STUDI AWAL PENGUJIAN PROPERTIES DARI LIMBAH AMPAS SAGU SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF CHEMICAL EOR

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Shania Regina
163210633

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2021

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

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. Dr. Eng. Muslim, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Novia Rita, ST., MT selaku Ketua Prodi dan Pak Tomi Erfando, ST., MT selaku Sekretaris Prodi serta Pak 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. Putri Ade Rahma Yulis, S. Pd., M.Si selaku ketua prodi fakultas Pendidikan kimia yang telah membantu saya untuk berdiskusi mengenai materi yang diangkat.
4. Orang tua saya Zulhendri dan Sri Ermanita, kakak dan abang- abang saya serta keluarga saya selalu memberikan semangat dan doa, serta bantuan materil dan moral sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Sahabat saya Azmi, Satria Tris Setiawan, M.Ridho Azrisky, Ilham Lahiri, 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, 21 April 2021

Shania Regina

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR LAMPIRAN ix
DAFTAR SINGKATAN ix
DAFTAR SIMBOL x
RINGKASAN xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan Penelitian 2
1.3 Manfaat Penelitian 2
1.4 Batasan Masalah 2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Injeksi Polimer 4
2.2. Limbah Ampas Sagu Sebagai Bahan Alternatif NaCMC 5
2.3. Biopolimer dari Bahan Baku Lain 8
BAB III METODE PENELITIAN 10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 17
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 30
DAFTAR PUSTAKA 31
LAMPIRAN 36

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik pendesakan dengan larutan polimer (Usman, 2011). 4
Gambar 2.2 Produksi Sagu Per tahun di Indonesia (Ton) (Indonesia, 2019)..... 6
Gambar 2.3 Struktur kimia dari (a) selulosa (Chowdhury et al., 2013) (b)NaCMC (Devi, Deka, Maji, & Kakati, 2016)..... 8
Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian..... 11
Gambar 4.1 Reaksi kimia pada proses hidrolisis selulosa menggunakan asam sulfat (Pratama et al., 2019)..... 17
Gambar 4.2 Reaksi kimia pada saat proses alkalisasi dan karboksimetilasi (Basmal et al., 2018)..... 18
Gambar 4.3 Rasio swelling biopolimer terhadap salinitas 20
Gambar 4.4 Pengaruh viskositas terhadap temperatur pada salinitas 5000 ppm 22
Gambar 4.5 Pengaruh viskositas terhadap temperatur pada salinitas 30000 ppm 23
Gambar 4.6 Pengaruh viskositas terhadap temperatur pada salinitas 60000 ppm 23
Gambar 4.7 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada temperatur 60°C 24
Gambar 4.8 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada temperatur 70°C 25
Gambar 4.9 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada temperatur 80°C 25
Gambar 4.10 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada temperatur 90°C 26
Gambar 4.11 Spektrum gelombang FTIR pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15% 28
Gambar 4.12 Spektrum gelombang FTIR pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 20% 29

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan yang terdapat pada ampas sagu 7
Tabel 2.2 State of the Art 9
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian 10
Tabel 3.2 Perhitungan massa brine NaCl 14
Tabel 4.1 Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap berat selulosa 19
Tabel 4.2 Densitas polimer berdasarkan perbandingan salinitas dan temperatur 21
Tabel 4.3 Pembacaan hasil pengujian FTIR 27

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I Tabel Hasil Uji Swelling Biopolimer Limbah Ampas Sagu dan Xanthan Gum 37

LAMPIRAN II Tabel Hasil Pengujian Viskositas Dinamik Biopolimer Limbah Ampas Sagu dan Xanthan Gum 38

LAMPIRAN III Tahap pembuatan natrium karboksimetil selulosa dari tanaman sagu 39

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SINGKATAN

EOR	= *Enhanced Oil Recovery*
NaCMC	= Natrium Karboksimetil Selulosa
H_2SO_4	= Asam Sulfat
NaCl	= Natrium Klorida
NaoH	= Natrium Hidroksida
H_2O_2	= Hidrogen Peroksida
ppm	= *Parts Per Million*
rpm	= *Rate Per Minute*
ml	= Milliliter
mg	= Milligram
cm	= Sentimeter
Ha	= *Hektare*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SIMBOL

°C	= Temperatur dalam celcius
°F	= Temperatur dalam fahrenheit
μ_{kin}	= Viskositas Kinetik (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)
g	= Gram
g/g	= Gram Per Gram
v	= Volume piknometer
W_1	= Berat ampas sagu awal
W_2	= Berat ampas sagu akhir
m'	= Massa piknometer berisi cairan
m	= Massa piknometer kosong

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

STUDI AWAL PENGUJIAN PROPERTIES DARI LIMBAH AMPAS SAGU SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF CHEMICAL EOR

SHANIA REGINA
163210633

RINGKASAN

Polymer flooding merupakan salah satu metode *chemical* EOR yang banyak diaplikasikan di industri migas karena penggunaannya lebih mudah diaplikasikan dan juga lebih murah. Injeksi polimer telah diterapkan sejak awal tahun 1960. Injeksi ini meliputi penambahan *thickening agent* (bahan pengental) kedalam air formasi untuk meningkatkan viskositasnya dengan tujuan untuk meningkatkan *sweep efficiency* dengan menurunkan *water-oil mobility ratio* sehingga dapat meningkatkan viskositas. Saat ini polimer yang diaplikasikan di dalam metode *chemical* EOR terbagi menjadi dua kelas yaitu *synthetic polymer* dan biopolimer. Salah satu jenis biopolimer kompleks seperti pati, dekstran, *xanthan*, citosan dan selulosa.

Salah satu tanaman yang bisa dimanfaatkan dalam pembuatan biopolimer berbasis selulosa ialah ampas sagu. Pemanfaatan ampas sagu yang masih minim, menyebabkan terjadinya penumpukan ampas sehingga akan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Ampas sagu memiliki kandungan selulosa sekitar 40%. Pada penelitian ini peneliti ingin memanfaatkan kandungan selulosa yang terdapat pada limbah ampas sagu untuk dijadikan sebagai bahan pembuatan biopolimer dalam bentuk NaCMC yang nantinya akan diterapkan ke dalam pengaplikasian metode *chemical* EOR.

Tahapan pada penelitian ini berupa proses preparasi sampel, hidrolisis, alkalisasi, bleaching, karboksimetilasi dan uji karakteristik berupa uji densitas, viskositas, salinitas, dan FTIR. Penelitian ini menggunakan empat variasi sampel volume H_2SO_4 (10%, 15%, 20%, dan 25%), dengan konsentrasi salinitas 5000 ppm, 30000 ppm dan 60000 ppm dan pada temperatur 60°C, 70°C, 80°C dan 90°C.

Hasil penelitian terbaik menunjukkan bahwa biopolimer dari limbah ampas sagu pada variasi asam sulfat 15% dan 20% stabil pada temperatur 80°C, dan seiring naiknya salinitas maka terjadi penurunan terhadap densitas dan viskositas, serta hasil pengujian FTIR menunjukkan bahwa terbentuknya gugus OH, C=O, C-O dan C-H yang menunjukkan adanya spektrum penyusun NaCMC pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15% dan 20%.

Kata Kunci: EOR, biopolimer, selulosa, natrium karboksimetil selulosa (NaCMC), ampas sagu.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

INITIAL STUDY ON PROPERTIES OF SAGO WASTE AS AN ALTERNATIVE CHEMICAL EOR MATERIAL

SHANIA REGINA
163210633

ABSTRACT

Polymer flooding is one of the EOR chemical methods which is widely applied in the oil and gas industry because its use is easier to apply and also cheaper. Polymer injection has been applied since the early 1960's. This injection involves adding a thickening agent to the formation water to increase its viscosity in order to increase the sweep efficiency by decreasing the water-oil mobility ratio so as to increase the viscosity. Currently, the polymers applied in the chemical EOR method are divided into two classes, namely synthetic polymers and biopolymers. One type of complex biopolymers such as starch, dextran, xanthan, chitosan and cellulose.

One of the plants that can be used in the manufacture of cellulose-based biopolymers is sago waste. The use of sago dregs is still minimal, causing a buildup of dregs so that it will cause environmental pollution. Sago pulp contains about 40% cellulose. In this study, the researchers wanted to take advantage of the cellulose content found in sago waste to be used as a material for making biopolymers in the form of NaCMC which would later be applied to the application of the EOR chemical method.

The stages in this study were sample preparation, hydrolysis, alkalization, bleaching, carboxymethylation and characteristic tests in the form of density, viscosity, salinity, and FTIR tests. This study used four variations of sample volume H2SO4 (10%, 15%, 20%, and 25%), with salinity concentrations of 5000 ppm, 30000 ppm and 60000 ppm and at temperatures of 60 ° C, 70 ° C, 80 ° C and 90 ° C.

The best research results show that the biopolymer from sago waste at 15% and 20% sulfuric acid is stable at 80 ° C, and as the salinity increases, the density and viscosity decrease, and the FTIR test results show that the formation of OH, C = groups. O, CO and CH which showed the presence of a spectrum of NaCMC constituents in sago waste samples with sulfuric acid concentrations of 15% and 20%.

Keywords: *EOR, biopolymer, cellulose, sodium carboxymethyl cellulose (NaCMC), sago pulp.*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polymer flooding merupakan salah satu metode *chemical* EOR yang banyak diaplikasikan dan telah diterapkan sejak awal tahun 1960 (Rostami, Kalantari-Meybodi, Karimi, Tatar, & Mohammadi, 2018). Injeksi ini meliputi penambahan *thickening agent* (bahan pengental) kedalam air formasi untuk meningkatkan viskositasnya dengan tujuan untuk meningkatkan *sweep efficiency* dengan menurunkan *water-oil mobility ratio* sehingga dapat meningkatkan viskositas air (Rellegadla, Prajapat, & Agrawal, 2017; Rita, 2012).

Saat ini polimer yang di aplikasikan untuk metode *chemical* EOR terbagi menjadi dua kelas yaitu *synthetic polymer* dan biopolimer. Biopolimer merupakan polimer alami yang dapat dijumpai pada tumbuhan, hewan dan mikroorganisme (Lailatin;, Jazimah Iswarin, & Nuriyah, 2011) yang terbentuk di dalam sel oleh proses metabolisme yang kompleks seperti pati, dekstran, *xanthan*, citosan dan selulosa. Turunan dari biopolimer jenis selulosa juga dimanfaatkan dalam industri migas dan biasanya digunakan dalam bidang teknik pengeboran, dan saat ini para peneliti memanfaatkannya menjadi salah satu bahan yang digunakan untuk aplikasi *chemical* EOR yang berupa CMC (*carboxymethyl cellulose*) dan *xanthan gum*. 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 stabilitas termal yang baik sehingga membuatnya hampir ideal untuk operasi EOR (Ayoola et al., 2018).

