

**CONVENTIONAL HEATING EXTRACTION PEKTIN KULIT
JERUK NIPIS SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF UNTUK
INJEKSI POLIMER**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

ILHAM DWI SAPUTRA

NPM 173210353



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

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

**CONVENTIONAL HEATING EXTRACTION PEKTIN KULIT
JERUK NIPIS SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF UNTUK
INJEKSI POLIMER**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

ILHAM DWI SAPUTRA

NPM 173210353



Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Ilham Dwi Saputra
NPM : 173210353
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : *Conventional Heating Extraction* Pektin Kulit Jeruk Nipis
Sebagai Bahan Alternatif Untuk Injeksi Polimer

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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 I : Tomi Erfando, S.T., M.T. (.....)
Penguji I : Idham Khalid, S.T., M.T. (.....)
Penguji II : Novia Rita, S.T. M.T. (.....)
Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : 31 Januari 2022

Disahkan Oleh :

KETUA PROGRAM STUDI

TEKNIK PERMINYAKAN


DIVERIFIKASI
By noviarita at 11:50 on 11/31/2022
Novia Rita, ST., M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalamnya baik yang dikutip maupun yang 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

Ilham Dwi Saputra
NPM. 173210353


KATA PENGANTAR

Rasa syukur saya sampaikan kepada Allah Subhana wa ta'ala karena 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 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 terima kasih kepada :

1. Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir dan Proposal Penelitian yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membantu membimbing selama penelitian ini berlangsung.
2. Ibu Novia Rita, S.T., M.T. dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T. selaku Ketua dan Sekretaris Prodi serta Ibu Novrianti, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik dan semua dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan lain hal yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
3. Bapak Dr. Eng Adi Novriansyah, M.T selaku Ketua Laboratorium Reservoir dan Ibu Eka Kusumadewi, S.T. selaku Instruktur Laboratorium yang telah mendukung dilakukannya penelitian.
4. Orang tua saya Ayah Agus Supeno dan Ibu Sunarmi, Adik Wahyu Aqil Firmansyah serta keluarga besar yang selalu memberikan kekuatan melalui dukungan, semangat dan doa sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
5. Semua teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah mau merepotkan diri membantu, menyemangati penulis saat pengerjaan tugas akhir ini.

Jazakumullah khayr. Semoga Tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 31 Januari 2022



Ilham Dwi Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
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 Penelitian Terkait Yang Telah Dilakukan Sebelumnya	4
2.1.1 Produksi Biopolimer Pektin.....	4
2.1.2 Injeksi Polimer.....	10
2.2 Penelitian Yang Akan Dilakukan	20
2.3 Biopolimer.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Metodologi Penelitian	23
3.2 Flow Chart.....	24
3.3 Alat dan Bahan	25
3.4 Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1 Ekstraksi Pektin Atau Biopolimer	25

3.4.2 Karakterisasi Pektin atau Biopolimer	26
3.4.3 Prosedur Pembuatan Larutan Biopolimer.....	26
3.4.4 Pengujian Viskositas.....	26
3.4.5 Uji <i>Thermal</i>	27
3.4.6 Uji Reologi.....	27
3.5 Lokasi Penelitian	28
3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Produksi Pektin Kulit Jeruk Nipis	29
4.2 Pengujian FTIR	30
4.3 Pengujian Viskositas	31
4.3.1 Perbandingan Viskositas Pektin Dengan <i>Xanthan Gum</i>	31
4.3.2 Pengaruh Salinitas Pada Uji Viskositas.....	33
4.4 Pengujian <i>Thermal</i>	35
4.4.1 Perbandingan Uji <i>Thermal</i> Pektin dan <i>Xanthan Gum</i>	35
4.4.2 Pengaruh Salinitas Pada Uji <i>Thermal</i>	37
4.5 Pengujian Reologi	39
4.5.1 Perbandingan Uji <i>Shear Rate</i> Pektin dan <i>Xanthan Gum</i>	39
4.5.2 Pengaruh Salinitas Pada Uji <i>Shear Rate</i>	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi Biopolimer.....	22
Gambar 3.1	Flow Chart.....	24
Gambar 4.1	Pembuatan Bubuk Sampel.....	29
Gambar 4.2	Proses Ekstraksi Pektin.....	30
Gambar 4.3	Pengujian FTIR Pektin.....	30
Gambar 4.4	Struktur Pektin.....	31
Gambar 4.5	Hasil Pengujian Viskositas Pektin dan <i>Xanthan Gum</i>	32
Gambar 4.6	Uji Salinitas Pektin.....	33
Gambar 4.7	Uji Salinitas <i>Xanthan Gum</i>	34
Gambar 4.8	Hasil Pengujian <i>Thermal</i> Pektin.....	35
Gambar 4.9	Hasil Pengujian <i>Thermal Xanthan Gum</i>	36
Gambar 4.10	Pengaruh Salinitas Pada Uji <i>Thermal</i> Pektin.....	37
Gambar 4.11	Pengaruh Salinitas Pada Uji <i>Thermal Xanthan Gum</i>	38
Gambar 4.12	Hasil Uji <i>Shear Rate</i> Pektin.....	39
Gambar 4.13	Hasil Uji <i>Shear Rate Xanthan Gum</i>	40
Gambar 4.14	Pengaruh Salinitas Pada Uji <i>Shear Rate</i> Pektin.....	41
Gambar 4.15	Pengaruh Salinitas Pada Uji <i>Shear Rate Xanthan Gum</i>	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State Of The Art</i> Produksi Biopolimer Pektin	4
Tabel 2.2 <i>State Of The Art</i> Pada Injeksi Polimer	11
Tabel 3.1 Rumus <i>Redwood Viscometer</i>	27
Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian	28



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	<i>Screening Criteria</i> Injeksi Polimer
LAMPIRAN II	Hasil Uji Viskositas Pektin
LAMPIRAN III	Hasil Uji Viskositas Pektin + 5000 ppm NaCl
LAMPIRAN IV	Hasil Uji Viskositas Pektin + 10000 ppm NaCl
LAMPIRAN V	Hasil Uji Viskositas Pektin + 15000 ppm NaCl
LAMPIRAN VI	Hasil Uji Viskositas <i>Xanthan Gum</i>
LAMPIRAN VII	Hasil Uji Viskositas <i>Xanthan Gum</i> + 5000 ppm NaCl
LAMPIRAN VIII	Hasil Uji Viskositas <i>Xanthan Gum</i> + 10000 ppm NaCl
LAMPIRAN IX	Hasil Uji Viskositas <i>Xanthan Gum</i> + 15000 ppm NaCl
LAMPIRAN X	Hasil Uji <i>Thermal</i> Pektin
LAMPIRAN XI	Hasil Uji <i>Thermal</i> Pektin + 5000 ppm NaCl
LAMPIRAN XII	Hasil Uji <i>Thermal</i> Pektin + 10000 ppm NaCl
LAMPIRAN XIII	Hasil Uji <i>Thermal</i> Pektin + 15000 ppm NaCl
LAMPIRAN XIV	Hasil Uji <i>Thermal Xanthan Gum</i>
LAMPIRAN XV	Hasil Uji <i>Thermal Xanthan Gum</i> + 5000 ppm NaCl
LAMPIRAN XVI	Hasil Uji <i>Thermal Xanthan Gum</i> + 10000 ppm NaCl
LAMPIRAN XVII	Hasil Uji <i>Thermal Xanthan Gum</i> + 15000 ppm NaCl
LAMPIRAN XVIII	Hasil Uji Reologi Pektin
LAMPIRAN XIX	Hasil Uji Reologi Pektin + 5000 ppm NaCl
LAMPIRAN XX	Hasil Uji Reologi Pektin + 10000 ppm NaCl
LAMPIRAN XXI	Hasil Uji Reologi Pektin + 15000 ppm NaCl
LAMPIRAN XXII	Hasil Uji Reologi <i>Xanthan Gum</i>
LAMPIRAN XXIII	Hasil Uji Reologi <i>Xanthan Gum</i> + 5000 ppm NaCl
LAMPIRAN XXIV	Hasil Uji Reologi <i>Xanthan Gum</i> + 10000 ppm NaCl
LAMPIRAN XXV	Hasil Uji Reologi <i>Xanthan Gum</i> + 15000 ppm NaCl

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

DAFTAR SINGKATAN



CCD	<i>Central composite design</i>
CE	<i>Conventional heating extractive</i>
DE	<i>Derajat Esterifikasi</i>
DES	<i>Deep Eutectic Solvent</i>
EOR	<i>Enhanced oil recovery</i>
FTIR	<i>Fourier-transform infrared</i>
HMP	<i>High methoxyl pectin</i>
HPAM	<i>Hydrolyzed polyacrylamides</i>
LMP	<i>Low methoxyl pectin</i>
RPM	<i>Rotation per minute</i>
SWE	<i>Subcritical water extractive</i>
UAE	<i>Ultrasound-assisted extraction</i>
UAHE	<i>Ultrasonic-assisted heating extraction</i>
UMAE	<i>Ultrasound-microwave assisted extraction</i>

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SIMBOL

C	Konstanta
t	Waktu alir
μ_{kin}	Viskositas kinematik
μ_{din}	Viskositas dinamik
ρ_b	Densitas Biopolimer
μ_a	<i>apparent viscosity</i>
τ	<i>Shear stress</i>



CONVENTIONAL HEATING EXTRACTION PEKTIN KULIT JERUK NIPIS SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF UNTUK INJEKSI POLIMER

ILHAM DWI SAPUTRA

173210353

ABSTRAK

Perolehan minyak yang rendah dan *water cut* yang tinggi adalah masalah umum yang dihadapi. Injeksi polimer banyak digunakan karena pengoperasian teknologinya yang sederhana dan tingkat pemulihan yang tinggi. *Hydrolyzed polyacrylamides* (HPAM) adalah polimer yang paling banyak digunakan dalam injeksi polimer. Polimer HPAM menunjukkan degradasi yang parah ketika diinjeksikan ke reservoir suhu dan salinitas yang tinggi. Polimer ini juga mencemari lingkungan karena teringgal dalam air terproduksi setelah pemisahan dari *recovery* minyak. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi biopolimer dari bahan baku kulit jeruk nipis, menguji karakterisasi dari biopolimer seperti uji FTIR, viskositas, *thermal* dan reologi serta membandingkan dan menganalisis biopolimer dari kulit jeruk nipis dengan *xanthan gum*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *conventional heating extraction*. Analisis FTIR membuktikan bahwa zat yang diekstrak adalah pektin. Nilai viskositas pektin sebesar 0.498 cp, 0.548 cp dan 0.589 sementara nilai viskositas dari *xanthan gum* 1.434 cp, 4.791 cp dan 14.23 cp. Viskositas *xanthan gum* lebih besar dari viskositas pektin. Penambahan salinitas mengurangi viskositas kedua biopolimer. Penurunan viskositas pada pektin pada pengujian *thermal* adalah sebesar 21% 22% dan 28% sedangkan persentase penurunan viskositas dari *xanthan gum* sebesar 25%, 48% dan 43%. Penambahan salinitas pada pengujian *thermal* pada kedua biopolimer memiliki beberapa konsentrasi yang lolos uji *thermal*. Pada pengujian reologi kedua biopolimer bersifat fluida non Newtonian dan viskositas kedua biopolimer menurun karena penambahan salinitas.

Kata Kunci : *Conventional Heating Extraction*, FTIR, Viskositas, *thermal*, reologi

CONVENTIONAL HEATING EXTRACTION LIME PEEL PECTIN AS AN ALTERNATIVE FOR POLYMER INJECTION

ILHAM DWI SAPUTRA

173210353

ABSTRACT

Low oil recovery and high water cut are common problems encountered. Polymer injection is widely used because of its simple technology operation and high recovery rate. Hydrolyzed polyacrylamides (HPAM) are the most widely used polymers in polymer injection. HPAM polymers showed severe degradation when injected into high temperature and salinity reservoirs. These polymers also pollute the environment as they remain in the produced water after separation from the oil recovery. This study aims to produce biopolymers from lime peel raw materials, examine the characterization of biopolymers such as FTIR, viscosity, thermal and rheological tests and compare and analyze biopolymers from lime peels with xanthan gum. The method used in this research is conventional heating extraction. FTIR analysis proves that the extracted substance is pectin. The viscosity values of pectin were 0.498 cp, 0.548 cp and 0.589 while the viscosity values of xanthan gum were 1.434 cp, 4.791 cp and 14.23 cp. The viscosity of xanthan gum is greater than the viscosity of pectin. The addition of salinity reduces the viscosity of both biopolymers. The decrease in viscosity of pectin in thermal testing was 21%, 22% and 28%, while the percentage decrease in viscosity from xanthan gum was 25%, 48% and 43%, respectively. The addition of salinity to the thermal test on both biopolymers had several concentrations that passed the thermal test. In rheological testing, both biopolymers are non-Newtonian fluids and the viscosity of both biopolymers decreases due to the addition of salinity.

Key Word : *Conventional Heating Extraction, FTIR, viscosity, thermal, rheology*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi minyak bumi dan fluida hidrokarbon lainnya pada tahun 2018 secara global rata-rata sebesar 4,94 miliar ton dan diproyeksikan akan meningkat sebesar 38% pada tahun 2040 (Fan et al., 2020).

Perolehan minyak yang rendah dan *water cut* yang tinggi adalah masalah umum yang dihadapi pada ladang minyak dewasa. Hampir semua reservoir bersifat heterogen dan permeabilitas tinggi. Air mudah menerobos ke sumur produksi karena heterogenitas reservoir yang menghasilkan *water cut* yang tinggi, perolehan minyak yang rendah dan saturasi minyak sisa yang tinggi. Diperkirakan sekitar 65–77% minyak yang tersisa tertinggal di area yang tidak tersapu (Sang et al., 2014).

