

**FORMULASI *BIOETHANOL* DARI LIMBAH KULIT NANAS
DAN PENAMBAHAN *ADDITIVE TOLUENE* SEBAGAI *WAX*
*INHIBITOR***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

FADILUL FADLY

NPM 163210308



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

**FORMULASI *BIOETHANOL* DARI LIMBAH KULIT NANAS
DAN PENAMBAHAN *ADDITIVE TOLUENE* SEBAGAI *WAX*
*INHIBITOR***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

FADILUL FADLY

NPM 163210308



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Fadilul Fadly

NPM : 163210308

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Tugas akhir : Formulasi Bioetanol Dari Kulit Nanas Dan Penambahan *Additive Toluene* 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 : Muhammad Khairul Afdhol, S.T., M.T ()

Penguji : Idham Khalid, S.T., M.T ()

Penguji : Richa Melysa, S.T., M.T ()

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 26 Maret 2021

Disahkan oleh:

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**


NOVIA RITA, S.T., S.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, 17 Maret 2021



Fadilul Fadly
NPM. 163210308

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 Muhammad Khairul Afdhol, S.T., M.T selaku dosen pembimbing.
3. Laboratorium Dasar Universitas Islam Riau, yang telah menyediakan sarana serta prasarana guna mendukung keberhasilan penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak Ir H. Ali Musnal 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. Partner saya dalam menyelesaikan penelitian ini ialah Mahmud Hakim, dan teruntuk teman-teman selama perkuliahan yaitu Alfarabi, Bima Syahreza Rizky Fauzy, Anugerah, Yoga, Alfi, Dio dan Hanif.
7. Teman-teman angkatan 2016 terutama (Kelas B 2015).

Pekanbaru, 17 Maret 2020

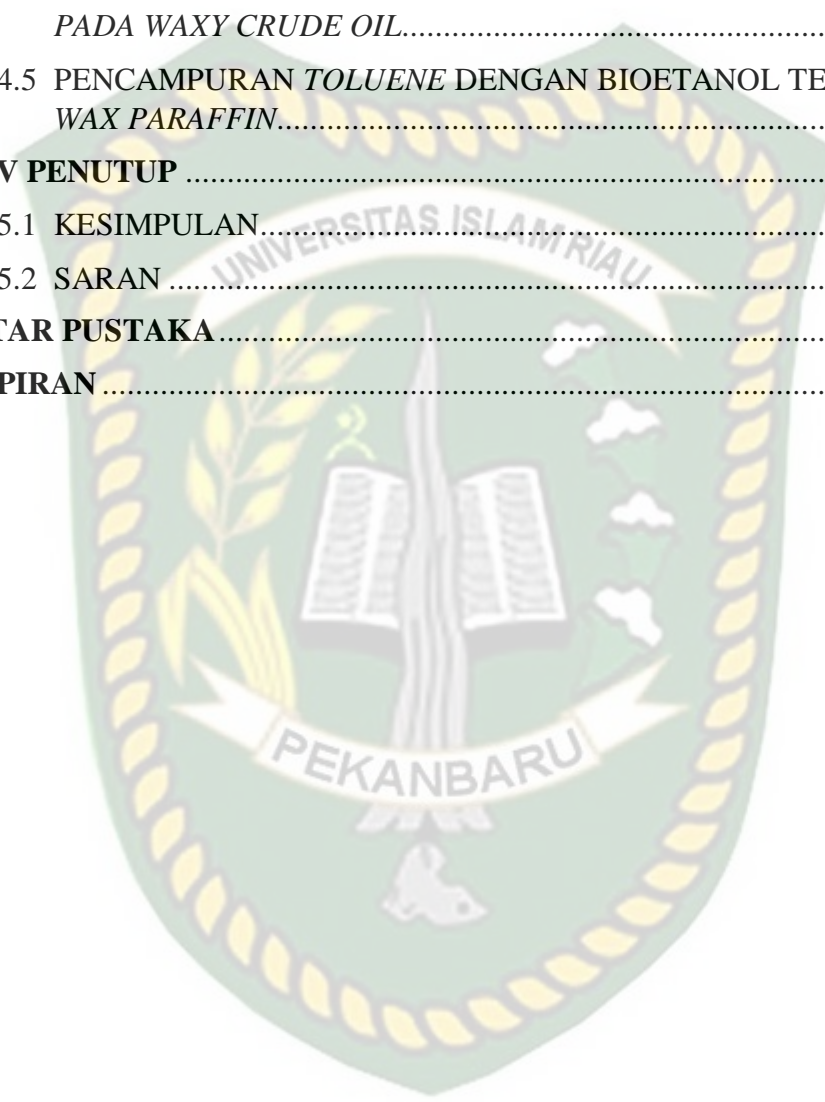


Fadilul Fadly

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. <i>WAX PARAFFIN</i>	4
2.2 BIOETANOL	4
2.3. <i>TOLUENE</i>	7
2.4. <i>STATE OF THE ART</i>	7
2.5 PENELITIAN YANG AKAN DILAKUKAN	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	10
3.1 METODOLOGI PENELITIAN	10
3.2 ALUR PENELITIAN	11
3.3 ALAT DAN BAHAN	12
3.4 PROSEDUR PENELITIAN	15
3.5 LOKASI PENELITIAN	20
3.6 WAKTU PENELITIAN	21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN	22
4.1 PROSES HIDROLIS MENGGUNAKAN ASAM HCL.....	22
4.2 FERMENTASI DENGAN <i>SACCHAROMYCES CEREVISAE</i>	24
4.3 <i>PROPERTIES</i> BIOETANOL	26
4.4 PENGUJIAN PENCAMPURAN BIOETANOL DAN <i>TOLUENE</i> <i>PADA WAXY CRUDE OIL</i>	29
4.5 PENCAMPURAN <i>TOLUENE</i> DENGAN BIOETANOL TERHADAP <i>WAX PARAFFIN</i>	31
BAB V PENUTUP	33
5.1 KESIMPULAN.....	33
5.2 SARAN	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alat Penelitian.....	12
Gambar 3.2 Alat Penelitain (Lanjutan)	13
Gambar 3.3 Bahan Penelitian	14
Gambar 3.4 Sampel kulit nanas	15
Gambar 3.5 Seperangkat alat pengenceran asam.....	16
Gambar 3.6 Rangkaian alat proses hidrolisis.....	16
Gambar 3.7 Sampel Fermentasi	18
Gambar 4.1 (a) Nanas dan (b) Kulit Nanas	22
Gambar 4.2 Contoh hasil uji kadar gula reduksi.....	22
Gambar 4.3 Kadar Gula Reduksi Hasil Hidrolisis Dengan Variasi Konsentrasi. 23	
Gambar 4.4 Kadar Gula Reduksi Hasil Hidrolisis Dengan Variasi Waktu Pemanasan.....	24
Gambar 4.5 Kadar etanol dari proses fermentasi dengan variasi waktu	25
Gambar 4.6 Contoh pengukuran kadar etanol menggunakan alcoholmeter.....	25
Gambar 4.7 Grafik kadar bioetanol terhadap nilai densitas dan sg.....	26
Gambar 4.8 Grafik kadar bioetanol terhadap viskositas	27
Gambar 4.9 Hasil Gas <i>Chromotografy</i> Etanol Standar	28
Gambar 4.10 Hasil Gas <i>Chromotografy</i> Etanol Pengujian.....	28
Gambar 4.11 Hasil Gas <i>Chromotografy</i> Etanol.....	29
Gambar 4.12 Grafik campuran bioetanol dan toluena dan <i>waxy crude oil</i> terhadap nilai <i>pour point</i>	30
Gambar 4.13 Grafik campuran <i>toluene</i> dan <i>waxy crude oil</i> terhadap nilai <i>pour point</i>	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen Kulit Nanas.....	5
Tabel 2.2 Spesifikasi Toluene.....	7
Tabel 3.3 Spesifikasi Solvent.....	18
Tabel 3.4 Waktu Penelitian.....	21
Tabel 4.5 Komposisi Senyawa Bioetanol Kulit Nanas Dari Hasil GC-MS	28



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Komposisi Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Nanas
LAMPIRAN II	Contoh Hasil Pengukuran Kadar Gula Reduksi
LAMPIRAN III	Tabel Hasil Uji Gula Reduksi Variasi Konsentrasi
LAMPIRAN IV	Tabel Hasil Uji Gula Reduksi Variasi Waktu
LAMPIRAN V	Tabel Hasil Uji Kadar Bioetanol Variasi Waktu
LAMPIRAN VI	Hasil GC Bioetanol Standar
LAMPIRAN VII	Perhitungan Kadar Bioetanol Dari Hasil GC-MS
LAMPIRAN VII	Properties Bioetanol Dengan Variasi Waktu
LAMPIRAN IX	Persamaan Densitas, SG dan Viskositas
LAMPIRAN X	Tabel Data Sampel <i>Waxy Crude Oil</i>
LAMPIRAN XI	Tabel Komposisi Pencampuran <i>Solvent</i> dan <i>Wax Crude Oil</i>
LAMPIRAN XII	Tabel Hasil Pengukuran <i>Pour Point</i>

DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
b/v	Berat per volume
cc	<i>Centimeter cubic</i>
CO ₂	Karbon dioksida
cP	Centi poise
g	Gram
g/L	Gram per liter
H ₂ SO ₄	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
WAT	<i>Wax Appearance Temperature</i>
GC-MS	<i>Gas Chromotograph Mess Spectroscopy</i>

DAFTAR SIMBOL

%	Persen
°C	Derajat celcius
ρ	Densitas



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

FORMULASI *BIOETHANOL* DARI LIMBAH KULIT NANAS DAN PENAMBAHAN ADDITIVE TOLUENE SEBAGAI *WAX* *INHIBITOR*

FADILUL FADLY

163210308

ABSTRAK

Permasalahan deposisi *wax paraffin* merupakan salah satu masalah kepastian aliran yang terjadi pada industri migas yang menyebabkan penyumbatan selama proses produksi minyak. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut dapat menggunakan metode *chemical* yaitu menginjeksi *wax inhibitor*. Salah satu *wax inhibitor* yang efektif yaitu *solvent*. Jadi penelitian ini bertujuan untuk melakukan formulasi pembuatan *solvent* bioetanol melalui rekayasa biomasa yaitu limbah kulit nanas. Untuk pembuatan *solvent* bioetanol melalui beberapa metode yaitu *pretreatment*, hidrolisis yang bertujuan mengkonversi selulosa menjadi glukosa dengan bantuan katalis asam HCl, fermentasi yang bertujuan mengkonversi glukosa menjadi bioetanol dengan bantuan ragi *saccharomyces cerevisiae* dan terakhir destilasi. Hasilnya pada proses hidrolisis dengan variasi konsentrasi HCl 1M, 2M, 3M, 4M dan 5M menghasilkan glukosa 7 Brix, 16 Brix, 20 Brix, 21 Brix dan 24 Brix. Dan dengan variasi waktu pemanasan 1 jam sampai 5 jam kadar glukosa terus meningkat hingga mencapai titik optimum pada waktu 3 jam sebesar 24 Brix setelah itu kadar glukosa menurun. Hasil fermentasi dengan variasi waktu 1 hari sampai 6 hari didapatkan kadar bioetanol terus meningkat hingga pada titik optimum pada fermentasi selama 3 hari sebesar 16% dan setelah itu kadar bioetanol menurun. Bioetanol 16% dicampur kedalam *waxy crude oil* dengan nilai *pour point* 43°C, dan hasilnya mampu menurunkan nilai *pour point* sebesar 2-3°C. Untuk meningkatkan penurunan *pour point* bioetanol dicampur dengan *solvent* komersil yaitu *toluene*, dan hasilnya mampu menurunkan nilai *pour point* sebesar 6-7°C. Jadi dapat disimpulkan bahwa pencampuran bioetanol dan *toluene* yang dijadikan *solvent* dapat menghambat deposisi *wax paraffin*.

