

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANAS MENJADI  
SUMBER BIOETANOL UNTUK KEGUNAAN SEBAGAI WAX  
INHIBITOR**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*



Oleh  
**CHALIDAH PRATIWI SIREGAR**  
**153210705**

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2019**

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANAS MENJADI  
SUMBER BIOETANOL UNTUK KEGUNAAN SEBAGAI WAX  
INHIBITOR**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*



Oleh  
**CHALIDAH PRATIWI SIREGAR**  
**153210705**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Chalidah Pratiwi Siregar  
NPM : 153210705  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Tugas akhir : Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas Menjadi Sumber Bioetanol Untuk Kegunaan Sebagai Wax Inhibitor

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Tomi Erfando, S.T., M.T ( )  
Penguji : Fiki Hidayat, S.T., M. Eng ( )  
Penguji : Novia Rita, S.T., M. T ( )

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal :

Disahkan oleh:

DEKAN  
FAKULTAS TEKNIK

KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN

Ir. H. ABDUL KUDUS ZAINI, M.T

Dr. Eng. MUSLIM, 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, 06 Desember 2019

Chalidah Pratiwi Siregar  
NPM. 153210705



## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhana wa Ta'ala karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan kasih sayang, doa, serta dorongan moril maupun materil.
2. Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T selaku dosen pembimbing.
3. Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau, yang telah menyediakan sarana serta prasarana guna mendukung keberhasilan penelitian tugas akhir ini.
4. Ibu Novia Rita, S.T., M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, semangat selama menjadi perkuliahan di Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau.
5. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
6. Sahabat saya Clara Oktavia, M. Syukri, dan Zata Dini Amani yang membantu saya dalam penelitian tugas akhir ini dan teruntuk teman-teman selama perkuliahan yaitu Rodhika Afriany Aulia, Muspitta, dan Syafrina Putri.
7. Teman-teman angkatan 2015 terutama *Daebak Class* (Kelas D 2015).

Pekanbaru, 06 Desember 2019

Chalidah Pratiwi Siregar

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR SIMBOL.....	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>9</b>
3.1 Alat dan Bahan.....	9
3.2 Prosedur Penelitian.....	14
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	21
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Kandungan Gula Reduksi.....	22
4.2 Kadar Alkohol dengan Variasi Jumlah Inokulan.....	26
4.3 <i>Properties</i> Bioetanol.....	27
4.4 Penurunan Nilai <i>Pour Point Waxy Crude Oil</i> .....	29
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>33</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Alat penelitian.....	9
Gambar 3. 2	Alat penelitian (lanjutan) .....	10
Gambar 3. 3	Alat penelitian (lanjutan) .....	11
Gambar 3. 4	Alat penelitian (lanjutan) .....	12
Gambar 3. 5	Bahan penelitian .....	13
Gambar 3. 6	Bahan penelitian (lanjutan).....	14
Gambar 3. 7	Rangkaian alat proses hidrolisis .....	15
Gambar 3. 8	Rangkaian alat fermentasi.....	17
Gambar 3. 9	Diagram alir penelitian .....	21
Gambar 4. 1	(a) Nanas; (b) Kulit Nanas; (c) Bioetanol.....	22
Gambar 4. 2	Contoh hasil uji gula reduksi menggunakan <i>portable refractometer</i> .....	23
Gambar 4. 3	Kadar gula reduksi hasil hidrolisis variasi konsentrasi asam .....	24
Gambar 4. 4	Hasil hidrolisis pada suhu (1) 50°C (2) 60°C (3) 70°C (4) 80°C (5) 90°C (6) 100°C (7) 110°C (8) 120°C (9) 130°C (10) 140°C (11) 150°C.....	25
Gambar 4. 5	Kadar gula reduksi hasil hidrolisis variasi temperatur .....	25
Gambar 4. 6	Kadar bioetanol dengan variasi jumlah inokulan .....	26
Gambar 4. 7	Grafik kadar bioetanol terhadap densitas dan <i>specific gravity</i> .....	27
Gambar 4. 9	Grafik kadar bioetanol terhadap <i>flash point</i> dan <i>fire point</i> .....	28
Gambar 4. 10	Grafik kadar bioetanol terhadap viskositas.....	29
Gambar 4. 11	Grafik campuran bioetanol dan <i>waxy crude oil</i> terhadap <i>pour point</i> .....	30
Gambar 4. 12	Contoh <i>pour point</i> .....	30

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Komposisi Limbah Kulit Nanas .....	4
<b>Tabel 2. 2</b> Spesifikasi <i>Solvent</i> .....	6
<b>Tabel 3. 1</b> Spesifikasi Alkohol .....	17
<b>Tabel 3. 2</b> Waktu Penelitian .....	20
<b>Tabel 4. 1</b> <i>Pour Point</i> #C01.....	29
<b>Tabel 4. 2</b> <i>Pour Point</i> #C02.....	29
<b>Tabel 4. 3</b> <i>Pour Point</i> #C03.....	29





## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN I** Tabel hasil uji gula reduksi konsentrasi asam
- LAMPIRAN II** Gambar hasil uji gula reduksi variasi konsentrasi asam
- LAMPIRAN III** Tabel hasil uji gula reduksi variasi suhu
- LAMPIRAN IV** Gambar hasil uji reduksi variasi suhu
- LAMPIRAN V** Tabel kadar bioetanol (%) variasi jumlah iokulan
- LAMPIRAN VI** *Properties* bioetanol variasi jumlah inokulan
- LAMPIRAN VII** Persamaan Densitas, *Specific Gravity* (SG), °API, dan Viskositas
- LAMPIRAN VIII** *Properties crude oil*
- LAMPIRAN IX** Gambar uji *pour point* sampel minyak

## DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
b/v	Berat per volume
cc	<i>Centimeter cubic</i>
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksida
cP	Centi poise
CSM	<i>Cell soluble matter</i>
g	Gram
g/L	Gram per liter
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Asam sulfat
HCl	Hidrogen klorida
m	Massa
M	Molaritas
mL	Mililiter
NaOH	Natrium hidroksida
rpm	Rotasi per menit
SG	<i>Spesific gravity</i>
V	Volume
v/v	Volume/volume
VOC	<i>Volatile Organic Componds</i>
WAT	<i>Wax Appearance Temperature</i>



## DAFTAR SIMBOL

%	Persen
°C	Derajat celcius
$\rho$	Densitas



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

# PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANAS MENJADI SUMBER BIOETANOL UNTUK KEGUNAAN SEBAGAI WAX INHIBITOR

CHALIDAH PRATIWI SIREGAR

153210705

## ABSTRAK

Adanya fenomena deposisi *wax* parafin yang menyebabkan penyumbatan parsial atau keseluruhan laju alir pipa sehingga mengganggu kegiatan industri minyak karena dapat menyebabkan turunnya laju produksi. Perlu dilakukan *treatment*, salah satunya adalah dengan menggunakan metode preventif yaitu *wax inhibitor* yang diharapkan dapat menghambat terjadinya kristalisasi *wax* parafin dan *solvent* dapat digunakan sebagai *wax inhibitor*. Beberapa metode dilakukan dalam pembuatan produk *solvent* atau bioetanol, yaitu *pretreatment* dengan perlakuan fisika. Metode berikutnya adalah hidrolisis dan fermentasi dimana hidrolisis bertujuan untuk memecahkan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dan meningkatkan porositas bahan, sedangkan terjadinya perubahan pentosa dan beberapa glukosa menjadi etanol terdapat pada proses fermentasi, selanjutnya dimurnikan dengan proses destilasi untuk mendapatkan produk bioetanol yang diaplikasikan dengan *waxy crude oil* yang dapat menurunkan nilai *pour point* dari minyak. Dari proses hidrolisis dengan variasi asam 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% didapatkan nilai gula reduksi yang semakin meningkat dan variasi temperatur 50°C hingga 100°C terus meningkat hingga mencapai titik optimal yaitu 18.2°Brix dan setelah itu terus menurun. Lalu proses destilasi dilakukan untuk mendapatkan produk etanol dari sampel dengan volume 450 mL menjadi ±50 mL etanol dengan kadar etanol yang berbeda-beda. Jumlah inokulan juga mempengaruhi kadar bioetanol dimana hasil optimumnya yaitu dengan menggunakan inokulan sebanyak 0.015 g/mL yang menghasilkan 6% kadar bioetanol. Bioetanol 5%, 10%, 15%, 20%, 50%, dan 100% diaplikasikan ke *waxy crude oil* dan dapat menurunkan nilai *pour point* sebesar 1-3°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bioetanol yang dijadikan *solvent* dapat berpotensi untuk menghambat terjadinya deposisi parafin.

**Kata Kunci** : *wax* parafin, *solvent*, hidrolisis, fermentasi, *pour point*

# **UTILIZATION OF PINEAPPLE SKIN WASTE TO BECOME A SOURCE OF BIOETHANOL FOR USE AS A WAX INHIBITOR**

**CHALIDAH PRATIWI SIREGAR**

**153210705**

## **ABSTRACT**

*The phenomenon of paraffin wax deposition which causes a partial or total blockage of the pipe flow rate so that it disrupts the oil industry's activities because it can cause a decrease in the rate of production. Treatment needs to be done, one of which is to use preventive methods that are wax inhibitors which are expected to inhibit the crystallization of paraffin wax and solvents can be used as wax inhibitors. Several methods are used in making solvent or bioethanol products, namely pre-treatment with physical treatment. The next method is hydrolysis and fermentation where the hydrolysis aims to break lignin and hemicellulose, damage the crystal structure and increase the porosity of the material, while the change of pentose and some glucose into ethanol is present in the fermentation process, then purified by the distillation process to obtain bioethanol products which are applied with waxy crude oil which can reduce the pour point value of oil. From the hydrolysis process with 5%, 10%, 15%, 20%, and 25% acid variations, the value of reducing sugars is increasing and the temperature variation of 50°C to 100°C continues to increase until it reaches the optimal point of 18.2°Brix and after it keeps decreasing. Then the distillation process is carried out to get ethanol products from samples with a volume of 450 mL to ± 50 mL of ethanol with different ethanol content. The amount of inoculant also affects the level of bioethanol where the optimum results are by using inoculants as much as 0.015 g / mL which produces 6% levels of bioethanol. Bioethanol 5%, 10%, 15%, 20%, 50%, and 100% is applied to waxy crude oil and can reduce the pour point value by 1-3°C. So it can be concluded that bioethanol which is used as a solvent can potentially inhibit paraffin deposition.*

**Keyword** : paraffin wax, solvent, hydrolysis, fermentation, pour point

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Deposisi *wax* parafin adalah fenomena yang mengganggu kegiatan industri minyak (Halim, Ali, Nadeem, Abdul Hamid, & Tan, 2011). Parafin terdiri dari campuran hidrokarbon yang terbentuk dari rantai linier yang terdiri dari 20 hingga 40 karbon atom, selain alkana dengan rantai bercabang dan siklik (Taraneh, Rahmatollah, & Hassan, 2008). Parafin yang terdapat pada sumur dapat menyebabkan turunnya laju produksi dan harus ditanggulangi. Sehingga, permasalahan yang berhubungan dengan kristalisasi dan pengendapan *wax* parafin selama produksi dan transportasi minyak mentah yang menyebabkan hilangnya milyaran dolar per tahunnya untuk industri minyak (Yang, Zhao, Sjöblom, Li, & Paso, 2015). Pengendapan parafin yang dapat terjadi di jalur transportasi hidrokarbon ini berpotensi membahayakan produksi karena penyumbatan parsial atau bahkan keseluruhan dari jalur pipa (Wang, Wu, Creek, Shuler, & Tang, 2003).

