

**PEMBUATAN BIOPOLIMER DARI EKSTRAKSI PEKTIN
KULIT BUAH NANGKA UNTUK PENINGKATAN PRODUksi
MINYAK TAHAP LANJUT**



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

**PEMBUATAN BIOPOLIMER DARI EKSTRAKSI PEKTIN
KULIT BUAH NANGKA UNTUK PENINGKATAN PRODUksi
MINYAK TAHAP LANJUT**



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Restu Hamdi Perdana
NPM : 173210811
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Tugas akhir : Pembuatan Biopolimer Dari Ekstraksi Pektin Kulit Buah Nangka Untuk Peningkatan Produksi Minyak Tahap Lanjut

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Pengaji 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, S.T., M.T.
Pengaji : Fiki Hidayat, S.T., M.Eng.
Pengaji : Idham Khalid, S.T., M.T.

(*F*)
(*VH*)
(*J*)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 31 Januari 2022

Disahkan oleh:

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**

Novia Rita
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.



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 Tomi Erfando, S.T., M.T. dan Bapak Muhammad Khairul Afdhol, 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. dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T. selaku Ketua dan Sekretaris Prodi serta Bapak Ali Musnal, 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. Orang tua saya ayah Restyanova dan ibu saya Tukiani, serta keluarga besar kakek Dalimin yang selalu memberikan kekuatan melalui doa, semangat, dan dukungan secara materil dan moral sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
4. Saya ingin berterima kasih kepada diri sendiri karena telah mau bertahan dan berusaha terus untuk dapat menggapai impian yang begitu besar. Terima kasih diriku karena impian ini sangat besar kamu telah mau mengadu dan bangun disetiap tidurmu.
5. Terima kasih juga untuk teman-teman yang selalu mendukung saya.

Jazakumullah khayr. Demikianlah skripsi ini dibuat, semoga bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Pekanbaru, 21 Januari 2022



Restu Hamdi Perdana

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR SIMBOL	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
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 <i>Polymer Flooding</i> (Injeksi Polimer)	10
2.2 Penelitian yang akan dilakukan	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Uraian Metode Penelitian	12
3.2 <i>Flowchart</i>	12
3.3 Alat dan Bahan	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan.....	13
3.4 Prosedur Penelitian	13

3.4.1	Ekstraksi Pektin Kulit Buah Nangka.....	13
3.4.2	Karakterisasi Yang Digunakan	14
3.4.3	Pengujian Densitas Larutan.....	14
3.4.4	Pengujian Viskositas Larutan.....	15
3.4.5	Perbandingan Dengan Biopolimer <i>Xanthan Gum</i>	16
3.5	Lokasi Penelitian	16
3.6	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	17
BAB IV PEMBAHASAN	18
4. 1	Pembuatan Pektin Kulit Buah Nangka.....	18
4. 2	Karakterisasi	20
4.2.1	Uji FTIR	20
4. 3	Pengujian Densitas	22
4. 4	Pengujian <i>Shear Rate</i>	23
4. 5	Pengujian Viskositas <i>Xanthan Gum</i> & Biopolimer PN.....	24
4. 6	Pengujian Viskositas Dengan Pengaruh Salinitas	25
4.6.1	Pengaruh Salinitas Pada <i>Xanthan Gum</i>	26
4.6.2	Pengaruh Salinitas pada Biopolimer PN	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Polimer Alami	5
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	12
Gambar 4.1 Proses Pembuatan Tepung Kulit Buah Nangka.....	18
Gambar 4.2 Proses Ekstraksi Pektin Nangka	19
Gambar 4.3 Hasil Uji Spektrum FTIR Biopolimer PN	20
Gambar 4.4 Hasil Uji FTIR Rentang 3450 sampai 750 cm ⁻¹	20
Gambar 4.5 Hasil Uji <i>Shear Rate</i> XG dan Biopolimer PN	23
Gambar 4.6 Hasil Uji Viskositas XG dan Biopolimer PN	24
Gambar 4.7 Pengaruh Salinitas 5000 dan 10.000 ppm pada XG	26
Gambar 4.8 Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas <i>Xanthan Gum</i>	27
Gambar 4.9 Pengaruh Salinitas 5000 dan 10.000 ppm pada polimer PN	28
Gambar 4.10 Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas Biopolimer PN	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 State Of The Art.....	6
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	17
Tabel 4.1 Bilangan Spektrum FTIR Biopolimer PN.....	21
Tabel 4.2 Densitas Biopolimer <i>Xanthan Gum</i>.....	22
Tabel 4.3 Densitas Biopolimer PN.....	22



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR LAMPIRAN

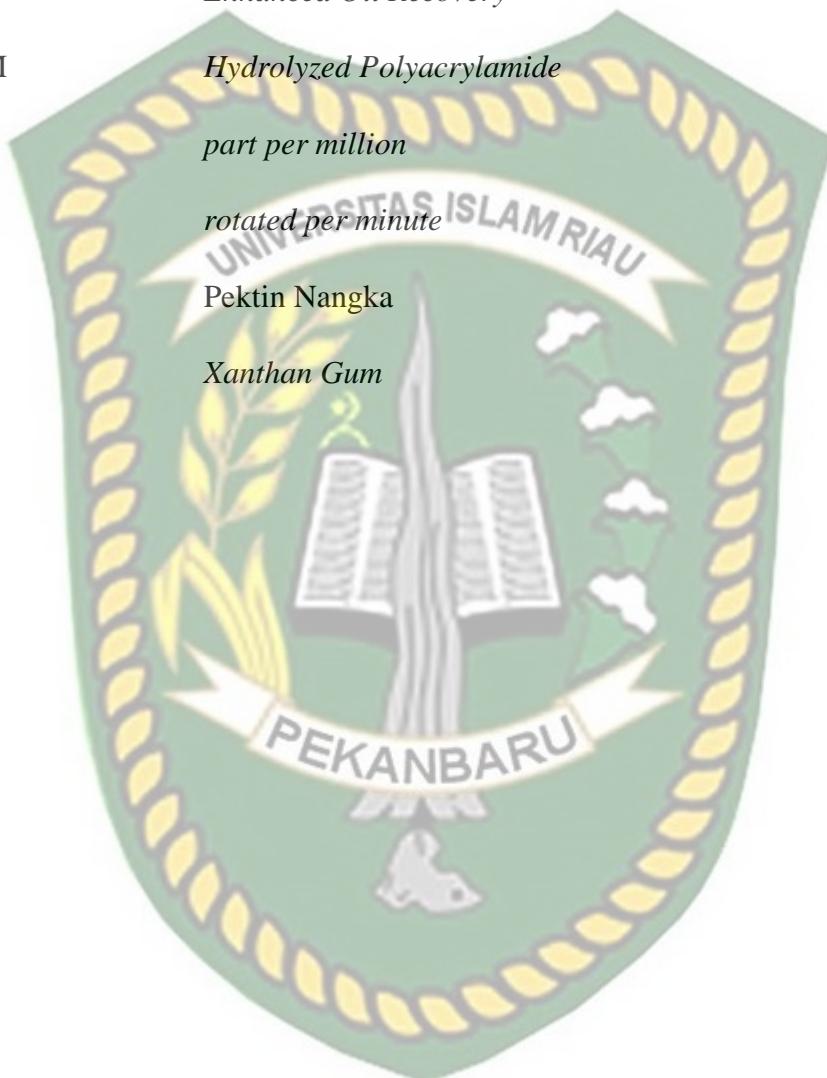
LAMPIRAN I	Penggunaan Piknometer	37
LAMPIRAN II	Penggunaan Fann VG Meter	38
LAMPIRAN III	Pengukuran Densitas XG.....	39
LAMPIRAN IV	Pengukuran Densitas Polimer PN	40
LAMPIRAN V	Perhitungan <i>Shear Rate</i> XG.....	41
LAMPIRAN VI	Perhitungan <i>Shear Rate</i> XG Salinitas 5000	41
LAMPIRAN VII	Perhitungan <i>Shear Rate</i> XG Salinitas 10.000 ppm.....	42
LAMPIRAN VIII	Perhitungan <i>Shear Rate</i> PN	43
LAMPIRAN IX	Perhitungan <i>Shear Rate</i> PN Salinitas 5000 ppm	43
LAMPIRAN X	Perhitungan <i>Shear Rate</i> PN Salinitas 10.000 ppm	44



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SINGKATAN

FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
EOR	<i>Enhanced Oil Recovery</i>
HPAM	<i>Hydrolyzed Polyacrylamide</i>
ppm	<i>part per million</i>
RPM	<i>rotated per minute</i>
PN	Pektin Nangka
XG	<i>Xanthan Gum</i>



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SIMBOL

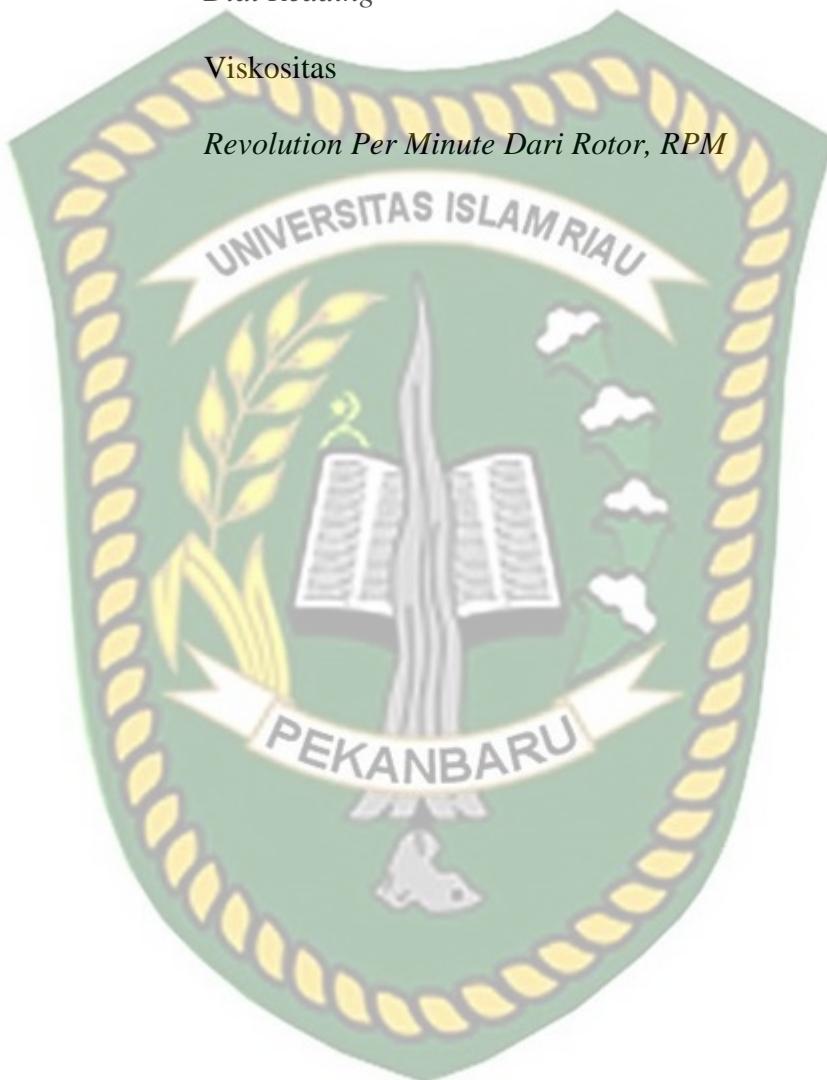
τ *Shear Stress, dyne/cm²*

γ *Shear Rate, s⁻¹*

C *Dial Reading*

μ *Viskositas*

RPM *Revolution Per Minute Dari Rotor, RPM*



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

**PEMBUATAN BIOPOLIMER DARI EKSTRAKSI PEKTIN KULIT BUAH
NANGKA UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI MINYAK TAHAP
LANJUT**

