

**BIOSOLVENT DARI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT
NANAS DAN PENAMBAHAN ADDITIVE XYLENE
DIGUNAKAN SEBAGAI WAX INHIBITOR**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
MAHMUD HAKIM
NPM 163210102

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

2021

**BIOSOLVENT DARI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT
NANAS DAN PENAMBAHAN ADDITIVE XYLENE
DIGUNAKAN SEBAGAI WAX INHIBITOR**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

MAHMUD HAKIM

NPM 163210102



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

2021

KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanna 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 bahwa 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 terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Khairul Afdhol, S.T., M.T selaku dosen pembimbing
2. Bapak Muhammad Ariyon, S.T., M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, semangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan
3. Laboratorium Dasar Universitas Islam Riau, yang telah menyediakan sarana serta prasarana guna mendukung keberhasilan penelitian tugas akhir saya.
4. Ibu Novia Rita, S.T., M.T dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T selaku ketua dan sekretaris Prodi Teknik Perminyakan serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, hingga hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang memberikan dukungan penuh material maupun moral
6. Sahabat saya Fadilul Fadly, yang membantu saya dalam penelitian tugas akhir ini dan juga teruntuk sahabat-sahabat saya Yessi Ratna Sari, dan Sari Rahayu Mulyati yang selalu memberikan support.
7. Teman-teman Angkatan 2016 terutama kelas A

Pekanbaru, 31 Mei 2021



Mahmud Hakim

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	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
ABSTRACT	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 WAX	4
2.2 BIOETANOL	7
2.3 <i>STATE OF THE ART</i>	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	10
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	10
3.2 ALAT DAN BAHAN	11
3.2.1 Alat	11
3.2.2 Bahan	15
3.3 PROSEDUR PENELITIAN	17
3.4 JADWAL PENELITIAN	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN	23
4.1 PENGARUH HIDROLISIS KULIT NANAS	23

4.1.1 Pengaruh Hidrolisis Terhadap Variasi Konsentrasi Asam Klorida (HCL)	24
4.1.2 Pengaruh Hidrolisis Terhadap Variasi Temperatur.....	24
4.2 PENGARUH FERMENTASI KULIT NANAS	25
4.3 <i>PROPERTIES</i> BIOETANOL	26
4.3.1 Densitas dan <i>Specific Gravity</i> (SG).....	26
4.3.2 Viskositas	27
4.3.3 Perbandingan <i>Properties</i> Bioetanol dengan Etanol Standar ...	27
4.3.4 Karakterisasi <i>Gas Chromatography Mass Spectrometry</i> (GCMS)	28
4.4 PENGUJIAN WAX <i>PARAFFIN</i>	30
4.4.1 Penurunan <i>Pour Point</i> dengan Menggunakan Bioetanol dan <i>Xylene</i>	30
4.4.2 Penurunan <i>Pour Point</i> Berdasarkan Pencampuran Bioetanol dengan <i>Xylene</i>	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 KESIMPULAN	33
5.2 SARAN	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Endapan wax paraffin (Alnaimat & Ziauddin, 2020).....	4
Gambar 2.2 Delignifikasi kandungan lignoselulosa (Darojati, 2017).....	8
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	10
Gambar 3.2 Alat penelitian.....	11
Gambar 3.3 Alat penelitian (lanjutan)	12
Gambar 3.4 Alat penelitian (lanjutan)	13
Gambar 3.5 Alat penelitian (lanjutan)	14
Gambar 3.6 Alat penelitian (lanjutan)	15
Gambar 3.7 Bahan penelitian	15
Gambar 3.8 Bahan penelitian (lanjutan).....	16
Gambar 4.1 a. Nanas b. Kulit nanas c. Bioetanol	23
Gambar 4.2 Contoh hasil uji gula reduksi	23
Gambar 4.3 Hasil gula reduksi variasi konsentrasi asam	24
Gambar 4.4 Hasil gula reduksi berdasarkan variasi temperatur	24
Gambar 4.5 Hasil kadar bioetanol berdasarkan variasi jumlah urea	25
Gambar 4.6 Kadar bioetanol terhadap densitas dan SG	26
Gambar 4.7 Kadar bioetanol terhadap viskositas	27
Gambar 4.8 Hasil gas chromatography bioetanol kulit nanas.....	28
Gambar 4.9 Hasil mass spectrometry bioetanol senyawa metanol	29
Gambar 4.10 Hasil mass spectrometry bioetanol senyawa etanol.....	29
Gambar 4.11 Contoh penurunan pour point	30
Gambar 4.12 Hasil pengujian pour point.....	30
Gambar 4.13 Hasil pengujian pour point.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Xylene.....	5
Tabel 2.2 Jenis-Jenis Wax Inhibitors / Pour Point Depressants (WIs/PPDs).....	6
Tabel 2.3 Komposisi Limbah Kulit Nanas	7
Tabel 3.1 Skenario Konsentrasi Pencampuran Pengujian.....	22
Tabel 3.2 Waktu Penelitian	22
Tabel 4.1 Perbandingan Properties Bioetanol Dengan Etanol Standar.....	27
Tabel 4.2 Kandungan Senyawa Bioetanol	29

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Tabel Hasil Uji Gula Reduksi Konsentrasi Asam
LAMPIRAN II	Gambar Hasil Uji Gula Reduksi Variasi Konsentrasi Asam
LAMPIRAN III	Hasil Uji Gula Reduksi Variasi Suhu
LAMPIRAN IV	Tabel Kadar Bioetanol (%) Variasi Jumlah Urea
LAMPIRAN V	Hasil Uji Viskositas Bioetanol
LAMPIRAN VI	Persamaan Densitas, Specific Gravity (SG), dan Viskositas
LAMPIRAN VII	Perhitungan Kadar Bioetanol dari Hasil Analisis Gcms
LAMPIRAN VIII	Properties Crude Oil PT.SPR Langgak
LAMPIRAN IX	Tabel Hasil Uji Pour Point
LAMPIRAN X	Gambar Hasil Uji Pour Point
LAMPIRAN XI	Sertifikat Hasil Uji GCMS
LAMPIRAN XII	Surat Keabsahan Penelitian

DAFTAR SINGKATAN

API	American Petroleum Institute
ASTM	American standard tersting and material
Bio	Bioetanol
BOPD	Barrel oil per day
C	Celcius
CFPP	Cold filter plugging point
cP	Centi poise
EVA	Etilena vinil asetat kopolimer
F	Farenheit
gr	Gram
gr/mL	Gram per liter
gr/mol	Gram per mol
HCL	Hidrochloric
Kcal/kg	Kilo kalori per kilogram
m	Massa
M	Molaritas
mL	Mililiter
NaOH	Natrium hidroksida
POM	Polarizing optical micrscoy
PP	Pour point
PPD	Pour point depressant
QS	Quran surat
rpm	Rotasi per menit
SG	Specific gravity
V	Volume
WAT	Wax appreance temperature
Xyl	Xylene
Wis	Wax inhibitors