Salah satu tanaman yang ampasnya memiliki kandungan selulosa yang tinggi adalah tanaman sagu. Seluruh bagian dari tanaman sagu bisa dimanfaatkan dan menghasilkan limbah berupa ampas sagu dan jika dibiarkan akan menyebabkan pencemaran lingkungan akibat bau yang ditimbulkan dan dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan kematian tanaman akibat terjadinya kenaikan keasaman pH tanah (Amin, Sabli, Izhar, & Yoshida, 2019).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Apabila dilihat dari kandungannya limbah ampas sagu memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yakni sekitar 40% (Lee et al., 2014). Pada penelitian ini peneliti ingin memanfaatkan kandungan selulosa yang terdapat pada limbah ampas sagu untuk dijadikan sebagai bahan pembuatan biopolimer dalam bentuk NaCMC yang nantinya akan diterapkan ke dalam pengaplikasian metode *chemical* EOR.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan ialah:

1. Melakukan proses sintesis dari limbah ampas sagu sehingga dapat menghasilkan biopolimer dalam bentuk NaCMC.
2. Mengukur rendemen NaCMC limbah ampas sagu yang dihasilkan pada proses perlakuan hidrolisis menggunakan perbandingan asam sulfat.
3. Menganalisa nilai rasio *swelling*, densitas dan viskositas dari NaCMC limbah ampas sagu dan membandingkan dengan biopolimer komersial berupa *xanthan gum.*
4. Menganalisa gugus fungsi dari NaCMC limbah ampas sagu sebagai biopolimer alternatif.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan ialah:

1. Berkontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan.
2. Berkontribusi terhadap pengayaan materi kuliah.
3. Dapat mengetahui karakteristik biopolimer dalam bentuk NaCMC sehingga nantinya bisa dijadikan sebagai bahan acuan dalam pengujian selanjutnya.
4. Dapat meminimalisir terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh ampas sagu.

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 ampas sagu sebagai pembuatan biopolimer.
2. Menggunakan empat variasi sampel volume asam sulfat (H_2SO_4) dengan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

konsentrasi 10%, 15%, 20%, dan 25%.

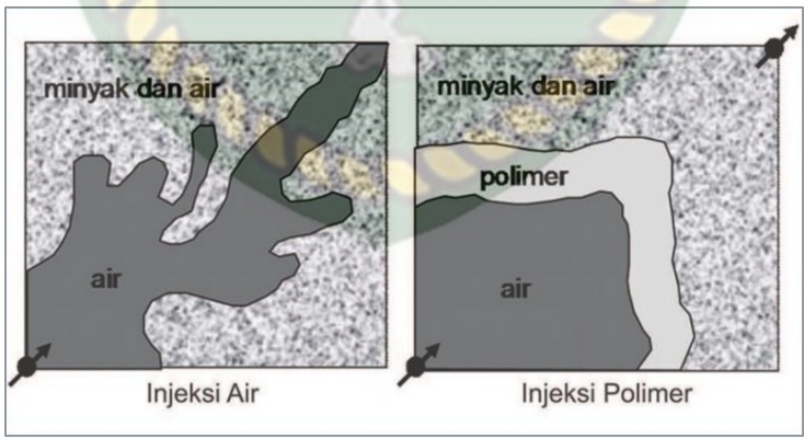
3. Salinitas yang digunakan pada penelitian ini sebesar 5000 ppm, 30000 ppm dan 60000 ppm.
4. Konsentrasi polimer yang digunakan pada penelitian ini adalah 500 ppm.
5. Temperatur yang digunakan pada penelitian ini ialah 60°C, 70°C, 80°C dan 90°C.
6. Prosedur dan uji karakteristik yang dilakukan akan menghasilkan produk biopolimer dalam bentuk NaCMC.
7. Menggunakan biopolimer komersial sebagai pembanding pada pengujian properties berupa *xanthan gum.*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Injeksi Polimer

Chemical EOR merupakan teknologi *oil recovery* yang paling menjanjikan untuk meningkatkan *sweep efficiency* (Moreau et al., 2010). Proses ini dilakukan dengan cara menginjeksikan polimer sebagai bahan zat pengental yang berperan sebagai *thickening agent* (Rita, 2012) dengan konsentrasi rendah yang dapat menyebabkan viskositas air menjadi lebih tinggi dari pada minyak. Proses ini dikenal sebagai *polymer flooding* (Moreau et al., 2010). Polimer merupakan jenis injeksi yang banyak digunakan (Bae, Masduki, Permadi, & Abdurrahman, 2017) karena harganya yang relatif murah dan mudah untuk diaplikasikan serta bagus digunakan untuk mengontrol rasio mobilitas dengan meningkatkan viskositas cairan injeksi dan dengan demikian memberikan sapuan yang menguntungkan (Quadri et al., 2015). **Gambar 2.1** merupakan skematika pada injeksi polimer dimana larutan polimer digunakan sebagai pendesak sehingga *sweep efficiency crude oil* didalam reservoir dapat ditingkatkan dengan mengurangi perbedaan mobilitas antara minyak dan fluida air. Injeksi polimer dapat membantu mengurangi perbedaan mobilitas dengan cara meningkatkan viskositas air. Teknik injeksi polimer ini menyebabkan viskositas air menjadi lebih rendah dari minyak (Ayoola et al., 2018).



Gambar 2.1 Skematik pendesakan dengan larutan polimer (Usman, 2011).

Dalam injeksi polimer ini terdapat dua jenis polimer yang biasa diaplikasikan di lapangan, diantaranya ialah *polysaccharides* disebut juga dengan biopolimer dan *polyacralamides* dengan jenis yang biasa digunakan ialah *partially hydrolized*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

polyacralamide (HPAM) (Rellegadla, Prajapat, & Agrawal, 2017b). Jenis polimer sintetis seperti HPAM dan turunannya telah digunakan dalam skala besar dikarenakan harganya lebih terjangkau, memiliki stabilitas termal yang baik dan tidak lebih dari 110°C. Tapi sayangnya polimer sintetis ini sangat sensitif dengan kadar salinitas yang tinggi (Rashidi, Blokhus, & Skauge, 2010). Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat akan dilakukannya injeksi polimer, yaitu viskositas minyak di bawah 10000 cP, saturasi minyak diatas 30%, temperatur dibawah 250°F, salinitas di bawah 250000 ppm (Mohsenatabar Firozjaii & Saghafi, 2020). Menurut Brock & Shiel, (1983) kandungan konsentrasi salinitas *brine* terbagi menjadi beberapa bagian yakni *fresh water* dibawah 3000 ppm, *slightly saline* antara 3000 – 10000 ppm, *saline* 3000 hingga 35000 ppm dan *hypersaline* diatas 35000 ppm.

Jenis polimer lain ini berupa biopolimer. Biopolimer atau *natural polymer* merupakan polimer yang dengan mudah dijumpai pada kandungan sel hewan, tumbuhan maupun mikroorganisme. Dimana jenis dari biopolimer ini berupa chitin, chitosan, dextran, pati, selulosa dan *xanthan gum* (Benabid F. Z. & Zouai, 2016). *Xanthan gum* merupakan non-ionik polimer dan telah digunakan pada injeksi polimer. *Xanthan gum* digunakan karena *xanthan gum* dapat tahan pada temperatur yang tinggi dapat stabil pada temperatur 105°C dan salinitas tinggi (Abidin, Puspasari, & Nugroho, 2012).

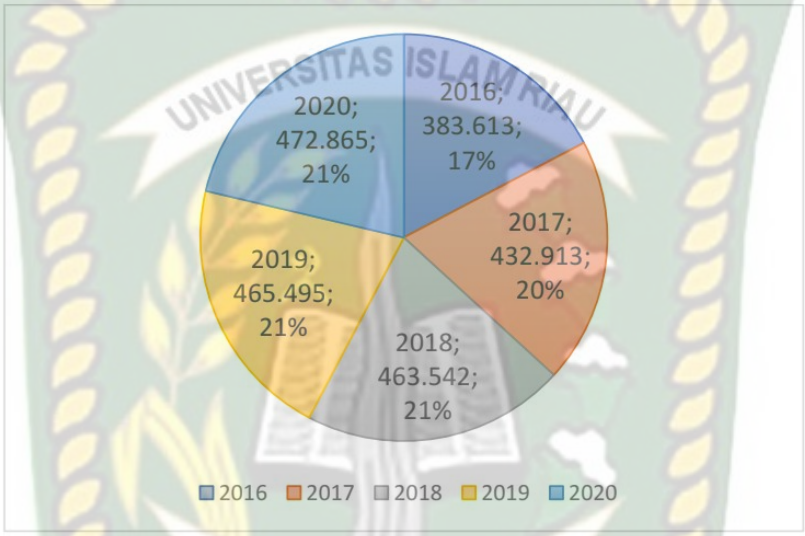
Biopolimer telah banyak digunakan diberbagai jenis industri, baik itu tekstil, pangan hewan, farmasi, industri migas dan lainnya. Karakteristik biopolimer yang digunakan di industri migas yakni memiliki ketahanan termal yang baik, tidak lebih dari 80°C, memiliki sifat viskoelastis yang baik. Biopolimer di industri migas biasanya digunakan sebagai material untuk lumpur pemboran, *polymer gels* untuk *water and gas control*, dan EOR (Adewole & Muritala, 2019). Pemanfaatan biopolimer dalam bidang EOR telah diuji coba ke beberapa lapangan dan dinyatakan berhasil (Ayoola et al., 2018; Rellegadla et al., 2017a).

2.2. Limbah Ampas Sagu Sebagai Bahan Alternatif NaCMC

Sagu merupakan tanaman *endemic* yang banyak dijumpai di Indonesia dengan produksi tanaman sagu pada tahun 2020 sekitar 472.865 Ton (Indonesia, 2019).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Indonesia memiliki kawasan sagu terluas di dunia, dengan luas sekitar 1.128 juta hektar atau 51,3% dari 2.201 juta Ha sagu dunia. Pada **Gambar 2.2** menunjukkan bahwa produksi sagu dalam beberapa tahun belakangan ini masih sangat banyak dan juga sagu merupakan kebutuhan pangan pokok bagi sebagian masyarakat yang berada di Sulawesi tenggara. Dalam pengolahan sagu diperoleh sekitar 18,5% pati dan 81,5% berupa ampas sagu (Irnawati, Kahar, & Budiarti, 2018), ini menandakan terdapat 380 Ton ampas sagu yang terbuang.



