

**STUDI AWAL PENGUJIAN BIOPOLIMER KULIT
SINGKONG DENGAN *CROSSLINKER* Cr³⁺ SEBAGAI BAHAN
ALTERNATIF DALAM PENANGGULANGAN
*WATER CONING***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
NANANG IRWANDANI
173210725



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

2022

**STUDI AWAL PENGUJIAN BIOPOLIMER KULIT
SINGKONG DENGAN *CROSSLINKER* Cr³⁺ SEBAGAI BAHAN
ALTERNATIF DALAM PENANGGULANGAN
*WATER CONING***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**NANANG IRWANDANI
173210725**



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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh:

Nama : Nanang Irwandani

NPM : 173210725


Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Sripsi : Studi Awal Pengujian Biopolimer Kulit Singkong Dengan *Crosslinker* Cr^{3+} Sebagai Bahan Alternatif Dalam Penanggulangan *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 : Fiki Hidayat, ST.,M.Eng ()

Penguji II : Novirianti, S.T., M.T ()

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 31 Januari 2022

Disahkan Oleh:

KETUA PROGRAM STUDI

TEKNIK PERMINYAKAN


DIVERIFIKASI
By novia Rita at 16:53 on 01/12/2022

NOVIA RITA, ST., MT

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, 31 Januari 2022

Nanang Irwandani
NPM 173210725

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 Ir. H. Ali Musnal, 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. Orang tua saya Edi Syaputra dan Sri Rahayu, serta keluarga saya selalu memberikan semangat dan doa, serta bantuan materil dan moral sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Teman saya Ramadani Asywal, Novan Agitama, teman kelas dan teman-teman angkatan Teknik Perminyakan UIR yang telah menyemangati saya.

Teriring 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, 31 Januari 2022



Nanang Irwandani

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	v
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. <i>Water Coning</i>	6
2.2. <i>Chemical Polymer Treatment</i>	6
2.3. Biopolimer Dari Bahan Baku Lain	8
2.4. Biopolimer Alternatif Dari Kulit Singkong Berupa NaCMC	10
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1. Uraian Metodologi Penelitian.....	12
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	13
3.3. Alat dan Bahan	14
3.4. Prosedur Penelitian	15
3.5. Pengujian <i>Gelation Time</i>	15
3.6. Pengujian Viskositas	15
3.7. Pengujian <i>Compatibility</i>	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20

4.1. Pembuatan NaCMC (<i>carboxymethyl cellulose</i>) Kulit Singkong	21
4.2. Analisis Hasil Rendemen Selulosa	22
4.3. Analisis Pengujian <i>Gelation Time</i>	23
4.4. Analisis Pengaruh Viskositas Biopolimer Terhadap Perubahan Salinitas Dan Temperatur	26
4.5. Analisis Pengujian <i>Compatibility</i>	35
BAB V KESIMPULAN	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Water Coning</i>	6
Gambar 2.2 Mekanisme <i>Chemical Polymer Treatment</i>	7
Gambar 2.3 Kulit singkong	11
Gambar 2.4 Struktur Kimia Selulosa	12
Gambar 4.1 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 60 C dengan salinitas 5.000 ppm	28
Gambar 4.2 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 70 C dengan salinitas 5.000 ppm	28
Gambar 4.3 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 80 C dengan salinitas 5.000 ppm	28
Gambar 4.4 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 60 C dengan salinitas 10.000 ppm	29
Gambar 4.5 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 70 C dengan salinitas 10.000 ppm	29
Gambar 4.6 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 80 C dengan salinitas 10.000 ppm	29
Gambar 4.7 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 60 C dengan salinitas 15.000 ppm	30
Gambar 4.8 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 70 C dengan salinitas 15.000 ppm	30
Gambar 4.9 Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 80 C dengan salinitas 15.000 ppm	30
Gambar 4.10 Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer kulit singkong pada salinitas 5.000 ppm dengan tambahan <i>crosslinker</i>	33

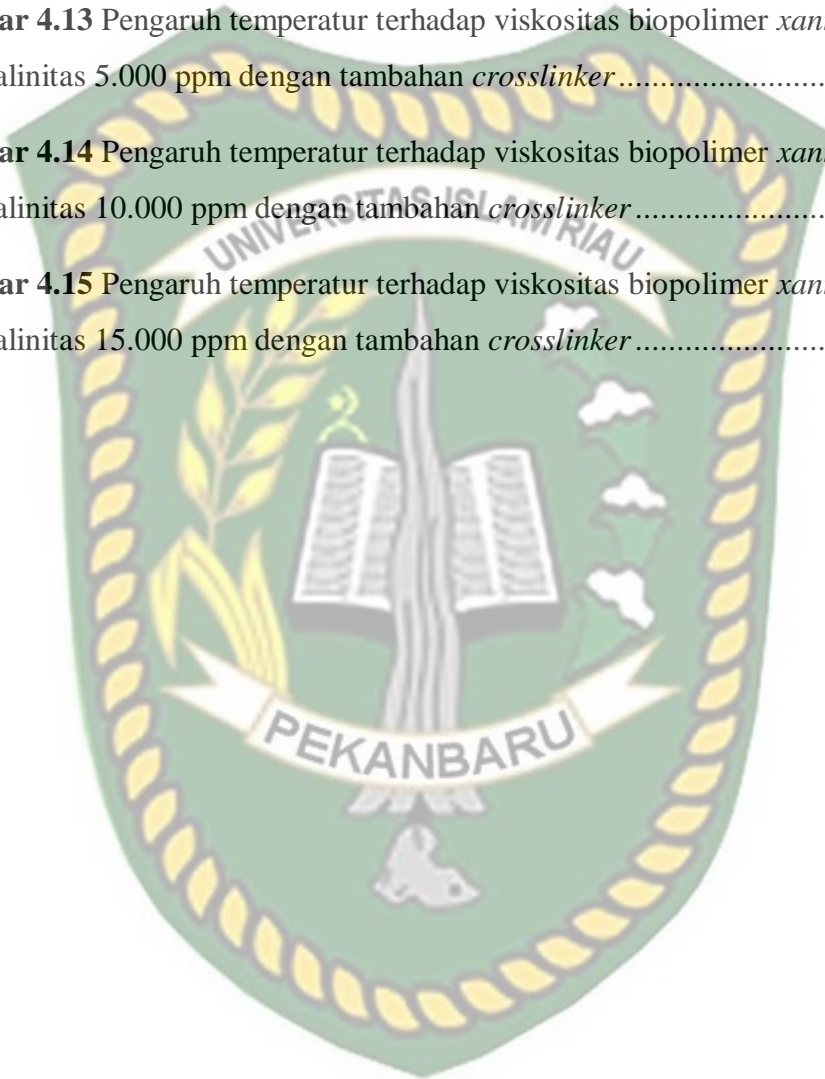
Gambar 4.11 Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer kulit singkong pada salinitas 10.000 ppm dengan tambahan *crosslinker* 33

Gambar 4.12 Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer kulit singkong pada salinitas 15.000 ppm dengan tambahan *crosslinker* 33

Gambar 4.13 Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer *xantan gum* pada salinitas 5.000 ppm dengan tambahan *crosslinker* 34

Gambar 4.14 Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer *xantan gum* pada salinitas 10.000 ppm dengan tambahan *crosslinker* 34

Gambar 4.15 Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer *xantan gum* pada salinitas 15.000 ppm dengan tambahan *crosslinker* 34



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State of the Art</i>	8
Tabel 2.2 Komposisi Zat Penyusun Kulit Singkong	10
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	12
Tabel 3.2 Kode <i>Gel Strength</i>	17
Tabel 3.3 Perhitungan Massa <i>Brine</i> (NaCl).....	19
Tabel 3.4 Perhitungan Massa Biopolimer.....	20
Tabel 4.1 Hasil Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Berat Selulosa.....	22
Tabel 4.2 Hasil Pengujian <i>Gelation Time</i> Biopolimer.....	23
Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>Gelation Time</i> Biopolimer Dengan <i>Crosslinker</i>	22
Tabel 4.4 Hasil Viskositas Biopolimer Berdasarkan Perbandingan Salinitas dan Temperatur.....	26
Tabel 4.5 Hasil Viskositas Biopolimer Berdasarkan Perbandingan Salinitas dan Temperatur Dengan <i>Crosslinker</i> 27	
Tabel 4.6 Perbandingan Sifat Antara <i>Chromium(III)</i> Asetat Dengan <i>Crosslinker</i> PEI-DS	32
Tabel 4.7 Hasil Pengujian <i>Compatibility</i> Larutan Biopolimer	36
Tabel 4.8 Hasil Pengujian <i>Compatibility</i> Larutan Biopolimer Dengan <i>Crosslinker</i>	37

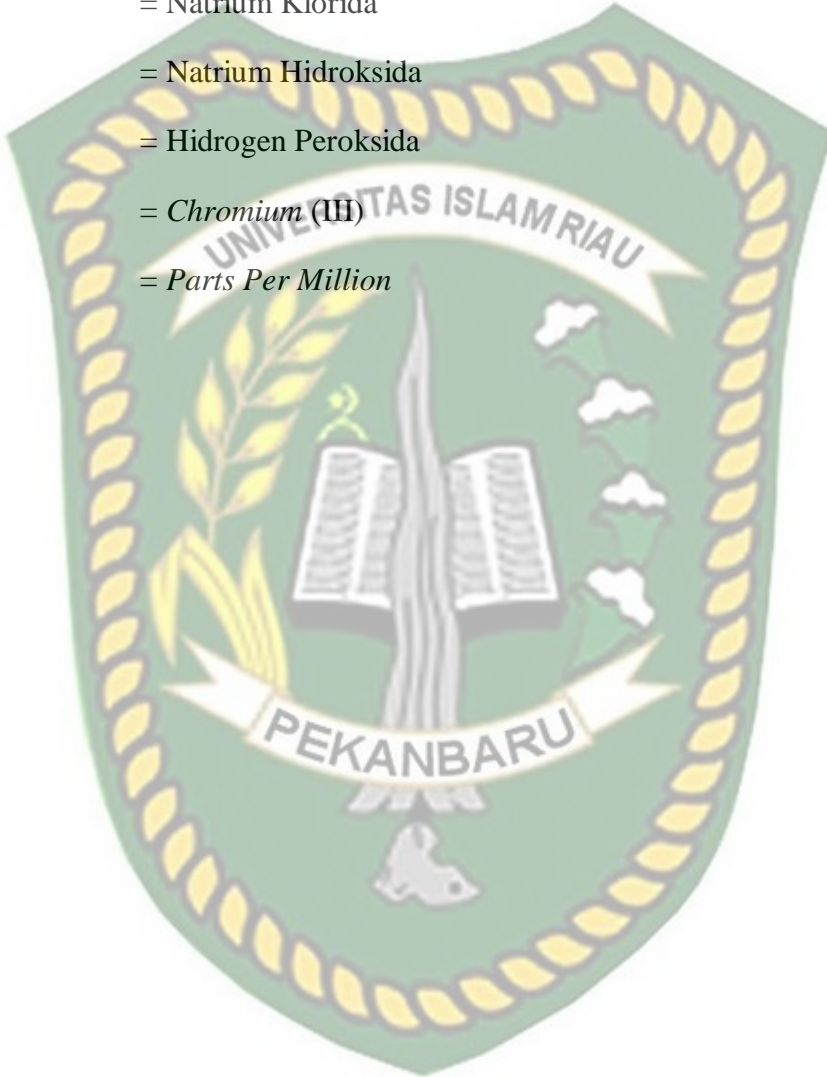
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Tahap Pembuatan Natrium Carboxymethyl Cellulose Serbuk Kulit Singkong.....	44
Lampiran II Hasil Viskositas Biopolimer Berdasarkan Perbandingan Salinitas Dan Temperatur.....	46
Lampiran III Foto <i>Compatibility</i> Biopolimer Kulit Singkong Dan <i>Xantan Gum</i>	54



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 (III)</i>
ppm	= <i>Parts Per Million</i>



DAFTAR SIMBOL

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



**STUDI AWAL PENGUJIAN BIOPOLIMER KULIT SINGKONG
DENGAN *CROSSLINKER* Cr³⁺ SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF DALAM
PENANGGULANGAN
*WATER CONING***

NANANG IRWANDANI

173210725

ABSTRAK

Polymer merupakan bahan kimia yang sering di gunakan pada metode *chemical* untuk penanggulangan *water coning*, *Chemical polymer* ini diinjeksikan dengan menambahkan *agent* berupa *chromium* (Cr³⁺) kedalam air formasi untuk meningkatkan viskositasnya dengan tujuan menahan mobilitas air agar tidak ikut terproduksi. Metode pada penelihan ini menggunakan metode sintesis dan hidrolisis dengan asam sulfat dengan bahan kulit singkong untuk di jadikan sebagai biopolimer. Pada hasil seleksi hisrolisis asam sulfat di dapat persentase rendemen 62,3% - 90 %, hasil *gelation time* menunjukkan semakin tinggi nilai viskositas akan memperlama proses gelasi, hasil viskositas menunjukkan semakin tinggi konsentrasi akan meningkatkan viskositas, konsentrasi yang digunakan 1000 ppm, 2000 ppm, dan 3000 ppm pada salinitas 5.000 ppm, 10.000 ppm, 15.000 ppm dan pada temperatur 60°C, 70°C, dan 80°C. Pada hasil *compatibility* larutan pada konsentrasi 1000 ppm dan 2000 ppm *competibel* tidak ada endapan dan jernih.

Kata kunci : Asam Sulfat, Biopolimer, *Crosslinker*, *Chemical Polymer*, NaCMC.

**INITIAL STUDY ON CASSAVA PEEL WITH CROSSLINKER Cr^{3+}
BIOPOLYMER AS AN ALTERNATIVE MATERIAL IN
WATER CONING CONTROL**

NANANG IRWANDANI

173210725

ABSTRAC

Polymer is a common chemical that is frequently used in chemical methods for the prevention of water coning. This chemical polymer is injected by adding Cr^{3+} , as an agent, into the formation water to increase its viscosity with the aim of increasing water mobility so that it does not participate in the production. The method in this research uses a synthesis and hydrolysis method with sulfuric acid with cassava peel altered into biopolymer. On the results of sulfuric acid hydrolysis the rendement percentage is 62.3% - 90%, the gelation time results show the higher the viscosity value will prolong the gelation process, the viscosity results show the higher the concentration will increase the viscosity at concentrations of 1000 ppm, 2000 ppm, and 3000 ppm at salinity of 5,000 ppm, 10,000 ppm, 15,000 ppm and at temperatures of 60°C, 70°C, and 80°C. In the results of the compatibility solution at concentrations of 1000 ppm and 2000 ppm compatible, there is no precipitate and it was clear.

Keyword : Sulfuric Acid, Biopolymer, Crosslinker, Chemical Polymer, NaCMC

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Reservoir dengan mekanisme *bottom water drive* merupakan pemacu terproduksinya air berlebih pada sumur migas, 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 (Edition, 1993). Produksi air juga dapat mempengaruhi kinerja sumur secara keseluruhan, dan dapat menimbulkan permasalahan baru pada proses produksi minyak (Yang et al., 2020).

Water coning adalah suatu penerobosan atau pergerakan air yang masuk ke dalam zona minyak membentuk kerucut sehingga menyebabkan air terproduksi lebih awal dan lebih banyak, penerobosan ini diakibatkan karena mobilitas air lebih besar daripada 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 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 *water coning* dan *water cut* tinggi.

Salah satu penanganan yang tepat dalam mengatasi terproduksinya air secara berlebihan yaitu menggunakan metode *chemical*. Dimana metode *chemical* dapat menahan produksi air tanpa menahan produksi hidrokarbon (Fang et al., 2019). Modifikasi permeabilitas relatif dapat dilakukan tanpa mengisolasi zona lapisan sehingga dapat di injeksikan secara *bullhead* kedalam semua zona lapisan untuk mengurangi permeabilitas air dengan menaikkan viskositas air (Ngudiono et al.,

2018). Penggunaan larutan gel polimer dinilai sangat mudah dan memiliki *cost* yang murah karena hanya menambahkan polimer pada konsentrasi tertentu ditambah dengan *crosslinker* (Frigirina et al., 2017).

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).

Chromium adalah *crosslinker* logam yang paling banyak digunakan. Ion logam pengikat silang Cr+3 dapat ditempatkan dalam larutan dalam bentuk *chromium asetat*. *Crosslinker* dapat meningkatkan viskositas agen pembentuk gel dengan menghubungkan rantai polimer gel yang terpisah. *Crosslinker* secara signifikan meningkatkan viskositas gel linier dan *gel strength* dengan meningkatkan berat molekul polimer dengan menghubungkan beberapa molekul menjadi satu. *Crosslinker* mampu meningkatkan berat molekul tanpa penambahan polimer. Keuntungan dari penggunaan metode *crosslinking* ini adalah dapat menghasilkan biopolimer tahan terhadap medium asam dan termal sehingga tidak mudah pecah pada saat pemanasan (Nizam, 2018).

Singkong (*Manihot esculenta*) merupakan tumbuhan dengan nilai karbohidrat tinggi. Seluruh bagian dari tanaman singkong bisa dimanfaatkan dan menghasilkan limbah, kulit pada singkong yang sejatinya dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif lain sering di buang begitu saja oleh masyarakat, sehingga peneliti berharap limbah ini harus benar-benar di manfaatkan agar tidak mencemari lingkungan (Setiawan et al., 2017).

Selulosa pada kulit singkong yaitu sekitar 57% (Ningrum, 2019). Pada penelitian kali ini peneliti akan memanfaatkan kandungan selulosa yang terdapat

pada kulit singkong bagian dalam untuk dijadikan sebagai bahan pembuatan NaCMC (*sodium carboxymethyl cellulose*) yang nantinya akan diterapkan untuk penanggulangan *water coning*. Bahan polimer tersebut akan di tambahkan dengan *crosslinker* untuk meningkatkan viskositasnya.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Melakukan proses sintesis dari limbah kulit singkong sehingga dapat menghasilkan biopolimer berupa NaCMC.
2. Menganalisis pembentukan gel biopolimer tanpa tambahan *crosslinker*.
3. Menganalisis pembentukan gel dengan tambahan *crosslinker* (Cr^{3+}) mulai dari nilai *gelation time*, viskositas, dan *compatibility* dan dari biopolimer limbah kulit singkong dan membandingkan dengan polimer gel komersial berupa *xanthan gum*.

1.3. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dari penelitian ini ialah:

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

1.4. Batasan Masalah

Supaya penelitian ini lebih tepat dengan tujuannya, maka penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Memanfaatkan kandungan selulosa pada limbah kulit singkong sebagai pembuatan biopolimer.
2. Menggunakan variasi asam sulfat (H_2SO_4) 45%, 50%, dan 55% v/v untuk

sintesis kulit singkong.