DAFTAR SIMBOL

ρ	Densitas, gr/mL
%	Persen
$^{\circ}$	Derajat
μ	Viskositas, cP
$\pm$	Kurang lebih



Dokumen ini adalah Arsip Mlik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BIOSOLVENT DARI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANAS DAN PENAMBAHAN ADDITIVE XYLENE DIGUNAKAN SEBAGAI WAX INHIBITOR

MAHMUD HAKIM

163210102

ABSTRAK

Wax cenderung mengkristal pada kondisi suhu yang rendah, yang mengakibatkan *crude oil* sulit untuk bergerak. Sehingga kondisi ini akan mempengaruhi proses transportasi di pipa aliran. *Solvent* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk mengatasi *wax*. *Solvent* yang digunakan sebagai *wax inhibitor* adalah bioetanol. Bioetanol berasal dari limbah kulit nanas memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang merupakan sumber utama dari produksi bioetanol. Proses limbah kulit nanas menjadi produk bioetanol dilakukan dengan proses *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan distilasi. Proses hidrolisis dilakukan dengan menggunakan Asam klorida (HCL) dengan variasi konsentrasi asam dan variasi temperatur. Pengaruh variasi konsentrasi asam yang digunakan didapatkan gula reduksi yang terus meningkat. Sedangkan pada variasi temperatur di dapatkan titik optimum gula reduksi pada suhu 100°C sebesar 24°Brix. Hasil fermentasi didapatkan kadar etanol yang terus meningkat seiring penambahan urea. Kadar etanol tertinggi dihasilkan dengan menggunakan *saccharomyces* sebanyak 0.015 gr/mL + 5 gr urea yaitu 18% kadar bioetanol yang dihitung dengan menggunakan alat alkoholmeter. Sedangkan dengan pengujian GCMS didapatkan kadar bioetanol sebesar 16.45%. Hasil penggunaan bioetanol dengan kadar 16.45% dapat menurunkan *pour point* sebesar 3°C pada konsentrasi 75%. Sedangkan penggunaan *additive xylene* di dapatkan kondisi optimum dalam menurunkan *pour point* sebesar 11°C pada konsentrasi 75%. Selain itu, pencampuran juga dilakukan terhadap bioetanol dan *additive xylene*. Pencampuran dengan perbandingan rasio bioetanol : *xylene* adalah 1:2 didapatkan konsentrasi terbaik dalam menurunkan *pour point* sebanyak 6°C pada volume rasio 75%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan bioetanol dan pencampuran bioetanol dengan *additive xylene* berpotensi baik dalam menurunkan *pour point*.

Kata kunci : *Wax*, bioetanol, selulosa dan *pour point*.

BIOSOLVENT FROM THE UTILIZATION OF PINEAPPLE SKIN WASTE AND THE ADDITION OF XYLENE ADDITIVE ARE USED AS A WAX INHIBITOR

MAHMUD HAKIM

163210102

ABSTRACT

Wax tends to crystallize at low temperature conditions, which makes it difficult for crude oil to move. So that this condition will affect the transportation process in the flow line. Solvent is one technique used to treat wax. The solvent used as a wax inhibitor is bioethanol. Bioethanol comes from pineapple skin waste containing cellulose and hemicellulose which are the main sources of bioethanol production. The process of pineapple skin waste into bioethanol products is carried out by pretreatment, hydrolysis, fermentation and distillation processes. The hydrolysis process is carried out using hydrochloric acid (HCL) with variations in acid concentration and temperature variations. The effect of the variation in acid concentration used was that reducing sugars continued to increase. Meanwhile, at temperature variations, the optimum point of reducing sugar is obtained at a temperature of 100°C of 24°Brix. The fermentation yields the ethanol content which continues to increase with the addition of urea. The highest ethanol content was produced using *Saccharomyces* as much as 0.015 gr/mL + 5 gr urea which is 18% bioethanol content calculated using an alcohol meter. Meanwhile, with GCMS testing, the bioethanol content was obtained by 16.45%. The results of using bioethanol with a level of 16.45% can reduce the pour point by 3 ° C at a concentration of 75%. Meanwhile, the use of xylene additive obtained the optimum conditions in reducing the pour point of 11°C at a concentration of 75%. In addition, bioethanol and xylene additives are also mixed. Mixing with a ratio of bioethanol: xylene ratio is 1: 2 to get the best concentration in reducing the pour point by 6°C at a volume ratio of 75%. So it can be concluded that the use of bioethanol and mixing of bioethanol with xylene additives has the good potential to reduce the pour point.

Keywords : Wax, bioethanol, cellulose and pour point

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Minyak bumi terbagi menjadi empat fasa yaitu *liquid*, uap, *wax* dan *asphalt* (Xue et al., 2019). Minyak bumi mengandung *wax* dengan persentase *wax paraffin* yang dapat naik sebanyak setengah dari kandungan minyak bumi. Kandungan *wax* pada minyak bumi cenderung mengkristal sehingga mengakibatkan minyak bumi sulit untuk bergerak (Admiral et al., 2016). *Wax* merupakan zat yang terjadi secara alami pada *crude oil* yang dapat menyebabkan masalah (Bai & Bai, 2018). Sehingga, *wax* merupakan salah satu tantangan utama dalam produksi dan transportasi pada pipa minyak bumi (Alves et al., 2019). *Wax* akan mengkristal pada kondisi suhu yang rendah dari dinding pipa. Kristalisasi ketebalan yang tinggi akan mengakibatkan penyempitan area internal pipa produksi minyak bumi (Alnaimat & Ziauddin, 2019).

Minyak yang mengandung *wax paraffin* yang cukup tinggi perlu waktu yang lama untuk mencapai kondisi yang stabil, sehingga di perlukan metode untuk menangani permasalahan *wax paraffin*. *Solvent* merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengatasi *wax* (Yao et al., 2018). *Solvent* yang dapat dijadikan *wax inhibitor* adalah bioetanol (Afdhol et al., 2020). Proses pembuatan bioetanol berasal dari bahan baku yang mengandung selulosa sangat kompleks sehingga melibatkan beberapa proses yaitu *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi (Kouteu et al., 2016).

Limbah pertanian (biomassa) merupakan sumber yang kaya akan gula yang dapat difermentasikan menjadi substrat yang baik untuk produksi etanol, sebagai sumber energi potensial pengganti minyak mentah (Moodley & Gueguim, 2019). Limbah nanas merupakan bahan baku potensial dalam produksi etanol karena memiliki kandungan gula sederhana dan kompleks seperti selulosa dan hemiselulosa (Seguí & Fito, 2018).

Produksi nanas pada tahun 2019 di Indonesia mencapai 1,39 juta ton, termasuk dalam penghasil nanas terbesar ketiga untuk wilayah Asia Tenggara dengan kontribusi sebesar 23% (Widowati, 2019). Produksi yang tinggi akan mempengaruhi kontribusi limbah yang dihasilkan. Dalam meminimalisir tingkat

kontribusi limbah yang dihasilkan maka limbah dari produksi nanas dapat digunakan sebagai bioetanol.