Gambar 2.2 Produksi Sagu Per tahun di Indonesia (Ton) (Indonesia, 2019)

Ampas sagu merupakan hasil limbah dari ekstraksi pati yang mengandung lignin, hemiselulosa dan selulosa. Sejauh ini pemanfaatan limbah ampas sagu hanya untuk pakan ternak, apabila pemanfaatan ampas sagu tidak digunakan secara maksimal dan dibiarkan terlalu lama akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Pencemaran yang terjadi telah dibahas didalam Al-Quran pada surah Ar-Rum/30: 41 yang artinya: Telah nampak kerusakan didarat dan dilaut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 2.1 Kandungan yang terdapat pada ampas sagu

Komponen	Persentase (%)
Pati	36,5
Lignin	4,5
Selulosa	40,0
Hemilosa	13,1

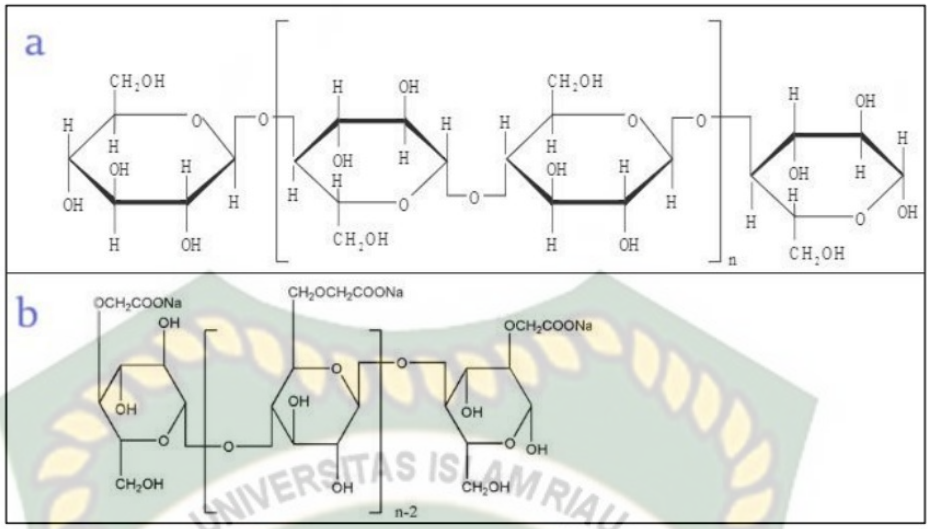
Sumber:(Lee et al., 2014).

Tabel 2.1 menunjukkan persentase kandungan yang terdapat pada ampas sagu yang terdiri dari pati, lignin, selulosa, hemilosa. Kandungan selulosa ini yang nantinya akan digunakan sebagai komponen utama untuk bahan dasar dalam pembuatan biopolimer NaCMC.

Selulosa merupakan polisakarida organik yang merupakan penyusun utama dinding sel pada tumbuhan (Megawati, Sami, & Syatriani, 2017). Selulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ merupakan gabungan molekul glukosa yang membentuk rantai selulosa, biasanya tersusun dari 2000 – 3000 glukosa. Kandungan utama selulosa terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Selulosa tidak berbau dan berwarna, tidak dapat larut didalam air, dapat tahan terhadap panas (Pamilia Coniwanti, Muhammad Dani, 2015). Biasanya selulosa digunakan sebagai bahan baku di industri kertas, tekstil, kosmetik, farmasi (Pamilia Coniwanti, Muhammad Dani, 2015).

Produk yang biasa dihasilkan dari pengolahan selulosa berupa CMC. CMC merupakan turunan yang dihasilkan dari reaksi selulosa yang tidak terlarut dengan asam kloroasetat dengan adanya basa. CMC biasanya digabungkan dengan alkali seperti NaCMC karena karboksimetil selulosa merupakan logam alkali yang tahan terhadap bakteri (Pu, Shen, Wei, Yang, & Li, 2018). **Gambar 2.3** merupakan struktur kimia dari selulosa pada tumbuhan dan natrium karboksimetil selulosa.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.3 Struktur kimia dari (a) selulosa (Chowdhury et al., 2013) (b)NaCMC (Devi, Deka, Maji, & Kakati, 2016)

NaCMC merupakan senyawa anion dan banyak digunakan secara luas sebagai bahan pengental, *emulsifying*, memiliki sifat tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak beracun, memiliki pH dengan rentang 6,5 sampai 8. Natrium karboksimetil selulosa merupakan rantai polimer yang tersusun dari unit molekul selulosa. Tahapan pada pembuatan NaCMC ini terdiri dari proses alkalisasi, karboksimetilasi (Pamilia Coniwanti, Muhammad Dani, 2015). 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 $ClCH_2COONa$ (Silsia, Efendi, & Timotius, 2018).

2.3. Biopolimer dari Bahan Baku Lain

Penelitian yang dilakukan peneliti kali ini melihat beberapa referensi yang membahas sesuai dengan topik yang diangkat dengan konsep yang hampir sama sebagai bahan panduan untuk menghasilkan sesuatu yang baru dan tidak melakukan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

pengulangan penelitian, berikut ini :

Tabel 2.2 *State of the Art*

No	Judul Penelitian	Bahan Baku	Metode Penelitian	Hasil
1	Sintesis Natrium Karboksimetil Selulosa (Na.CMC) dari Selulosa Hasil Isolasi dari Batang Alang-Alang (Megawati et al., 2017).	Batang alang-alang	Sintesis dan hidrolisis	Viskositas= 10 Cp Ph = 6.
2	*Optimizing Extraction of Cellulose and Synthesizing Pharmaceutical Grade Carboxymethyl Sago Cellulose from Malaysian Sago Pulp (Veeramachineni et al., 2016)*	Ampas sagu	Isolasi alfa selulosa menggunakan beberapa metode, bahan kimia yang berbeda	Ph= 9.7 Densitas= 11.55 g/mL
3	*Production of A Novel Bio-Polymer for Enhanced Oil Recovery and Modelling the Polymer Viscosity Using Artificial Neural Network (ANN) (Ayoola et al., 2018)*	Pati Kulit ubi jalar	Ekstraksi, filtrasi	Berat molekul yang didapat ialah 1.36x 10^6 Seiring naiknya temperatur pada suhu 100°C membuat viskositas polimer menurun sekitar 40% dari nilai viskositas awalnya pada suhu 30°C.
4	Ekstraksi Dan Karakterisasi Selulosa Dari Limbah Ampas Sagu (Dan et al., 2017)	Ampas sagu	Delignifikasi, *bleaching* dan hidrolisis	Hasil hidrolisis menggunakan H_2SO_4 lebih baik daripada menggunakan HCl, dan pada ekstraksi kadar selulosa yang didapatkan sebesar 59,51%.
5	*Properties of Biodegradable Polymer from Terrestrial Mushroom for Potential Enhanced Oil Recovery (Mohd, Manaf, Naim, Shayuti, & Jaafar, 2020)*	Terrestrial Mushroom	Ekstraksi	Tahan pada temperatur 80C

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jadwal Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan penelitian di Laboratorium Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dengan jenis penelitian *Experimental Research* dengan menggunakan metode hidrolisis, sintesis, delignifikasi dan karboksimetilasi untuk menghasilkan produk biopolimer dalam bentuk NaCMC. Peneliti menggunakan bahan sampel dari limbah ampas sagu yang didapat dari Kepulauan Meranti,Selat Panjang, Riau. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium *Reservoir* Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dengan rincian yang terdapat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

Kegiatan	2020										
	Oktober				November				Desember		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Studi Literatur											
Persiapan Alat dan Bahan Penelitian											
Persiapan Bahan Baku											
Sintesis dan Hidrolisis Limbah ampas sagu											
Netralisasi Sampel											
Delignifikasi Sampel											
Netralisasi Sampel											
Bleaching Sampel											
Netralisasi Sampel											
Alkalisasi Limbah ampas sagu											
Karboksimetilasi Limbah Ampas sagu											
Penetralan Sampel											
Uji Densitas											
Uji Viskositas											
Uji *Swelling*											
Uji FTIR											

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.2 Flowchart Penelitian

Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

3.3.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Saringan
b. *Beaker glass*
c. *Aluminium foil*
d. Oven
e. *Sieve shaker*
f. *Sieve analysis*
g. *Magnetic stirrer*
h. *Hot plate*
i. *Tea bag*
j. Gelas ukur
k. Corong 75 ml
l. Botol sampel

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Ampas sagu
b. *Xanthan gum*
c. Asam sulfat (H_2SO_4)
d. Natrium klorida (NaCl)
e. Natrium hidroksida (NaoH)
f. Asam trikloroasetat
g. Isopropanol
h. Etanol
i. Methanol
j. Aquades
k. Hidrogen peroksida (H_2O_2)

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian yang ini mengacu pada pembuatan NaCMC dengan modifikasi selulosa dengan metode hidrolisis menggunakan asam kemudian dilanjutkan dengan proses delignifikasi, alkalinisasi, karboksimetilasi selulosa dan netralisasi sampel. Penelitian ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Pratama, Piluharto, Indarti, Haryati, & Addy, 2019) dan (Basmal, Andhita, & Sediarso, 2018).

3.4.1. Persiapan bahan

Tahapan awal ialah preparasi sampel atau persiapan bahan, dimana limbah ampas sagu yang masih kasar diblender kemudian dijemur dibawah terik matahari hingga kering. Lalu sampel yang kering di blender hingga halus kemudian di *sieve* hingga lolos 100 mesh. Sampel yang telah lolos akan digunakan untuk proses sintesis dan hidrolisis.

3.4.2. Pembentukan *cellulose powder* dari limbah ampas sagu:

Pada tahapan ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Pratama et al., 2019). Limbah ampas sagu yang telah berupa bubuk dihidrolisis dengan H_2SO_4 sebanyak 4 sampel dan dibedakan berdasarkan konsentrasi asam sulfat (10% (w/w), 15% (w/w),20% (w/w), 25% (w/w)) (Pratama et al., 2019). Kemudian sampel dinetralkan dan didelignifikasi dengan NaOH 30% dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 90 menit (Basmal et al., 2018). Sampel yang telah di delignifikasi lalu dinetralkan dan dilakukan proses bleaching dengan larutan NaOH dan oksidator

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

H_2O_2 6% lalu sampel diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 90 menit. Hasil *bleaching* basah kemudian disaring dan dinetralkan menggunakan aquades hingga pH netral lalu dikeringkan dengan suhu 50°C sehingga menghasilkan bubuk selulosa.