Injeksi polimer banyak digunakan di reservoir karena pengoperasian teknologinya yang sederhana dan tingkat pemulihan yang tinggi (Ge et al., 2021). Polimer EOR *hydrolyzed polyacrylamides* (HPAM) adalah yang paling banyak digunakan baru-baru ini. HPAM menunjukkan degradasi yang parah ketika diinjeksikan ke reservoir suhu tinggi dan salinitas tinggi. HPAM merupakan pencemar lingkungan karena tetap berada pada air terproduksi setelah pemisahan dari *recovery* minyak. HPAM dapat terdegradasi menjadi monomer akrilamida beracun yang dapat terinfiltrasi ke dalam air tanah. Banyak penelitian menunjukkan bahwa paparan harian monomer akrilamida membahayakan kehidupan para pekerja dan penduduk di sekitarnya (Al-Araimi et al., 2021).

Biopolimer menjadi topik utama karena sifatnya yang ramah lingkungan dan unggul dalam stabilitas kimia (Pu et al., 2018). Biopolimer diproduksi dari pektin karena dapat digunakan sebagai pengental dan agen pembentukan gel. Pektin adalah non-pati polisakarida yang terjadi secara alami di dinding sel tumbuhan (Zaid et al., 2019). Pektin dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan derajat metoksilasi yakni HMP (*high methoxyl pectin*) atau pektin dengan tingkat metoksilasi tinggi dan LMP (*low methoxyl pectin*) atau pektin dengan tingkat metoksilasi rendah (Hosseini et al., 2016). Pektin bermetoksil tinggi memiliki ciri-

ciri dimana nilai metoksil > 7 , nilai derajat esterifikasi $> 50\%$, pH $< 3,6$ dan suhu pembentuk *gel* sekitar 88°C sedangkan pektin bermetoksil rendah memiliki ciri-ciri nilai metoksil < 7 , nilai derajat esterifikasi $< 50\%$, pH 1 hingga 7 atau lebih dan suhu pembentuk *gel* sekitar 54°C (Perina et al., 2017). Penelitian ini menggunakan metode *conventional heating extraction* dalam proses pembuatan biopolimer dengan bahan baku kulit jeruk nipis dan *xanthan gum* sebagai pembanding.

Penelitian sebelumnya pada injeksi polimer menggunakan polimer sintetis dalam peningkatan perolehan minyak akan tetapi polimer sintetis rentan terhadap suhu dan salinitas tinggi serta pencemar lingkungan, maka dengan penelitian ini akan dilakukan ekstraksi kulit jeruk nipis sebagai biopolimer untuk injeksi polimer. Diharapkan biopolimer yang dihasilkan dengan bahan kulit jeruk nipis dapat menjadi bahan alternatif untuk injeksi polimer.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Memproduksi biopolimer dari bahan baku kulit jeruk nipis
2. Menguji karakterisasi dari biopolimer seperti uji FTIR, viskositas, *thermal* dan reologi.
3. Membandingkan dan menganalisis biopolimer dari kulit jeruk nipis dengan *xanthan gum*.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai informasi pada bidang reservoir migas dengan pemanfaatan bahan alami kulit jeruk nipis untuk pembuatan biopolimer sebagai bahan alternatif dalam injeksi polimer.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, maka penelitian ini difokuskan pada:

1. Produksi biopolimer dengan bahan kulit jeruk nipis menggunakan metode *conventional heating extraction*.

2. Penelitian ini berfokus pada pengujian FTIR, viskositas, *thermal* dan reologi.
3. Konsentrasi sampel biopolimer yang digunakan adalah 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm.
4. Pengujian salinitas menggunakan bahan NaCl dengan konsentrasi 5000 ppm, 10000 ppm dan 15000 ppm dan dilakukan pada pengujian viskositas, *thermal* dan reologi.
5. Suhu yang digunakan dalam pengujian sebesar 30°C dan 60°C.
6. Biopolimer pembanding yang digunakan adalah *xanthan gum*.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surah Thaha ayat 53 :
 الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَوَّلَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا
 مِّن نَّبَاتٍ شَتَّىٰ

Artinya : “ (Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, dan menjadikan jalan-jalan di atasnya bagimu, dan yang menurunkan air (hujan) dari langit. Kemudian Kami tumbuhkan dengannya (air hujan itu) berjenis-jenis aneka macam tumbuh-tumbuhan.”

2.1 Penelitian Terkait Yang Telah Dilakukan Sebelumnya

2.1.1 Produksi Biopolimer Pektin

Pada *state of the art* dapat dilihat hasil penelitian terdahulu pemanfaatan berbagai macam bahan alami dengan proses ekstraksi dalam pembuatan pektin sebagai zat pengental yang bisa dijadikan acuan dalam penelitian ini untuk membuat biopolimer yang ditunjukkan tabel 2.1

Tabel 2.1 *State Of The Art* Produksi Biopolimer Pektin

No	Judul penelitian	Metode	Bahan	Hasil penelitian
1	<i>High methoxyl pectin extracts from Hylocereus polyrhizus's peels: Extraction kinetics and thermodynamic studies</i> (Zaid et al., 2019)	<i>Ultrasonic -assisted heating extraction</i> (UAHE)	Kulit buah naga	Hasil penelitian diperoleh DE tertinggi (> 50%) diperoleh dari 28,20% hasil pektin dan pH 2 menggunakan asam sitrat, dengan kecepatan pengadukan 250 rpm, dan dilakukan pada 70°C selama 120 menit. Pektin ini tergolong dalam pektin metoksil tinggi.

2	<i>Pomelo (Citrus maxima) pectin: Effects of extraction parameters and its properties</i> (Methacanon et al., 2014)	Ekstraksi	Kulit jeruk bali	Kondisi optimum untuk ekstraksi pomelo pektin menggunakan asam nitrat pada pH 2, suhu 90°C selama 90 menit. Dengan kondisi ini, rendemen sekitar 23% dan pektin yang diekstraksi memiliki nilai derajat esterifikasi dan berat molekul masing-masing 58% dan 353 kDa. Sifat reologi dispersi pektin menunjukkan bahwa pektin berperilaku sebagai fluida kental pada konsentrasi di bawah 1% w/v dan membentuk jaringan gel lemah pada konsentrasi yang lebih tinggi.
3	<i>Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties</i>	Aqueous extraction	Kulit jeruk asam	Kandungan DE dari pektin yang diekstraksi 17-30,5%. Pektin dari kulit jeruk asam ini termasuk pektin dengan metoksil rendah. Hasil ekstraksi tertinggi (17,95 ± 0,3%)

(Hosseini et al.,
2016)

diperoleh pada suhu 95°C, waktu 90 menit, dan rasio cair-padat 25 (v / w). Hasil pengukuran viskositas menunjukkan, pada konsentrasi rendah (0,1, 0,5 dan 1,0%, b / v), sampel menunjukkan perilaku aliran Newtonian, sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi (2,0%, b / v), aliran menjadi pseudoplastik dominan.

4	Ekstraksi Pektin Dari Berbagai Macam Kulit Jeruk (Perina et al., 2017)	<i>Ultrasound-assisted extraction</i> (UAE)	Kulit jeruk shantang, kulit jeruk lokam, kulit jeruk nipis dan kulit jeruk manis	Hasil penelitian diperoleh Semua kulit jeruk tergolong dalam pektin metoksil tinggi karena memiliki nilai metoksil >7. Kekuatan pembentukan <i>gel</i> dari pektin jeruk manis yang tertinggi dibandingkan dengan yang lain.
5	<i>Optimized Extraction and Characterization of Pectin from Jackfruit</i>	<i>Ultrasound-assisted extraction</i> (UAE)	Limbah nangka	Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen yang dioptimalkan (28,07 ± 0,67%) dicapai pada

(*Artocarpus integer*) wastes using Response Surface Methodology (Sundarraaj et al., 2018)

daya ultrasound 150 W, waktu penyinaran 10 menit dan pH 1,5. Nilai derajat esterifikasi $6,77 \pm 0,43\%$ tergolong sebagai pektin metoksil rendah.

6 *Microwave heating extraction of pectin from lime peel: Characterization and properties compared with the conventional heating method* (Rodsamran & Sothornvit, 2019)

Conventional heating extraction dan Microwave heating extraction

Kulit jeruk nipis

Kandungan metoksil dari pektin kulit jeruk nipis berada pada kisaran 8,74-10,51%. Nilai derajat esterifikasi pektin yang diekstrak dari kulit jeruk nipis berada pada kisaran 70,81-91,58%. Pektin kulit jeruk nipis diklasifikasikan sebagai pektin metoksil tinggi yang memiliki pembentukan gel yang cepat. Perilaku semua larutan konsentrasi pektin dari kedua metode pemanasan berubah menjadi fluida Newtonian pada *shear rate* yang tinggi karena penataan ulang molekul pektin untuk

				menyelaraskan dengan arah aliran
7	<i>Flash extraction optimization of extraction low-temperature soluble pectin from passion fruit peel (Passiflora edulis f. flavicarpa) and its soft gelation properties</i> (Lin et al., 2020)	<i>Flash markisa</i> Kulit buah markisa		Hasil penelitian menunjukkan Nilai DE sebesar 57,02% menunjukkan kandungan metoksil pektin yang tinggi, mudah larut pada suhu rendah (70°C). Gel Analisis tekstur mengungkapkan bahwa sifat gelasi tergantung pada konsentrasi sukrosa dan pH dalam larutan pektin. Hasil pengujian SEM dimana struktur jaringan gel diubah dengan menyesuaikan konsentrasi sukrosa dan pH. Sebagai hasilnya, sifat gel berubah. Sifat gel lebih dipengaruhi oleh konsentrasi sukrosa.
8	<i>Comparisons of Conventional process heating intensifying methods in the</i>	<i>extractive (CE),</i> Kulit jeruk bali		Sifat fisikokimia pektin yang diekstraksi menggunakan CE, UMAE dan SWE

extraction of sequential pectin from ultrasound-pomelo peel microwave

(Liew et al., 2019) *assisted technique (UMAE) dan dynamic subcritical water extractive technique (SWE)*

ditemukan serupa dalam hal viskositas dan perilaku pseudoplastik. Tidak adanya asam menurunkan hasil ekstraksi dan nilai DE. Viskositas pektin untuk ketiga metode sebesar 0.01 Pa.s menunjukkan perilaku pseudoplastic.

9 *Acid and Deep Eutectic Solvent (DES) extraction of pectin from pomelo (Citrus grandis (L.) Osbeck) peels*
(Liew et al., 2018)

Kulit jeruk bali

Kondisi yang dioptimalkan menggunakan asam sitrat organik pada pH 1,8 waktu ekstraksi 141 menit dan suhu 88°C, hasil pektin 39,72% dan nilai DE 57,56%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pektin yang diekstrak dari kulit jeruk bali merupakan pektin jenis *slow set high methoxyl*. Gel pektin menunjukkan perilaku pseudo-plastik dengan viskositas ~ 0,01 Pa.s.

10	<i>Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel</i> (Raji et al., 2017)	<i>Central composite design (CCD)</i>	Kulit melon	Hasil penelitian menunjukkan bahwa DE 1,33-29,33%. Hasil ekstraksi tertinggi (29,48 ± 1,7%) diperoleh dalam kondisi optimal (pH 1, suhu 95°C dan rasio 10 v/b setelah 200 menit). Eksperimen reologi menghasilkan dispersi pektin kulit melon berperilaku sebagai gel lemah pada konsentrasi 1% w/v. Pektin kulit melon ini tergolong dalam pektin metoksil rendah.
----	---	---------------------------------------	-------------	---

2.1.2 Injeksi Polimer

Injeksi polimer banyak digunakan di reservoir karena pengoperasian teknologinya yang sederhana dan tingkat pemulihan yang tinggi dapat meningkatkan perolehan minyak hingga 15 - 20% (Ge et al., 2021). Sebelum melakukan injeksi polimer, maka hal yang harus dilakukan adalah *screening criteria* terlebih dahulu. *Screening criteria* dapat dilihat pada lampiran I dari penelitian (Taber et al., 1997).

Pada *state of the art* dapat dilihat hasil penelitian terdahulu dalam peningkatan viskositas air menggunakan biopolimer untuk injeksi polimer ditunjukkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 *State Of The Art* Pada Injeksi Polimer

No	Judul penelitian	Metode	Bahan	Hasil penelitian
1	<i>Viability of Biopolymers for Enhanced Oil Recovery</i> (Sveistrup et al., 2016)	Eksperimen	<i>Xanthan gum</i> , <i>scleroglucan</i> , <i>Dodecane</i> , ENORDET O332, olefin sulfonat internal, surfaktan non-ionik.	<i>Xanthan gum</i> dan <i>scleroglucan</i> adalah kandidat yang layak untuk injeksi polimer EOR, menunjukkan kinerja <i>viscosifying</i> yang menguntungkan serta toleransi <i>shear</i> dan elektrolit. Namun, dengan interaksi surfaktan tergantung pada karakteristik muatan biopolimer
2	<i>Experimental Validation of the Temperature-Resistant and Salt-Tolerant Xanthan Enhanced Foam for Enhancing Oil Recovery</i> (Sun et al., 2015)	Eksperimen	<i>Polyoxyethylene ether sulfonate</i> (PS), sulfo betaine (SB), <i>Xanthan</i> (XG1, XG4, XG5, XG11, XG13), Minyak mentah, <i>synthetic brine</i> ,	Hasil percobaan menunjukkan bahwa SEM XGF mencerminkan sifat yang lebih viskoelastik dan stabil dari sistem <i>foam</i> . Suhu tinggi memiliki dampak buruk pada stabilitas XGF, dan peningkatan salinitas dalam larutan membantu meningkatkan stabilitas <i>foam</i> . Tes perpindahan minyak menunjukkan bahwa XGF memiliki

			<p><i>Xidaliya formation brine sandstone cores</i></p>	<p>sifat yang baik untuk perpindahan minyak. Perolehan minyak kumulatif adalah 32,7% dan 20,8%, menunjukkan bahwa XGF yang diinjeksikan dapat mengontrol mobilitas air serta gas dan meningkatkan volume sapuan.</p>
3	<p><i>Biopolymer production by Aureobasidium mangrovei SARA-138H and its potential for oil recovery enhancement</i> (Al-Araimi et al., 2021)</p>	<p>Analisis</p>	<p>A. mangrovei SARA-138H</p>	<p>Hasil menunjukkan bahwa dalam kondisi optimal, yaitu sukrosa sebagai sumber karbon dalam medium, pH 9, inkubasi pada 25 °C, dan agitasi 250 rpm, jamur mampu menghasilkan 10 g/L pullulan. Viskositas maksimum yang dicapai dalam kondisi ini adalah 318 cP setelah 15 hari inkubasi. Larutan Pullulan (10 g/L) menunjukkan kemampuan untuk memulihkan minyak mentah berat sebesar 36,7% setelah pemulihan minyak</p>



sekunder. Namun, pullulan yang diencerkan dalam air garam pada rasio (1:1) menghasilkan perolehan kembali 20,23% minyak dari minyak sisa di teras setelah 22,6% perolehan minyak sekunder. Tes injeksi selama 20 hari mengungkapkan bahwa pullulan melewati inti dengan lancar, tidak menyebabkan penyumbatan.

