

**EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT JERUK  
MENGUNAKAN METODE *MICROWAVE-ASSISTED  
EXTRACTION* SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF UNTUK  
INJEKSI POLIMER**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh

**CHANDRA SETIAWAN**

**NPM 173210053**



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2021**

**EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT JERUK  
MENGUNAKAN METODE *MICROWAVE-ASSISTED  
EXTRACTION* SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF UNTUK  
INJEKSI POLIMER**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*



Oleh

**CHANDRA SETIAWAN**

**NPM 173210053**

Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh:

Nama : Chandra Setiawan  
NPM : 173210053  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Skripsi : Ekstraksi Pektin Dari Kulit Jeruk Menggunakan Metode *Microwave-Assited Extraction* Sebagai Bahan Alternatif Untuk Injeksi Polimer

Telah berhasil dipertahankan di depan 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 : Tomi Erfando, ST., MT. (.....)  
Penguji I : Dike Fitriansyah Putra, ST., M.Sc., MBA. (.....)  
Penguji II : Idham Khalid, ST., MT. (.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 8 Maret 2022

**Disahkan Oleh:**

**KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN**



**NOVIA RITA, S.T., M.T.**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Pekanbaru, 11 Januari 2022



Chandra Setiawan

NPM. 173210053





## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Shalawat dan salam penulis kirimkan untuk Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wasallam. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Muhammad Khairul Afdhol, S.T., M.T. dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir dan dosen pembimbing proposal penelitian, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membantu membimbing selama penelitian ini berlangsung.
2. Ibu Novia Rita, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi dan semua dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan lain hal yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
3. Pihak Laboratorium Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau, yang telah memberikan kemudahan pada penelitian tugas akhir ini.
3. Orang tua saya bapak Edi Firmansyah dan ibu Ermawita, adik saya Novia Evianti, serta keluarga besar yang selalu memberikan kekuatan melalui doa, semangat, dan dukungan secara materil dan moral sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
4. 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. Demikianlah skripsi ini dibuat, semoga bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Pekanbaru, 11 Januari 2022



Chandra Setiawan

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
DAFTAR SINGKATAN .....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
ABSTRAK.....	xii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Terkait Yang Telah Dilakukan Sebelumnya .....	4
2.1.1 Produksi biopolimer .....	4
2.1.2 Penelitian Uji Polimer .....	6
2.1.3 Penelitian Yang Akan Dilakukan .....	7
BAB III METODE PENELITIAN.....	8
3.1 Metodologi Penelitian .....	8
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	8
3.3 Alat dan Bahan .....	9
3.3.1 Alat .....	9
3.3.2 Bahan.....	9
3.4 Prosedur Penelitian.....	9
3.4.1 Pembuatan Pektin Kulit Jeruk Sebagai Bahan Polimer .....	9
3.4.2 Karakterisasi.....	10
3.4.3 Uji Reologi .....	10
3.5 Lokasi Penelitian .....	12

3.6	Jadwal Penelitian.....	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		13
4.1	Produksi Pektin .....	13
4.2	Uji Karakterisasi.....	14
4.2.1	Uji FTIR .....	14
4.3	Uji Kompatibilitas .....	15
4.4	Uji Reologi .....	17
4.4.1	Uji Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas Biopolimer.....	17
4.4.2	Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Biopolimer .....	19
4.4.3	Uji Shear Rate .....	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		29
5.1	Kesimpulan.....	29
5.2	Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA .....		30
LAMPIRAN .....		35





## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	8
<b>Gambar 4.1</b>	Preparasi Bahan Baku Dari Kulit Jeruk.....	13
<b>Gambar 4.2</b>	Ekstraksi Pektin Dengan Metode Microwave-Assited Extraction .....	13
<b>Gambar 4.3</b>	Spektrum FTIR Pektin Kulit Jeruk.....	14
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Uji Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas Xanthan Gum.....	17
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Uji Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk.....	18
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas <i>Xanthan Gum</i> Dengan Konsentrasi Salinitas 5000 ppm.....	19
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas <i>Xanthan Gum</i> Dengan Konsentrasi Salinitas 10000 ppm.....	20
<b>Gambar 4.8</b>	Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas <i>Xanthan Gum</i> Dengan Konsentrasi Salinitas 30000 ppm.....	20
<b>Gambar 4.9</b>	Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 5000 ppm.....	21
<b>Gambar 4.10</b>	Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 10000 ppm.....	21
<b>Gambar 4.11</b>	Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 30000 ppm.....	22
<b>Gambar 4.12</b>	Hasil Uji Pengaruh <i>Shear Rate</i> Terhadap Viskositas <i>Xanthan Gum</i> Dengan Konsentrasi Salinitas 5000 ppm.....	23
<b>Gambar 4.13</b>	Hasil Uji Pengaruh <i>Shear Rate</i> Terhadap Viskositas <i>Xanthan Gum</i> Dengan Konsentrasi Salinitas 10000 ppm.....	24
<b>Gambar 4.14</b>	Hasil Uji Pengaruh <i>Shear Rate</i> Terhadap Viskositas <i>Xanthan Gum</i> Dengan Konsentrasi Salinitas 30000 ppm.....	24
<b>Gambar 4.15</b>	Hasil Uji Pengaruh <i>Shear Rate</i> Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 5000 ppm.....	25



**Gambar 4.16** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas Pektin Kulit  
Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 10000 ppm .....26

**Gambar 4.17** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas Pektin Kulit  
Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 30000 ppm .....26



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Kegiatan Penelitian .....	12
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengamatan Kompatibilitas Biopolimer Xanthan Gum .....	15
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengamatan Kompatibilitas Biopolimer Pektin Kulit Jeruk.....	16



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN I** Bukti Pengujian SEM Hal. 35
- LAMPIRAN II** Hasil Uji Kompatibilitas Xanthan Gum dan Pektin Kulit Jeruk Hal. 36
- LAMPIRAN III** Hasil Uji Pengaruh Salintas Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Hal. 37
- LAMPIRAN IV** Hasil Uji Pengaruh Salintas Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Hal. 37
- LAMPIRAN V** Hasil Uji Pengaruh Temperatur dan Salinitas Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Hal. 37
- LAMPIRAN VI** Hasil Uji Pengaruh Temperatur dan Salinitas Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Hal. 38
- LAMPIRAN VII** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Hal. 39
- LAMPIRAN VIII** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Hal. 40

## DAFTAR SINGKATAN

EOR	<i>Enhanced Oil Recovery</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
XG	<i>Xanthan Gum</i>
PKJ	Pektin Kulit Jeruk
ppm	<i>part per million</i>
RPM	<i>rotated per minute</i>





## DAFTAR SIMBOL

$\mu$	Viskositas, <i>cp</i>
<i>C</i>	<i>Dial Reading</i>
<i>t</i>	waktu, <i>s</i>
	<i>Shear Stress, dyne/cm<sup>2</sup></i>
	<i>Shear Rate, s<sup>-1</sup></i>
<i>rpm</i>	<i>Revolution Per Minute</i>



**EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT JERUK MENGGUNAKAN METODE  
MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION SEBAGAI BAHAN  
ALTERNATIF UNTUK INJEKSI POLIMER**

**CHANDRA SETIAWAN**

**173210053**

**ABSTRAK**

Permasalahan penurunan produksi minyak dapat diatasi dengan metode *chemical EOR* (*enchanced oil recovery*), injeksi polimer merupakan salah satu jenis metode *chemical EOR*. Apabila fluida polimer diinjeksikan ke dalam reservoir maka akan meningkatkan *sweep efficiency* minyak dan memperbaiki mobilitas fluida pendesak. Pada penelitian ini sampel yang diuji adalah biopolimer. Selain *xanthan gum* yang diekstraksi menggunakan bakteri, pada tumbuhan terkandung senyawa pektin yang merupakan turunan dari polisakarida. Sejauh ini pektin hanya digunakan sebagai zat pengental dan pembentuk *gel* pada industri makanan, untuk itu pada penelitian ini peneliti akan menguji pektin yang harapannya bisa menjadi salah satu bahan alternatif untuk injeksi polimer. Adapun metode ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction (MAE)* dari bahan limbah kulit jeruk. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji karakteristik atau reologi pektin kulit jeruk dan *xanthan gum* sebagai sampel pembanding untuk mengetahui kelayakan pektin kulit jeruk sebagai bahan alternatif biopolimer. Pada penelitian ini hasil uji FTIR menunjukkan konfirmasi dari gugus-gugus fungsi yang membentuk senyawa pektin. Dengan menggunakan konsentrasi biopolimer yang sama yakni 1000, 2000, 3000 ppm dan variasi salinitas 5000, 10000 dan 30000, viskositas masing-masing biopolimer mengalami penurunan seiring naiknya salinitas dan temperatur, serta viskositasnya bertambah seiring naiknya konsentrasi biopolimer. Kemudian berdasarkan hasil uji pengaruh *shear rate*, pektin kulit jeruk lebih tahan terhadap pengaruh *shear rate* dibandingkan *xanthan gum*, hal ini dibuktikan dengan hasil uji rata-rata penurunan viskositas dari *xanthan gum* yaitu 4,3 cp sedangkan untuk rata-rata penurunan viskositas pektin kulit jeruk adalah 3,2 cp pada RPM 100, 2000, 300 dan 600, namun *xanthan gum* memiliki viskositas yang lebih besar jika dibandingkan dengan pektin kulit jeruk, karena masih banyak partikel-partikel pengotor pada pektin kulit jeruk saat ekstraksi berlangsung.

Kata kunci: Polimer, *Enchanced Oil Recovery*, Pektin, *Microwave-Assisted Extraction*

**PECTIN EXTRACTION FROM ORANGE PEEL WITH MICROWAVE-  
ASSISTED EXTRACTION METHOD AS AN ALTERNATIVE  
MATERIAL IN POLYMER INJECTION**

**CHANDRA SETIAWAN**

**173210053**

**ABSTRACT**

*The problems of degradation on oil production can be solved by chemical EOR (Enhanced Oil Recovery) methods, polymer injection is the one kind of chemical EOR methods. When the polymer fluids injected in to reservoir then it will be increase the oil sweep efficiency and fixed the mobility ratio of the injected fluids. The sample that will be tested in this experiments is biopolymer. Besides the xanthan gum that extracted by using bacterial, in side the plant contained a compound as know as pectin, it is a derived from the polysaccharide. So far the pectin was extracted and has been used in food industrial as a thickening agent and gelling agent, so in this experiments will be doing the pectin extraction and then do the analysis step that prospected as an alternative material in polymer injection method. The extraction method that used in this experiments is by using Microwave-Assisted Extraction (MAE) method from oranges peel waste. The purpose of this experiments is to knowing the pectin properness as a thickening agent as an alternative alternatif biopolymer material. The results of the FTIR test showed that there is compatibility of the function groups that formed the pectin compounds. By using the same of biopolymers concentration that is 1000, 2000, 3000 ppm and salinity variations from 5000, 10000 and 30000, each of the biopolymer viscosity increased because of temperature and salinity has been increased, then the viscosity also increased because of polymer concentration has been increased. And then based on the results from shear rate's effect, pectin from the oranges peel are more resistant from shear rate's effect in comparing with xanthan gum, it proved by the decreased of viscosity average results from xanthan gum that is 4.3 cp then the decreased of viscosity average results from oranges peel pectin is 3.2 cp with RPM 100, 200, 300 and 600, but the viscosity of xanthan gum is bigger than oranges peel pectin because there is a lot of impurities particles in the oranges peel pectin while we did the pectin extractions.*