Penelitian pembuatan bioetanol dilakukan di laboratorium dengan menggunakan bahan utama ialah limbah kulit nanas yang diolah sebagai *solvent* untuk menghambat *wax paraffin*. Pemanfaatan bioetanol sebagai penghambat kristalisasi *wax paraffin* akibat dari interaksi reaksi *like dissolve like*, dimana kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh masing-masing kepolaran antara zat pelarut dengan zat yang terlarut (Dzakwan & Priyanto, 2019).

Selain itu, peningkatan keselamatan operasi pipa juga dapat dilakukan dengan cara menambahkan inhibitor seperti *pour point depressant* (PPD) (Yang et al., 2019). Untuk menambah keefektifan bioetanol dalam menurunkan *pour point* terhadap *wax* perlu penambahan *solvent* komersil yang disebut dengan *pour point depressant* (PPD). Salah satu *solvent* yang memiliki efektifitas yang baik dalam menurunkan *pour point* terhadap *wax* adalah *xylene* (Theyab & Diaz, 2016). Bioetanol dan *xylene* merupakan *solvent* yang digunakan untuk menghambat terjadinya deposisi *wax paraffin*. Hasil dari penambahan *pour point depressant* (PPD) dengan produksi bioetanol diharapkan dapat bermanfaat menurunkan *pour point* pada *wax paraffin*.

Pada penelitian sebelumnya, produksi bioetanol berasal dari limbah tea (Afdhol et al., 2019). Sedangkan pada penelitian ini produksi bioetanol yang akan dilakukan dengan menggunakan limbah kulit nanas dijadikan *solvent*. Penggunaan *solvent* akan berperan sebagai penghambat terjadinya deposisi *wax paraffin*, selain itu juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk melakukan pembuatan bioetanol yang berasal dari konversi limbah kulit nanas yang akan digunakan sebagai *solvent*
2. Mengetahui *properties* bioetanol yang berasal dari konversi limbah kulit nanas.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan bioetanol serta *additive xylene* terhadap *pour point waxy crude oil*.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Diharapkan pada penelitian ini pemanfaatan pada limbah kulit nanas yang dikonversikan sebagai produk bioetanol dapat menjadi bahan informasi yang menarik untuk industri hulu migas. Yang mana guna dari pembuatan bioetanol dapat digunakan sebagai bahan alternatif yang dapat menghambat deposisi *wax* dan memperpendek rantai hidrokarbon, hal ini tentunya sangat berguna dalam mengatasi *wax paraffin* yang terjadi pada pipa transportasi sumur minyak bumi.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan, maka penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah seperti berikut:

1. Penelitian dilakukan hanya untuk membuat produk bioetanol yang berasal dari limbah kulit nanas madu Rimbo Panjang.
2. Prosedur dalam konversi bioetanol yang dilakukan yaitu *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan distilasi.
3. Produk bioetanol yang dihasilkan dilakukan berskala laboratorium.
4. Pencampuran bioetanol dan *wax paraffin* serta penambahan *additive xylene* digunakan untuk melihat penurunan *pour point*.
5. Tidak mempertimbangkan aspek keekonomisan terhadap variasi rasio pencampuran *solvent* pada *waxy crude oil*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada perkembangan ilmu pengetahuan sumber daya manusia merupakan suatu pemikiran yang diberikan untuk berpikir bagaimana cara menyeimbangkan alam agar dapat dimanfaatkan sebaik mungkin. Sebagaimana penelitian ini dilaksanakan berdasarkan dari surah yang diturunkan oleh Allah SWT, terdapat pada (QS. Al-Mulk [67]:15) “Dialah yang menjadikan bumi untuk kamu yang mudah dijelajahi, maka jelajilah di segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezeki-Nya. Dan hanya kepada-Nyalah kamu (kembali setelah) dibangkitkan”.

2.1 WAX



Gambar 2.1 Endapan *wax paraffin* (Alnaimat & Ziauddin, 2020)

Crude oil yang mengandung *wax paraffin* cenderung akan mengkristal yang mengakibatkan terjadinya pengendapan. *Wax* merupakan senyawa hidrokarbon rantai panjang (alkana) yang memiliki sifat nonpolar dan dapat mengendap dengan cepat akibat perubahan suhu (Ganeeva et al., 2016). Kristalisasi *wax* terbentuk ketika suhu *crude oil* berada dibawah nilai WAT-nya (*Wax appearance temperature*). *Wax appearance temperature* merupakan suhu awal pembentukan kristal *wax* pada minyak bumi mulai terjadi atau sering disebut dengan *cloud point* (Prasetyo & Sudono, 2020). Sedangkan *pour point* merupakan suhu terendah dimana minyak dapat tertuang (White et al., 2018).

Permasalahan *wax* sangat sering terjadi pada industri migas yang akan menyebabkan menurunnya laju alir, yang dapat dilihat contoh permasalahan *wax* pada gambar 2.1. Prilaku aliran minyak bumi dipengaruhi oleh pengendapan yang

terjadi akibat *wax paraffin* yang mengakibatkan aliran dari kondisi Newtonian menjadi non-Newtonian (Rif`Ati & Muda, 2016). Metode dalam penanggulangan *wax paraffin* dapat dilakukan dengan cara mekanik, *chemical*, *thermal* dan *microbial* (Xu et al., 2013). Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan hasil penelitian penggunaan metode *chemical* dalam mitigasi *wax paraffin* (Goodman & Joshi, 2013). Penggunaan *chemical* dalam mitigasi *wax paraffin* akan menurunkan *pour point* dan meningkatkan Viskositas (Coto et al., 2014). Salah satu metode yang juga meningkatkan aliran transportasi *crude oil* yang terjadi akibat kristalisasi *waxy paraffin* dengan menggunakan *solvent* seperti *pour point depressant* (PPD) (Chen et al., 2010).

Xylene atau disebut juga *xylol* adalah turunan *benzene* dengan rumus molekul $(CH_3)_2C_6H_4$. Berat molekul 106.17 gr/mol dengan komposisi karbon 90.5% dan hidrogen 9.5%. *Xylene* merupakan turunan minyak bumi yang bersifat sebagai nonpolar, mudah terbakar, dan sering dijadikan sebagai pelarut (Cahyana et al., 2015). Berikut spesifikasi *xylene* terdapat pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Spesifikasi *Xylene*

Parameter	Keterangan
Rumus kimia	$(CH_3)_2C_6H_4$
Warna	Tidak bewarna
Aroma	Sweet
Keadaan fisik	Liquid
Bentuk	Liquid
Berat molekul	106.16 gr/mol
Titik didih	139°C
Viscosity	0.62 cP
Density	0,86 gr/mL

Sumber : (Cahyana et al., 2015)

Berikut beberapa penelitian mengenai penggunaan *pour point depressant* (PPD) yang telah dilakukan berdasarkan penggunaan *solvent* yang berbeda, yaitu:

Priyandono pada tahun 2007 melakukan penelitian terkait penggunaan *solvent* dan surfaktan yang digunakan untuk peningkatan produksi yang diakibatkan oleh kandungan parafin pada sumur LS-124 lapangan Lirik yang mengandung paraffinik. Pada sumur LS-124 memiliki *pour point* sebesar 102°F yang mempengaruhi laju produksi sumur. Berdasarkan hasil penggunaan injeksi

solvent dan surfaktant produksi minyak meningkat dari 7 BOPD menjadi 44 BOPD (Priyandoyo et al., 2007).