Disimpulkan bahwa pullulan dari A. mangrove SARA-138H mampu meningkatkan perolehan minyak ke tingkat yang sebanding dengan yang dicapai dengan banyak polimer yang digunakan di ladang minyak di seluruh dunia

4	<i>Production and Rheological Studies of Microalgal Extracellular Biopolymer from</i>	Eksperimen Plackett-Burnman dan analisis statistic	Alga hijau uniseluler, Neochloris oleoabundans, modified soil extract	Neochloris oleoabundans terbukti mampu menghasilkan sejumlah besar (sampai 5 g/L) polimer viskositas tinggi dengan berat molekul
---	---	--	---	--

<p><i>Lactose Using the Green Alga Nostoc oleoabundans</i> (Wu et al., 2011)</p>	<p>(SE), K₂HPO₄, 3H₂O, MgSO₄, 7H₂O, CaCl₂, 2H₂O, KH₂PO₄, NaCl, Chu Micronutrie nt dan P-IV <i>metal solution</i></p>	<p>rata-rata berat 505 kDa dari laktosa di bawah kondisi budidaya mixotrophic. Larutan berair dari polimer menunjukkan perilaku reologi khas cairan pseudoplastik. Viskositas larutan terbukti sensitif terhadap laju geser dan bergantung pada suhu. Menambahkan 0,3-0,6 M NaCl ke dalam larutan berair menyebabkan peningkatan viskositas yang signifikan. Sifat-sifat ini menunjukkan bahwa polimer dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang termasuk industri makanan, kosmetik, dan minyak</p>
--	---	---

<p>5 <i>An evaluation of the enhanced oil recovery potential of the xanthan gum and aquagel in a heavy oil</i></p>	<p>Eksperimen dan simulasi software CMG <i>Gravel-packed sand</i>, Tanah liat, Sampel polimer <i>xanthan gum</i> dan</p>	<p>Polimer xanthan gum konsentrasi 2000 ppm, 1000 ppm dan 250 ppm menunjukkan viskositas masing-masing 125 cp, 63 cp dan 42 cp. Konsentrasi polimer aquagel 2000 ppm, 1000</p>
--	--	--

reservoir in Trinidad (Coolman et al., 2020)

polimer *aquagel* ppm dan 250 ppm menunjukkan viskositas masing-masing 63 cp, 42 cp dan 21 cp. Injeksi polimer *aquagel* yang menunjukkan perolehan minyak yang lebih tinggi sebesar 8,43 STB dibandingkan dengan injeksi polimer *xanthan gum* sebesar 8,37 STB. Injeksi polimer *aquagel* menghasilkan perolehan minyak yang lebih tinggi sebesar 0,06 STB dibandingkan dengan injeksi polimer *xanthan gum*, sehingga metode EOR yang lebih baik adalah injeksi polimer *aquagel*.

6 *Application of a novel biopolymer flooding to enhance oil recovery* (Gao, 2016)

Uji *core* Schizophyllan, NaCl, CaCl₂, Sampel inti batu pasir, . Sampel minyak mentah,

Hasil menunjukkan schizophyllan mempertahankan viskositas tinggi di bawah salinitas yang sangat tinggi. Hilangnya viskositas tidak signifikan pada suhu tinggi hingga 100 °C. Stabilitas schizophyllan





		baik di bawah suhu tinggi dan salinitas tinggi menjadikan potensinya untuk meningkatkan perolehan minyak dalam industri minyak dan gas. Uji coba lapangan dilakukan sejak 2012. Hasil lapangan menunjukkan injeksi larutan schizophyllan ke dalam strata minyak mengarah pada peningkatan produksi minyak.
7	<i>Application of Water-Soluble Polymer/Biopolymer Combined with a Biosurfactant in Oil-Wet Fractured Carbonate Reservoirs</i> (Elyasi Gomari et al., 2021)	Eksperimen Xanthan gum (XG), poliakrilamida (PAM), Trisodium trimetaphosphate (STMP), polyethylenimine (PEI) dan asam asetat. Hasil menunjukkan bahwa injeksi PAM menyebabkan penurunan yang lebih tinggi 35,6% pada permeabilitas matriks fraktur dibandingkan dengan XG pada 18,3%. Pemantauan produksi minyak juga menunjukkan bahwa tingkat perolehan minyak akhir dari inti karbonat rekah basah minyak untuk sistem tersebut masing-masing adalah 16



dan 8,7%, yang dapat dikaitkan dengan mekanisme penggerak penyumbatan rekahan sementara serta peningkatan rasio mobilitas karena polimer dan keterbasahan. perubahan oleh biosurfaktan. Gambar SEM mengkonfirmasi mekanisme yang diusulkan, di mana keberadaan polimer / biopolimer diikuti oleh biosurfaktan dapat dideteksi di permukaan batuan sebagai akibat dari aliran kimia melalui sistem.

8	<i>Recovery potential of biopolymer (B-P) formulation from Solanum tuberosum (waste) starch for enhancing recovery from oil reservoirs</i>	Eksperimen	<i>Core plugs</i> , minyak mentah, Polimer (Biopolimer yang berasal dari kulit kentang), Kulit kentang sebagai	Hasil percobaan menunjukkan bahwa viskositas larutan BP meningkat pada setiap penambahan jumlah polimer yang mengurangi rasio mobilitas. Beberapa percobaan injeksi dilakukan dengan Reservoir Permeabilitas
---	--	------------	--	--

(Olabode et al., 2020)

bahan baku, Tester (RPT). Perolehan Air minyak tambahan terproduksi bervariasi 52%, 60%, (Brine), hingga 74% dari minyak Aseton/Toluena dan tergantung pada Reagen konsentrasi polimer Kimia (Sodium Hydroxide, Hydrochloric Acid dan Plasticizer).

9 *Production of A novel bio-polymer for enhanced oil recovery and modelling the polymer viscosity using Artificial Neural Network (ANN)* Ekstraksi Kulit Kentang Hasil karakterisasi reologi menunjukkan bahwa polimer menunjukkan perilaku non-Newtonian untuk semua pengujian konsentrasi. Viskositas nyata dari larutan polimer mulai menipis pada laju geser lebih besar dari 5 (300 rpm). Pada laju geser yang lebih tinggi, larutan polimer cenderung bertindak seperti fluida Newtonian. Perilaku Non-Newtonian polimer menunjukkan bahwa



viskositas polimer akan meningkat seiring dengan mengalirnya sumur injeksi menuju reservoir target karena polimer lebih rentan terhadap laju geser di kepala sumur daripada di reservoir. Studi stabilitas *thermal* menunjukkan bahwa viskositas menurun dengan kenaikan suhu dan pada suhu 100°C biopolimer telah kehilangan sekitar 40% dari viskositas awalnya pada 30°C. HPAM dan Xanthan pada 90°C kehilangan 32 dan 50% dari viskositas aslinya.

- | | | | |
|----|---|---------------------------------------|---|
| 10 | <i>Indonesian Local Biopolymer for Enhanced Oil Recovery from Seeds of Kluwih</i>
(Gajah et al., 2019) | Ekstraksi Biji kluwih, NaCl, dan air. | Hasil penelitian menunjukkan kluwih dapat meningkatkan viskositas <i>brine</i> yang diinjeksikan. Viskositas Kluwih stabil pada suhu lingkungan (30°C) dan suhu yang lebih tinggi (60°C), menunjukkan bahwa kluwih memiliki |
|----|---|---------------------------------------|---|



karakteristik reologi yang sama dengan polimer komersial. Reologi Kluwih menunjukkan karakteristik pseudoplastic dan fluida non-Newtonian akibat penurunan viskositas pada kenaikan laju geser dan temperatur. Dari hasil injeksi, kluwih dapat meningkatkan perolehan minyak. Hal ini menunjukkan bahwa kluwih tanpa modifikasi dapat menggantikan minyak seperti polimer lainnya. Selain itu, kluwih ramah lingkungan, tidak merusak lingkungan seperti kualitas air.

2.2 Penelitian Yang Akan Dilakukan

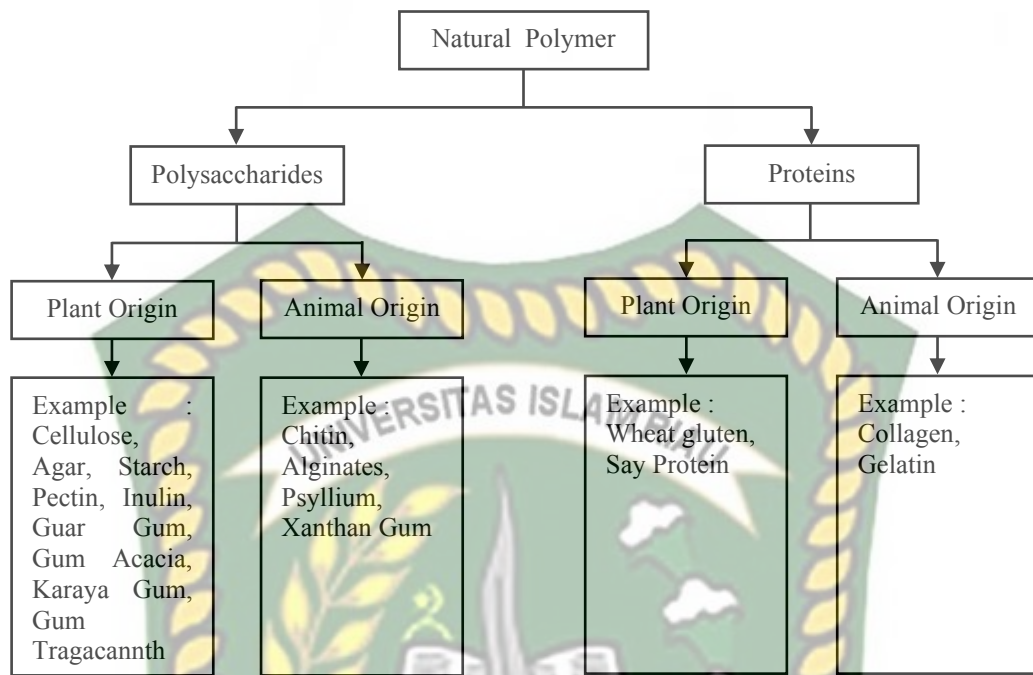
Perolehan minyak yang rendah dan *water cut* yang tinggi adalah masalah umum yang dihadapi. Injeksi polimer banyak digunakan di reservoir karena pengoperasian teknologinya yang sederhana dan tingkat pemulihan yang tinggi. HPAM adalah polimer sintesis yang paling banyak digunakan baru-baru ini. HPAM menunjukkan degradasi ketika diinjeksikan ke reservoir suhu tinggi dan salinitas tinggi. HPAM merupakan pencemar lingkungan yang tetap berada pada air

terproduksi setelah pemisahan dari *recovery* minyak. Penelitian ini menggunakan metode *conventional heating extraction* dalam proses pembuatan biopolimer dengan bahan baku kulit jeruk nipis dalam meningkatkan viskositas air dan akan dibandingkan dengan *xanthan gum*. Penelitian sebelumnya pada injeksi polimer menggunakan polimer sintetis dalam peningkatan perolehan minyak akan tetapi polimer sintetis rentan terhadap suhu dan salinitas tinggi serta pencemar lingkungan, maka dengan penelitian ini akan dilakukan ekstraksi kulit jeruk nipis sebagai biopolimer untuk injeksi polimer. Diharapkan biopolimer yang dihasilkan dengan bahan kulit jeruk nipis dapat menjadi bahan alternatif untuk injeksi polimer.

2.3 Biopolimer

Berdasarkan sumbernya, polimer dibagi menjadi tiga jenis yaitu polimer alami, polimer semisintetik dan polimer sintetis. Polimer alami atau polimer herbal yang diperoleh dari tumbuhan dan hewan contohnya pati, protein, selulosa. Polimer semisintetik adalah polimer yang dibuat dengan proses kimia di mana polimer alam digunakan sebagai bahan baku contohnya silikon dan turunan selulosa. Polimer sintetis adalah bahan sintetis murni dan dibuat dengan proses kimia yang disebut polimerisasi contohnya polietilen, karet sintetis, nilon dan lain-lain (Srivastava & Kalam, 2019).