**Keyword:** *Polymer, Enhanced Oil Recovery, Pectin, Microwave-Assisted Extraction*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Metode yang bisa digunakan untuk memproduksi minyak yang tertinggal di reservoir adalah EOR (*Enhanced Oil Recovery*) dengan mengaplikasikan metode EOR, saturasi minyak sisa di reservoir bisa berkurang sampai dengan 20% (Abidin et al., 2012). Sekitar 11% dari *project* EOR di seluruh dunia menggunakan metode CEOR (*Chemical Enhanced Oil Recovery*), dimana lebih dari 77% metode CEOR ini menggunakan senyawa polimer (Mohsenatabar Firozjahi & Saghafi, 2020). Metode injeksi polimer dapat meningkatkan *recovery* minyak dengan menginjeksikannya ke dalam reservoir sehingga mampu meningkatkan *sweep efficiency* minyak dan memperbaiki mobilitas fluida pendesak (James J. Sheng, 2011). Berdasarkan cara pembuatannya jenis polimer dibagi menjadi dua yaitu biopolimer dan polimer sintetis, dimana biopolimer merupakan polimer yang diekstrak dari makhluk hidup, contohnya *xanthan gum* yang diekstraksi menggunakan bakteri dan sudah umum digunakan pada industri migas (Druetta et al., 2019). Pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi pektin dari bahan kuli jeruk, dimana pektin merupakan turunan dari polisakarida dan suatu jenis karbohidrat pada dinding sel tanaman yang terdiri dari residu asam - galakturonat yang sebagiannya diesterifikasi bersama gugus metil dan asetil ester dengan sebagian kecil L-rhamnosa (Güzel & Akpınar, 2019). Pada umumnya pektin hanya digunakan sebagai zat pengental pada industri makanan, untuk itu pada penelitian ini peneliti ingin mengekstraksi pektin dari bahan kulit jeruk kemudian melakukan uji reologi untuk mengetahui kelayakan pektin sebagai bahan alternatif untuk injeksi polimer, dimana sampel pembanding pada penelitian ini adalah *xanthan gum*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rusman, 2019) dijelaskan bahwa jumlah pektin yang bisa diekstraksi dari bahan kulit jeruk adalah sekitar 30%. Metode yang bisa digunakan dalam mengekstraksi pektin ini diantaranya dengan menggunakan metode konvensional (Syarifuddin & Yuniarta, 2015) dan *microwave-assisted extraction* (Kute et al., 2019). Untuk mengetahui karakteristik dari polimer harus dilakukan uji reologi untuk mempertimbangkan



keberhasilannya (Shaker Shiran & Skauge, 2013), dimana sampel pembanding dari pektin kulit jeruk ini adalah *xanthan gum*. Menurut (Wicaksono et al., 2015; Frigrina 2017) uji reologi polimer yang harus dilakukan diantaranya adalah uji pengaruh salinitas, uji pengaruh suhu, uji *shear rate* dan uji kompatibilitas, hal ini penting untuk mengetahui kesesuaian sifat atau karakteristik polimer yang akan diinjeksikan. Pada penelitian yang dilakukan (Abidin et al., 2012) diketahui bahwa biopolimer sangat rentan terhadap degradasi suhu. Pada penelitian lainnya yang dilakukan (Fondevila Sancet et al., 2018) dilaporkan bahwa biopolimer juga rentan terhadap pengaruh salinitas dan degradasi mekanik.

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, (2020) produksi buah jeruk di Indonesia menyentuh angka 129.568 ton pada tahun 2020. Pektin kulit jeruk sudah pernah diteliti sebelumnya akan tetapi pengaplikasiannya masih sebatas pada industri makanan. Untuk itu pada percobaan ini peneliti akan melakukan penelitian karakteristik dari pektin diawali dengan proses ekstraksi pektin kulit jeruk dan selanjutnya melakukan uji reologi untuk mengetahui kelayakan pektin kulit jeruk sebagai bahan alternatif biopolimer dengan *xanthan gum* sebagai sampel pembanding.

Adapun metode yang digunakan untuk ekstraksi pektin kulit jeruk pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction (MAE)*. Metode *Microwave Assisted Extraction* ini dipilih karena dapat mengurangi kebutuhan energi yang kita gunakan jika dibandingkan dengan metode konvensional, metode ini juga dapat meminimalisir kemungkinan kerusakan senyawa pektin (Megawati & Ulinuha, 2015), kemudian prinsip pemanasannya yang menggunakan gelombang mikro dimana terjadi pemanasan yang merata pada pelarut dan partikel sehingga diharapkan dapat mempercepat terjadinya reaksi yang sempurna (Widiastuti, 2015). Tahapan selanjutnya adalah menganalisis kandungan pektin dengan melakukan uji reologi polimer seperti uji pengaruh suhu dan salinitas terhadap viskositas biopolimer, uji *shear rate*, uji kompatibilitas serta karakterisasi pektin dengan melakukan uji *FTIR*. Masing-masing biopolimer akan diuji pada konsentrasi 1000, 2000, 3000 ppm biopolimer dengan variasi salinitas masing-masing 5000, 10000 dan 30000 ppm. Pada uji kompatibilitas suhu yang digunakan adalah 60°C sedangkan untuk uji pengaruh

suhu akan menggunakan suhu uji 30°C dan 60°C, kemudian uji *shear rate* akan menggunakan RPM 100, 200, 300, 600 pada alat *fann vg meter*. Kedua sampel akan diuji dan dibandingkan hasilnya dengan biopolimer *xanthan gum* sehingga dinilai layak atau tidak untuk diaplikasikan dalam industri migas. Harapannya pektin yang telah diekstraksi dan terbentuk dari serangkaian proses penelitian nantinya dapat meningkatkan viskositas air, kemudian memiliki kesamaan karakteristik dengan sampel pembanding berdasarkan hasil uji reologi biopolimer, sehingga bisa menjadi bahan alternatif untuk injeksi polimer.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu melakukan uji reologi biopolimer pektin meliputi uji pengaruh suhu dan salinitas terhadap viskositas biopolimer, uji *shear rate*, uji kompatibilitas dan uji karakterisasi terhadap pektin kulit jeruk yakni uji *FTIR*, dimana ekstraksi pektin dilakukan menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction (MAE)*, kemudian hasil uji reologi biopolimer pektin akan dibandingkan dengan hasil uji reologi biopolimer *xanthan gum*.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu untuk menambah wawasan tentang metode EOR, memberikan pengetahuan kepada dunia industri tentang bahan baku biopolimer yang ramah lingkungan dan dapat dipublikasikan sebagai jurnal berskala nasional maupun internasional untuk dijadikan sebagai rujukan pada penelitian selanjutnya.

### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tentang proses ekstraksi biopolimer serta uji kelayakan yaitu uji *FTIR (Fourier Transform Infra Red)*, uji *thermal* atau panas dengan suhu 30°C dan 60°C, uji *shear rate* menggunakan *fann vg meter* dengan RPM 100, 200, 3000, 600 dan uji salinitas dengan konsentrasi salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm, serta konsentrasi biopolimer pektin dan biopolimer pembanding *xanthan gum* masing-masing 1000, 2000, dan 3000 ppm. Bahan yang digunakan pada penelitian ini didapat dan dikumpulkan dari limbah kulit jeruk di daerah Riau.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Firman Allah Subhanawata'ala dalam surat Ali-'Imran ayat 190-191 menerangkan bahwa Allah mengarahkan hamba-hambanya untuk merenungkan alam (menuntut dan mempelajari ilmu pengetahuan) dimana segala sesuatu yang ada di alam semuanya pasti bermanfaat bagi manusia apabila kita sebagai manusia mau berfikir dan punya niat untuk mengkajinya lebih dalam. Hal ini berkaitan dengan penelitian ini, dimana pektin kulit jeruk dimanfaatkan menjadi produk biopolimer pada skala industri migas.

#### 2.1 Penelitian Terkait Yang Telah Dilakukan Sebelumnya

Berikut merupakan hasil penelitian terdahulu dimana beberapa hasil penelitian ini akan menjadi panduan bagi penulis untuk menghasilkan inovasi baru dan agar tidak terjadi pengulangan penelitian yang sama.

##### 2.1.1 Produksi biopolimer

Pada penelitian yang berjudul *Extraction of pectin from sugar beet pulp by enzymatic and ultrasound-assisted treatments* tahun 2021 dilakukan ekstraksi pektin dengan metode *Enzymatic treatment and ultrasonic pretreatment* dari bahan *sugar beet pulp*, dimana *sugar beet pulp* mengandung selulosa dan hemiselulosa pada dinding selnya. Jenis metode yang digunakan untuk mengekstraksi pektin dari *SBP* ini adalah dengan metode *enzymatic extraction* kemudian dilanjutkan dengan metode *ultrasonic pretreatment*, dimana untuk hasil yang didapatkan yaitu dengan menggunakan *ultrasonic pre treatment* selama 15 menit yang kemudian dilanjutkan metode *enzymatic treatment* selama 1 sampai dengan 2 jam akan menghasilkan yield pektin sebesar 25,6% sampai 26,7% (Abou-Elseoud et al., 2021).

Pada penelitian yang berjudul *Green process development for apple-peel pectin production by organic acid extraction* tahun 2019 dilakukan ekstraksi pektin dengan metode kimiawi dari bahan kulit apel menghasilkan pektin yang dapat diaplikasikan pada industri makanan melalui proses kimiawi sehingga mengurangi sampah organik (Cho et al., 2019).



Pada penelitian yang berjudul *High methoxyl pectin extracts from Hylocereus polyrhizus's peels: Extraction kinetics and thermodynamic studies* tahun 2019 dilakukan ekstraksi pektin dengan menggunakan metode *Ultrasonic-assisted heating extraction (UAHE)* dari bahan *Hylocereus polyrhizus's* atau kulit buah naga, dimana hasil dari penelitian tersebut adalah DE tertinggi dihasilkan dari *yield* pektin 28,20% yang diperoleh dari hasil ekstraksi tersebut (Zaid et al., 2019).

Pada penelitian yang berjudul *Development of a continuous-flow system for microwave-assisted extraction of pectin-derived oligosaccharides from food waste* tahun 2020 dilakukan ekstraksi pektin dari bahan kentang menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction (MAE)* dimana dari serangkaian penelitian tersebut menghasilkan pektin dari kentang yang telah diekstraksi dengan *yield* 40-45% (Arrutia et al., 2020).

Pada penelitian yang berjudul *Investigating the influence of pectin content and structure on its functionality in bio-flocculant extracted from okra* tahun 2020 telah dilakukan ekstraksi pektin dari bahan sayur okra dengan metode *bio flocculants extraction*. Dari serangkaian ekstraksi yang dilakukan menghasilkan tiga jenis ekstrak okra yaitu *okra flocculants, ASE, AIF*, dimana kondisi optimum untuk melakukan *treatment* tersebut adalah dengan waktu 10 menit dan suhu 90 °C (Mao et al., 2020).

Pada penelitian yang berjudul *Ultrasound assisted citric acid mediated pectin extraction from industrial waste of Musa balbisiana* (pisang) tahun 2017 telah dilakukan penelitian terkait dengan ekstraksi pektin dari bahan dasar kulit pisang (*musa balbisiana*) dengan menggunakan metode *ultrasound-assisted extraction (UAE)*. Berdasarkan hasil optimasi dengan menggunakan perhitungan numerik maka kondisi yang paling optimal untuk melakukan percobaan tersebut adalah pada kondisi: daya alat ultrasonik 323 W, pH 3,2, waktu ekstraksi selama 27 menit, dan *SL ratio* 1:15 g/ml (Maran et al., 2017).