Ada dua metode untuk menanggulangi permasalahan tersebut, yaitu metode penanggulangan dan metode preventif (Khaibullina, 2016). Salah satu contoh dari metode preventif adalah injeksi *wax inhibitor* (Al-yaari & Fahd, 2011), *wax inhibitor* ini berfungsi untuk menghambat terbentuknya endapan parafin dan *solvent* dapat dijadikan sebagai *wax inhibitor*.

Bioetanol dapat mencegah rantai hidrokarbon semakin panjang karena bioetanol berasal dari kandungan gula reduksi pada biomassa yang dihasilkan dari proses *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi. Karena sifat bioetanol yang dapat mencegah deposisi *wax*, maka bioetanol ini dapat dijadikan *solvent*.

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2018, produksi nanas (*Ananas comosus*) pada tahun 2017 mencapai 1.795.986 ton dan menempati posisi ke 4 setelah produksi buah pisang, mangga dan jeruk. Sementara, limbah nanas berasal dari 21,73 – 24,48% produksi nanas. Angka ini tergolong besar, jika bahan limbah ini dibuang ke tempat pembuangan sampah dan mengarah pada kondisi yang tidak higienis (Bhandari, Panchapakesan, Shankar, & Kumar, 2013). Penggunaan limbah sebagai produk baru merupakan suatu

solusi yang baik karena mudah dilaksanakan, harga relatif murah dan efisien (Bhandari et al., 2013).

Selain mudah didapat, pemilihan limbah kulit nanas sebagai bioetanol karena kandungannya yang kaya akan serat glukosa menjadikan limbah ini sebagai bahan baku yang berpotensi untuk produksi bioetanol. Gula yang terkandung dapat di fermentasi dan berpotensi menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa (Conesa, Seguí, Laguarda-Miró, & Fito, 2016).

Sudah banyak penelitian yang mengkaji tentang pemanfaatan kulit nanas menjadi produk bioetanol khususnya di dunia industri, namun bioetanol yang diproduksi hanya dijadikan sebagai bahan bakar terbarukan (Gray, Zhao, & Emptage, 2006). Disisi lain, *solvent* yang biasa digunakan dalam dunia industri untuk mengurangi deposisi parafin yaitu ko-polimer, *polyacrylate* dan lain-lain yang dinilai memiliki harga yang tinggi. Pada penelitian ini produk bioetanol untuk pertama kalinya dikembangkan menjadi *solvent* untuk menghambat terjadinya deposisi parafin.

#### 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui volume etanol yang dihasilkan.
- 2) Mengetahui kandungan gula reduksi dan kadar alkohol pada bioetanol dari limbah kulit nanas.
- 3) Mengetahui properties bioetanol yang digunakan untuk *blending solvent* dan *waxy crude oil*.
- 4) Mengetahui penurunan nilai *pour point waxy crude oil* #C01, #C02, dan #C03 setelah ditambahkan bioetanol sebagai *solvent*.

#### 1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan informasi bagi industri hulu migas dalam hal pemanfaatan limbah pertanian yaitu limbah kulit nanas menjadi produk bioetanol. Dimana produk ini akan dijadikan sebagai alternatif yang berfungsi untuk memperpendek rantai hidrokarbon dan menghambat deposisi *wax*, sehingga dapat mengatasi permasalahan *wax* parafin pada sumur minyak.

#### 1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan, maka penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

- 1) Hanya membuat produk bioetanol dari limbah kulit nanas madu Rimbo Panjang.
- 2) Prosedur yang digunakan yaitu *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi untuk menghasilkan produk bioetanol.
- 3) Melakukan pengujian kadar gula reduksi dan kadar bioetanol berskala laboratorium.
- 4) Pengujian nilai *pour point* pada *waxy crude oil* sebelum dan sesudah dicampurkan bioetanol.





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

*Wax* adalah senyawa hidrokarbon yang terdiri dari rantai panjang yaitu alkana dan akan membentuk endapan dengan sangat cepat akibat perubahan suhu dan tekanan (Abdurrahman, Hidayat, Husna, & Pangaribuan, 2018). *Wax* umumnya memiliki struktur kristal dengan jumlah karbon lebih dari 12 dan memiliki molekul berat fraksi parafin dari minyak mentah yang dapat dipisahkan dibawah titik tuang minyak mentah (Rocha, Costa, & Embiruçu, 2015). Parafin merupakan rantai lurus yang terdiri dari 20 hingga 40 arbon atom dan terbentuk pada suhu rendah (Taraneh et al., 2008). Sifat parafin adalah putih, tidak berbau, serta tidak berasa dan merupakan senyawa kimia *inert* yang terdiri dari senyawa hidrokarbon jenuh (Ellison, Consulting, Gallagher, Petrolite, & Lorimer, 2016).

Terdapat beberapa metode untuk mengatasi *wax* parafin, diantaranya adalah metode preventif dengan metode pemanasan dan metode bahan kimia. Salah satu metode yang paling efektif yaitu menggunakan *hydrocarbon solvent* (Khaibullina, 2016).

Bioetanol dapat digunakan sebagai *solvent* atau pelarut (Hu et al., 2011). Biomassa adalah bahan utama produksi bioetanol dimana setiap bahan organik yang berasal dari tanaman, hewan, bahan yang tersisa dari proses pertanian dan hutan, industri organik, dan kotoran hewan (Saidur, Abdelaziz, Demirbas, Hossain, & Mekhilef, 2011). Limbah kulit nanas adalah salah satu biomassa yang mengandung bahan lignoselulosa yang berfungsi untuk memproduksi bioetanol (Ban-Koffi & Hann, 1990). Limbah kulit nanas yang dihasilkan dari satu buah nanas berkisar 21,73 – 24,48% (Oktaviani & Amraini, 2014).

**Tabel 2. 1** Komposisi Limbah Kulit Nanas

	Komponen	
	Keseluruhan Limbah (%)	Kulit (%)
Selulosa	19,4	14,0
Hemi-selulosa	22,4	20,2
Lignin	4,7	1,5
Abu	0,7	0,6
CSM	53,4	64,8
Total gula	11,7	-
Protein	4,4	4,1

Sumber: (Ban-Koffi & Hann, 1990)

Produksi bioetanol dari limbah kulit nanas melalui proses hidrolisis, fermentasi, dan destilasi.

#### 1. Proses hidrolisis.

Proses ini bertujuan untuk memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan (Sun & Cheng, 2002). Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulos turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasikan oleh mikroorganisme menjadi etanol (Osvaldo, S, & Faizal, 2012). Suhu yang lebih tinggi akan mempermudah dekomposisi gula sederhana dan senyawa lignin (Osvaldo et al., 2012).

#### 2. Proses fermentasi.

Pada proses ini terjadi perubahan pentosa dan beberapa gula heksosa menjadi etanol dan mengalami perbaikan secara terus-menerus, terutama dengan penerapan genetika (Mielenz, 2001). Proses ini biasa dilakukan oleh ragi, dimana ragi yang biasa digunakan adalah spesial ragi *saccharomyces* yang mana gula dalam jus buah berubah menjadi alkohol dan asam organik yang kemudian bereaksi membentuk aldehid, ester dan komponen lainnya (Hajar, Zainal, Atikah, & Tengku Elida, 2012).

#### 3. Proses destilasi.

Proses ini memisahkan larutan kedalam beberapa komponennya atau suatu metode pemisahan bahan kimia yang berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap dengan menggunakan unit destilasi alkohol pada suhu 78,4°C (Thangavelu, Rajkumar, Pandi, Ahmed, & Ani, 2019).

Reaksi bioetanol sebagai *solvent* dengan *wax crude oil* adalah dengan adanya gaya Van der Waals. *Wax crude oil* memiliki dua bagian molekul yaitu bagian polar dan bagian nonpolar. Bagian nonpolar merupakan rantai alkil yang panjang yang akan berinteraksi dengan *solvent* melalui nukleasi, adsorpsi atau co-kristalisasi. Kristalisasi adalah proses pembentukan parafin yang mengendap membentuk *wax*. *Solvent* bereaksi dengan *waxy crude oil* karena gaya tarik

menarik Van der Waals yang berinteraksi pada bagian nonpolar sehingga *solvent* bisa bercampur dengan *waxy crude oil* (Yang et al., 2015).

Dalam dunia Perminyakan, pencampuran polimer dapat dijadikan *solvent* sebagai *wax inhibitor* karena karakteristiknya yang dapat menghambat endapan parafin dalam cairan formasi dari sumur minyak dan gas. Saat ini aplikasi aditif yang sedang berkembang adalah etilena-vinil Asetat Ko-polimer (EVA). CNPC. Nomor 9A, *polyacrylate* dan *ethylene copolymer* dan kopolimer *tribasic* (Zhang & Xiao, 2012). *Solvent* lainnya yaitu *benzene*, *xylene*, *pyridine*, *carbon tetra chloride*, *nitro benzene* dan *hexane* (Chanda et al., 1998).