3.4.3. Pembuatan Biopolimer sagu berupa *Sodium carboxymethylcellulose* NaCMC (Basmal et al., 2018).

Bubuk selulosa ditambahkan dengan isopropanol dan NaOH 40% dan diaduk selama 30 menit. Setelah itu tambahkan asam trikloroasetat lalu sampel diaduk di *hotplate* selama 90 menit dengan temperatur 45°C. Diamkan sampel selama 3 jam lalu pisahkan fase padat dan fase cairnya. Ambil fase padat kemudian larutkan dengan metanol dan netralkan dengan asam asetat glasial 90%. Kemudian saring sampel dan cuci dengan larutan etanol 70% rendam selama 10 menit lalu larutan tersebut dicuci kembali dengan larutan metanol murni. Sampel yang telah dicuci kemudian di filtrasi kemudian dikeringkan di oven dengan suhu 55°C. Setelah proses tersebut selesai maka didapatkan bubuk NaCMC dan dilanjutkan dengan pengukuran persentase selulosa dan uji karakterisasi biopolimer. Pengukuran persentase selulosa (Penjumras, Rahman, Talib, & Abdan, 2014) dapat dilakukan dengan cara:

$$Selulosa(\%) = \left(\frac{W_2}{W_1}\right) \times 100\% \quad \text{..... 3.1}$$

Dimana: W_1: berat ampas sagu awal (gr)
W_2: berat ampas sagu akhir (gr)

3.4.4. Uji Karakterisasi Biopolimer

Setelah NaCMC didapat, kemudian dilanjutkan dengan proses karakterisasi guna melihat karakteristik biopolimer. Ada beberapa metode yang diperlukan pada proses uji karakterisasi yaitu:

3.4.4.1. Uji *swelling*

Uji *swelling* atau disebut juga dengan rasio *swelling* merupakan kemampuan dari polimer untuk menyerap air, dimana ini menentukan pengaplikasian dari produk berupa hydrogel yang dihasilkan. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan metode *tea-bag* (Anah & Astrini, 2015; Tuan Mohamood, Zainuddin, Ahmad@Ayob, & Tan, 2018). Pengukuran ini dilakukan dengan cara:

a. Timbang kantong teh terlebih dahulu dan catat sebagai nilai (W_n) kemudian masukkan sampel sebanyak 0,1gram dan dimasukkan kedalam kantong teh (W_0).
b. Sampel direndam selama 20 menit pada suhu ruang dengan larutan *brine* 5000 ppm, 30000 ppm dan 60000 ppm.
c. Lalu sampel diikat dan dibiarkan selama 10 menit dan ditimbang untuk mendapatkan nila (Wt). Pengukuran ini dilakukan selama 120 menit.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pengujian rasio *swelling* pada waktu perendaman dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Rasio\ Swelling = \frac{(W_t - W_0 - W_n)}{W_0} \quad \text{.....3.2}$$

a) Membuat larutan *brine*

Untuk membuat larutan *brine* dengan konsentrasi 5000, 30000 dan 60000 ppm maka:

Konsentrasi *brine* yang akan dibuat = 5000 ppm

Larutan *brine* yang akan dibuat = 200 ml maka:

NaCl 5000 ppm = $\frac{5000\ mg}{1000000\ ml} \times 200\ ml$ = 1 gram

Untuk membuat larutan *brine* 5000 ppm diperlukan garam NaCl sebanyak 1 gram. Langkah-langkah yang perlu dilakukan sebagai berikut:

1. Siapkan gelas ukur 300 ml dan aquadest, lalu timbang garam NaCl sebanyak 1gram menggunakan neraca analitik.
2. Masukkan garam NaCl ke dalam beaker glass lalu aduk menggunakan magnetic stirrer hingga homogen, dan larutan *brine* NaCl dimasukkan kedalam botol. Lalu bikin larutan *brine* untuk salinitas 30000 dan 60000 ppm, dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 3.2 Perhitungan massa *brine* NaCl

konsentrasi salinitas (ppm)	jumlah NaCl yang digunakan (gr)
5000	1
30000	6
60000	12

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.4.4.2. Pengujian densitas dan viskositas NaCMC

Viskositas merupakan sifat fluida yang mempengaruhi ketahanan suatu fluida untuk menunjukkan besar kecilnya gesekan. Dan massa jenis atau densitas merupakan suatu zat yang terdapat dalam suatu unit per volume. Untuk mengukur viskositas suatu fluida, ukur nilai densitasnya terlebih dahulu. Pengukuran viskositas pada penelitian ini diukur menggunakan viskometer *Ostwald* dan massa jenis diukur menggunakan piknometer.

a. Pengukuran densitas menggunakan piknometer 25 ml (Kamulyan, Hasanah, & Matulesi, 2018).

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan konsentrasi 500 ppm biopolimer limbah ampas sagu. Perhitungan densitas akan melarutkan polimer dengan *brine* yang telah dibuat sebelumnya sesuai dengan perbandingan temperatur 60°C, 70°C, dan 80°C. Berikut merupakan contoh dari perhitungan yang akan dilakukan (Boguski, 2006):

Konsentrasi polimer 500 ppm = $\frac{500\ mg}{1000000\ ml} \times 200ml = 0{,}1$ gr

a) Pengukuran berat jenis dapat dilakukan dengan cara
b) Menimbang piknometer kosong dengan menggunakan neraca digital
c) Kemudian isi dengan aquades hingga penuh lalu ditimbang dan catat hasilnya.
d) Selanjutnya ulang cara diatas menggunakan jenis larutan yang akan diukur densitasnya.
e) Hal yang perlu diperhatian pada pengujian ini ialah tidak boleh terdapat gelembung pada saat ditutup. Berat jenis ini dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho = \frac{m'-m}{v} \quad \text{.....3.3}$$

Dimana:

m : massa piknometer kosong, gr
m' : massa piknometer berisi cairan, gr
v : volume piknometer, ml (24,67 ml)

b. Pengukuran viskositas (Saputra, Wicaksono, & Irsan, 2018)

Viskositas merupakan nilai kekentalan dari suatu fluida. Satuan dari nilai suatu larutan viskositas berupa cP atau (*centipoise*). Berikut merupakan prosedur dalam pengukuran viskositas menggunakan viskometer *Ostwald*:

a) Siapkan larutan biopolimerNaCMC dan viskometer *Ostwald*.
b) Masukkan kurang lebih 3 ml larutan biopolimer kedalam viskometer *Ostwald*.
c) Hisap larutan menggunakan bola karet hingga melewati batas atas viskometer

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

d) Lalu lepaskan bola karet tersebut dan tunggu cairan turun hingga melewati batas atas viskometer *Ostwald*.
e) Atur stopwatch dan ukur waktu pengaliran larutan biopolymer dari batas atas hingga ke batas bawah viskometer.
f) Catat waktu pengaliran sebagai nilai t dan hitung nilai viskositas menggunakan persamaan.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai viskositas Na-CMC sebagai berikut:

$$\mu_{kin} = C \times t \quad \text{..... 3.4}$$

$$\mu_{din} = \rho \times \mu_{kin} \quad \text{..... 3.5}$$

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)

3.4.4.3. Pengukuran gugus fungsi menggunakan FTIR

Pengujian karakteristik Na-CMC menggunakan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) yang dilakukan di Universitas Riau. Spektroskopi FTIR yaitu teknik yang digunakan untuk menentukan gugus fungsi sampel dengan mengukur spektrum serapan infra merah. Spektrum FT-IR direkam pada spektrometri FTIR dengan rentang bilangan gelombang antara 400 dan 4000 cm^{-1}. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *attenuated total reflecting* (ATR) dalam hubungannya dengan spektroskopi *infrared*, yang memungkinkan sampel untuk diperiksa langsung (Tuan Mohamood et al., 2018).

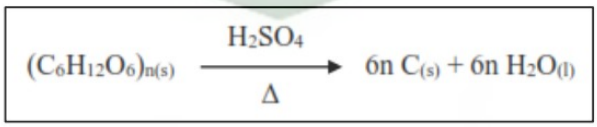
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Natrium karboksimetil selulosa dari limbah ampas sagu sebagai bahan alternatif

Langkah awal yang perlu dilakukan dalam pembuatan *cellulose powder* ialah pembuatan preparasi sampel. Preparasi bertujuan untuk mendapatkan serbut dari sampel limbah ampas sagu. Tahapan preparasi sampel dimulai dari sampel ampas sagu di blender hingga halus kemudian dikeringkan lalu disaring menggunakan *sieve shaker* 100 *mesh*. Ukuran dari kehalusan sampel akan mempengaruhi proses hidrolisis sehingga lebih mudah pada saat penetrasi menggunakan asam sulfat ke dalam butiran serat sehingga proses reaksi asam akan lebih maksimal (Sjarif, 2017).

Selanjutnya dilakukan proses hidrolisis menggunakan asam sulfat. Hidrolisis merupakan reaksi yang terjadi antara reaktan dengan air sehingga dapat terjadinya penguraian senyawa. Asam yang digunakan pada proses hidrolisis ialah asam sulfat, asam asetat, asam klorida dan asam fosfat dan menurut Dan et al., (2017) 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. Reaksi kimia yang terjadi pada saat proses hidrolisis selulosa dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



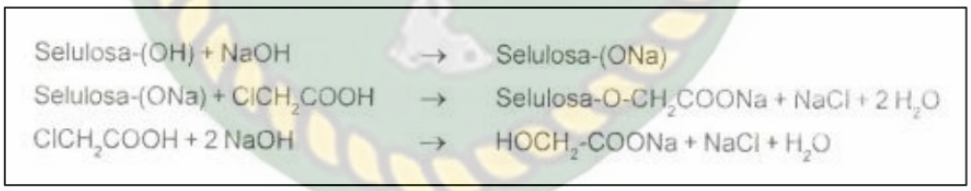
Gambar 4.1 Reaksi kimia pada proses hidrolisis selulosa menggunakan asam sulfat (Pratama et al., 2019)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Selanjutnya dilakukan proses deliginifikasi, ialah proses yang digunakan untuk menghilangkan kandungan lignin, dimana lignin yang terdapat pada selulosa harus dihilangkan untuk mendapatkan kemurnian selulosa yang tinggi (Dimawarnita & Panji, 2018).