KATA KUNCI: *solvent, pour point, wax paraffin, saccharomyces cerevisiae*

FORMULATION OF BIOETHANOL FROM PINEAPPLE SKIN WASTE AND ADDITIVE TOLUENE AS WAX INHIBITORS

FADILUL FADLY

163210308

ABSTRACT

*The problem of paraffin wax deposition is one of the problems that occurs in the oil industry which causes blockages during the oil production process. To prevent this problem, you can use a chemical method is injecting wax inhibitors. one of the effective wax inhibitors is solvent. So this paper aims to produce bioethanol solvent through biomass engineering, namely pineapple skin waste. For the production of bioethanol through several methods, namely pretreatment, hydrolysis which aims to convert cellulose into glucose with HCl acid, fermentation which aims to convert glucose into bioethanol with the help of *saccaromyces cerevisiae* yeast and finally distillation. The result in the hydrolysis process with concentrations of HCl 1M, 2M, 3M, 4M and 5M produces glucose 7 Brix, 16 Brix, 20 Brix, 21 Brix and 24 Brix. And with a time variation of 1 hour to 5 hours, glucose continues to increase until it reaches the optimal point at 3 hours of 24 Brix after glucose levels have decreased. The results of fermentation with a variation of 1 day to 6 days found that bioethanol levels continued to increase until the optimum point in fermentation for 3 days was 16% and after that the bioethanol levels decreased. 16% bioethanol is mixed into waxy crude oil with a pour point value of 43°C, and the result is able to reduce the pour point is 2-3°C. To increase the decrease in the pour point of bioethanol, it is blend with a toluene, and the result is to reduce the pour point value by 6-7°C. So it can be concluded that mixing bioethanol and toluene as a solvent can inhibit paraffin wax deposition*

KATA KUNCI: *solvent, pour point, wax paraffin, *saccharomyces cerevisiae**

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Minyak bumi merupakan sumber energi dunia yang dikelompokkan menjadi empat senyawa yaitu Alifatik, Aromatik, Naftenik dan Olefin (El-Dalatony et al., 2019). *Paraffin* adalah bagian dari senyawa Alifatik dengan jumlah atom karbon 18-75 (Ganeeva et al., 2016). Deposisi dan kristalisasi *wax paraffin* merupakan salah satu masalah kepastian aliran yang paling umum di industri migas seluruh dunia baik *offshore* dan *onshore* (Ragunathan et al., 2020; Stewart & Arnold, 2016). Kristalisasi dan deposisi *wax paraffin* yang terjadi karena penurunan temperatur sehingga dapat membatasi aliran minyak yang menyebabkan penyumbatan selama produksi fluida (Theyab & Yahya, 2018). Deposisi dan kristalisasi *wax paraffin* dapat terjadi di pori-pori reservoir, tubing dan pipa produksi. Kristalisasi *wax paraffin* pada pori Reservoir berdampak pada penurunan permeabilitas hal ini menyebabkan penurunan aliran minyak mentah dari lapisan tersebut (Towler et al., 2011). Sedangkan deposisi *wax paraffin* pada pipa produksi juga akan menyebabkan masalah produksi karena mengurangnya diameter pipa dan juga dapat menyebabkan penyumbatan pipa (Sharma et al., 2019). Jadi masalah *paraffin* ini menyebabkan ketidakpastian aliran minyak yang akan berdampak pada penurunan tingkat produksi yang menyebabkan kerugian sangat besar pada industri migas (Yang et al., 2019), karena hal tersebut masalah ini harus ditanggulangi untuk mencegah kerugian perusahaan industri migas.

Ada beberapa solusi untuk mencegah kristalisasi dan deposisi *wax* antara lain secara mekanik, *thermal* dan *chemical* ataupun kombinasi antara beberapa cara tersebut (Jennings & Breitigam, 2010). Salah satu *chemical* yang dapat digunakan adalah *solvent*. *Solvent* merupakan salah satu *wax inhibitor* yang dapat mengubah rheology dari *paraffin* sehingga transportasi migas lebih mudah (Taraneh et al., 2008). Bioetanol adalah salah satu *solvent* yang dapat menurunkan nilai *pour point* pada *crude oil* yang mengandung *wax paraffin* (Afdhol et al., 2020).

Bioetanol dapat dibuat dari berbagai bahan yang umumnya terbagi tiga yaitu bahan yang mengandung sukrosa (tebu, nira kelapa, sweet sorghum), pati (jagung, kentang, gandum), dan lignoselulosa (kayu, rumput, kulit buah). Kulit nanas

adalah limbah lignoselulosa yang mengandung selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi, berdasarkan kandungan tersebut kulit nanas dapat diolah menjadi bioetanol dengan metode *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan destilasi (Mandari et al., 2014). Selain itu, nanas merupakan salah satu jenis buah yang banyak didapati di Indonesia. Berdasarkan Badan Pusat Statistika 2019, produksi Buah Nanas di Indonesia mencapai angka 1.805.506 ton. Produksi ini meningkat dari tahun sebelumnya yaitu tahun 2017. Peningkatan produksi buah nanas ini akan menghasilkan lebih banyak limbah kulit nanas. Satu buah nanas menghasilkan sampah kulit kisaran 34,61 % berat (Susanti et al., 2013). Oleh karena itu, pemanfaatan limbah kulit nanas tersebut menjadi produk yang berguna seperti bioetanol itu berdampak baik dalam membersihkan lingkungan dari limbah. Selain itu ketersediaannya jumlahnya limbah kulit nanas dapat diperoleh dengan sedikit atau tanpa biaya (Conesa et al., 2016). Untuk meningkatkan fungsi *solvent* bioetanol dalam menurunkan nilai *pour point* ataupun melarutkan *wax paraffin*, pada penelitian ini akan melakukan pencampuran dengan salah satu *solvent* komersil ialah *toluene*. *Toluene* merupakan *solvent* komersil yang memiliki kemampuan dapat melarutkan sejumlah kecil molekul *wax* dan dapat menurunkan nilai *pour point* (Jiang et al., 2010)

Penelitian ini belum pernah dilakukan sebelumnya, dimaksudkan untuk untuk melihat tingkat kecocokan antara *solvent* dari bahan pertanian dan *solvent* komersil dalam mengatasi masalah *wax paraffin*. Penelitian sebelumnya hanya membahas pengaruh limbah kulit nanas terhadap *wax inhibitor*. Sedangkan Penelitian ini akan melakukan pembuatan bioetanol dengan menggunakan kulit nanas serta melakukan *blending solvent* dengan *solvent* komersil ialah *toluene*, yang mana diharapkan dapat menghambat proses pembentukan *wax* dalam arti penurunan *pour point* yang signifikan dibandingkan penelitian sebelumnya.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui berapa banyak kandungan gula reduksi dan kadar ethanol yang dapat dihasilkan

2. Mengetahui karakteristik dari bioetanol sebagai *solvent* untuk pencegahan *wax paraffin* pada *crude oil*
3. Mengetahui penurunan nilai *pour point* sebelum dan setelah menambahkan bioetanol dan *toluene*

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai informasi industri migas khususnya mengalami masalah *paraffin* yang cukup tinggi dalam hal penanganan pencegahan deposisi *wax paraffin* bahwasanya limbah kulit nenas yang dijadikan bioethanol dan *additive toluene* dapat digunakan sebagai *wax inhibitor*

1.4 BATASAN MASALAH

Pada penelitian ini penulis hanya berfokus pada formulasi pembuatan bioetanol dari limbah kulit nenas dan melakukan pencampuran antara bioetanol dan *toluene* pada *crude oil* untuk melihat pengaruhnya dalam menurunkan *pour point*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. WAX PARAFFIN

Paraffin (wax) merupakan salah satu kandungan yang terdapat pada minyak bumi yang mana tergolong kedalam senyawa alifatik (El-Dalatony et al., 2019). *Paraffin (wax)* adalah atom karbon terdiri dari 18-75 yang memiliki sifat non polar dan akan membentuk endapan akibat penurunan temperatur dan kelarutan *wax* secara dramatis (Theyab & Yahya, 2018) (Ganeeva et al., 2016). Karakteristik *paraffin (wax)* lainnya adalah bewarna putih, tidak berbau, memiliki berat molekul yang tinggi, dan merupakan golongan senyawa kimia inert (Demirbas, 2016; Ellison et al., 2000).

Deposisi dan kristalisasi *wax paraffin* dapat terjadi di reservoir dan di pipa produksi. Kristalisasi *wax paraffin* di pipa tubing terjadi karena temperatur pipa bagian dalam dibawah *wax appearance temperature* (El-Dalatony et al., 2019). WAT (*wax appearance temperature*) merupakan titik embun minyak mentah yang menjadi kunci utama dalam pengendalian proses pengendapan *wax paraffin* (Towler et al., 2011).

Ada beberapa solusi untuk mencegah kristalisasi dan deposisi *wax* antara lain secara mekanik, *thermal* dan *chemical* ataupun kombinasi antara beberapa cara tersebut (Jennings & Breitigam, 2010). Salah satu chemical yang dapat digunakan ialah *solvent* yang dapat berfungsi sebagai *wax inhibitor*. *Wax inhibitor* merupakan salah satu alternative pencegahan penghambat *wax paraffin* yang paling banyak digunakan untuk menurunkan nilai *pour point* (Jing et al., 2017).

2.2 BIOETANOL

Etanol adalah senyawa organik yang memiliki kandungan berupa karbon, hidrogen dan oksigen yang memiliki rumus kimia C_2H_5OH (Susanti et al., 2013). Bioetanol dapat dibuat melalui rekayasa dari biomasa (tanaman) melalui proses biologi yaitu hidrolisis dan fermentasi (Prihandana et al., 2007). Etanol merupakan salah satu *solvent* yang dapat digunakan sebagai *wax inhibitor* (Afdhol et al., 2017). Limbah kulit nanas adalah limbah lignoselulosa yang mengandung karbohidrat yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol (Conesa et al., 2016). Pada tabel 2.1 menunjukkan komposisi dari kulit nanas yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol

Table 2.1 Komponen Kulit Nanas

Komposisi	Jumlah (%)
Lignin	4,7
Hemi-selulosa	22,4
Selulosa	19,4
Total Gula	11,7
Protein	4,4

(Ban-Koffi & Han, 1990)

Ada beberapa tahapan dalam pembuatan bioetanol dari limbah kulit nanas yaitu proses *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan destilasi

1. *Pretreatment*

Pretreatment adalah proses awal yang dilakukan dalam pembuatan bioetanol yang bertujuan memisah ikatan antara lignin dan selulosa. Proses ini dikenal sebagai proses delignifikasi, yaitu menghilangkan kandungan hemiselulosa dan lignin dan merusak struktur kristal selulosa, karena kerusakan struktur tersebut akan mempermudah selulosa terurai menjadi glukosa. Dan setelah itu senyawa gula tersebut akan difermentasi dengan mikroorganisme untuk dikonversi menjadi bioethanol (Prawitwong et al., 2012). Salah satu proses *pretreatment* yang dilakukan ialah pengecilan ukuran (Sandra, 2015).

2. Hidrolisis

Hidrolisis adalah suatu proses yang melibatkan antara reaktan dengan air agar suatu senyawa dapat terurai ataupun pecah (Hafid et al., 2017). Pada proses ini pada dasarnya memutuskan rantai polimer bahan menjadi unit unit monomer yang lebih sederhana yaitu heksosa dan pentose yang larut dengan bantuan katalis (Fernandes et al., 2018). Salah satu katalis yang umum digunakan ialah asam *chloride* (HCl), asam ini memiliki kelebihan dari asam lain yaitu merupakan oksidator kuat dan aman, selain itu asam ini pada proses penetralan garam yang terbentuk tidak berbahaya (Tasić et al., 2009). Salah satu faktor yang mempengaruhi proses ini ialah konsentrasi dan waktu.

3. Fermentasi

Fermentasi merupakan proses biokimia dengan memanfaatkan mikroorganisme yang menyebabkan terjadi perubahan atau reaksi kimia. Perubahan atau reaksi kimia yang dimaksud ialah perubahan bahan dasar glukosa menjadi produk berguna yaitu bioetanol (Tavva et al., 2016). Mikroorganisme yang efektif digunakan pada proses fermentasi ialah *saccharomyces cerevisiae*. Ragi ini memiliki kelebihan yaitu mempunyai laju fermentasi yang cepat dan tahan terhadap konsentrasi glukosa dan etanol yang tinggi (Tavva et al., 2016)

4. Destilasi

Destilasi adalah proses akhir dalam produksi bioetanol yang bertujuan untuk memisahkan komponen dari campurannya berdasarkan titik didih dengan menggunakan panas sebagai tenaga pemisah (Susanti et al., 2013). Proses destilasi dilakukan pada rentang suhu 80 C, karena etanol memiliki titik didih sekitar 78 C (Fachry et al., 2013; Torres-Jimenez et al., 2011). Untuk menentukan kadar etanol dari hasil proses destilasi ini ialah dengan menggunakan alcoholmeter (Osvaldo et al., 2012).