Pada penelitian oleh Zhao et al., (2017), membahas tentang pengaruh nano-hybrid yang digunakan sebagai *pour point depressant* (PPD) yang di aplikasikan pada minyak diesel. *Morphology* dari kristalisasi pada minyak diesel di temperatur yang rendah di evaluasi dengan menggunakan *polarizing optical microscop* (POM). Hasil mengindikasikan bahwasannya penggunaan nano-hybrid sebagai *pour point depressant* (PPD) menunjukan penurunan *pour point* sebesar 16°C.

Pada penelitian oleh Liu et al., (2019), Membahas tentang pengaruh (C14MC-MA-HE) sebagai *pour point depressants* (PPDs) yang terpolymer dalam berbagai rasio molar. Hasil menunjukkan bahwa terpolymer (C14MC-MA-HE) memberikan efek yang berbeda pada solid (SP) dan *cold filter plugging point* (CFPP) pada berat 0.15%, didapatkan PPD yang paling baik pada rasio 4:1:1 dan 4:4:1 terpolimer dicampur dengan *Etilena Vinil Asetat kopolimer* (EVA) pada rasio 1:1.

Berikut contoh penggunaan *solvent* dan penurunan *pour point* yang sudah diaplikasikan terhadap *crude oil* yang mengandung *wax paraffin* yang tinggi dari beberapa negara yang dapat di lihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis-Jenis *Wax Inhibitors / Pour Point Depressants* (WIs/PPDs)

<i>Crude Oil</i>	<i>Wax Inhibitors / Pour Point Depressants</i> (WIs/PPDs)	PP (°C)	Hasil PP (°C)
China	<i>Polyoctadecyl Acrylate nanocomposites</i>	19	7
Egyptian	<i>Gemini surfactant</i>	24	3
Malaysia	<i>Ethylene Vinyl Acetate co-Diethanolamine</i>	35	10
India	<i>Non-ionic Phenyl-Polyethylene Glycol Surfactant</i>	42	1

Sumber : Hao et al., (2019)

2.2 BIOETANOL

Bioetanol merupakan bahan bakar terbarukan yang terbuat dari biomassa yang mengandung pati, gula, dan lignoselulosa. Etanol disebut juga dengan etil etanol dengan rumus kimia C_2H_5OH atau CH_3CH_2OH yang bersifat nonpolar. Produksi bioetanol dari bahan baku lignoselulosa umumnya melalui tahap proses *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan distilasi (Wijaya et al., 2019). Berdasarkan klasifikasi bahan bakunya, etanol dibagi menjadi dua yaitu etanol nabati atau yang sering disebut dengan bioetanol dan etanol sintesis (Miskah et al., 2017).

Lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa dan hemiselulosa. Persentase kandungan ketiga senyawa lignoselulosa berbeda-beda, bergantung pada sumbernya (Hermiati et al., 2017). Kulit nanas merupakan biomassa lignoselulosa yang memiliki kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa yang dapat dikonversikan menjadi bioetanol. Kandungan yang terdapat pada kulit nanas dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut :

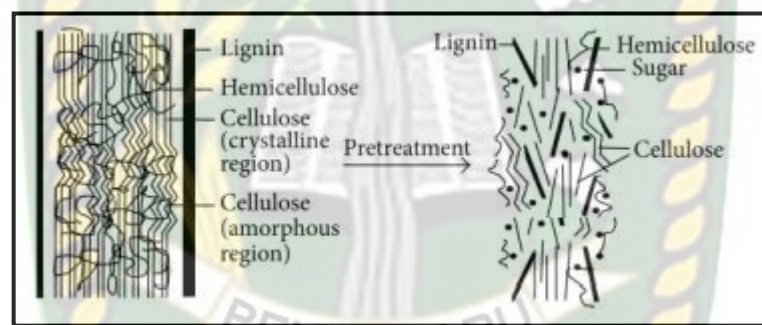
Tabel 2.3 Komposisi Limbah Kulit Nanas

Kandungan	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 : (Vasiljevic, 2020)

Selulosa merupakan biopolimer yang banyak terdapat pada tanaman. Selulosa yang terkandung pada lignoselulosa dapat dikonversikan menjadi glukosa sebagai bahan pembuatan bioetanol dengan menggunakan asam ataupun enzim melalui proses hidrolisis (Haryani et al., 2017; Rilek et al., 2017). Hidrolisis adalah salah satu proses dalam pembuatan etanol berbahan baku lignoselulosa yang bertujuan untuk memecah selulosa dan hemiselulosa menjadi monosakarida berupa glukosa yang selanjutnya akan difermentasikan menjadi bioetanol (Sutikno et al, 2015).

Hemiselulosa merupakan polisakarida yang terdiri dari pentosa, heksosa dan asam uronat. Seperti halnya selulosa untuk mendapatkan komponen glukosa, hemiselulosa perlu dihidrolisis terlebih dahulu sebelum dilakukan fermentasi (Darojati, 2017). Dalam proses fermentasi, lama fermentasi mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan. Selain itu juga, faktor lain seperti suhu, pH, substrat dan mikroba yang digunakan juga mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan (Fitria & Lindasari, 2021). Lignin merupakan struktur kompleks lignoselulosa yang merupakan salah satu faktor utama yang menyulitkan degradasi lignoselulosa terhadap selulosa (Sari & Ernawati, 2017). Oleh karena itu sebelum dilakukannya hidrolisis, terlebih dahulu dilakukan proses *pretreatment*. Tujuan utama dari proses *pretreatment* adalah untuk memisahkan selulosa dari kandungan lignin. Efek perlakuan *pretreatment* dapat dilihat dari gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Delignifikasi kandungan lignoselulosa (Darojati, 2017)