3. Salinitas yang digunakan pada penelitian ini sebesar 5000, 10000, dan 15000 ppm.
4. Konsentrasi biopolimer yang digunakan sebesar 1000, 2000, dan 3000 ppm
5. Temperatur yang digunakan pada penelitian ini 60°C, 70°C, dan 80°C.
6. Menggunakan biopolimer komersial sebagai pembanding pada pengujian properties berupa *xanthan gum*.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

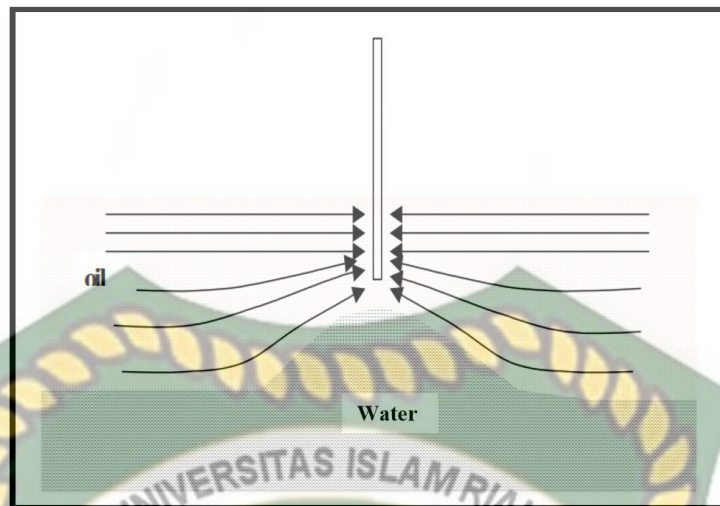
BAB II

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*

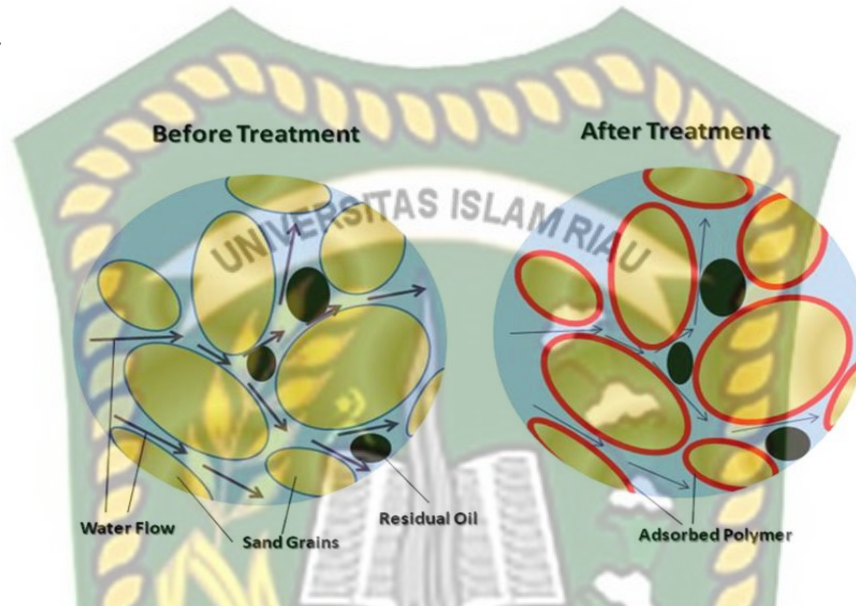
Hal ini sering terjadi di lapangan yang memproduksi minyak dengan tenaga pendorong air. Air menuju perforasi sumur produksi secara vertikal (gambar 2.1), penerobosan ini diakibatkan karena mobilitas air lebih besar daripada mobilitas minyak, terproduksinya air dapat menyebabkan peningkatan biaya produksi, 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*, *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.

2.2. 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* 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 viskositas 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).

Screening criteria polimer untuk *water shut off* :

- a. Waktu gelasi yang wajar (4 hingga 6 jam) dapat dicapai pada 60°F dengan konsentrasi pengikat silang yang rendah (Vasquez & Eoff, 2010).
- b. Viskositas 25-30 cP (Al-Azmi et al., 2020).

2.3. Biopolimer Dari Bahan Baku Lain

Penelitian yang dilakukan peneliti kali ini terinspirasi dari beberapa penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya juga melakukan penelitian terhadap Biopolimer NaCMC berbahan organik yang juga diuji di laboratorium dengan menggunakan konsep dan metode yang hampir sama serta dengan berbagai parameter yang di uji.

Tabel 2.1. *State of the Art*

No	Judul Penelitian	Bahan Baku	Metode Penelitian	Hasil
1	<i>Physical Properties of Carboxymethyl Cellulose from Palm Bunch and Bagasse Agricultural Wastes: Effect of Delignification with Hydrogen Peroxide</i> (Suriyatem et al., 2020)	Tandan Sawit dan Ampas Tebu	<i>Eksperimen Research</i>	<i>Bleaching</i> selulosa dengan 20% H ₂ O ₂ menghasilkan produk dan film CMC yang disintesis dengan sifat fisik terbaik.
2	Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose Sodium (Na-CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.) yang	Eceng gondok	isolasi selulosa, alkalinasi dan karboksimetilasi	selulosa sekitar 76.53% dan 71.35% sedangkan nilai rendemen dari NaCMC 96.87% dan 85.03%

	Tumbuh di Daerah Jatinangor dan Lembang (Indriyati et al., 2016)			
3	Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Natrium Karboksimetil Selulosa (Santoso et al., 2012)	Kulit singkong	Alkalisasi dan eterifikasi	Na-CMC terbaik NaOH 20%. Temperatur 158 °F. Hasil Na-CMC = 22% Kemurnian = 96.20%
4	Ekstraksi Dan Karakterisasi Selulosa Dari Limbah Ampas Sagu (Dan et al., 2017)	Ampas sagu	Hidrolisis, delignifikasi dan <i>bleaching</i>	Hidrolisis dengan H ₂ SO ₄ lebih baik dibanding HCl, ekstraksi kadar selulosa 59.51%.
5	<i>Investigation On Guar Gum and Chitosan Based Polymer Composite For Oilfield water shut off Fluid</i> (Kamarulizam et al., 2020).	<i>Guar Gum dan Citosan</i>	<i>Eksperimen Research</i>	Viskositas tertinggi 120 cP, gelasi pada waktu antara 120 menit dan 720 menit
6	<i>Xantan and Guar Polymer Solution for Water Shut Off in Hight Salinity Reservoir</i> (Alquraishi et al., 2012)	<i>Xantan and Guar Polymer</i>	<i>Eksperimen Research</i>	Konsentrasi 1000, 2000, 3000 ppm. Viskositas tertinggi pada <i>pure xantan</i> 0.1 Pa.s pada suhu 65 C
7	<i>Developing Nanocomposite Gels from</i>	<i>Xantan Gum</i>	<i>Eksperimen Research</i>	Nilai viskositas 1 Pa.s

	<i>Biopolymers for Leakage Control in Oil and Gas Wells</i> (Yudhowijoyo et al., 2019).			
--	--	--	--	--

2.4. Biopolimer Alternatif Dari Kulit Singkong Berupa NaCMC

Peringkat kedua penghasil singkong terbesar adalah Indonesia (Muslim, 2017). Produksi singkong di Indonesia mencapai lebih dari 20.8 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 dimanfaatkan sebagai pakan ternak oleh masyarakat sehingga peneliti berharap dengan adanya penelitian ini limbah kulit singkong bisa dimanfaatkan menjadi biopolimer yang dapat diaplikasikan pada industri migas.

Tabel 2.2. Komposisi zat penyusun kulit singkong

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

Sumber: (Santoso et al., 2012), (Ningrum, 2019)



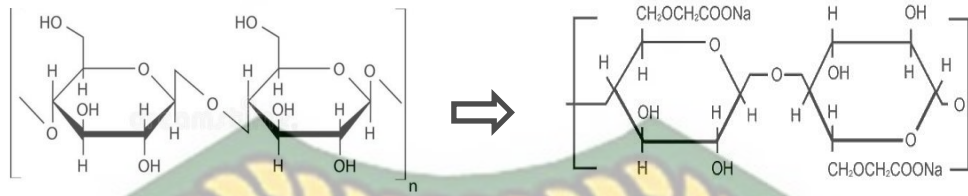
Gambar 2.3 Kulit singkong (Sumber: Nakita.id)

Dari penelitian terdahulu, sudah ada yang melakukan sintesis dan karakterisasi NaCMC dari kandungan selulosa misalnya kulit durian, ampas sagu, ampas tebu maupun bahan alam lain. Tetapi fungsi dari NaCMC yang sudah diteliti tidak sebagai *chemical polymer* untuk mengatasi produksi air berlebih, hanya berfungsi sebagai pembuatan *agent* pengental makanan, bidang farmasi dan kosmetik. Selain itu, biopolimer yang digunakan untuk mengatasi produksi air berlebih sejauh ini masih menggunakan polimer sintesis. Sehingga, penelitian ini dapat dijadikan penelitian awal mengenai adanya potensi biopolimer sebagai penghambat produksi air.

Turunan selulosa yang banyak diproduksi secara komersial dan lebih banyak daripada 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 dan NaCMC (Nugraheni et al., 2018), (Devi et al., 2016)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Uraian Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti melakukan penelitian di Laboratorium Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dengan jenis *Experiment Research* dengan menggunakan metode sintesis, hidrolisis, *alkalisasi* dan *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 2021											
	November				Desember				Januari			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur												
Persiapan Alat dan Bahan Penelitian												
Sintesis dan Hidrolisis Kulit Singkong												
Netralisasi Sampel												
Delignifikasi Sampel												
<i>Bleaching</i> Sampel												
Netralisasi Sampel												
Alkalisasi Kulit Singkong												
Karboksimetilasi Kulit Singkong												
Penetralan Sampel												
Pencampuran Sampel Dengan <i>Crosslinker</i>												
Uji <i>Gelation Time</i>												
Uji Viskositas												
Uji <i>Compatibility</i>												
Analisis dan Pembahasan												

3.2. Diagram Alir Penelitian



3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

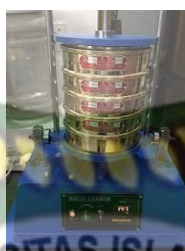
Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:



1. Blender



2. Oven



3. Sieve Shaker



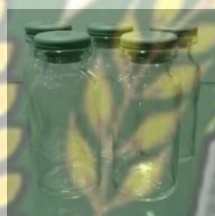
4. Neraca



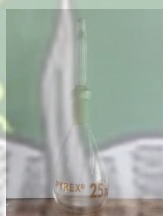
5. Erlenmeyer



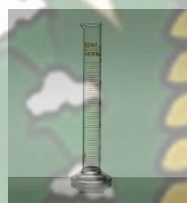
6. Hot plate



7. Botol



8. Pycnometer



9. Gelas ukur



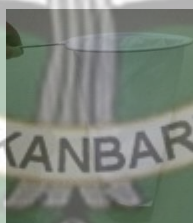
10. Magnetic



11. Beaker



12. Viskometer



13. Saringan



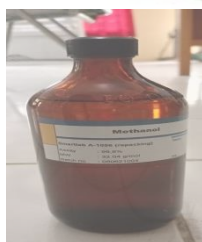
14. Alumunium foil

3.3.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:



1. Kulit singkong



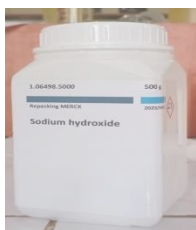
2. Methanol



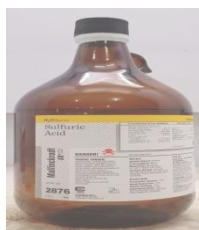
3. Isopropil alkohol



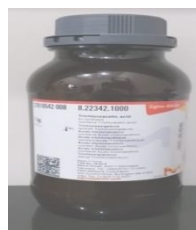
4. Asam asetat



5. NaOH



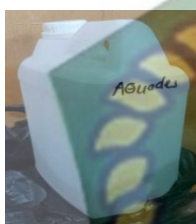
6. Sulfat acid



7. Trikloroacetik acid



8. H2O2



11. Auades



10. NaCl



11. Xanthan gum



12. Chromium asetat

3.4. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

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 100 *mesh* (Setiawan et al., 2017).

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 %) (v/v) lalu netralkan dengan aquades (Pratama et al., 2019).
2. Untuk proses awal penghilangan lignin didelignifikasi sampel dengan natrium hidroksida 30% dan panaskan bahan pada temperatur 80°C selama 3 jam netralkan dengan aquades (Basmal et al., 2018).
3. Lanjut *bleaching sampel* menggunakan natrium hidroksida dan hidrogen peroksida 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).

3.4.3. Prosedur pembuatan biopolimer kulit singkong berupa NaCMC (*natrium carboxymethyl cellulose*)

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

1. Bubuk selulosa (15 gr), 40% NaOH (50 ml) dan isopropanol (IPA, 450 ml) 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 (1:1), diaduk lebih lanjut selama 30 menit dan dimasukkan di oven temperatur 55 °C sampai 3,5 jam.
3. Fasa padat dicampur dengan metanol (225 ml) dan dinetralkan dengan asam glasial asetat. Campuran disaring dan dibilas dengan 70% etanol (225 ml). Terakhir NaCMC dikeringkan di oven pada temperatur 55 °C sampai 24 jam. Pengukuran persentasi selulosa (Penjumras et al., 2014) dapat di lakukan 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)

3.4.4. Prosedur Pencampuran Biopolimer Dengan *Crosslinker*

Untuk pembentukan gel yang diinginkan dilakukan penambahan seperti *crosslinker* dengan variasi konsentrasi biopolimer 1000, 2000, dan 3000 ppm, dan menambahkan *crosslinker* dengan konsentrasi terhadap biopolimer sebesar 10% (Frigirina et al., 2017) dan salinitas *brine* 5000, 10000 dan 15000 ppm, dengan variasi suhu : 60 °C, 70°C dan 80 °C.

3.5. Pengujian *Gelatio Time*

Proses uji ini dengan menggunakan metode tes botol yaitu mencampurkan larutan biopolimer dengan *crosslinker* dengan konsentrasi, suhu dan salinitas yang

bebeda pada tabung reaksi, kemudian diamati waktu mulai terbentuknya gel (Frigrina et al., 2017). adapun prosedur pengujiannya sebagai berikut:

- a. Masukkan larutan biopolimer ke dalam tabung reaksi pada berbagai variasi salinitas, konsentrasi dan suhu yang berbeda.
- b. Amati perubahan secara fisik dan waktu mulai terjadinya *gelation time*.

Tabel 3.2. Kode *gel strength*

Code	Deskripsi Kekuatan Gel
A	Tidak ada gel yang terdeteksi terbentuk
B	Gel dengan aliran tinggi
C	Gel mengalir
D	Gel mengalir sedang
E	Gel yang hampir tidak mengalir
F	Gel tidak mengalir yang sangat mudah berubah bentuk
G	Gel tidak mengalir yang cukup berubah bentuk
H	Gel mengalir non-gel yang sedikit berubah bentuk
I	Gel kaku

3.6. Pengujian Viskositas

Viskositas yaitu sifat dari fluida yang melibatkan/mempengaruhi ukuran ketahanannya terhadap deformasi pada tingkat tertentu, atau sering di sebut 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 kinetic (cst atau centi stroke)

C = konstanta viscometer *Ostwald* (0,4994 cst.s⁻¹)

t = waktu alir fluida (detik)

μ_{din} = viskositas dinamik (cP)

ρ = densitas fluida (gr/ml)

3.7. Pengujian *Compatibility*

Uji kompatibilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kecocokan antara biopolimer dengan salinitas yang di uji, uji ini di amati selama 3 hari, biopolimer yang lolos uji *compatibility* yaitu larutan yang tetap bening dan tidak terbentuk endapan (Dhafa et al., 2021).

Adapun proses pengujian *compatibility* menurut penelitian yang dilakukan (Eni et al., 2008) antara lain sebagai berikut :

- 1. Pembuatan larutan *brine*

Pembuatan *brine* pada 5.000, 10.000 dan 15.000 ppm yaitu:

Konsentrasi *brine* = 5.000 ppm

Larutan *brine* = 500 ml maka:

$$1 \text{ ppm} = \frac{1}{1.000.000} \dots\dots\dots(4)$$

$$5.000 \text{ ppm} = \frac{5.000}{1.000.000} \times 100\% \\ = 0,5 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi} &= \frac{\text{Zat terlarut}}{\text{Pelrut}} \dots\dots\dots(5) \\ 0,5 \% &= \frac{\text{gr}}{500 \text{ ml}} \\ \text{gr} &= 0,5\% \times 500 \text{ ml} \\ &= 2,5 \text{ gr} \end{aligned}$$

Untuk membuat larutan *brine* 5.000 ppm diperlukan garam NaCl sebanyak 2,5 gram. Langkah-langkahnya yaitu :

- a. Ambil gelas ukur 500 ml dan aquadest, menimbang berat garam sebanyak 2,5 gram menggunakan timbangan digital.
- b. Masukkan garam/NaCl pada beaker glass lalu aduk dengan *magnetic stirrer* hingga homogen, dan larutan NaCl dituangkan pada wadah. Selanjutnya buat larutan *brine* pada salinitas 10.000 dan 15.000 ppm, dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 3.3. Perhitungan massa *brine* (NaCl)

konsentrasi salinitas (ppm)	massa NaCl (gr)
5000	2,5
10000	5
15000	7,5

2. Pembuatan larutan biopolimer

Siapkan larutan biopolimer dengan konsentrasi 1000, 2000 dan 3000 ppm (Alquraishi & Alsewailem, 2012) dengan zat pelarut (*brine*) yang telah dibuat. Dibawah ini merupakan contoh pembuatan larutan biopolimer terhadap larutan *brine* dengan konsentrasi polimer 1000 ppm:

$$\begin{aligned} 1 \text{ ppm} &= \frac{1}{1.000.000} \dots\dots\dots(6) \\ 1.000 \text{ ppm} &= \frac{1.000}{1.000.000} \times 100\% \\ &= 0,1 \% \end{aligned}$$

$$\text{Konsentrasi} = \frac{\text{Zat terlarut}}{\text{Pelrut}} \dots\dots\dots(7)$$

$$0,1 \% = \frac{\text{gr}}{40 \text{ ml}}$$

$$\text{gr} = 0,1\% \times 40 \text{ ml}$$

$$= 0,04 \text{ gr}$$

- a. Siapkan gelas ukur kemudian isi brine kedalam gelas ukur sebanyak 40 ml.
- b. Menimbang selulosa kulit singkong dengan wadah kaca seberat 0,04 gr pada neraca digital.
- c. Posisikan gelas kimia di atas *magnetic stirrer* pada kecepatan mengaduk yang diinginkan sampai selulosa homogen (3 jam).
- d. Setelah tampak tercampur sempurna, tuang larutan ke dalam botol, masukan ke dalam oven pada suhu 60 C, 70 C dan 80 C selama 3 hari. Amati perubahan warna dan endapan pada larutan.
- e. amati hasil yang terjadi pada larutan polimer. Menurut Yasahardja et al., (2017) larutan polimer yang baik berupa larutan yang tidak mempunyai endapan atau gumpalan pada larutan serta larutan tampak jernih ketika di lakukan pengamatan.
- f. Ulangi prosedur tahapan tersebut pada konsentrasi 2.000 dan 3.000 ppm, hasil perhitungan massa polimer ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.4. Perhitungan massa biopolimer

konsentrasi biopolimer (ppm)	massa biopolimer (gr)
1000	0,04
2000	0,08
3000	0,12

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 . Adapun hasil foto pengujian kompatibilitas dari penelitian ini bisa dilihat pada **Lampiran I**.

4.2. Hasil Rendemen Selulosa

Pada hasil persentase rendemen NaCMC 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_2SO_4 45%	13,5 gr	90 %
H_2SO_4 50%	11,5 gr	77,3 %
H_2SO_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 *gelation time*, viskositas dan *compatibility*.

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 H₂SO₄ mencapai 65 wt.%, maka sampel selulosa larut sempurna. Regenerasi selulosa dari 65 wt.% H₂SO₄ memiliki polimorf kristal CII. Peningkatan konsentrasi H₂SO₄ lebih dari 65 wt.% menyebabkan penurunan hasil selulosa yang diregenerasi, dan setelah perlakuan dengan 70 wt.% H₂SO₄ 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.% H₂SO₄ terpilih.

4.3. Analisis Hasil *Gelation Time*

Pengujian *gelation time* pada suatu biopolimer penting untuk dilakukan demi mengetahui seberapa cepat biopolimer tersebut bisa membentuk *gel* dan berfungsi dengan baik ketika sudah diinjeksikan ke reservoir dengan konsentrasi polimer dan suhu tertentu. Berikut ini merupakan data hasil analisis uji *gelation time* pada larutan biopolimer kulit singkong dan *xanthan gum*.