Solvent atau pelarut yang dibuat pada penelitian ini akan dilarutkan pada minyak yang mengandung *wax* paraffin agar dapat menurunkan nilai *pour point*. *Solvent* yang dibuat pada penelitian ini ialah bioetanol. Bioetanol merupakan salah satu jenis senyawa alkohol yang handal dalam melarutkan hampir semua senyawa molekul, sehingga etanol pada penelitian digunakan untuk mengurangi atau melarutkan kadar paraffin pada minyak bumi. *Solvent* etanol dapat melarutkan kadar paraffin pada minyak mentah disebabkan karena konsep *like dissolve like*, konsep ini menjelaskan salah satu senyawa yang bersifat polar akan larut dalam pelarut yang bersifat polar juga dan begitu sebaliknya (Arifianti et al., 2014). *Wax crude oil* dan etanol merupakan senyawa non polar yang menyebabkan gaya tarik menarik antar molekul yang disebut dengan gaya london. *Solvent* yang dikatakan ideal adalah *solvent* yang setelah dilarutkan dengan minyak mentah dapat mengurangi suhu *pour point* secara signifikan.

2.3. TOLUENE

Toluene merupakan *solvent* komersil yang memiliki kemampuan dapat melarutkan sejumlah kecil molekul *wax* dan dapat menurunkan nilai *pour point* (Jiang et al., 2010). Toluena adalah *solvent* yang termasuk pada golongan hidrokarbon aromatic yang memiliki rumus senyawa $C_6H_5CH_3$. *Toluene* merupakan wujud cairan yang tidak memiliki warna dan berbau. *Toluene* merupakan senyawa non polar yang memiliki sifat sama seperti *wax paraffin* dan bioetanol sehingga sangat efektif digunakan sebagai *solvent* (Oseghale & Ebhodaghe, 2011). Pada penelitian ini bioetanol yang dibuat akan diblendingkan dengan toluena tersebut, diharapkan akan meningkatkan kinerja bioetanol dalam menurunkan nilai *pour point* dan efektif mengurangi dan mencegah permasalahan pengendapan deposisi *wax paraffin*.

Tabel 2.2 Spesifikasi Toluene

Parameter	Keterangan
Aroma	Aromatik
Warna	Bening atau tidak bewarna
Densitas	0.87 gr/cm ³
Titik didih	110.6 °C
<i>Flash point</i>	4 °C
Berat molekul	92.14 gr/mol
Wujud	Cairan

Sumber: Ebook Chemical Engineering (n.d)

2.4. STATE OF THE ART

Produksi pembuatan bioetanol terdahulu sudah pernah dilakukan penelitian (L. W. Yoon et al., 2019) membahas tentang proses untuk produksi *bioethanol* dengan metode fermentasi dari tebu. Yang mana hasil produksi etanol sekitar 4-5.5 g/100 g substrat. Penelitian lainya produksi bioethanol dilakukan (Tsegaye et al., 2019) membahas tentang proses untuk produksi *bioethanol* dengan metode *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi dari jerami gandum yang mana hasil etanol didapatkan berkisar 68,2% setelah 96 jam fermentasi. Penelitian (Tanaka et al., 2019) juga membahas tentang produksi *bioethanol* dari batang singkong

dengan metode hidrolisis dengan asam dan fermentasi dengan *saccharomyces cerevisiae*. Yang mana hasil etanol dengan konsentrasi 37,5 g/l.

Pada penelitian (Hafid et al., 2017) membahas tentang produksi *bioethanol* dari limbah makanan dengan metode *pretreatment* dengan asam, hidrolisis dengan enzim, dan fermentasi dengan *sacchomyces cerevissae*. Yang mana dapat menghasilkan etanol berkisar 0,42 g/l. Pada penelitian lain yang dilakukan (El Harchi et al., 2018) membahas tentang produksi *bioethanol* dari biomasa *ulva rigda* dengan metode hidrolisis dengan asam H₂SO₄ dan HCL, dan fermentasi dengan ragi *pachysolen tannophilus*. Yang mana hasil etanol dengan konsentrasi 0,12 g/g. Pada penelitian yang dilakukan (Mishra & Ghosh, 2020) membahas tentang produksi *bioethanol* dari biomasa *rumput kans* dengan metode hidrolisis fraksional dengan asam H₂SO₄ dan fermentasi dengan bakteri *zymomonas mobilis*. Yang mana hasil etanol dengan konsentrasi 0,435 g/g.

Beberapa referensi dari jurnal tentang pengaplikasian *solvent* di dunia perminyakan pada penelitian (Alves et al., 2019) membahas tentang evaluasi pengaruh *Pour point* Dispersant EVA dengan mencampurkan senyawa yang hadir dalam minyak bumi untuk mengurangi nilai *Pour Point*. Senyawa tersebut dicampurkan dengan *solvent toluene, heptane, cholorofrm* yang mana hasilnya dengan pencampuran *solvent toluene* ialah dapat mengurangi *pour point* dari 30°C sampai 24 °C.

Pada Penelitian (Jafari Behbahani et al., 2015) Membahas tentang pengaruh Turunan Fullference Amina terhadap solusi pencegahan masalah kristalisasi *wax* pada *crude oil* dari Iran. Pada penelitian ini turunan Amina yang digunakan yaitu *octadecylamina* yang akan dicampur dengan *solvent toluene*. Hasil dari penelitian menunjukkan penurunan nilai *pour point* yaitu dari 18°C menjadi 12°C.

Pada penelitian (He et al., 2016) membahas pengaruh NPPD terhadap penurunan *pour point*. Selain NPPD mereka juga menggunakan PPD konvensional yang sudah ada yang biasanya mereka gunakan yang diberi nama N-6 sebagai pembanding. NPPD yang digunakan mereka ialah modifikasi MMT dan kopolimer EVA yang disiapkan dengan metode pencampuran meleleh. Hasil menunjukkan bahwa NPPD dapat menurunkan *pour point* paling efektif ialah

dari 30°C ke menjadi 21°C pada dosis 100 ppm, sedangkan PPD konvensional menurunkan hingga 23°C.

2.5 PENELITIAN YANG AKAN DILAKUKAN

Penelitian yang akan dilakukan yaitu pembuatan produksi *biosolvent* dengan limbah kulit nanas dengan proses *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Proses hidrolisis dilakukan dengan menambahkan larutan HCl sedangkan proses fermentasi dengan menggunakan ragi *saccharomyces cerevisiae*. Hasil dari proses tersebut berupa larutan *bioethanol*, yang mana hasil tersebut serta *additive toluene* dicampurkan pada sampel *crude oil*. Sehingga hasil penelitian diharapkan dapat menurunkan *pour point* dan sangat efektif dalam menghambat proses *wax*.

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

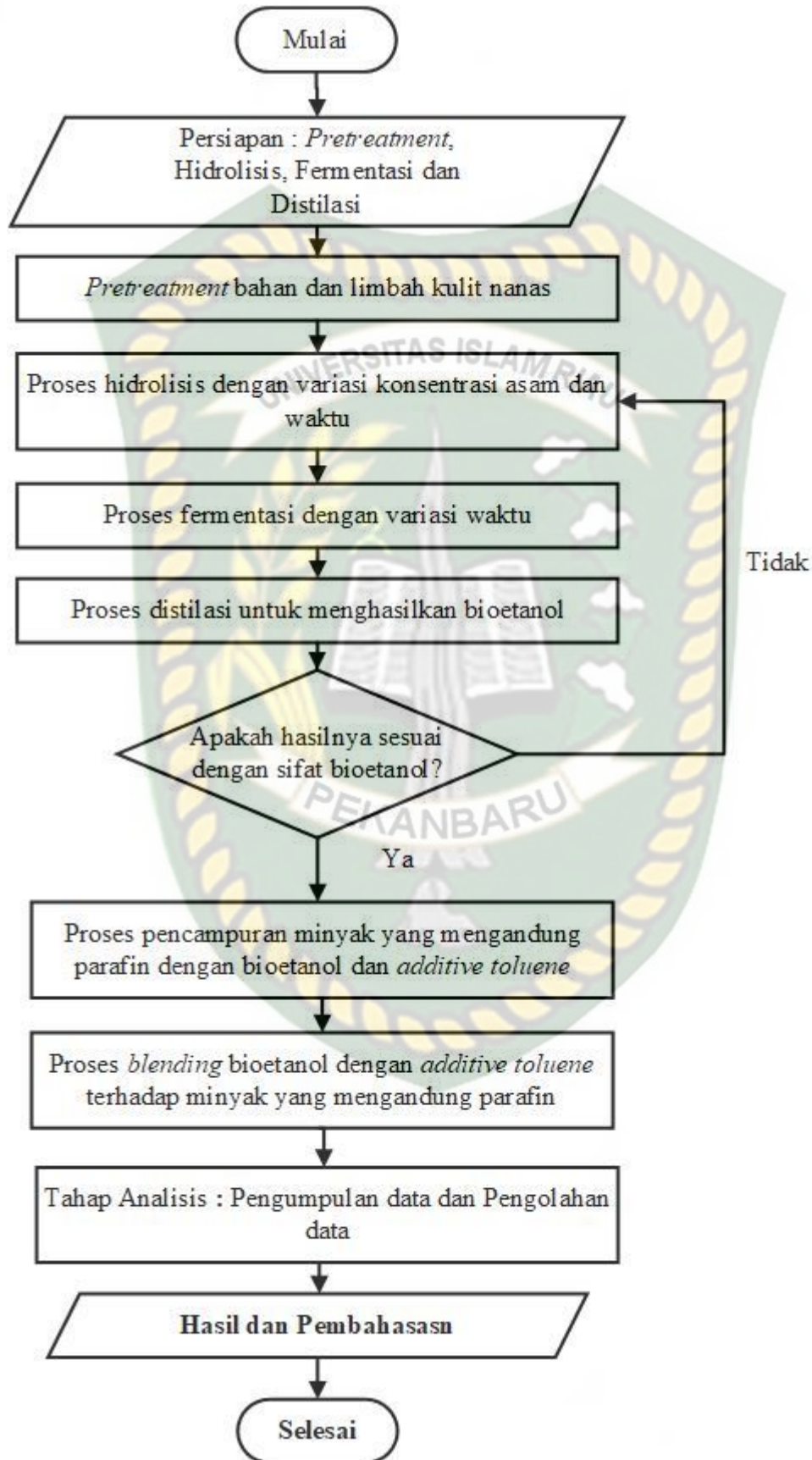
1. Limbah kulit nanas adalah biomassa yang mengandung selulosa sehingga berpotensi dijadikan produk bioetanol.
2. Bioetanol atau alkohol dapat berpotensi untuk mengurangi deposisi *wax*.
3. Pencampuran *Toluene* pada bioetanol dapat meningkatkan dalam menurunkan nilai *pour point*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODOLOGI PENELITIAN

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis melakukan penelitian dengan jenis *Exoeriment Research* yang dilakukan di Laboratorium Dasar Universitas Islam Riau. Adapun metode pada penelitian ini terdiri dari *pretreatment*, hidrolisis asam dan fermentasi untuk menghasilkan produk bioetanol dan pengujian bioetanol sebagai *wax inhibitor* serta melakukan penambahan *solvent* komersil yaitu *toluene*. Untuk melihat keakuratan kadar bioetanol yang dibuat pada penelitian dilakukan pengujian kadar bioetanol yaitu pengujian GC-MS yang dilakukan di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. 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