**Tabel 2. 2** Spesifikasi *Solvent*

Parameter	Keterangan
Warna	Bening
Aroma	Aromatik
Keadaan fisik	<i>Liquid</i>
Bentuk	<i>Liquid</i>
pH	9
Titik didih	257°F (125°C)
Titik nyala	61°F (161°C)
<i>Specific gravity</i>	0.8528
<i>Relative density</i>	0.8527
Suhu api otomatis	66.2°C (354 K)
VOC	50%

Sumber: *Engineered Chemistry (n.d)*

Beberapa referensi dari jurnal tentang pengaplikasian *solvent* di dunia perminyakan seperti pada jurnal Zhang & Xiao (2012), dengan menggunakan aditif etilena-vinil Asetat Ko-polimer (EVA). CNPC. Nomor 9A pada jalur pipa *wax crude oil* di Sudan sehingga *pour point* menurun dari 33°C menjadi 19°C. Dan pengembangan *solvent* berikutnya dengan *polyacrylate* dan *ethylene copolymer* yang mampu menurunkan nilai *pour point* dari 32°C menjadi 14.5°C. Dan kopolimer *tribasic* mampu menurunkan nilai *pour point* dari 36.5°C menjadi 23°C. Penelitian lain pada jurnal Banerjee et al., (2017) mengaplikasikan 12 pelarut kimia dan 3 dispersan komersial dalam proporsi volumetrik pada studi laboratorium. Menyatakan bahwa campuran terbaik yaitu 40% diesel + 25% *xylene* + 22% toluena + 10% *Naphthalene* + 3% *dipersants* yang mampu mencapai kelarutan hingga 90%. Penelitian lain juga dilakukan oleh B. F. Alves,

et al., (2019) dengan menggunakan polimer sebagai bahan aditif yang digunakan untuk menghambat pengendapan parafin. Efisiensi aditif yang digunakan tergantung dari jenis minyak dan senyawa yang ada didalamnya. Dari tiga jenis minyak yaitu P01, P02, dan P03 dapat disimpulkan bahwa hanya *asphaltene* (C5I dan C7I) yang mengubah nilai titik tuang menjadi menurun. Senyawa lain seperti naftalena, asam naftenat dan adamanten tidak mengubah nilai titik tuang. Dari analisis pengaruh komposisi senyawa kimia dalam minyak, diamati bahwa (i) kelarutan *wax* dalam media mempengaruhi WAT tetapi tidak mempengaruhi nilai titik tuang (semakin tinggi kelarutan parafin dalam media, semakin rendah nilai WAT-nya), (ii) kelarutan aditif dalam media pelarut tidak mempengaruhi WAT, tetapi secara signifikan mempengaruhi nilai titik tuang (semakin tinggi interaksi pelarut polimer, semakin rendah titik tuang). Penelitian lainnya dilakukan oleh A. M. Al-Sabagh et al., (2017) yang menggabungkan surfaktan dan *polyacrylates-maleicanhydrate* kopolimer untuk meningkatkan aliran minyak yang bersifat parafinik. Terdapat empat kopolimer yaitu kopolimerisasi *octadecyl acrylate* dengan *maleat anhydride* [ODM], kopolimer yang dihasilkan dari reaksi dengan *octadecylalcohol* [ODMSA], *hexadecylamine* [ODMCA], *benzyl alcohol* [ODMBA] dan *aniline* [ODMan]. Tiga surfaktan yang larut dalam minyak disiapkan dengan esterifikasi mono, di dan tri *ethanolamine* dengan asam oleat, disingkat sebagai [MEAO, DEAO dan TEAO]. Campuran aditif polimer dan surfaktan memiliki efek yang lebih bagus jika dibandingkan dengan aditif polimer saja. Kesimpulan yang didapatkan adalah ODMCA menunjukkan penurunan titik tuang yang paling sedikit dibanding yang lainnya, yaitu hanya mampu menurunkan 6-18°C, sedangkan yang paling maksimum adalah ODMBA yaitu mampu menurunkan nilai titik tuang sebesar 12-24°C.

Penelitian yang memproduksi bioetanol dari biomassa dilakukan oleh Itelima et al., (2013) dimana hasil etanol optimal sebesar 8,34% (v/v) dihasilkan dari kulit nanas dengan proses sakarifikasi dan fermentasi simultan yang dibandingkan dengan pisang dan pisang raja. Penelitian lain produksi bioetanol dilakukan oleh Choonut, at al., (2014) dimana 1,23% (v/v) hasil etanol didapatkan setelah 72 jam fermentasi yang sebelumnya sudah dilakukan *pretreatment* yaitu kulit nanas yang sudah dijadikan bubur. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Gil dan Maupoey

(2018) dimana  $5,4 \pm 0,1\%$  (v/v) produksi etanol dihasilkan dari proses simultaneous sakarifikasi dan fermentasi. Beberapa penelitian terkait tentang produksi bioetanol dilakukan dalam berbagai teknik dan proses, seperti yang penelitian oleh Casabar, et al., (2019) bioetanol diproduksi dengan proses *pretreatment* dengan NaOH, hidrolisis dengan bakteri *Trichoderma Harzianum* yang memproduksi etanol sebesar  $5,98 \pm 1,01$  g/L dengan fermentasi selama 48 jam. Penelitian lain dilakukan oleh P. Binod, et al., (2010) yang memproduksi bioetanol dengan bahan dasar jerami padi melalui proses *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi, dan destilasi.

Dari penelitian terdahulu, sudah banyak yang memproduksi bioetanol dari berbagai biomassa misalnya limbah kulit nanas. Tetapi fungsi dari bioetanol yang sudah diproduksi salah satunya tidak sebagai *solvent* untuk mengatasi deposisi *wax*, hanya berfungsi sebagai bahan bakar untuk mengurangi emisi gas kaca. Selain itu, *solvent* yang digunakan untuk mengatasi *wax* sejauh ini masih menggunakan *solvent* komersil. Sehingga, penelitian ini dapat dijadikan penelitian awal mengenai adanya potensi bioetanol sebagai penghambat terjadinya deposisi parafin.

Hipotesis yang dapat disimpulkan dari beberapa teori yang sudah ada yaitu sebagai berikut:

1. Biomassa yang mengandung selulosa dapat dikonversikan menjadi etanol.
2. Limbah kulit nanas adalah biomassa yang mengandung selulosa sehingga dapat dijadikan produk bioetanol.
3. Bioetanol atau alkohol dapat berpotensi untuk mengurangi deposisi *wax*.

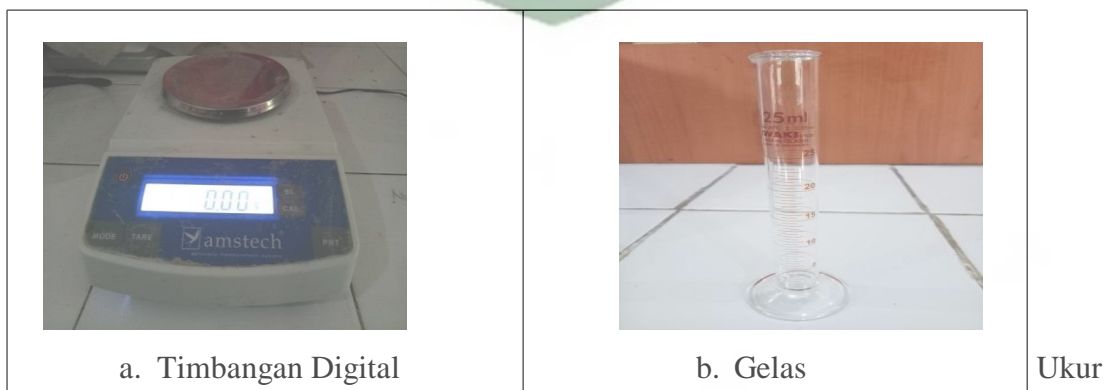
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dari penelitian ini adalah dengan melakukan penelitian di Laboratorium Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dengan jenis penelitian *Experiment Research* dengan metode hidrolisis asam dan fermentasi untuk mendapatkan produk bioetanol dan pengujian bioetanol sebagai *solvent* alternatif untuk *waxy crude oil*. Sedangkan, teknik pengumpulan data yang termasuk data sekunder seperti data yang didapat dari hasil penelitian, jurnal dan makalah yang sesuai dengan topik penelitian. Setelah hasil didapat, evaluasi data membawa pada kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian.

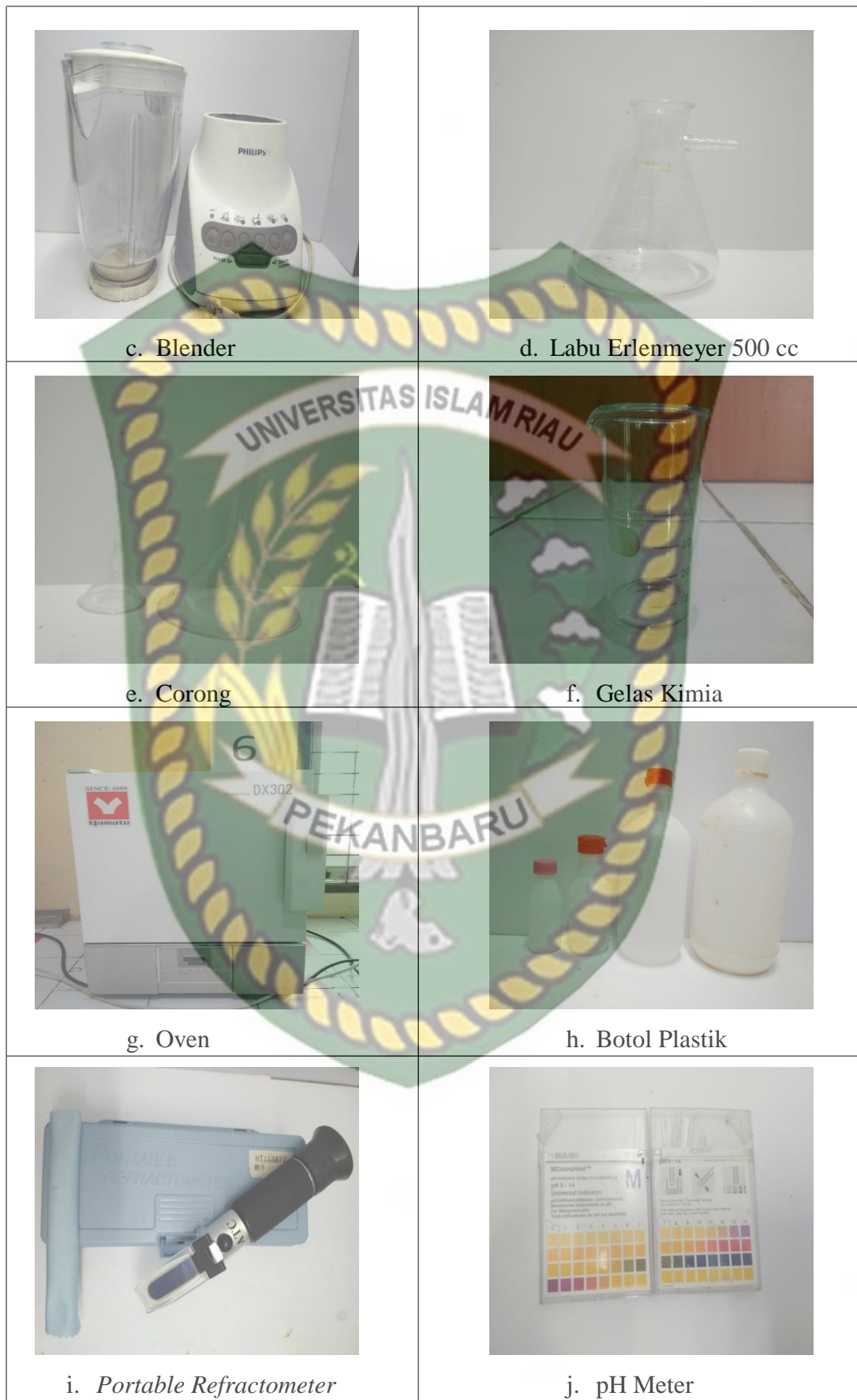
### 3.1 Alat dan Bahan

#### 3.1.1 Alat

- Timbangan Digital
- Gelas Ukur
- Blender
- Labu Erlenmeyer 500 cc
- Corong
- Gelas Kimia
- Oven
- Botol Plastik
- *Portable Refractometer*
- pH Meter
- Pipet Tetes
- Unit Destilasi
- *Heater*
- Tabung Reaksi
- Piknometer
- Viscosimeter Oswald
- *Flash Point Tester*
- Seperangkat Titrasi
- Ruang Pengenceran Asam
- Alkohol Meter
- *Vacuum Pump*