Tabel 4.2. Hasil *Gelation Time* Biopolimer

Jenis Biopolimer	Salinitas (ppm)	Konsentrasi (ppm)	<i>Gelation Time</i> (Jam)		
			60 C	70 C	80 C
Kulit	5.000	1000	2,5	2,5	2,5
		2000	2,5	2,5	2
		3000	2,5	2,5	2
	10.000	1000	2,5	2,5	2,5
		2000	2,5	2	2
		3000	2,5	2	2
	15.000	1000	2,5	2,5	2
		2000	2,5	2	2
		3000	2,5	2	2
<i>Xanthan</i>		1000	2,5	2	2

5.000	2000	2,5	2,5	2
	3000	3	2,5	2,5
	1000	2,5	2,5	2
10.000	2000	2,5	2	2
	3000	2,5	2	2
	1000	2,5	2,5	2
15.000	2000	2,5	2	2
	3000	2,5	2	2
	1000	2,5	2,5	2

Tabel 4.3. Hasil *Gelation Time* Biopolimer Dengan *Crosslinker*

Jenis Biopolimer	Salinitas (ppm)	Konsentrasi (ppm)	Cross (Cr3+)	<i>Gelation Time</i> (Jam)		
				60 C	70 C	80
Kulit + <i>Crosslinker</i>	5.000	1000	10%	2,5	2,5	2
		2000		3	2,5	2,5
		3000		3	2,5	2,5
	10.000	1000	10%	2,5	2,5	2
		2000		2,5	2,5	2,5
		3000		3	2,5	2,5
	15.000	1000	10%	2,5	2,5	2,5
		2000		2,5	2,5	2
		3000		3	2,5	2,5
<i>Xanthan</i> + <i>Crosslinker</i>	5.000	1000	10%	3	2,5	2,5
		2000		3,5	3	3
		3000		3,5	3	3
	10.000	1000	10%	3,5	3	3
		2000		3,5	3,5	3
		3000		3,5	3,5	3
	15.000	1000	10%	3	3	3
		2000		3,5	3	3
		3000		3,5	3,5	3

Berdasarkan hasil pengujian *gelation time* biopolimer pada **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3** yang merupakan biopolimer dengan bahan ampas kulit singkong dan *xanthan gum* menunjukkan bahwa terjadinya proses *gelation time* dari kedua larutan akan semakin cepat seiring dengan meningkatnya temperatur pengujian. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Frigrina et al., (2017), yang mengatakan

bahwa semakin tinggi temperatur pengujian akan mempercepat *gelation time* pada larutan polimer hal ini disebabkan dari faktor kinetika reaksi larutan terhadap suhu. Dari hasil waktu yang diperoleh *xanthan gum* jauh lebih lama dalam pembentukan gel. Kemudian pada biopolimer kulit singkong dan *xanthan gum* dengan tambahan *crosslinker* berupa *chromium* (cr^{3+}) menunjukkan hasil waktu yang lebih lama dalam pembentukan gel dibandingkan dengan biopolimer kulit singkong dan *xanthan gum* tanpa tambahan *crosslinker* hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Jia et al., (2015) seiring peningkatan viskositas maka nilai *gelation time* semakin lama. Peneliti melakukan pengamatan setiap 30 menit sekali sehingga hasil yang diperoleh tidak terlalu signifikan. Dari hasil pengujian dua jenis biopolimer ini juga terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi biopolimer dan salinitas air maka akan mengakibatkan proses *gelation time* menjadi lebih lama (Lenji, 2018).

Overestimasi waktu gelasi dapat menyebabkan gelasi prematur di lubang sumur, sementara perkiraan yang terlalu rendah dapat menyebabkan waktu penutupan yang tidak mencukupi. Sehingga pada konsentrasi rendah *crosslinker* reaksi *crosslinking* memakan waktu lebih lama dibandingkan dengan gel yang terbentuk dengan konsentrasi *crosslinker* tinggi. Dengan demikian, penetrasi gel ke kedalaman yang lebih besar dapat dicapai pada konsentrasi polimer dan pengikat silang yang rendah (Sengupta et al., 2012).

Pada penelitian (Shriwal & Lane, 2012) Untuk gel polimer HPAM yang berikatan silang dengan Cr(III), mekanisme pengikatan silang melibatkan komponen signifikan dari ikatan ionik antara gugus karboksilat bermuatan negatif pada rantai polimer dan kation multivalen. Dalam kasus Cr, ikatannya kompleks karena Cr(III) ada sebagai gugus tiga ion Cr(III) yang dijembatani oleh kelompok karboksilat. Gel HPAM/Cr memiliki waktu gelasi yang sangat andal pada suhu tertentu dan penggunaan ekstensif di lapangan telah menunjukkan stabilitas mereka jauh di atas 200 ° F.

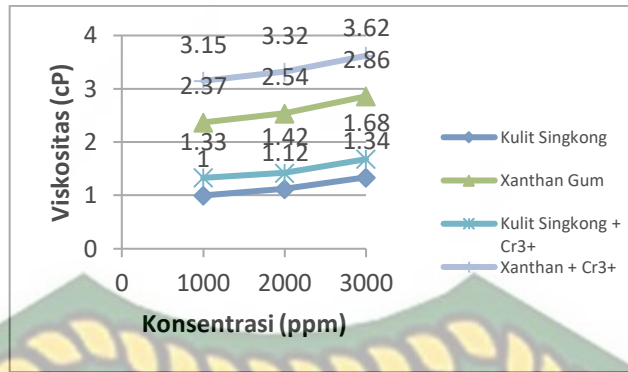
4.4. Pengujian Viskositas Biopolimer Terhadap Perubahan Konsentrasi, Salinitas dan Temperatur

Tabel 4.4 Hasil viskositas biopolimer berdasarkan perbandingan salinitas dan temperatur

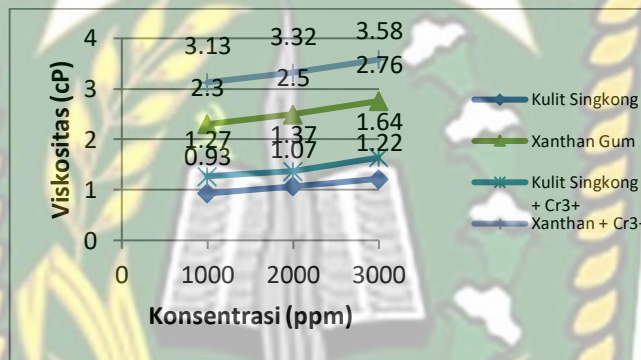
Jenis Biopolimer	Salinitas (ppm)	Konsentras (ppm)	Viskositas (Cp)			
			60 °C	70 °C	80 °C	
Kulit Singkong (NaCMC)	5.000	1000	1	0,93	0,8	
		2000	1,12	1,07	0,9	
		3000	1,34	1,22	1,09	
	10.000	1000	0,94	0,98	0,8	
		2000	1,04	1	0,88	
		3000	1,22	1,1	1,03	
	15.000	1000	0,86	0,8	0,7	
		2000	0,92	0,9	0,8	
		3000	1,08	0,95	0,9	
	Xantan Gum	5.000	1000	2,37	2,3	1,96
			2000	2,54	2,5	2,06
			3000	2,86	2,76	2,2
10.000		1000	2,25	2,2	1,81	
		2000	2,49	2,43	1,97	
		3000	2,78	2,77	2,1	
15.000		1000	2,16	2,1	1,64	
		2000	2,31	2,27	1,82	
		3000	2,57	2,5	1,9	

Tabel 4.5 Hasil viskositas biopolimer dengan *crosslinker* berdasarkan perbandingan salinitas dan temperatur

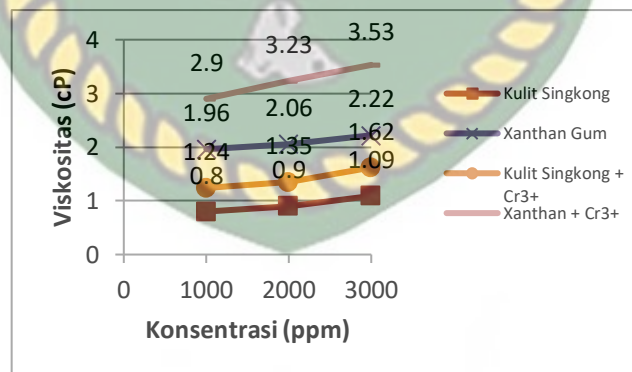
Jenis Bio polimer	Salinitas (ppm)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi (Cr ³⁺) (%)	Viskositas (Cp)			
				60 °C	70 °C	80 °C	
Kulit Singkong (NaCMC)	5.000	1000	10	1,33	1,27	1,2	
		2000		1,42	1,37	1,26	
		3000		1,68	1,64	1,35	
	10.000	1000	10	1,24	1,2	1,14	
		2000		1,28	1,26	1,19	
		3000		1,55	1,5	1,28	
	15.000	1000	10	1,08	1	0,91	
		2000		1,16	1,1	1	
		3000		1,32	1,3	1,18	
	Xanthan Gum	5.000	1000	10	3,15	3,13	2,9
			2000		3,32	3,32	3,23
			3000		3,62	3,58	3,53
10.000		1000	10	3,03	3	2,83	
		2000		3,22	3,16	3,03	
		3000		3,42	3,26	3,17	
15.000		1000	10	2,82	2,78	2,53	
		2000		3,03	3	2,86	
		3000		3,24	3,2	3,1	



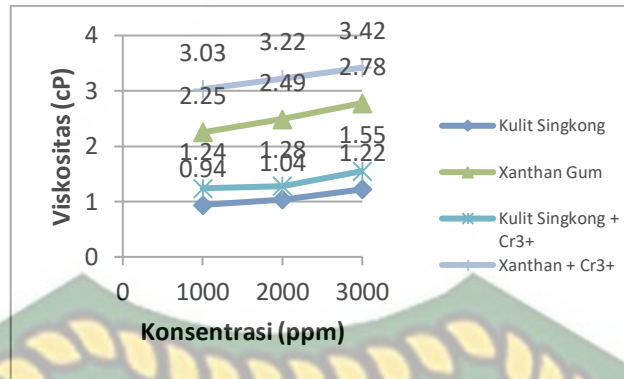
Gambar 4.1. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 60 C dengan salinitas 5000 ppm



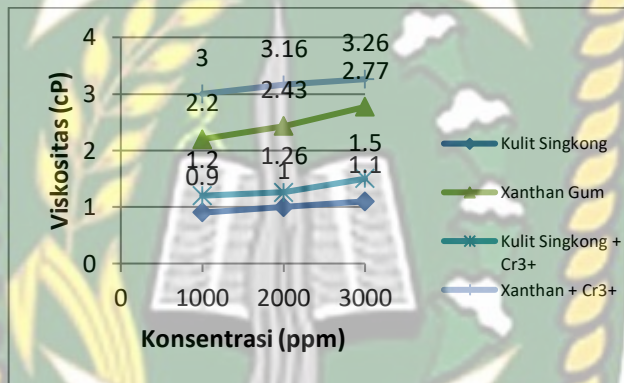
Gambar 4.2. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 70 C dengan salinitas 5000 ppm



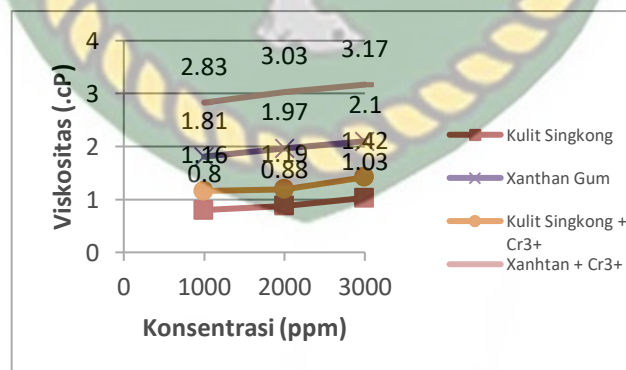
Gambar 4.3. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 80 C dengan salinitas 5000 ppm



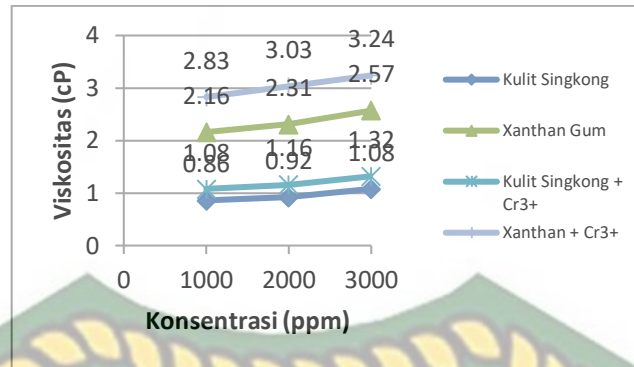
Gambar 4.4. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 60 C dengan salinitas 10.000 ppm



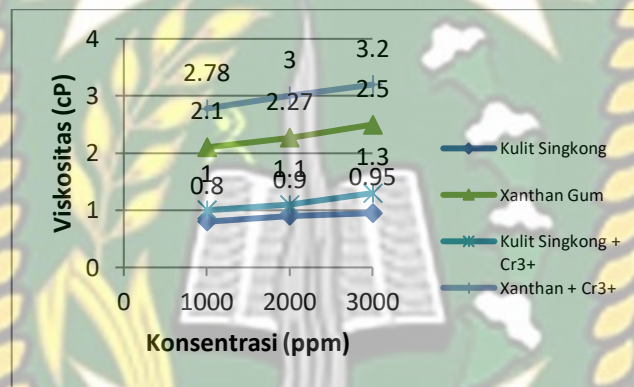
Gambar 4.5. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 70 C dengan salinitas 10.000 ppm



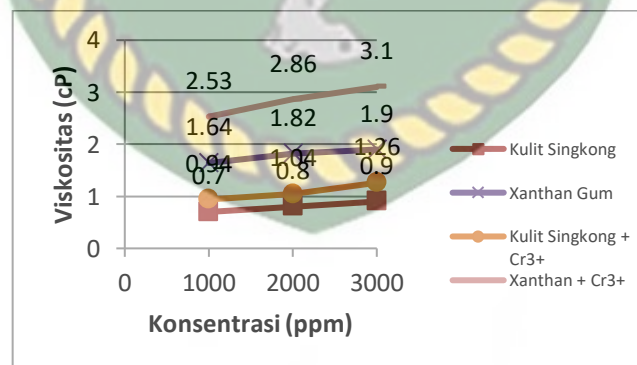
Gambar 4.6. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 80 C dengan salinitas 10.000 ppm



Gambar 4.7. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 60 C dengan salinitas 15.000 ppm



Gambar 4.8. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 70 C dengan salinitas air formasi 15.000 ppm



Gambar 4.9. Pengaruh konsentrasi terhadap viskositas pada temperatur 80 C dengan salinitas 15.000 ppm

Berdasarkan **Gambar 4.1** samapi **Gambar 4.9** terlihat bahwa seiring peningkatan konsentrasi pada biopolimer kulit singkong dan *xantan gum* nilai viskositas yang didapat semakin naik, namun *xanthan gum* jauh lebih baik dalam peningkatan viskositas. Viskoasitas biopolimer kulit singkong dengan Tambahan *crosslinker* (Cr^{3+}) tidak terlalu meningkatkan viskositas yang signifikan di banding sampel sebelum di tambahkan *crosslinker*, berbeda halnya dengan *xanthan gum* yang mampu meningkatkan viskositas dengan baik di banding dengan *xanthan gum* tanpa *crosslinker* hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Nizam (2018) yaitu penambahan *crosslinker* pada pati gembili mampu meningkatkan 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 menyebabkan 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).

Dalam penelitian (Simjoo et al., 2009) Karakterisasi reologi gel menunjukkan semakin banyak *crosslinker* rantai polimer yang terjadi dengan adanya pembentukan air, viskositas gel dan modulus elastisitasnya meningkat secara nyata dengan adanya air formasi. Efek ini adalah disebabkan oleh adanya kation divalen termasuk dalam air formasi.

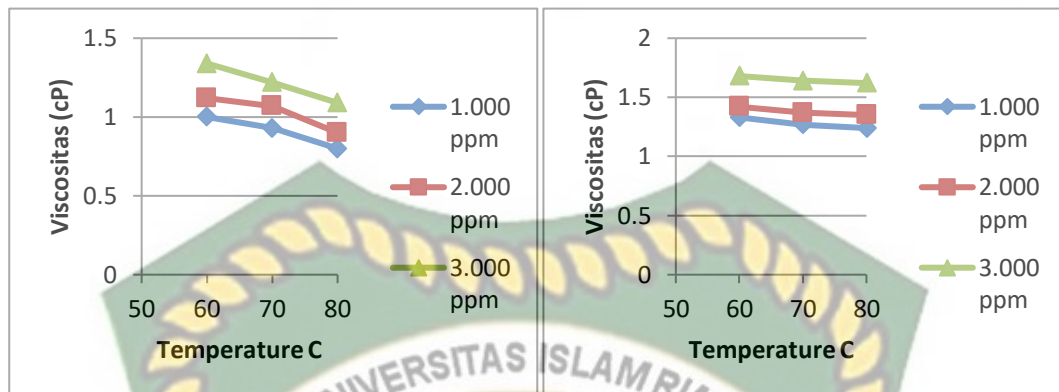
Pada penelitian ini peneliti menggunakan konsentrasi 1.000, 2.000, 3.000 ppm dan menambahkan 10% *crosslinker* terhadap konsentrasi biopolimer dan mendapatkan nilai viskositas yang terlalu kecil jika ingin di aplikasikan untuk *water shut off*. Penelitian yang dilakukan (Jia & Chen, 2018) gel polimer yang digunakan diformulasikan dengan kombinasi 0,4-0,6% berat KYPAM dan

ditambahkan 0,02-0,04% (5:1), (10:1), dan (20:1) berat *chromium asetat*, dari hasil penelitian ini di dapatkan waktu gelasi antara 2 sampai 4 jam, mengingat kemampuan pemompaan, viskositas larutan gel *crosslinker* tidak boleh terlalu tinggi. Viskositas gel target dapat mencapai 343, 545, 543, dan 875 mPa s ketika reaksi *crosslinker* terjadi, dan viskositas gel yang rendah dapat menguntungkan pemompaan *downhole*. Pada tabel di bawah ini juga merupakan perbandingan penggunaan konsentrasi polimer dan konsentrasi *crosslinker*.

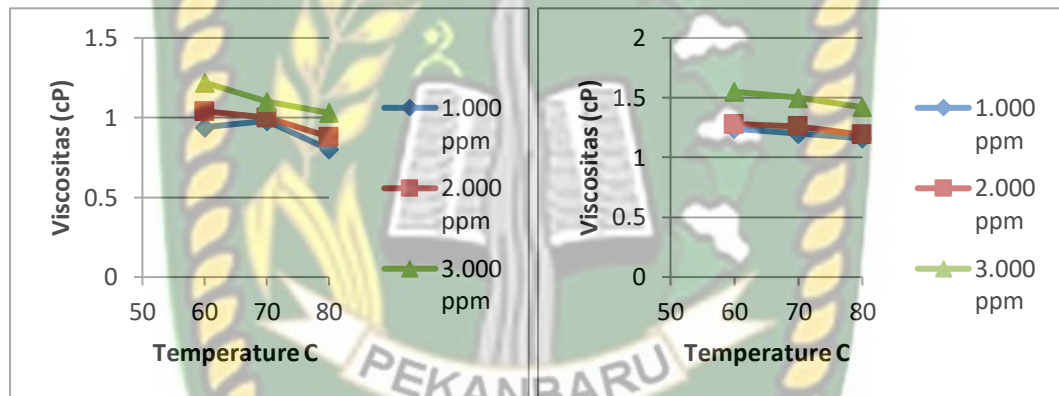
Tabel 4.6 Perbandingan sifat antara *crosslinker Chromium (III) Asetat* dengan *crosslinker PEI-DS* (Jayakumar & Lane, 2012).