RESTU HAMDI PERDANA

173210811

ABSTRAK

Penanganan yang tepat untuk mengatasi permasalahan *water cut* yang tinggi serta dapat meningkatkan *recovery factor* dapat dilakukan dengan menggunakan polimer *flooding*. Saat ini penggunaan polimer pada industri migas banyak dilakukan dengan polimer sintetik dengan jenis HPAM, sedangkan pada polimer berbasis alam belum dikembangkan untuk industri migas. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat biopolimer alternatif berbasis alam yang terbentuk dari ekstraksi pektin kulit buah nangka guna pengganti polimer komersial. Pembuatan biopolimer ini dilakukan dengan cara uji laboratorium menggunakan metode konvensional dengan proses ekstraksi zat kimia pada kulit buah nangka. Bahan baku yang digunakan ialah kulit buah nangka (*artocarpus integer*). Pengolahan kulit buah nangka menjadi pektin dilakukan dengan beberapa prosedur seperti proses ekstraksi dengan menggunakan asam sitrat, pemurnian pektin dengan etanol 96%, uji karakterisasi FTIR, uji densitas, uji viskositas, uji *shear rate*, serta pengaruh salinitas. Pengujian FTIR menunjukkan bahwa pektin terbentuk setelah tahap ekstraksi, dibuktikan dengan struktur gugus pembentuk pektin yang menyamai pektin komersial. Endapan partikel pengotor terdapat pada kandungan pektin ini dibuktikan dengan kurang optimalnya pektin untuk meningkatkan viskositas air. Penurunan viskositas akan terjadi seiring bertambahnya konsentrasi dari pektin. Pektin nangka mampu bertahan pada larutan yang memiliki salinitas tinggi ini dibuktikan dengan semakin tinggi salinitas larutan proses pengentalan tetap terjadi. Penurunan viskositas terjadi akibat tingginya *shear rate* dan salinitas yang sangat tinggi, ini disebabkan oleh rusaknya pembentukan gel oleh berbagai faktor tersebut.

Kata kunci : Ekstraksi Biopolimer, Pektin, Injeksi Polimer, Biopolimer, EOR

**BIOPOLYMER MANUFACTURING FROM PECTIN EXTRACTION OF
JACKFRUIT WASTE TO INCREASE OIL PRODUCTION IN ADVANCED
STAGES**

RESTU HAMDI PERDANA

173210811

ABSTRACT

*Appropriate handling to overcome the problem of high water cut and can increase the recovery factor can be done by using polymer flooding. Currently, the use of polymers in the oil and gas industry is mostly done with synthetic polymers of the HPAM type, while nature-based polymers have not been developed for the oil and gas industry. This research was conducted with the aim of making an alternative, nature-based biopolymer formed from the extraction of jackfruit peel pectin as a substitute for commercial polymers. The manufacture of this biopolymer is carried out by means of laboratory tests using conventional methods with a chemical extraction process on jackfruit skin. The raw material used is jackfruit skin (*Artocarpus integer*). Processing of jackfruit skin into pectin is carried out by several procedures such as extraction using citric acid, purification of pectin with 96% ethanol, FTIR characterization test, density test, viscosity test, shear rate test, and the effect of salinity. The FTIR test showed that pectin was formed after the extraction step, as evidenced by the structure of the pectin-forming groups which was similar to commercial pectin. The deposition of impurity particles contained in the pectin content is evidenced by the lack of optimal pectin to increase the viscosity of water. The increase in viscosity will occur as the concentration of pectin increases. Jackfruit pectin is able to survive in solutions that have high salinity, as evidenced by the higher the salinity of the solution, the thickening process continues. The decrease in viscosity occurs due to the high shear rate and very high salinity, this is caused by the breakdown of gel formation by these various factors.*

Keyword: Extraction Biopolymer, Pectin, Polymer Flooding, Biopolymer, EOR

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polimer merupakan bagian dari *chemical EOR* yang digunakan untuk menahan laju produksi air yang tinggi serta sebagai peningkatan *recovery factor* (Erfando, Rita, & Ramadhan, 2019). Pada saat ini penggunaan biopolimer masih sangat jarang digunakan karena ketersediaan bahan serta kualitas biopolimer yang kurang baik dalam menahan temperatur yang tinggi pada reservoir sehingga dapat mempengaruhi kinerja biopolimer tersebut, oleh karena itu pada saat ini penggunaan polimer sintetik masih menjadi prioritas utama dibandingkan dengan biopolimer. Saat ini *Partially hydrolyzed polyacrylamide* (HPAM) merupakan bentuk dari polimer sintetik (*Polyacrylamides*) yang sering digunakan dalam polimer *flooding* (Wicaksono & Yuliansyah, 2015). Penggunaan HPAM berdampak buruk bagi kelangsungan lingkungan karena sifatnya yang sintetis menjadikan HPAM tidak mudah terurai (Zhang et al., 2022). Pada penelitian ini pembuatan biopolimer alternatif dimaksudkan untuk dapat meminimalisir dampak yang akan diberikan kelingkungan dengan biopolimer berbasis alam.

Penggunaan bipolimer kulit buah nangka banyak diaplikasikan untuk industri makanan, seperti pembuatan jeli, pembuatan *edible film* yang digunakan sebagai pembungkus makanan yang dapat dikonsumsi (Rusman, 2019). Pada pengembangan polimer berbasis alam, tidak akan lepas dari penemuan kandungan pektin. Pektin merupakan bagian dari polisakarida yang juga bagian dari polimer terkhusus zat yang umumnya ditemukan pada unsur unsur tanaman seperti daun, biji, buah, hingga akar, kemampuan pektin yang dapat dengan mudah berubah menjadi gel dan tidak berbahaya menjadi kelebihan untuk penggunaannya dalam industri makanan (Irawan, 2018).

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk membuat alternatif biopolimer terbaru yang berbasis alam serta ramah lingkungan dari ekstraksi pektin kulit buah nangka. Dari data terkait yang dilakukan untuk mengekstraksi pektin kulit buah nangka dengan jenis (*artocarpus integer*) didapatkan komposisi penyusun pektin yang tinggi seperti kandungan metoksil yang tergolong *high metoksil* (Abboud,

Iacomini, Simas, & Cordeiro, 2020). Pektin memiliki metoksil sebagai pembentuk gel, kandungan metoksl inilah yang merupakan bagian penting dari zat benda tersebut untuk menghasilkan gel (Venkatanagaraju, Bharathi, Hema Sindhuja, Roy Chowdhury, & Sreelekha, 2020). Kandungan metoksil yang tinggi dapat ditemui dalam kulit buah nangka, kadar metoksil berkisar antara 8,47 - 9,25%, untuk kadar pektin yang didapat dalam keadaan basah 4,7 % sedangkan dalam keadaan kering 22,5 % (Wignyanto & Rahmah, 2017). Produksi buah nangka di Indonesia yang didapat dari data BPS pada tahun 2018 ialah 775,480 ribu ton, pada tahun 2019 ialah 779,859 ribu ton, sedangkan dari tahun 2020 didapati produksi buah nangka sebesar 824,086 ribu ton (Statistik, 2020).

Penelitian ini dilakukan dengan mengekstraksi kulit buah nangka dengan uji laboratorium menggunakan metode kimia / fisika, penanganan yang dilakukan ialah untuk mengekstraksi pektin murni dari kulit buah nangka. Pengujian yang dilakukan dengan menguji gugus fungsi yang terbentuk setelah proses ekstraksi dengan alat spektrum FTIR (Febriyanti, Razak, & Sumarni, 2018). Pengukuran densitas untuk melihat pengaruh penambahan konsentrasi zat terhadap densitas yang dihasilkan. Pengukuran viskositas dilakukan untuk melihat apakah kinerja polimer yang dibuat benar dapat meningkatkan viskositas air. Dilakukan nya uji *shear rate* untuk melihat perubahan yang terjadi terhadap pengaruh geser kepada viskositas polimer (Huljannah, Lestari, & Erfando, 2020). Penambahan salinitas dimaksudkan untuk melihat pengaruh besar kecilnya salinitas terhadap kualitas yang dihasilkan oleh polimer (Khalid, Lestari, Afdhol, & Hidayat, 2020).

Dikarenakan penggunaan biopolimer pektin kulit buah nangka yang belum pernah di aplikasikan dalam industri migas, maka dengan penelitian ini akan dilakukan ekstraksi kulit buah nangka sebagai biopolimer. Diharapkan dengan adanya alternatif biopolimer yang dihasilkan dengan bahan pektin kulit buah nangka dapat meningkatkan viskositas air serta dapat menjadi pilihan terbaru untuk menggunakan biopolimer berbasis alam.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk membuat dan menguji alternatif biopolimer berbasis pektin kulit buah nangka sebagai polimer yang digunakan untuk produksi minyak tahap lanjut.

1.3 Manfaat Penelitian

Dengan adanya biopolimer alternatif dari kulit buah nangka diharapkan dapat menjadi solusi tambahan yang dapat digunakan menjadi polimer dalam produksi minyak tahap lanjut serta menahan laju produksi air. Penggunaan kulit buah nangka dapat menjadi solusi untuk mengelola limbah buah nangka menjadi biopolimer.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah agar penelitian ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan ekstraksi pektin kulit buah nangka, dengan bahan bahan yang digunakan untuk mengekstraksi pektin dengan menggunakan asam sitrat ($C_6H_8O_7$), alkohol 96% (C_2H_6O), kulit buah nangka kering, aquades, dan garam ($NaCl$).
2. Karakterisasi yang digunakan dengan uji spektrum FT-IR.
3. Pengujian yang dilakukan dengan menentukan nilai densitas, viskositas, dan *shear rate* dari larutan polimer.
4. Penggunaan salinitas dengan konsentrasi 0 ppm, 5000 ppm, dan 10.000 ppm.
5. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan kualitas biopolimer *xanthan gum* dengan biopolimer PN.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Allah Subhanahuwata“ala berfirman dalam surat Al- Araf ayat 12 yang berbunyi:

وَجَعَلْنَا اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ آيَتِينَ فَمَحَوْنَا آيَةَ اللَّيْلِ وَجَعَلْنَا آيَةَ
النَّهَارِ مُبْصِرَةً لِتَبْتَغُوا فَضْلًا مِنْ رَبِّكُمْ وَلِتَعْلَمُوا عَدَدَ
السِّنِينَ وَالْحِسَابَ وَكُلَّ شَيْءٍ فَصَلَّنَاهُ تَفْصِيلًا