2.3 STATE OF THE ART

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lily Arlianti, membahas tentang penggunaan bioetanol sebagai sumber *Green Energy* Alternatif yang potensial di Indonesia. Bioetanol yang dihasilkan berasal dari tumbuhan yang mengandung pati dan lignoselulosa. Proses pembuatan bioetanol yang dilakukan adalah hidrolisis, fermentasi dan distilasi. Pada penelitian ini juga membahas berbagai macam bahan baku yang dapat dijadikan sebagai sumber produksi bioetanol seperti : limbah buah pisang, limbah batang jagung, nira kelapa, limbah stroberi dan lain-lain (Arlianti, 2018).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Voulda, membahas tentang pemanfaatan bioetanol sebagai sumber energi alternatif pengganti minyak tanah. Pada penelitian ini sumber produksi bioetanol dengan menggunakan bahan baku

pati yang diawali dengan proses liquifikasi dan sakarifikasi selanjutnya dilakukan proses fermentasi dengan melibatkan enzim dan ragi. Fermentasi dilakukan pada kisaran suhu 27 - 32°C. proses selanjutnya yaitu distilasi untuk menghasilkan etanol (Voulda, 2014).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rohmad Ali Mukti & Dwi Heru Sutjahjo, membahas tentang penggunaan bioetanol dari limbah kulit kelapa muda segar sebagai *Extender Premium*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui densitas, nilai kalori, *pour point*, viskositas, dan kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah kulit kelapa muda segar. Hasil dari penelitian ini didapatkan densitas 0,8252 gr/mL, nilai kalori 5998,92 Kcal/kg, *pour point* > -30°C, viskositas 3,8402 cP, kadar etanol yang didapatkan dari penelitian ini yaitu 14%, 45%, 77% dan 95% (Mukti & Sutjahjo, 2013).

Berdasarkan penelitian Azizah, Al-Baarri, dan Mulyani (2012), bahwasannya penggunaan *saccharomyces* dalam proses fermentasi selama 72 jam dapat menghasilkan etanol yang lebih tinggi di bandingkan *klyuveromyces fragilis*. Pada penelitiannya telah memfermentasikan limbah kulit pisang dengan variasi jumlah *saccharomyces* selama 72 jam pada suhu 30°C dan pH fermentasi 4,5-5. Didaptkan hasil terbaik pada konsentrasi *saccharomyces* sebanyak 10%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan peneliti terdahulu, penggunaan bioetanol selama ini masih banyak digunakan sebagai *biofuel* sebagai bahan pengganti minyak bumi dan mengurangi efek rumah kaca. Akan tetapi, pada penelitian ini bioetanol yang dihasilkan akan dijadikan sebagai *solvent* untuk mengatasi *wax paraffin*.

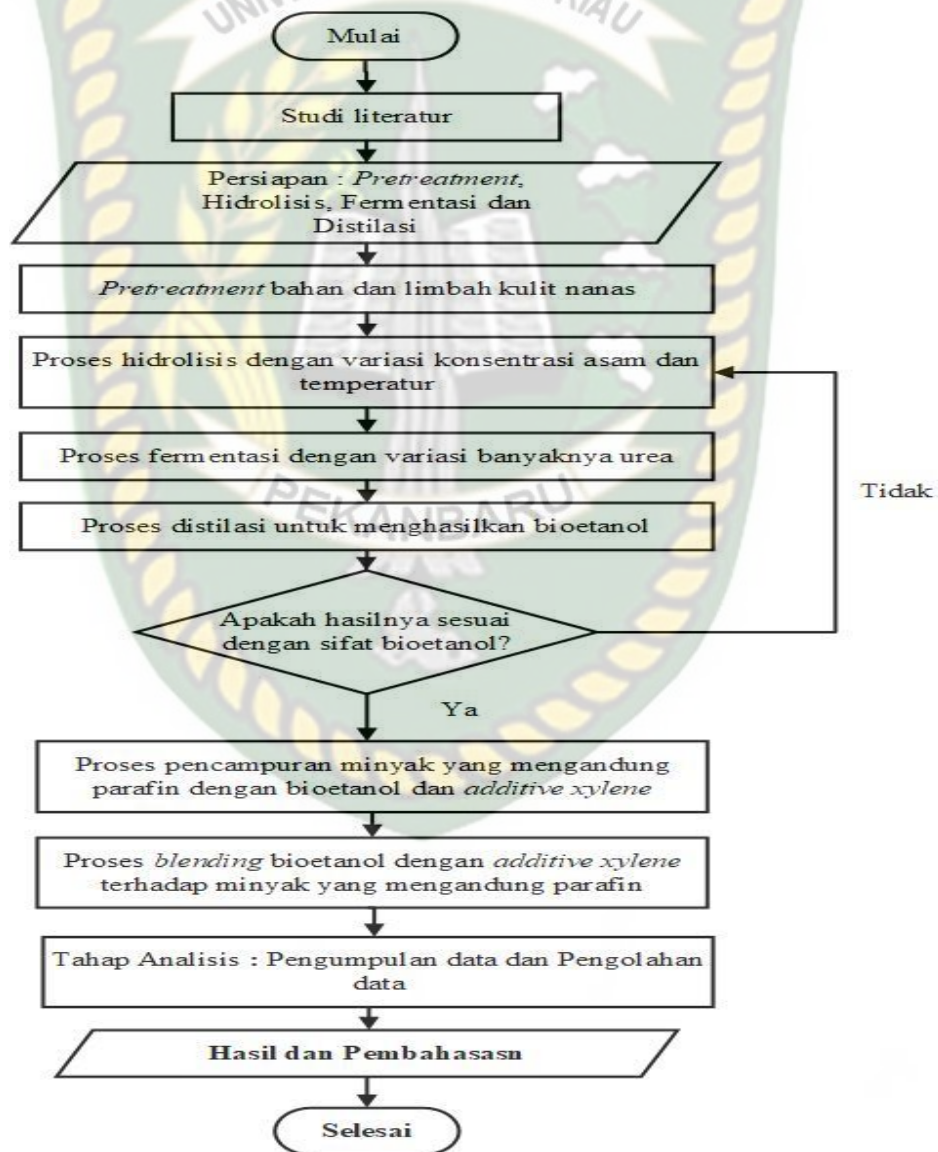
Hipotesis dari teori dan penelitian terdahulu dapat disimpulkan yaitu sebagai berikut:

1. Limbah kulit nanas merupakan biomassa yang dapat dijadikan sebagai sumber produksi bioetanol.
2. Bioetanol memiliki potensi dalam menurunkan *pour point*.
3. Bioetanol dan *xylene* merupakan *solvent* yang dapat dijadikan sebagai *wax inhibitor*

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia, Laboratorium Dasar Universitas Islam Riau dengan jenis penelitian *Experiment Research* dengan metode *pretreatment*, hidrolisis dengan menggunakan asam dan fermentasi serta distilasi untuk mendapatkan produk bioetanol dan pengujian bioetanol sebagai *solvent* alternatif untuk *waxy crude oil*