Pektin adalah non-pati polisakarida yang terjadi secara alami di dinding sel tumbuhan terestrial. Pektin dikenal sebagai bahan makanan fungsional yang banyak digunakan dalam industri makanan sebagai pengental dan agen pembentuk *gel* (Zaid et al., 2019). Dari penelitian (Kaushik et al., 2016), klasifikasi dari biopolimer dapat dilihat dari gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi Biopolimer

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

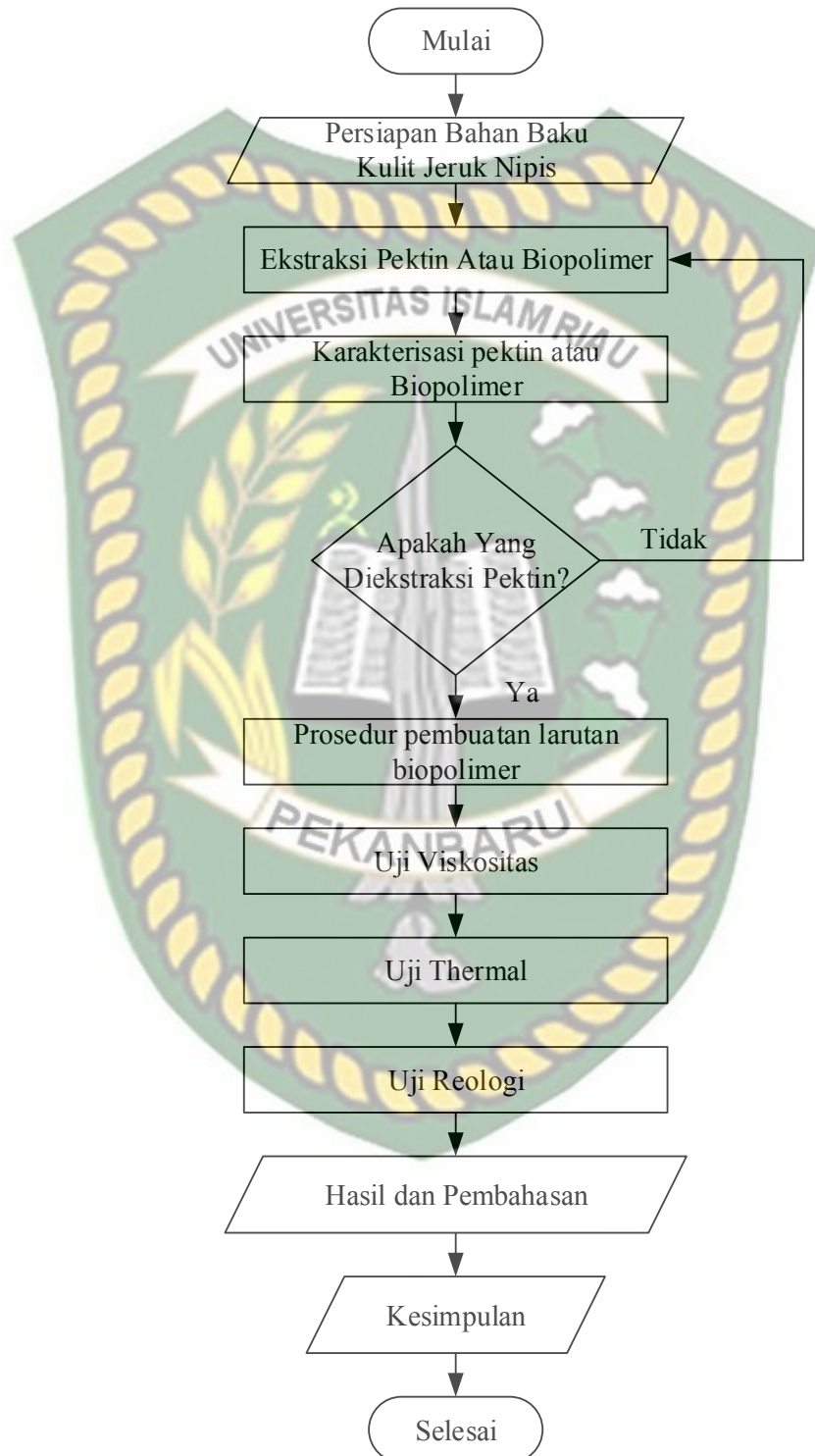
Penelitian ini dilakukan untuk produksi biopolimer dari ekstraksi pektin dengan bahan kulit jeruk nipis untuk meningkatkan viskositas air dalam injeksi polimer.

Metode untuk memproduksi pektin pada kulit jeruk nipis adalah *conventional heating extraction*. Pengujian yang dilakukan berupa uji FTIR, uji viskositas, uji *thermal* dan uji reologi.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah penelitian laboratorium dan jurnal yang sesuai dengan topik penelitian yang hasilnya akan di evaluasi untuk dilakukan analisa terhadap data yang didapat mengarah pada tujuan dan kesimpulan penelitian.



3.2 Flow Chart



Gambar 3.1 Flow Chart

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Timbangan Digital | 10. Oven |
| 2. <i>Stirrer Magnetic</i> | 11. Blender |
| 3. Saringan teh | 12. Viskometer Oswald |
| 4. Gelas kimia | 13. Piknometer |
| 5. Gelas ukur | 14. Fann VG meter |
| 6. Thermometer | 15. <i>Digital Redwood</i>
<i>viskosimeter</i> |
| 7. Aluminium foil | 16. pH meter |
| 8. Sendok | |
| 9. Batang pengaduk | |

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Kulit jeruk nipis
2. *Xanthan gum*
3. Asam sitrat
4. Alkohol 96%
5. Aquades
6. NaCl

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Ekstraksi Pektin Atau Biopolimer

- a. Kulit jeruk nipis dicuci hingga bersih
- b. Kulit jeruk nipis dipotong kecil-kecil dan dijemur selama 3 hari dibawah sinar matahari.
- c. Kulit jeruk nipis yang telah dikeringkan kemudian diblender hingga menjadi bubuk.
- d. Kulit jeruk nipis disimpan dalam wadah dan ditutup dengan rapat.
- e. Serbuk kulit jeruk nipis diekstraksi dengan asam sitrat rasio perbandingan 1:20 dipanaskan dengan suhu 95°C dan diaduk dengan *stirrer magnetic* selama 2 jam.
- f. Larutan disaring dan diambil filtratnya.

- g. Filtrat pektin diendapkan dengan alkohol rasio perbandingan 1:1 dan disimpan selama 24 jam tanpa diaduk pada suhu kamar (25°C).
- h. Filtrat pektin disaring untuk diambil endapan.
- i. Endapan dikeringkan di bawah sinar matahari kemudian dihaluskan. Simpan bubuk pektin pada wadah dan ditutup.

3.4.2 Karakterisasi Pektin atau Biopolimer

- a. FTIR : Pengujian FTIR dilakukan untuk melihat gugus fungsi yang muncul pada biopolimer.

3.4.3 Prosedur Pembuatan Larutan Biopolimer

Bubuk biopolimer dilarutkan dan diaduk menggunakan *stirrer magnetic* sampai sampel biopolimer larut. Konsentrasi biopolimer 1.000 ppm, 2.000 ppm dan 3.000 ppm (Salammulloh et al., 2019) dengan salinitas yang berbeda yakni 5.000 ppm, 10.000 ppm, dan 15.000 ppm (Santoso & Kasmungin, 2017). Penentuan ppm menggunakan rumus sebagai berikut :

$$ppm = \frac{\text{massa terlarut (mg)}}{\text{Volume larutan (L)}} \dots\dots\dots (3-1)$$

3.4.4 Pengujian Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui kekentalan mula-mula dari biopolimer yang dihasilkan sebelum dilakukan pengujian lain. Pengujian viskositas menggunakan alat viskometer oswald. Persamaan yang digunakan dari (Santoso & Kasmungin, 2017) untuk menentukan viskositas pada viskometer oswald adalah :

1. Viskositas Kinematik

$$\mu_{kin} = C \cdot t \dots\dots\dots (3-2)$$

Dimana :

μ_{kin} = Viskositas kinematik (Cst)

C = Konstanta Oswald (0.4994 Cst/detik)

t = Waktu alir (detik)

2. Viskositas Dinamik

$$\mu_{din} = \rho_b \cdot \mu_{kin} \dots\dots\dots (3-3)$$

Dimana :

μ_{din} = Viskositas dinamik (Cp)

ρ_b = Densitas Biopolimer (gr/ml)

μ_{kin} = Viskositas kinematik (Cst)

3.4.5 Uji Thermal

Uji *thermal* dilakukan untuk mengetahui degradasi polimer. Degradasi polimer adalah pelarutan molekul polimer dari makromolekul untuk memperpendek panjang molekul, menurunkan berat molekul, dan menurunkan viskositas polimer. Uji *thermal* menentukan stabilitas viskositas polimer ketika dipanaskan sampai suhu reservoir (Gajah et al., 2019). Pengujian *thermal* menggunakan alat *digital redwood viscosimeter*. Pengujian *thermal* dilakukan pada suhu 30 °C dan 60 °C.

Perhitungan viskositas kinematik pada *digital redwood viscosimeter* menggunakan persamaan (Boda et al., 2015) :

$$\mu_{kin} = (A \times t) - (B/t) \dots\dots\dots (3-4)$$

Perhitungan viskositas dinamik menggunakan persamaan :

$$\mu_{din} = \rho_b \times \mu_{kin} \dots\dots\dots (3-5)$$

Dimana :

μ_{kin} = Viskositas kinematik (Cst)

μ_{din} = Viskositas dinamik (Cp)

ρ_b = Densitas biopolimer (gr/ml)

Tabel 3.1 Rumus *Redwood Viscosimeter*

No	Waktu alir (t dalam detik)	A	B
1	1 sampai 100	0.0026	1.72
2	>100	0.00247	0.5

3.4.6 Uji Reologi

Pengujian reologi untuk menentukan viskositas larutan polimer untuk membandingkan karakteristik biopolimer lainnya dan mengamati pengaruh *shear rate* terhadap polimer yang dihasilkan. Viskositas *xanthan gum* dan larutan biopolimer pektin dianalisis menggunakan Fann VG meter.

Pengukuran viskositas dicatat untuk kecepatan geser pada 600 rpm, 300 rpm, 200 rpm, 100 rpm (Coolman et al., 2020).

Perhitungan *shear rate*, *Shear stress* dan viskositas nyata menggunakan persamaan (Widada et al., 2019):

$$\tau = 5,077 \times C \dots\dots\dots (3-6)$$

$$\gamma = 1,704 \times RPM \dots\dots\dots (3-7)$$

$$\mu_a = \tau/\gamma \times 100 \dots\dots\dots (3-8)$$

Dimana μ_a adalah *apparent viscosity* (cP), τ adalah *Shear stress* (dyne/cm²), C adalah konstanta dan *RPM* adalah *Rotation per minute* dari rotor.

3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisa Fluida Reservoir Universitas Islam Riau untuk pengujian viskositas dan *thermal*, pengujian reologi dilakukan di Laboratorium Pemboran Universitas Islam Riau dan pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium FMIPA Universitas Riau.

3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian

Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian

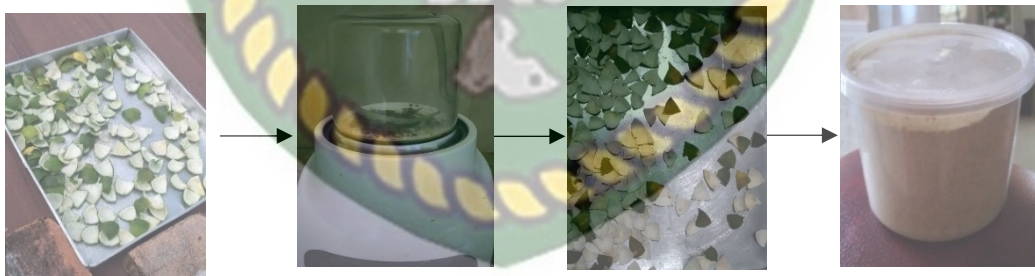
Kegiatan dan Waktu Pelaksanaan	Oktober				November				Desember				Januari			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																
Seminar Proposal																
Ekstraksi Pektin atau biopolimer																
Pengujian Biopolimer																
Analisa Hasil Serta Pembuatan Laporan																
Sidang Tugas Akhir																

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

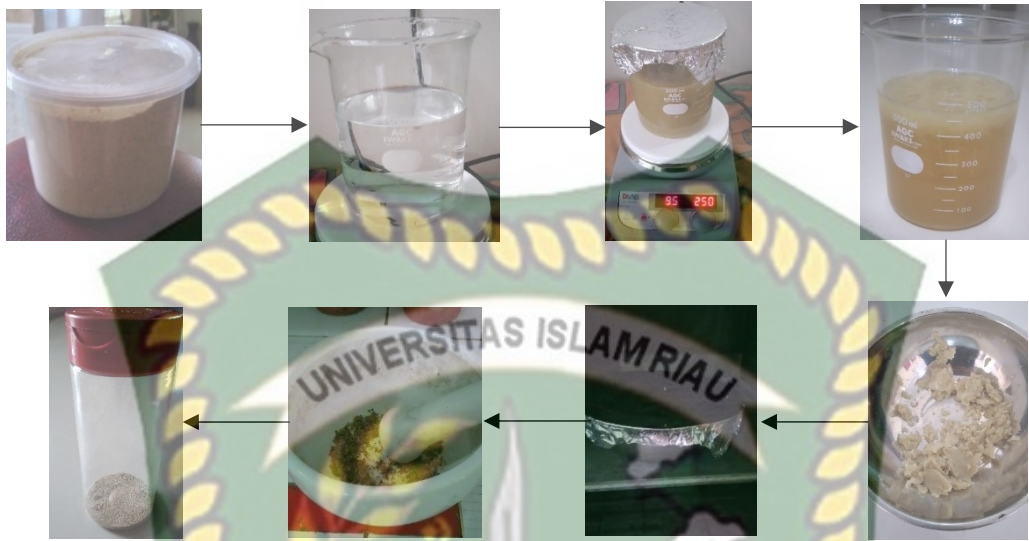
4.1 Produksi Pektin Kulit Jeruk Nipis

Pektin kulit jeruk nipis memiliki kandungan metoksil berada pada kisaran 8,74-10,51% dan nilai derajat esterifikasi pektin berada pada kisaran 70,81-91,58%. Pektin kulit jeruk nipis diklasifikasikan sebagai pektin metoksil tinggi yang memiliki pembentukan gel yang cepat (Rodsamran & Sothornvit, 2019).