Gambar 3. 1 Alat penelitian

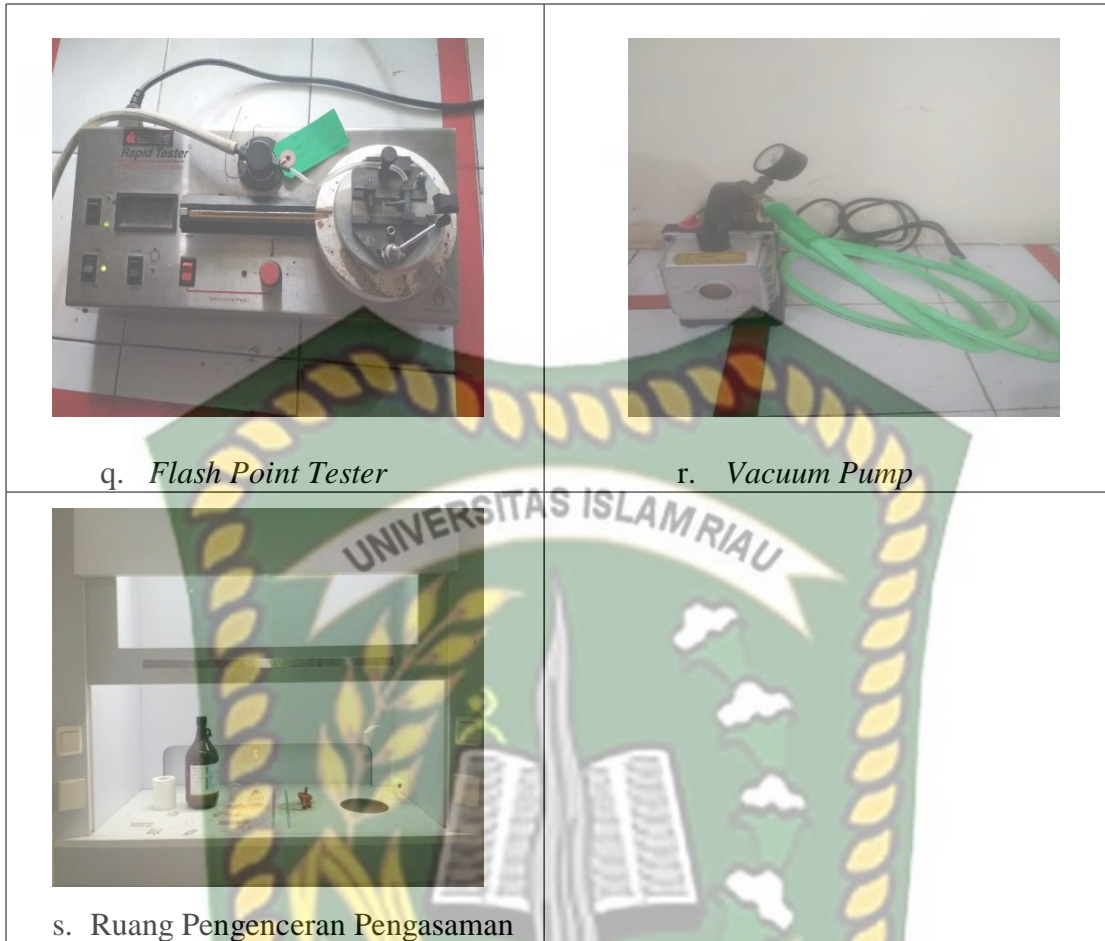


Gambar 3. 2 Alat penelitian (lanjutan)



Gambar 3. 3 Alat penelitian (lanjutan)



q. *Flash Point Tester*r. *Vacuum Pump*

s. Ruang Pengenceran Pengasaman

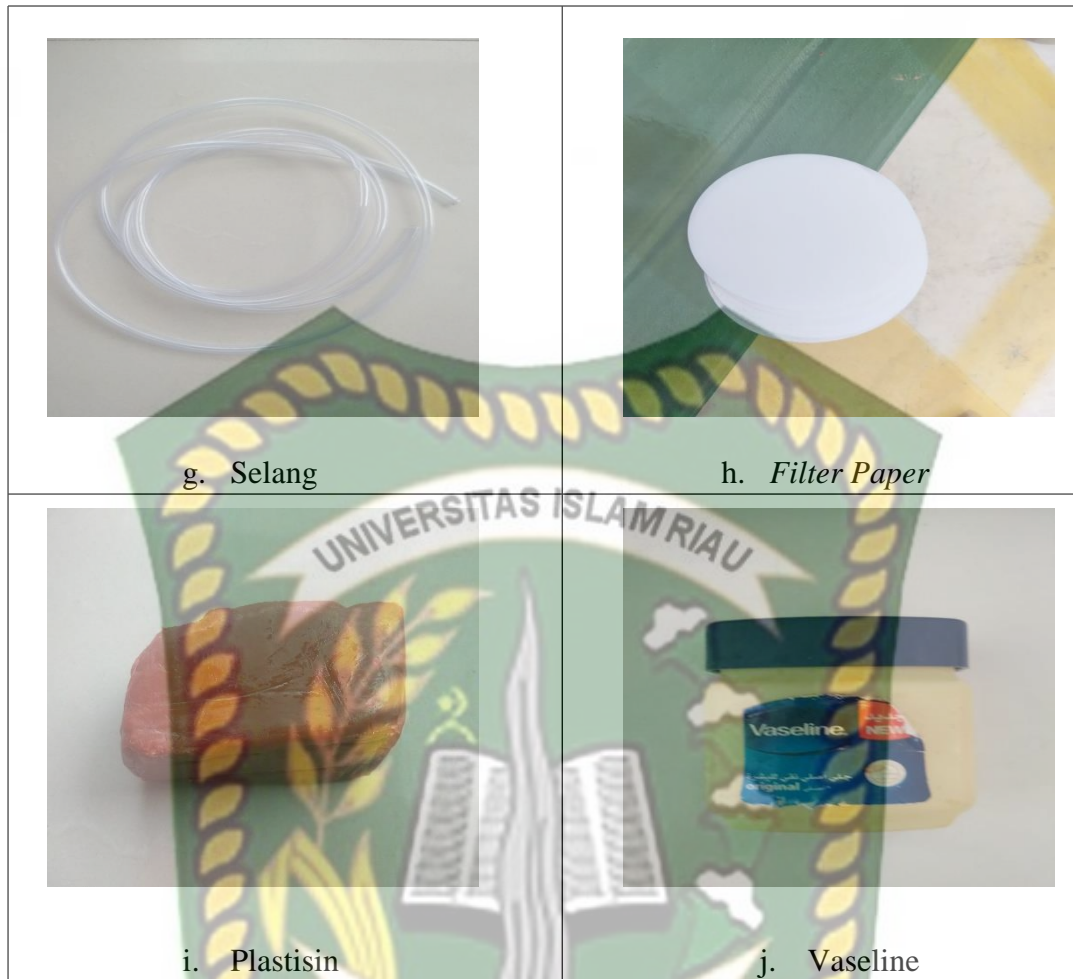
**Gambar 3. 4** Alat penelitian (lanjutan)

## 3.1.2 Bahan

- Limbah kulit nanas
- Asam sulfat ( $H_2SO_4$ )
- *Saccharomyces*
- Aquadest
- Aluminium Foil
- NaOH
- Selang
- *Filter Paper*
- Plastisin
- Vaseline



Gambar 3. 5 Bahan penelitian



**Gambar 3. 6** Bahan penelitian (lanjutan)

### 3.2 Prosedur Penelitian

#### 3.2.1 Persiapan Bahan (*Pretreatment*)

- Limbah kulit nanas dilakukan dengan perlakuan fisika terhadap kulit nanas meliputi pengecilan ukuran kulit kemudian melakukan *blending* antara kulit nanas dengan aquadest perbandingan 1:2 kemudian memisahkan antara ampas kulit nanas dan sari kulit nanas, setelah pemisahan dilakukan selanjutnya adalah proses hidrolisis (Febriyanti & Rufita, 2011).
- Persiapan asam untuk proses hidrolisis, yaitu asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) (Braide, 2018).
- Persiapan bakteri anaerob untuk proses fermentasi yaitu ragi *saccharomyces* (Braide, 2018).

### 3.2.2 Pengenceran Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

- Menghitung konsentrasi asam yang diinginkan dengan persamaan:

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

Dimana: M1 = konsentrasi awal  
 M2 = konsentrasi yang diinginkan  
 V1 = volume yang diperlukan  
 V2 = volume yang akan dibuat

- Persiapan alat dan bahan: aquadest, asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 96%, labu volumetrik, gelas kimia, gelas ukur, corong, pipet tetes dan pipet volumetrik.
- Melakukan pengenceran asam di ruang pengasaman sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan.

### 3.2.3 Hidrolisis Biomassa Lignoselulosa

- Memasukkan limbah kulit nanas yang sudah dipersiapkan kedalam labu erlenmeyer 500 cc.
- Menambahkan larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% ke masing-masing labu erlenmeyer yang sudah terdapat sampel kulit nanas dengan perbandingan 1:1 antara sampel dan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Dihidrolisis di dalam oven dengan variasi suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, dan 150°C selama 180 menit.



**Gambar 3. 7** Rangkaian alat proses hidrolisis

### 3.2.4 Uji Kadar Gula Reduksi Menggunakan *Portable Refractometer* HT113ATC

- Sebelum digunakan, refraktometer dibersihkan dengan menggunakan tisu dengan satu arah yaitu ke bawah.
- Untuk memastikan refraktometer baik untuk digunakan, sebelum ditetesi dengan sampel terlebih dahulu ditetesi dengan aquadest pada prisma refraktometer. Jika hasil pembacaannya 0, maka refraktometer sudah siap digunakan untuk sampel yang sudah dihidrolisis dengan asam sulfat.
- Aquadest yang tadinya ada di prisma refraktometer, dilap kembali menggunakan tisu dengan gerakan satu arah dan tetesi sampel yang sudah dihidrolisis ke prisma refraktometer, tutup, dan arahkan refraktometer ke sinar matahari untuk membaca angka agar terlihat lebih jelas. Terdapat garis-garis angka yang menunjukkan °Brix atau tingkat gula reduksi sampel pada alat refraktometer.
- Setelah dilakukan pembacaan gula reduksi pada sampel, selanjutnya prisma refraktometer dibersihkan dengan aquadest dan dilap searah.

### 3.2.5 Penyesuaian pH

pH sekitar 3,5-4,0 dipertahankan selama hidrolisis dan 5,0-6,5 selama fermentasi. Jika pH menjadi basa, HCl pekat ditambahkan dan jika asam ditambahkan NaOH tetes demi tetes demi untuk menjaga pH pada kisaran tersebut (Braide, 2018).