Parameters	HPAM- <i>Chromium(III) acetate gel</i>		HPAM-PEI-DS gel	
	HPAM concentration, ppm	4000	7000	4000
<i>Crosslinker type</i>	<i>Chromium (III) acetate</i>		<i>Commercial grade PEI</i>	
<i>Crosslinker concentration, ppm</i>	400	560	4000	7000
DS concentration, ppm	N/A	N/A	800	1400
DS:PEI Ratio	N/A	N/A	1:2	1:2
pH of PEI	N/A	N/A	10.65	10.65
<i>Temperature</i>	100° C	100 °C	100 °C	100 °C
<i>Salt concentration</i>	1% Potassium Chloride	1% Potassium Chloride	1% Potassium Chloride	1% Potassium Chloride
<i>Gelation time</i>	7 minutes	5 minutes	12 hours	8 hours
<i>Initial gelant viscosity @ 20rpm, 100° C</i>	27 cP	28.5 cP	24.0 cP	25.5cP
<i>Final Sydansk gel code</i>	C	G	G	I

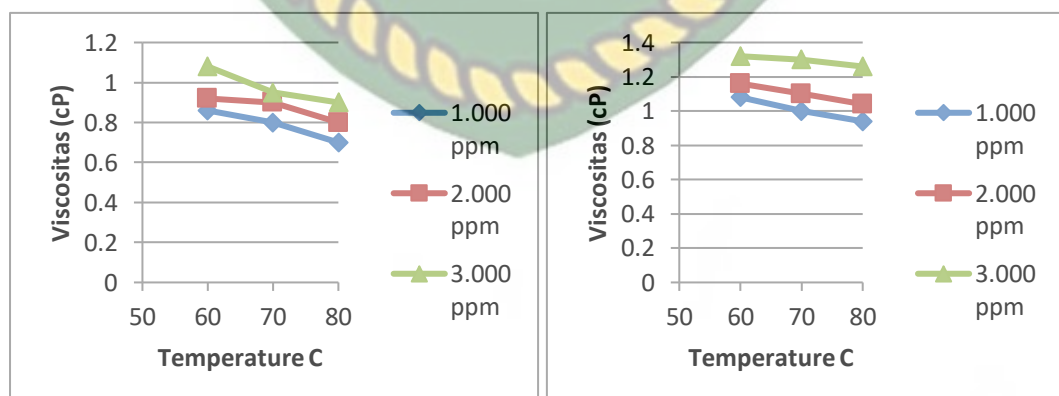
4.4.1. Perbandingan Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Biopolimer Kulit Singkong Dengan Tambahkan *Crosslinker* (Cr3+)



Gambar 4.10. Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer kulit singkong pada salinitas 5.000 ppm dengan tambahan *crosslinker*

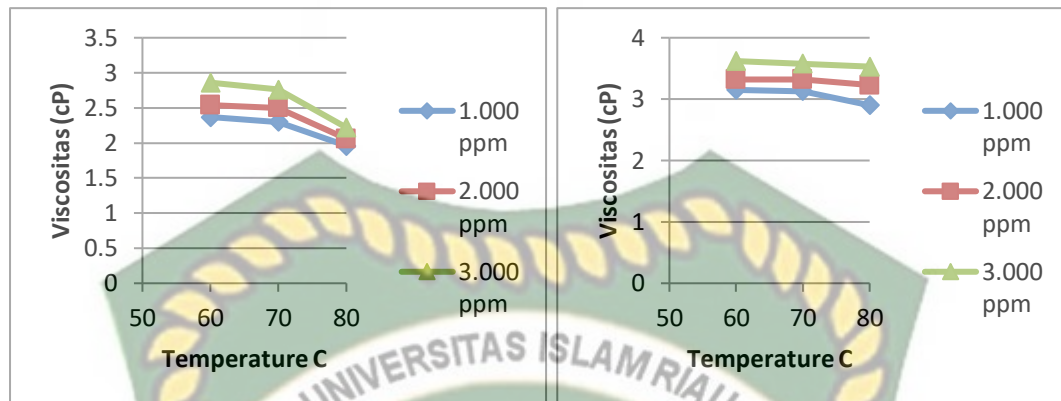


Gambar 4.11. Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer kulit singkong pada salinitas 10.000 ppm dengan tambahan *crosslinker*

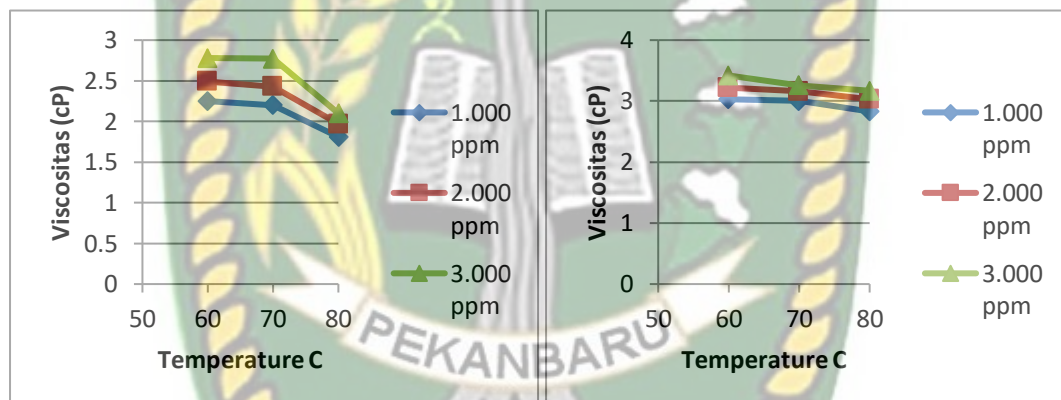


Gambar 4.12. Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer kulit singkong pada salinitas 15.000 ppm dengan tambahan *crosslinker*

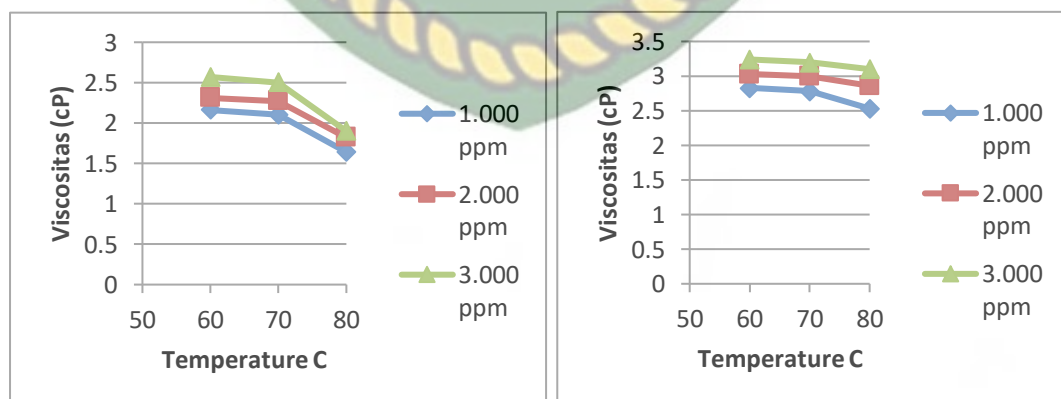
4.4.2. Perbandingan Pengaruh Temperatur Terhadap Viskoasitas Biopolimer *Xanthan Gum* Dengan Tambahkan *Crosslinker* (Cr³⁺)



Gambar 4.13. Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer *xanthan gum* pada salinitas 5.000 ppm dengan tambahan *crosslinker*



Gambar 4.14. Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer *xanthan gum* pada salinitas 10.000 ppm dengan tambahan *crosslinker*



Gambar 4.15. Pengaruh temperatur terhadap viskositas biopolimer *xanthan gum* pada salinitas 15.000 ppm dengan tambahan *crosslinker*

Viskositas dari polimer akan berubah seiring dengan naiknya temperatur (Mohd et al., 2018). **Gambar 4.10** sampai **Gambar 4.15** menunjukkan seiring dengan terjadinya peningkatan temperatur maka akan menyebabkan terjadi penurunan viskositas pada sampel biopolimer. Hasil pada penelitian ini juga sesuai dengan 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.

Penurunan viskositas terjadi pada temperature 70°C dan 80°C dimana sampel biopolimer kulit singkong dan *xanthan gum* pada semua konsentrasi mengalami penurunan. Berbeda halnya dengan biopolimer kulit singkong dan *xanthan gum* dengan tambahan *crosslinker*, dimana penambahan *crosslinker* berupa *chromium* (Cr³⁺) pada sampel biopolimer kulit singkong dan *xanthan gum* mampu menstabilkan penurunan viskositas pada suhu 70 C dan 80 C sehingga kedua sampel ini dapat dikatakan memiliki stabilitas termal yang cukup baik, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Nizam, (2018) dimana keuntungan dari penggunaan metode *crosslinking* ini adalah dapat menghasilkan biopolimer tahan terhadap medium asam dan termal sehingga tidak mudah pecah pada saat pemanasan.

4.5. Analisis Pengujian *Compatibility* Biopolimer

Uji *compatibility* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah larutan polimer yang digunakan *compatible* atau tidak dengan konsentrasi air formasi (*brine*). Salinitas air formasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi polimer, hal tersebut terjadi akibat adanya kandungan garam pada air formasi yang dapat mengendapkan polimer Sukamto, (2016). Pengujian *compatibility* dinyatakan berhasil apabila larutan yang di uji terlarut sempurna, berwarna jernih dan tidak terdapat endapan, sehingga diharapkan

larutan yang digunakan tidak akan menyumbat pori-pori batuan ketika diinjeksikan (Eni et al., 2008).

Tael 4.7 Uji *compatibility* larutan biopolimer

Jenis Bio Polimer	Salinitas (ppm)	Konsentras Biopolimer (ppm)	Keterangan		
			60 °C	70 °C	80 °C
Kulit Singkong (NaCMC)	5.000	1000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
	10.000	1000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000	Jernih, sedikit endapan	Jernih, sedikit endapan	Jernih, sedikit endapan
	15.000	1000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000	Jernih, sedikit endapan	Jernih, sedikit endapan	Jernih, sedikit endapan
	5.000	1000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000	Jernih,	Jernih,	Jernih,

Xanthan Gum	10.000		Tidak ada endapan	Tidak ada endapan	Tidak ada endapan
		1000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
	15.000	3000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		1000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
	15.000	3000	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan

Tabel 4.8 Uji *compatibility* larutan biopolimer dengan *crosslinker*

Jenis Bio Polimer	Salinitas (ppm)	Kons. Biopolimer (ppm)	Kons. (Cr3+) (%)	Keterangan		
				60 °C	70 °C	80 °C
Kulit Singkong (NaCMC)	5.000	1000	10	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000	10	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000	10	Jernih, sedikit endapan	Jernih, sedikit endapan	Jernih, sedikit endapan
	10.000	1000	10	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000	10	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000	10	Jernih, sedikit	Jernih, sedikit	Jernih, sedikit

				endapan	endapan	endapan
	15.000	1000	10	Jernih, Sedikit endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Sedikit endapan
		2000	10	Jernih, sedikit endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, sedikit endapan
		3000	10	Jernih, sedikit endapan	Jernih, sedikit endapan	Jernih, sedikit endapan
Xanthan Gum	5.000	1000	10	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000		Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000		Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
	10.000	1000	10	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000		Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000		Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
	15.000	1000	10	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		2000		Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan
		3000		Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan	Jernih, Tidak ada endapan

Tabel 4.4 merupakan data hasil pengujian *compatibility* biopolimer kulit singkong yang telah di uji pada temperatur 60°C, 70°C dan 80°C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa biopolimer kulit singkong *compatible* dengan konsentrasi 1000 ppm dan 2000 ppm pada salinitas 5000 ppm, 10.000 ppm, dan 15.000 ppm

disetiap temperatur 60°C, 70°C dan 80°C, sedangkan pada konsentrasi 3000 ppm pada semua salinitas dan disetiap temperatur terdapat sedikit endapan pada larutannya sehingga larutan tersebut tidak *compatible*, hal tersebut bisa saja terjadi karena pengaruh kecepatan dan waktu pada saat melarutkan biopolimer dengan alat *stirrer* dan juga dapat terjadi karena waktu pengujian dari uji *compatibility* yang dilakukan, pengujian *compatibility* ini dilakukan selama 3 hari (Dhafa et al., 2021). Pengujian *compatibility* juga dilakukan pada *xanthan gum* dengan data hasil pengujian yang ditunjukkan pada **Tabel 4.2** dimana *xanthan gum* yang *compatible* yaitu pada semua konsentrasi dan pada semua pada semua temperatur.

Pada **Tabel 4.5** dapat dilihat bahwa penambahan *crosslinker* berupa *chromium* (Cr^{3+}) pada biopolimer kulit singkong di konsentrasi 1000 ppm dan 2000 ppm pada salinitas 5.000, 10.000, dan 15.000 ppm memiliki larutan jernih dan tidak ada endapan, namun pada konsentrasi 3.000 ppm di semua salinitas dan temperatur terdapat sedikit endapan, adanya sedikit endapan ini kemungkinan adalah sisa larutan yang tidak terlarut dengan baik pada saat di *stirrer*. Sedangkan pada *xanthan gum* dengan tambahan *crosslinker* kompetibel di semua konsentrasi dan semua salinitas jernih dan tidak ada endapan. Uji *compatibility* dinyatakan berhasil apabila larutan yang diuji berwarna jernih dan tidak terdapat endapan. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa semakin besar penambahan konsentrasi polimer dan semakin besar tingkat salinitas dari larutan maka akan menyebabkan larutan tidak *compatible*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sukamto, (2016) yang menyatakan bahwa semakin besar tingkat salinitas larutan maka akan semakin besar jumlah polimer yang terendapkan disebabkan oleh adanya kandungan garam pada salinitas air formasi. Adapun hasil foto pengujian kompatibilitas dari penelitian ini bisa dilihat pada **Lampiran III**.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Studi Awal Pengujian Biopolimer Kulit Singkong Sebagai Bahan Alternatif Dalam Penanggulangan *Water Coning*” maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses sintesis menghasilkan produk biopolimer turunan berupa natrium karboksimetil selulosa (NaCMC) kulit singkong. Dan hasil persentase rendemen selulosa yang didapatkan berkisar antara 62,3 % - 90%. Nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan hidrolisis menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 45% (v/v).
2. Pada biopolimer kulit singkong dan *xantan gum* dengan tambahan *crosslinker* mendapatkan hasil waktu gelasi lebih lama di banding dengan biopolimer tanpa *crosslinker*. Dari hasil pengujian dua jenis bahan ini juga terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi polimer dan konsentrasi salinitas air maka akan mengakibatkan proses *gelation time* menjadi lebih lama.
3. Pada pengukuran viskositas didapatkan bahwa biopolimer dengan tambahan *crosslinker* (Cr^{3+}) mampu meningkatkan viskositas dari viskositas normal, namun tidak dapat di aplikasikan untuk *water shut off* karena memiliki viskositas yang kecil. Dan hasil *compatibility* pada konsentrasi 1.000 dan 2.000 ppm pada semua salinitas di semua temperatur lolos *compatibility* karena larutan jernih dan tidak memiliki endapan.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dijabarkan oleh peneliti tentang “Studi Awal Pengujian Biopolimer Kulit Singkong Sebagai Bahan Alternatif Dalam Penanggulangan *Water Coning*” diharapkan untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan pengujian menggunakan parameter lain seperti *shear rates*, *absorbtion*, *gel strength*, dan *injectivity*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alquraishi, A. A., & Alsewailem, F. D. (2012). Xanthan and guar polymer solutions for water shut off in high salinity reservoirs. *Carbohydrate Polymers*, 88(3), 859–863.
- 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., & Sediarto, S. (2018). Pengaruh Alkalinisasi Selulosa terhadap Produksi Sodium Karboksimetil Selulosa. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*.
- 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.
- 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*.
- Dhafa, M., Setiati, R., Malinda, M. T., & Anugrahadi, A. (2021). Compatibility Test for Screening Surfactant Flooding. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 819(1).
- 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*)). *E-*

Journal Menara Perkebunan.

Edition, T. (1993). Reservoir Engineering. In *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition: Vol. Sigma.*

Fang, Y., Yang, E., & Cui, X. (2019). Study on Profile Control and Water Shut-Off Performance of Interpenetrating Network Polymer Gel Composite System in Shallow Low Temperature Fractured Oil Layer. *ChemistrySelect*, 4(27), 8158–8164.

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.

Ioelovich, M. (2016). Products of Cellulose Hydrolysis Made by Treatment of Feedstock with Concentrated Solutions of Sulfuric Acid. *Research & Reviews: Journal of Material Sciences*, 01(01).

Jayakumar, S., & Lane, R. H. (2012). Delayed crosslink polymer flowing gel system for water shutoff in conventional and unconventional oil and gas reservoirs. *Proceedings - SPE International Symposium on Formation*

Damage Control, 2(iii), 619–631.

Jia, H., & Chen, H. (2018). The potential of using Cr31/salt-tolerant polymer gel for well workover in low-temperature reservoir: Laboratory investigation and pilot test. *SPE Production and Operations*, 33(3), 569–582.

Lenji, M. A. (2018). *Comparison of Polymer Gel Crosslinkers : Evaluation and Optimization of Gelation Time for Water Shutoff Treatment Comparison of Polymer Gel Crosslinkers : Evaluation and Optimization of Gelation Time for Water Shutoff Treatment. June.*

Muslim, A. (2017). Prospek Ekonomi Ubi Kayu di Indonesia. *Universitas Al Azhar Indonesia.*

Ngudiono, M. A. S., Studi, P., Perminyakan, T., & Riau, U. I. (2018). Evaluasi Penanggulangan Produksi Air Dengan RPM (Relative Permeability Modifier) Treatment dan Keekonomiannya Pada Sumur “ M ” Lapangan “ N ” *Tugas Akhir.*

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). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Durian Mentega Sebagai Carboxymethyl Cllulosa (CMC) Utilization of Durian Mentega Fruit Skin as Carboxymethyl Cellulose (CMC). *Cmc*, 115–122.

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.

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*.

Santoso, S. P., Sanjaya, N., & Ayucitra, A. (2012). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Natrium Karboksimetil Selulosa. *11*(3), 124–131.

Saputra, A. T., Wicaksono, M. A., & Irsan, I. (2018). Pemanfaatan Minyak Goreng Bekas untuk Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Zeolit Alat Teraktivasi. *Jurnal Chemurgy*.

Sengupta, B., Sharma, V. P., & Udayabhanu, G. (2012). Development and performance of an eco-friendly cross-linked polymer system for water shut-off technique. *Society of Petroleum Engineers - International Petroleum Technology Conference 2012, IPTC 2012, 1*, 601–611.

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 Optimization of Sodium Carboksimetil Selulosa From Skin of Cassava (Manihot utilissima) and Development As. *01*(02).

Shriwal, P., & Lane, R. H. (2012). Impacts of timing of crosslinker addition on water shutoff polymer gel properties. *Proceedings - SPE Symposium on Improved Oil Recovery, 1*, 256–270.

Silsia, D., Efendi, Z., & Timotius, F. (2018). Karakterisasi Karboksimetil Selulosa (CMC) Dari Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Agroindustri*.

Simjoo, M., Koohi, A. D., & Vafaie-Sefti, M. (2009). *SPE European Formation Damage Conference held in Scheveningen*. 27–29.

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.

Vasquez, J., & Eoff, L. (2010). *SPE 139308 Laboratory Development and Successful Field Application of a Conformance Polymer System for Low-, Medium-, and High-Temperature Applications*.

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*.