Pada penelitian yang berjudul *Potential of pequi (Caryocar brasiliense Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave assisted extraction* tahun 2018 telah dilakukan penelitian terkait dengan ekstraksi



pektin dimana ekstraksi dilakukan menggunakan bahan kulit buah pequi (*Caryocar brasiliense Camb.*) dengan menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction (MAE)*. Adapun hasil yang didapatkan pada percobaan yang dilakukan adalah melakukan ekstraksi pektin dari buah *pequi* lebih efisien jika dilakukan dengan waktu yang singkat (sekitar 3 menit) dan suhu merupakan faktor yang amat penting dalam meningkatkan *yield* pektin ini dimana hasil terbaik diperoleh pada kondisi ekstraksi dengan suhu 108 °C dan daya maksimum 600W (Leão et al., 2018).

Pada penelitian yang berjudul *Continuous and pulsed ultrasound pectin extraction from navel orange peels* tahun 2021 telah dilakukan penelitian tentang ekstraksi pektin dari bahan dasar kulit buah jeruk dengan menggunakan metode ultrasonik. Hasil yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis adalah kita akan mendapatkan maksimum *yield* pektin sebesar 11% jika kita menghangatkan sistemnya dan meningkatkan *power density* (Patience et al., 2021).

### **2.1.2 Penelitian Uji Polimer**

Pada penelitian yang berjudul *Injeksi Polimer Dengan Pengaruh Jenis Polimer, Konsentrasi dan Salinitas Brine pada recovery factor Minyak* tahun 2017 telah dilakukan studi laboratorium menggunakan polimer sintesis dan biopolimer (XC-P). Hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah nilai RF terbaik adalah larutan polimer G4 (XC-P 2000 ppm dengan salinitas 15000 ppm) dan salinitas *effect* yang paling stabil adalah polimer XC-P dibandingkan nilai *add cross* (Rahmanto et al., 2017).

Pada penelitian yang berjudul *Karakterisasi Larutan Polimer KYPAM HPAM untuk Bahan Injeksi dalam Enhanced Oil Recovery (EOR)* tahun 2015 telah dilakukan uji polimer anionik KYPAM HPAM. Hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah semakin besar *shear rate* maka viskositas larutan polimer akan semakin kecil, variasi pengaruh udara dan H<sub>2</sub>S dapat menurunkan viskositas polimer, semakin tinggi salinitas maka viskositas larutan polimer akan semakin menurun (Wicaksono et al., 2015).

Pada penelitian yang berjudul Pengaruh Permeabilitas dan Konsentrasi Polimer terhadap Saturasi Minyak Sisa pada Injeksi Polimer tahun 2017 telah dilakukan pengujian polimer dengan metode *core flooding*. Hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah semakin tinggi konsentrasi polimer yang akan diinjeksikan maka *oil saturation* semakin rendah, kemudian semakin besar nilai permeabilitas maka semakin besar pula *oil saturation* (Vilanti et al., 2017).

### 2.1.3 Penelitian Yang Akan Dilakukan

Salah satu permasalahan yang sering ditemukan dalam tahapan produksi migas adalah menurunnya produktivitas dan performa sumur seiring berjalannya waktu produksi, sehingga masih banyak minyak yang tertinggal di reservoir dan bernilai ekonomis jika diproduksi. Untuk itu dibutuhkan suatu metode tahap lanjut atau EOR, salahsatunya adalah dengan mengaplikasikan metode injeksi polimer. Penelitian ini akan menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction (MAE)* dari bahan kulit jeruk untuk mengekstraksi kandungan pektin sebagai turunan dari polisakarida. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan proses ekstraksi pektin, namun pengaplikasiannya masih pada industri makanan. Diharapkan proses ekstraksi biopolimer pektin ini akan berhasil sehingga bisa diaplikasikan dalam metode EOR pada industri migas.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian Tugas Akhir ini metode ekstraksi polimer yang digunakan adalah metode eksperimental skala laboratorium sebagai alternatif polimer pada *Enhanced Oil Recovery (EOR)*. Dimana setelah polimer berhasil dibuat selanjutnya akan dilakukan karakterisasi dan uji reologi polimer kemudian dibandingkan dengan polimer *Xanthan Gum*. Hasil yang didapat pada penelitian ini merujuk pada tujuan penelitian.

#### 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

- |                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| 1. Batang Pengaduk   | 9. Botol Sampel               |
| 2. Pipet Tetes       | 10. Saringan/ <i>Mesh</i>     |
| 3. Gelas Ukur        | 11. <i>Oven Microwave</i>     |
| 4. Gelas Kimia       | 12. <i>Fann VG Meter</i>      |
| 5. Timbangan Digital | 13. <i>Viscometer Ostwald</i> |
| 6. Blender           | 14. Piknometer 10 ml          |
| 7. Corong Gelas      | 15. <i>Stirrer</i> Magnetik   |
| 8. <i>Stopwatch</i>  |                               |

#### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- |                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| 1. Kulit Jeruk   | 5. Asam Sitrat        |
| 2. Air Destilasi | 6. <i>Xanthan Gum</i> |
| 3. Ethanol 96%   |                       |
| 4. NaCl          |                       |

### 3.4 Prosedur Penelitian

Langkah percobaan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

#### 3.4.1 Pembuatan Pektin Kulit Jeruk Sebagai Bahan Polimer

##### a. Preparasi Bahan Baku

Proses preparasi bahan baku pektin kulit jeruk mempunyai prosedur sebagai berikut.

1. Kupas kulit jeruk dan cuci hingga bersih
2. Potong kecil-kecil kulit jeruk yang telah dibersihkan
3. Keringkan potongan kulit jeruk dengan cara di *oven* selama 24 jam dengan suhu 60°C
4. Setelah dikeringkan potongan kulit jeruk kering tersebut kita haluskan menggunakan blender hingga menjadi bubuk, kemudian disaring menggunakan ayakan 50 *mesh*



5. Letakkan bubuk kulit jeruk pada tempat atau wadah yang telah kita siapkan

b. Estraksi Pektin Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction*

Ekstraksi pektin dengan metode *Microwave Assisted Extraction* mempunyai prosedur sebagai berikut (Kute et al., 2019; Widiastuti, 2015).

1. Siapkan *microwave* dengan frekuensi 2450 MHz dan daya maksimum 900 W
2. Siapkan bubuk kulit jeruk
3. Campurkan 10 g bubuk kulit jeruk dengan 100 mL air destilasi (pH 1.5) dengan menambahkan asam sitrat dengan perbandingan (1:15) untuk mencapai pH 1,5 kemudian aduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen
4. Selanjutnya masukkan larutan tersebut ke dalam *microwave* untuk dihangatkan dengan daya 300 W selama 20 menit
5. Kemudian dinginkan sampel pada suhu ruangan
6. Diambil filtrat hasil ekstraksi dan tambahkan ethanol 96%, dimana perbandingan antara filtrat dan ethanol adalah 1:1 untuk mengendapkan pektin selama 24jam
7. Pektin dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C hingga berat konstan
8. Pektin yang sudah kering kita haluskan menggunakan blender dan disaring untuk menggunakan ayakan 50 *mesh* untuk selanjutnya dianalisis

### 3.4.2 Karakterisasi

a. Uji *FTIR*

Dilakukan uji *FTIR* untuk mengetahui ikatan baru yang mungkin terbentuk pada pektin (Wathoniyyah, 2016)

### 3.4.3 Uji Reologi

a. Uji Kompatibilitas

Uji kompatibilitas ini dilakukan dengan cara melarutkan polimer pada air formasi dan melihat perubahan yang terjadi pada larutan, tujuan dilakukannya uji ini adalah menganalisis tingkat kekeruhan dan endapan

pada biopolimer (Lestari et al., 2020), dimana harapannya polimer dapat larut dengan sempurna dan tidak terbentuk endapan atau gumpalan (Frigina, 2017).

b. Mengukur densitas larutan polimer menggunakan piknometer

1. Siapkan alat piknometer dengan volume 25 ml atau 10 ml
2. Lakukan penimbangan terhadap piknometer kosong menggunakan timbangan digital
3. Isi piknometer dengan larutan polimer hingga penuh lalu ditutup
4. Menimbang massa piknometer yang berisi larutan polimer dengan timbangan digital lalu catat hasilnya

c. Menentukan viskositas larutan polimer menggunakan *viscometer oswald*

1. Menyiapkan alat *viscometer oswald* dan larutan polimer
2. Masukkan 10 ml larutan polimer ke dalam *viscometer oswald*
3. Hisap larutan yang ada pada *viscometer oswald* menggunakan bola karet (*filler*) hingga berada sekitar 2 cm di batas atas *oswald*
4. Lepas bola karet dan biarkan cairan turun melewati batas atas
5. Amati dan jalankan *stopwatch* untuk mengukur waktu pengaliran larutan dari batas atas menuju batas bawah *oswald*
6. Mencatat waktu pengaliran dan hitung nilai viskositas kinetik dengan rumus  $\mu_k = C \cdot t$  dan viskositas dinamik  $\mu_d = S \cdot \mu_k$  .

d. Mengukur *shear rate* dengan *Fann VG Meter*

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Masukkan sampel ke dalam *cup* hingga batas yang telah ditentukan
3. Letakkan *cup* pada alat *Fann VG Meter* kemudian atur posisi rotor dan *bob* hingga tercelup ke dalam sampel sampa batas yang telah ditentukan
4. Menggerakkan rotor pada posisi kecepatan 600 rpm pada posisi *high* dan 300 rpm pada posisi *low*. Amati hingga skala (*dial*) mencapai keseimbangan, lalu catat harga yang ditunjukkan oleh skala
5. Hitung nilai viskositas dengan persamaan  $\left(\frac{\tau}{\dot{\gamma}}\right) \times 100$ . Kemudian *shear stress* didapat dengan persamaan  $\tau = 5,077 \times C$  dan *shear rate* didapatkan dengan menggunakan persamaan  $\dot{\gamma} = 1,704 \times \omega r$  .

e. Uji Salinitas

Uji salinitas polimer dilakukan untuk melihat pengaruh kadar salinitas terhadap viskositas polimer, dengan kadar salinitas yang beragam dan masing-masing konsentrasi polimer yang telah ditentukan (W. Harimurti, dkk, 2015).

f. Uji *Thermal*

Uji ini dilakukan untuk menguji stabilitas larutan polimer ketika dipanaskan pada suhu reservoir.

### 3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Reservoir dan Pemboran Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau untuk proses ekstraksi dan uji rheologi pektin sedangkan untuk karakterisasi atau uji *FTIR* dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang.

### 3.6 Jadwal Penelitian

**Tabel 3.1** Jadwal Penelitian

No	Deskripsi Kegiatan	2021 s.d 2022			
		Okt	Nov	Des	Jan
1	Studi Literatur				
2	Persiapan Alat dan Bahan				
3	Pengeringan, Penghalusan dan Penyaringan				
4	Proses Ekstraksi				
5	Uji Reologi				
6	Uji Karakterisasi				
7	Laporan Tugas Akhir				



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Produksi Pektin

Kulit jeruk mengandung suatu senyawa yang disebut dengan pektin, pektin merupakan senyawa biopolimer turunan dari polisakarida yang mempunyai kemampuan untuk membentuk gel atau sebagai zat pengental (Widiastuti, 2015). Pada penelitian ini, kulit jeruk yang digunakan berasal dari limbah kulit jeruk yang dikumpulkan di sekitar Kota Pekanbaru, Riau.