### 3.2.6 Fermentasi

- Hasil hidrolisis yang sudah selesai selanjutnya dilakukan fermentasi dengan menambahkan ragi *saccharomyces* ke masing-masing sampel dengan variasi 0.005 g/mL, 0.01 g/mL, 0.015 g/mL, 0.02 g/mL, dan 0.025 g/mL dan menutupinya.
- Setelah inkubasi, dilakukan sentrifugasi pada 1000 rpm selama 10 menit sehingga etanol juga dapat berproduksi.

- Difermentasi selama 72 jam pada temperatur 30°C atau temperatur ruangan (Azizah, Al-Barrii, & Mulyani, 2012).



**Gambar 3. 8** Rangkaian alat fermentasi

### 3.2.7 Proses Destilasi

- Mengambil sampel hasil fermentasi dan menimbang *flask* berisi sampel dan termometer.
- Bersihkan dan keringkan gelas ukur, letakkan gelas ukur tersebut sedemikian rupa sehingga ujung *outlet* masuk sedikit ke dalam gelas ukur penampung destilat. Tutup gelas ukur untuk mencegah agar uap tidak keluar dari tabung.
- Sirkulasikan cairan pendingin melalui kondensor dan jalankan pemanasan pada *end boiling point* dan biarkan cairan destilat menetes pada gelas ukur.
- Setelah pendinginan catat volume destilasi yang dihasilkan.

### 3.2.8 Uji Kadar Alkohol

**Tabel 3. 1** Spesifikasi Alkohol

<i>Properties</i>	<b>Nilai</b>
Berat Molekul g/mol	46.1
Titik Beku °C	-114.1
Titik Didih Normal °C	78.32
Densitas g/ml	0.7983
Viskositas, cp	1.17

*Sumber:* (Fachry, Astuti, & Puspitasari, 2013)

Jadi pengujian yang dilakukan pada alkohol adalah berdasarkan tabel diatas yaitu pengujian berat molekul, pengujian titik beku, pengujian titik didih normal, pengujian densitas dan pengujian viskositas.

a) Pengujian densitas dengan menggunakan piknometer

- Timbang terlebih dahulu piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan bioetanol dan timbang kembali lalu catat. Selisih berat piknometer adalah massa bioetanol.
- Volume piknometer dapat dilihat dari tabel yang ada pada alat atau dengan menuangkan bioetanol ke dalam gelas ukur untuk mengetahui volume bioetanol yang diuji.
- Densitas bioetanol dapat diperoleh dari perbandingan massa bioetanol terhadap volumenya dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana:

$\rho$  = densitas (g/mL)

$m$  = massa (g)

$v$  = volume (mL)

b) Pengujian viskositas

- Apabila homogenitas contoh diragukan misalnya *waxy residu oil*, maka panaskan contoh pada suhu 100°C.
- Panaskan *viscosimeter* sampai beberapa derajat diatas suhu pengujian.
- Tuangkan contoh ke dalam *oil cup* melalui saringan 100 *mesh* sampai batas pengujian.
- Aturilah suhu *bath* sampai suhu contoh dapat ditahan pada suhu pengujian. Contoh selama proses tidak diaduk dengan menggunakan termometernya.
- Tempatkan *flask* di bawah alatnya dan tepat di bawah lubang viskositasnya.

- Bila temperatur pengujian sudah tepat, maka mulai saat pengujian dengan jalan membuka tutupnya (*ball valve*-nya).
- Ukur dengan *stopwatch* yang diperlukan untuk mengatur sampai batas *flask*-nya.

c) Pengujian *Specific Gravity* (SG)

Nilai SG dapat ditentukan dengan menggunakan nilai densitas sampel dan densitas air dengan persamaan seperti dibawah ini:

$$S = \frac{\text{Density of Solution (wort)}}{\text{Density of water}} \quad (\text{Braide, 2018})$$

Dimana:

$S$	= <i>Specific Gravity</i>
<i>Density of Solution (wort)</i>	= Densitas larutan (g/mL)
<i>Density of water</i>	= Densitas air (g/mL)

d) Pengujian *Flash Point* dan *Fire Point*

- Untuk pengujian *flash point* dan *fire point* menggunakan alat *flash point tester*.
- Siapkan bioetanol yang sudah di destilasi sekitar 2-4 mL, pemantik api dan pasang gas ke alat *flash point tester*.
- Masukkan bioetanol dengan menghisap cairan menggunakan suntikan pada *flash point tester set*. Hidupkan alat dengan menekan tombol on dengan mengarahkan tombol ke atas.
- Atur temperatur pada temperatur bioetanol yang sesuai dengan literatur. *Release* gas sedikit dan pancing dengan pemantik api. Dan lihat apakah sudah ada percikan api atau belum. Jika sudah, catat sebagai waktu *flash point* dan jika belum ulangi lagi hingga didapatkan percikan api pertama.
- Untuk *fire point*, tambahkan terus temperatur pada *flash point tester*. Apabila sudah terdapat api selama 2 menit, catat temperatur tersebut sebagai temperatur *fire point*.



### 3.2.9 Uji Waxy Crude Oil

#### a) *Pour Point* ASTM D5853-17a

- Setelah mendapatkan titik beku, keluarkan *tube* yang berisi sampel dari dalam oven pada kondisi sampel masih beku. Dan diamkan pada suhu kamar (20-25°C).
- Amati perubahan temperatur pada saat seluruh sampel dapat dituangkan dimana temperatur saat seluruh sampel dapat dituangkan dicatat sebagai titik tuang dari minyak tersebut.
- Selanjutnya ditambahkan etanol dengan rasio 5%, 10%, 20%, 50%, dan 100%. Amati penurunan nilai *pour point*.

**Tabel 3. 2** Waktu Penelitian

No	Deskripsi Kegiatan	Mei 2019		Juni 2019		Juli 2019				Agustus 2019			
		3	4	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	<i>Pretreatment</i>												
2	Hidrolisis												
3	Fermentasi												
4	Destilasi												
5	Uji Bioetanol												
6	Uji <i>Waxy Crude Oil</i> + Bioetanol												
7	Laporan Tugas Akhir												

## 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 9 Diagram alir penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Kulit nanas memiliki potensi sebagai bahan utama pembuatan bioetanol karena kandungan gula yang dimilikinya. Berdasarkan penelitian sebelumnya menunjukkan 76,36% dari nanas yang dimanfaatkan dan sisanya dibuang sebagai limbah yang jarang dimanfaatkan dengan kandungan gula reduksi pada filtrat kulit nanas berkisar antara 8,7%-17,53%. Konsentrasi asam dan temperatur pada proses hidrolisis adalah faktor yang mempengaruhi hasil gula reduksi yang berbeda-beda.



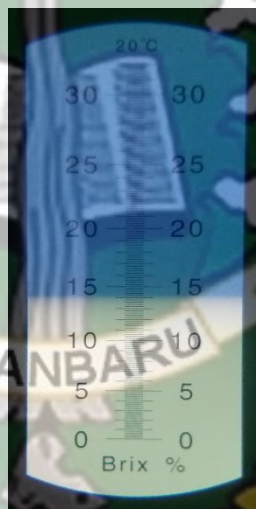
**Gambar 4. 1** (a) Nanas; (b) Kulit Nanas; (c) Bioetanol

Konversi biomassa lignoselulosa ini menjadi etanol (generasi kedua (2G) bioetanol) terdiri dari langkah-langkah utama berikut ini: hidrolisis selulosa dan hemiselulosa menjadi gula pereduksi yang dapat difermentasi, fermentasi gula menjadi etanol dan pemurnian etanol (Maurya, Singla, & Negi, 2015).

### 4.1 Kandungan Gula Reduksi

Proses Hidrolisis adalah proses dimana karbohidrat kompleks dikonversi menjadi simpelmonomer (Gupta & Prakash, 2015). Proses ini bertujuan untuk memecahkan polisakarida dalam biomassa lignoselulosa, yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusun (Winarni & Maulidina, 2018). Karena hemiselulosa merupakan penghalang yang menutupi serat selulosa dan

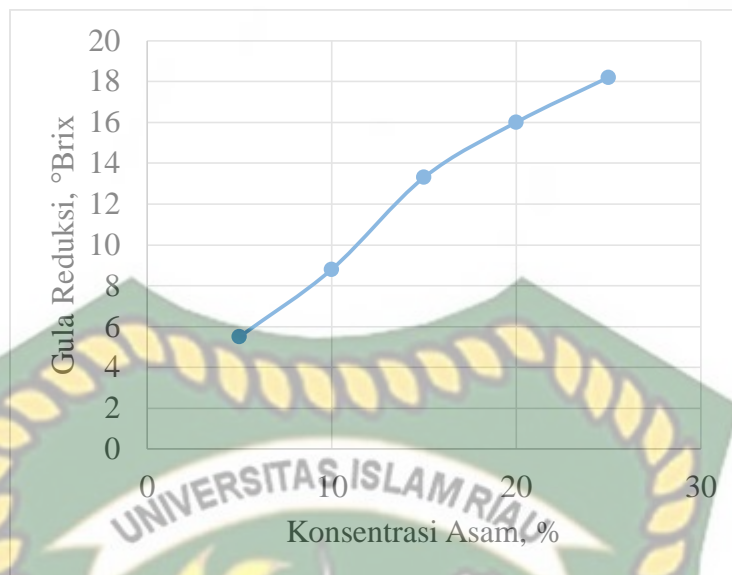
menghambat saat proses hidrolisis (Maurya et al., 2015). Sebelum proses hidrolisis, terdapat proses *pretreatment* dengan pengecilan ukuran kulit nanas dimana proses ini menghilangkan hemiselulosa dan memudahkan akses mendapatkan selulosa untuk menghasilkan gula reduksi yang lebih maksimal (Dias, Pereira, Jesus, & Rossell, 2011). Sehingga dapat disimpulkan level selulosa yang tinggi akan menghasilkan gula reduksi yang tinggi juga untuk proses hidrolisis nantinya (Winarni & Maulidina, 2018). Untuk mengukur gula reduksi pada suatu larutan menggunakan alat *Portable Refractometer* HT113ATC. Dan pH 5 diatur setelah proses hidrolisis sebelum dilakukan fermentasi dengan menggunakan NaOH (Thangavelu et al., 2019). Contoh dari hasil uji gula reduksi menggunakan alat *portable refractometer* dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 4. 2** Contoh hasil uji gula reduksi menggunakan *portable refractometer*

#### A. Variasi Konsentrasi Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )

Dalam penelitian ini menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sebagai katalis pada proses hidrolisis karena kelebihanannya yaitu mempercepat proses terbentuknya gula reduksi dan rendahnya pembentukan partikel berbahaya pada produk (Maurya et al., 2015). Terdapat 5 konsentrasi yang digunakan yaitu asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dengan waktu 90 menit. Berikut grafik uji gula reduksi ( $^{\circ}$ Brix) terhadap konsentrasi asam.