Untuk mendapatkan pektin kulit jeruk nipis, proses ekstraksi pektin dimulai dengan menjemur kulit jeruk nipis hingga kering kemudian diblender hingga menjadi bubuk. Berat kulit jeruk nipis sebelum ekstraksi adalah 2.7 kg dan berat setelah ekstraksi adalah 398.54 gr. Bubuk kulit jeruk nipis dilarutkan dengan aquades yang telah ditambahkan dengan asam sitrat pH 2 perbandingan 1:20. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 250 rpm selama 2 jam suhu 95°C. Larutan disaring untuk diambil filtrat pektin kemudian menambahkan alkohol dengan perbandingan 1:1 dan diendapkan selama 24 jam. Setelah 24 jam larutan disaring untuk diambil endapannya kemudian dikeringkan dan dihaluskan menggunakan blender. Berat bubuk pektin sebesar 21.47 gr.



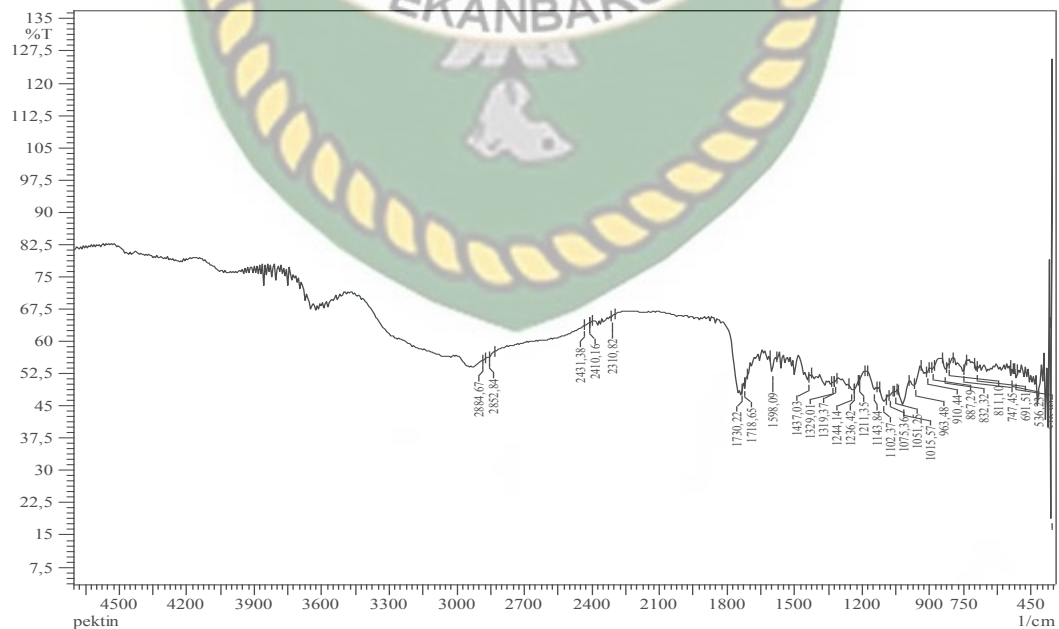
Gambar 4.1 Pembuatan Bubuk Sampel



Gambar 4.2 Proses Ekstraksi Pektin

4.2 Pengujian FTIR

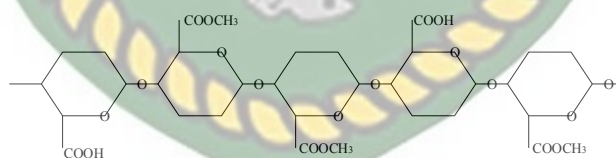
Pengujian FTIR (*Fourier-transform infrared*) berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi polisakarida. Spektrum FT-IR pektin kulit jeruk nipis, dipindai pada bilangan gelombang mulai dari 4000 hingga 650 cm^{-1} .



Gambar 4.3 Pengujian FTIR Pektin

Gugus fungsi utama dalam pektin biasanya berada di wilayah antara 1.000-2.000 cm^{-1} dari spektrum FTIR (Ismail et al., 2012). Hasil pengujian FTIR pada gambar 4.3 menunjukkan pita khas untuk molekul pektin diamati menjadi dua daerah. Daerah pertama pada bilangan gelombang antara 1800-1500 cm^{-1} terkait dengan evaluasi tingkat metilasi (Abid et al., 2017). Pemeriksaan daerah spektral ini mengungkapkan adanya pita yang berpusat pada 1730,22 cm^{-1} (C=O, regangan gugus karbonil ester) dan puncak 1598,09 cm^{-1} terletak pada gelombang 1550-1650 cm^{-1} (COOH pita peregangan ion karboksilat) menghasilkan daerah pita gugus karboksil yang diesterifikasi sebagai peningkatan derajat esterifikasi (Nurhayati et al., 2016). Rata-rata perbandingan luas puncak pada 1730,22 cm^{-1} (C=O) dan 1598,09 cm^{-1} (COOH) dihitung sebagai derajat esterifikasi (Begum et al., 2014; Wang et al., 2015).

Wilayah kedua antara 1200-950 cm^{-1} secara kolektif disebut sebagai "*finger print*" untuk wilayah karbohidrat karena memungkinkan untuk mengidentifikasi kelompok kimia utama dalam polisakarida (Černá et al., 2003). Puncak intens yang terkait dengan karakteristik polisakarida pektin (asam poligalakturonat) muncul pada 1236, 1143, 1102, 1015 dan 963 cm^{-1} , yang ditugaskan untuk peregangan C=O, peregangan C-O, peregangan C-C, peregangan C-H dan tekukan C-O masing-masing. Analisis FTIR membuktikan bahwa zat yang diekstrak adalah pektin.



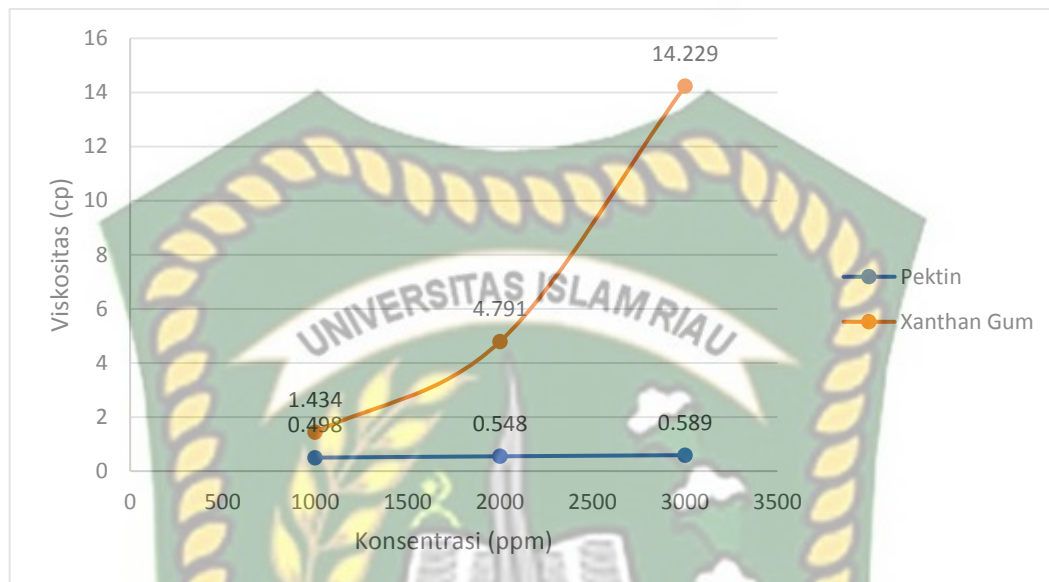
Gambar 4.4 Struktur Pektin

4.3 Pengujian Viskositas

4.3.1 Perbandingan Viskositas Pektin Dengan *Xanthan Gum*

Untuk menguji viskositas, disiapkan larutan dengan konsentrasi berbeda dan viskositasnya diperiksa dengan viskometer oswald pada suhu ruangan (25°C). Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah pektin kulit jeruk nipis yang

akan dibandingkan dengan *xanthan gum* dengan konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Viskositas Pektin dan *Xanthan Gum*

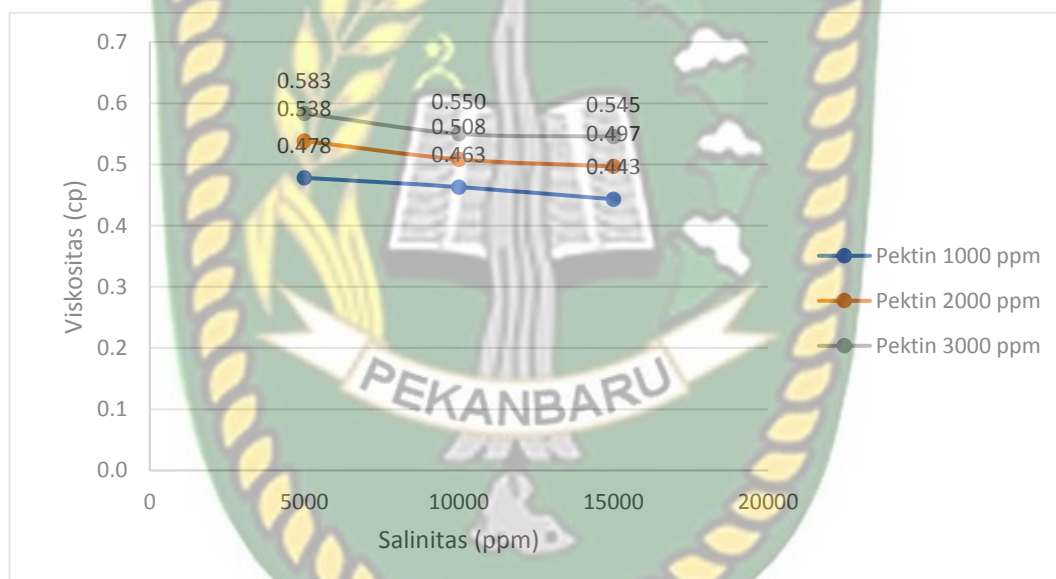
Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian viskositas dari pektin kulit jeruk nipis dan *xanthan gum* dengan konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah 0.498 cp, 0.548 cp dan 0.589 sementara nilai viskositas dari *xanthan gum* dengan konsentrasi yang sama adalah masing-masing 1.434 cp, 4.791 cp dan 14.23 cp. Peningkatan konsentrasi pada larutan mempengaruhi nilai viskositas dari larutan tersebut. Hal ini Dilaporkan oleh (Kar & Arslan, 1999) bahwa ketika konsentrasi padatan meningkat, viskositas larutan meningkat karena peningkatan ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil. Perubahan ini menunjukkan bahwa konsentrasi padatan yang lebih tinggi menurunkan jarak antarmolekul dan meningkatkan interaksi antarmolekul yang lebih kuat.

Rendahnya viskositas pektin kulit jeruk nipis dibandingkan dengan *xanthan gum* disebabkan oleh beberapa faktor yakni suhu, waktu dan asam yang digunakan. Dikutip dari penelitian (KW et al., 2021; Nurdin et al., 2008) rendahnya nilai viskositas pektin dikarenakan terjadinya proses depolimerisasi akibat meningkatnya suhu dan waktu ekstraksi. Semakin rendah viskositas larutan maka semakin tinggi proses depolimerisasi terjadi. Selain suhu dan waktu, tingginya

konsentrasi asam sitrat juga mempengaruhi viskositas pektin karena dapat menyebabkan terhidrolisisnya polisakarida pada pektin dan meningkatnya derajat esterifikasi. Penggunaan strain dari bakteri merupakan faktor penting pada nilai viskositas *xanthan gum*. Semakin tinggi strain yang digunakan maka viskositas *xanthan gum* semakin besar (de Sousa Costa et al., 2014).

4.3.2 Pengaruh Salinitas Pada Uji Viskositas

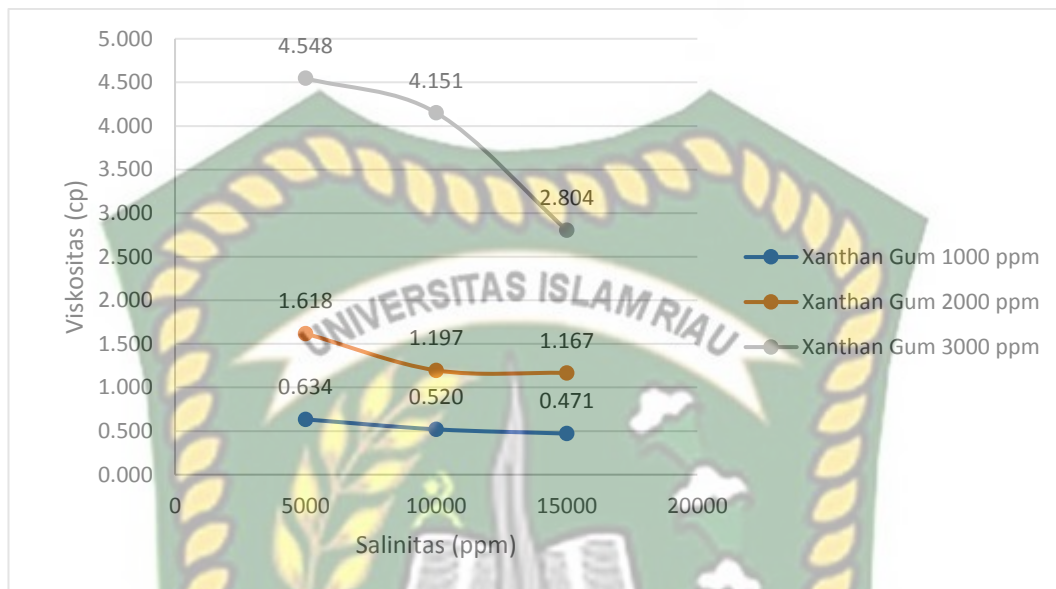
Pengujian salinitas dilakukan untuk melihat seberapa besar ketahanan viskositas biopolimer terhadap berbagai jenis konsentrasi salinitas. Konsentrasi salinitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5000 ppm, 10000 ppm dan 15000 ppm.