**Gambar 4.1** Preparasi Bahan Baku Dari Kulit Jeruk



**Gambar 4.2** Ekstraksi Pektin Dengan Metode *Microwave-Assisted Extraction*



Sebelum memulai proses ekstraksi pektin, terlebih dahulu kita lakukan preparasi bahan baku mulai dari pencucian dan pengeringan kulit jeruk hingga didapatlah bubuk kulit jeruk seperti pada gambar 4.1. Selanjutnya kita lakukan ekstraksi pektin dengan metode *Microwave-Assisted Extraction* dimulai dari melarutkan 10 gram pektin dan asam sitrat (pH 1.5) ke dalam air dengan volume 100 ml, proses pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* hingga larutan homogen. Setelah itu larutan kita panaskan dengan *microwave* selama 20 menit dan daya 350W, kemudian dinginkan pada suhu ruangan dan kita saring menggunakan kain saring untuk mendapatkan filtratnya. Filtrat yang didapatkan kemudian kita lakukan proses pengendapan menggunakan ethanol 96% dengan rasio 1:1 selama 24 Jam. Pektin hasil endapan kemudian disaring menggunakan kain untuk memperoleh padatnya kemudian dikeringkan menggunakan oven hingga berat konstan, selanjutnya pektin kering kita haluskan menggunakan blender dan saring menggunakan *sieve 50 mesh* kemudian didapatlah bubuk pektin kulit jeruk seperti Gambar 4.2.

## 4.2 Uji Karakterisasi

### 4.2.1 Uji FTIR



Gambar 4.3 Spektrum FTIR Pektin Kulit Jeruk

Uji FTIR ini dilakukan untuk mengetahui informasi tentang gugus atau struktur penyusun pektin ini dengan menganalisis spektrum yang dihasilkan pada sampel (Fondevila Sancet et al., 2018). Gambar 4.3 merupakan spektrum hasil uji FTIR terhadap pektin kulit jeruk. Ulur gugus CH alifatik ditemukan pada bilangan gelombang 2916,37 dimana pada pektin standar rentang spektrum gugus CH alifatik ini ada pada gelombang 2900-2919 (Setiati et al., 2016). Pada hasil pembacaan gelombang, juga terdapat gugus eter (R-O-R) pada bilangan gelombang 1184,29 dimana pada pektin standar bilangan gelombang berada pada bilangan 1152 (Antika & Kurniawati, 2017). Pada bilangan gelombang 831,32 gugus OH mengalami pembengkokan (*bending*) dikarenakan sampel yang berinteraksi dengan garam pada saat proses ekstraksi berlangsung (Fondevila Sancet et al., 2018), pada sampel ini juga ditemukan gugus C-O pada bilangan 1012,63 dimana pada pektin standar gugus C-O berada pada bilangan 1013,64 dan juga ditemukan gugus C-N pada bilangan gelombang 1228,66 yang identik dengan pektin standar dengan bilangan gelombang 1247,03. Pada hasil serapan tersebut juga muncul puncak pada bilangan gelombang 1690-1760 yang mengindikasikan adanya gugus C=O atau karboksil yang juga identik dengan gugus penyusun pada pektin standar (Antika & Kurniawati, 2017). Pada gugus yang telah dijelaskan sebelumnya yang terukur oleh spektroskopi FTIR dengan masing-masing bilangan gelombang menunjukkan kesesuaian dengan gugus atau struktur yang membentuk pektin (Nurhaeni et al., 2018).

#### 4.3 Uji Kompatibilitas

Tujuan dilakukan uji kompatibilitas ini adalah untuk mendapatkan larutan polimer yang larut dengan sempurna (*homogen*) dan tidak ada endapan, dimana pada saat injeksi polimer endapan ini berpotensi untuk menyumbat pori-pori batuan (Frigrina, 2017)

**Tabel 4.1** Hasil Pengamatan Kompatibilitas Biopolimer Xanthan Gum

Konsentrasi Biopolimer XG (ppm)	Konsentrasi Salinitas (ppm)	Kondisi Larutan
		60°C
1000	5000	Bening dan tidak ada endapan
	10,000	Bening dan tidak ada endapan

	30,000	Bening dan tidak ada endapan
2000	5000	Bening dan tidak ada endapan
	10,000	Bening dan tidak ada endapan
	30,000	Bening dan tidak ada endapan
3000	5000	Bening dan tidak ada endapan
	10,000	Bening dan tidak ada endapan
	30,000	Bening dan tidak ada endapan

**Tabel 4.2** Hasil Pengamatan Kompatibilitas Biopolimer Pektin Kulit Jeruk

Konsentrasi Biopolimer PKJ (ppm)	Konsentrasi Salinitas (ppm)	Kondisi Larutan
		60°C
1000	5000	Kecoklatan dan ada endapan
	10.000	Kecoklatan dan ada endapan
	30.0000	Kecoklatan dan ada endapan
2000	5000	Kekuningan dan ada endapan
	10.000	Kecoklatan dan ada endapan
	30.0000	Kecoklatan dan ada endapan
3000	5000	Kekuningan dan ada endapan
	10.000	Kecoklatan dan ada endapan
	30.0000	Kecoklatan dan ada endapan

Hasil uji kompatibilitas biopolimer pada tabel 4.1 untuk biopolimer *xanthan gum* dan tabel 4.2 untuk biopolimer PKJ, dimana *xanthan gum* dengan konsentrasi biopolimer dan salinitas yang berbeda mempunyai kompatibilitas yang bagus

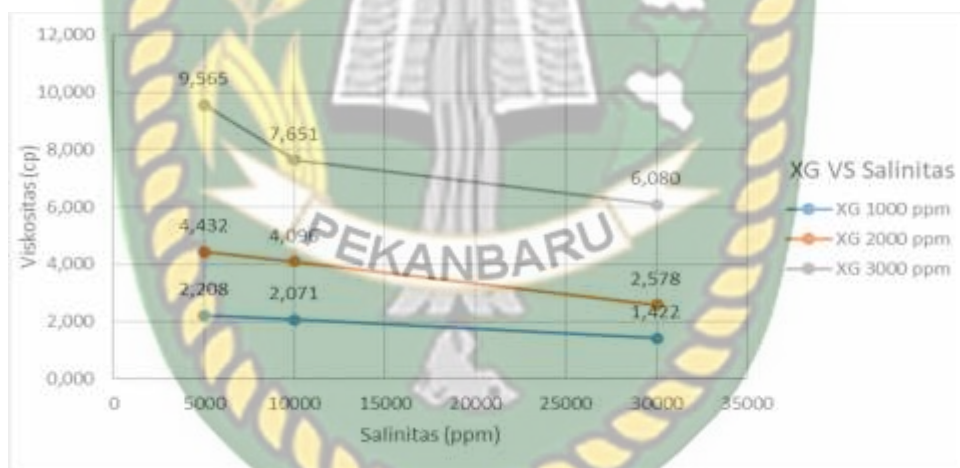


karena larutan ini tidak memiliki endapan dan bening (Obuebite et al., 2018). Sedangkan biopolimer PKJ dengan konsentrasi biopolimer dan salinitas yang berbeda berwarna kecoklatan dan terdapat endapan. Terjadinya endapan pada biopolimer PKJ dibanding dengan *xanthan gum* ini karena biopolimer PKJ lebih rentan terhadap variasi konsentrasi salinitas sehingga menimbulkan endapan (Wicaksono et al., 2015), ditambah lagi masih banyaknya zat pengotor pada biopolimer PKJ pada saat proses ekstraksi dilakukan.

#### 4.4 Uji Reologi

##### 4.4.1 Uji Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas Biopolimer

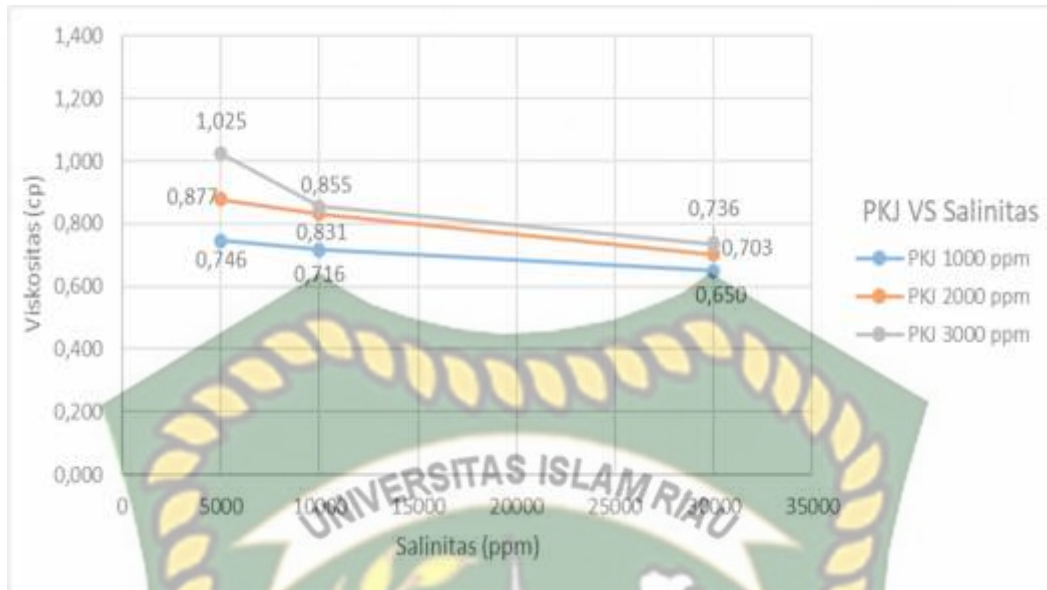
Tujuan dilakukannya uji ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi salinitas terhadap viskositas biopolimer yang diuji, dimana menurut (Druetta et al., 2019) pengaruh salinitas ini termasuk ke dalam uji *chemical degradation*. Konsentrasi salinitas yang digunakan pada uji ini adalah 5000, 10000, dan 30000 ppm.



**Gambar 4.4** Hasil Uji Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas *Xanthan Gum*

Gambar di atas merupakan hasil uji pengaruh salinitas terhadap viskositas biopolimer *xanthan gum* pada konsentrasi 1000, 2000, 3000 ppm dan salinitas 5000, 10000, 30000 ppm. Viskositas XG 1000 ppm pada salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm terus mengalami penurunan dari 2,208 cp menjadi 1,422 cp. Viskositas XG 2000 ppm pada salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm terus mengalami penurunan dari 4,432 cp menjadi 2,578 cp. Kemudian viskositas XG 3000 ppm pada salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm juga mengalami penurunan dari 9,565 cp menjadi 6,080 cp.





**Gambar 4.5** Hasil Uji Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk

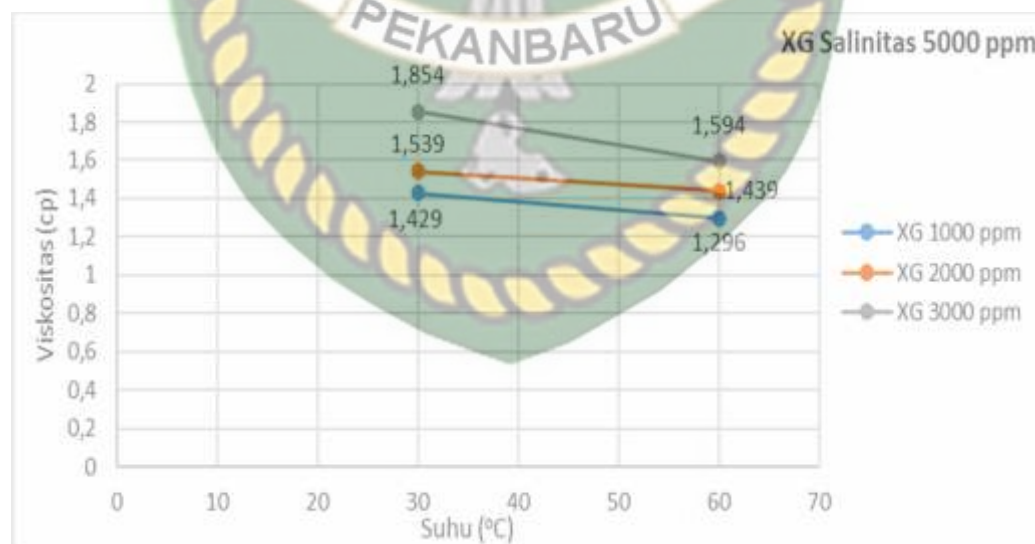
Gambar 4.5 merupakan hasil uji pengaruh salinitas terhadap viskositas biopolimer pektin kulit jeruk pada konsentrasi 1000, 2000, 3000 ppm dan salinitas 5000, 10000, 30000 ppm. Viskositas PKJ 1000 ppm pada salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm terus mengalami penurunan dari 0,746 cp menjadi 0,650 cp. Viskositas PKJ 2000 ppm pada salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm terus mengalami penurunan dari 0,877 cp menjadi 0,703 cp. Kemudian viskositas PKJ 3000 ppm pada salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm terus mengalami penurunan dari 1,025 cp menjadi 0,736 cp. Dari hasil uji yang telah dijelaskan sebelumnya, konsentrasi biopolimer yang paling tinggi (3000 ppm) cenderung memiliki viskositas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi biopolimer yang lebih rendah, karena semakin tinggi konsentrasi biopolimer maka viskositas fluidanya akan semakin tinggi pula (Vilanti et al., 2017).

Pada hasil pengujian yang terlihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 menunjukkan adanya penurunan viskositas masing-masing biopolimer karena pengaruh penambahan salinitas pada masing-masing larutan biopolimer (Frigirina, 2017). Konsentrasi salinitas yang semakin tinggi akan menyebabkan repulsi pada biopolimer (Usman, 2011) dimana keberadaan ion-ion logam yang berbentuk garam akan memutus rantai polimer menjadi lebih pendek dari sebelumnya sehingga hal ini berdampak pada menurunnya viskositas biopolimer tersebut (Wicaksono et al., 2015). Rendahnya viskositas biopolimer PKJ dibandingkan

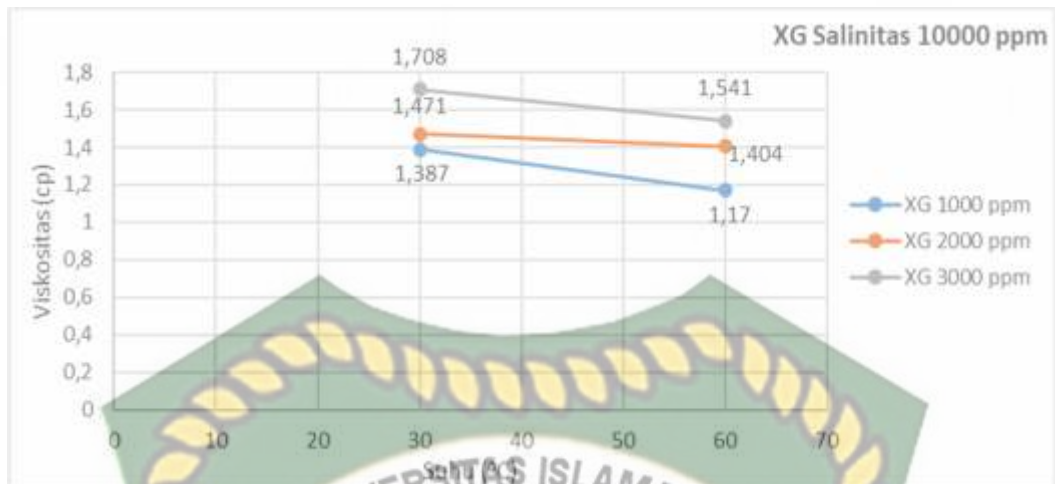
dengan biopolimer *xanthan gum* dikarenakan struktur molekul biopolimer PKJ sangat fleksibel sehingga memiliki rantai yang panjang namun diameter molekul yang relatif kecil sehingga biopolimer ini lebih rentan terpengaruh oleh kerusakan mekanis dan degradasi yang menyebabkan turunnya berat molekul biopolimer PKJ (Vilanti et al., 2017; Vold et al., 2006). Penyebab lainnya yang membuat rendahnya viskositas biopolimer PKJ ini adalah terikutnya partikel-partikel pengotor lainnya pada saat proses ekstraksi berlangsung sehingga mempengaruhi ikatan rantai molekul biopolimer, kemudian dipengaruhi suhu yang cukup tinggi selama proses ekstraksi sehingga mempengaruhi viskositas biopolimer PKJ (Herliany et al., 2013), ditambah lagi adanya penambahan asam sitrat pada saat proses ekstraksi PKJ berlangsung yang dapat mengakibatkan terjadinya hidrolisis pada pektin kulit jeruk (Widiastuti, 2015).

#### 4.4.2 Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Biopolimer

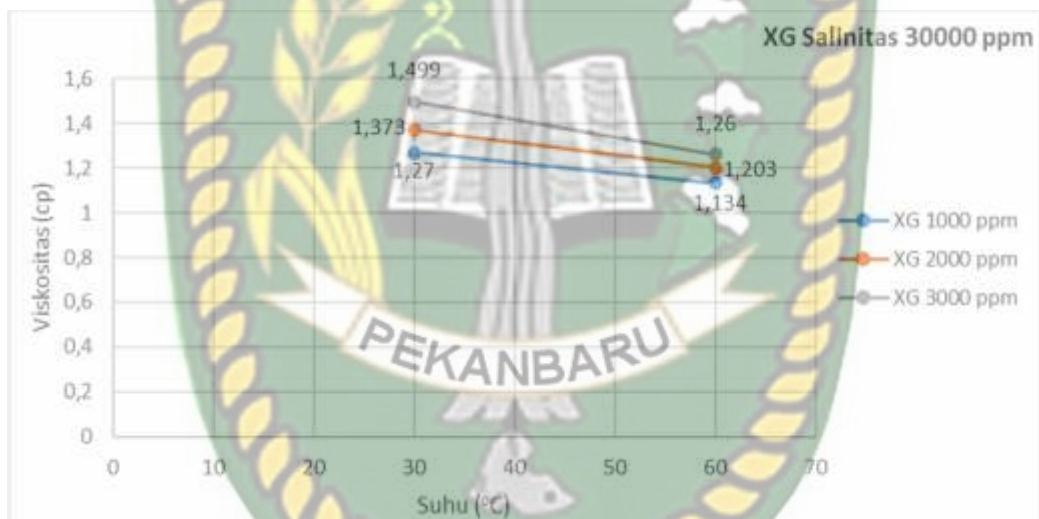
Uji ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana suhu atau temperatur dapat mempengaruhi viskositas polimer. Menurut (Reza et al., 2019) *screening criteria* untuk injeksi polimer ini adalah pada temperatur 23-114 °C. Uji pengaruh suhu terhadap viskositas biopolimer ini dilakukan menggunakan oven laboratorium reservoir UIR dengan suhu pengujian 30° C dan 60° C.



**Gambar 4.6** Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Dengan Konsentrasi Salinitas 5000 ppm



**Gambar 4.7** Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Dengan Konsentrasi Salinitas 10000 ppm

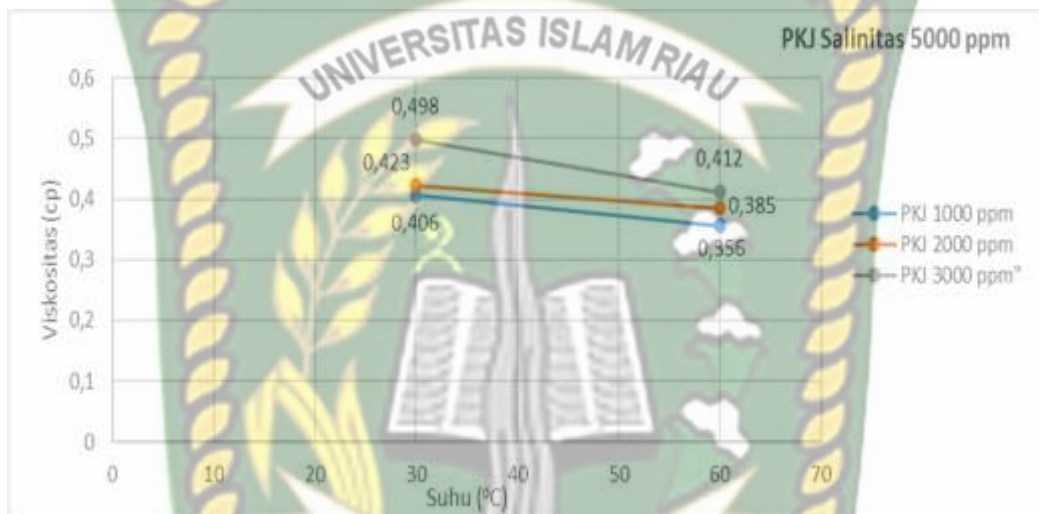


**Gambar 4.8** Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Dengan Konsentrasi Salinitas 30000 ppm

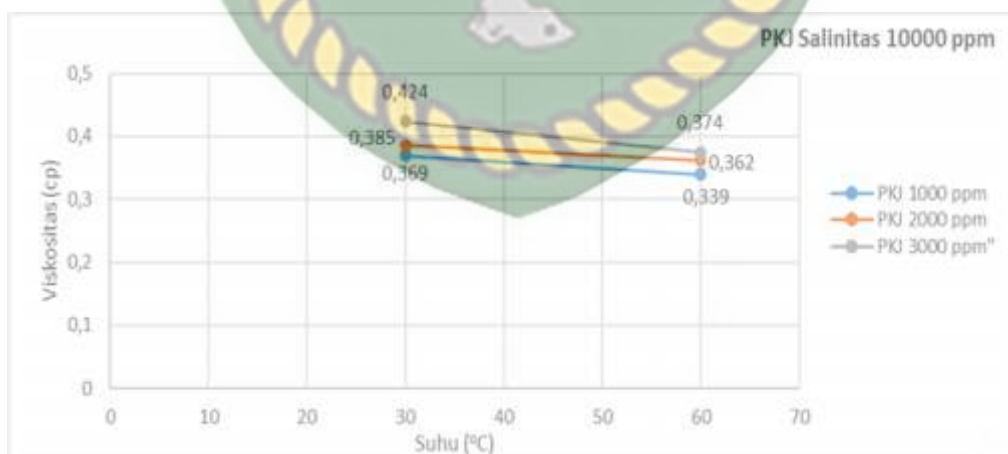
Gambar 4.6 sampai ke Gambar 4.8 merupakan hasil uji pengaruh suhu 30° C dan 60° C terhadap viskositas biopolimer *xanthan gum* dengan konsentrasi 1000, 2000, 3000 ppm pada salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm. Pada Gambar 4.6 konsentrasi 1000 ppm *xanthan gum* dengan salinitas 5000 ppm viskositasnya turun dari 1,429 cp pada suhu 30° C menjadi 1,296 cp pada suhu 60° C. Konsentrasi 2000 ppm *xanthan gum* pada salinitas 5000 ppm viskositasnya turun dari 1,539 cp pada suhu 30° C menjadi 1,439 cp pada suhu 60° C. Konsentrasi 3000 ppm *xanthan gum* pada salinitas 5000 ppm viskositasnya turun dari 1,854 cp pada suhu 30° C menjadi 1,594 cp pada suhu 60° C. Nilai viskositas dari *xanthan*



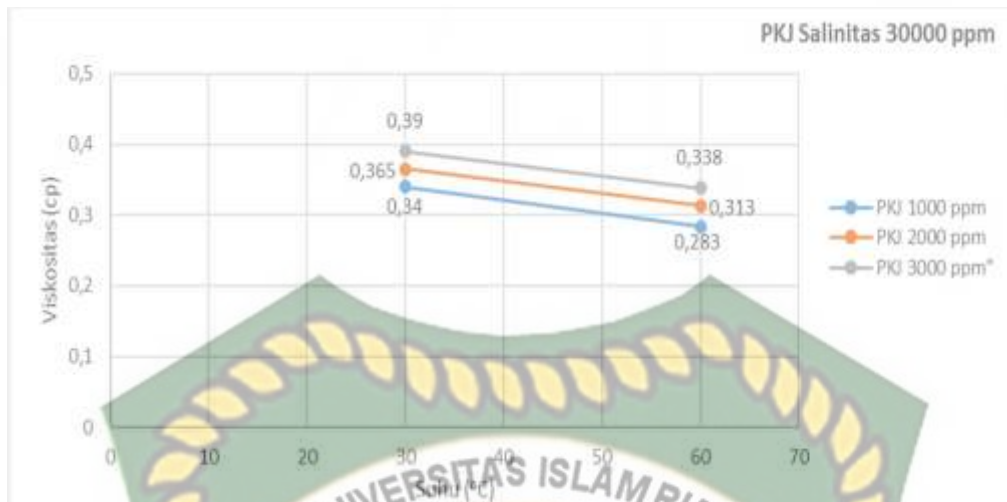
*gum* dengan konsentrasi yang sama (dari yang paling tinggi) pada variasi salinitas ini terus mengalami penurunan dimana pada Gambar 4.8 konsentrasi 1000 ppm *xanthan gum* pada salinitas 30000 ppm viskositasnya turun dari 1,27 cp pada suhu 30° C menjadi 1,134 cp pada suhu 60° C. Konsentrasi 2000 ppm *xanthan gum* pada salinitas 30000 ppm viskositasnya turun dari 1,373 cp pada suhu 30° C menjadi 1,203 cp pada suhu 60° C. Konsentrasi 3000 ppm *xanthan gum* pada salinitas 30000 ppm viskositasnya turun dari 1,499 cp pada suhu 30° C menjadi 1,26 cp pada suhu 60° C.



**Gambar 4.9** Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 5000 ppm



**Gambar 4.10** Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 10000 ppm



**Gambar 4.11** Hasil Uji Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 30000 ppm

Gambar 4.9 sampai ke Gambar 4.11 merupakan hasil uji pengaruh suhu 30° C dan 60° C terhadap viskositas biopolimer pektin kulit jeruk dengan konsentrasi 1000, 2000, 3000 ppm pada salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm. Pada Gambar 4.9 konsentrasi 1000 ppm PKJ dengan salinitas 5000 ppm viskositasnya turun dari 0,406 cp pada suhu 30° C menjadi 0,356 cp pada suhu 60° C. Konsentrasi 2000 ppm PKJ pada salinitas 5000 ppm viskositasnya turun dari 0,423 cp pada suhu 30° C menjadi 0,385 cp pada suhu 60° C. Konsentrasi 3000 ppm PKJ pada salinitas 5000 ppm viskositasnya turun dari 0,498 cp pada suhu 30° C menjadi 0,412 cp pada suhu 60° C. Nilai viskositas dari pektin kulit jeruk dengan konsentrasi yang sama (dari yang paling tinggi) pada variasi salinitas ini terus mengalami penurunan dimana pada Gambar 4.11 konsentrasi 1000 ppm PKJ pada salinitas 30000 ppm viskositasnya terus mengalami penurunan dari 0,34 cp pada suhu 30° C menjadi 0,283 cp pada suhu 60° C. Konsentrasi 2000 ppm PKJ pada salinitas 30000 ppm viskositasnya turun dari 0,365 cp pada suhu 30° C menjadi 0,313 cp pada suhu 60° C. Konsentrasi 3000 ppm PKJ pada salinitas 30000 ppm viskositasnya turun dari 0,39 cp pada suhu 30° C menjadi 0,338 cp pada suhu 60° C.

Dari hasil uji pada Gambar 4.6 sampai Gambar 4.11 yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu pada suhu uji 30° C dan 60° C viskositas biopolimer terus turun seiring naiknya temperatur, karena salah satu kelemahan biopolimer ini adalah sangat rentan dengan suhu yang tinggi (Usman, 2011), pernyataan ini juga sesuai

dengan hasil uji yang dilakukan oleh (Khalid et al., 2020) dimana penurunan viskositas biopolimer dipengaruhi oleh semakin bertambahnya temperatur yang mempengaruhi larutan. Pada dasarnya penurunan viskositas ini disebabkan karena bertambahnya kalor atau temperatur yang mempengaruhi larutan biopolimer sehingga membuat jarak antar partikel-partikel di dalam fluida saling menjauh atau bergerak dimana semakin tinggi temperatur maka partikel-partikel ini memiliki energi termal yang lebih besar (Wicaksono et al., 2015), akibatnya jumlah partikel-partikelnya akan berkurang yang menyebabkan penurunan viskositas larutan biopolimer (Irawansyah & Kamal, 2017). Selain itu seiring bertambahnya suhu dan salinitas juga menyebabkan terjadinya aglomerasi atau semakin banyak polimer yang terendapkan karena pengaruh ion logam yang terkandung pada garam (Wicaksono et al., 2015).

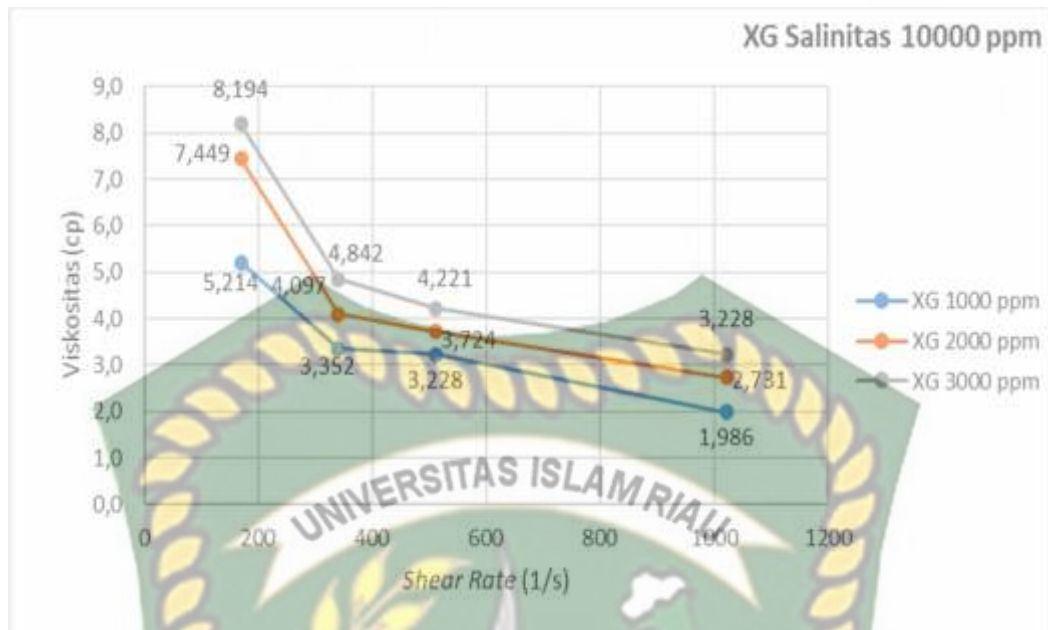
#### 4.4.3 Uji Shear Rate

Polimer merupakan fluida *non newtonian* karena gaya geser mampu mempengaruhi perubahan viskositas polimer (Druetta et al., 2019), sehingga uji *shear rate* ini perlu dilakukan untuk menguji pengaruhnya terhadap viskositas biopolimer. Uji ini dilakukan dengan menggunakan alat *Fann VG Meter* di Laboratorium Pemboran UIR pada RPM 100, 200, 300, dan 600.

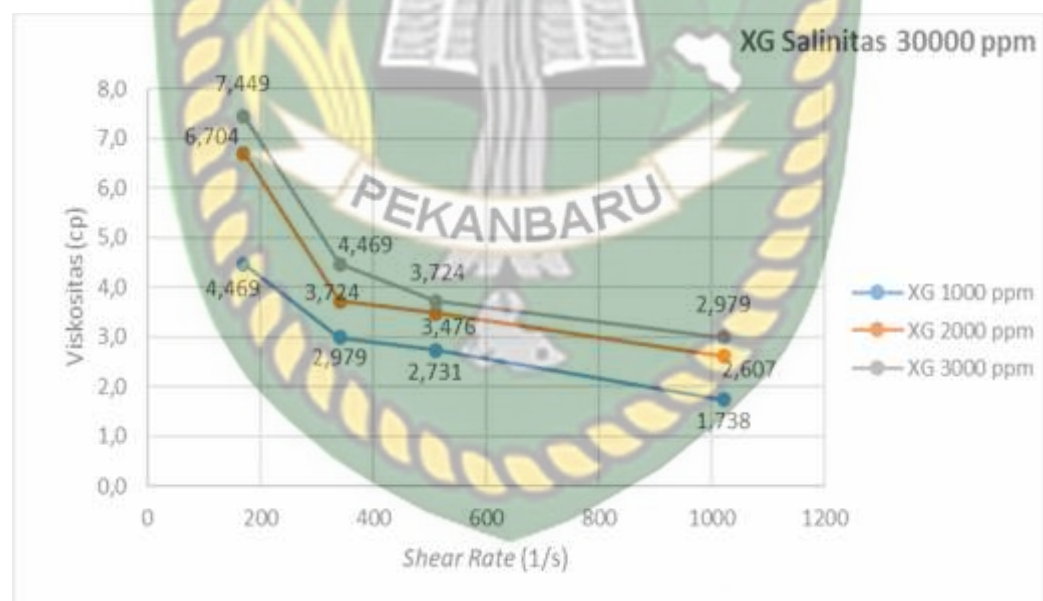


**Gambar 4.12** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Dengan Konsentrasi Salinitas 5000 ppm





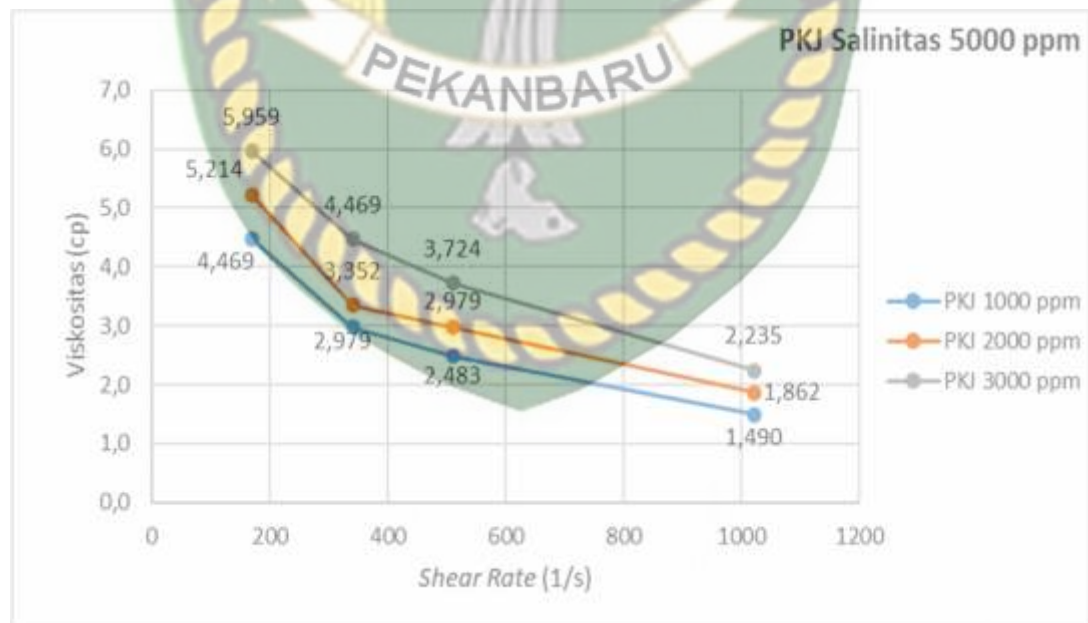
**Gambar 4.13** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Dengan Konsentrasi Salinitas 10000 ppm



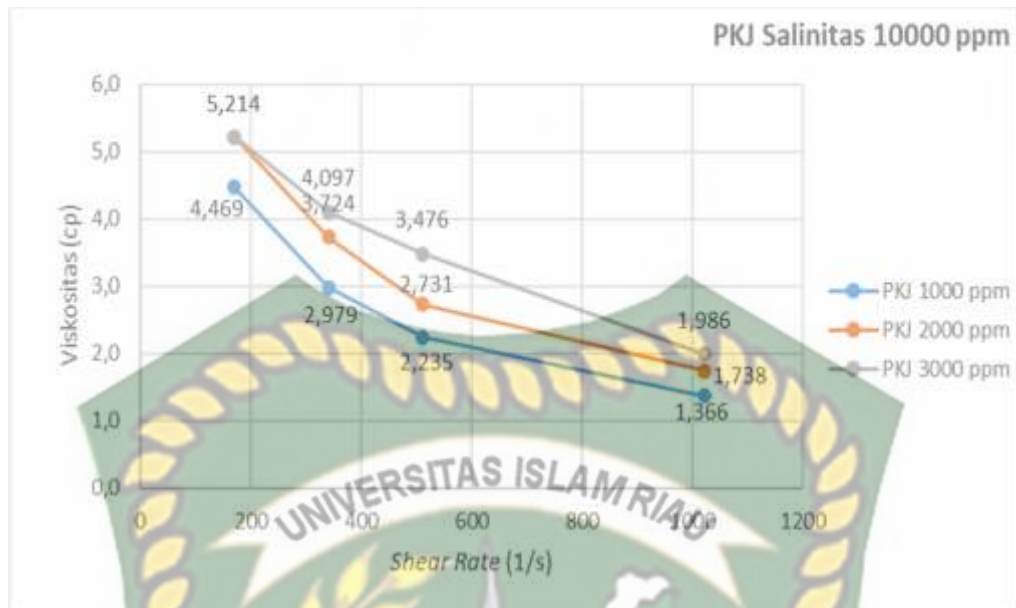
**Gambar 4.14** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas *Xanthan Gum* Dengan Konsentrasi Salinitas 30000 ppm

Pada Gambar 4.12 sampai ke Gambar 4.14 merupakan hasil uji pengaruh *shear rate* dengan RPM 100, 200, 300, 600 terhadap viskositas biopolimer *xanthan gum* konsentrasi 1000, 2000, 3000 ppm pada variasi salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm. Pada Gambar 4.12 konsentrasi biopolimer *xanthan gum*

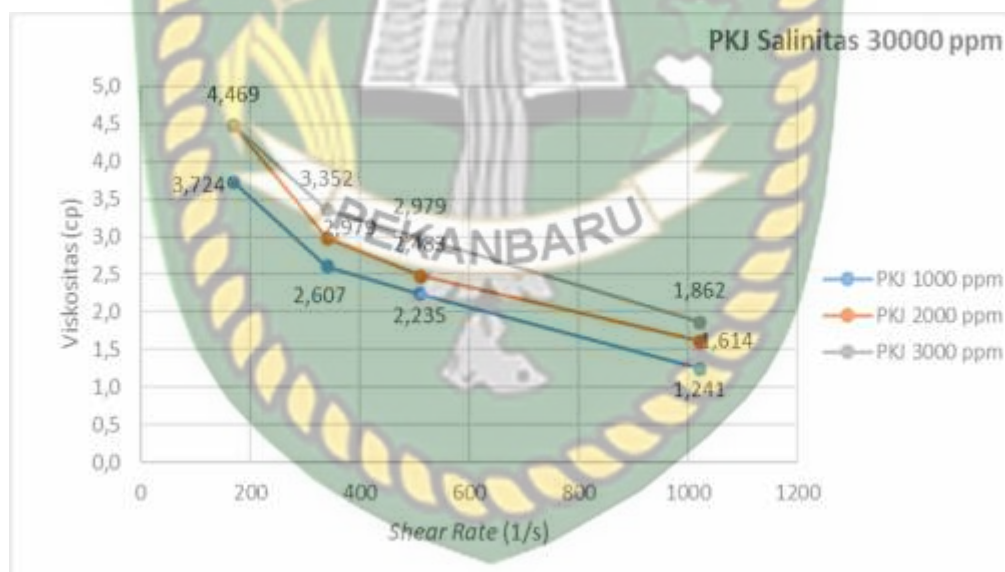
1000 ppm dengan salinitas 5000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 5,959 cp hingga menjadi 2,359 cp pada *shear rate* 1022,4. Konsentrasi biopolimer *xanthan gum* 2000 ppm dengan salinitas 5000 ppm viskositasnya turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 7,449 cp hingga menjadi 2,979 cp pada *shear rate* 1022,4. Konsentrasi biopolimer *xanthan gum* 3000 ppm dengan salinitas 5000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 8,194 cp hingga menjadi 3.724 cp pada *shear rate* 1022,4. Nilai viskositas dari *xanthan gum* pada konsentrasi yang sama (dari yang paling tinggi) pada RPM 100, 200, 300 dan 600 dengan variasi salinitas ini terus mengalami penurunan dimana pada Gambar 4.14 Konsentrasi biopolimer *xanthan gum* 1000 ppm dengan salinitas 30000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 4,469 cp hingga menjadi 1,738 cp pada *shear rate* 1022,4. Konsentrasi biopolimer *xanthan gum* 2000 ppm dengan salinitas 30000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 6,704 cp hingga menjadi 2,607 cp pada *shear rate* 1022,4. Kemudian konsentrasi biopolimer *xanthan gum* 3000 ppm dengan salinitas 30000 ppm viskositasnya juga berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 7,449 cp hingga menjadi 2,979 cp pada *shear rate* 1022,4.



**Gambar 4.15** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 5000 ppm



**Gambar 4.16** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 10000 ppm



**Gambar 4.17** Hasil Uji Pengaruh *Shear Rate* Terhadap Viskositas Pektin Kulit Jeruk Dengan Konsentrasi Salinitas 30000 ppm

Pada Gambar 4.15 sampai ke Gambar 4.17 merupakan hasil uji pengaruh *shear rate* terhadap viskositas biopolimer pektin kulit jeruk konsentrasi 1000, 2000, 3000 ppm pada variasi salinitas 5000, 10000, dan 30000 ppm. Pada Gambar 4.15 konsentrasi biopolimer pektin kulit jeruk 1000 ppm dengan salinitas 5000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 4,469 cp hingga



menjadi 1,490 cp pada *shear rate* 1022,4. Konsentrasi biopolimer pektin kulit jeruk 2000 ppm dengan salinitas 5000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 5,214 cp hingga menjadi 1,862 cp pada *shear rate* 1022,4. Konsentrasi biopolimer pektin kulit jeruk 3000 ppm dengan salinitas 5000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 5,959 cp hingga menjadi 2,235 cp pada *shear rate* 1022,4. Nilai viskositas dari biopolimer pektin kulit jeruk pada konsentrasi yang sama (dari yang paling tinggi) pada RPM 100, 200, 300 dan 600 dengan variasi salinitas ini terus mengalami penurunan dimana pada Gambar 4.17 konsentrasi biopolimer pektin kulit jeruk 1000 ppm dengan salinitas 30000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 3,724 cp hingga menjadi 1,241 cp pada *shear rate* 1022,4. Konsentrasi biopolimer pektin kulit jeruk 1000 ppm dengan salinitas 30000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 3,724 cp hingga menjadi 1,241 cp pada *shear rate* 1022,4. Konsentrasi biopolimer pektin kulit jeruk 2000 ppm dengan salinitas 30000 ppm viskositasnya berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 4,469 cp hingga menjadi 1,614 cp pada *shear rate* 1022,4. Kemudian konsentrasi biopolimer pektin kulit jeruk 3000 ppm dengan salinitas 30000 ppm viskositasnya juga berangsur turun dari *shear rate* 170,4 yaitu 4,469 cp hingga menjadi 1,862 cp pada *shear rate* 1022,4.

Hasil uji biopolimer *xanthan gum* dan pektin kulit jeruk 1000, 2000, 3000 ppm dengan variasi salinitas pada Gambar 4.12 sampai Gambar 4.17 menunjukkan penurunan viskositas *apparent* seiring naiknya *shear rate*, hal ini juga dilaporkan oleh (Wicaksono et al., 2015) dimana semakin tinggi harga *shear rate* maka viskositas polimer akan semakin menurun, fenomena ini juga biasa disebut dengan *mechanical degradation* (Druetta et al., 2019). Dari hasil percobaan ini biopolimer yang diuji termasuk jenis fluida *non newtonian* yang bersifat pseudoplastik, karena viskositas polimer terus menurun seiring bertambahnya *shear rate* (Widyarso et al., 2006) namun apabila tidak lagi dipengaruhi gaya geser (*shear rate*) viskositas polimer ini akan berangsur menuju ke viskositas awal sebelum dipengaruhi *shear rate* atau gaya geser (Druetta et al., 2019). Penurunan ini juga dipengaruhi oleh salinitas, dimana semakin tinggi salinitas maka viskositas fluida akan semakin mengalami penurunan (Obuebite et

al., 2018). Pengaruh lain dari menurunnya viskositas larutan biopolimer ini adalah karena struktur dari molekulnya mengalami deformasi, yang sebelumnya besar dan tidak beraturan saat *shear rate* rendah, menjadi lebih teratur daripada sebelumnya saat *shear rate* lebih tinggi atau meningkat (Wicaksono et al., 2015). Untuk viskositas awal (dari *shear rate* rendah) pada konsentrasi yang sama *xanthan gum* punya viskositas lebih tinggi dari pektin kulit jeruk, namun rata-rata penurunan viskositas masing-masing biopolimer tentu berbeda, dimana nilai rata-rata penurunan viskositas dari *shear rate xanthan gum* adalah 4,3 cp sedangkan untuk rata-rata penurunan viskositas pektin kulit jeruk adalah 3,2 cp, yang artinya dari hasil percobaan ini biopolimer pektin kulit jeruk lebih tahan terhadap gaya gesek atau *shear rate* dibandingkan dengan biopolimer *xanthan gum*, hal ini dikarenakan pada proses uji *shear rate* biopolimer PKJ tidak membentuk gel sehingga harga pembacaan dial pada *fann vg meter* dan *shear rate* tidak besar (Huljannah et al., 2020). Penurunan viskositas ini tentunya juga dipengaruhi oleh kondisi varisasi konsentrasi salinitas pada saat uji dilakukan, dimana salinitas yang tinggi dapat menurunkan viskositas biopolimer.

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yaitu setelah dilakukan uji kompatibilitas masing-masing biopolimer, kompatibilitas biopolimer pektin kulit jeruk kurang bagus karena berwarna kecoklatan dan ada endapan. Kemudian dari hasil uji *FTIR* didapatkan hasil bahwa gugus fungsi yang membentuk struktur sampel pektin kulit jeruk yang diekstraksi sudah sesuai dengan pektin standar. Selanjutnya berdasarkan hasil uji *shear rate* dapat diambil kesimpulan bahwa biopolimer *xanthan gum* dan pektin kulit jeruk keduanya bersifat pseudoplastik, karena nilai viskositasnya terus menurun seiring naiknya harga *shear rate*. Salah satu keunggulan dari pektin kulit jeruk adalah pektin kulit jeruk lebih tahan terhadap pengaruh *shear rate* dibandingkan *xanthan gum* hal ini dibuktikan dari hasil uji rata-rata penurunan viskositas *xanthan gum* yaitu 4,3 cp sedangkan untuk rata-rata penurunan viskositas pektin kulit jeruk adalah 3,2 cp pada RPM 100, 200, 300 dan 600, namun *xanthan gum* memiliki viskositas yang lebih besar dibandingkan dengan pektin kulit jeruk, karena masih banyak partikel-partikel pengotor pada pektin kulit jeruk saat ekstraksi berlangsung. Pada konsentrasi biopolimer yang sama dengan variasi salinitas, viskositas masing-masing biopolimer mengalami penurunan seiring naiknya salinitas dan temperatur, serta viskositasnya bertambah seiring naiknya konsentrasi biopolimer.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan serangkaian penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti yang berjudul “Ekstraksi Pektin Dari Kulit Jeruk Menggunakan Metode *Microwave-Assited Extraction* Sebagai Bahan Alternatif Untuk Injeksi Polimer” diharapkan peneliti selanjutnya dapat menguji masing-masing biopolimer pada setiap konsentrasi salinitas dan suhu, melakukan uji *SEM*, *Uv-Vis*, uji filtrasi, dan menggunakan metode ekstraksi pektin yang lain pada penelitian selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. Z., Puspasari, T., & Nugroho, W. A. (2012). Polymers for Enhanced Oil Recovery Technology. *Procedia Chemistry*, 4, 11–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proche.2012.06.002>
- Abou-Elseoud, W. S., Hassan, E. A., & Hassan, M. L. (2021). Extraction of pectin from sugar beet pulp by enzymatic and ultrasound-assisted treatments. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100042. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100042>
- Antika, S. R., & Kurniawati, P. (2017). Isolasi dan karakterisasi pektin dari kulit nanas. *Seminar Nasional Kimia FMIPA UNESA*, 218–225.
- Arrutia, F., Adam, M., Calvo-Carrascal, M. Á., Mao, Y., & Binner, E. (2020). Development of a continuous-flow system for microwave-assisted extraction of pectin-derived oligosaccharides from food waste. *Chemical Engineering Journal*, 395, 125056. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125056>
- Cho, E.-H., Jung, H.-T., Lee, B.-H., Kim, H.-S., Rhee, J.-K., & Yoo, S.-H. (2019). Green process development for apple-peel pectin production by organic acid extraction. *Carbohydrate Polymers*, 204, 97–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.086>
- Druetta, P., Raffa, P., & Picchioni, F. (2019). Chemical enhanced oil recovery and the role of chemical product design. *Applied Energy*, 252, 113480. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113480>
- Fondevila Sancet, G., Goldman, M., Buciak, J. M., Varela, O., D'Accorso, N., Fascio, M., Manzano, V., & Luong, M. (2018). Molecular structure characterization and interaction of a polymer blend of xanthan gum-polyacrylamide to improve mobility-control on a mature polymer flood. *Society of Petroleum Engineers - SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia 2018, 2018-March*. <https://doi.org/10.2118/190408-ms>
- Frigrina, L. (2017). *Studi Proses Pembentukan Gel Campuran Polimer dan*

*Crosslinker Pada Proses Water Shut-Off Dengan Variasi Konsentrasi, Salinitas, dan Suhu.* Trisakti University.

- Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioprocess Processing*, *115*, 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.009>
- Herliany, N. E., Santoso, J., & Salamah, E. (2013). Karakteristik Biofilm Berbahan Dasar Karaginan. *Jurnal Akuatika Indonesia*, *4*(1).
- Huljannah, M., Lestari, F., & Erfando, T. (2020). Preliminary Study on The Utilization Of Seaweed and Green Grass Jelly Leaves as Candidate Alternatives for EOR Polymer. *TEKNIK*, *41*, 246–252. <https://doi.org/10.14710/teknik.v41i3.28148>
- Irawansyah, H., & Kamal, S. (2017). Effect of Temperature and Volume Fraction on Viscosity and Density of Nano Fluid TiO<sub>2</sub>/Termo XT32 Oil. *Prosiding SNTTM XVI*, 67–69.
- James J. Sheng. (2011). *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery*. Elsevier B.V.
- Khalid, I., Lestari, F. A., Afdhol, M. K., & Hidayat, F. (2020). Potensi biopolimer dari ekstraksi nanoselulosa daun kapas sebagai agen peningkatan viskositas pada injeksi polimer. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *9*(4), 146–153.
- Kute, A., Mohapatra, D., Kotwaliwale, N., Giri, S., & Sawant, B. (2019). Characterization of Pectin Extracted from Orange Peel Powder using Microwave-Assisted and Acid Extraction Methods. *Agricultural Research*, *9*. <https://doi.org/10.1007/s40003-019-00419-5>
- Leão, D. P., Botelho, B. G., Oliveira, L. S., & Franca, A. S. (2018). Potential of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave assisted extraction. *LWT*, *87*, 575–580. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.037>

- Lestari, F. A., Afdhol, M. K., Hidayat, F., & Erfando, T. (2020). *Biopolimer dari Bahan Organik sebagai Biopolimer pada Metode EOR*. 54(3), 149–157.
- Mao, Y., Millett, R., Lee, C. S., Yakubov, G., Harding, S. E., & Binner, E. (2020). Investigating the influence of pectin content and structure on its functionality in bio-flocculant extracted from okra. *Carbohydrate Polymers*, 241(May), 116414. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116414>
- Maran, J. P., Priya, B., Al-Dhabi, N. A., Ponmurugan, K., Moorthy, I. G., & Sivarajasekar, N. (2017). Ultrasound assisted citric acid mediated pectin extraction from industrial waste of *Musa balbisiana*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 35, 204–209. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.09.019>
- Megawati, & Ulinuha, A. Y. (2015). Ekstraksi pektin kulit buah naga (Dragon fruit) dan aplikasinya sebagai edible film. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(1), 16–23. <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i1.3097>
- Mohsenatabar Firozjahi, A., & Saghafi, H. R. (2020). Review on chemical enhanced oil recovery using polymer flooding: Fundamentals, experimental and numerical simulation. *Petroleum*, 6(2), 115–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petlm.2019.09.003>
- Murobbiyatul Wathoniyyah. (2016). *Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Sodium Alginat-Karaginan Dengan Crosslinker CaCl<sub>2</sub> dan Plasticizer Gliserol Sebagai Material Drug Release*. Universitas Airlangga.
- Nurhaeni, Atijang, N. A., Hardi, J., Diharmaini, & Khairunnisa. (2018). Ekstraksi Dan Karakterisasi Pektin Dari Kulit Dan Dami Buah Cempedak (*Artocharpus Chempeden*). *Kovalen Jurnal Riset Kimia*, 4(3), 304–315.
- Obuebite, A. A., Onyekonwu, M. O., Akaranta, O., & Uzoho, C. (2018). *Effect of Salinity and Divalent Ions on Local Bio Polymers*. <https://doi.org/10.2118/193450-MS>
- Patience, N. A., Schieppati, D., & Boffito, D. C. (2021). Continuous and pulsed ultrasound pectin extraction from navel orange peels. *Ultrasonics*



*Sonochemistry*, 73, 105480.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105480>

Rahmanto, A. ., Sudibjo, R., & Kasmungin, S. (2017). Injeksi Polimer Dengan Pengaruh Jenis Polimer, Konsentrasi dan Salinitas Brine pada recovery factor Minyak. *Seminar Nasional Cendekiawan*.

Reza, C. G., Setiati, R., Husla, R., & Polimer, I. (2019). *Evaluasi efektifitas mekanisme eor pada injeksi polimer 1,2,3*. 1–5.

Rusman, N. H. (2019). *Potensi Limbah Kulit Buah sebagai Bahan Baku dalam Pembuatan Edible Film*. 92–98.

Setiati, R., Wahyuningrum, D., Kasmungin, S., Perminyakan, J. T., Universitas, F., Mahasiswa, S., & Perminyakan, T. (2016). Analisa spektrum *infrared* proses sintesa lignin ampas tebu menjadi surfaktan lignosulfonat. 1–11.

Shaker Shiran, B., & Skauge, A. (2013). Enhanced Oil Recovery (EOR) by Combined Low Salinity Water/Polymer Flooding. *Energy & Fuels*, 27(3), 1223–1235. <https://doi.org/10.1021/ef301538e>

Statistik, B. P. (2020). *Produksi Tanaman Buah-buahan 2020*. Bps.Go.Id. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>

Syarifuddin, A., & Yunianta. (2015). Karakterisasi Edible Film dari Pektin Albedo Jeruk Bali dan Pati Garut. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(4), 1538–1547.

Usman. (2011). *Potensi Pengembangan EOR Untuk Peningkatan Produksi Minyak Indonesia*.

Vilanti, A., Kasmungin, S., & Mardiana, D. A. (2017). Pengaruh Permeabilitas dan Konsentrasi Polimer terhadap Saturasi Minyak Sisa pada Injeksi Polimer. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33021/jmem.v2i01.321>

W. Harimurti, Sutijan, Y. A. T. (2015). Karakterisasi Larutan Polimer KYPAM

HPAM untuk Bahan Injeksi dalam Enhanced Oil Recovery (EOR). *Jurnal Rekayasa Proses*, 9(1), 9–15. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.24524>

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

Widiastuti, D. R. (2015). *Ekstraksi Pektin Kulit Jeruk Bali Dengan Microwave Assisted Extraction Dan Aplikasinya Sebagai Edible Film*. 1–68. <https://lib.unnes.ac.id/22087/>

Widyarso, A., Swadesi, B., Wibowo, W. A., & Sudarmoyo. (2006). Studi Laboratorium Pengaruh Injeksi Polimer dengan Berbagai Konsentrasi Terhadap Peningkatan Perolehan Minyak pada Reservoir Karbonat. *Simposium Nasional & Kongres IX Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia (IATMI)*, November, 1–9.

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/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.017>