Menurut D. Safitri, Rahim, Prismawiryanti, & Sikanna, (2017) penghilangan lignin pada proses delignifikasi dapat dilakukan dengan cara mereaksikan larutan NaOH, 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. Dan dilanjutkan dengan proses alkalisasi serta karboksimetilasi.

Pada proses alkalisasi, peneliti menggunakan larutan NaOH 40% 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. Semakin banyak konsentrasi asam trikloroasetat yang digunakan maka semakin banyak NaCl yang dihasilkan. Reaksi yang dihasilkan pada proses alkalisasi dan karboksimetilasi dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Reaksi kimia pada saat proses alkalisasi dan karboksimetilasi (Basmal et al., 2018)

4.2. Rendemen NaCMC

Hasil rendemen Na-CMC yang didapatkan berkisar antara 85,8 % - 93%. Nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan hidrolisis menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 25% (w/w) dan yang terkecil pada perlakuan hidrolisis dengan konsentrasi asam sulfat 10% (w/w).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4.1 Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap berat selulosa

Sampel Limbah Ampas Sagu	Rendemen (gr)	Persentase rendemen selulosa
H_2SO_4 10%	2,13	85,8
H_2SO_4 15%	2,11	85,93
H_2SO_4 20%	1,41	90,6
H_2SO_4 25%	1,05	93

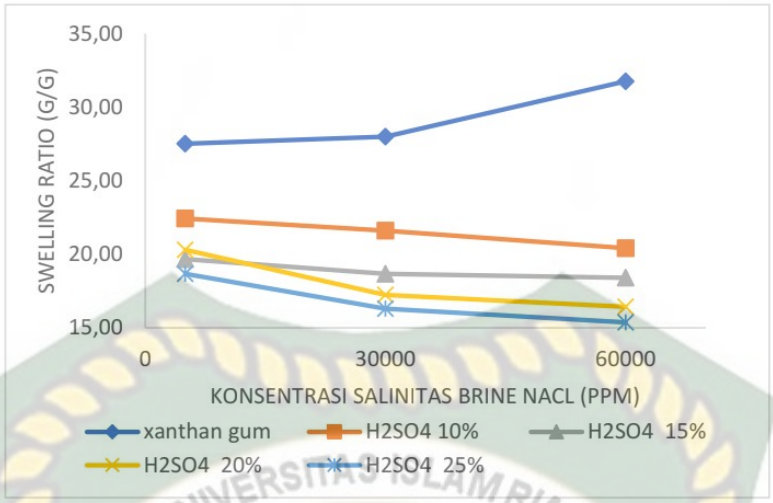
Berdasarkan hasil pengamatan pada **Tabel 4.1**, dapat dilihat bahwa persentase rendemen selulosa berkisar antara 85,8% - 93% dengan berat rendemen berkisar antara 2,13 – 1,05 gr yang menunjukkan bahwa rendemen semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam sulfat yang direaksikan. Menurut 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 ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 25%. 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 dan juga, asam sulfat dapat larut pada suhu kamar dan merupakan asam kuat yang mampu menghasilkan selulosa yang bisa terdispersi di dalam air (Pratama et al., 2019).

4.3. Rasio *Swelling*

Rasio *swelling* merupakan perbandingan antara berat *hydrogel* pada keadaan menyerap air terhadap berat sampel pada saat kering.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.3 Rasio *swelling* biopolimer terhadap salinitas

Dari **Gambar 4.3** menunjukkan terjadinya penurunan rasio *swelling* seiring dengan meningkatnya kandungan salinitas *brine*. Hasil yang dilakukan ini sesuai dengan yang dilakukan oleh (Akhtar, Qamar, Mehdi, & Hussain, 2019) dan (Mahon, Balogun, Oluyemi, & Njuguna, 2020) yang melaporkan bahwa terjadinya penurunan hidrogel polimer seiring dengan meningkatnya salinitas *brine* karena terjadinya peningkatan jumlah konsentrasi perpindahan ion logam Na^+ dengan polimer sehingga fasa cair akan menurun sehingga menyebabkan terjadinya penurunan daya serap (Mahon et al., 2020).

Pada **Gambar 4.3** dapat dilihat bahwa biopolimer ampas sagu menurun seiring dengan naiknya salinitas *brine*, hal ini disebabkan karena ketika *brine* larut dalam air maka struktur kristal pada natrium dan klorida akan berubah menjadi ion negatif dan positif. Molekul air yang dekat dengan molekul yang terdapat pada ion tersebut akan terjadi daya tarikan yang kuat, sehingga ketika polimer bereaksi dengan *brine* maka molekul air akan berdifusi ke ruang kosong dan mulai mengisi rongga polimer sehingga menyebabkan *swelling*. Pada sampel biopolimer limbah ampas sagu dapat dilihat bahwasanya terjadi penurunan seiring dengan naiknya salinitas yang tinggi.

Menurut Akhtar et al., (2019) terjadinya penurunan rasio *swelling* pada biopolimer limbah ampas sagu disebabkan karena pada larutan salinitas rendah yang terdapat pada **Gambar 4.3** memiliki jumlah ion yang lebih sedikit sehingga air dapat mengisi ruang pada polimer dengan lebih cepat dibandingkan pada

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

salinitas yang tinggi. Inilah yang menyebabkan kenapa biopolimer pada limbah ampas sagu mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya salinitas *brine*.

Menurut Bejenariu, Popa, Dulong, Picton, & Le Cerf, (2009) terjadinya kenaikan rasio *swelling* biopolimer *xanthan gum* seiring dengan naiknya salinitas *brine* disebabkan karena muatan anionik fosfat yang terdapat pada *xanthan gum* menghasilkan tolakan elektrostatik antara masing-masing rantai ikatan sehingga menghasilkan efek yang menyebabkan naiknya rasio *swelling*. Pada pengujian ini dapat dilihat bahwa sampel biopolimer limbah ampas sagu dapat stabil pada reservoir dengan ketahanan salinitas mulai dari rentang 5000 ppm hingga 30000 ppm.

4.4. DENSITAS BIOPOLIMER LIMBAH AMPAS SAGU

Tabel 4.2 Densitas polimer berdasarkan perbandingan salinitas dan temperatur

Polimer	Salinitas	Densitas biopolimer (gr/ml)			
		60	70	80	90
H2SO4 10%	5000	1,0636	1,0758	1,0645	1,0507
H2SO4 15%		1,0495	1,1026	1,0669	1,0555
H2SO4 20%		1,0422	1,0754	1,0596	1,0551
H2SO4 25%		1,0519	1,0908	1,0713	1,0596
Xanthan Gum		1,0989	1,1017	1,1143	1,1131
H2SO4 10%	30000	1,0543	1,0604	1,0580	1,0499
H2SO4 15%		1,0543	1,0649	1,0754	1,0519
H2SO4 20%		1,0515	1,0640	1,0880	1,0649
H2SO4 25%		1,0361	1,0584	1,0466	1,0340
Xanthan Gum		1,0932	1,0961	1,1086	1,1103
H2SO4 10%	60000	1,0462	1,0543	1,0470	1,0624
H2SO4 15%		1,0515	1,0673	1,0730	1,0515
H2SO4 20%		1,0511	1,0531	1,0653	1,0612
H2SO4 25%		1,0312	1,0340	1,0418	1,0328
Xanthan Gum		1,0855	1,0722	1,1070	1,1082

Dari **Tabel 4.2** terjadinya penurunan densitas seiring dengan meningkatnya salinitas *brine* dan terjadinya peningkatan pada temperatur 70°C dan terjadi penurunan di temperatur 80°C dan 90°C. Pada sampel biopolimer *xanthan gum*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

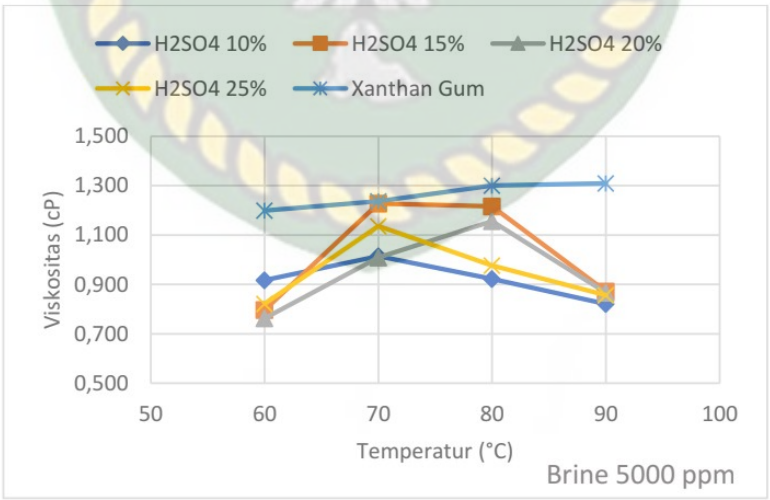
terjadinya kenaikan densitas seiring dengan naiknya temperatur dan salinitas *brine*. Hal ini menunjukkan bahwa sampel *xanthan gum* lebih tahan terhadap tingginya temperatur dan *brine*.

Penurunan densitas biopolimer limbah ampas sagu disebabkan karena adanya penambahan kalor pada sampel sehingga menyebabkan jarak antar partikel yang terdapat pada fluida akan semakin menjauh meskipun terdapat di dalam volume yang sama, sehingga jumlah partikel akan semakin berkurang yang menyebabkan densitas semakin menurun (Irawansyah & Kamal, 2017).

4.5. VISKOSITAS BIOPOLIMER LIMBAH AMPAS SAGU

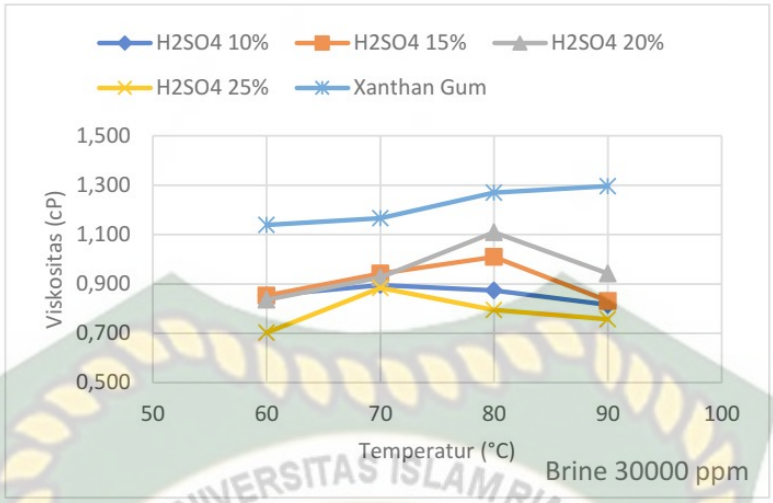
4.4.1 Pengaruh viskositas Biopolimer Terhadap Temperatur

Viskositas dari polimer akan berubah seiring dengan naiknya temperatur (Mohd et al., 2018). **Gambar 4.4**, **Gambar 4.5** dan **Gambar 4.6** menunjukkan seiring dengan terjadinya peningkatan temperatur maka akan menyebabkan terjadi penurunan viskositas pada sampel limbah ampas sagu. Hasil pada penelitian ini juga sesuai dengan yang dilakukan oleh Mohd et al., (2018). Ia melakukan percobaan dengan menggunakan beberapa jenis polimer yang biasa diterapkan di EOR, dan hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa seiring meningkatnya temperatur maka akan menyebabkan terjadinya penurunan pada viskositas polimer.