**Gambar 4. 3** Kadar gula reduksi hasil hidrolisis variasi konsentrasi asam

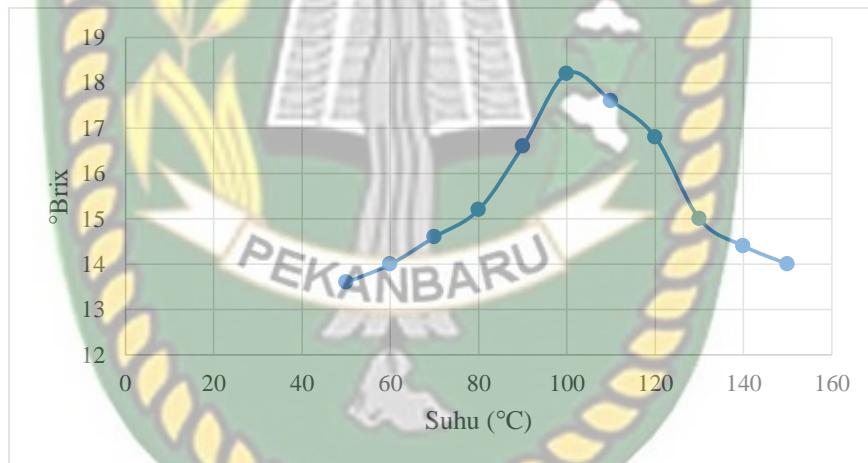
Konsentrasi asam 5% memiliki gula reduksi sebesar 5.5 °Brix, dan untuk 10%, 15%, 20%, dan 25% memiliki gula reduksi sebesar 8.8 °Brix, 13.3 °Brix, 16 °Brix, 18.2 °Brix. Semakin tinggi tingkat konsentrasi asam, maka semakin tinggi juga gula reduksi karena asam kuat akan menyebabkan degradasi glukosa hasil hidrolisis (Febriani, Ridlo, & Susanto, 2014). Gula reduksi yang tinggi akan menghasilkan kadar etanol yang tinggi juga (Winarni & Maulidina, 2018). Tetapi konsentrasi asam yang terlalu tinggi memiliki kelemahan yaitu korosi peralatan, waktu reaksi yang lama, dan biaya yang mahal (Talebnia, Karakashev, & Angelidaki, 2010).

#### B. Variasi Temperatur

Temperatur merupakan faktor penting dalam proses hidrolisis. Pada penelitian ini terdapat 11 variasi temperatur yaitu dari temperatur 50°C, 60°C, 70°C sampai 150°C. Pada dasarnya, semakin tinggi temperatur maka akan semakin tinggi kandungan gula reduksi pada suatu sampel karena mempercepat degradasi reaksi kimia (Fuadi & Harismah, 2014). Tingginya temperatur ditandai dengan semakin pekatnya warna.



**Gambar 4. 4** Hasil hidrolisis pada suhu (1) 50°C (2) 60°C (3) 70°C (4) 80°C (5) 90°C (6) 100°C (7) 110°C (8) 120°C (9) 130°C (10) 140°C (11) 150°C



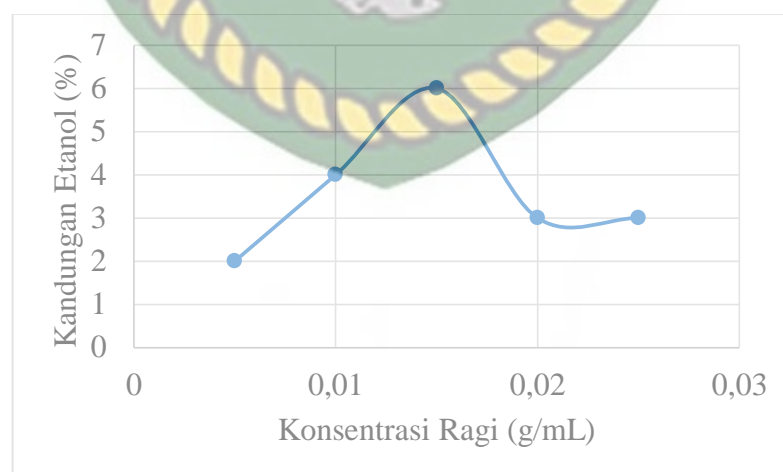
**Gambar 4. 5** Kadar gula reduksi hasil hidrolisis variasi temperatur

Namun, ada kondisi optimum temperatur dimana ketika hidrolisis melewati temperatur optimum, maka kandungan gula reduksi di dalam sampel juga akan semakin menurun. Dapat dilihat pada gambar grafik diatas. Pembacaan grafik menunjukkan bahwa temperatur optimum adalah 100°C. Pada temperatur 50°C sampai 100°C hasil uji gula reduksi terus meningkat, namun setelah suhu 100°C hasil uji gula reduksi semakin menurun. Hal ini terjadi karena adanya glukosa pada sampel yang pecah menjadi arang, selain itu pada suhu optimum, air sebagai zat peng-hidrolisis tetap berada pada fase cair, sehingga terjadi kontak yang baik yang memungkinkan reaksi dapat

berjalan dengan baik (Osvaldo et al., 2012). Selain itu, apabila suhu diatas dari suhu optimum maka katalis akan menguap dan mengakibatkan melambatnya reaksi hidrolisis dimana akan mempengaruhi konsentrasi gula yang diperoleh (Mayangsari & Abtokhi, 2014).

#### 4.2 Kadar Alkohol dengan Variasi Jumlah Inokulan

Pada prinsipnya, fermentasi adalah perubahan 1 mol glukosa (gula) menjadi 2 mol etanol dan 2 mol karbon dioksida dengan bantuan metabolisme ragi (Winarni & Maulidina, 2018). Fermentasi juga dilakukan pada suhu ruangan selama 72 jam (Casabar et al., 2019). Pada penelitian ini proses fermentasi dilakukan oleh spesies ragi *Saccharomyces* karena ragi ini tidak sensitif terhadap suhu dan konsentrasi substrat, cepat tingkat fermentasi serta toleransi etanol yang tinggi yaitu mencapai 10% (b/v) (Oiwoh, Ayodele, Amenaghawon, & Okieimen, 2018). Untuk menjaga ragi tetap hidup, maka sebelum fermentasi pH perlu diatur menjadi 4-5 dengan menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH) untuk meningkatkan pH dan asam klorida (HCl) untuk menurunkan pH (Hossain & Fazliny, 2010). Setelah proses fermentasi, maka proses yang berikutnya adalah destilasi dengan unit destilasi alkohol pada suhu 78.4°C (Thangavelu et al., 2019). Dari proses destilasi, sampel sebanyak 450 mL menghasilkan etanol sebanyak ±50 mL dengan kadar etanol yang berbeda-beda. Jumlah inokulan mempengaruhi hasil kadar etanol yang akan diproduksi nantinya.

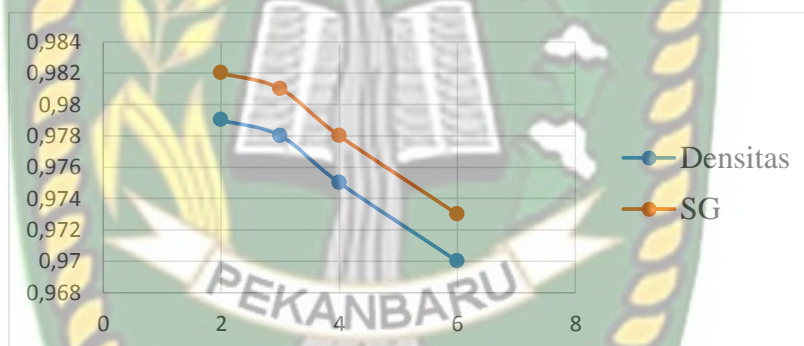


**Gambar 4. 6** Kadar bioetanol dengan variasi jumlah inokulan

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa perbedaan jumlah inokulan berpengaruh terhadap kadar etanol nantinya. Kadar bioetanol menurun seiring dengan naiknya konsentrasi inokulan setelah mencapai titik optimumnya. Dari jumlah inokulan 0.005 g/mL ke 0.01 g/mL mengalami kenaikan kadar etanol yaitu dari 2% menjadi 4%. Kemudian ditambahkan inokulan sehingga jumlah inokulannya menjadi 0.015 g/mL kadar etanolnya masih meningkat menjadi 6%. Namun, ketika ditambahkan inokulan sehingga jumlah inokulannya 0.02 g/mL dan 0.025 g/mL kadar etanol semakin menurun, yaitu 4%. Hal ini terjadi karena habisnya glukosa dan transisi metabolisme ragi menuju pemanfaatan etanol sebagai sumber karbon (Hajar et al., 2012).

#### 4.3 *Properties* Bioetanol

##### A. Densitas dan *Specific Gravity* (SG)



**Gambar 4. 7** Grafik kadar bioetanol terhadap densitas dan *specific gravity*

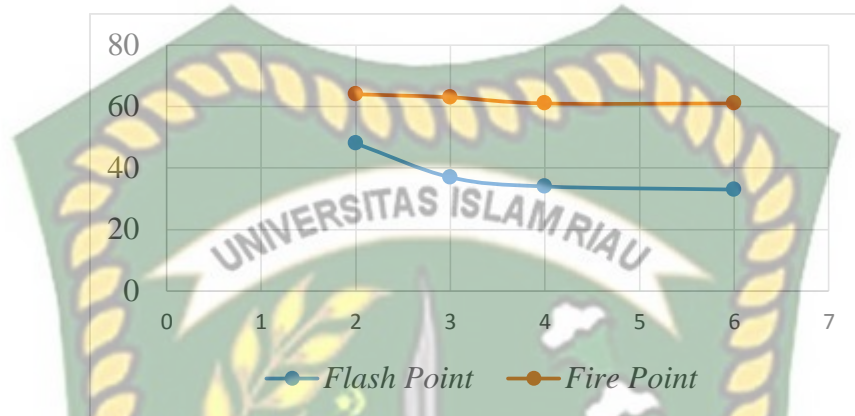
Semakin tinggi kadar suatu etanol, maka akan semakin rendah nilai densitas suatu etanol sehingga memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan kadar etanol 2%, 3%, 4%, dan 6% memiliki nilai densitas 0.979 g/mL, 0.978 g/mL, 0.975 g/mL, dan 0.97 g/mL. Etanol rata-rata dari kadar 2%, 3%, 4%, dan 5% etanol adalah 0.975. Hal ini karena pada suhu tertentu etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi akan mengalami penguapan karena terbawa oleh gas CO<sub>2</sub>, densitas dari larutan yang tinggi akan mengakibatkan larutan tersebut semakin sulit untuk menguap dan etanol yang menguap akan menyisakan air (Mayangsari & Abtokhi, 2014).

Semakin tinggi kadar etanol, maka akan semakin tinggi juga nilai SG-nya. Karena densitas berbanding lurus dengan SG sesuai dengan persamaan



densitas dimana SG merupakan perbandingan antara densitas dari etanol dengan densitas air (Braide, 2018). SG rata-rata dari etanol 2%, 3%, 4%, dan 6% adalah 0.9785.

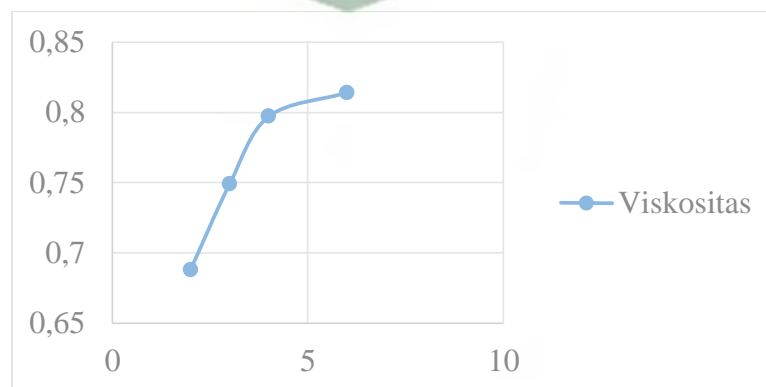
#### B. *Flash Point* dan *Fire Point*



**Gambar 4. 8** Grafik kadar bioetanol terhadap *flash point* dan *fire point*

Hubungan nilai *flash point* dan *fire point* dan etanol yaitu semakin tinggi kadar bioetanol maka semakin rendah nilai *flash point* dan *fire point*-nya dan pentingnya mengetahui kedua nilai ini adalah untuk keselamatan (Sutanto, Jaya, & Mulyanto, 2013). Untuk kadar etanol 2%, 3%, 4%, dan 6% memiliki nilai *flash point* senilai 48°C, 37°C, 34°C, dan 33°C, sedangkan nilai *fire point*nya senilai 64°C, 63°C, 61°C, dan 61°C. Sehingga, nilai rata-rata *flash point* dan *fire point* dari 2%, 3%, 4%, dan 6% kadar etanol adalah 38 dan 62.25.

#### C. Viskositas



**Gambar 4. 9** Grafik kadar bioetanol terhadap viskositas

Semakin tinggi kadar etanol, maka semakin viskositasnya, sehingga dapat disimpulkan hubungan kadar etanol dan viskositas adalah berbanding lurus. Kadar etanol berpengaruh terhadap viskositas yang dihasilkan, hal tersebut karena adanya perbedaan *specific gravity* pada etanol yang mana apabila kadar etanol tinggi, maka kadar air semakin sedikit (Sutanto et al., 2013). Dimana nilai viskositas untuk kadar etanol 2%, 3%, 4%, dan 6% adalah 0.688, 0.749, 0.797, dan 0.814, sehingga nilai rata-rata viskositas pada kadar etanol 2%, 3%, 4%, dan 6% adalah 0.762.

#### 4.4 Penurunan Nilai *Pour Point Waxy Crude Oil*

Pengujian bioetanol terhadap *waxy crude oil* dilakukan dengan bioetanol kadar optimum yaitu 6% dengan variasi konsentrasi asam 25% dan temperatur 100°C pada proses hidrolisis dan jumlah inokulan 0.015 g/mL pada proses fermentasi dengan 3 sumbu minyak yang mengandung *wax*, yaitu minyak #C01, #C02, dan #C03. Dan hasil dari pencampuran bioetanol dan *waxy crude oil* dapat dilihat dari tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 1** *Pour Point* #C01

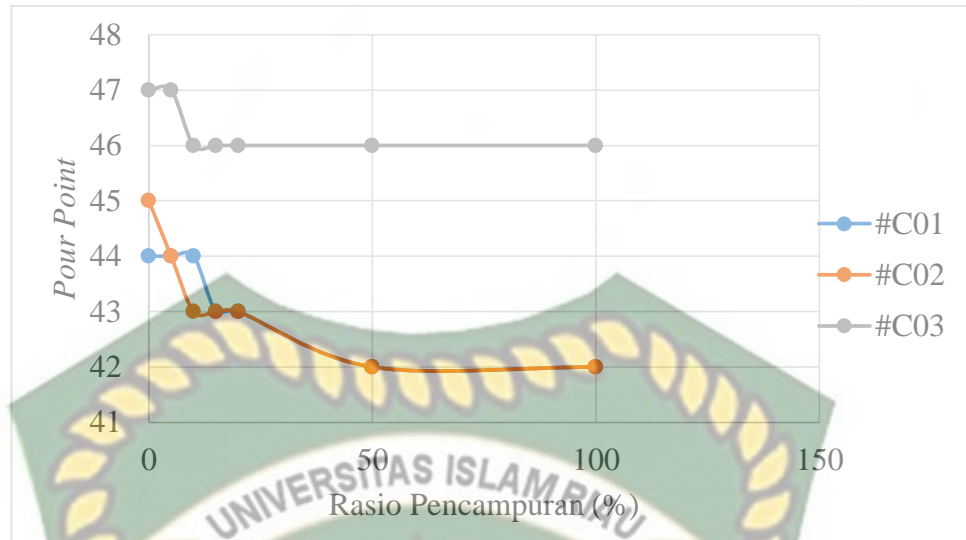
Parameter	<i>Waxy Crude Oil</i>	Rasio Pencampuran <i>Waxy Crude Oil</i> + Etanol (%)					
		5%	10%	15%	20%	50%	100%
<i>Pour Point</i>	44	44	44	43	43	42	42

**Tabel 4. 2** *Pour Point* #C02

Parameter	<i>Waxy Crude Oil</i>	Rasio Pencampuran <i>Waxy Crude Oil</i> + Etanol (%)					
		5%	10%	15%	20%	50%	100%
<i>Pour Point</i>	45	44	43	43	43	42	42

**Tabel 4. 3** *Pour Point* #C03

Parameter	<i>Waxy Crude Oil</i>	Rasio Pencampuran <i>Waxy Crude Oil</i> + Etanol (%)					
		5%	10%	15%	20%	50%	100%
<i>Pour Point</i>	47	47	46	46	46	46	46



Gambar 4. 10 Grafik campuran bioetanol dan *waxy crude oil* terhadap *pour point*



Gambar 4. 11 Contoh *pour point*

Dapat dilihat dari nilai *pour point* pada *waxy crude oil* setelah ditambahkan bioetanol semakin menurun walaupun tidak signifikan. Dimana *pour point* adalah suhu dimana minyak mulai kehilangan fluiditasnya (Chi, Yang, Sarica, & Daraboina, 2019). Nilai *pour point* memiliki efek apabila *waxy crude oil* ditambahkan dengan bioetanol (Pedersen & Rønningsen, 2003). Dari 5%, 10%, 15%, 20%, 50% dan 100% penambahan etanol hanya menurunkan nilai *pour point* sebesar 2-3°C.

Pada minyak sumur #C01, nilai *pour point* tidak terjadi perubahan dengan penambahan bioetanol sebanyak 5% dan 10%. Namun, nilai *pour point* menurun

dengan penambahan bioetanol sebanyak 15% dari suhu 44°C menjadi 43°C. Dan pada pencampuran bioetanol sebanyak 20%, suhu *pour point* tidak mengalami perubahan. Dan *pour point* menurun 1°C pada pencampuran sebanyak 50% dari 43°C menjadi 42°C dan *pour point* tidak menurun lagi walaupun ditambahkan dengan bioetanol sebanyak 100%.

Untuk minyak sumur #C02 terjadi penurunan nilai *pour point* sebesar 3°C. Pada awalnya, minyak memiliki nilai *pour point* 45°C. Ketika dicampurkan dengan bioetanol sebanyak 5%, nilai *pour point* menurun 1°C menjadi 44°C dan menurun lagi ketika pencampuran bioetanol sebanyak 10% menjadi 43°C dan terus konstan pada suhu tersebut dan turun lagi pada pencampuran sebanyak 50% bioetanol menjadi 42°C. Hingga 100% pencampuran bioetanol, nilai *pour point* masih tetap konstan dan tidak mengalami penurunan kembali.

Jika pada minyak sumur #C02 nilai *pour point* menurun 3°C, berbeda halnya dengan minyak sumur #C03 yang hanya turun 1°C. Minyak sumur #C03 memiliki nilai *pour point* 47°C. Ketika dicampurkan dengan bioetanol sebanyak 5%, nilai *pour point* tidak berubah sama sekali. Dan baru menurun 1°C pada pencampuran bioetanol sebanyak 10% dari 47°C menjadi 46°C. Selanjutnya tidak ada perubahan nilai *pour point* atau dapat dikatakan konstan hingga pencampuran bioetanol sebanyak 100%. Namun, dosis bioetanol disarankan tidak lebih tinggi dari 400 ppm (400,000 mg didalam 1,000,000 ml) karena tidak disarankan secara ekonomi (Fang, Zhang, Ma, & Zhang, 2012) atau dosis bioetanol tidak lebih dari 6% (Ghosh, Karmakar, Das, & Das, 2014).

Bioetanol dapat menurunkan nilai *pour point* karena adanya gaya Van der Waals yang terjadi dimana *wax crude oil* memiliki dua bagian molekul yaitu bagian polar dan bagian nonpolar. Bagian nonpolar merupakan rantai alkil yang panjang yang akan berinteraksi dengan *solvent* melalui nukleasi, adsorpsi atau co-kristalisasi. Kristalisasi adalah proses pembentukan parafin yang mengendap membentuk *wax*. *Solvent* bereaksi dengan *waxy crude oil* karena gaya tarik menarik Van der Waals yang berinteraksi pada bagian nonpolar sehingga *solvent* bisa bercampur dengan *waxy crude oil* dan menurunkan nilai *pour point* (Gupta & Prakash, 2015).

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Destilasi dengan suhu 78.4°C dengan fermentasi sampel 450 mL menghasilkan etanol sebanyak  $\pm 50$  mL.
2. Gula reduksi optimum sebesar 18.2°Brix dengan temperatur 100°C dan asam sulfat 25% dengan kadar alkohol 6% pada jumlah inokulan 0.015 g/mL.
3. Properties bioetanol rata-rata yaitu dengan densitas senilai 0.975 g/mL, SG senilai 0.9785, flash point dan fire point senilai 38 dan 62.25, dan viskositas senilai 0.762 cP.
4. Pencampuran minyak yang memiliki *wax* dengan bioetanol mampu menurunkan nilai *pour point* sebesar 1°C hingga 3°C. Minyak sumur #C01 mengalami 2°C penurunan *pour point* dari 45°C menjadi 43°C, #C02 mengalami 3°C penurunan *pour point* dari 45°C menjadi 42°C, dan minyak sumur #C03 mengalami 1°C penurunan *pour point* dari 47°C menjadi 46°C.

### 5.2 Saran

Berdasarkan pembahasan yang sudah dipaparkan, diharapkan peneliti berikutnya dapat melakukan pengujian parameter lainnya terhadap pencampuran bioetanol dan *waxy crude oil*, seperti viskositas, *wax appearance temperatur* (WAT), dan lain-lain. Dan juga diharapkan dapat menjabarkan tingkat keekonomisan dari pencampuran bioetanol dan *waxy crude oil* dan diharapkan dapat melakukan *blending solvent* dengan larutan lain seperti *xylene*, *toluene*, dan lain-lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, M. B. D., Hidayat, F., Husna, U. Z., & Pangaribuan, L. (2018). Possibility of wax control techniques in Indonesian oil fields, (March). <https://doi.org/10.1063/1.5028059>
- Al-Sabagh, A. M., Khidr, T. T., Moustafa, H. Y., Mishrif, M. R., & Al-Damasy, M. H. (2017). Synergistic effect between surfactants and polyacrylates-maleicanhydride copolymers to improve the flow properties of waxy crude oil. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 38(7), 1055–1062.
- Al-yaari, M., & Fahd, K. (2011). SPE 155412 Paraffin Wax Deposition : Mitigation & Removal Techniques, (March), 14–16.
- Alves, B. F., Pereira, P. H. R., Rita de Cássia, P. N., & Lucas, E. F. (2019). Influence of solvent solubility parameter on the performance of EVA copolymers as pour point modifiers of waxy model-systems. *Fuel*, 258, 116196.
- Azizah, N., Al-Barrii, A. N., & Mulyani, S. (2012). Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(3).
- Ban-Koffi, L., & Hann, Y. W. (1990). Alcohol production from pineapple waste, 281–284.
- Banerjee, S., Kumar, S., Mandal, A., & Naiya, T. K. (2017). Design of novel chemical solvent for treatment of waxy crude. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 15(4), 363–379.
- Bhandari, S. V, Panchapakesan, A., Shankar, N., & Kumar, H. G. A. (2013). Production of Bioethanol From Fruit Rinds by Saccharification and Fermentation, 2(6), 362–365.
- Binod, P., Sindhu, R., Singhanian, R. R., Vikram, S., Devi, L., Nagalakshmi, S., ... Pandey, A. (2010). Bioethanol production from rice straw: an overview. *Bioresource Technology*, 101(13), 4767–4774.

- Braide, W. (2018). Production and Spectrophotometric Quantification of Bioethanol from Pineapple Fruit Skin, *1*(2), 67–74.
- Casabar, J. T., Unpaprom, Y., & Ramaraj, R. (2019). Fermentation of pineapple fruit peel wastes for bioethanol production. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1–5.
- Chanda, D., Sarmah, A., Borthakur, A., Rao, K. V., Subrahmanyam, B., & Das, H. C. (1998). Combined effect of asphaltenes and flow improvers on the rheological behaviour of Indian waxy crude oil, *77*(11), 1163–1167.
- Chi, Y., Yang, J., Sarica, C., & Daraboina, N. (2019). A Critical Review of Controlling Paraffin Deposition in Production Lines Using Chemicals. *Energy & Fuels*, *33*(4), 2797–2809.
- Conesa, C., Seguí, L., Laguarda-Miró, N., & Fito, P. (2016). Microwave-assisted alkali pretreatment for enhancing pineapple waste saccharification. *BioResources*, *11*(3), 6518–6531.
- Dias, M. O. S., Pereira, M., Jesus, C. D. F., & Rossell, C. E. V. (2011). Simulation of integrated first and second generation bioethanol production from sugarcane : comparison between different biomass pretreatment methods, 955–966. <https://doi.org/10.1007/s10295-010-0867-6>
- Ellison, B. T., Consulting, P., Gallagher, C. T., Petrolite, L. M. F. B., & Lorimer, S. E. (2016). The Physical Chemistry of Wax , Hydrates , and Asphaltene OTC 11963 The Physical Chemistry of Wax , Hydrates , and Asphaltene, (March). <https://doi.org/10.4043/11963-MS>
- Fachry, A. R., Astuti, P., & Puspitasari, T. G. (2013). Pembuatan bietanol dari limbah tongkol jagung dengan variasi konsentrasi asam klorida dan waktu fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, *19*(1).
- Fang, L., Zhang, X., Ma, J., & Zhang, B. (2012). Investigation into a Pour Point Depressant for Shengli Crude Oil.
- Febriani, N. I., Ridlo, A., & Susanto, A. B. (2014). Potensi Yeast Dalam Fermentasi Alginofit *Sargassum polycystum* CA Agardh dengan Hidrolisis Asam Sulfat Untuk Pembuatan Bioetanol. *Journal Of Marine Research*, *3*(2),

91–98.

- Febriyanti, L., & Rufita, E. (2011). Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) Dengan Proses Enzimasi dan Fermentasi.
- Fuadi, A. M., & Harismah, K. (2014). The Influence of Temperature , Time and Initial Heating on Enzymatic Hydrolysis of a Used Paper to Produce Glucose, 59–64.
- Ghosh, P., Karmakar, G., Das, M., & Das, T. (2014). Petroleum Science and Technology Synthesis and Characterization of Homo Polymer of Acrylate of Mixed Alcohols ( Decyl , Dodecyl , and Myristyl Alcohol )— A Potential Pour Point Depressant for Lubricating Oils Synthesis and Characterization of Homo Polymer, (December 2014), 37–41. <https://doi.org/10.1080/10916466.2010.543722>
- Gil, L. S., & Maupoey, P. F. (2018). An integrated approach for pineapple waste valorisation. Bioethanol production and bromelain extraction from pineapple residues. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1224–1231.
- Gray, K. A., Zhao, L., & Emptage, M. (2006). Bioethanol. *Current Opinion in Chemical Biology*, 10(2), 141–146.
- Gupta, A., & Prakash, J. (2015). Sustainable bio-ethanol production from agro-residues : A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 550–567. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.032>
- Hajar, N., Zainal, S., Atikah, O., & Tengku Elida, T. Z. M. (2012). Optimization of Ethanol Fermentation from Pineapple Peel Extract Using Response Surface, 6(12), 1102–1108.
- Halim, N., Ali, S., Nadeem, M. N., Abdul Hamid, P., & Tan, I. M. (2011). Synthesis of wax inhibitor and assessment of squeeze technique application for Malaysian waxy crude. In *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Hossain, A., & Fazliny, A. R. (2010). Creation of alternative energy by bio-ethanol production from pineapple waste and the usage of its properties for engine. *African Journal of Microbiology Research*, 4(9), 813–819.



- Hu, J., Guo, Z., Glasius, M., Kristensen, K., Xiao, L., & Xu, X. (2011). Pressurized liquid extraction of ginger ( *Zingiber officinale* Roscoe ) with bioethanol: An efficient and sustainable approach. *Journal of Chromatography A*, 1218(34), 5765–5773. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.06.088>
- Itelima, J., Onwuliri, F., Onwuliri, E., Onyimba, I., & Oforji, S. (2013). Bioethanol production from banana, plantain and pineapple peels by simultaneous saccharification and fermentation process.
- Khaibullina, K. (2016). SPE-184502-STU Technology to Remove Asphaltene, Resin and Paraffin Deposits in Wells Using Organic Solvents.
- Maurya, D. P., Singla, A., & Negi, S. (2015). An overview of key pretreatment processes for biological conversion of lignocellulosic biomass to bioethanol. *3 Biotech*, 5(5), 597–609.
- Mayangsari, V., & Abtokhi, A. (2014). ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU dan WAKTU PADA PROSES HIDROLISIS TERHADAP KADAR GLUKOSA DALAM PEMANFAATAN Lemna minor SEBAGAI BIOETANOL. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 7(1), 16–22.
- Mielenz, J. R. (2001). Ethanol production from biomass: technology and commercialization status. *Current Opinion in Microbiology*, 4(3), 324–329.
- Oiwoh, O., Ayodele, B. V, Amenaghawon, N. A., & Okieimen, C. O. (2018). Optimization of bioethanol production from simultaneous saccharification and fermentation of pineapple peels using *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 22(1), 54–59.
- Oktaviani, R., & Amraini, S. Z. (2014). Produksi Etanol Dari Limbah Kulit Nanas Dengan Metode Solid State Fermentation (SSF) Terhadap Variasi Waktu Dan Variasi Ukuran Partikel Substrat.
- Oswaldo, Z. S., S, P. P., & Faizal, M. (2012). Pengaruh Konsentrasi Asam Dan Waktu Pada Proses Hidrolisis Dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol Dari Alang-Alang, *18*(2).
- Pedersen, K. S., & Rønningsen, H. P. (2003). Influence of wax inhibitors on wax

appearance temperature, pour point, and viscosity of waxy crude oils. *Energy & Fuels*, 17(2), 321–328.

Rocha, T. S., Costa, G. M. N., & Embiruçu, M. (2015). Modeling Wax Appearance Temperature. In *SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference*. Society of Petroleum Engineers.

Saidur, R., Abdelaziz, E. A., Demirbas, A., Hossain, M. S., & Mekhilef, S. (2011). A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2262–2289. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.015>

Statistik, B. P. (2018). Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia, 2017. *Jakarta: Badan Pusat Statistik*.

Sun, Y., & Cheng, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production : a review q, 83, 1–11.

Sutanto, R., Jaya, H., & Mulyanto, A. (2013). Analisa Pengaruh Lama Fermentasi Dan Temperatur Distilasi Terhadap Sifat Fisik (Specific Gravity Dan Nilai Kalor) Bioetanol Berbahan Baku Nanas (Ananas Comosus), 3(2), 91–100.

Talebnia, F., Karakashev, D., & Angelidaki, I. (2010). Production of bioethanol from wheat straw: an overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation. *Bioresource Technology*, 101(13), 4744–4753.

Taraneh, J. B., Rahmatollah, G., & Hassan, A. (2008). Effect of wax inhibitors on pour point and rheological properties of Iranian waxy crude oil, 9, 3–7. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.03.013>

Thangavelu, S. K., Rajkumar, T., Pandi, D. K., Ahmed, A. S., & Ani, F. N. (2019). Microwave assisted acid hydrolysis for bioethanol fuel production from sago pith waste. *Waste Management*, 86, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.035>

Wang, K.-S., Wu, C.-H., Creek, J. L., Shuler, P. J., & Tang, Y. (2003). Evaluation of Effects of Selected Wax Inhibitors on Paraffin Deposition. *Petroleum Science and Technology*, 21(3–4), 369–379. <https://doi.org/10.1081/LFT-120018526>

- Winarni, I., & Maulidina, R. (2018). Bioethanol Production from Bamboo Pulp using Enzymatic Sacharificationwith Several Concentration of Surfactant. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/209/1/012051>
- Yang, F., Zhao, Y., Sjöblom, J., Li, C., & Paso, K. G. (2015). Polymeric wax inhibitors and pour point depressants for waxy crude oils: a critical review. *Journal of Dispersion Science and Technolgy*, 36(2), 213–225.
- Zhang, H., & Xiao, W. (2012). Pour Point Depressant (PPD) and Flow Improver Additives (FIA) of Crude Oil and Its Study Method Progress, 527, 1844–1847. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.524-527.1844>