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

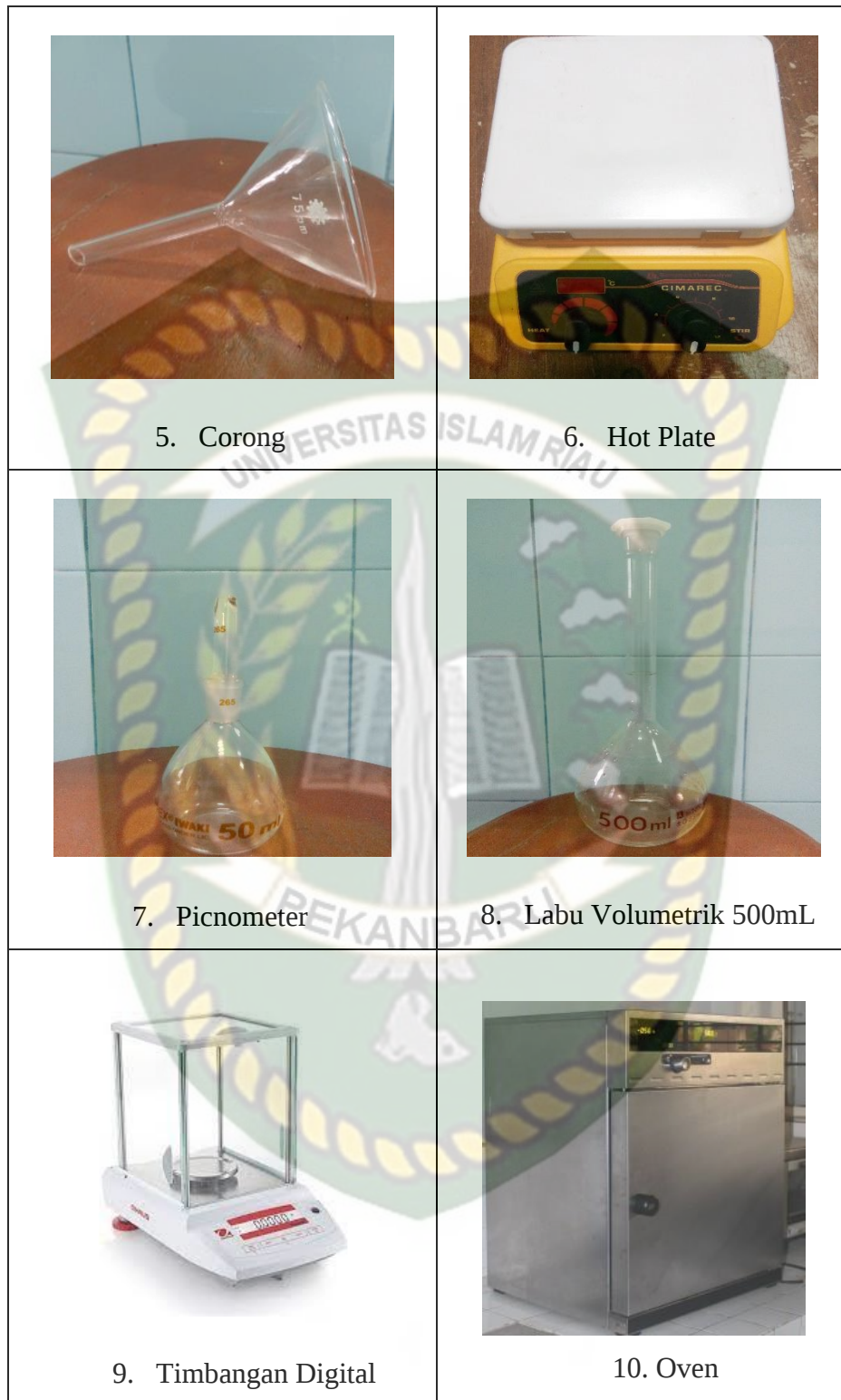
3.2 ALAT DAN BAHAN

3.2.1 Alat

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Gelas Kimia 400 mL | 13. Pipet Tetes |
| 2. Gelas Ukur 25 mL | 14. Seperangkat Destilasi |
| 3. Labu Erlenmeyer 500 mL | 15. Stirer |
| 4. Batang Pengaduk | 16. Ruang Pengenceran Asam |
| 5. Corong | 17. Refacto Meter |
| 6. Hot Plate | 18. Tabung Reaksi |
| 7. Piknometer | 19. Viscosimeter Oswald |
| 8. Labu Volumetrik 500 mL | 20. Alkohol Meter |
| 9. Timbangan Digital | 21. Botol Plastik |
| 10. Oven | 22. Blender |
| 11. pH Meter | 23. Aluminium Foil |
| 12. Termometer | 24. Selang |