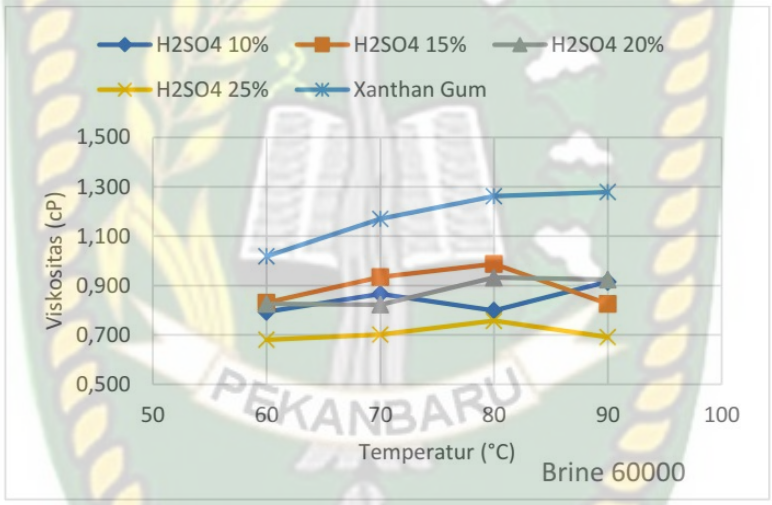


Gambar 4.4 Pengaruh viskositas terhadap temperatur pada salinitas 5000 ppm

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.5 Pengaruh viskositas terhadap temperatur pada salinitas 30000 ppm



Gambar 4.6 pengaruh viskositas terhadap temperatur pada salinitas 60000 ppm

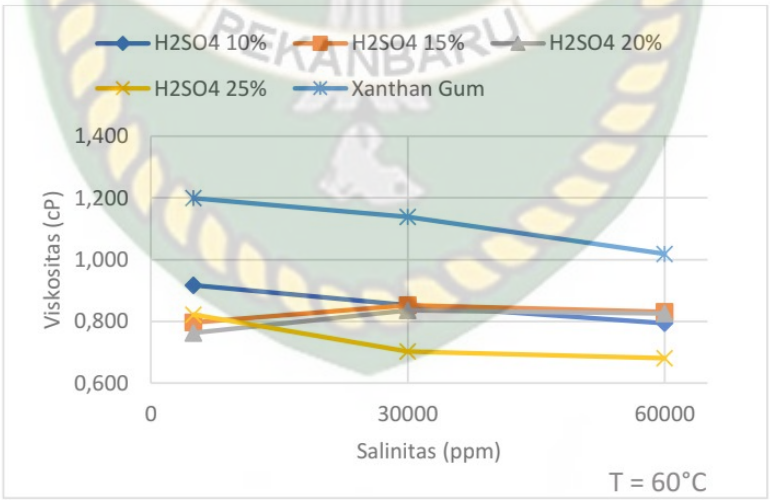
Pada **Gambar 4.4**, **Gambar 4.5** dan **Gambar 4.6** menunjukkan bahwa penurunan viskositas pada sampel limbah ampas sagu mulai terjadi pada temperatur 70°C dan 80°C. Menurut (Mohd et al., 2020) dan H arimurti Wicaksono, Sutijan, (2015) penurunan ini terjadi karena molekul-molekul polimer memiliki 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.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pada **Gambar 4.4** terjadinya peningkatan pada temperatur 60°C – 70°C disebut sebagai suhu awal gelatinisasi. Suhu awal gelatinisasi merupakan suhu pada saat pertamakali viskositas mulai naik (Dewi, Parnanto, & Ariyantoro, 2014). Apabila dilihat pada salinitas 30000, sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15% dan 20% apabila dibandingkan dengan polimer lain memiliki penurunan viskositas minimum seiring dengan meningkatnya suhu. Jadi, sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15% dan 20% direkomendasikan karena mereka mampu menahan suhu reservoir yang lebih tinggi dengan pengurangan viskositas yang minimal.

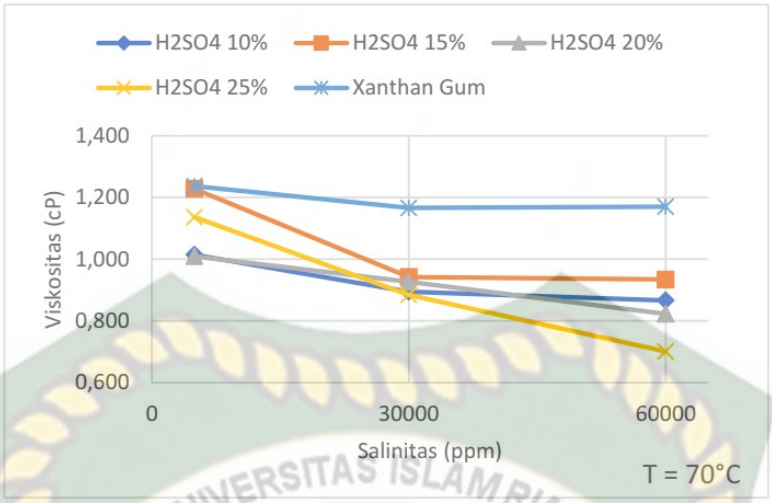
Gambar 4.6 pada sampel asam sulfat 10% dapat dilihat bahwa terjadi penurunan viskositas pada temperatur 80°C, hal ini disebabkan karena semakin tinggi natrium hidroksida yang digunakan maka akan menyebabkan semakin banyak gugus karboksil dari asam trikloroasetat yang berkaitan dengan ion Na+ dari NaCMC sehingga terjadinya kelarutan NaCMC didalam air meningkat. Peningkatan ini menyebabkan rendahnya ketahanan dari fluida untuk mengalir sehingga kekentalannya menurun (Basmal et al., 2018).

4.4.2 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada masing-masing temperatur

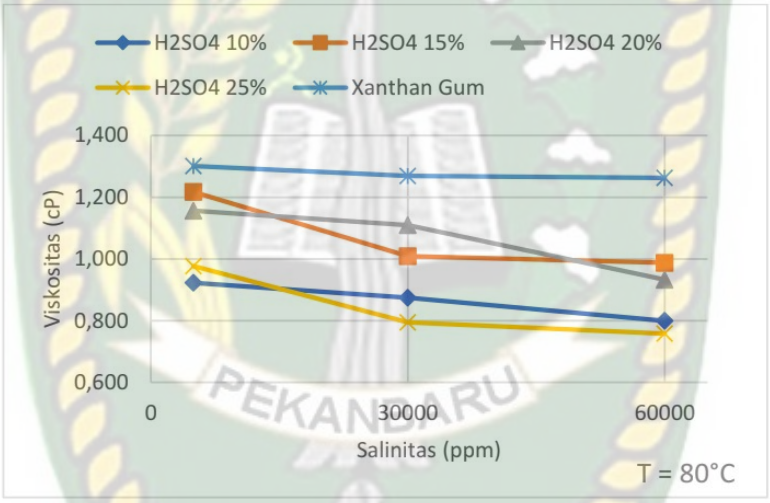


Gambar 4.7 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada temperatur 60°C

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

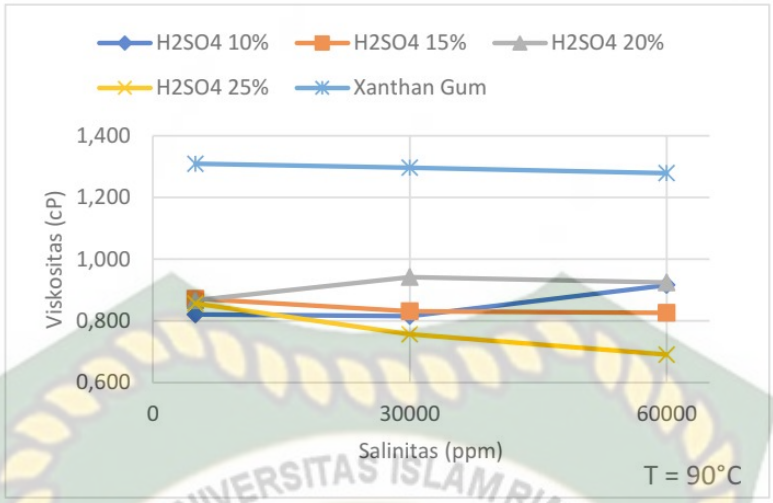


Gambar 4.8 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada temperatur 70°C



Gambar 4.9 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada temperatur 80°C

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.10 Pengaruh viskositas terhadap salinitas pada temperatur 90°C

Berdasarkan **Gambar 4.7**, **Gambar 4.8**, **Gambar 4.9** dan **Gambar 4.10** dapat dilihat bahwa salinitas *brine* NaCl mempengaruhi viskositas dari larutan biopolimer limbah ampas sagu. 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).

Pada **Gambar 4.7** menunjukkan viskositas biopolimer pada temperatur 60°C sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 10% dan 20% mulai menunjukkan penurunan pada salinitas 30000 ppm, dan pada konsentrasi asam sulfat 15%, 25% dan sampel *xanthan gum* masih stabil hingga pada salinitas 60000 ppm. Terjadinya kenaikan pada salinitas 5000 hingga 30000 ppm pad asampel asam sulfat 15% dan 20% ini disebabkan karena kation memiliki efek perusal yang dapat mengurangi lapisan ganda bermuatan negatif yang terbentuk disekitar gugus

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

karboksilat. Efek ini akan meningkat apabila terjadinya peningkatan konsentrasi garam (Rellegadla et al., 2017).