Gambar 4.6 Uji Salinitas Pektin

Gambar 4.6 merupakan hasil uji salinitas pada pektin dengan konsentrasi larutan 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm. Viskositas pektin menurun seiring bertambahnya konsentrasi salinitas. Viskositas pektin 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm sebelum ditambahkan salinitas adalah sebesar 0.498 cp, 0.548 cp dan 0.589 cp. Penambahan salinitas 5000 ppm menurunkan viskositas pektin masing-masing menjadi 0.478 cp, 0.538 cp dan 0.583 cp. Pada salinitas 10000 ppm viskositas pektin dari konsentrasi sebelumnya mengalami penurunan menjadi 0.463 cp, 0.508 cp dan 0.550 cp dan pada salinitas tertinggi yakni 15000 ppm viskositas

pektin dari konsentrasi sebelumnya juga mengalami penurunan menjadi 0.443 cp, 0.497 cp dan 0.545 cp.



Gambar 4.7 Uji Salinitas *Xanthan Gum*

Gambar 4.7 merupakan hasil pengujian salinitas pada *xanthan gum* dengan konsentrasi larutan 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm. Viskositas *xanthan gum* menurun seiring bertambahnya konsentrasi salinitas. Viskositas *xanthan gum* 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm sebelum ditambahkan salinitas adalah sebesar 1.434 cp, 4.791 cp dan 14.229 cp. Penambahan salinitas 5000 ppm menurunkan viskositas *xanthan gum* masing-masing menjadi 0.634 cp, 1.618 cp dan 4.548 cp. Pada salinitas 10000 ppm viskositas *xanthan gum* dari konsentrasi sebelumnya mengalami penurunan menjadi 0.520 cp, 1.197 cp dan 4.151 cp dan pada salinitas tertinggi yakni 15000 ppm viskositas *xanthan gum* dari konsentrasi sebelumnya terus mengalami penurunan menjadi 0.471 cp, 1.167 cp dan 2.804 cp.

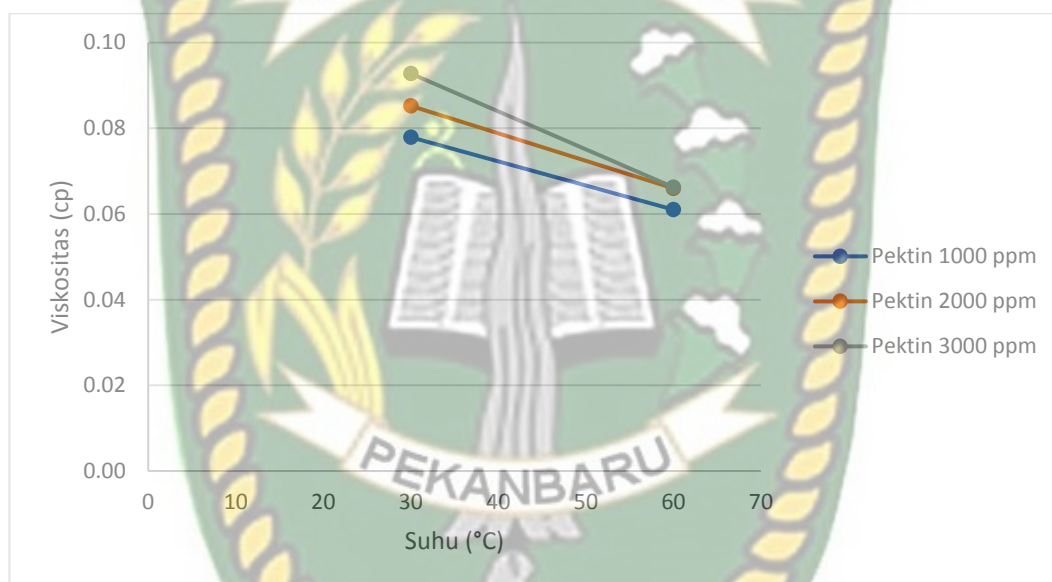
Hasil pengujian salinitas pada pektin dan *xanthan gum* mengalami penurunan viskositas seiring meningkatnya konsentrasi dari salinitas. Dikutip dari (Obuebite et al., 2018) ketika salinitas meningkat maka viskositas biopolimer menurun. Terdapat perbedaan hasil pengujian salinitas pada pektin dan *xanthan gum* dimana pada pektin penurunan viskositas tidak terlalu besar dibandingkan dengan *xanthan gum* yang lebih signifikan penurunan viskositasnya. Hal ini

menandakan bahwa biopolimer pektin lebih tahan salinitas dibandingkan dengan *xanthan gum*.

4.4 Pengujian *Thermal*

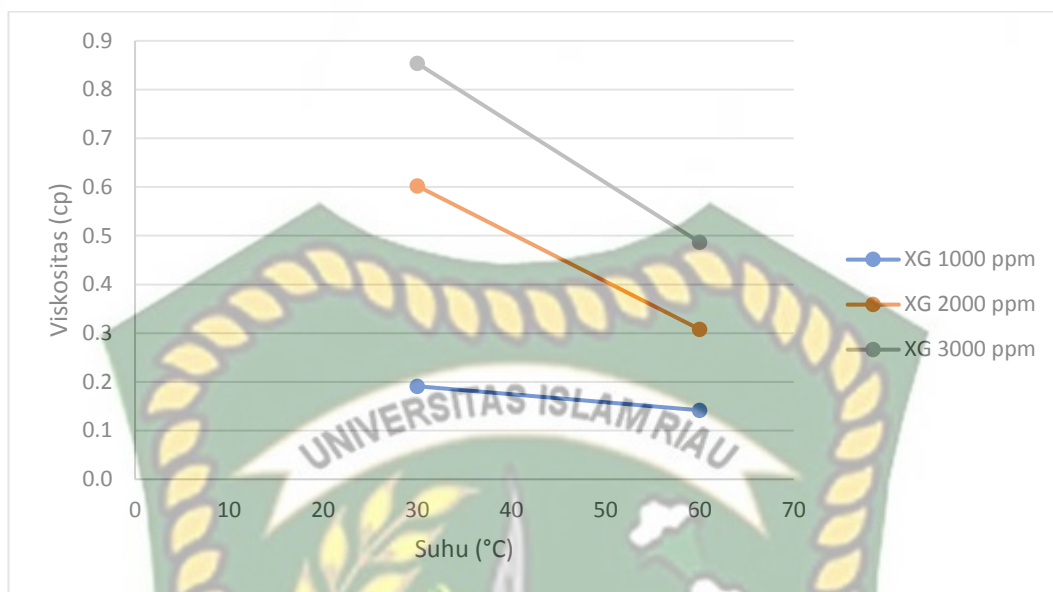
4.4.1 Perbandingan Uji *Thermal* Pektin dan *Xanthan Gum*

Pengujian *thermal* dilakukan untuk mengetahui apakah biopolimer yang dihasilkan akan mengalami degradasi saat dipanaskan dengan suhu yang telah ditentukan yakni 30°C dan 60°C. Batas penurunan viskositas yang di izinkan adalah sebesar 20% dari viskositas sebelumnya (Gajah et al., 2019).



Gambar 4.8 Hasil Pengujian *Thermal* Pektin

Gambar 4.8 menunjukkan hasil uji *thermal* dari pektin mengalami penurunan viskositas seiring naiknya suhu. Pada konsentrasi 1000 ppm viskositas pektin suhu 30°C sebesar 0.078 cp mengalami penurunan viskositas pada suhu 60°C menjadi 0.061 cp. Konsentrasi 2000 ppm viskositas pektin mengalami penurunan viskositas dari 0.085 cp suhu 30°C menjadi 0.066 cp suhu 60°C. Konsentrasi 3000 ppm pektin juga mengalami penurunan viskositas yang semula 0.093 cp pada suhu 30°C menjadi 0.066 cp pada suhu 60°C. Persentase penurunan viskositas pada pektin pada konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah sebesar 21% 22% dan 28%.



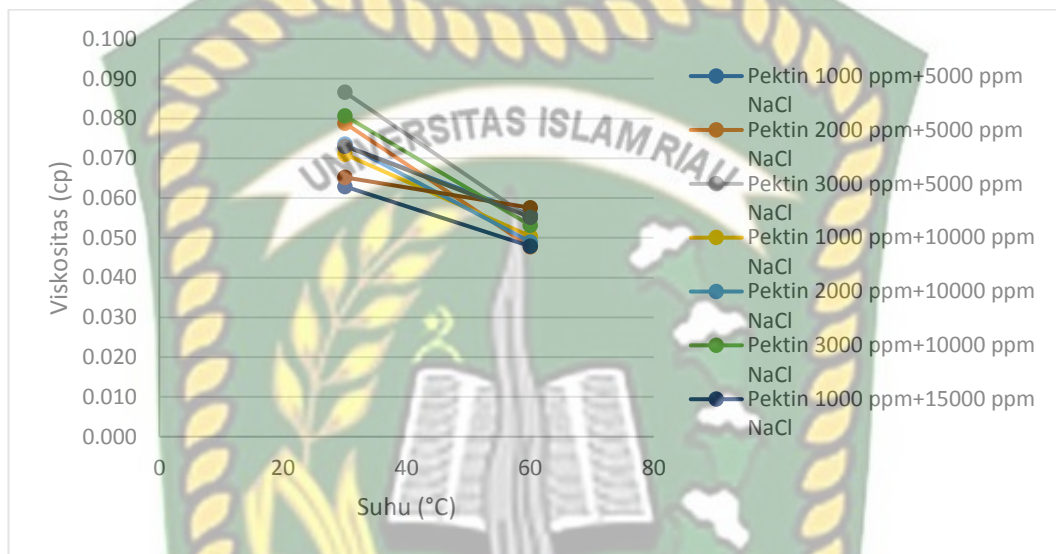
Gambar 4.9 Hasil Pengujian *Thermal Xanthan Gum*

Gambar 4.9 menunjukkan hasil uji *thermal* dari *xanthan gum* yang mengalami penurunan viskositas seiring kenaikan suhu. Pada konsentrasi 1000 ppm suhu 30°C viskositas *xanthan gum* sebesar 0.191 cp mengalami penurunan viskositas pada suhu 60°C menjadi 0.142 cp. Konsentrasi 2000 ppm viskositas *xanthan gum* mengalami penurunan viskositas dari 0.602 cp suhu 30°C menjadi 0.308 cp suhu 60°C. Konsentrasi 3000 ppm *xanthan gum* juga mengalami penurunan viskositas yang semula 0.854 cp pada suhu 30°C menjadi 0.487 cp pada suhu 60°C. Persentase penurunan viskositas dari *xanthan gum* pada konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah sebesar 25%, 48% dan 43%.

Gambar 4.8 dan 4.9 menunjukkan hasil pengujian *thermal* pektin dan *xanthan gum*. Ketika larutan dipanaskan, viskositas menurun seiring dengan meningkatnya energi *thermal* molekul dan jarak antarmolekul meningkat karena ekspansi panas. Suhu memutuskan ikatan hidrogen dan molekul air (Agi et al., 2020; Kar & Arslan, 1999). Dari persentase penurunan viskositas akibat pengaruh suhu, didapat penurunan viskositas pektin lebih rendah dibandingkan dengan *xanthan gum* hal ini menandakan bahwa pektin tahan terhadap suhu dibandingkan dengan *xanthan gum*.

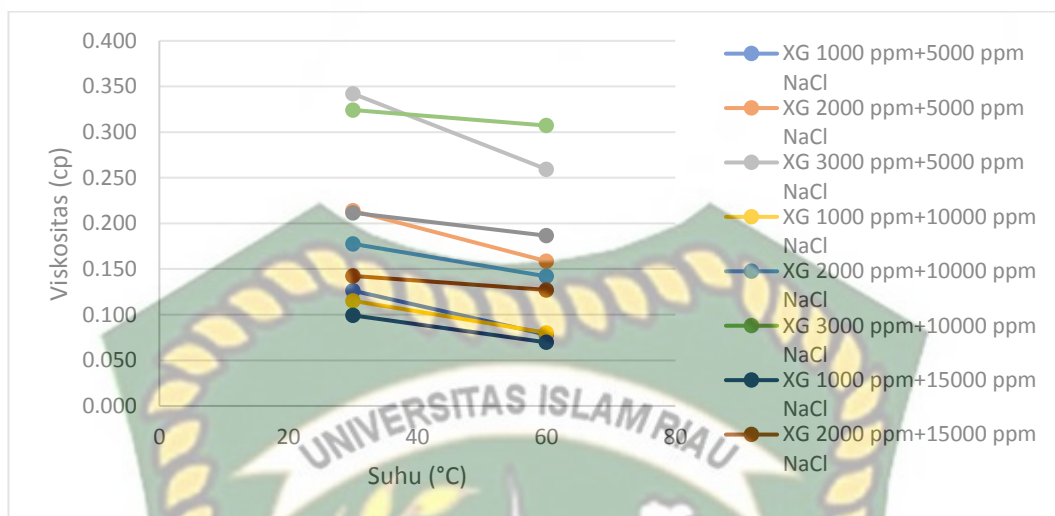
4.4.2 Pengaruh Salinitas Pada Uji *Thermal*

Pengujian pengaruh salinitas pada uji *thermal* dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu dan salinitas terhadap viskositas biopolimer. Salinitas ditambahkan pada setiap konsentrasi dari biopolimer. Konsentrasi salinitas yang digunakan sebesar 5000 ppm 10000 ppm dan 15000 ppm.



Gambar 4.10 Pengaruh Salinitas Pada Uji *Thermal* Pektin

Gambar 4.10 memperlihatkan pengaruh salinitas pada pengujian *thermal* terhadap viskositas pektin. Semakin tinggi konsentrasi salinitas maka mengurangi viskositas awal dari pektin. Penurunan viskositas hasil uji *thermal* dari pektin akibat penambahan salinitas 5000 ppm konsentrasi pektin 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah 23%, 33% dan 36%. Penambahan salinitas 10000 ppm konsentrasi pektin 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah 28%, 33% dan 34%. Penambahan salinitas 15000 ppm konsentrasi pektin 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah 23%, 11% dan 24%.



Gambar 4.11 Pengaruh Salinitas Pada Uji *Thermal Xanthan Gum*

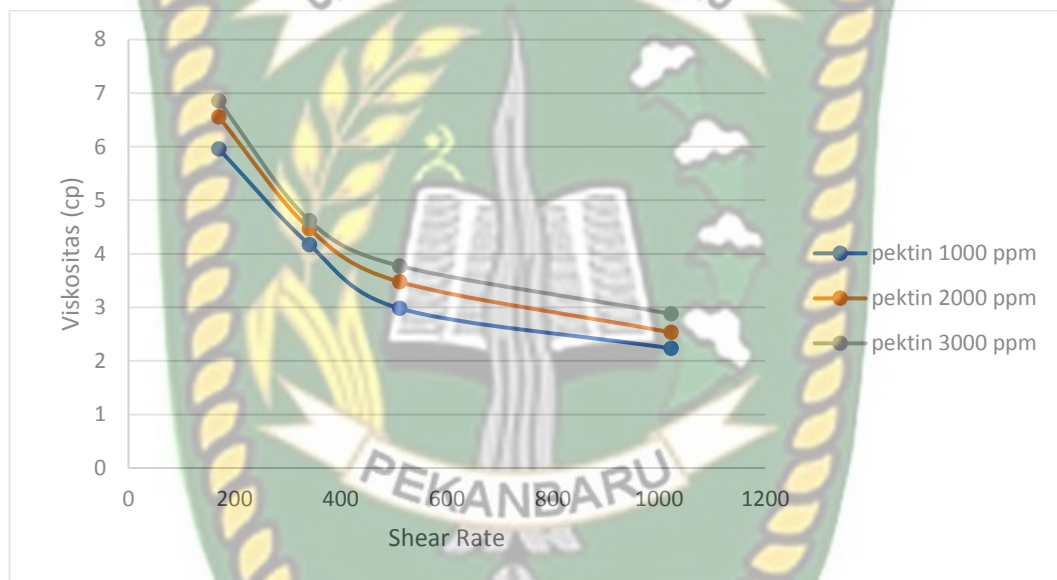
Gambar 4.11 memperlihatkan pengaruh salinitas pada pengujian *thermal* terhadap viskositas *xanthan gum*. Semakin tinggi konsentrasi salinitas maka mengurangi viskositas awal dari *xanthan gum*. Penurunan viskositas hasil uji *thermal* dari *xanthan gum* dengan penambahan salinitas 5000 ppm konsentrasi *xanthan gum* 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah 36%, 25% dan 24%. Penambahan salinitas 10000 ppm konsentrasi *xanthan gum* 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah 30%, 20% dan 5%. Penambahan salinitas 15000 ppm konsentrasi *xanthan gum* 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm adalah 29%, 10% dan 11%.

Penambahan salinitas pada pektin dan *xanthan gum* sangat berpengaruh terhadap viskositas dari biopolimer tersebut. Ketika salinitas ditambahkan ke larutan, interaksi elektrostatis antara gugus bermuatan pada rantai samping disaring oleh ion monovalen dan ion divalen dan viskositas larutan berkurang. Akibatnya, dengan meningkatkan konsentrasi salinitas pada biopolimer menunjukkan ketidakstabilan dibandingkan dengan tanpa salinitas (Sun et al., 2015). Pektin yang diizinkan untuk uji *thermal* dengan penambahan salinitas pada konsentrasi 2000 ppm + 15000 ppm NaCl sedangkan *xanthan gum* yang diizinkan untuk uji *thermal* dengan penambahan salinitas pada konsentrasi 3000 ppm + 10000 ppm NaCl, 2000 ppm + 15000 ppm NaCl dan 3000 ppm + 15000 ppm NaCl.

4.5 Pengujian Reologi

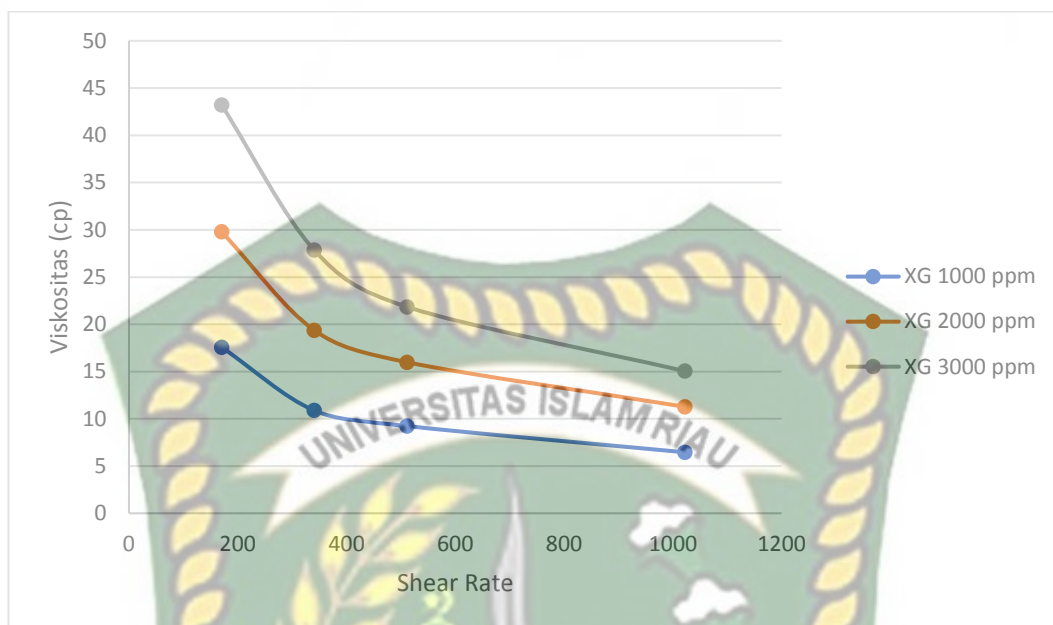
4.5.1 Perbandingan Uji *Shear Rate* Pektin dan *Xanthan Gum*

Pengujian *shear rate* dilakukan untuk menentukan pengaruh *shear rate* terhadap viskositas larutan. *Shear rate* yang rendah, viskositas tidak berubah dengan perubahan laju geser diklasifikasikan sebagai fluida Newtonian. Pada *shear rate* yang tinggi, viskositas larutan menurun dengan meningkatnya laju geser di klasifikasikan sebagai fluida non-Newtonian. Pengujian *shear rate* menggunakan alat Fann VG meter dengan kecepatan 100 rpm, 200 rpm, 300 rpm dan 600 rpm.



Gambar 4.12 Hasil Uji *Shear Rate* Pektin

Gambar 4.12 menunjukkan hasil pengujian viskositas terhadap *shear rate* dari pektin. Pada konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm dengan *shear rate* 170 viskositas masing-masing pektin adalah 5.96 cp, 6.55 cp dan 6.85 cp. Viskositas pektin mengalami penurunan menjadi 2.23 cp, 2.53 cp dan 2.88 cp pada *shear rate* tinggi yakni 1022. Hal ini menandakan bahwa pektin merupakan fluida non Newtonian.



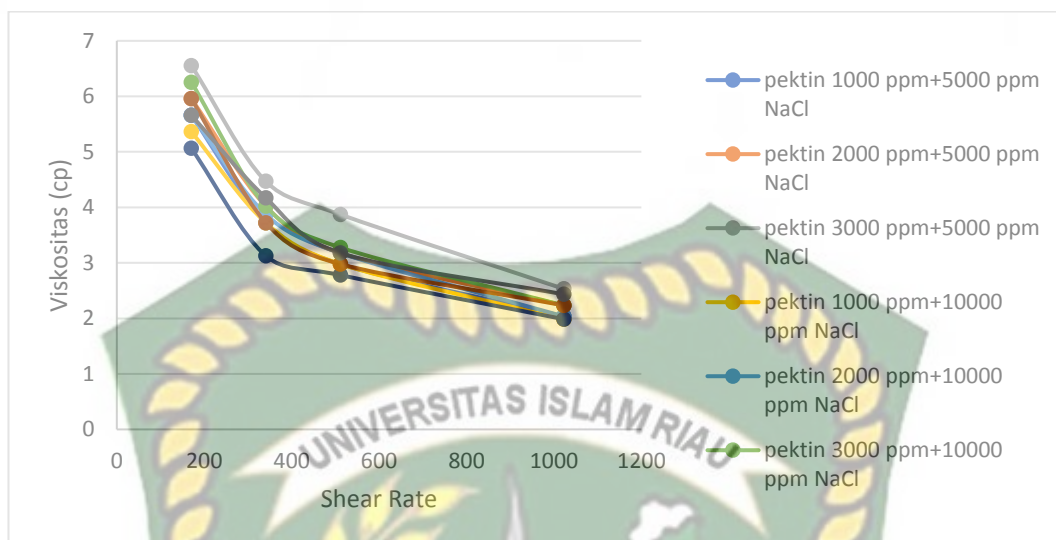
Gambar 4.13 Hasil Uji *Shear Rate* Xanthan Gum

Hasil pengujian viskositas terhadap *shear rate* dari *xanthan gum* ditunjukkan pada Gambar 4.13 dimana pada konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm dengan *shear rate* 170 viskositas masing-masing *xanthan gum* adalah 17.57 cp, 19.36 cp dan 27.85 cp. Viskositas *xanthan gum* mengalami penurunan menjadi 6.45 cp, 11.27 cp dan 15.04 cp pada *shear rate* tinggi yakni 1022. Hal ini menandakan bahwa *xanthan gum* merupakan fluida non Newtonian.

Pengujian *shear rate* pada pektin dan *xanthan gum* menunjukkan penurunan viskositas dengan meningkatnya *shear rate*. Tingkat geser yang tinggi dapat berbahaya karena rantai panjang polimer dapat putus (Abrahamsen, 2012). Pektin dan *xanthan gum* termasuk dalam fluida non Newtonian dikarenakan kelakuan aliran fluida yang kompleks membentuk *shear thinning* atau *pseudoplastic* dimana bertambahnya *shear rate* mengurangi viskositas larutan (Novriansyah, 2014; Salammulloh et al., 2019).

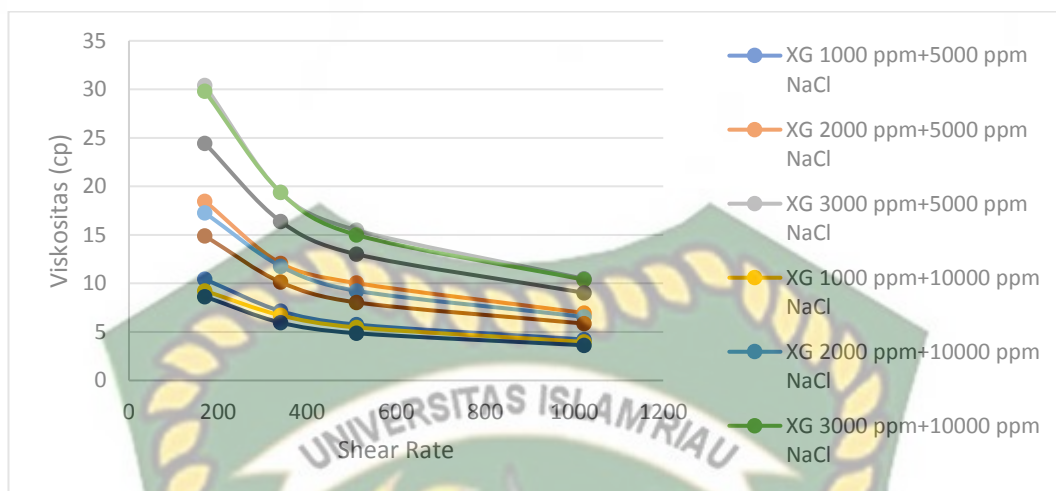
4.5.2 Pengaruh Salinitas Pada Uji *Shear Rate*

Pengujian salinitas terhadap *shear rate* dilakukan untuk melihat pengaruh salinitas dan *shear rate* terhadap viskositas dari biopolimer. Pengujian salinitas menggunakan konsentrasi 5000 ppm, 10000 ppm dan 15000 ppm.



Gambar 4.14 Pengaruh Salinitas Pada Uji *Shear Rate* Pektin

Hasil pengujian salinitas pada pektin ditunjukkan pada Gambar 4.14 dimana penurunan viskositas terjadi seiring bertambahnya konsentrasi salinitas. Pektin dengan konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm dengan *shear rate* 170 salinitas 5000 ppm memiliki viskositas masing-masing 5.66 cp, 5.95 cp dan 6.55 cp. Viskositas pektin mengalami penurunan pada *shear rate* 1022 menjadi 2.03 cp, 2.23 cp dan 2.53 cp. Pektin dengan *shear rate* 170 salinitas 10000 ppm memiliki viskositas masing-masing 5.36 cp, 5.66 cp dan 6.25 cp. Pada *shear rate* 1022 Viskositas pektin mengalami penurunan menjadi 1.98 cp, 2.03 cp dan 2.23 cp. Pektin dengan *shear rate* 170 salinitas 15000 ppm memiliki viskositas masing-masing 5.06 cp, 5.36 cp dan 5.66 cp. Penurunan viskositas pektin pada *shear rate* 1022 menjadi 1.98 cp, 2.23 cp dan 2.33 cp.



Gambar 4.15 Pengaruh Salinitas Pada Uji *Shear Rate* *Xanthan Gum*

Gambar 4.15 menunjukkan hasil pengujian salinitas pada *xanthan gum* dimana penurunan viskositas terjadi seiring bertambahnya konsentrasi salinitas. *Xanthan gum* dengan konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm dengan *shear rate* 170 salinitas 5000 ppm memiliki viskositas masing-masing 10.42 cp, 18.47 cp dan 30.39 cp. Viskositas *xanthan gum* mengalami penurunan pada *shear rate* 1022 menjadi 4.22 cp, 6.95 cp dan 10.47 cp. *Xanthan gum* dengan *shear rate* 170 salinitas 10000 ppm memiliki viskositas masing-masing 9.23 cp, 17.28 cp dan 29.79 cp. Pada *shear rate* 1022 Viskositas *xanthan gum* mengalami penurunan menjadi 3.97 cp, 6.55 cp dan 10.37 cp. *Xanthan gum* dengan *shear rate* 170 salinitas 15000 ppm memiliki viskositas masing-masing 8.64 cp, 14.89 cp dan 24.43 cp. Penurunan viskositas *xanthan gum* pada *shear rate* 1022 menjadi 3.62 cp, 5.85 cp dan 9.03 cp.

Hasil pengujian salinitas pada pektin dan *xanthan gum* menunjukkan bahwa salinitas dan *shear rate* mempengaruhi nilai viskositas. Penambahan salinitas menurunkan viskositas yang besar meski dalam konsentrasi yang rendah dikarenakan keberadaan ion logam yang berbentuk garam ditambah dengan pengaruh tingkat geser yang tinggi dapat berbahaya karena rantai panjang polimer dapat putus (Abrahamsen, 2012; Wicaksono & Yuliansyah, 2015). Pengaruh salinitas terhadap viskositas dari pektin berbagai konsentrasi menunjukkan penurunan viskositas yang stabil dibandingkan dengan *xanthan gum*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan judul “ *conventional heating extraction* pektin kulit jeruk nipis sebagai bahan alternatif injeksi polimer” maka dapat disimpulkan :

1. Analisis FTIR membuktikan bahwa zat yang diekstrak adalah pektin.
2. Pengujian viskositas pada pektin dan *xanthan gum* dimana nilai viskositas *xanthan gum* lebih besar dari viskositas pektin. Hasil pengujian salinitas pada pektin dan *xanthan gum* dimana penurunan viskositas pada pektin tidak terlalu besar dibandingkan dengan *xanthan gum* yang lebih signifikan penurunan viskositasnya.
3. Hasil pengujian *thermal* pada pektin dan *xanthan gum* dimana persentase penurunan viskositas pektin lebih rendah dibandingkan dengan *xanthan gum* hal ini menandakan bahwa pektin tahan terhadap suhu dibandingkan dengan *xanthan gum*. Pektin yang diizinkan untuk uji *thermal* dengan penambahan salinitas pada konsentrasi 2000 ppm + 15000 ppm NaCl sedangkan *xanthan gum* yang diizinkan untuk uji *thermal* dengan penambahan salinitas pada konsentrasi 3000 ppm + 10000 ppm NaCl, 2000 ppm + 15000 ppm NaCl dan 3000 ppm + 15000 ppm NaCl.
4. Pengujian reologi menunjukkan hasil pektin dan *xanthan gum* termasuk dalam fluida non Newtonian. Pengaruh salinitas terhadap viskositas dari pektin berbagai konsentrasi menunjukkan penurunan viskositas yang stabil dibandingkan dengan *xanthan gum*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan saran yang dapat penulis berikan yaitu menambah *crosslinked* pada pektin.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M., Cheikhrouhou, S., Renard, C. M. G. C., Bureau, S., Cuvelier, G., Attia, H., & Ayadi, M. A. (2017). Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food Chemistry*, *215*, 318–325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.181>
- Abrahamsen, A. (2012). *Applying Chemical EOR on the Norne Field C-Segment*. Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk.
- Agi, A., Junin, R., Abdullah, M. O., Jaafar, M. Z., Arsad, A., Wan Sulaiman, W. R., Norddin, M. N. A. M., Abdurrahman, M., Abbas, A., Gbadamosi, A., & Azli, N. B. (2020). Application of polymeric nanofluid in enhancing oil recovery at reservoir condition. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *194*, 107476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107476>
- Al-Araimi, S. H., Elshafie, A., Al-Bahry, S. N., Al-Wahaibi, Y. M., & Al-Bemani, A. S. (2021). Biopolymer production by *Aureobasidium mangrovei* SARA-138H and its potential for oil recovery enhancement. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *105*(1), 105–117. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-11015-x>
- Ayoola, A. A., Sami, S. E., Ajayi, M. O., Ojo, T. O., Omonigbeyin, O., Ajayi, A. A., & Olawole, C. O. (2018). Production of A novel bio-polymer for enhanced oil recovery and mozaidelling the polymer viscosity using Artificial Neural Network (ANN). *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, *9*(12), 563–574.
- Begum, R., Aziz, M. G., Uddin, M. B., & Yusof, Y. A. (2014). Characterization of Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) Waste Pectin as Influenced by Various Extraction Conditions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, *2*, 244–251. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.035>
- Boda, M. A., Bhasagi, P. N., Sawade, A. S., & Andodgi, R. A. (2015). Analysis of kinematic viscosity for liquids by varying temperature. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *4*(4), 1951–1954.

- Černá, M., Barros, A. S., Nunes, A., Rocha, S. M., Delgadillo, I., Čopíková, J., & Coimbra, M. A. (2003). Use of FT-IR spectroscopy as a tool for the analysis of polysaccharide food additives. *Carbohydrate Polymers*, 51(4), 383–389. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(02\)00259-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0144-8617(02)00259-X)
- Coolman, T., Alexander, D., Maharaj, R., & Soroush, M. (2020). An evaluation of the enhanced oil recovery potential of the xanthan gum and aquagel in a heavy oil reservoir in Trinidad. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 10(8), 3779–3789. <https://doi.org/10.1007/s13202-020-00878-5>
- de Sousa Costa, L. A., Inomata Campos, M., Izabel Druzian, J., de Oliveira, A. M., & de Oliveira Junior, E. N. (2014). Biosynthesis of Xanthan Gum from Fermenting Shrimp Shell: Yield and Apparent Viscosity. *International Journal of Polymer Science*, 2014, 273650. <https://doi.org/10.1155/2014/273650>
- Elyasi Gomari, K., Hughes, D., Islam, M., & Rezaei Gomari, S. (2021). Application of Water-Soluble Polymer/Biopolymer Combined with a Biosurfactant in Oil-Wet Fractured Carbonate Reservoirs. *ACS Omega*, 6(24), 15674–15685. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c00855>
- Fan, Y.-W., Liu, K.-X., Zhang, L.-L., Zhao, H., Sun, B.-C., Chu, G.-W., & Chen, J.-F. (2020). Rapid and continuous polymer dissolution by rotating packed bed for enhanced oil recovery. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 153, 107952. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.107952>
- Gajah, G., Susantry, I. A., Ramas, E. W., & Hidayat, R. (2019). *Indonesian Local Biopolymer for Enhanced Oil Recovery from Seeds of Kluwih*.
- Gao, C. (2016). Application of a novel biopolymer to enhance oil recovery. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 6(4), 749–753. <https://doi.org/10.1007/s13202-015-0213-7>
- Ge, M.-R., Miao, S.-J., Liu, J.-F., Gang, H.-Z., Yang, S.-Z., & Mu, B.-Z. (2021). a composed of a biopolymer and a bio-based surfactant for oil recovery. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 196, 107736. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107736>

- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., & Yarmand, M. S. (2016). Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, *82*, 920–926. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.007>
- Ismail, N. S. M., Ramli, N., Hani, N. M., & Meon, Z. (2012). Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction conditions. *Sains Malaysiana*, *41*(1), 41–45.
- Kar, F., & Arslan, N. (1999). Effect of temperature and concentration on viscosity of orange peel pectin solutions and intrinsic viscosity–molecular weight relationship. *Carbohydrate Polymers*, *40*(4), 277–284. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(99\)00062-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0144-8617(99)00062-4)
- Kaushik, K., Sharma, R. B., & Agarwal, S. (2016). Natural polymers and their applications. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, *37*, 30–36.
- KW, A. F. R., Sukardi, S., & Warkoyo, W. (2021). Karakterisasi Sifat Fisikokimia Pektin Kulit Jeruk Keprok Batu 55 (*Citrus reticulata* B), Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*), Jeruk Manis Pacitan (*Citrus sinensis* L, Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* swingle), dan Jeruk Lemon (*Citrus limon* L) yang T. *Food Technology and Halal Science Journal*, *4*(2), 124–141.
- Liew, S. Q., Ngoh, G. C., Yusoff, R., & Teoh, W. H. (2018). Acid and Deep Eutectic Solvent (DES) extraction of pectin from pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *13*, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.11.001>
- Liew, S. Q., Teoh, W. H., Yusoff, R., & Ngoh, G. C. (2019). Comparisons of process intensifying methods in the extraction of pectin from pomelo peel. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, *143*, 107586. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.107586>
- Lin, Y., He, H., Huang, Q., An, F., & Song, H. (2020). Flash extraction optimization of low-temperature soluble pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) and its soft gelation properties. *Food and Bioproducts Processing*, *123*, 409–418. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.07.015>

- Methacanon, P., Krongsin, J., & Gamonpilas, C. (2014). Pomelo (*Citrus maxima*) pectin: Effects of extraction parameters and its properties. *Food Hydrocolloids*, 35, 383–391. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.018>
- Novriansyah, A. (2014). Pengaruh Penurunan Permeabilitas Terhadap Laju Injeksi Polimer Pada Lapangan Y. *Journal of Earth Energy Engineering*, 3(1), 25–30.
- Nurdin, S. U., Suharyono, S., & Rizal, S. (2008). Karakteristik fungsional polisakarida pembentuk gel daun cincau hijau (*Premna oblongifolia* Merr.). *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, 13(1), 4–9.
- Nurhayati, N., Maryanto, M., & Tafrikhah, R. (2016). Ekstraksi pektin dari kulit dan tandan pisang dengan variasi suhu dan metode. *agriTECH*, 36(3), 327–334.
- Obuebite, A. A., Onyekonwu, M. O., Akaranta, O., & Uzoho, C. U. (2018). Effect of salinity and divalent ions on local bio polymers. *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*.
- Olabode, O., Ojo, T., Oguntade, T., & Oduwole, D. (2020). Recovery potential of biopolymer (B-P) formulation from *Solanum tuberosum* (waste) starch for enhancing recovery from oil reservoirs. *Energy Reports*, 6, 1448–1455. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.05.027>
- Perina, I., Soetaredjo, F. E., & Hindarso, H. (2017). Ekstraksi pektin dari berbagai macam kulit jeruk. *Widya Teknik*, 6(1), 1–10.
- 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.12.034>
- Raji, Z., Khodaiyan, F., Rezaei, K., Kiani, H., & Hosseini, S. S. (2017). Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 709–716. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.146>
- Rodsamran, P., & Sothornvit, R. (2019). Microwave heating extraction of pectin from lime peel: Characterization and properties compared with the

- conventional heating method. *Food Chemistry*, 278, 364–372.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.067>
- Salammulloh, A. F., Kasmungin, S., & Fadliah, F. (2019). STUDI LABORATORIUM MENGENAI PENGARUH PENAMBAHAN NATRIUM SULFIT TERHADAP VISKOSITAS POLIMER DENGAN BERBAGAI KONSENTRASI PADA LAPANGAN “X.” *PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN*, 1–27.
- Sang, Q., Li, Y., Yu, L., Li, Z., & Dong, M. (2014). Enhanced oil recovery by branched-preformed particle gel injection in parallel-sandpack models. *Fuel*, 136, 295–306. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.07.065>
- Santoso, A., & Kasmungin, S. (2017). Kajian Awal Laboratorium Mengenai Viskositas Polimer Terhadap Pengaruh Salinitas, Temperatur dan Konsentrasi Polimer (Laboratorium Study). *PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN*, 1–6.
- Srivastava, P., & Kalam, S. A. (2019). Natural Polymers as Potential Antiaging Constituents. *Pharmacognosy-Medicinal Plants*, 1–25.
- Sun, L., Wei, P., Pu, W.-F., Zhang, Y.-C., Zeng, D., & Shi, M.-Y. (2015). Experimental Validation of the Temperature-Resistant and Salt-Tolerant Xanthan Enhanced Foam for Enhancing Oil Recovery. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 36(12), 1693–1703. <https://doi.org/10.1080/01932691.2014.1003563>
- Sundarraaj, A. A., Thottiam Vasudevan, R., & Sriramulu, G. (2018). Optimized extraction and characterization of pectin from jackfruit (*Artocarpus integer*) wastes using response surface methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 698–703. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.065>
- Sveistrup, M., van Mastriegt, F., Norrman, J., Picchioni, F., & Paso, K. (2016). Viability of Biopolymers for Enhanced Oil Recovery. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 37(8), 1160–1169. <https://doi.org/10.1080/01932691.2015.1088450>
- Taber, J. J., Martin, F. D., & Seright, R. S. (1997). EOR Screening Criteria

- Revisited - Part 2: Applications and Impact of Oil Prices. *SPE Reservoir Engineering (Society of Petroleum Engineers)*, 12(3), 199–204. <https://doi.org/10.2118/39234-pa>
- Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X., & Liu, D. (2015). Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. *Food Chemistry*, 178, 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.080>
- Wicaksono, H., & Yuliansyah, A. T. (2015). Karakterisasi Larutan Polimer KYPAM HPAM untuk Bahan Injeksi dalam Enhanced Oil Recovery (EOR). *Jurnal Rekayasa Proses*, 9(1), 9–15.
- Widada, S., Afifah, H., & Said, S. (2019). *Jenis Mineral Lempung Endapan Kuarter Pantai Semarang Jawa Tengah dan Potensinya sebagai Lumpur Pemboran*. 3(1), 1–10.
- Wu, N., Li, Y., & Lan, C. Q. (2011). Production and Rheological Studies of Microalgal Extracellular Biopolymer from Lactose Using the Green Alga *Neochloris oleoabundans*. *Journal of Polymers and the Environment*, 19(4), 935–942. <https://doi.org/10.1007/s10924-011-0351-z>
- Zaid, R. M., Mishra, P., Tabassum, S., Wahid, Z. A., & Sakinah, A. M. M. (2019). High methoxyl pectin extracts from *Hylocereus polyrhizus*'s peels: Extraction kinetics and thermodynamic studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 1147–1157. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.017>