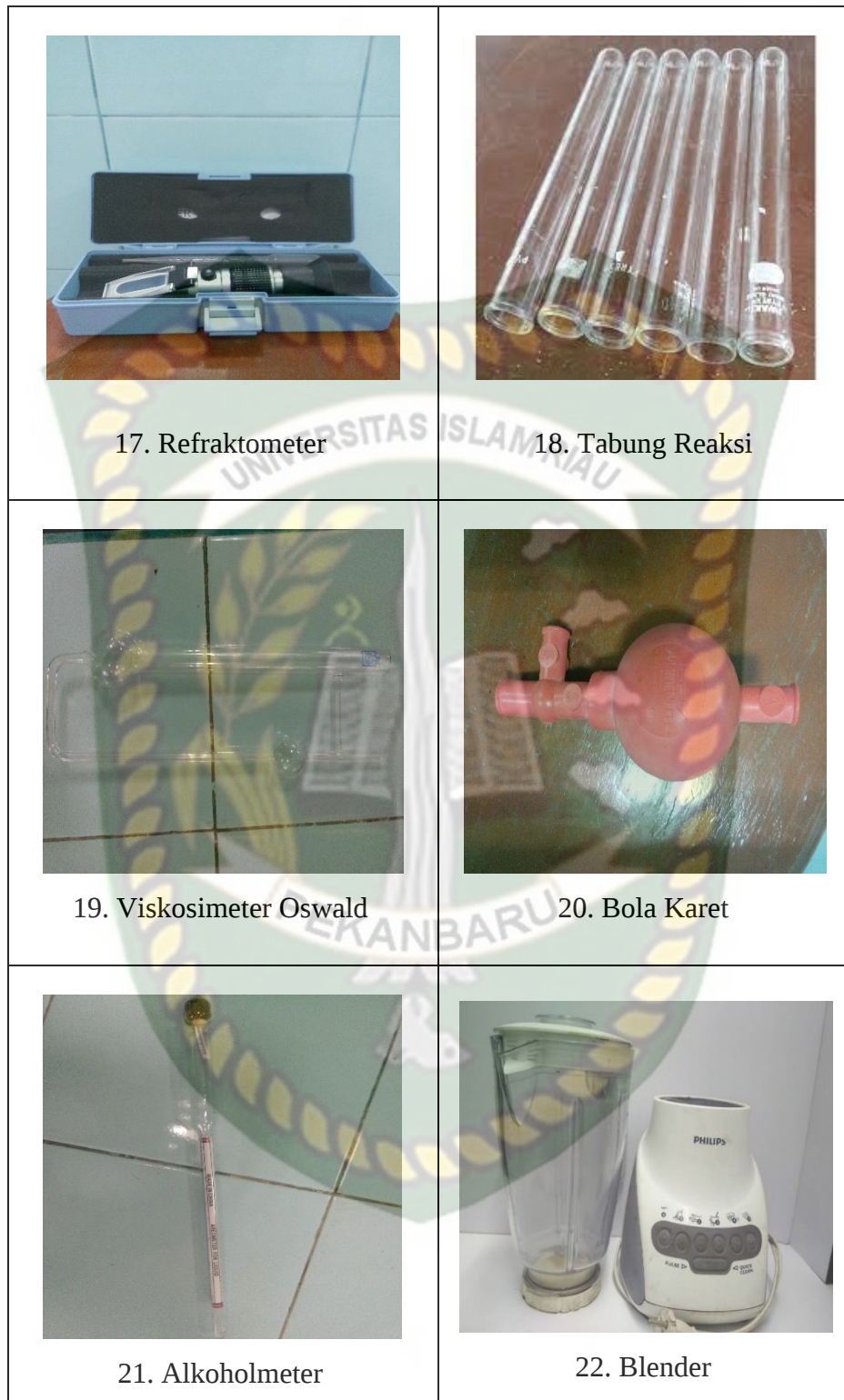
Gambar 3.2 Alat penelitian



Gambar 3.3 Alat penelitian (lanjutan)



Gambar 3.4 Alat penelitian (lanjutan)



Gambar 3.5 Alat penelitian (lanjutan)



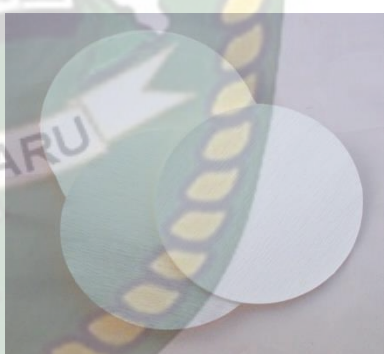
Gambar 3.6 Alat penelitian (lanjutan)

3.2.2 Bahan

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Limbah Kulit Nanas | 6. Urea |
| 2. Asam klorida (HCL) | 7. Aquadest |
| 3. NaOH | 8. <i>Filter Paper</i> |
| 4. <i>Xylene</i> | 9. Plastisin |
| 5. <i>Saccharomyces</i> | 10. Vaseline |



Gambar 3.7 Bahan penelitian

 3. NaOH	 4. Xylene
 5. <i>Saccharomyces</i>	 6. Urea
 7. Aquadest	 8. Filter Paper
 9. Plastisin	 10. Vaseline

Gambar 3.8 Bahan penelitian (lanjutan)

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

1. Persiapan Bahan (*Pre-treatment*) (Haryani et al., 2017)
 - a. Mengeringkan kulit nanas dengan suhu 50°C selama 4 hari (96 jam) dengan menggunakan oven, melakukan penggilingan kulit nanas menggunakan blender hingga menjadi serbuk.
 - b. Mempersiapkan asam klorida (HCL) 37% yang akan digunakan pada proses hidrolisis.
 - c. Mempersiapkan *Saccharomyces* dan penambahan urea yang digunakan dalam proses fermentasi.
 - d. Persiapan *solvent* yang akan dicampurkan pada produk bioetanol yaitu *Xylene*.
2. Proses pengenceran asam klorida (HCL)
 - a. Konsentrasi asam yang digunakan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$M1 \times V1 = M2 \times V2 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan M1 : Molaritas asam klorida 37% adalah 12.06 mol/L
 M2 : Molaritas asam klorida yang diinginkan (1 M, 2 M, 3 M, 4 M, dan 5 M)
 V1 : Volume asam klorida yang dicari
 V2 : Volume asam klorida yang diinginkan (1000mL)
3. Hidrolisis Biomassa Lignoselulosa (Susmanto et al., 2020)
 - a. Sebanyak 150 gram serbuk kulit nanas yang telah di blender dimasukan kedalam gelas kimia, masing-masing 150 gram pada 5 erlenmayer 500 mL.
 - b. Setiap gelas kimia ditambahkan asam klorida (HCL) dengan konsentrasi 1M, 2M, 3M, 4M, 5M. Volume asam klorida (HCL) yang ditambahkan sebanyak perbandingan 1:1 dengan sampel kulit nanas selama 180 menit (3 jam) di dalam oven.
 - c. Melakukan hidrolisis dengan berbagai variasi temperatur 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, dan 120°C pada 180 menit (3 jam) di dalam oven.

4. Uji Kadar Gula Reduksi Menggunakan *Portable Refractometer* HT113ATC
 - a. Membersihkan dan mengkalibrasi peralatan refraktometer.
 - b. Memeriksa kembali peralatan refraktometer sebelum digunakan, dengan cara meneteskan dengan aquadest pada prisma refraktometer. Peralatan refraktometer yang siap digunakan dapat dilihat dari hasil pembacaan tetesan aquadest yang menunjukkan pembacaannya pada skala 0.
 - c. Meneteskan sampel yang telah di hidrolisis ke prisma refractometer, menutupnya dan mengarahkan peralatan refractometer kearah cahaya untuk membaca skala. Pada alat refractometer dibaca dari garis-garis angka yang digunakan untuk mengetahui °Brix atau nilai dari gula reduksi.
 - d. Membersihkan alat refractometer yang telah digunakan dengan aquadest.
5. Penyesuaian pH (Azizah et al., 2012)

Sebelum melakukan inokulasi organisme, pH sampel perlu disesuaikan dan dijaga. Selama proses fermentasi pengukuran pH perlu dilakukan, pH selama proses fermentasi dilakukan antara 4,0-5,0. Apabila pH berubah menjadi basa, menambahkan HCL pekat agar pH tetap terjaga. Sebaliknya apabila pH berubah menjadi asam, dapat menambahkan NaOH.
6. Fermentasi (Irvan et al., 2016)
 - a. Setelah dilakukan proses hidrolisis, selanjutnya melakukan proses fermentasi. Pada proses fermentasi dengan menggunakan ragi *Saccharomyces*. Jumlah ragi *Saccharomyces* sebanyak 0,015 gr/mL setiap sampelnya. Kemudian menambahkan inokulan urea pada masing-masing sampel dengan variasi 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram dan 5 gram lalu menutupnya.
 - b. Melakukan sentrifugasi pada kecepatan 1000 rpm selama 10 menit, setelah melakukan inkubasi.
 - c. Melakukan fermentasi dengan temperatur 30°C selama 72jam.

7. Proses Distilasi (ASTM D86)

- a. Mengambil sampel hasil fermentasi dan memasukan sampel kedalam labu destilat.
- b. Meletakkan termometer di dalam labu destilat sebagai pengatur suhu etanol yang akan dihasilkan. Titik didih etanol di perhatikan sekitar 78,4°C.
- c. Bersihkan dan keringkan erlenmayer, letakkan erlenmayer tersebut sedemikian rupa di ujung *outlet*, sehingga ujung *outlet* masuk sedikit ke dalam erlenmayer (penampung destilat). Tutup erlenmayer untuk mencegah agar uap tidak keluar.
- d. Sirkulasikan cairan pendingin melalui kondensor dan jalankan pemanasan pada *end boiling point* dan biarkan cairan destilat menetes pada erlenmayer.
- e. Setelah pendinginan catat volume destilasi yang dihasilkan.