Pada **Gambar 4.8** dapat dilihat bahwa terjadi penurunan viskositas yang signifikan pada sampel limbah ampas sagu 25% pada temperatur 70°C, dan terjadi peningkatan viskositas seiring dengan naiknya salinitas pada sampel *xanthan gum*. Pada **Gambar 4.9** merupakan penurunan viskositas terhadap temperatur 80°C dimana sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 20% terjadi penurunan drastis **Gambar 4.10** merupakan penurunan viskositas terhadap temperatur 90°C menunjukkan terjadinya penurunan viskositas terjadi pada saat salinitas 60000 ppm. Terjadinya penurunan viskositas seiring dengan naiknya salinitas *brine* NaCl disebabkan karena adanya gaya elektrostatis yang mendorong disertasi rantai polimer menurun dengan tidak adanya medan elektrostatis antar gugus karboksilat (Rellegadla et al., 2017).

4.6. PEMBACAAN SPEKTRUM FTIR

Hasil identifikasi pembacaan analisis spektrum *infrared* pada sampel NaCMC dari sampel limbah ampas sagu dapat dianalisa melalui panjang gelombang dari senyawa karboksimetil.

Tabel 4.3 Pembacaan hasil pengujian FTIR

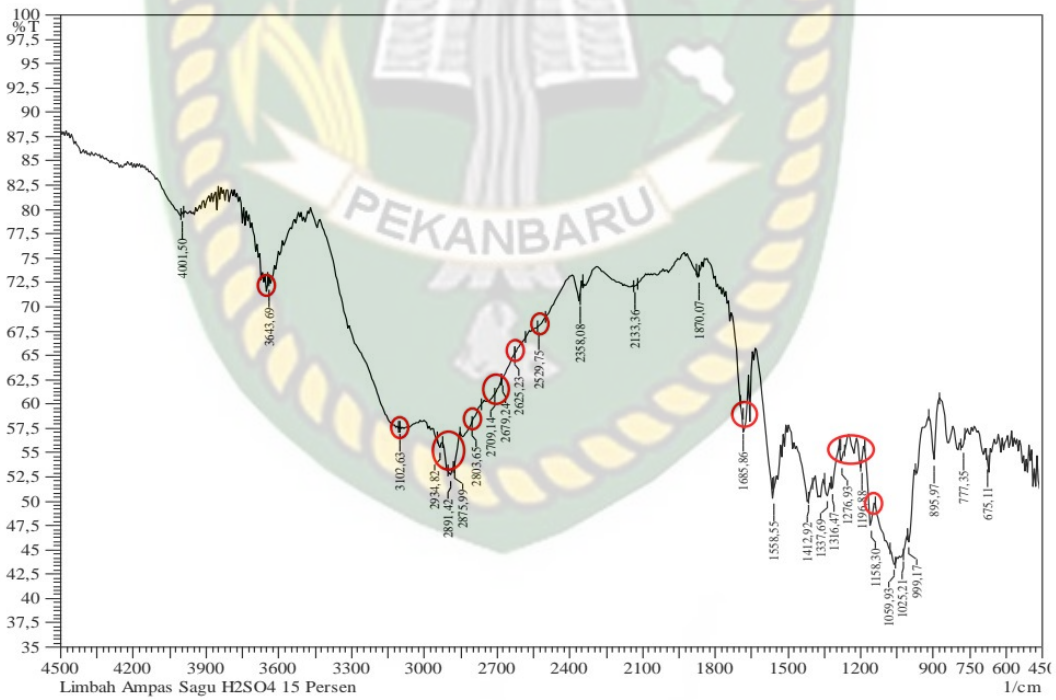
Konsentrasi asam sulfat (%)	*Gugus fungsi*	*Bilangan gelombang (cm^{-1})*
10	O-H	3627,29
	C-H	2903,96
	C-O	1195,92 - 1057,04
15	O-H	3643,69
	C-H	3102,63-2803,65
	C=O	1685,86
	C-O	1276,93 - 1059,93
20	O-H	3650,44
	C-H	2933,85 - 2880,81

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Lanjutan Tabel 4.3

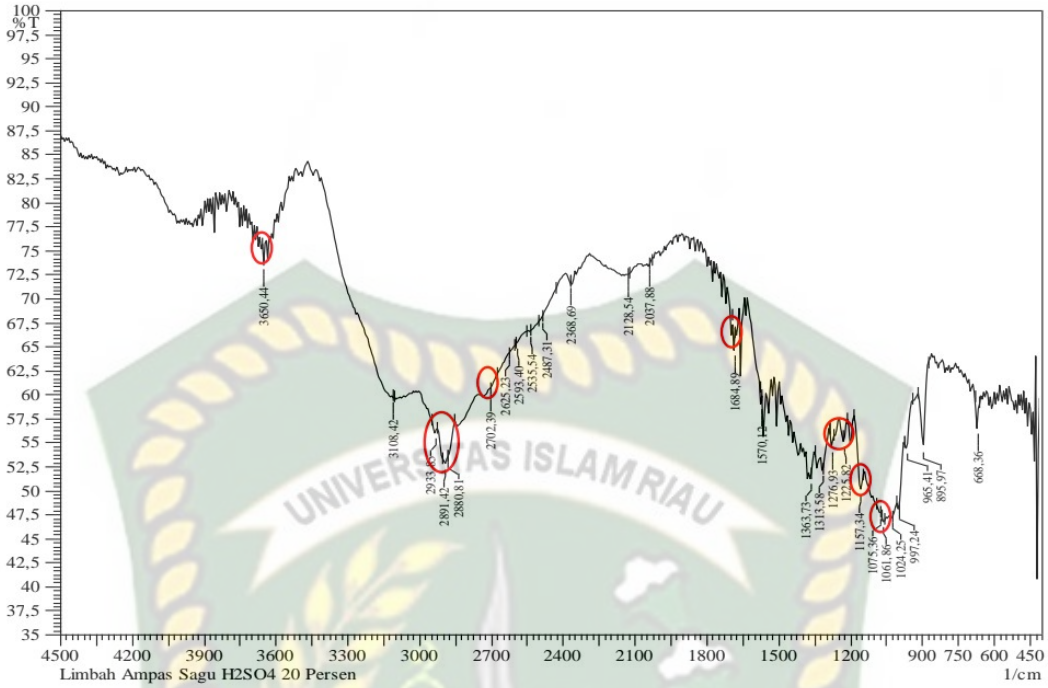
	C=O	1684,89
	C-O	1276,93 – 1061,86
25	O-H	3640,80
	C=O	1681,04
	C-O	1313,58 – 1031,96

Pada **Tabel 4.3** menunjukkan terdapat perbedaan gugus fungsi yang muncul pada setiap sampel Na-CMC limbah ampas sagu dengan variasi konsentrasi asam sulfat 10%, 15%, 20% dan 15%, 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=C (Dachriyanus, 2017). Dari **Tabel 4.3** dapat dilihat bahwa yang memenuhi syarat terbentuknya NaCMC yaitu pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15% dan 20%.



Gambar 4.11 Spektrum gelombang FTIR pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15%

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.12 Spektrum gelombang FTIR pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 20%

Gambar 4.11 merupakan bentuk spektrum gelombang inframerah dari sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15% dan **Gambar 4.12** merupakan bentuk spektrum gelombang inframerah dari sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 20%. Munculnya puncak serapan pada bilangan gelombang 3627,29 cm^{-1} kuat dan 3650 cm^{-1} pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 20% yang 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 adanya kandungan selulosa dalam rantai polimer NaCMC, kandungan OH merupakan gugus fungsi yang paling utama dalam pembentukan NaCMC. Selanjutnya sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15% terdapat puncak spektrum pada 2934,82 cm^{-1} hingga 2529,75 cm^{-1} yang membentuk gugus C-H, dan pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi 20% terdapat puncak pada bilangan gelombang 2933,85 – 272,39, cm^{-1} menurut Megawati et al., (2017) puncak vibrasi pada C-H merupakan penghubung antara unit glukosa yang terdapat pada selulosa.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Munculnya puncak getaran pada bilangan 1685,86 cm^{-1} pada limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 15% dan 1684,89 cm^{-1} pada limbah ampas sagu dengan konsentrasi asam sulfat 20% menunjukkan terbentuknya C=O, menurut Nur et al., (2016) adanya gugus fungsi C=O menunjukkan adanya gugus karbonil pada selulosa limbah ampas sagu yang menandakan terbentuknya NaCMC pada ampas sagu. Dari Gambar 4.11 terdapat adanya puncak vibrasi pada bilangan 1276,93 - 1059,93 cm^{-1} dan Gambar 4.12 menunjukkan puncak spektrum pada bilangan 1276,93 – 1061,86 cm^{-1} yang menunjukkan terdapatnya renggangan C-O pada komponen selulosa.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan judul "Studi Awal Pengujian Properties Dari Limbah Ampas Sagu Sebagai Bahan Alternatif *Chemical* EOR" maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses sintesis menghasilkan produk biopolimer turunan berupa natrium karboksimetil selulosa (NaCMC) limbah ampas sagu.
2. Hasil rendemen Na-CMC yang didapatkan berkisar antara 85,8 % - 93%. Nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan hidrolisis menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 25% (W/W) dan yang terkecil pada perlakuan hidrolisis dengan konsentrasi asam sulfat 10% (W/W).
3. Analisa yang dapatkan setelah dilakukannya pengujian rasio *swelling* maka didapatkan bahwa sampel limbah ketahanan salinitas mulai dari rentang 5000 ppm hingga 30000 ppm. Dan pada pengukuran densitas dan viskositas didapatkan bahwa biopolimer dari ampas sagu dapat bertahan stabil pada temperatur 70°C hingga 80°C dengan konsentrasi salinitas 30000 ppm.
4. Setelah dilakukan pengujian FTIR maka dapat disimpulkan bahwa, munculnya puncak spektrum gugus fungsi OH, C=O, C-O dan C-H pada sampel limbah ampas sagu dengan konsentrasi 15% dan 20% yang sesuai dengan komponen gugus fungsi pada Na CMC baku.

5.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang telah dijabarkan oleh peneliti tentang "Studi Awal Pengujian Properties Dari Limbah Ampas Sagu Sebagai Bahan Alternatif Chemical EOR" diharapkan untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan pengujian menggunakan parameter lain seperti *shear rates, molecular weight, pore plugging studies,* dan *sweep efficiency*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, A. Z., Puspasari, T., & Nugroho, W. A. (2012). Polymers for Enhanced Oil Recovery Technology. *Procedia Chemistry*.