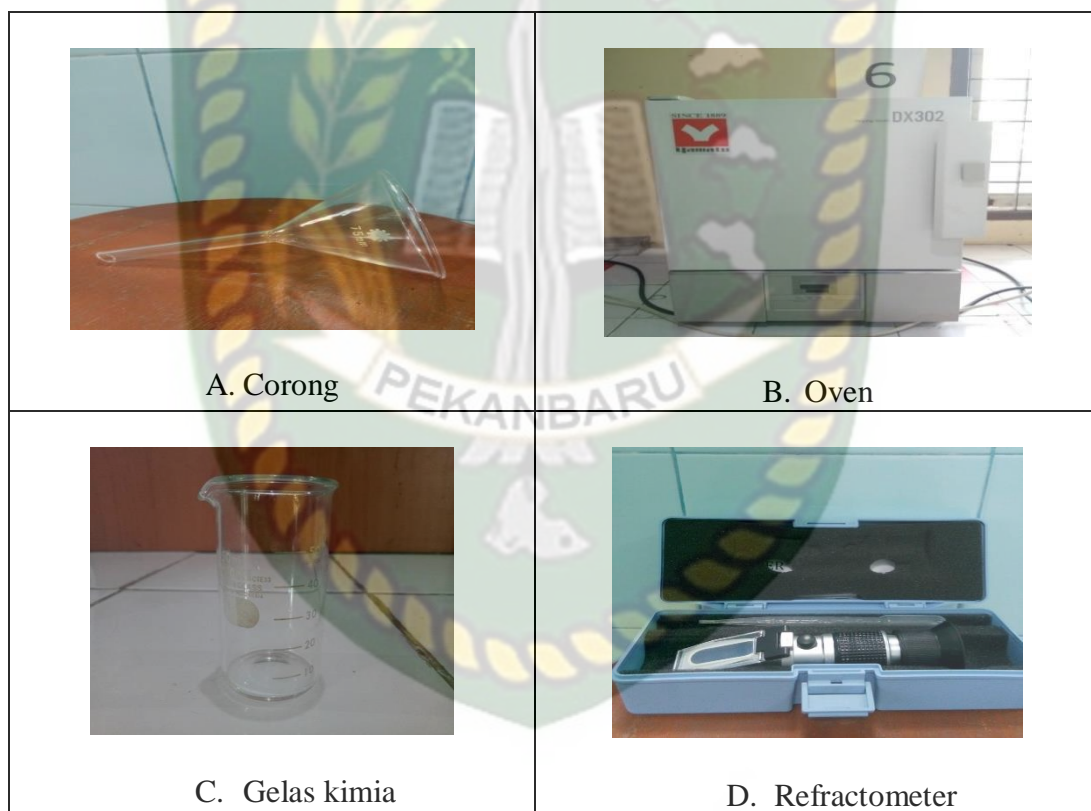
3.2 ALUR PENELITIAN



3.3 ALAT DAN BAHAN

3.3.1 Alat

- | | |
|----------------------|----------------------------------|
| 1. Gelas Kimia | 10. Pipet Tetes |
| 2. Gelas Ukur | 11. <i>Picnometer</i> |
| 3. Batang Pengaduk | 12. <i>Crude Oil Destilation</i> |
| 4. Corong | 13. <i>Stirrer</i> |
| 5. Labu Volumetrik | 14. Ruang Pengasaman |
| 6. Timbangan Digital | 15. Refractometer |
| 7. Oven | 16. Blender |
| 8. Ph Meter | 17. Labu Elemeyer |
| 9. Termometer | |



Gambar 3.1 Alat Penelitian



Gambar 3.2 Alat Penelitian (Lanjutan)

3.3.2 Bahan

1. Limbah kulit nanas
2. Asam klorida (HCl)
3. Larutan NaOH
4. *Saccomyces cerevisiae*
5. *Toluene*



Gambar 3. 3 Bahan Penelitian

3.4 PROSEDUR PENELITIAN

3.4.1 Persiapan Bahan (*Pre-treatment*)

1. Mempersiapkan Limbah kulit nanas dengan melakukan pengecilan ukuran kulit setelah itu *blending* kulit nanas dengan menambahkan *aquadest*.
2. Mempersiapkan asam *chloride* (HCl) untuk proses hidrolisa ((He et al., 2016)
3. Mempersiapkan ragi *saccharomyces cerevisiae* yang digunakan proses fermentasi
4. Mempersiapkan *additive pour point dispersant* untuk dicampurkan dengan *bioethanol* yaitu *toluene* (Alves et al., 2019)



Gambar 3.4 Sampel kulit nanas

3.4.2 Pengenceran Asam Chlorida (HCl)

1. Melakukan perhitungan konsentrasi asam yang di inginkan dengan persamaan dibawah ini

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

Dimana :

- M1 = Konsentrasi awal
- M2 = Konsentrasi yang diinginkan
- V1 = Volume yang diperlukan
- V2 = Volume yang akan dibuat

2. Menyediakan segala peralatan dan bahan : Lemari asam, pipet volumetric, corong, gelas kimia, pipet tetes, Asam HCl, dan Aquadest

3. Lakukan proses pengenceran di dalam lemari asam



Gambar 3.5 Seperangkat alat pengenceran asam

3.4.3 Proses Hidrolisis

1. Hasil dari *pre-treatment* kulit nanas dimasukkan kedalam labu elemeyer 150 ml
2. Menambahkan larutan asam klorida (HCl) sebanyak 150 ml dengan konsentrasi 1 M, 2 M, 3 M, 4 M dan 5 M pada setiap labu *erlemeyer*
3. Kemudian panaskan kedalam oven pada suhu 100°C, dengan selang waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam ((He et al., 2016)



Gambar 3.6 Rangkaian alat proses hidrolisis

3.4.4 Penyesuaian pH

Penyesuaian pH perlu dilakukan selama proses hidrolisis dan fermentasi. Pada proses hidrolisis Ph harus dijaga kisaran 3,5-4,0 dan pada proses

fermentasi pH harus dijaga kisaran 5,0-6,5. Jika Ph menjadi asam teteskan NaOH dan jika pH menjadi basa tambahkan larutan HCl. (Fachry et al., 2013; Hashem & Darwish, 2010)

3.4.5 Uji Kadar Gula Reduksi Menggunakan *Portable Refractometer* HT113ATC

1. Membersihkan alat refraktometer dengan tisu
2. Kemudian lakukan kalibrasi pada refraktometer dengan cara meneteskan aquadest pada alat tersebut. Apabila pembacaan angka 0, maka alat tersebut sudah dapat digunakan dan bersihkan prisma refraktometer tersebut dengan tisu
3. Kemudian tetesi sampel yang sudah dihidrolisis ke prisma refraktometer, tutup dan baca hasilnya. Terdapat garis garis angka yang menunjukkan Brix atau tingkat gula reduksi.
4. Memindahkan isinya ke dalam labu ukur 500 ml dan bersihkan alat refraktometernya

3.4.6 Fermentasi

1. Mensterilkan alat-alat yang akan digunakan pada proses fermentasi
2. Ragi *saccharomyces cerevisiae* ditambahkan sebanyak 0,15 gr/ml pada setiap hasil hidrolisis dan menutupnya
3. Lakukan proses sentrifugasi setelah proses inkubasi pada kecepatan 1000 rpm dengan waktu 10 jam dan akhirnya menghasilkan etanol
4. Lakukan fermentasi selama 1- 6 hari pada temperatur ruangan (25-30°C) ((He et al., 2016)



Gambar 3.7 Sampel Fermentasi

3.4.7 Proses Destilasi ASTM D2892-18a

1. Hasil fermentasi diletakkan kedalam *flask* dan letak termometer juga kemudian timbang flask tersebut
2. Meletakkan gelas ukur yang sudah dibersihkan dan dikeringkan dibawah ujung *outlet* hingga ujung outlet masuk kedalam gelas ukur sebagai penampung destilat. Kemudian agar tidak terjadi penguapan tutup gelas ukur tersebut
3. Mengalirkan cairan pendingin melalui kondesor kemudian memanaskan pada temperatur *end boiling point* kemudian tunggu cairan destilat menetes pada gelas ukur
4. Mencatat berapa volume destilat yang dihasilkan.

3.4.8 Uji Kadar Alkohol

Tabel 3.1 Spesifikasi Solvent

Spesifikasi	Nilai
Densitas g/ml	0.7983
Viskositas, cp	1.17
Titik Didih Normal °C	78.32
Berat Molekul g/mol	46,1
Titik Beku °C	-114,1

Sumber : (Fachry et al., 2013)

Jadi pengujian yang dilakukan pada alkohol adalah yaitu pengujian *specific*

gravity, pengujian densitas, pengujian viskositas dan pengujian GC-MS.

a. Pengujian densitas dengan menggunakan piknometer ASTM D2320-98 (2017)

1. Menimbang piknometer kosong, selanjutnya isi piknometer tersebut dengan bioetanol, kemudian lakukan penimbangan kembali. Hasil pengurangan dari besar penimbangan tersebut adalah masa bioetanol.
2. Catat volume dengan melihat di piknometer tersebut atau dengan cara menuangkan bioetanol tersebut kedalam gelas ukur untuk mengetahui volume bioetanol yang di uji
3. Membagi hasil masa dan volume untuk mendapatkan nilai densitas

b. Pengujian viskositas ASTM D2270-10 (2016)

1. Siapkan sampel cairan yang akan digunakan
2. Siapkan Viskometer Ostwald yang bersih dan kering, masukkan 100 cc bioetanol yang telah diukur suhunya ke dalam viskometer.
3. Hisap cairan dalam viskometer dengan bola karet sampai cairan berada kira-kira 1 mm diatas batas semula
4. Ukur waktu pengaliran cairan sampel untuk melewati batas-batas yang tertera pada batas Ostwald.
5. Hitung nilai viskositas dengan menggunakan SG dan waktu pengaliran cairan sampel tersebut.

c. Pengujian *Specific Gravity* (SG)

Untuk menentukan nilai SG ialah membagi nilai densitas sampel dan densitas air.

d. Pengujian karakterisasi *ethanol* dengan metode *Gas Chromatograf mass spectroscopy* (GC-MS)

Pengujian ini dilakukan untuk melakukan pemisahan dinamis, mengidentifikasi semua jenis senyawa organik yang terdapat pada ethanol dan untuk mengetahui kadar dan masa rumusnya *bioethanol* yang dihasilkan (Putri, et al., 2017). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium UII Yogyakarta menggunakan alat Shimadzu GC-2010 dan gas yang digunakan helium

3.4.9 Uji Waxy Crude Oil

a. Pour point ASTM D5853-17a

1. Setelah mendapatkan *cold point*, tube yang berisi *crude oil* dalam keadaan membeku dikeluarkan dari dalam bath
2. Kemudian tunggu sampel mencair dalam artian sampel sudah dapat dituangkan dan catat temperatur sebagai *pour point crude oil* tersebut
3. Kemudian tambahkan bioethanol dengan rasio 10%, 25%, 50% dan 100% dari hasil destilasi ke sampel *wax crude oil* kemudian amati penurunan *pour point* dan tambahkan juga toluene dengan rasio yang sama dengan bioethanol kedalam sampel dan lihat perubahannya, dan terakhir campurkan bioethanol dan toluena dengan tiga kondisi rasio pencampuran yaitu bioethanol:toluena (1:1), (1:2) dan (2:1)

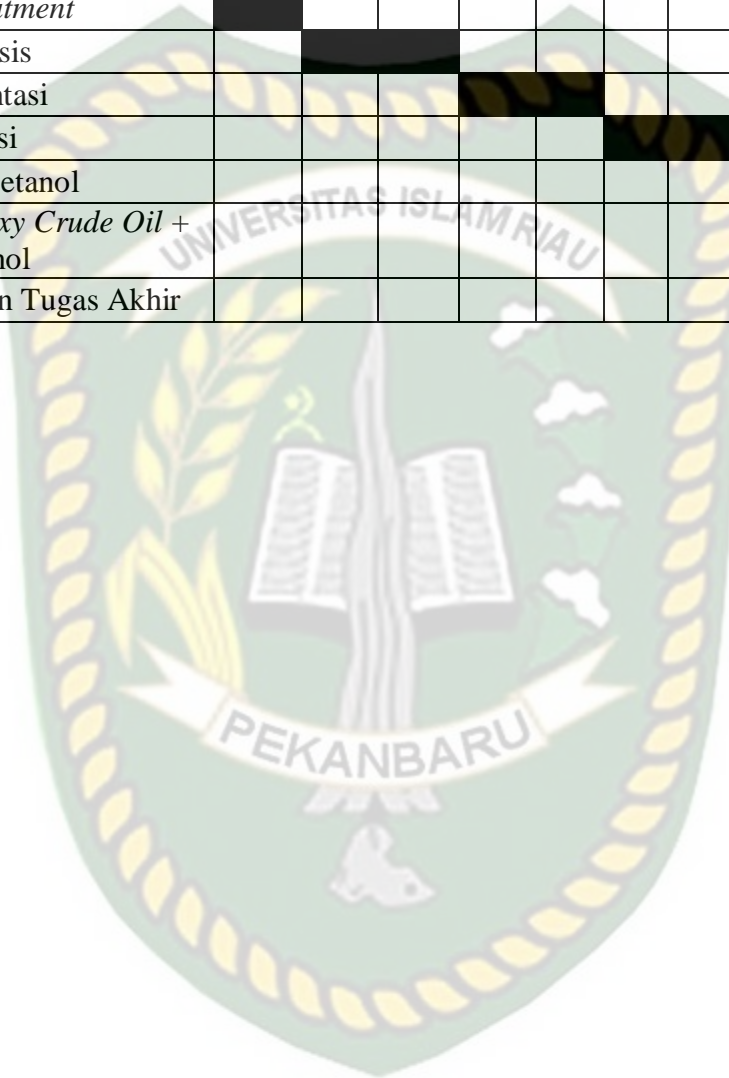
3.5 LOKASI PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Dasar Universitas Islam Riau. Untuk melakukan pengujian GC-MS dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Yogyakarta.

3.6 WAKTU PENELITIAN

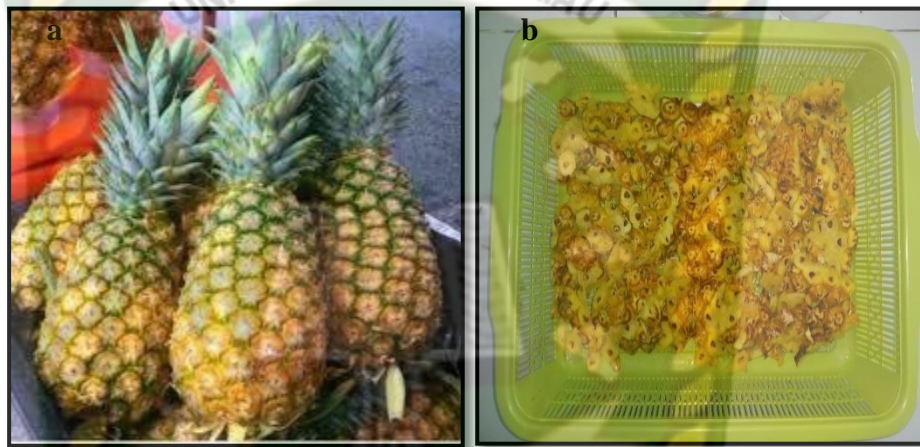
Tabel 3.2 Waktu Penelitian

No	Deskripsi Kegiatan	November 2020		Desember 2020		Januari 2021				Februari 2021			
		1	2	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												■



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

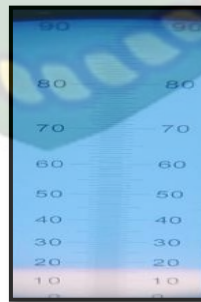
Limbah kulit nanas merupakan limbah lignoselulosa yang mengandung tiga komponen utama yang menjadi bahan baku dalam pembuatan bioetanol yaitu lignin, hemiselulosa dan selulosa (Fachry et al., 2013). Pada gambar 4.1 merupakan gambar Nanas Madu Rimbo Panjang dan limbah kulitnya yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada proses pembuatan bioetanol peneliti berfokus melihat pengaruh konsentrasi asam dan waktu pemanasan pada saat hidrolisis untuk menghasilkan kadar gula reduksi dan pengaruh lama fermentasi *saccharomyces cerevisiae* terhadap kadar etanol yang dihasilkan.



Gambar 4.1 (a) Nanas dan (b) Kulit Nanas

4.1 PROSES HIDROLIS MENGGUNAKAN ASAM HCL

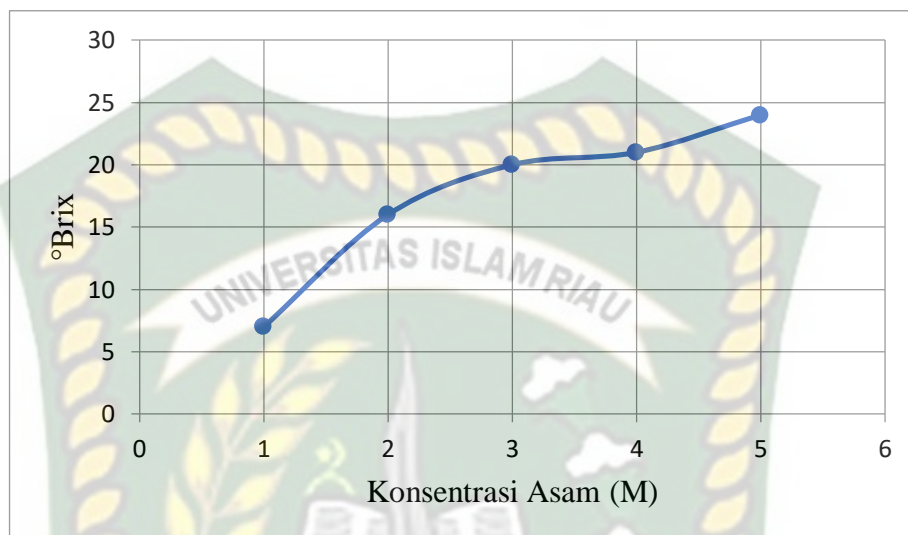
4.1.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl



Gambar 4.2 Contoh hasil uji kadar gula reduksi

Pada proses hidrolisis ini akan menghasilkan kadar gula reduksi (glukosa) yang diukur menggunakan alat *portable refractometer* HT113ATC (Fernandes et al., 2018). Pada penelitian ini peneliti menggunakan katalis HCl dengan 5 buah variasi konsentrasi 1 M, 2 M, 3 M, 4 M dan 5 M yang dipanaskan pada

suhu 100 C selama 3 jam. Berikut hasil dari kadar gula reduksi (glukosa) terhadap konsentrasi asam. Pada gambar 4.2 diatas merupakan contoh hasil uji kadar gula reduksi pada konsentrasi 2M dengan kadar gula 16 Brix. Untuk hasil uji kadar gula reduksi lainnya dapat dilihat pada Lampiran II

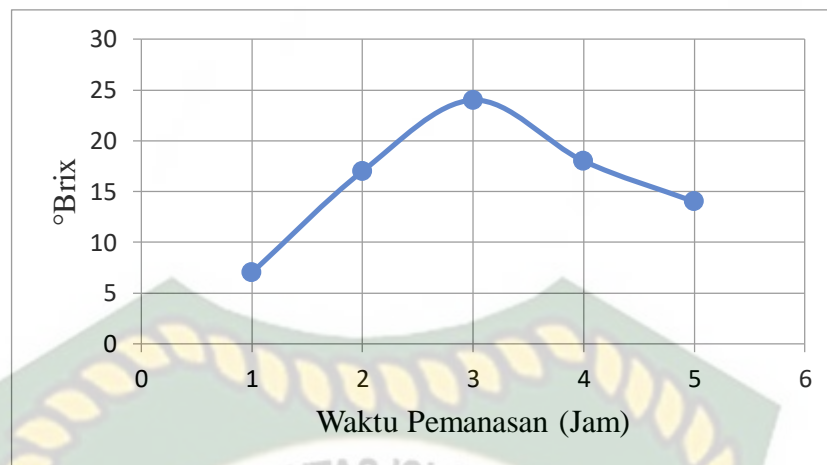


Gambar 4.3 Kadar Gula Reduksi Hasil Hidrolisis Dengan Variasi Konsentrasi

Berdasarkan hasil gula reduksi yang terdapat pada gambar 4.3 dijelaskan bahwasanya pada konsentenerasi 1M menghasilkan kandungan gula sebesar 7°Brix. Sedangkan pada konsentrasi 2M, 3M, 4M dan 5M menunjukkan kandungan gula reduksi sebesar 16°Brix, 20°Brix, 21°Brix dan 24°Brix. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam maka kandungan gula reduksi yang dihasilkan juga semakin tinggi, hal ini sesuai dengan pernyataan Dewi et al., (2015) bahwasanya peningkatan konsentrasi dari asam akan meningkatkan gula reduksi. Peningkatan gula reduksi tersbut disebabkan karena peningkatan konsentrasi asam akan mempercepat laju reaksi yang menyebabkan terdekomposisi selulosa menjadi glukosa atau gula reduksi (Thangavelu et al., 2019). Hasil kandungan gula reduksi yang dihasilkan terus meningkat dan belum mengalami titik optimum.

4.1.2 Pengaruh Variasi Lama Waktu Pemanasan

Pada penelitian ini juga melihat pengaruh waktu lama pemanasan terhadap kadar gula reduksi yang dihasilkan. Waktu Pemanasan yang digunakan yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam pada temperatur 100 °C.

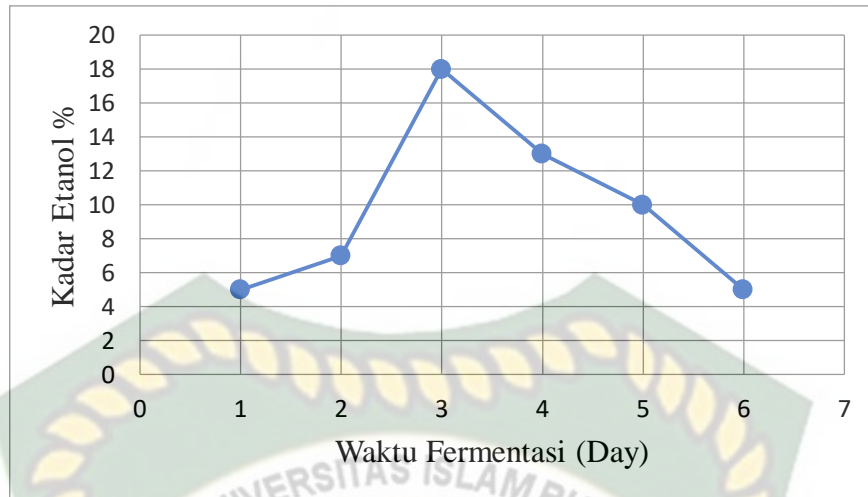


Gambar 4.4 Kadar Gula Reduksi Hasil Hidrolisis Dengan Variasi Waktu Pemanasan

Dari gambar 4.4 dijelaskan bahwasanya pada saat pemanasan 1 jam sampai 3 jam kadar gula reduksi yang dihasilkan meningkat yaitu 7 °Brix 16 °Brix dan 24 °Brix hal itu disebabkan semakin lama waktu pemanasan hidrolisis akan menyebabkan waktu kontak antara selulosa dan air bertambah sehingga semakin banyak jumlah glukosa yang terbentuk (Haryani et al., 2015; Rilek et al., 2017). Tetapi pada waktu 4 jam dan 5 jam kadar gula reduksi menurun, hal ini disebabkan dengan penambahan lama waktu pemanasan akan menyebabkan penurunan kadar gula reduksi yang dihasilkan karena terjadinya konversi glukosa menjadi senyawa lain dan glukosa mengalami kerusakan karena terlalu lama pada proses pemanasan (S.-Y. Yoon et al., 2014)

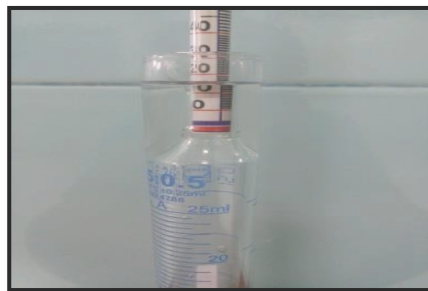
4.2 FERMENTASI DENGAN *SACCHAROMYCES CEREVISAE*

Pada proses ini variabel yang diamati ialah waktu fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Untuk mengetahui kadar etanol yang dihasilkan dilakukan pengukuran menggunakan alcoholmeter. Berikut hasil kadar etanol yang dihasilkan.



Gambar 4.5 Kadar etanol dari proses fermentasi dengan variasi waktu

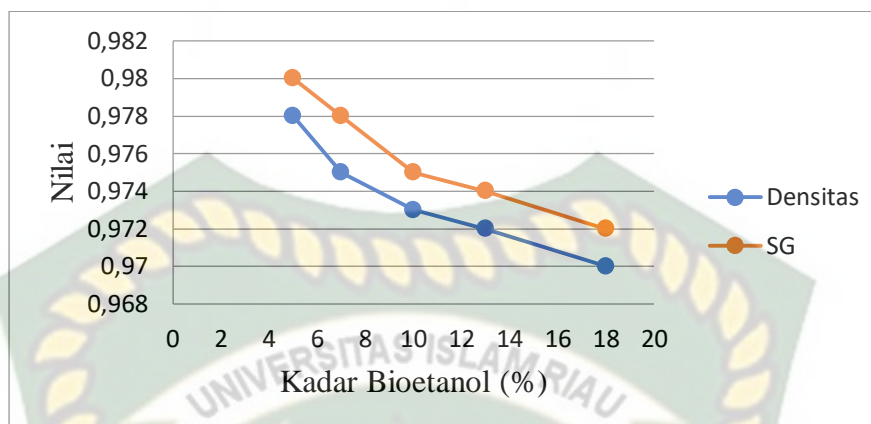
Dapat dilihat dari gambar 4.5 bahwa perbedaan lama waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol. Pada fermentasi selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari kadar etanol yang dihasilkan cenderung meningkat yaitu dengan nilai 5%, 7% dan 18%. Namun pada waktu 4 hari, 5 hari dan 6 hari kadar etanol cenderung menurun dengan nilai 13%, 10% dan 5%. Dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu fermentasi akan menyebabkan peningkatan kadar bioetanol sampai batas waktu tertentu setelah itu kadar bioetanol akan menurun, hal ini sesuai dengan pernyataan yang terdapat pada penelitian Miskah et al., (2017) bahwa semakin lama waktu fermentasi akan meningkatkan kadar bioetanol hingga kondisi optimum kadar bioetanol akan turun. Penurunan kadar bioetanol ini disebabkan semakin lama fermentasi mikroba akan mendekati ke fase kematian karena nutrisi dari mikroorganisme menurun (Kunaepah, 2008). Pada gambar 4.6 merupakan hasil pengukuran kadar bioetanol sebesar 10%. Untuk hasil pengukuran yang lain dapat dilihat pada lampiran V.



Gambar 4.6 Contoh pengukuran kadar etanol menggunakan *alcoholmeter*

4.3 PROPERTIES BIOETANOL

4.3.1 Densitas dan *Specific Gravity*

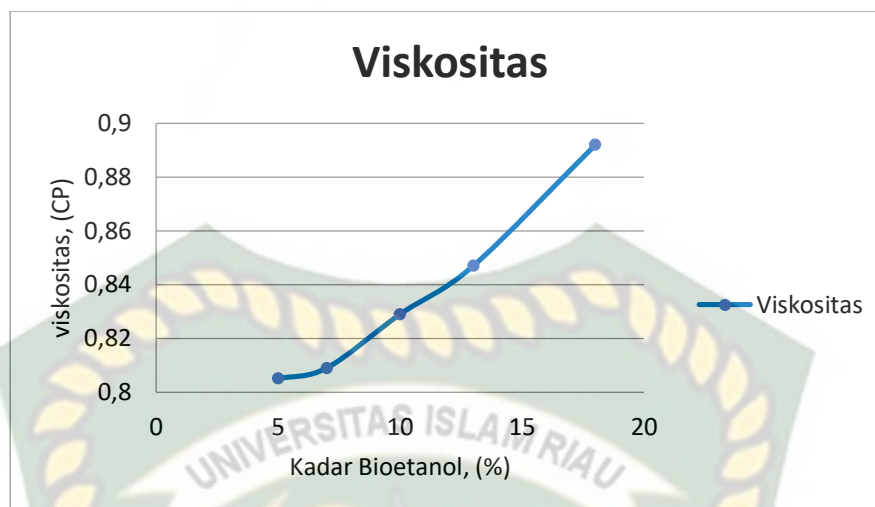


Gambar 4.7 Grafik kadar bioetanol terhadap nilai densitas dan sg

Berdasarkan gambar 4.7 dapat dijelaskan bahwa nilai densitas etanol dengan nilai kadar 5%,7%,10%,13% dan 18 % adalah 0,978 g/mL, 0,975 g/mL, 0,976 g/mL, 0,972 g/mL dan 0,970. Peningkatan kadar etanol menyebabkan nilai densitas semakin turun, sehingga hubungan kadar etanol dengan densitas berbanding terbalik. Nilai rata-rata densitas bioetanol tersebut adalah 0,975, angka tersebut lebih besar dari nilai densitas bioetanol standar yaitu sebesar 0,789 gr/ml. Hal ini disebabkan pada pembuatan destilasi yang digunakan pada pembuatan bioetanol ialah destilasi sederhana, sehingga ada *factor human eror* atau ketelian menjaga kestabilan temeperatur pada proses destilasi sehingga uap yang dihasilkan bukan etanol melainkan bercampur dengan air (Putri et al., 2016).

Selain nilai densitas, nilai *specific gravity* juga diamati pada penelitian ini, nilai *specific gravity* didapatkan dari perbandingan nilai densitas etanol dan nilai densitas air. Dari gambar 4.7 dapat dilihat hasil SG ialah 0,98, 0,978, 0,977, 0,974 dan 0,972. Hasil tersebut berbanding lurus dengan nilai densitas, hal ini sesuai dengan teori yang disampaikan Udegbunam & Mike-Anosike, (2018) , bahwasanya hubungan densitas dengan SG itu berbanding lurus.

4.3.2 Viskositas

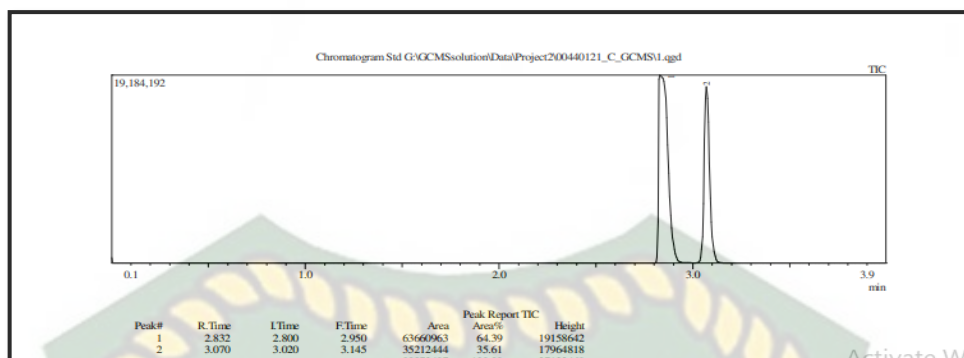
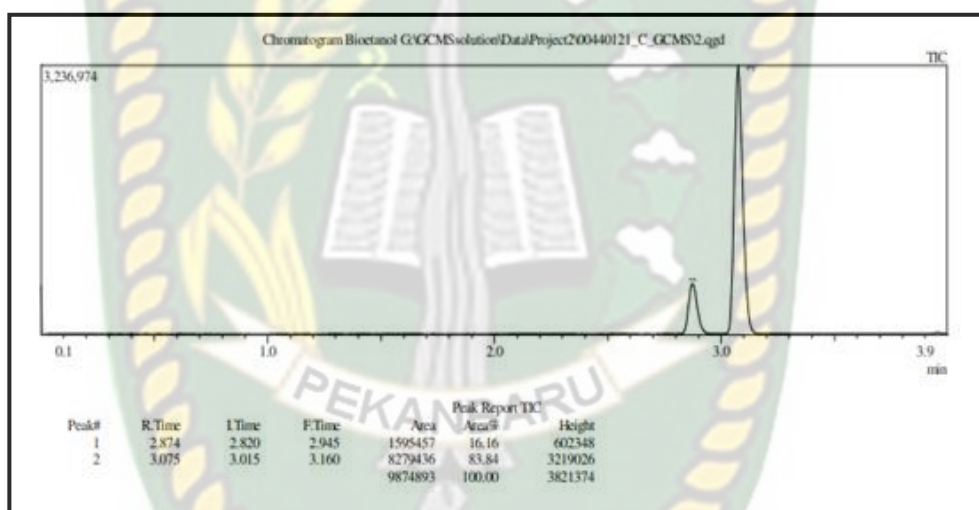


Gambar 4.8 Grafik kadar bioetanol terhadap viskositas

Berdasarkan gambar 4.8 yang merupakan hasil grafik nilai viskositas terhadap kadar etanol 5%, 7%, 10%, 13% dan 18% adalah 0.805, 0.809, 0.829, 0.847 dan 0.892. Berdasarkan hasil tersebut menyatakan bahwa semakin meningkat kadar bioetanol akan menyebabkan peningkatan terhadap nilai viskositas. Hal tersebut sesuai dengan teori Wahyuni, (2010) bahwasanya peningkatan konsentrasi dari bioetanol menyebabkan peningkatan terhadap nilai viskositas. Peningkatan nilai viskositas itu dapat terjadi karena adanya perbedaan nilai SG pada setiap etanol yang mana etanol yang memiliki kadar tertinggi mengandung kadar air yang sedikit (Sutanto et al., 2013).

4.3.3 Karakterisasi Bioetanol

Penelitian ini melakukan karakterisasi bioetanol dengan melakukan pengujian GC-MS dengan Shimadzu GC-2010 yang dilengkapi dengan GCMS-QP2010S. Kondisi Operasional GC-MS berupa kolom kapiler Rxi-1MS dan gas yang digunakan ialah helium. Masing masing puncak hasil kromatografi dibuat spektrum masanya. Sampel etanol yang dianalisis dengan GC-MS adalah hasil bioetanol dari fermentasi selama 3 hari yang diukur menggunakan alkoholmeter memiliki kadar 18%. Pada gambar 4.9 dan 4.10 merupakan hasil kromatogram bioetanol standar dan bioetanol sampel yang dibuat

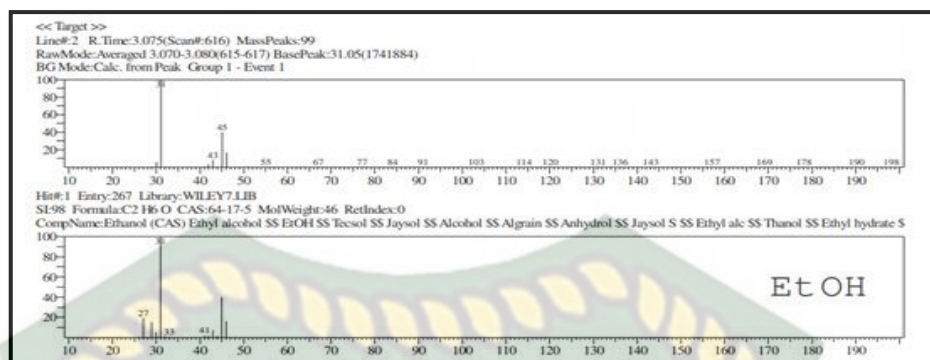
1. Hasil Gas *Chromotografy* Etanol StandarGambar 4.9 Hasil Gas *Chromotografy* Etanol Standar2. Hasil Gas *Chromotografy* Bioetanol PengujianGambar 4.10 Hasil Gas *Chromotografy* Etanol Pengujian

Berdasarkan analisis data kromotogram pada gambar 4.10 selain bioetanol terdapat juga senyawa lain yaitu metanol dengan persentase lebih kecil dari bioetanol yang dapat dilihat pada tabel 4.1

Table 4.1 Komposisi Senyawa Bioetanol Kulit Nanas Dari Hasil GC-MS

No. Peak	Waktu Retensi	Nama Senyawa	Rumus Molekul	Area%
1	2.874	Metanol	CH ₃ OH	16.16
2	3.075	Etanol	C ₂ H ₅ OH	83.84

3. Hasil *Mass Spectrometry*

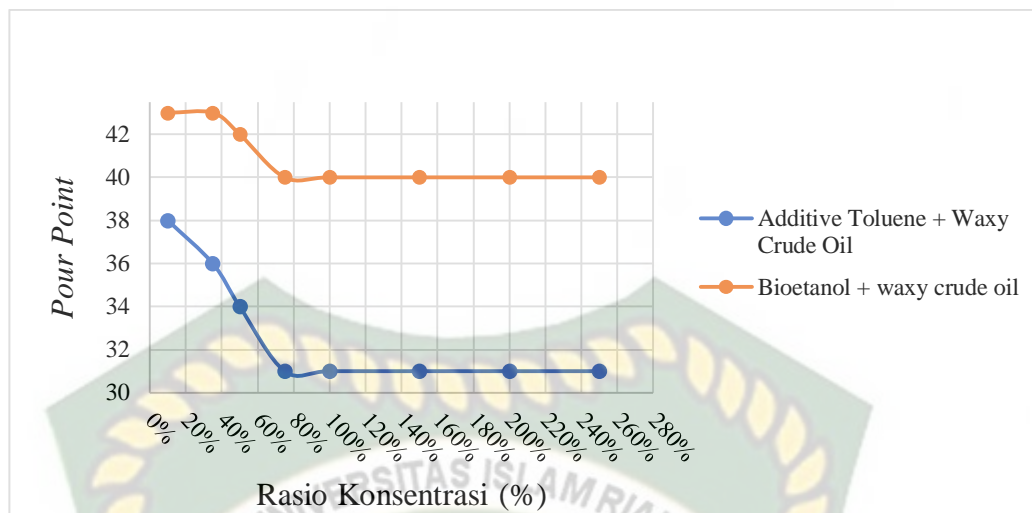


Gambar 4.11 Hasil *Mass Spectrometry* Etanol

Berdasarkan Hasil *Mass Spectrometry* pada gambar 4.11 diketahui senyawa puncak dasar ion molekul ialah 46 menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah etanol. Dari pengujian GC-MS didapatkan kadar etanolnya senilai 16.45%, kadar bioethanol jauh berbeda pada pengujian alcoholmeter. Hal itu disebabkan karena pengujian GC-MS memiliki ketelitian lebih besar dibanding alcoholmeter. Pada pengujian GC-MS itu mengukur secara keseluruhan komponen yang ada dalam suatu sampel dan hasilnya berupa *peak* senyawa yang teridentifikasi (Fachry et al., 2013).

4.4 Pengujian Pencampuran Bioetanol dan *Toluene Pada Waxy Crude Oil*

Penurunan *pour point* merupakan indikator untuk melihat pengaruh dari pencampuran *solvent* dan *waxy crude oil*. *Pour point* merupakan temperatur dimana *crude oil* dapat mengalir dari kondisi tidak dapat dialirkan (Sarin et al., 2009). Bioetanol yang digunakan pada penelitian ini bioetanol yang memiliki kadar optimum 16,45 % yang dicampur dengan sampel *waxy crude oil* dari lapangan PT SPR Langgak yang memiliki nilai *pour point* sebesar 43°C. Pengujian pertama mencampurkan bioetanol dengan *waxy crude oil* pada konsentrasi 10%, 25%, 50%, 75%, 100 %, 150%, 200% dan 250%



Gambar 4.12 Grafik campuran bioetanol dan toluena dan *waxy crude oil* terhadap nilai *pour point*

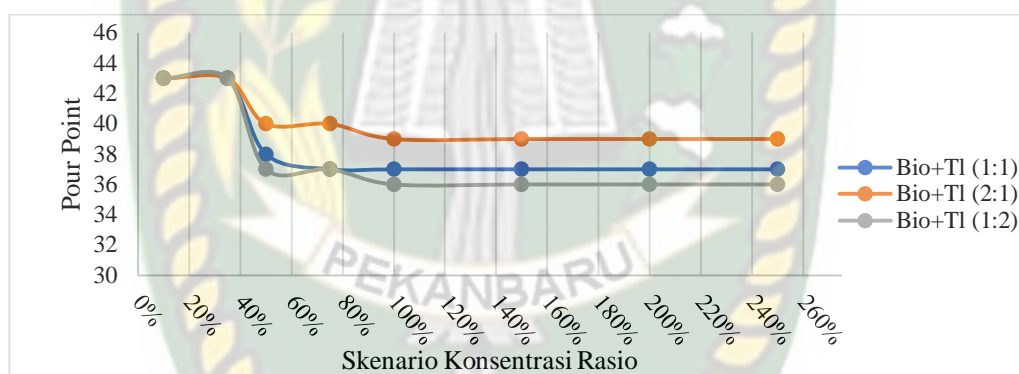
Dari gambar 4.12 dapat dilihat hasil nilai *pour point* pada pencampuran bioetanol dengan konsentrasi 10 % dan 25 % tidak mengalami penurunan yaitu nilai *pour point* tetap 43°C. Pada rasio 50% nilai *pour point* mengalami penurunan pertama kali yaitu 42°C. Pada rasio 75 % mengalami penurunan lagi menjadi 40°C. Namun pada rasio konsentrasi 100% hingga 250% nilai *pour point* tetap konstan dan tidak mengalami penurunan lagi tetap pada temperatur 42°C. Dapat disimpulkan dengan penambahan bioetanol dengan kadar 16% pada *wax crude oil* memiliki pengaruh pada penurunan nilai *pour point*. Hal ini sesuai dengan teori pada penelitian Sinsakulroj & Pengprecha, (2012) bahwasanya penggunaan *solvent* bioetanol dapat mempengaruhi penurunan nilai *pour point*.

Untuk lebih meningkatkan penurunan *pour point* maka pada penelitian ini melakukan pencampuran dengan *solvent* komersil yaitu *toluene*. Berdasarkan hasil grafik diatas dapat diamati bahwasanya *solvent* sintesis *toluene* memberi pengaruh dalam penurunan *pour point*. Dari gambar 4.12 yang merupakan grafik hasil penurunan *pour point*, dapat dilihat pada konsentrasi 10 % nilai *pour point* menurun pada temperatur 38°C, pada konsentrasi 35% kembali menurun pada temperatur 36°C dan begitu juga pada konsentrasi 50% dan 75 % nilai *pour point* kembali menurun menjadi 34°C dan 31°C. Namun pada konsentrasi 100%, 150%, 200% dan 250% nilai *pour point* tidak menurun, tetap konstan pada temperatur 31°C. Hal ini sesuai dengan pernyataan Meighani et al., (2018)

bahwasanya setelah konsentrasi optimum nilai *pour point* tidak dapat mengalami penurunan kembali. Nilai *pour point* mengalami penurunan ini disebabkan karena *toluene* memiliki kemampuan melarutkan sangat baik terhadap *waxy crude oil* sehingga *waxy crude oil* lebih soluble atau larut (Oliveira et al., 2016)

4.5 PENCAMPURAN *TOLUENE* DENGAN BIOETANOL TERHADAP WAX *PARAFFIN*

Pengujian *pour point* terakhir yaitu melakukan pencampuran bioetanol dengan *solvent* komersil yaitu *toluene*. Pada pencampuran ini ada tiga kondisi rasio pencampuran yang digunakan yaitu kondisi I rasio pencampuran bioethanol 16% dan toluena adalah 2:1, kondisi II 1:1 dan kondisi III 1:2 . Ketiga kondisi ini akan dicampurkan dengan *waxy crude oil* yang sama pada konsentrasi 50%, 75%, 100%, 150%, 200% dan 250%. Berikut hasil penurunan *pour point* dari pencampuran bioethanol+*toluena* dengan *waxy crude oil*.

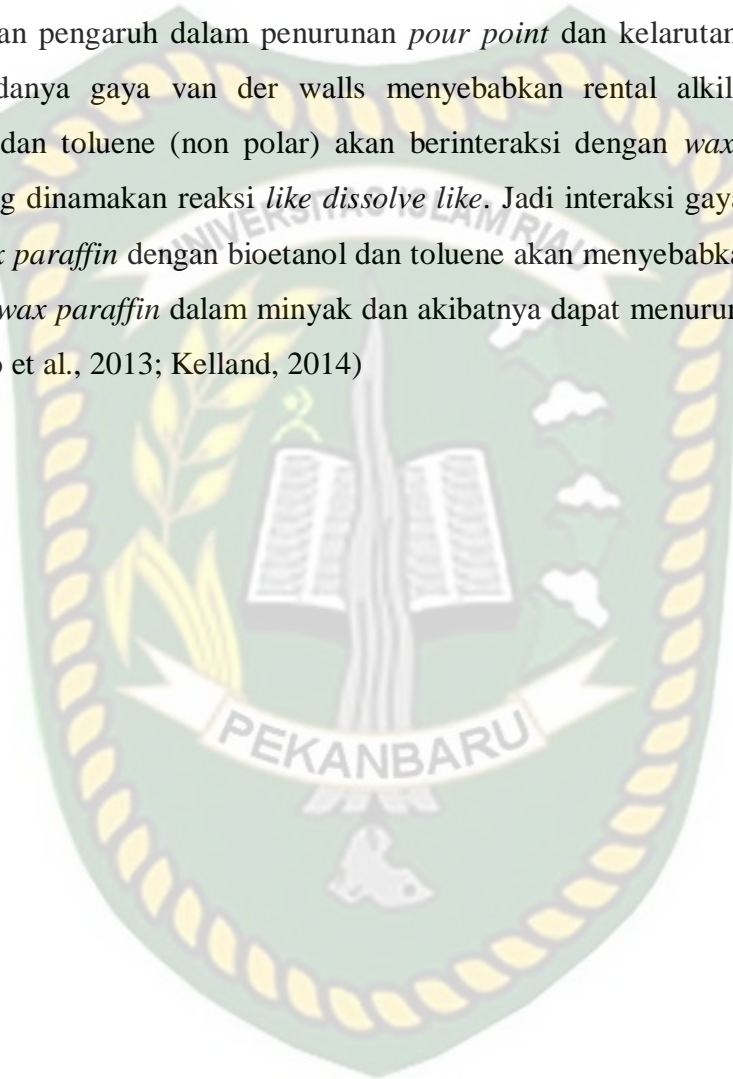


Gambar 4.13 Grafik pencampuran bioetanol dengan *toluene* terhadap nilai *pour point waxy crude oil*

Berdasarkan grafik dari gambar 4.13 diatas bahwasanya pencampuran *toluene* dengan bioetanol 16% memberikan peningkatan penurunan *pour point*. Rasio pencampuran bioetanol 16% dan toluena (1:2) menurunkan nilai *pour point* optimum pada konsentrasi pencampuran 100% ialah sebesar 7 °C yaitu dari 43°C ke 36°C. Sedangkan pada rasio pencampuran bioetanol 16% dan toluena (1:1) dapat menurunkan *pour point* optimum pada konsentrasi 75% yaitu dari 43°C ke 37°C. Begitu juga pada rasio pencampuran bioetanol 16% dan toluena (2:1) memberi pengaruh juga terhadap penurunan *pour point*, penurunan *pour point* optimum terletak pada pencampuran pada konsentrasi 100% yaitu menurun

hingga 43°C ke 39°C. Dapat disimpulkan penambahan *solvent* sintetis *toluene* menyebabkan bioetanol dapat lebih larut dengan *wax crude oil* sehingga bioetanol lebih mudah larut dengan *wax crude oil* dan akibatnya dapat menurunkan nilai *pour point* yang lebih signifikan (Jing et al., 2017).

Karakteristik bioetanol dan *toluene* yang memiliki sifat non polar memberikan pengaruh dalam penurunan *pour point* dan kelarutan *wax paraffin*. Karena adanya gaya van der Waals menyebabkan rantai alkil panjang dari bioetanol dan toluene (non polar) akan berinteraksi dengan *wax paraffin* (non polar) yang dinamakan reaksi *like dissolve like*. Jadi interaksi gaya van der Waals antara *wax paraffin* dengan bioetanol dan toluene akan menyebabkan peningkatan kelarutan *wax paraffin* dalam minyak dan akibatnya dapat menurunkan nilai *pour point* (Cao et al., 2013; Kelland, 2014)



BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

1. Jumlah kadar gula reduksi optimum yang dihasilkan sebesar 24°Brix pada suhu 100°C dengan konsentrasi HCl 5 M dan waktu pemanasan selama 3 jam dan kadar etanol yang optimum yang didapatkan sebesar 18 % pada 3 hari fermentasi dengan ragi *saccharomyces cerevisiaae*
2. Spesifikasi dari bioethanol dengan nilai densitasi rata- rata sebesar 0.97, SG 0.9758, API 13.8 dan viskositas 0.815
3. Pencampuran bioethanol dengan *wax crude oil* dapat menurunkan 2-3°C dan setelah pencampuran *bioethanol* dengan *toluene* dapat menurunkan nilai *pour point* sebesar 6-7°C

5.2 SARAN

Berdasarkan pemaparan dari skripsi ini peneliti menyarankan untuk peneliti melakukan destilasi bertingkat pada pembuatan bioetanol agar mencapai kadar etanol yang tinggi. Selanjutnya melakukan pengujian lainya terhadap pengaruh bioethanol+*toluene* dengan wax crude oil seperti pengujian WAT dan Wax Contet. Dan diharapkan juga melakukan blending dengan kopolimer EVA

DAFTAR PUSTAKA

- Afdhol, M. K., Hidayat, F., Abdurrahman, M., Husna, U. Z., Sari, N. P., & Wijaya, R. K. (2020). A Laboratory Scale Synthesis of Ethanol from Agricultural Waste as Bio-based Solvent for Waxy-Paraffinic Crude Oil Mitigation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 854(1), 12017.
- Alves, B. F., Pereira, P. H. R., Nunes, R. de C. P., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116196>
- Arifianti, L., Oktarina, R. D., & Kusumawati, I. (2014). Pengaruh Jenis Pelarut Pengekstraksi Terhadap Kadar Sinensetin Dalam Ekstrak Daun *Orthosiphon stamineus* Benth. *E-Journal Planta Husada*, 2(1), 2–4.
- Ban-Koffi, L., & Han, Y. (1990). Alcohol production from pineapple waste. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 6(3), 281–284.
- Cao, K., Wei, X., Li, B., Zhang, J., & Yao, Z. (2013). Study of the influence of imidization degree of poly (styrene-co-octadecyl maleimide) as waxy crude oil flow improvers. *Energy & Fuels*, 27(2), 640–645.
- Conesa, C., Seguí, L., Laguarda-Miró, N., & Fito, P. (2016). Microwaves as a pretreatment for enhancing enzymatic hydrolysis of pineapple industrial waste for bioethanol production. *Food and Bioproducts Processing*, 100, 203–213.
- Demirbas, A. (2016). Deposition and flocculation of asphaltenes from crude oils. *Petroleum Science and Technology*, 34(1), 6–11.
- Dewi, T. K., Monica, N., & Novalita, S. (2015). Pembuatan bioetanol dari keladi liar (*Colocasia esculenta* L schott var. *antiquorum*) melalui hidrolisis dengan katalis asam klorida dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4).

- El-Dalatony, M. M., Jeon, B.-H., Salama, E.-S., Eraky, M., Kim, W. B., Wang, J., & Ahn, T. (2019). Occurrence and characterization of paraffin wax formed in developing wells and pipelines. *Energies*, *12*(6), 967.
- El Harchi, M., Fakihi Kachkach, F. Z., & El Mtili, N. (2018). Optimization of thermal acid hydrolysis for bioethanol production from *Ulva rigida* with yeast *Pachysolen tannophilus*. *South African Journal of Botany*, *115*, 161–169. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.01.021>
- Ellison, B. T., Gallagher, C. T., Frostman, L. M., & Lorimer, S. E. (2000). The Physical Chemistry of Wax, Hydrates, and Asphaltene. *Proceedings of Offshore Technology Conference*. <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).
- Fernandes, M. C., Ferro, M. D., Paulino, A. F. C., Chaves, H. T., Evtuguin, D. V., & Xavier, A. M. R. B. (2018). Comparative study on hydrolysis and bioethanol production from cardoon and rockrose pretreated by dilute acid hydrolysis. *Industrial Crops and Products*, *111*, 633–641. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.037>
- Ganeeva, Y. M., Yusupova, T. N., & Romanov, G. V. (2016). Waxes in asphaltenes of crude oils and wax deposits. *Petroleum Science*, *13*(4), 737–745.
- Hafid, H. S., Nor 'Aini, A. R., Mokhtar, M. N., Talib, A. T., Baharuddin, A. S., & Umi Kalsom, M. S. (2017). Over production of fermentable sugar for bioethanol production from carbohydrate-rich Malaysian food waste via sequential acid-enzymatic hydrolysis pretreatment. *Waste Management*, *67*, 95–105. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.017>
- Haryani, N., Syarif, V. L., & Ananda, S. R. (2015). Pengaruh konsentrasi asam dan waktu hidrolisis pada pembentukan bioetanol dari daun nanas. *Jurnal*

Teknik Kimia, 21(4), 39–46.

Hashem, M., & Darwish, S. M. I. (2010). Production of bioethanol and associated by-products from potato starch residue stream by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biomass and Bioenergy*, 34(7), 953–959.

He, C., Ding, Y., Chen, J., Wang, F., Gao, C., Zhang, S., & Yang, M. (2016). Influence of the nano-hybrid pour point depressant on flow properties of waxy crude oil. *Fuel*, 167, 40–48.

Jafari Behbahani, T., Beigi, A. A. M., Taheri, Z., & Ghanbari, B. (2015). The effect of amino [60] fullerene derivatives on pour point and rheological properties of waxy crude oil. *Journal of Molecular Liquids*, 211, 308–314. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.07.031>

Jennings, D. W., & Breitigam, J. (2010). Paraffin inhibitor formulations for different application environments: From heated injection in the desert to extreme cold arctic temperatures. *Energy & Fuels*, 24(4), 2337–2349.

Jiang, C. D., Bennett, B., Larter, S. R., Adams, J. J., & Snowdon, L. (2010). Viscosity and API gravity determination of solvent extracted heavy oil and bitumen. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 49(07), 20–27.

Jing, G., Ye, P., & Zhang, Y. (2017). The action mechanism of wax inhibitors (WI) on pour point and viscosity of mixed waxy oil. *Petroleum Chemistry*, 57(3), 293–298.

Kelland, M. A. (2014). *Production chemicals for the oil and gas industry*. CRC press.

Kunaepah, U. (2008). *Pengaruh Lama Fermentasi Dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total Dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah The Effect Of Fermentation Duration And Glucose Concentration On Antibacterial Activity, Total Polyphenol And Chemical*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

- Mandari, S., Yenie, E., & Muria, S. R. (2014). *Pembuatan bioetanol dari kulit nanas (ananas comosus L.) menggunakan enzim selulase dan yeast saccharomyces cerevisiae dengan proses simultaneous sacherification and fermentation (SSF)*. Riau University.
- Meighani, H. M., Ghotbi, C., Behbahani, T. J., & Sharifi, K. (2018). A new investigation of wax precipitation in Iranian crude oils: Experimental method based on FTIR spectroscopy and theoretical predictions using PC-SAFT model. *Journal of Molecular Liquids*, 249, 970–979.
- Mishra, A., & Ghosh, S. (2020). Saccharification of kans grass biomass by a novel fractional hydrolysis method followed by co-culture fermentation for bioethanol production. *Renewable Energy*, 146, 750–759. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.016>
- Miskah, S., Saing, W., & Siburian, C. (2017). Pembuatan bioetanol dari biji cempedak menggunakan metode hidrolisis asam dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(4), 216–225.
- Oliveira, L. M. S. L., Nunes, R. C. P., Melo, I. C., Ribeiro, Y. L. L., Reis, L. G., Dias, J. C. M., Guimarães, R. C. L., & Lucas, E. F. (2016). Evaluation of the correlation between wax type and structure/behavior of the pour point depressant. *Fuel Processing Technology*, 149, 268–274.
- Oseghale, C. I., & Ebhodaghe, F. O. (2011). Asphaltene deposition and remediation in crude oil production: solubility technique. *J Eng App Sci*, 6(4), 258–261.
- Osvaldo, Z. S., Putra, P., & Faizal, M. (2012). Pengaruh konsentrasi asam dan waktu pada proses hidrolisis dan fermentasi pembuatan bioetanol dari alang-alang. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(2).
- Prawitwong, P., Kosugi, A., Arai, T., Deng, L., Lee, K. C., Ibrahim, D., Murata, Y., Sulaiman, O., Hashim, R., & Sudesh, K. (2012). Efficient ethanol production from separated parenchyma and vascular bundle of oil palm

trunk. *Bioresource Technology*, 125, 37–42.

Prihandana, R., Noerwijan, K., Adinurani, P. G., Setyaningsih, D., Setiadi, S., & Hendroko, R. (2007). *Bioetanol Ubi Kayu; Bahan Bakar Masa Depan*. AgroMedia.

Putri, A. W., Surbakti, S. U., & Trisakti, B. (2016). Pengaruh Konsentrasi Ragi dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol dari Biji Cempedak (*Artocarpus Champeden Spreng*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(2), 21–26.

Ragunathan, T., Husin, H., & Wood, C. D. (2020). Wax Formation Mechanisms, Wax Chemical Inhibitors and Factors Affecting Chemical Inhibition. *Applied Sciences*, 10(2), 479.

Rasdiana, F. Z., Hambali, E., & Permadi, P. (2017). Formulasi dan uji kinerja asphaltene dissolver dengan penggunaan surfaktan anionik dari minyak sawit. *Journal of Agroindustrial Technology*, 27(1).

Rilek, N. M., Hidayat, N., & Sugiarto, Y. (2017). Hidrolisis Lignoselulosa Hasil Pretreatment Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) menggunakan H₂SO₄ pada Produksi Bioetanol. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 76–82.

Sandra, O. A. (2015). Studi Pengaruh Pretreatment Hidrotermal Terhadap Fermentasi Simultan Pada Rumput Laut *Ulva Lactuca* Menjadi Bioetanol. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 3(1), 68–72.

Sarin, A., Arora, R., Singh, N. P., Sarin, R., Malhotra, R. K., & Kundu, K. (2009). Effect of blends of Palm-Jatropha-Pongamia biodiesels on cloud point and pour point. *Energy*, 34(11), 2016–2021.

Sharma, R., Mahto, V., & Vuthaluru, H. (2019). Synthesis of PMMA/modified graphene oxide nanocomposite pour point depressant and its effect on the flow properties of Indian waxy crude oil. *Fuel*, 235, 1245–1259.

Sinsakulroj, N., & Pengprecha, S. (2012). Synthesis of pour point depressant from

sunflower oil. *International Conference on Chemical Processes and Environmental Issues (ICCEEI '2012) July*, 15–16.

Stewart, M., & Arnold, K. (2016). Surface production operations. *Pump and Compressor Systems: Mechanical Design And*.

Susanti, A. D., Prakoso, P. T., & Prabowo, H. (2013). Pembuatan bioetanol dari kulit nanas melalui hidrolisis dengan asam. *EKUILIBRIUM Journal of Chemical Engineering*, 12(1), 11–16.

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). *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan Dan Terapan Teknik Mesin*, 3(2).

Tanaka, K., Koyama, M., Pham, P. T., Rollon, A. P., Habaki, H., Egashira, R., & Nakasaki, K. (2019). Production of high-concentration bioethanol from cassava stem by repeated hydrolysis and intermittent yeast inoculation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 138, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.12.007>

Taraneh, J. B., Rahmatollah, G., Hassan, A., & Alireza, D. (2008). Effect of wax inhibitors on pour point and rheological properties of Iranian waxy crude oil. *Fuel Processing Technology*, 89(10), 973–977.

Tasić, M. B., Konstantinović, B. V, Lazić, M. L., & Veljković, V. B. (2009). The acid hydrolysis of potato tuber mash in bioethanol production. *Biochemical Engineering Journal*, 43(2), 208–211.

Tavva, S. S. M. D., Deshpande, A., Durbha, S. R., Palakollu, V. A. R., Goparaju, A. U., Yechuri, V. R., Bandaru, V. R., & Muktinutalapati, V. S. R. (2016). Bioethanol production through separate hydrolysis and fermentation of *Parthenium hysterophorus* biomass. *Renewable Energy*, 86, 1317–1323.

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/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.035>

Theyab, M. A., & Yahya, S. Y. (2018). Introduction to wax deposition. *Int J Petrochem Res*, 2(1), 126–131.

Torres-Jimenez, E., Jerman, M. S., Gregorc, A., Lisec, I., Dorado, M. P., & Kegl, B. (2011). Physical and chemical properties of ethanol–diesel fuel blends. *Fuel*, 90(2), 795–802.

Towler, B. F., Jaripatke, O., & Mokhatab, S. (2011). Experimental investigations of the mitigation of paraffin wax deposition in crude oil using chemical additives. *Petroleum Science and Technology*, 29(5), 468–483.

Tsegaye, B., Balomajumder, C., & Roy, P. (2019). Optimization of microwave and NaOH pretreatments of wheat straw for enhancing biofuel yield. *Energy Conversion and Management*, 186, 82–92.

Udegbum, L. I., & Mike-Anosike, E. E. (2018). Production and Spectrophotometric Quantification of Bioethanol from Pineapple Fruit Skin. *Sumerianz Journal of Biotechnology*, 1(2), 67–74.

Wahyuni, A. (2010). *Karakterisasi Mutu Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit berdasarkan Perlakuan Tingkat Suhu yang berbeda menggunakan Reaktor Sirkulasi*.

Yang, S., Li, C., Yang, F., Li, X., Sun, G., & Yao, B. (2019). Effect of Polyethylene-Vinyl Acetate Pour Point Depressants on the Flow Behavior of Degassed Changqing Waxy Crude Oil before/after scCO₂ Extraction. *Energy & Fuels*, 33(6), 4931–4938.

Yoon, L. W., Ngoh, G. C., Chua, A. S. M., Abdul Patah, M. F., & Teoh, W. H. (2019). Process intensification of cellulase and bioethanol production from sugarcane bagasse via an integrated saccharification and fermentation

process. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 142, 107528. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.107528>

Yoon, S.-Y., Han, S.-H., & Shin, S.-J. (2014). The effect of hemicelluloses and lignin on acid hydrolysis of cellulose. *Energy*, 77, 19–24.