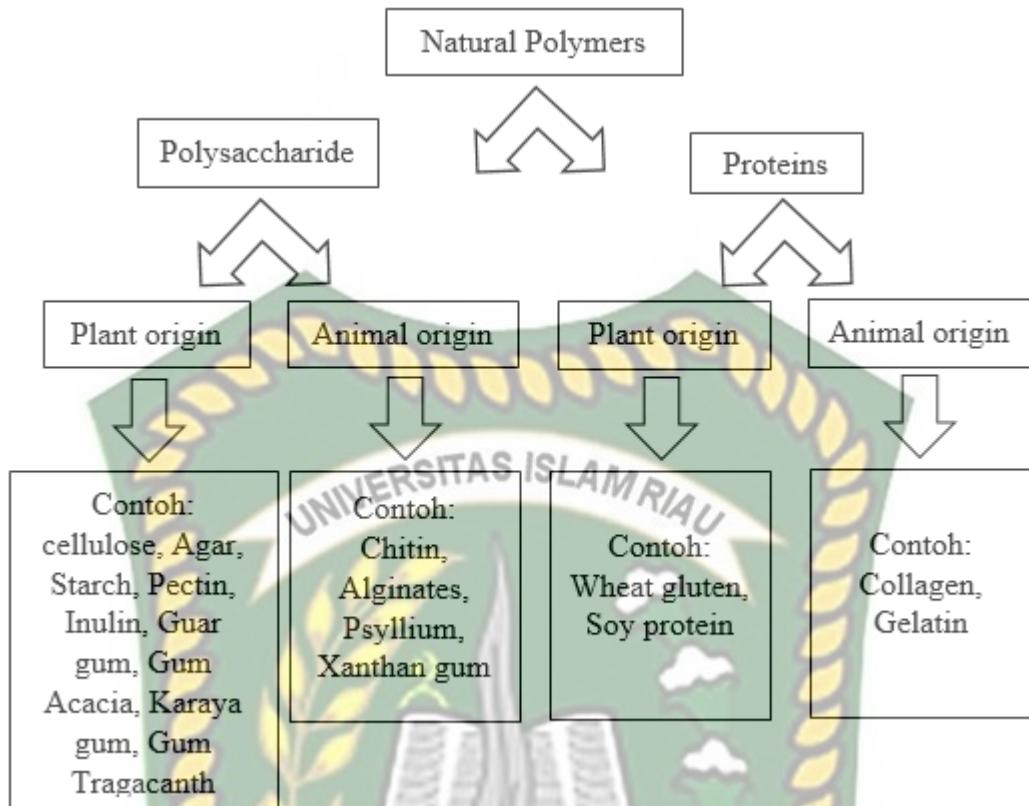
“Dan Kami jadikan malam dan siang sebagai dua tanda, lalu Kami hapuskan tanda malam dan Kami jadikan tanda siang itu terang, agar kamu mencari kurnia dari Tuhanmu, dan supaya kamu mengetahui bilangan tahun-tahun dan perhitungan. Dan segala sesuatu telah Kami terangkan dengan jelas.”

Firman Allah Subhanahuwata“ala diatas menjelaskan bahwa manusia yang berakal harus berfikir (menuntut ilmu, dan mengamalkan ilmu). Sehingga dengan berfikir, maka manusia bisa membuat suatu penemuan baru yang bermanfaat bagi kehidupan. Semua ciptaan Allah subhanahuwata“ala tidak ada yang sia sia, dan memiliki manfaat atau tujuan tertentu dan manusia bertugas untuk menggali, mengkaji dan memanfaatkan segala ciptaan Allah dengan sebaik-baiknya. Hal itu berkaitan dengan penelitian ini, dimana daun kapas dimanfaatkan menjadi produk baru yaitu biopolimer.

2.1 Penelitian Terkait Yang Telah Dilakukan Sebelumnya

2.1.1 Produksi Biopolimer

Biopolimer merupakan jenis polimer yang terbuat dari bahan alami, umumnya seperti jenis tumbuh tumbuhan mulai dari bagian batang, buah, daun, hingga pati tumbuhan dapat dijadikan biopolimer. Biopolimer juga ada yang berasal dari penguraian bakteri seperti *Xanthan gum*, produksi *Xanthan gum* berasal dari penguraian bakteri dengan memakan glukosa untuk menghasilkan biopolimer (Demirci, Palabiyik, Apaydin, Mirik, & Gumus, 2019). Pengklasifikasian polimer dari bahan alam dapat dilihat dalam **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Klasifikasi Polimer Alami

Gambar 2.1 menjelaskan pembagian pembentukan polimer berdasarkan asal pembentuknya, dapat disimpulkan bahwa klasifikasi dibedakan berdasarkan pembentuk awal seperti dari tanaman ataupun hewan (Kaushik, Sharma, & Agarwal, 2016).

Pada bagian *State Of The Art*, dapat dilihat beberapa hasil penelitian terdahulu dalam pemanfaatan berbagai bahan, yang mana dapat dijadikan acuan dalam melakukan penelitian ini, agar dapat menciptakan suatu inovasi baru, sehingga dapat menghindari terjadinya pengulangan penelitian, dimana dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 State Of The Art

Judul	Tahun	Metode	Bahan	Hasil
1 Studi laboratorium awal pemanfaatan pati pisang kepok (<i>musa paradisiaca forma typical</i>) sebagai bahan alternatif polimer pada metode produksi minyak tahap tersier (Putra, 2020)	2020	<i>Experiment al, ekstraksi</i>	Pati Pisang Kepok	Dari 36 sampel 18 polimer pati pisang kepok dan 18 lagi larutan <i>xanthan gum</i> . polimer didapatkan 7 larutan kompatibel untuk pati pisang kepok dan 8 larutan kompatibel untuk larutan <i>xanthan gum</i> , semakin tinggi konsentrasi polimer maka viskositas semakin meningkat, semakin tinggi salinitas maka menurunkan viskositas.
2 <i>Studi Awal Pemanfaatan Rumput Laut dan Daun Cincau Hijau Sebagai Kandidat Bahan Alternatif untuk Injeksi Polimer EOR</i> (Huljannah et al., 2020)	2020	<i>Experiment al, ekstraksi</i>	Rumput laut, daun cincau hijau, <i>xanthan gum</i>	Viskositas yang menurun seiring tingginya salinitas, Formulasi polimer kompatibel terhadap air formasi, polimer yang dihasilkan merupakan fluida <i>non newtonian</i> , viskositas yang rendah pada rumput laut dan daun cincau karena

					proses ekstraksi yang kurang tepat.
3	<i>High methoxyl pectin from the soluble dietary fiber of passion fruit peel forms weak gel without the requirement of sugar addition</i> (Abboud et al., 2020)	2020	Ekstraksi	<i>passion fruit peel</i>	PFPF yang diekstraksi dalam penelitian ini, yang merupakan HMP menunjukkan perilaku reologi non-Newtonian yang berbeda dari HMP lain, karena tidak ada perubahan dalam pH dan penambahan co-solute (sukrosa) yang diperlukan untuk PFPF untuk membentuk gel yang lemah.
4	<i>Extraction and characterization of a pectin from coffee (<i>Coffea arabica L.</i>) pulp with gelling properties</i> (Reichembach & de Oliveira Petkowicz, 2020)	2020	Chromatographic, colorimetric and spectroscopic	<i>Coffea arabica L</i>	Pektin dari ampas kopi, tidak ditemukan penelitian yang menggambarkan kemampuannya dalam membentuk gel.
5	<i>Pectin from Husk Tomato (<i>Physalis ixocarpa Brot.</i>): Rheological behavior at different</i>	2018	<i>Reological behavior of pectin dispersions</i>	Husk Tomato	Parameter yang dijaga tetap konstan. secara efektif mengkarakterisasi respon mekanis gel pektin, sifat material seperti Modulus

<i>extraction conditions (Morales-Contreras, Rosas-Flores, Contreras-Esquivel, Wicker, & Morales-Castro, 2018)</i>				Penyimpanan (elastis) (G') dan Modulus Kehilangan (Kental) (G') ditentukan pada rentang frekuensi yang luas.
6 <i>Optimisation of pectin production from dragon fruit peels waste: drying, extraction and characterisation studies (Chua, Tang, Ali, & Chow, 2020)</i>	2020	<i>Ultrasound-assisted extraction of pectin, Response surface methodology (RSM)</i>	Buah Naga	Suhu pengeringan optimum teridentifikasi pada 45 °C yang menghasilkan rendemen pektin tertinggi (6,27%) dan kadar abu terendah (8,34%).
7 <i>The Best Solvent And Extraction Time In Pectin Production made From Waste Of Jackfruit (Bark and Straw) (Wignyanto & Rahmah, 2017)</i>	2017	<i>Experiment al, sintesis kimia</i>	Serabut buah Nangka (<i>Straw of Jackfruit</i>)	Pektin yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi standar kandungan metoksil dan asam galakturonat. Kadar metoksil berkisar antara 8,47 - 9,25% (termasuk kadar metoksil tinggi), sedangkan kadar asam galakturonat minimal 35%.

8	<i>Characterization of Jackfruit (Artocarpus Heterophyllus) Waste Pectin as Influenced by Various Extraction Conditions (Begum, Aziz, Uddin, & Yusof, 2014)</i>	2014	<i>extraction solvents</i>	Buah Nangka (Jackfrui t)	Limbah nangka bisa menjadi sumber pektin yang sangat teresterifikasi. Kondisi ekstraksi dan jenis pelarut berdampak besar pada hasil dan sifat fisikokimia tanpa efek yang signifikan pada struktur pektin.
9	<i>Polysaccharides from pineapple core as a canning by-product Extraction, antioxidant and functional properties (Hadidi et al., 2020)</i>	2020	<i>ultrasound assisted extraction</i>	Inti buah nanas	Hasil ekstraksi PCP adalah 16,7%. PCPs dikarakterisasi dengan FT-IR, XRD, GC-MS, SEM dan TGA, dan hasilnya menunjukkan stabilitas termal dan pola semi-kristal yang baik
10	<i>Optimized Extraction and Characterization of Pectin from Jackfruit (Artocarpus integer) wastes using Response</i>	2018	<i>response surface methodology (RSM)</i>	Nangka (Jackfrui t)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua variabel proses memiliki pengaruh yang cukup besar pada ekstraksi pektin dan model matematika polinomial kuadrat dikembangkan. Kondisi

Surface Methodology (Antony, thottiam Vasudevan, & Gobikrishnan, 2018)	optimal ditentukan menjadi, suhu 90°C pada waktu 60 menit. Hasil yang diperoleh masing-masing sebesar 38,42%.
---	--

2.1.2 *Polymer Flooding (Injeksi Polimer)*

Penggunaan polimer dilakukan untuk mereduksi *water relative permeability* dengan menaikan viskositas air yang ikut terproduksi menggunakan gel yang dihasilkan dari injeksi polimer (Hismawan, Kasmungin, & Prapansya, 2017). Pada dasarnya *polymer flooding* berfungsi sebagai *mobility control agent* untuk merubah *water flooding* menjadi *polymer flooding*, dimana air yang diinjeksikan akan mengalami perubahan secara fisik menjadi kental dikarenakan naiknya viskositas fluida pendesak (Rita, 2012). Dengan naiknya viskositas air mengakibatkan peningkatan *oil recovery*, ditandai dengan turunnya *mobility ratio* air terhadap minyak dan meningkatnya *sweep efficiency*.

Sebelum dilakukan penginjeksian polimer, perlu diketahui beberapa *screening criteria* yang harus dilakukan. Injeksi polimer yang baik dilakukan pada dengan kualitas minyak $>25^{\circ}$ API, viskositas < 150 cp, temperatur < 200 °F, permeabilitas > 10 mD, dan kedalaman < 9000 ft (Arina & Kasmungin, 2015). Pada dasarnya, polimer yang digunakan dalam industri minyak dan gas, diklasifikasikan ke dalam dua jenis utama diantaranya yaitu polimer sintetik dan biopolimer. Pada saat ini, perusahaan migas lebih banyak menggunakan biopolimer *Xanthan gum* dan untuk polimer sintetik lebih banyak menggunakan *polyacrylamide* (HPAM) (Wicaksono & Yuliansyah, 2015).

Xanthan gum adalah polisakarida ekstraselular dari hasil sekresi dari bakteri *Xanthomonas campestris*. Polimer ini terbentuk melalui proses fermentasi terhadap media karbohidrat yang mendapatkan *supply* berupa gas nitrogen (N_2) dan protein (Gustiani, Helmy, Kasipah, & Novarini, 2018).

Polyacrylamide atau HPAM merupakan polimer sintetik yang disintesis dari monomer *acrylamide* dengan sifat non-ionik. Berdasarkan mekanisme terbentuknya, *polyacrylamide* terbentuk berdasarkan mekanisme radikal bebas. Molekul yang menyusun *polyacrylamide* sangat fleksibel, karena panjangnya rantai dan kecilnya diameter molekul membuat polimer ini menjadi sensitif terhadap degradasi kimia, *thermal* serta kerusakan mekanis (Fondevila Sancet et al., 2018).

2.2 Penelitian yang akan dilakukan

Water cut yang tinggi dapat berdampak buruk bagi sumur minyak, yang mana jika *water cut* yang tinggi dapat membuat kerugian pada proses produksi. Umumnya *water cut* yang tinggi disebabkan oleh cadangan minyak yang sudah mulai menipis, dan mobilitas yang dimiliki air lebih tinggi dari pada minyak. Injeksi polimer merupakan pilihan yang sangat baik untuk dapat meningkatkan produksi minyak. penelitian ini dilakukan untuk membuat jenis alternatif biopolimer dengan cara mengekstraksi kulit buah nangka dengan cara uji laboratorium kimia / fisika, dan membuat biopolimer yang ramah lingkungan. Penggunaan kulit buah nangka baru diaplikasikan dalam pengolahan makanan dan obat-obatan, tetapi dengan data dari komposisi pektin yang dimiliki kulit buah nangka dapat menjadi langkah yang tepat untuk mulai menggunakan kulit buah nangka sebagai pembuatan biopolimer untuk industri migas.

BAB III

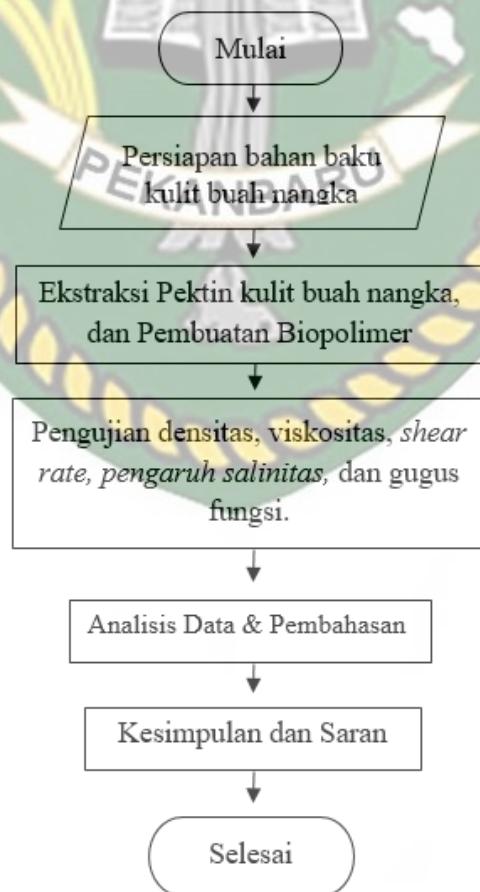
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Uraian Metode Penelitian

Judul dari penelitian ini yaitu Pembuatan Biopolimer Dari Ekstraksi Pektin Kulit Buah Nagka Untuk Produksi Minyak Tahap Lanjut. Penggunaan kulit buah nangka sebagai bahan alternatif dalam pembuatan biopolimer guna penurunan produksi air yang berlebihan pada sumur produksi dan meningkatkan produksi minyak.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan uji laboratorium pengaruh zat kimia serta fisika. Uji reologi yang dilakukan pada sampel polimer dengan menganalisis nilai densitas, viskositas, dan uji *shear rate*. Pengujian nilai reologi ini dilakukan untuk mengetahui kualitas biopolimer kulit buah nangka yang dihasilkan untuk produksi tahap lanjut.

3.2 Flowchart



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan adalah :

- | | | | |
|---|-----------------------------------|----|----------------------|
| 1 | Blender | 10 | Alumunium foil |
| 2 | <i>Hot plate magnetic stirrer</i> | 11 | Gelas kimia |
| 3 | Pengaduk | 12 | <i>Fann VG Meter</i> |
| 4 | Kain saring | 13 | Piknometer |
| 5 | <i>Oven</i> | | |
| 6 | Saringan | | |
| 7 | Timbangan analitik | | |
| 8 | pH meter | | |
| 9 | Blender | | |

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kulit Buah nangka
2. *Aquadest*
3. Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$)
4. Alkohol 96% (C_2H_6O)
5. NaCl

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Ekstraksi Pektin Kulit Buah Nangka

Rancangan eksperimen berasal dari penelitian (Wignyanto & Rahmah, 2017).

Dalam Penggunaan jenis pelarut berupa asam sitrat dengan waktu ekstrasi (150 menit). Diharapkan dengan menggunakan asam sitrat dan waktu ekstrasi 150 menit dapat menghasilkan ekstrasi pektin yang bagus. Prosedur percobaan dimulai dari:

1. Pembuatan tepung dari kulit buah nangka. Langkah pertama dengan memisahkan kulit dan serabut nangka dari kulit kasarnya, kemudian diiris setipis mungkin lalu dicuci bersih.
2. Langkah berikutnya dengan mengeringkan kulit dan serabut nangka didalam *oven* pada suhu 65°C selama 16 jam. Kulit dan serabut nangka

dihaluskan dengan menggunakan blender kemudian hasil blender diayak hingga mendapatkan tepung kulit buah nangka.

3. Tahapan ketiga, tepung kulit buah nangka yang sudah halus ditimbang, kemudian ditambahkan larutan asam sitrat dengan pH 1,5. Perbandingan tepung terhadap larutan asam sitrat adalah 1 : 15.
 4. Setelah itu tepung yang telah dicampurkan asam sitrat di panaskan pada *hot plate stirrer* pada suhu 85°C dengan waktu ekstraksi 150 menit, kemudian ekstrak disaring dengan menggunakan kain penyaring. Filtrat yang di peroleh merupakan filtrat pektin.
 5. Setelah didapatkannya filtrat pektin kemudian dipanaskan pada suhu 90°C Selama 2 jam, setelah itu filtrat didinginkan dalam suhu kamar.
 6. Setelah dingin filtrat kemudian ditambahkan Alkohol 96% dengan perbandingan filtrat dengan alkohol 1 : 1, dan diendapkan selama 1 jam. Campuran filtrat dan alkohol kemudian disaring menggunakan kertas penyaring untuk mendapatkan endapan pektin.
 7. Langkah berikutnya gumpalan pektin yang terbentuk dari hasil pengendapan kemudian dikeringkan didalam oven pada suhu 50°C selama 12 jam.
 8. Setelah proses pengeringan maka didapatilah pektin kasar dari ekstraksi kulit buah nangka.

3.4.2 Karakterisasi Yang Digunakan

Data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan kombinasi perlakuan mana yang menghasilkan pektin terbaik. Uji karakterisasi yang digunakan untuk menganalisis pektin ialah (**FT-IR**) *Fourier transform infrared*.

3.4.3 Pengujian Densitas Larutan

Pengujian densitas menggunakan cara yang sama dengan penelitian (Huljannah et al., 2020) Cara menghitung densitas dengan persamaan massa yang dimiliki benda di bagi dengan volume dari benda tersebut.

Prosedur pengukuran densitas larutan dengan menggunakan alat piknometer dijelaskan sebagian berikut:

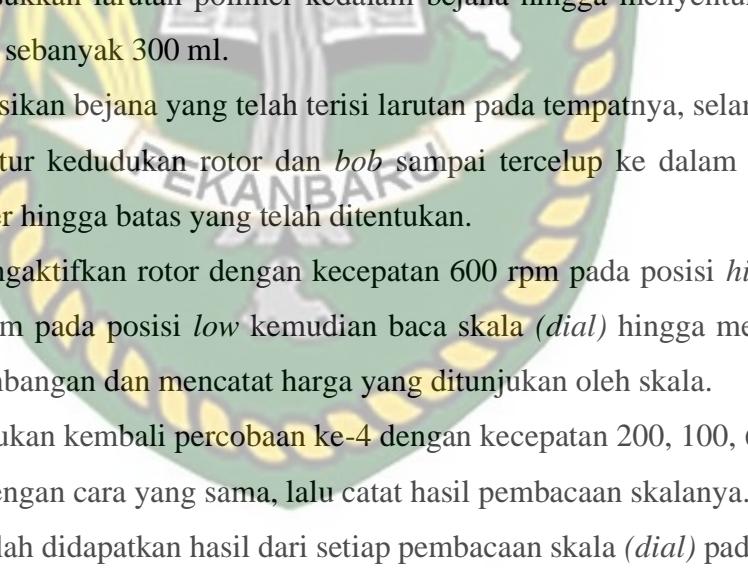
1. Siapkan piknometer dengan volume 25 ml atau 50 ml.

2. Timbang piknometer dalam keadaan kosong menggunakan timbangan digital.
 3. Isi piknomenter dengan air hingga penuh kemudian tutup.
 4. Timbang massa piknometer yang berisi air dengan timbangan digital lalu catat hasilnya.
 5. Ulangi prosedur pada jenis larutan yang ingin diukur densitasnya, lalu hitung densitas larutan dengan persamaan diatas.

3.4.4 Pengujian Viskositas Larutan

1. Tentukan nilai *Shear stress* dan *Shear Rate* menggunakan *Fann VG Meter* (Putra, 2020).

Nilai *Shear Rate* dan *shear stress* larutan polimer dapat diketahui dengan prosedur dibawah ini:

- 
 - a. Siapkan alat dan bahan yang digunakan untuk menentukan *Shear Rate* dan *shear stress*.
 - b. Masukkan larutan polimer kedalam bejana hingga menyentuh batas bejana sebanyak 300 ml.
 - c. Posisikan bejana yang telah terisi larutan pada tempatnya, selanjutnya mengatur kedudukan rotor dan *bob* sampai tercelup ke dalam larutan polimer hingga batas yang telah ditentukan.
 - d. Mengaktifkan rotor dengan kecepatan 600 rpm pada posisi *high* dan 300 rpm pada posisi *low* kemudian baca skala (*dial*) hingga mencapai keseimbangan dan mencatat harga yang ditunjukan oleh skala.
 - e. Lakukan kembali percobaan ke-4 dengan kecepatan 200, 100, 6 dan 3 rpm dengan cara yang sama, lalu catat hasil pembacaan skalanya.
 - f. Setelah didapatkan hasil dari setiap pembacaan skala (*dial*) pada *Fann VG Meter*, kemudian untuk menentukan harga *shear stress* dan *shear rate*-nya gunakan persamaan :

$$\gamma = 1,704 \times \text{rpm} \dots \quad (4)$$

Dimana:

γ : shear rate, second-1

τ : shear stress, dyne/cm²

Rpm : revolution per minute dari rotor

C : *dial reading*, derajat

2. Pengujian Viskositas Larutan Polimer Menggunakan *Fann VG Meter*

Untuk mengetahui nilai viskositas pada fluida non-newtonian dapat digunakan persamaan *Apparent viscosity* seperti yang terlihat pada persamaan :

Dimana:

μ_a : Apparent viscosity atau viskositas nyata (cP)

Dimana untuk mengetahui nilai *Apparent viscosity* diperlukan data pembacaan skala (*dial*) yang digunakan untuk perhitungan *shear stress* dan *shear stress* pada *Fann VG Meter*.

3.4.5 Perbandingan Dengan Biopolimer *Xanthan Gum*

Xanthan Gum merupakan biopolimer yang sering digunakan dalam industri minyak terutama dikarenakan kualitas yang dimiliki *xanthan gum* sangat baik, sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian untuk membandingkan *xanthan gum* dengan alternatif biopolimer yang dihasilkan pada penelitian ini.

3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan diadakan di Laboratorium Reservoir Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penelitian ini menggunakan metode berupa *experiment research*. Pada uji karakterisasi FT-IR di Universitas Riau Fakultas FMIPA.

3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian

Adapun jadwal kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.3.**

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

Rencana Kegiatan	Tahun 2021															
	Sep				Okt				Nov				Des			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																
Persiapan Bahan untuk Pengujian																
Persiapan Alat dan Bahan																
Pengolahan Sampel Kulit Buah Nangka Menjadi Biopolimer																
Uji Densitas, <i>Shear Rate</i> , <i>Viskositas</i> , gugus fungsi																
Pengolahan Data																
Analisis Hasil Penelitian dan Pembahasan																

BAB IV

PEMBAHASAN

4. 1 Pembuatan Pektin Kulit Buah Nangka

Kulit buah nangka dengan jenis *Artocapus Integer* merupakan jenis buah nangka yang umumnya dikenal dengan nama cempedak di Indonesia. Kandungan pektin yang dimiliki kulit buah nangka ini dapat mencapai 38.42 % (Venkatanagaraju et al., 2020). Dari total kandungan pektin yang dimiliki kulit buah nangka *Artocapus Integer* tergolong sangat tinggi, ini menandakan jumlah pasokan pektin yang dimiliki kulit buah nangka dapat dikembangkan menjadi biopolimer alternatif. Kulit buah nangka yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari limbah industri pangan yang berada di Pekanbaru.



Gambar 4.1 Proses Pembuatan Tepung Kulit Buah Nangka

Pada **Gambar 4.1** merupakan tahapan pembuatan tepung kulit buah nangka dimulai dengan membersihkan kulit buah nangka dan dikupas serta dikeringkan. Setelah dikeringkan di haluskan dengan menggunakan blender dan diayak.



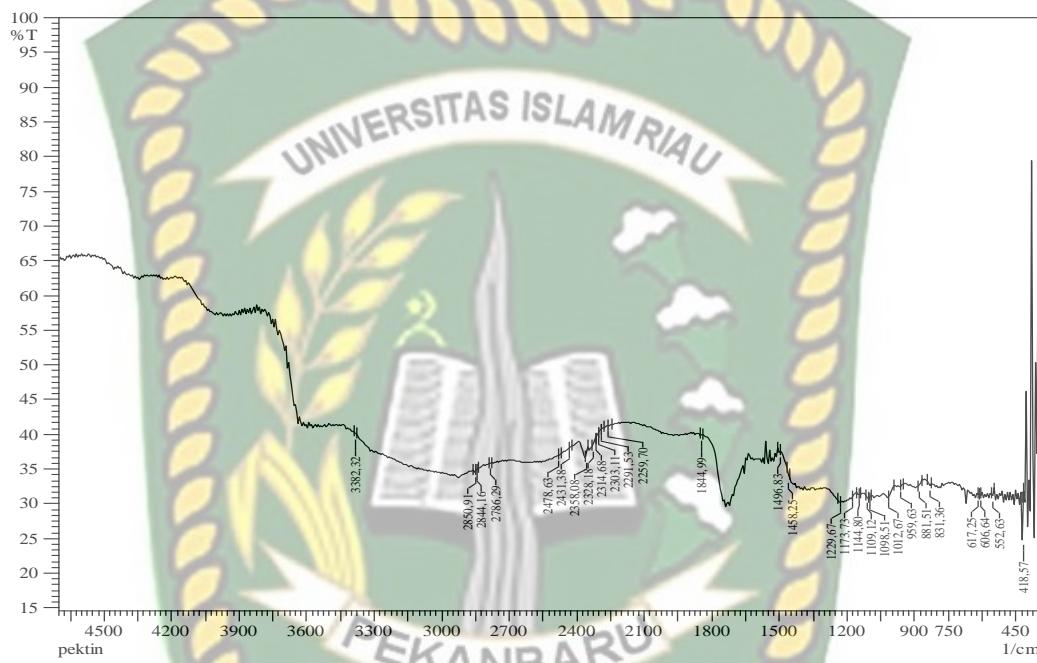
Gambar 4.2 Proses Ekstraksi Pektin Nangka

Pada **Gambar 4.2** merupakan proses ekstraksi dengan menggunakan tepung kulit buah nangka yang halus. Tahapan awal dilakukan dengan mengukur nilai pH larutan asam sitrat sampai 1.5 tingkat keasaman, setelah didapati maka dilakukan pengukuran berat tepung dengan asam sitrat pH 1.5 sebanyak 1 : 15. Kemudian diletakan keatas *hotplate magnetic stirer* dengan panas 85 °C selama 180 menit. Setelah di ekstraksi ambil filtrat pektin dengan menggunakan kain penyaring dan dipanaskan dengan suhu 90 °C selama 120 menit. Setelah dingin pektin dimurnikan dengan menggunakan alkohol 96% dan diendapkan selama 1 hari. Endapan yang terbentuk disaring dan dipisahkan. Endapan tersebut dikeringkan didalam oven selama 12 jam, setelah kering pektin kering pun didapatkan.

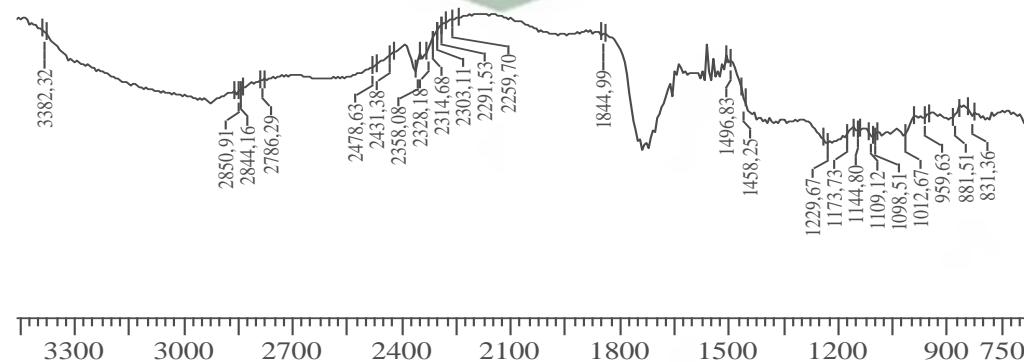
4.2 Karakterisasi

4.2.1 Uji FTIR

Karakterisasi Pektin Nangka dilakukan dengan menggunakan spektrum FTIR untuk mengidentifikasi gugus kimia yang terbentuk setelah proses ekstraksi dilakukan (Febriyanti et al., 2018). Hasil uji spektrum FTIR dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4**



Gambar 4.3 Hasil Uji Spektrum FTIR Biopolimer PN



Gambar 4.4 Hasil Uji FTIR Rentang 3450 sampai 750 cm⁻¹

Pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4** merupakan Hasil pengukuran spektrum FTIR yang menunjukkan terdapatnya gugus fungsi yang terbentuk setelah tahapan ekstraksi pada kulit buah nangka. Dari data hasil pengujian didapatkan pada rentang gelombang 3450 cm^{-1} sampai dengan 750 cm^{-1} .

NO	Area (bilangan gelombang) (cm^{-1})	Keterangan
1	3382.32	(O-H)
2	2850.91	(CH ₃)
3	1844.99	(C=O)
4	1458.25	(C-H)
5	1109.12	(R-OR) dan (C-O-)

Tabel 4.1 Bilangan Spektrum FTIR Biopolimer PN

Tabel 4.1 merupakan pemaparan gugus fungsi yang didapatkan oleh pengukuran dengan menggunakan spektrum FTIR. Terdapatnya gugus OH kuat dengan nilai 3382.32 cm^{-1} yang menandakan proses ekstraksi berhasil dengan menghasilkan gugus hidroksil (Lestari, 2021). Gugus fungsional utama pektin umumnya terletak pada gelombang ($1000 - 2000\text{ cm}^{-1}$) (Nurhaeni, Atjiang, Hardi, Diharnaini, & Khairunnisa, 2019). Berdasarkan spektrum infra merah, serapan terjadi pada gelombang 2850.91 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur dari alifatik CH₃. Penyerapan yang terjadi pada bilangan 1844.99 cm^{-1} yang merupakan gugus karbonil sama seperti penelitian yang dilakukan (Pavia, 2013) yang menyatakan gugus karbonil terletak diantara $1630 - 1850\text{ cm}^{-1}$.

Pita serapan pada bilangan 1458.25 cm^{-1} yang merupakan ikatan C-H sama seperti penelitian yang dilakukan oleh (Sufy, 2016) dengan rentang 1456.96 cm^{-1} , kemudian pita serapan (R-O-R) yang terletak pada rentang 1109.12 cm^{-1} yang menunjukkan terdapatnya ikatan molekul eter yang didukung oleh penelitian (Pavia, 2013) yang menyatakan ikatan eter terletak pada spektrum $1050 - 1260\text{ cm}^{-1}$. Dari hasil yang didapat dengan pembacaan spektrum infra merah FTIR didapatkan hasil bahwa struktur dan serapan pada daerah panjang gelombang menunjukkan

kesesuaian terhadap struktur pektin. Ditandai dengan adanya gugus hidroksil OH, ikatan alifatik CH₃, serta adanya cabang metoksil (COOCH₃), ikatan karbonil C-H dan C=O, serta gugus eter R-O-R (Febriyanti et al., 2018).

4.3 Pengujian Densitas

Densitas merupakan pengukuran yang dilakukan dengan perbandingan massa yang dimiliki zat di bagi dengan volume zat tersebut (Arief & Wicaksono irsan, 2017). Densitas juga sering disebut dengan berat jenis larutan. Penentuan nilai densitas dapat dilakukan dengan menggunakan alat piknometer. Satuan densitas dinyatakan dalam bentuk satuan gram per mililiter atau (gr/ml). Berikut merupakan data dari pengukuran densitas yang dilakukan pada biopolimer *xanthan gum* dan biopolimer pektin nangka yang terdapat pada **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3**.

Konsentrasi (ppm)	Densitas (ml/gr)		
	Salinitas 0 ppm	Salinitas 5000 ppm	Salinitas 10.000 ppm
1000	0.9926	0.9948	0.9975
2000	0.9935	0.9948	0.9995
3000	0.9948	0.9965	1.0005

Tabel 4.2 Densitas Biopolimer *Xanthan Gum*

Konsentrasi (ppm)	Densitas (ml/gr)		
	Salinitas 0 ppm	Salinitas 5000 ppm	Salinitas 10.000 ppm
1000	0.9965	0.9975	0.9985
2000	0.9965	0.9975	0.9995
3000	0.9975	0.9995	1.0015

Tabel 4.3 Densitas Biopolimer PN

Dari pemaparan **Tabel 4.2** mengenai perhitungan densitas *xanthan gum* dan **Tabel 4.3** densitas Biopolimer PN didapati hasil yang mirip dan umumnya penambahan konsentrasi menjadikan kenaikan densitas yang konstan (Khavilla, Wahyuni, & Riyanto, 2019). Dari tabel diatas juga dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang dimiliki larutan maka dapat meningkatkan densitas larutan, semakin tinggi nilai salinitas dapat meningkatkan densitas larutan dikarenakan

penambahan suatu zat didalam larutan dapat menambahkan massa jenis dari larutan, umumnya semakin tinggi salinitas yang dimiliki larutan akan semakin tinggi juga densitas yang dimiliki (Khavilla et al., 2019).