Adewole, J. K., & Muritala, K. B. (2019). Some applications of natural polymeric materials in oilfield operations: a review. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*.

Akhtar, M., Qamar, S. Z., Mehdi, S. M., & Hussain, A. (2019). Diffusion-based swelling in elastomers under low- and high-salinity brine. *Journal of Elastomers and Plastics*.

Amin, N., Sabli, N., Izhar, S., & Yoshida, H. (2019). Sago wastes and its applications. *Pertanika Journal of Science and Technology*.

Anah, L., & Astrini, N. (2015). Sintesa dan Karakterisasi Hidrogel Super Absorben Polimer (SAP) Berbasis Selulosa Menggunakan Crosslinking Agent Water-Soluble Carbodiimide (WSC). *JURNAL SELULOSA*.

Ayoola, A. A., Sanni, S. E., Ajayi, O. M., Ojo, T., Omonigbeyin, O., Ajayi, A. A., & Olawole, O. C. (2018). Production of a novel bio-polymer for enhanced oil recovery and modelling the polymer viscosity using artificial neural network (ANN). *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*.

Bae, W. S., Masduki, A., Permadi, A., & Abdurrahman, M. (2017). EOR in Indonesia: Past, present, and future. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, *16*, 250.

Basmal, J., Andhita, D., & Sediarso, S. (2018). Pengaruh Alkalinisasi Selulosa terhadap Produksi Sodium Karboksimetil Selulosa. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*.

Bejenariu, A., Popa, M., Dulong, V., Picton, L., & Le Cerf, D. (2009). Trisodium trimetaphosphate crosslinked xanthan networks: Synthesis, swelling, loading and releasing behaviour. *Polymer Bulletin*.

Benabid F. Z., & Zouai, F. (2016). Natural polymers: Cellulose, Chitin, Chitosan, Gelatin, starch, Carrageenan, Xylan and Dextran. *Algerian Journal of Natural Products*.

Boguski, T. K. (2006). Understanding Units of Measurement - Concentration in Soil and Air. *Environmental Science and Technology Briefs for Citizens*.

Brock, M. A., & Shiel, R. J. (1983). The composition of aquatic communities in saline wetlands in Western Australia. *Hydrobiologia*.

Chowdhury, Z. Z., Hamid, S. B. A., Das, R., Hasan, M. R., Zain, S. M., Khalid, K., & Uddin, M. N. (2013). Preparation of carbonaceous adsorbents from lignocellulosic biomass and their use in removal of contaminants from aqueous solution. *BioResources*.

Dachriyanus, D. (2017). Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi. In *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Dan, E., Selulosa, K., Limbah, D., Sagu, A., Dewi, A., Dewi, 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*.

Dewi, N. S., Parnanto, N. H. R., & Ariyantoro, A. R. (2014). Karakteristik Sifat Fisikokimia Tepung Bengkuang (Pachyrhizus erosus) Dimodifikasi Secara Asetilasi Dengan Variasi Konsentrasi Asam Asetat Selama Perendaman. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*.

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*.

Harimurti Wicaksono, Sutijan, A. T. Y. (2015). Karakterisasi Larutan Polimer KYPAM HPAM untuk Bahan Injeksi dalam Enhanced Oil Recovery (EOR). *Jurnal Rekayasa Proses*.

Indonesia, K. P. republik. (2019). *Produksi Sagu Menurut Provinsi di Indonesia 2016 - 2020*. *2020*, 2020.

Irawansyah, H., & Kamal, S. (2017). Effect of Temperature and Volume Fraction on Viscosity and Density of Nano Fluid TiO2 / Termo XT32 Oil. *Prosiding SNTTM XVI*, 67–69.

Irnawati, I., Kahar, M. S., & Budiarti, M. I. E. (2018). Studi Pengolahan Sagu (Metroxylon sp.) Oleh Masyarakat Kampung Malawor Distrik Makbon Kabupaten Sorong. *AKSIOLOGIYA : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*.

Kamulyan, B., Hasanah, U., & Matulesi, F. (2018). Kajian Campuran Pelarut Akuades-Aseton Pada Pembuatan Membran Selulosa Propionat. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*.

Lailatin;, W., Jazimah Iswarin, S., & Nuriyah, W. (2011). Karakteristik Sifat Mekanik Bioplastik dari Pati Ubi Kayu Dengan Pemlastis Gliserol dan Sorbitol. *Natural B*, (Vol 1, No 1 (2011)), 21–26.

Lee, K. M., Ngoh, G. C., Chua, A. S. M., Yoon, L. W., Ang, T. N., & Lee, M. G. (2014). Comparison study of different ionic liquid pretreatments in maximizing total reducing sugars recovery. *BioResources*.

Mahon, R., Balogun, Y., Oluyemi, G., & Njuguna, J. (2020). Swelling performance of sodium polyacrylate and poly(acrylamide-co-acrylic acid) potassium salt. *SN Applied Sciences*.

Megawati, M., Sami, F. J., & Syatriani, S. (2017). Sintesis Natrium Karboksimetil Selulosa (Na.CMC) dari Selulosa Hasil Isolasi dari Batang Alang-Alang (Imperata cylindrica L.). *Journal of Pharmaceutical and Medicinal Sciences; Vol 2 No 1 (2017): JPMS*.

Mohd, T. A. T., Manaf, S. F. A., Naim, M. A., Shayuti, M. S. M., & Jaafar, M. Z.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

(2020). Properties of biodegradable polymer from terrestrial mushroom for potential enhanced oil recovery. *Indonesian Journal of Chemistry*.

Mohd, T. A. T., Taib, N. M., Adzmi, A. F., Nik Ab Lah, N. K. I., Sauki, A., & Jaafar, M. Z. (2018). Evaluation of polymer properties for potential selection in enhanced oil recovery. *Chemical Engineering Transactions*.

Mohsenatabar Firozjaii, A., & Saghafi, H. R. (2020). Review on chemical enhanced oil recovery using polymer flooding: Fundamentals, experimental and numerical simulation. *Petroleum*.

Moreau, P., Morvan, M., Rivoal, P., Bazin, B., Douarche, F., Argillier, J. F., & Tabary, R. (2010). An integrated workflow for chemical EOR pilot design. *SPE - DOE Improved Oil Recovery Symposium Proceedings*.

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*.

Nur, R., Zakir Muzakkar, M., Ilmu dan Teknologi Pangan, J., Teknologi Industri Pertanian, F., Halu Oleo, U., Kimia, J., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2016). Sintesis Dan Karakterisasi Cmc (Carboxymethyl Cellulose) Yang Dihasilkan Dari Selulosa Jerami Padi (Synthesis and Characterization of CMC (Carboxymethyl Cellulose) Produced From Rice Straw Cellulose). *J. SaNur, R., Zakir Muzakkar, M., Ilmu Dan Teknologi Pangan, J., Teknologi Industri Pertanian, F., Halu Oleo, U., Kimia, J., & Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2016).*

Pamilia Coniwanti, Muhammad Dani, Z. S. D. (2015). Pembuatan Natrium Karboksimetil Selulosa (Na-CMC) dari Selulosa Limbah Kulit Kacang Tanah (Arachis Hypogea L.). *Teknik Kimia*.

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*.

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*.

Pu, W., Shen, C., Wei, B., Yang, Y., & Li, Y. (2018). A comprehensive review of polysaccharide biopolymers for enhanced oil recovery (EOR) from flask to field. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, *61*, 1–11.

Quadri, S. M. R., Jiran, L., Shoaib, M., Hashmet, M. R., Al Sumaiti, A. M., & Alhassan, S. M. (2015). Application of biopolymer to improve oil recovery in high temperature high salinity carbonate reservoirs. *Society of Petroleum Engineers - Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, ADIPEC 2015*, (Opec 2014).

Rashidi, M., Blokhus, A. M., & Skauge, A. (2010). Viscosity study of salt tolerant polymers. *Journal of Applied Polymer Science*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Rellegadla, S., Prajapat, G., & Agrawal, A. (2017a). Polymers for enhanced oil recovery: fundamentals and selection criteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*.

Rellegadla, S., Prajapat, G., & Agrawal, A. (2017b). Polymers for enhanced oil recovery: fundamentals and selection criteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*.

Rita, N. (2012). Studi Mekanisme Injeksi Surfaktan-Polimer pada Reservoir Berlapis Lapangan NR Menggunakan Simulasi Reservoir. *Journal of Earth Energy Engineering; Vol 1 No 1 (2012): OCTOBERDO - 10.22549/Jeee.V1i1.926* .

Rostami, A., Kalantari-Meybodi, M., Karimi, M., Tatar, A., & Mohammadi, A. H. (2018). Efficient estimation of hydrolyzed polyacrylamide (HPAM) solution viscosity for enhanced oil recovery process by polymer flooding. *Oil and Gas Science and Technology*.

Safitri, D., Rahim, E. A., Prismawiryanti, P., & Sikanna, R. (2017). SINTESIS KARBOKSIMETIL SELULOSA (CMC) DARI SELULOSA KULIT DURIAN (Durio zibethinus). *KOVALEN*.

Safitri, R., Anggita, I. D., Safitri, F. M., & Ratnadewi, A. A. I. (2018). Pengaruh konsentrasi asam sulfat dalam proses hidrolisis selulosa dari kulit buah naga merah (Hylocereus costaricensis) untuk produksi bioetanol. *9th Industial Research Workshop and National Seminar*.

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

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

Sjarif, S. R. (2017). PENGARUH KONSENTRASI ASAM SULFAT DAN WAKTU HIDROLISIS TERHADAP KADAR ETANOL LIMBAH SERAT RUMBIASAGU (Metroxylon Sp) DAN SERAT SAGU BARUK(Arenga microcarpa). *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*.

Tuan Mohamood, N. F. A. Z., Zainuddin, N., Ahmad@Ayob, M., & Tan, S. W. (2018). Preparation, optimization and swelling study of carboxymethyl sago starch (CMSS)-acid hydrogel. *Chemistry Central Journal*.

Usman. (2011). Potensi Pengembangan EOR untuk Peningkatan Produksi Minyak Indonesia. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Minyak Dan Gas Bumi "LEMIGAS," 45*(28), 91–102.

Veeramachineni, A. K., Sathasivam, T., Muniyandy, S., Janarthanan, P., Langford, S. J., & Yan, L. Y. (2016). Optimizing extraction of cellulose and synthesizing pharmaceutical grade carboxymethyl sago cellulose from Malaysian sago pulp. *Applied Sciences (Switzerland)*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :