasil reaksi yang terbentuk berwarna merah kehitaman, oleh karena itu diperlukan proses *bleaching* untuk membuat warna menjadi lebih putih dan bersih, kemudian sampel dinetralkan. Lalu dilanjutkan dengan proses alkalisasi serta karboksimetilasi.

Pada proses alkalisasi, peneliti menggunakan larutan NaOH 30% selama 30 menit, hal ini dilakukan agar sampel dan larutan dapat bereaksi dengan merata sehingga sampel harus terbasahi sepenuhnya dengan larutan NaOH (D. Safitri et al., 2017). Dan dilanjutkan dengan proses karboksimetilasi menggunakan asam

trikloroasetat selama 30 menit. Pada tahapan karboksimetilasi, selulosa tersubstitusi dengan Na^+ dan bereaksi menggunakan asam trikloroasetat sehingga menghasilkan CMC dan garam NaCl . Proses pembuatan dan pengujian biopolimer kulit singkong dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Diagram alir pembuatan NaCMC kulit singkong

4.2. Hasil Rendemen Selulosa

Pada hasil persentase rendemen biopolimer di dapatkan nilai antara 62,3% - 90%. Nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan hidrolisis menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 45% (w/w) dan yang terkecil pada perlakuan hidrolisis dengan konsentrasi asam sulfat 55% (w/w).

Tabel 4.1 Hasil pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap berat selulosa

Sampel Limbah Kulit Singkong	Rendemen	Persentase rendemen selulosa
H ₂ SO ₄ 45%	13,5 gr	90 %
H ₂ SO ₄ 50%	11,5 gr	77,3 %
H ₂ SO ₄ 55%	9,35 gr	62,3 %

Berdasarkan hasil pengamatan pada **Tabel 4.1**, dapat di lihat bahwa hasil nilai persentase rendemen selulosa berkisar antara 62,3% - 90%, dari hasil yang di dapat menjelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam sulfat akan mengurangi berat rendemen yang dihasilkan. Menurut Pratama et al., (2019) hal ini disebabkan karena semakin tinggi kandungan asam sulfat yang digunakan maka akan membuat serbuk selulosa yang dihasilkan semakin sedikit, serta semakin tinggi konsentrasi asam sulfat yang digunakan akan menyebabkan semakin banyak daerah amorf pada selulosa yang dihidrolisis menjadi monosakarida. Persentase selulosa yang paling tinggi terdapat pada biopolimer dengan konsentrasi asam sulfat 45%. Peningkatan persentase selulosa dipengaruhi pada proses hidrolisis dan delignifikasi. Menurut R. Safitri et al., (2018) proses hidrolisis akan menyebabkan pemutusan monomer yang lebih sempurna karena asam sulfat memiliki jumlah ion *hydronium* yang lebih banyak dibandingkan dengan asam lainnya. Sehingga dari hasil seleksi hidrolisis menggunakan asam sulfat 45% terpilih menjadi kandidat yang akan di uji pada pengujian selanjutnya.

Pada penelitian (Ioelovich, 2016) pengaruh konsentrasi asam sulfat Kelarutan sampel awal meningkat secara bertahap dalam kisaran konsentrasi asam dari 50 hingga 60 %, dan residu selulosa tidak larut yang diperoleh memiliki

kandungan gugus sulfonat yang relatif rendah. Ketika konsentrasi H_2SO_4 mencapai 65 wt.%, maka sampel selulosa larut sempurna. Regenerasi selulosa dari 65 wt.% H_2SO_4 memiliki polimorf kristal CII. Peningkatan konsentrasi H_2SO_4 lebih dari 65 wt.% menyebabkan penurunan hasil selulosa yang diregenerasi, dan setelah perlakuan dengan 70 wt.% H_2SO_4 selulosa terlarut tidak dapat diregenerasi dari larutan asam dengan pengenceran dengan air karena pembentukan oligomer bermolekul rendah. Metode untuk produksi selulosa amorf dengan cara regenerasi larutannya di 65wt.% H_2SO_4 .

4.3. Pengujian Viskositas Biopolimer Terhadap Perubahan Konsentrasi

Tabel 4.2 sampai **Tabel 4.4** merupakan hasil pengujian biopolimer xanthan gum, NaCMC, dan kulit singkong pada konsentrasi 7.000, 10.000 dan 15.000 ppm, variasi salinitas 10.000 dan 20.000 ppm, temperatur pengujian 60 dan 70 °C.

Tabel 4.2 Hasil pengujian viskositas biopolimer *xanthan gum*

Jenis Biopolimer	Konsentrasi (ppm)	Salinitas (ppm)	Viskositas (cP)	
			60 °C	70 °C
<i>Xanthan Gum</i>	7.000	10.000	3,82	3,1
	10.000		5,37	4,87
	15.000		15,41	13,19
	7.000	20.000	3,63	2,77
	10.000		5,16	4,37
	15.000		15,08	12,82

Hasil viskositas biopolimer *xanthan gum* naik seiring naiknya konsentrasi viskositas, nilai viskositas tertinggi 15,41 cP di dapat pada konsentrasi 15.000 ppm salinitas 10.000, dan di temperatur pengujian 60°C, penurunan nilai viskositas terjadi pada saat kenaikan temperatur dari 60°C ke 70°C.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Viscositas biopolimer NaCMC

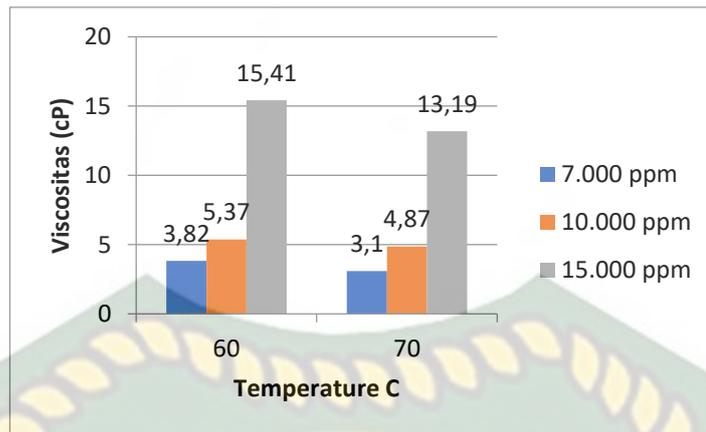
Jenis Biopolimer	Konsentrasi (ppm)	Salinitas (ppm)	Viskositas (cP)	
			60°C	70°C
NaCMC	7.000	10.000	2,90	2
	10.000		4,38	3,85
	15.000		7,06	6,24
	7.000	20.000	2,83	2
	10.000		4,21	3,26
	15.000		6,92	5,11

Hasil viskositas biopolimer NaCMC naik seiring naiknya konsentrasi viskositas, nilai viskositas tertinggi 7,06 cP di dapat pada konsentrasi 15.000 ppm salinitas 10.000, dan di temperatur pengujian 60°C, penurunan nilai viskositas terjadi pada saat kenaikan temperatur dari 60°C ke 70°C.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Viscositas biopolimer Kulit singkong

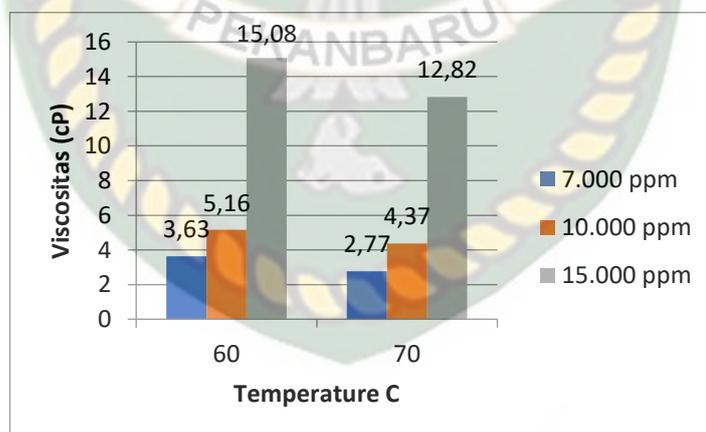
Jenis Biopolimer	Konsentrasi (ppm)	Salinitas (ppm)	Viskositas (cP)	
			60 °C	70 °C
Kulit Singkong	7.000	10.000	1,64	1,14
	10.000		2,25	1,78
	15.000		3,96	3,17
	7.000	20.000	1,67	1,12
	10.000		2,18	1,79
	15.000		3,85	3,04

Hasil viskositas biopolimer Kulit Singkong naik seiring naiknya konsentrasi viskositas, nilai viskositas tertinggi 3,96 cP di dapat pada konsentrasi 15.000 ppm salinitas 10.000, dan di temperatur pengujian 60°C, penurunan nilai viskositas terjadi pada saat kenaikan temperatur dari 60°C ke 70°C.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer *xanthan gum* pada salinitas 10.000 ppm

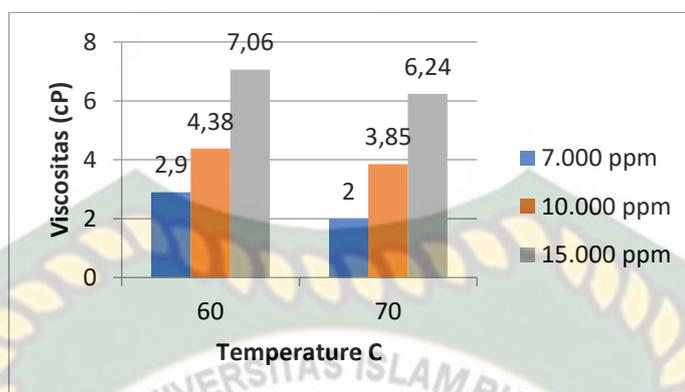
Dari hasil **Gambar 4.2** grafik pengaruh temperatur terhadap nilai viskositas biopolimer *xanthan gum* pada salinitas 10.000 ppm di mana pada konsentrasi 15.000 ppm memiliki nilai viskositas jauh lebih tertinggi di banding konsentrasi 7.000 dan 10.000 ppm, pada grafik juga terlihat seiring peningkatan tempertur nilai viskositas menurun, penurunan paling besar pada konsentrasi 15.000 ppm sekitar 2.22 cP.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer *xanthan gum* pada salinitas 20.000 ppm

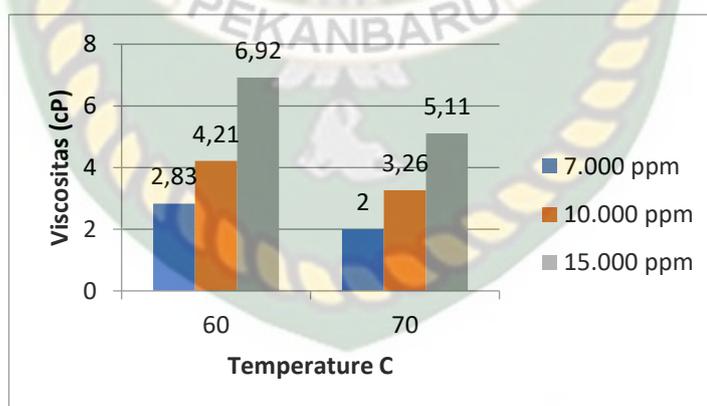
Dari hasil **Gambar 4.3** grafik pengaruh temperatur terhadap nilai viskositas biopolimer *xanthan gum* pada salinitas 20.000 ppm di mana pada konsentrasi 15.000 ppm memiliki nilai viskositas jauh lebih tertinggi di banding konsentrasi 7.000 dan 10.000 ppm, pada grafik juga terlihat seiring peningkatan tempertur nilai

viskositas menurun, penurunan paling besar pada konsentrasi 15.000 ppm sekitar 2.26 cP.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer NaCMC pada salinitas 10.000 ppm

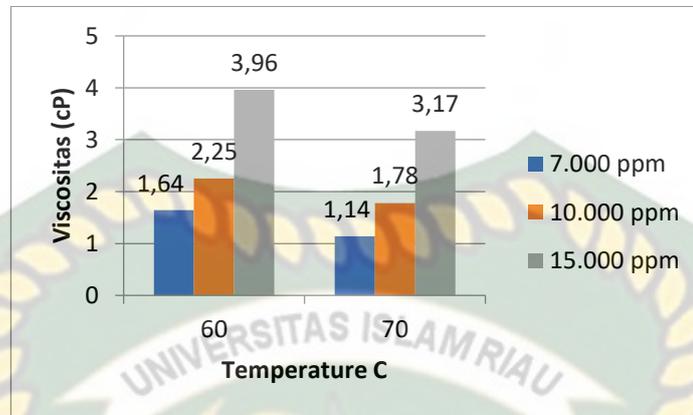
Dari hasil **Gambar 4.5** grafik pengaruh temperatur terhadap nilai viskositas biopolimer NaCMC pada salinitas 10.000 ppm di mana pada konsentrasi 15.000 ppm memiliki nilai viskositas jauh lebih tertinggi di banding konsentrasi 7.000 dan 10.000 ppm, pada grafik juga terlihat seiring peningkatan tempertur nilai viskositas menurun, penurunan paling besar pada konsentrasi 15.000 ppm sekitar 0,82 cP.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer NaCMC pada salinitas 20.000 ppm

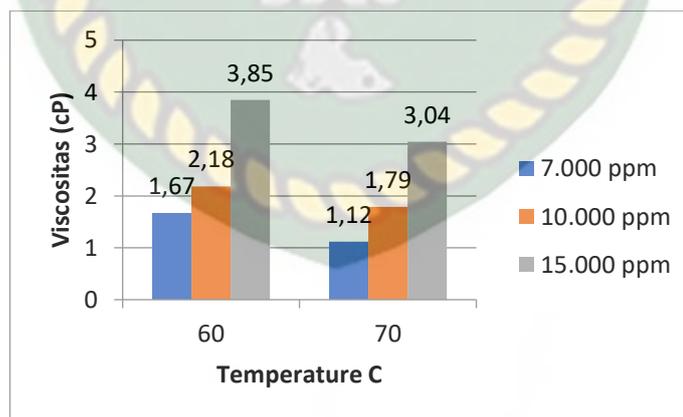
Dari hasil **Gambar 4.5** grafik pengaruh temperatur terhadap nilai viskositas biopolimer NaCMC pada salinitas 20.000 ppm di mana pada konsentrasi 15.000 ppm memiliki nilai viskositas jauh lebih tertinggi di banding konsentrasi 7.000 dan

10.000 ppm, pada grafik juga terlihat seiring peningkatan temperatur nilai viskositas menurun, penurunan paling besar pada konsentrasi 15.000 ppm sekitar 1,81 cP.



Gambar 4.6 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer Kulit singkong pada salinitas 20.000 ppm

Dari hasil **Gambar 4.6** grafik pengaruh temperatur terhadap nilai viskositas biopolimer kulit singkong pada salinitas 10.000 ppm di mana pada konsentrasi 15.000 ppm memiliki nilai viskositas jauh lebih tertinggi di banding konsentrasi 7.000 dan 10.000 ppm, pada grafik juga terlihat seiring peningkatan temperatur nilai viskositas menurun, penurunan paling besar pada konsentrasi 15.000 ppm sekitar 0,79 cP.



Gambar 4.7 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer Kulit singkong pada salinitas 10.000 ppm

Dari hasil **Gambar 4.7** grafik pengaruh temperatur terhadap nilai viskositas biopolimer kulit singkong pada salinitas 20.000 ppm di mana pada konsentrasi 15.000 ppm memiliki nilai viskositas jauh lebih tertinggi di banding konsentrasi 7.000 dan 10.000 ppm, pada grafik juga terlihat seiring peningkatan tempertur nilai viskositas menurun, penurunan paling besar pada konsentrasi 15.000 ppm sekitar 0,81 cP.

Berdasarkan **Gambar 4.2** sampai **Gambar 4.7** viskositas dari polimer akan berubah seiring dengan naiknya temperatur (Mohd et al., 2018). peningkatan temperatur maka akan menyebabkan terjadi penurunan viskositas pada sampel biopolimer. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mohd et al., (2018) Ia melakukan percobaan dengan menggunakan beberapa jenis polimer dan hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa seiring meningkatnya temperatur maka akan menyebabkan terjadinya penurunan pada viskositas polimer, penurunan ini terjadi karena molekul-molekul polimer memiliki energi termal, adanya getaran termal yang lebih kuat daripada molekul air sehingga dapat menghambat efek asosiasi pada suhu tinggi yang mana hal ini menyebabkan molekul-molekul tersebut lebih mudah bergerak sehingga dapat menyebabkan viskositas menurun.

Konsentrasi yang di gunakan pada setiap sampel yaitu 7000 ppm, 10.000 ppm, dan 15.000 ppm, dari hasil pengujian terlihat bahwa seiring peningkatan konsentrasi pada biopolimer kulit singkong, NaCMC dan *xantan gum* nilai viskositas yang didapat semakin naik, namun *xanthan gum* jauh lebih baik dalam peningkatan viskositas. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa salinitas *brine* (NaCl) mempengaruhi viskositas dari larutan biopolimer. Penurunan viskositas ini disebabkan karena larutan ion-ion logam yang terdapat didalam kandungan *brine* menarik rantai cabang dari polimer sehingga membuat bentuk dari rantai polimer menjadi lebih pendek (Harimurti Wicaksono, Sutijan, 2015). Salinitas merupakan salah satu parameter yang menyebabkan terjadinya pengurangan viskositas polimer, penambahan *brine* NaCl memiliki efek ketahanan elektrolit pada ion NaCl dan polimer sehingga menyebabkan polimer menggulung. Hal ini disebabkan karena muatan negatif yang terdapat pada molekul polimer dinetralkan dengan adanya garam sehingga menyebabkan terjadinya penurunan viskositas larutan polimer seiring dengan naiknya salinitas *brine* NaCl (Mohd et al.,

2018). Data densitas biopolimer pada **Lampiran II**.

Kelebihan dari penentuan nilai viskositas dengan menggunakan viskosimeter Ostwald (Saputra et al., 2018) adalah :

- a. Tidak ada kemungkinan terjadinya aliran turbulen dalam pipa kapiler sehingga data yang diperoleh lebih akurat dibandingkan dengan penentuan nilai viskositas dengan menggunakan metode bola jatuh.
- b. Tanda batas pada viskosimeter Ostwald bersifat permanen sehingga tidak perlu lagi menentukan jarak antara dua batas untuk menentukan waktu alir cairan.
- c. Viskosimeter Ostwald dapat digunakan untuk semua jenis cairan, baik cairan yang kental maupun cairan yang tidak kental.
- d. Metode viskosimeter Ostwald dapat menentukan atau membuktikan hubungan η dengan T dan η dengan C .
- e. Metode viskosimeter Ostwald lebih praktis dan efisien dalam penentuan nilai viskositas cairan dibandingkan dengan metode bola jatuh. Pada metode bola jatuh, kontak gliserin dengan tangan dan benda lain lebih banyak sehingga.

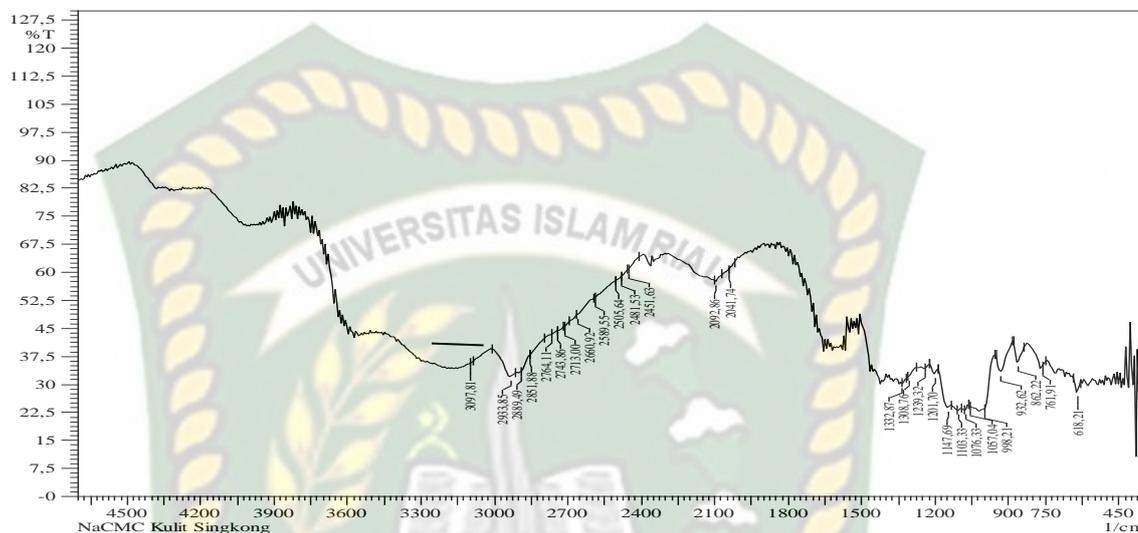
Kekurangan dari penentuan nilai viskositas dengan menggunakan viskosimeter Ostwald adalah :

- a. Sulitnya mengidentifikasi adanya kerusakan pada viskosimeter Ostwald
- b. Tanda batas pada viskosimeter Ostwald kurang terlihat jelas sehingga mempengaruhi pencatatan waktu alir cairan.
- c. Viskosimeter Ostwald tidak dapat digunakan pada fluida sangat kental.

Dari identifikasi kekurangan viskosimeter Ostwald dapat dilihat bahwa ketidakakuratan viskosimeter Ostwald bisa disebabkan dari garis pada Ostwald yang kurang terlihat jelas sehingga dapat mempengaruhi waktu alir cairan dan mempengaruhi hasil nilai dari viskositas fluida yang diukur.

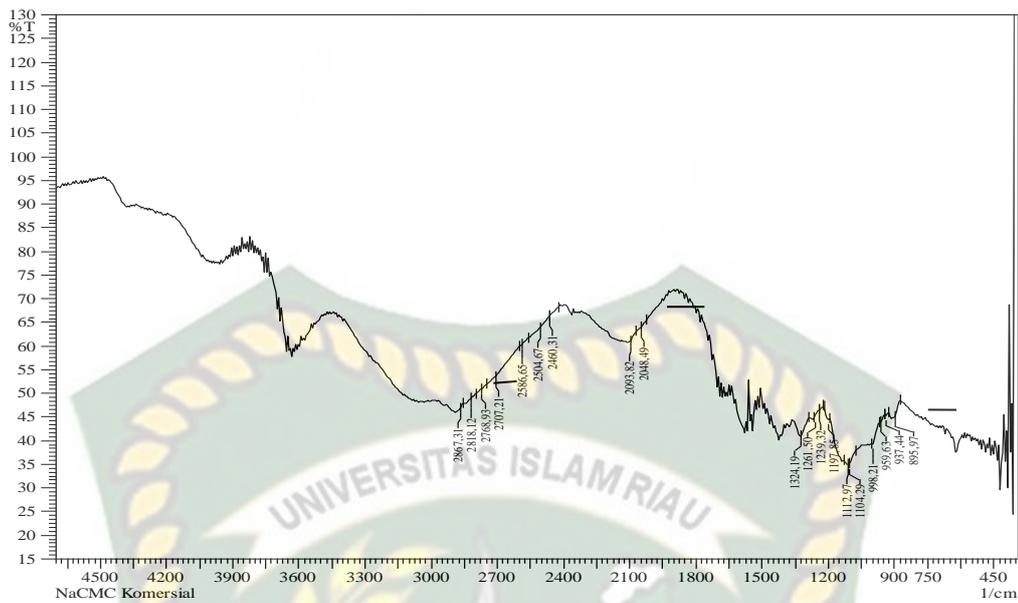
4.4. Analisis Hasil Gugus Fungsi *Fourier Transformer Infrared (FTIR)*

Hasil identifikasi pembacaan analisis spektrum infrared pada sampel NaCMC dari sampel kulit singkong dapat dianalisa melalui panjang gelombang dari senyawa karboksimetil.



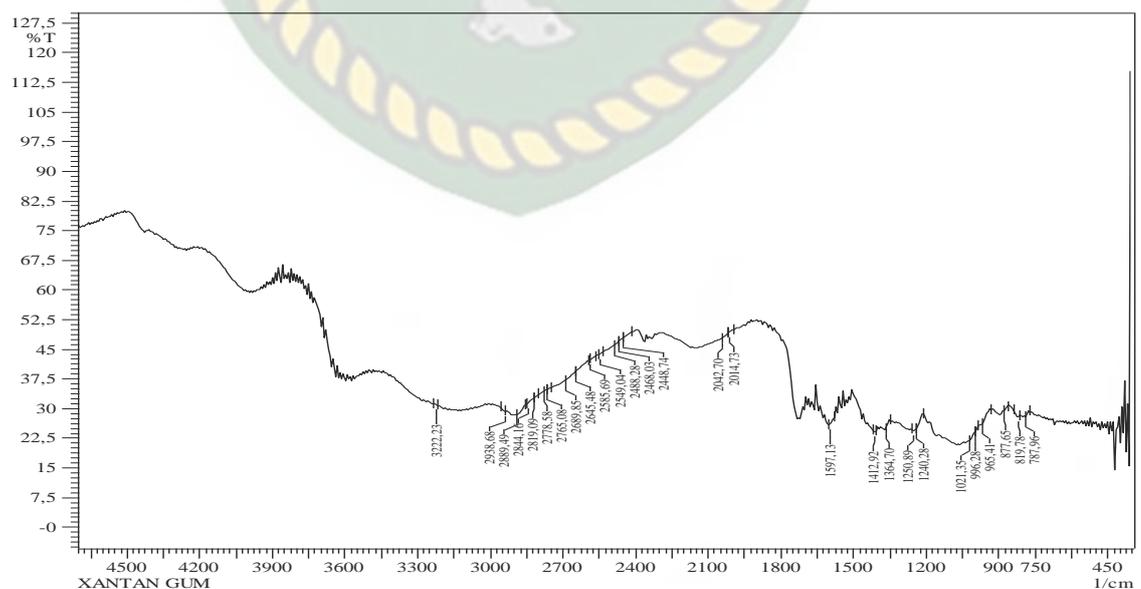
Gambar 4.8 Spektrum gelombang FTIR pada sampel kulit singkong

Pada **Gambar 4.8** hasil gelombang spektrum infrared pada biopolimer kulit singkong. Terlihat gugus fungsi OH, C=O, C-O dan C-H pada sampel kulit singkong. Munculnya gugus hidroksil (-OH) merupakan ciri khas dari selulosa (Salimi, Hasan, & Botutihe, 2021). Menurut Supratman (2010) gugus fungsi OH berada pada bilangan gelombang $3500 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ dimana pada penelitian ini hasil gugus fungsi OH terdapat pada bilangan gelombang 3250 cm^{-1} . Menurut Sastrohamidjojo (1991) gugus C-H terdapat pada bilangan gelombang $2850 - 3000 \text{ cm}^{-1}$ yang mana gugus fungsi C-H pada penelitian ini terdapat pada Panjang gelombang 2889 cm^{-1} . Gugus fungsi C-O terdapat pada gelombang 1380 cm^{-1} , dan menurut Salimi, Hasan, & Botutihe (2021) bilangan gelombang C=O terdapat pada rentang $1680 - 1750 \text{ cm}^{-1}$, yang mana pada penelitian ini gugus fungsi C=O terdapat pada gelombang 1690 cm^{-1} .



Gambar 4.9 Spektrum gelombang FTIR pada sampel NaCMC

Pada **Gambar 4.9** hasil gelombang spektrum infrared pada biopolimer NaCMC. Pada gambar terlihat munculnya puncak spektrum gugus fungsi OH, gugus fungsi C=O, gugus fungsi C-O dan gugus fungsi C-H pada sampel NaCMC. Untuk gugus fungsi OH terdapat pada bilangan gelombang 3700 cm^{-1} . Gugus fungsi C-H terdapat pada bilangan gelombang 2867 cm^{-1} . Gugus fungsi C-O terdapat pada bilangan gelombang 1324 cm^{-1} , dan gugus fungsi C=O terlihat pada bilangan gelombang 1680 cm^{-1} .



Gambar 4.10 Spektrum gelombang FTIR pada sampel *Xanthan Gum*

Pada **Gambar 4.10** hasil gelombang spektrum infrared pada biopolimer *xanthan gum*. Pada gambar terlihat munculnya puncak spektrum gugus fungsi OH, gugus fungsi C=O, gugus fungsi C-O dan gugus fungsi C-H pada sampel *xanthan gum*. Pada gugus fungsi OH terdapat pada bilangan gelombang 3685 cm^{-1} . Gugus fungsi C-H terlihat pada bilangan gelombang 2844, cm^{-1} . Selanjutnya, pada gugus fungsi C-O pada bilangan gelombang 1412 cm^{-1} . Gugus fungsi C=O terlihat pada bilangan gelombang 1780 cm^{-1} .

Gambar 4.8 sampai **Gambar 4.10** merupakan bentuk spektrum gelombang inframerah dari sampel kulit singkong, CMC komersial, dan *xanthan gum*. Munculnya puncak serapan pada bilangan gelombang 3750 cm^{-1} kuat dan 3350 cm^{-1} pada sampel kulit singkong yang membentuk gugus fungsi OH, pada sampel CMC komersial terdapat puncak pada bilangan gelombang 3700 cm^{-1} membentuk gugus fungsi OH, dan pada sampel *xanthan gum* terdapat puncak pada bilangan gelombang 3685 cm^{-1} membentuk gugus fungsi OH. Menurut D. Safitri et al., (2017) gugus fungsi OH menunjukkan terbentuknya ikatan hidrogen dalam satu kelompok gugus hidroksil dalam suatu monomer glukosa pada rantai polimer selulosa atau dapat menandakan ada kandungan selulosa dalam rantai polimer NaCMC, kandungan OH merupakan gugus fungsi yang paling utama dalam pembentukan NaCMC. Selanjutnya sampel kulit singkong terdapat puncak spektrum pada 2889 cm^{-1} hingga 2950 cm^{-1} yang membentuk gugus C-H, pada sampel CMC komersial terdapat puncak pada bilangan gelombang 2950 – 2870, cm^{-1} yang membentuk gugus C-H, dan pada sampel CMC komersial terdapat puncak pada bilangan gelombang 2844, cm^{-1} yang membentuk gugus C-H. Menurut Megawati et al., (2017) puncak vibrasi pada C-H merupakan penghubung antara unit glukosa yang terdapat pada selulosa.

Tabel 4.5 Tabel Pengujian Gugus Fungsi Biopolimer

Jenis Biopolimer	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm-1)
Kulit Singkong (NaCMC)	O-H	3250
	C-H	2889
	C-O	1380
	C=O	1690
CMC Komersial	O-H	3700
	C-H	2867
	C-O	1324
	C=O	1680
<i>Xanthan Gum</i>	O-H	3685
	C-H	2844
	C-O	1412
	C=O	1780

Pada Tabel 4.5 menunjukkan terdapat perbedaan gugus fungsi yang muncul pada setiap sampel Na-CMC kulit singkong, CMC komersial, dan xanthan gum, munculnya bilangan gelombang tersebut akan mempengaruhi hasil produk dan kualitas dari Na-CMC. Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan telah terbentuknya Na-CMC dengan munculnya serapan gugus fungsi pada Na-CMC. Spektrum infrared penyusun NaCMC terdiri dari gugus fungsi OH, C-H, C-O, dan C=O (Dachriyanus, 2017). Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa sampel kulit singkong memenuhi syarat terbentuknya NaCMC yaitu dengan munculnya gusus OH, C-H, C-O, dan C=O.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Studi Pengujian Gugus Fungsi (FTIR) Biopolimer Dari Kulit Singkong Untuk Meningkatkan Viskositas Air Formasi Sebagai Bahan Alternatif Dalam Mengatasi *Water Coning*” maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian viskositas biopolimer kulit singkong diperoleh viskositas terbesar pada temperature 60 °C dan viskositas terkecil pada temperatur 70 °C, dimana semakin tinggi temperatur maka viskositas biopolimer semakin rendah. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa viskositas biopolimer kulit singkong yang tertinggi diperoleh pada konsentrasi 15000 ppm dengan nilai viskositas sebesar 3,96 cp (temperatur 60°C dan salinitas 10000 ppm), dimana hasil tersebut belum mampu mengimbangi nilai viskositas biopolimer komersial (6,92 cp) dan *xanthan gum* (15,41 cp), karena nilai viskositas yang diperoleh lebih kecil dari ke dua jenis biopolimer komersial dan *xanthan gum* tersebut.
2. Dari hasil Pengujian FTIR diperoleh bahwa didalam Biopolimer Kulit singkong mengandung gugus fungsi OH, C=O, C-O dan C-H, dimana gugus OH yang terdapat pada biopolimer kulit singkong sangat efektif.
3. Dari Hasil Pengujian FTIR ke tiga jenis biopolimer di dalam penelitian ini didapat bahwa biopolimer kulit singkong lebih tinggi nilai bilangan gelombang OH daripada ke dua jenis polimer lainnya. Dimana OH merupakan gugus fungsi yang paling utama karena dapat mengikat air formasi, sehingga viskositas air formasi mengalami peningkatan dan diharapkan dapat mencegah terjadinya *water coning*

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dijabarkan oleh peneliti tentang “Studi Pengujian Gugus Fungsi (FTIR) Biopolimer Dari Kulit Singkong Untuk Meningkatkan Viskositas Air Formasi Sebagai Bahan Alternatif Dalam Mengatasi *Water Coning*” diharapkan untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan pengujian menggunakan parameter lain seperti *shear rates*, *absorbtion*, *gel strength*, dan pengurangan laju *waterconing*.



DAFTAR PUSTAKA

- Araújo, T. R., De Petkowicz, C. L. O., Cardoso, V. L., Filho, U. C., & Vieira, P.A. (2016). Biopolymer production using fungus *Mucor racemosus* Fresenius and glycerol as substrate. *Polimeros*, 26(2), 144–151.
- Basmal, J., Andhita, D., & Sediarmo, S. (2018). Pengaruh Alkalinisasi Selulosa terhadap Produksi Sodium Karboksimetil Selulosa. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*.
- Boguski, T. K. (2006). Understanding Units of Measurement - Concentration in Soil and Air. *Environmental Science and Technology Briefs for Citizens*.
- Chung, T., Bae, W., Nguyen, N. T. B., Dang, C. T. Q., Lee, W., & Jung, B. (2011). A review of polymer conformance treatment: A successful guideline for water control in mature fields. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 34(2), 122–133.
- Dalrymple, D., & Jaripatke, O. (2009). *SPE 119850 Relative Permeability Modifiers in Fracture Stimulation Applications*. March, 15–18.
- Dan, E., Selulosa, K., Limbah, D., Sagu, A., Dewi, A., Dewi, P., Kusumaningrum, Y., Desi, N., Pranoto, Y., Darmadji, P., Teknologi, J., Pertanian, H., Papua, U., Manokwari, P., Barati, B., Pengkajian, B., Pertanian, T., Barat, P., Dan, P., & Yogyakarta, M. (2017). *Ekstraksi dan karakterisasi selulosa dari limbah ampas sagu*.
- Devi, N., Deka, C., Maji, T. K., & Kakati, D. K. (2016). Gelatin and Gelatin–Polyelectrolyte Complexes: Drug Delivery. In *Encyclopedia of Biomedical Polymers and Polymeric Biomaterials*.
- Dimawarnita, F., & Panji, T.-. (2018). Sintesis karboksimetil selulosa dari sisa baglog jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) (Synthesis of carboxymethyl cellulose from ex-baglog of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)). *EJMP*
- Frigrina, L., Kasmungin, S., & Mardiana, D. A. (2017). Studi Polimer dengan *Crosslinker* Mengenai Pengaruh Variasi Konsentrasi *Polymer*, Salinitas dan Suhu terhadap *Gelation Time* dan *Resistance Factor* pada Proses *Water Shut- Off*. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 3(1), 139–144.

- Gao, C. (2016). Application of a novel biopolymer to enhance oil recovery. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 6(4), 749–753.
- Indexed, S., State, O., Ojo, T., State, O., State, O., Epe, I., State, L., State, O., & State, O. (2018). *Production Of A Novel Bio-Polymer For Enhanced Oil Recovery And Modelling The Polymer Viscosity Using Artificial Neural Network (ANN)*. 9(12), 563–574.
- Indriyati, W., Musfiroh, I., Kusmawanti, R., Sriwidodo, & Hasanah, A. N. (2016). *Characterization Of Carboxymethyl Cellulose Sodium (Na-CMC) From Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms) Cellulose) Growing in Jatinangor and Lembang. Ijgst*, 3(3), 100–110.
- Kamulyan, B., Hasanah, U., & Matulesi, F. (2018). Kajian Campuran Pelarut Akuades-Aseton Pada Pembuatan Membran Selulosa Propionat. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*.
- Kinate, B. B., & Cornelius, W. (2019). *Open Access Preparation and Characterization of Carboxymethyl Cellulose (CMC) from Cassava peels , Irish Potato , Yam peels*. 3, 133–137.
- Muslim, A. (2017). Prospek Ekonomi Ubi Kayu di Indonesia. *Universitas Al Azhar Indonesia*.
- Ngafifuddin, M., & Sunarno, S. (2017). Penerapan Rancang Bangun Ph Meter Berbasis Arduino Pada Mesin Pencuci Film *Radiografi Sinar-X Application Design Of Ph-Meter Based On Arduino To Washing Machine Of X-Ray Radiograph Film*. 6(1), 66–70.
- Ngudiono, M. A. S., Studi, P., Perminyakan, T., & Riau, U. I. (2018). Evaluasi Penanggulangan Produksi Air Dengan RPM (Relative Permeability Modifiers) Treatment Dan Keekonomiannya Pada Sumur “ M ” Lapangan “ N ” Tugas Akhir.
- Ningrum, P. T. A. (2019). Kulit Singkong (*Manihot Utilissima*) Sebagai Alternatif Bahan Pembuatan Kertas Tisu.

- Nisa, D., & Putri, W. D. R. (2014). Pemanfaatan Selulosa Dari Kulit Buah Kakao (Teobroma cacao L.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (Carboxymethyl Cellulose). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*.
- Nugraheni, H. M., Mulyati, T. R. I. A. N. A., & Badriyah, L. (2018). Pemanfaata Limbah Kulit Buah Durian Mentega Sebagai Carboksimetil Cellulose (CMC) Utilization of Durian Mentega Fruit Skin as Carboxymethyl Cellulose (CMC). *Cmc*, 115–122.
- Nur, R., Tamrin, & Muhzakkar, M. Z. (2016). Sintesis Dan Karakterisasi Cmc (Carboxymethyl Cellulose) Yang Dihasilkan Dari Selulosa Jerami Padi. *J. Sains Dan Teknologi Pangan*, 1(3), 222–231.
- Okon, A. N., Appah, D., & Akpabio, J. U. (2018). A Critical Evaluation of Water Coning Correlations in Vertical Wells. 3(1), 1–9.
- Parid, D. M., Rahman, N. A. A., Baharuddin, A. S., Mohammed, M. A. P., Johari, A. M., & Razak, S. Z. A. (2018). Synthesis And Characterization of Carboxymethyl Cellulose From Oil Palm Empty Fruit Bunch Stalk Fibres. *BioResources*, 13(1), 535–554. h
- Penjumras, P., Rahman, R. B. A., Talib, R. A., & Abdan, K. (2014). Extraction and Characterization of Cellulose from Durian Rind. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 237–243.
- Pratama, A. W., Piluharto, B., Indarti, D., Haryati, T., & Addy, H. S. (2019). Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Sifat Fisik dan Muatan Permukaan Selulosa Termodifikasi. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*.
- Rose, R. R. R. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Menjadi Crispy Kulit Singko
- Santoso, S. P., Sanjaya, N., & Ayucitra, A. (2012). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Natrium Karboksimetil Selulosa. 11(3), 124–131.
- Sanyang, M. L. (2015). *Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (arenga pinnata) starch for food packaging. September.*

- Setiawan, I., Lindawati, N. Y., Amalia, B., & Singkong, K. (2017). *Optimasi Sintesis Natrium Karboksimetil Selulosa Dari Kulit Singkong (Manihot utilissima) Dan Pengembangannya Sebagai Bahan Gelling Agent Optimazion Of Sodium Carboksimetil Selulosa From Skin Of Cassava (Manihot utilissima) And Development As. 01(02).*
- Silsia, D., Efendi, Z., & Timotius, F. (2018). Karakterisasi Karboksimetil Selulosa (CMC) Dari Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Agroindustri.*
- Suriyatem, R., Noikang, N., Kankam, T., Jantanasakulwong, K., Leksawasdi, N., Phimolsiripol, Y., Insomphun, C., Seesuriyachan, P., Chaiyaso, T., Jantrawut, P., Sommano, S. R., Ngo, T. M. P., & Rachtanapun, P. (2020). Physical properties of carboxymethyl cellulose from palm bunch and bagasse agricultural wastes: Effect of delignification with hydrogen peroxide. *Polymers, 12(7), 1–16.*
- Vol, J., Dike, N., & Temizel, C. (2008). *Issn 2540 - 9352. 7(1), 19–41.*
- Yang, C., Navarrete, R., & Asadi, M. (2020). A novel relative permeability modifier polymer. *Proceedings - SPE International Symposium on Formation Damage Control, 2020-Febru, 19–21.*
- Yudhowijoyo, A., Rafati, R., Haddad, A. S., Pokrajac, D., & Manzari, M. (2019). Developing nanocomposite gels from biopolymers for leakage control in oil and gas wells. *Society of Petroleum Engineers - SPE Offshore Europe Conference and Exhibition 2019, OE 2019.*