4.4 Pengujian *Shear Rate*

Polimer merupakan fluida *non Newtonian* yang akan mengalami penurunan viskositas dengan bertambahnya laju geser (Huljannah et al., 2020). Pengujian *Shear Rate* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar viskositas polimer ketika melewati pori batuan. Pengujian *Shear Rate* dilakukan menggunakan alat *Fann VG meter* dengan RPM 100, 200, 300, dan 600.



Gambar 4.5 Hasil Uji *Shear Rate* XG dan Biopolimer PN

Gambar 4.5 menjelaskan mengenai pengaruh *Shear Rate* terhadap viskositas yang dimiliki *xanthan gum* dan biopolimer PN. Nilai *Shear Rate* berturut turut 170.4, 340.8, 511.2, dan 1022.4 dan dilakukan dengan sampel *xanthan gum* 1000 ppm, 2000 ppm, dan 3000 ppm. Didapati hasil viskositas *xanthan gum* 1000 ppm sebesar 8.64 cp, 5.95 cp, 4.96 cp, dan 4.02 cp. Sampel ke 2 dengan 2000 ppm *xanthan gum* didapati nilai viskositas 15.4 cp, 10.7 cp, 8.83 cp, dan 6.5 cp. Untuk sampel ke 3 dengan 3000 ppm *xanthan gum* didapati nilai viskositas 23.5 cp, 17.8 cp, 15.09 cp, dan 11.27 cp. Dari pemaparan ini dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai *Shear Rate* maka akan semakin kecil viskositas yang dihasilkan (Rahmanto, Sudibjo, & Kasmungin, 2017).

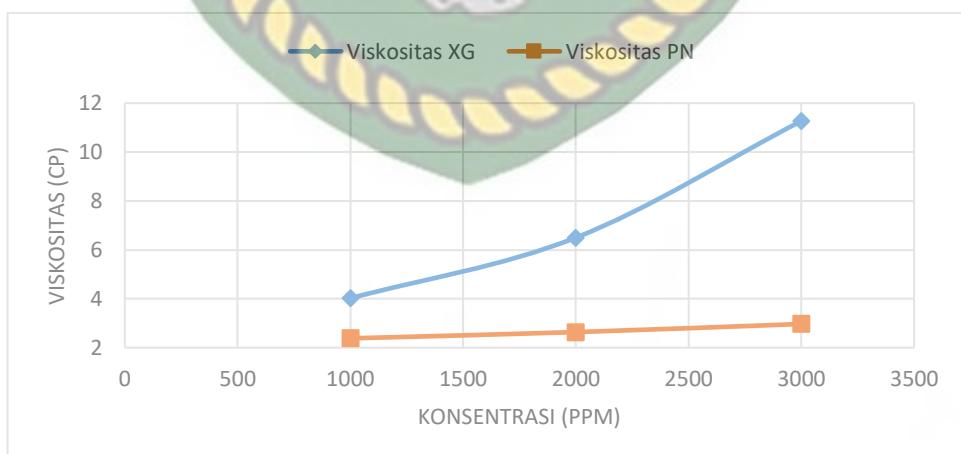
Untuk pengaruh *Shear Rate* terhadap viskositas polimer PN didapatkan nilai viskositas sebagai berikut. Dengan nilai *Shear Rate* berturut turut ialah 170.4,

340.8, 511.2, dan 1022.4. pada sampel 1000 ppm polimer PN didapatkan nilai viskositas 5.66 cp, 2.97 cp, 2.78 cp, dan 2.38 cp. Untuk sampel ke 2 dengan 2000 polimer PN didapatkan nilai viskositas 6.55 cp, 3.42 cp, 307 cp, dan 2.63 cp. Untuk sampel ke 3 dengan menggunakan 3000 ppm polimer PN didapatkan nilai viskositas 7.15 cp, 4.02 cp, 3.27 cp, 2.97 cp. Dari pengukuran nilai *Shear Rate* didapat kesimpulan bahwa semakin banyak pengaruh geseran yang terjadi memang dapat menurunkan viskositas larutan.

Dalam penelitian ini viskositas *xanthan gum* lebih tinggi dari pada viskositas polimer PN, terlihat dari data pengujian *Shear Rate* di atas yang menyatakan seiring naiknya konsentrasi polimer maka akan semakin tinggi viskositas polimer tersebut. Untuk polimer PN memang terjadi kenaikan viskositas tetapi tidak terlalu signifikan seperti *xanthan gum*. Kurangnya nilai viskositas PN kemungkinan besar karena proses pemurnian pektin yang kurang tepat sehingga yang ikut menjadi biopolimer PN masih dengan zat lain selain pektin.

4.5 Pengujian Viskositas *Xanthan Gum* & Biopolimer PN

Uji viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan suatu polimer. Salah satu tanda polimer yang bagus yaitu polimer memiliki kemampuan meningkatkan viskositas air dengan stabil dan baik. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan viskositas yang dihasilkan dari biopolimer *xanthan gum* dan biopolimer PN.



Gambar 4.6 Hasil Uji Viskositas XG dan Biopolimer PN

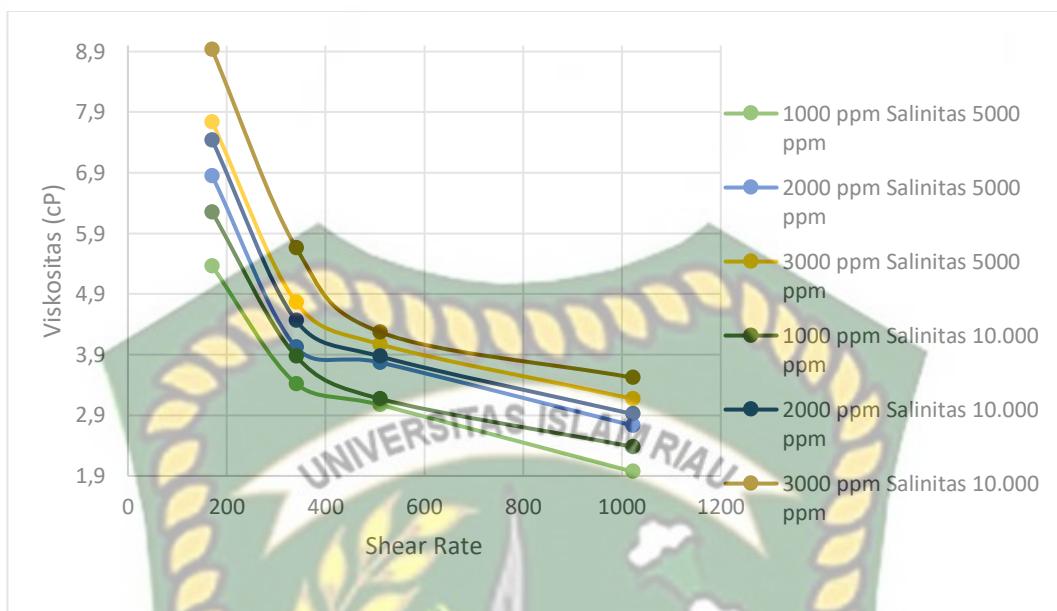
Gambar 4.6 merupakan hasil dari pengukuran viskositas *xanthan gum* dan biopolimer PN dengan konsentrasi 1000, 2000, dan 3000 ppm pada suhu yang sama. Dapat dilihat dari grafik hasil yang didapat dari pengukuran viskositas *xanthan gum* berturut turut 4.02 cp, 6.5 cp, dan 11.27 cp. Hal ini menjelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang di berikan maka dapat meningkatkan viskositas polimer. Ini didukung dengan pernyataan dari penelitian (Santoso, Agung and Kasmungin, 2017) yang mengatakan pengaruh penambahan konsentrasi polimer pada suhu yang sama maka dapat meningkatkan viskositas dari polimer.

Untuk hasil pengukuran biopolimer PN pada konsentrasi yang sama dengan *xanthan gum* yaitu 1000, 2000, dan 3000 ppm. Didapati hasil viskositas berturut turut 2.38 cp, 2.63 cp, dan 2.97 cp. Dari hasil yang didapat menyimpulkan bahwa viskositas bipolimer PN lebih kecil dari *xanthan gum*. Rendahnya viskositas yang dimiliki biopolimer PN dikarenakan proses ekstraksi yang kurang tepat serta masih banyaknya pengotor yang ikut terekstraksi didalam pektin kulit buah nangka (Venkatanagaraju et al., 2020). Hal ini mengakibatkan kurangnya kulitas yang dimiliki pektin dalam peningkatan viskositas larutan polimer PN.

4.6 Pengujian Viskositas Dengan Pengaruh Salinitas

Uji salinitas dilakukan untuk melihat pengaruh salinitas larutan terhadap ketahanan polimer. Uji salinitas sangat penting untuk dilakukan kepada polimer agar melihat pengaruh salinitas terhadap viskositas yang terbentuk (Khalid et al., 2020). Pengujian salinitas dilakukan dengan 2 konsentrasi 5000 ppm dan 10.000 ppm.

4.6.1 Pengaruh Salinitas Pada Xanthan Gum



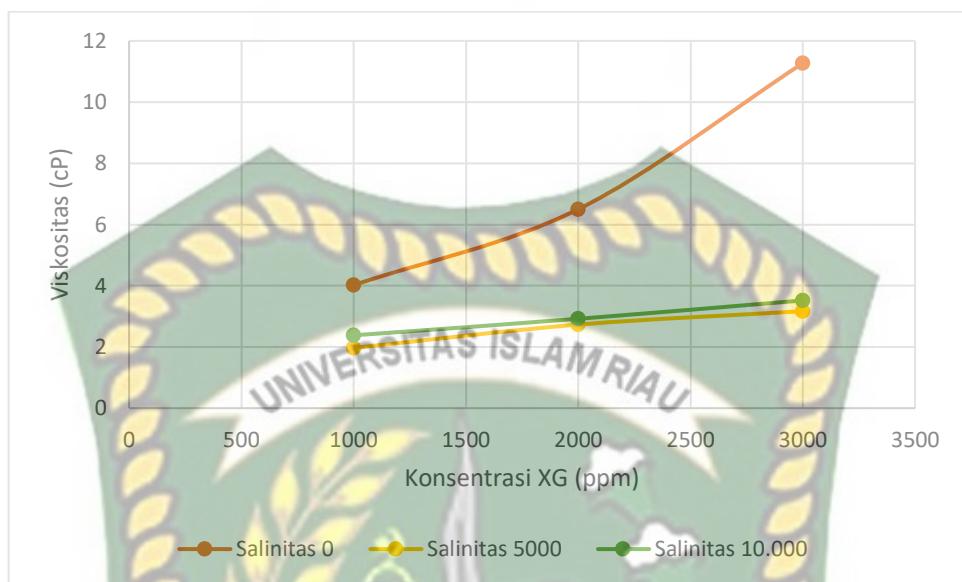
Gambar 4.7 Pengaruh Salinitas 5000 dan 10.000 ppm pada XG

Gambar 4.7 merupakan hasil dari pengukuran nilai viskositas *xanthan gum* dengan pengaruh salinitas pada 5000 ppm dan 10.000 ppm. Dari pengukuran viskositas dengan salinitas 5000 dan 10.000 ppm dilakukan dengan 3 sampel polimer 1000, 2000, dan 3000 ppm. Nilai viskositas yang didapat dari pengukuran *fann vg meter* menggunakan kecepatan rotasi 100, 200, 300, dan 600 dengan nilai *Shear Rate* berturut turut 170.4, 340.8, 511.2, dan 1022.4.

Dari pengukuran yang dilakukan pada salinitas 5000 ppm dengan *xanthan gum* 1000 ppm didapati nilai viskositas 5.36 cp, 3.42 cp, 3.07 cp dan 1.97 cp. Untuk sampel *xanthan gum* 2000 ppm didapati nilai viskositas 6.85 cp 4.02 cp, 3.77 cp, dan 2.73 cp. Untuk sampel *xanthan gum* 3000 ppm didapati nilai viskositas 7.74 cp, 4.76 cp, 4.07 cp, dan 3.17 cp. Dari hasil yang didapat terjadinya penurunan viskositas umumnya dikarenakan bertambahnya efek geseran atau tingginya *Shear Rate* (Rahmanto et al., 2017).

Dari pengukuran yang dilakukan pada salinitas 10.000 ppm pada *xanthan gum* 1000 ppm didapati nilai viskositas 6.25 cp, 3.87 cp, 3.17 cp, dan 2.38 cp. Pada *xanthan gum* 2000 ppm didapati nilai viskositas 7.44 cp, 4.46 cp, 3.87 cp dan 2.92 cp. Serta dengan *xanthan gum* 3000 ppm didapati nilai 8.93 cp, 5.66 cp, 4.27 cp, dan 3.52 cp. Dari hasil viskositas yang didapati juga dapat dilihat bahwa nilai

viskositas akan semakin menurun seiring tingginya nilai *Shear Rate* seperti yang dikatakan penelitian (Wicaksono & Yuliansyah, 2015).



Gambar 4.8 Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas *Xanthan Gum*

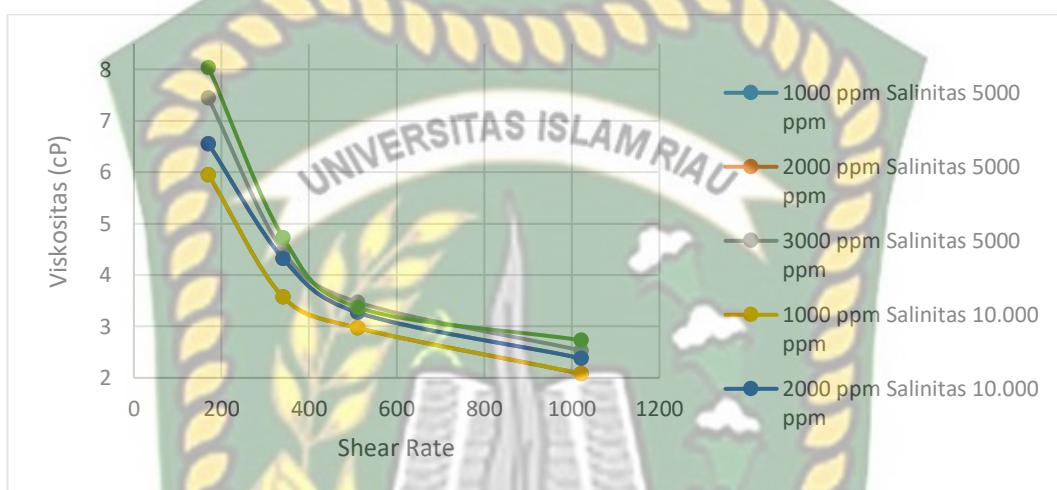
Gambar 4.8 merupakan pemaparan mengenai pengaruh salinitas 5000 ppm, dan 10.000 ppm, serta tanpa menggunakan pengaruh salinitas yang di larutkan dengan polimer *xanthan gum*. Pada penentuan viskositas *xanthan gum* tanpa pengaruh salinitas memiliki nilai yang sangat tinggi pada konsentrasi 1000 ppm memiliki nilai viskositas 4.02 cp, dan pada konsentrasi 2000 ppm memiliki nilai viskositas 6.5 cp, serta pada konsentrasi 3000 ppm memiliki nilai yang tinggi yaitu 11.27 cp.

Ketika *xanthan gum* mulai di campur dengan pengaruh salinitas 5000 ppm dan 10.000 ppm viskositas yang dimiliki *xanthan gum* menjadi turun jauh. Viskositas akibat salinitas 5000 ppm berturut turut 1.97 cp, 2.73 cp, dan 3.17 cp. Pada salinitas 10.000 ppm viskositas yang duidapat berturut turut 2.38 cp, 2.92 cp, dan 3.52 cp, ini persis dengan penelitian yang dilakukan (Wicaksono & Yuliansyah, 2015) yang mengatakan adanya ion logam yang dimiliki larutan *brine* dapat mempengaruhi viskositas yang terbentuk dari polimer *xanthan gum* sehingga terjadinya penurunan viskositas yang signifikan.

Peningkatan yang terjadi pada viskositas dengan salinitas 10.000 ppm dikarenakan pengujian yang dilakukan dengan suhu yang sama serta akibat

banyaknya pengaruh tambahan zat logam yang membuat viskositas di salinitas 10.000 ppm lebih tinggi dari pada viskositas 5000 ppm seperti yang dijelaskan oleh penelitian (Santoso, Agung and Kasmungin, 2017). Hanya saja peningkatan viskositas pada salinitas 10.000 ppm dengan 5000 ppm tidak terlalu jauh berbeda seperti penelitian (Santoso, Agung and Kasmungin, 2017).

4.6.2 Pengaruh Salinitas pada Biopolimer PN



Gambar 4.9 Pengaruh Salinitas 5000 dan 10.000 ppm pada polimer PN

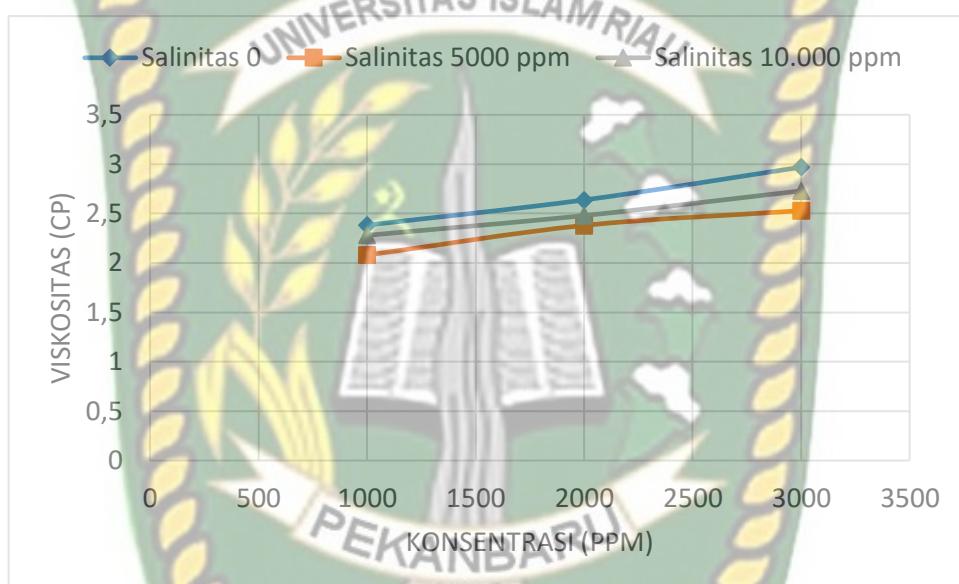
Gambar 4.9 merupakan hasil pengujian pengaruh salinitas 5000 ppm dan 10.000 ppm yang dilakukan terhadap polimer PN dengan konsentrasi 1000, 2000, dan 3000. Nilai viskositas yang didapat dari pengukuran *fann vg meter* menggunakan kecepatan rotasi 100, 200, 300, dan 600 dengan nilai *Shear Rate* berturut turut 170.4, 340.8, 511.2, dan 1022.4

Hasil yang didapat dari pengukuran dengan menggunakan salinitas 5000 ppm dengan polimer PN 1000 ppm didapatkan nilai viskositas 5.95 cp, 3.57 cp, 2.97 cp, dan 2.08 cp. Untuk polimer PN dengan konsentrasi 2000 ppm didapatkan nilai viskositas sebesar 6.55 cp, 4.32 cp, 3.27 cp, dan 2.38 cp. Serta untuk konsentrasi polimer PN 3000 ppm didapatkan nilai viskositas sebesar 7.44 cp, 4.46 cp, 3.47 cp, dan 2.53 cp. Dari hasil yang didapat dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi dari polimer maka nilai viskositas juga akan semakin tinggi sama seperti yang dikatakan (Forestryana, Surur Fahmi, & Novyra Putri, 2020).

Pada pengaruh salinitas 10.000 ppm dengan konsentrasi polimer PN 1000 ppm didapatkan nilai viskositas sebesar 6.87 cp, 3.72 cp, 3.07 cp, dan 2.28 cp. Pada

konsentrasi polimer PN sebesar 2000 ppm didapati nilai viskositas sebesar 7.44 cp, 4.32 cp, 3.27 cp, dan 2.48 cp. Serta pada konsentrasi polimer PN 3000 ppm didapati nilai viskositas sebesar 8.04 cp, 4.73 cp, 3.37 cp, dan 2.73 cp.

Dari hasil yang didapati juga sama dengan pengujian *xanthan gum* bahwa pengujian viskositas dengan menggunakan salinitas 10.000 ppm lebih tinggi dari pada penggunaan salinitas 5000 ppm seperti pernyataan (Santoso, Agung and Kasmungin, 2017) semakin tinggi salinitas larutan pada suhu yang sama maka viskositas yang dihasilkan akan semakin tinggi.



Gambar 4.10 Pengaruh Salinitas Terhadap Viskositas Biopolimer PN

Pada **Gambar 4.10** merupakan perbandingan dari pengaruh salinitas dari konsentrasi 5000 ppm, dan 10.000 ppm, sertatanpa pengaruh salinitas. Dari hasil yang didapat terlihat viskositas polimer PN tanpa pengaruh salinitas memiliki nilai lebih tinggi dari pada dengan pengaruh salinitas. Viskositas yang dihasil tanpa pengaruh salinitas bernilai 2.38 cp pada konsentrasi 1000 ppm, 2.63 cp pada konsentrasi 2000 ppm, dan 7.15 cp pada konsentrasi 3000 ppm.

Ketika polimer PN mulai dilarutkan dengan larutan *brine* terjadi penurunan nilai viskositas pada konsentrasi salinitas 5000 ppm dengan nilai viskositas berturut turut 2.08 cp, 2.38 cp, dan 2.53 cp yang menandakan pengaruh salinitas didalam ketika bertemu dengan polimer akan menurunkan nilai viskositas polimer seperti penjelasan (Wicaksono & Yuliansyah, 2015). Sama halnya dengan pengaruh

salinitas 10.000 ppm dapat menurunkan viskositas yang dimiliki polimer, terlihat dari nilai viskositas polimer PN menjadi 2.28 cp dalam konsentrasi 1000 ppm, 2.48 cp dalam konsentrasi 2000 ppm, dan 2.73 cp dalam konsentrasi 3000 ppm. Pengaruh salinitas 10.000 dan 5000 ini juga di alami oleh xanthan gum yang mana nilai viskositas yang dihasilkan pada salinitas 10.000 ppm lebih tinggi dari pada salinitas 5000 ppm (Santoso, Agung and Kasmungin, 2017).

Menurut (Huljannah et al., 2020) rendahnya viskositas yang dimiliki polimer PN dibanding *xanthan gum* dikarenakan proses ekstraksi yang kurang tepat. Banyaknya pengotor yang ikut terekstraksi membuat kualitas polimer PN menjadi kurang baik. Tetapi berdasarkan uji laboratorium polimer PN dapat diklasifikasikan menjadi biopolimer alternatif karena ketahanannya dalam dalam larutan dengan salinitas 5000 ppm dan 10.000 ppm. Hal itu dibuktikan bahwa penurunan yang kecil terjadi pada polimer PN dan mampu mengimbangi biopolimer *xanthan gum*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Pembuatan Biopolimer Dari Ekstraksi Pektin Kulit Buah Nangka Untuk Peningkatan Produksi Minyak Tahap Lanjut” yang dilakukan di Laboratorium Reservoir Universitas Islam Riau memiliki beberapa kesimpulan, yaitu;

Pada proses ekstraksi pektin dapat dikatakan berhasil dikarenakan pada karakterisasi dengan menggunakan uji spektrum FTIR menyatakan bahwa gugus penyusun pektin nangka sama dengan pektin komersial. Tetapi proses pemurnian pektin masih kurang sempurna dikarenakan nilai intesitas gugus fungsi pektin yang masih dibawah rata rata, ini terjadi dikarenakan kurang bersihnya tahapan penyaringan pektin sehingga kotoran lain masih tertinggal. Pada tahapan pengujian densitas, viskositas, *shear rate*, serta pengaruh salinitas dapat dikatakan biopolimer PN dapat diklasifikasikan menjadi biopolimer alternatif. Terbukti dengan hasil pengujian biopolimer PN mendapat hasil yang dapat stabilnya nilai densitas, meningkatkan nilai viskositas, viskositas bertahan dengan degradasi pergeseran, serta biopolimer PN dapat bertahan dengan adanya pengaruh salinitas. Hanya saja hasil pengujian biopolimer PN masih berada dibawah biopolimer *xanthan gum*. Kembali lagi dengan proses pemurnian pektin yang belum baik serta proses pemisahan kotoran yang kurang tepat dapat mempengaruhi hasil ekstraksi pektin.

5.2 Saran

Diharapkan Untuk penelitian yang akan dilakukan kedepannya agar dapat meningkatkan proses pemisahan pada tahapan ekstraksi, pemurnian yang lebih baik kembali agar proses ekstraksi pektin yang didapatkan bersih dari zat-zat pengotor. Pada proses tahapan pengujian akan lebih baik ditingkatkan lagi dalam hal screening untuk EOR seperti pengujian kompatibilitas, uji *thermal* stabilitas, dan kestabilan dengan kombinasi dari polimer lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abboud, K. Y., Iacomini, M., Simas, F. F., & Cordeiro, L. M. C. (2020). High methoxyl pectin from the soluble dietary fiber of passion fruit peel forms weak gel without the requirement of sugar addition. *Carbohydrate Polymers*, 246, 116616. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116616>
- Antony, A., thottiam Vasudevan, R., & Gobikrishnan, S. (2018). Optimized Extraction and Characterization of Pectin from Jackfruit (*Artocarpus integer*) wastes using Response Surface Methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.065>
- Arief, T. S., & Wicaksono irsan. (2017). Pemanfaatan Minyak Goreng Bekas Untuk Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Zeolit Alat Teraktivasi Utilization of Used Oil for Biodiesel Manufacturing Using Zeolite Activated Catalyst. *Jurnal Chemurgy*, 01(2), 2–7.
- Arina, & Kasmungin, S. (2015). Studi peningkatan produksi minyak dengan metode injeksi polimer ditinjau dari bermacam salinitas air formasi. *Seminar Nasional Cendekiawan 2015*, 200–205.
- 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/10.1016/j.aaspro.2014.11.035>
- Chua, B. L., Tang, S. F., Ali, A., & Chow, Y. H. (2020). Optimisation of pectin production from dragon fruit peels waste: drying, extraction and characterisation studies. *SN Applied Sciences*, 2(4), 621. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2415-y>
- Demirci, A. S., Palabiyik, I., Apaydin, D., Mirik, M., & Gumus, T. (2019). Xanthan gum biosynthesis using *Xanthomonas* isolates from waste bread: Process optimization and fermentation kinetics. *LWT*, 101, 40–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.018>

Erfando, T., Rita, N., & Ramadhan, R. (2019). The Key Parameter Effect Analysis Of Polymer Flooding On Oil Recovery Using Reservoir Simulation. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 4(1), 49. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2019.4.1.2107>

Febriyanti, Y., Razak, A. R., & Sumarni, N. K. (2018). Ekstraksi Dan Karakterisasi Pektin Dari Kulit Buah Kluwih (Artocarpus camansi Blanco). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 4(1), 60–73. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2018.v4.i1.10185>

Fondevila Sanctet, G., Goldman, M., Buciak, J., Varela, O., D'Accorso, N., Fascio, M., ... 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*. <https://doi.org/10.2118/190408-MS>

Forestryana, D., Surur Fahmi, M., & Novyra Putri, A. (2020). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Gelling Agent pada Karakteristik Formula Gel Antiseptik Ekstrak Etanol 70% Kulit Buah Pisang Ambon. *Lumbung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 1(2), 45. <https://doi.org/10.31764/lf.v1i2.2303>

Gustiani, S., Helmy, Q., Kasipah, Ci., & Novarini, E. (2018). Tahu Sebagai Pengental Pada Proses Tekstil Production and Characterization Xanthan Gum From Tofu. *Jurnal Arena Tekstil*, 32(2), 1–8.

Hadidi, M., Amoli, P. I., Jelyani, A. Z., Hasiri, Z., Rouhafza, A., Ibarz, A., ... Tabrizi, S. T. (2020). Polysaccharides from pineapple core as a canning by-product: Extraction optimization, chemical structure, antioxidant and functional properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 2357–2364. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.092>

Hismawan, R., Kasmungin, S., & Prapansya, O. R. (2017). Kajian Laboratorium Pengujian Pengaruh Polimer Dengan Crosslinker Terhadap Resistance Factor. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 3(1), 233–238.

Huljannah, M., Lestari, F. A., & Erfando, T. (2020). *Studi Awal Pemanfaatan*

Rumput Laut dan Daun Cincau Hijau Sebagai Kandidat Bahan Alternatif untuk Injeksi Polimer EOR. 41(3), 246–252.
<https://doi.org/10.14710/teknik.v41n3.28148>

Irawan, T. A. B. (2018). Ekstraksi Pektin Dari Kangkung Darat Menggunakan Pelarut Asam Sitrat. *Metana*, 12(01), 13–16.
<https://doi.org/10.14710/metana.v12i1.17510>

Kaushik, K., Sharma, R. B., & Agarwal, S. (2016). Natural polymers and their applications. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 37, 30–36.

Khalid, I., Lestari, F. A., Afhol, 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. Retrieved from <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/petro/article/view/8162>

Khavilla, V. P., Wahyuni, S., & Riyanto, A. F. (2019). Preparasi dan Karakterisasi PP (Polypropylene) Termodifikasi LLDPE (Linear Low Density Polyethylene) dengan Teknik Pencampuran Biasa. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(3), 176–184.

Lestari, F. A. (2021). *Ekstraksi selulosa dari daun kapas untuk kegunaan sebagai bahan pengental pada injeksi air tugas akhir*. 18.

Morales-Contreras, B. E., Rosas-Flores, W., Contreras-Esquivel, J. C., Wicker, L., & Morales-Castro, J. (2018). Pectin from Husk Tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.): Rheological behavior at different extraction conditions. *Carbohydrate Polymers*, 179, 282–289.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.097>

Nurhaeni, N., Atjiang, N. A., Hardi, J., Diharnaini, D., & Khairunnisa, K. (2019). Ekstraksi Dan Karakterisasi Pektin Dari Kulit Dan Dami Buah Cempedak (*Artocarpus chempeden*). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 4(3), 304–315.
<https://doi.org/10.22487/kovalen.2018.v4.i3.11857>

- Pavia, D. L. (2013). Introduction to spectroscopy. In *Optical Astronomical Spectroscopy*. <https://doi.org/10.1887/0750303468/b293c1>
- Putra, R. B. (2020). *Studi Laboratorium Awal Pemanfaatan Pati Pisang Kepok (musa paradisiaca forma typical) Sebagai Bahan Alternatif Polimer Pada Metode Produksi Minyak Tahap Tersier*. 43.
- Rahmanto, A. E., Sudibjo, R., & Kasmungin, S. (2017). Injeksi Polimer Dengan Pengaruh Jenis Polimer , Konsentrasi Dan Salinitas Brine Pada Recovery Factor Minyak (Laboratorium Study). *Seminar Nasional Cendekiawan Ke 3*, (1), 27–32.
- Reichembach, L. H., & de Oliveira Petkowicz, C. L. (2020). Extraction and characterization of a pectin from coffee (*Coffea arabica* L.) pulp with gelling properties. *Carbohydrate Polymers*, 245, 116473. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116473>
- Rita, N. (2012). Studi Mekanisme Injeksi Surfaktan-Polimer pada Reservoir Berlapis Lapangan NR Menggunakan Simulasi Reservoir. *Journal of Earth Energy Engineering*, 1(1), 22. <https://doi.org/10.22549/jeee.v1i1.926>
- Rusman, N. H. (2019). *Potensi Limbah Kulit Buah sebagai Bahan Baku dalam Pembuatan Edible Film*. 92–98.
- Santoso, Agung and Kasmungin, S. (2017). Kajian awal laboratorium mengenai viskositas polimer terhadap pengaruh salinitas, temperature dan konsentrasi polimer (laboratorium study). *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*, (3), 1–6.
- Statistik, B. P. (2020). *Produksi Buah Indonesia 2020*. Retrieved from <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Sufy, Q. (2016). *Polimer dapat meningkatkan viskositas air sehingga dapat meningkatkan area sweep efficiency serta merupakan metode yang cukup menjanjikan. Biopolimer merupakan polimer yang bagian utamanya berasal dari organisme hidup. Unsur utama penyusun biopolimer yait* (Vol. 4).

Retrieved from
<https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/24317>

Venkatanagaraju, E., Bharathi, N., Hema Sindhuja, R., Roy Chowdhury, R., & Sreelekha, Y. (2020). Extraction and Purification of Pectin from Agro-Industrial Wastes. *Pectins - Extraction, Purification, Characterization and Applications*, 1–15. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85585>

Wicaksono, H., & Yuliansyah, A. T. (2015). Karakterisasi Larutan Polimer KYPAM HPAM untuk Bahan Injeksi dalam Enhanced Oil Recovery (EOR). *Karakterisasi Larutan Polimer KYPAM HPAM Untuk Bahan Injeksi Dalam Enhanced Oil Recovery (EOR)*, 9(1), 9–15. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.24524>

Wignyanto, W., & Rahmah, N. (2017). *The Best Solvent And Extraction Time In Pectin Production made From Waste Of Jackfruit (Bark and Straw)*.

Zhang, H., Wang, B., Gao, C., Zhu, T., Xiong, M., & Ren, H. (2022). Effective degradation of hydrolyzed polyacryamide (HPAM) in a simultaneous combination of acoustic cavitation and microbubbles ozonation: Process optimization and degradation mechanism. *Process Safety and Environmental Protection*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.01.007>