8. Uji Karakteristik Bioetanol

- a. Pengujian densitas (ASTM D 1298)
 - 1) Menimbang piknometer kosong.
 - 2) Mengisi piknometer yang kosong dengan bioetanol dan menimbang kembali piknometer yang berisi bioetanol, lalu mencatat massa nya. Massa bioetanol didapat dari selisih berat piknometer yang ditimbang.
 - 3) Melihat volume bioetanol dengan cara menuangkan kedalam gelas ukur.
 - 4) Mencari densitas dari bioethanol dengan persamaan :

$$\rho = \frac{[m' - m]}{v} \text{ (gr/mL)} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- ρ = Densitas, gr/mL
 m = Massa piknometer kosong, gr
 m' = Massa piknometer berisi cairan, gr
 v = Volume cairan, mL

b. Pengujian viskositas (Regina et al., 2019)

- 1) Menyiapkan cairan dan alat Viskometer Ostwald yang bersih dan kering yang akan digunakan
- 2) Memasukan cairan yang telah diukur volumenya kedalam alat viskometer
- 3) Hisap cairan dengan bola karet di dalam viskometer sampai cairan berada 1 mm diatas batas semula
- 4) Hitung waktu pengaliran cairan dengan menggunakan *stopwatch* sampai batas-batas yang terdapat pada batas Ostwald
- 5) Hitung nilai viskositas dan waktu pengaliran cairan sampel.

$$\mu_{kin} = C \times t \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan : μ = Viskositas (cst)

C = Konstanta alat ostwald, 0.4994 (cst/detik)

T = Waktu pengaliran (detik)

c. Pengujian *Specific Gravity* (SG) (Wiratmaja, 2014)

Penentuan nilai *Specific Gravity* (SG) didapat dari persamaan :

$$SG = \frac{\text{Density of Solution (wort)}}{\text{Density of water}} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

SG = *Specific Gravity*

Density of Solution (wort) = Densitas larutan (gr/mL)

Density of water = Densitas air (gr/mL)

d. Uji *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) (Asra et al., 2019)

Pengujian kromatografi gas spektrometri massa adalah metode untuk melakukan pengukuran secara kualitatif dan kuantitatif terhadap bahan-bahan yang mudah menguap. Pengujian kromatografi gas spektrometri massa diujikan di laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII).

Analisis sampel GCMS yang digunakan adalah GC-MS merek shimadzu QP 2010 SE dengan kondisi kolom yang digunakan adalah Rtx-5MS 30 mm dengan diameter internal 0.2 mm. Fase gerak yang digunakan adalah helium. GCMS banyak digunakan untuk analisis

minyak atsiri, biodiesel, senyawa alkohol, aldehid, jeton dan lain-lain (Asra et al., 2019).

9. Uji Waxy Crude Oil

a. Pour Point ASTM D5853-17a

- 1) Mengeluarkan sampel didalam tube dari oven setelah didapatkan *could point*. Kemudian pada kondisi temperatur kamar didiamkan (25 - 30°C).
- 2) Titik tuang didapat dari perubahan temperatur pada saat sampel dapat di tuangkan. Kemudian mencatatnya sebagai titik tuang.
- 3) Untuk melihat perubahan temperatur titik tuang dapat ditambahkan produk etanol dengan variasi rasio dapat dilihat pada tabel 3.1 Dimana volume konsentrasi *crude oil* yang mengandung *paraffin* sebanyak 100% atau 5mL selama pengujian.
- 4) Setelah melakukan penambahan bioetanol pada *waxy crude oil* dan melihat perubahan temperatur pada titik tuang yang terjadi.
- 5) Melakukan pencampuran terhadap *solvent xylene* (PPD) pada *waxy crude oil* dengan variasi konsentrasi dapat dilihat pada tabel 3.1 Dimana konsentrasi *crude oil* yang mengandung *paraffin* sebanyak 100% atau 5mL selama pengujian. Amati penurunan nilai *pour point*.
- 6) Selanjutnya melakukan pencampuran antara produk bioetanol dengan *xylene* (PPD) pada *waxy crude oil*. Pencampuran dilakukan dengan variasi variabel rasio yang berbeda. Skenario rasio pencampuran dapat dilihat dari tabel 3.1.
- 7) Sebelum mengamati *pour point*, bioetanol dan *xylene* dilakukan pengadukan dengan menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm hingga homogen.
- 8) Kemudian melakukan pencampuran terhadap *wax crude oil*. Volume *wax crude oil* sebanyak 5mL selama pengujian. Amati penurunan temperatur pada setiap variabel. Mencatat penurunan *pour point*.

Tabel 3.1 Skenario Konsentrasi Pencampuran Pengujian

No	Konsentrasi	Volume Konsentrasi (mL)					
		Waxy Crude Oil	Bioetanol 15%	Xylene	Bio + Xyl (1:1)	Bio + Xyl (2:1)	Bio + Xyl (1:2)
1	10%	5 mL	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	35%		1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
3	50%		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
4	75%		3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
5	100%		5	5	5	5	5
6	150%		7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
7	200%		10	10	10	10	10
8	250%		12.5	12.5	12.5	12.5	12.5

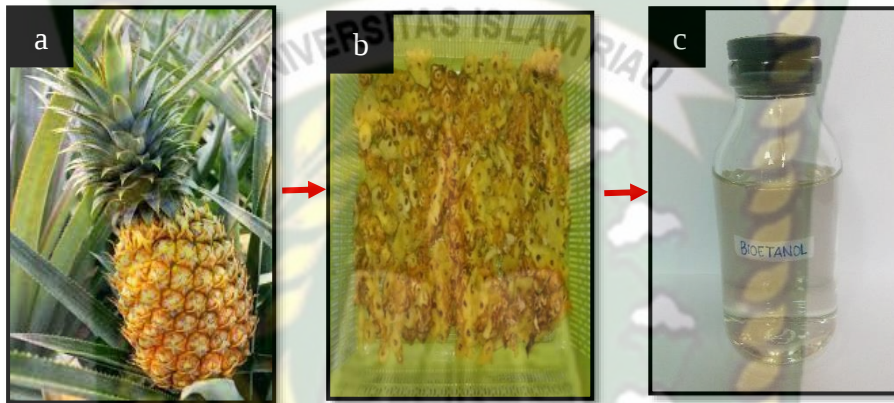
3.4 JADWAL PENELITIAN

Tabel 3.2 Waktu Penelitian

Deskripsi Kegiatan	Tahun 2020-2021																			
	November				Desember				Januari				Februari				Maret			
	Minggu				Minggu				Minggu				Minggu				Minggu			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
Pretreatment																				
Hidrolisis																				
Fermentasi																				
Destilasi																				
Uji Bioetanol																				
Uji Waxy Crude Oil + Bioetanol + xylene																				
Laporan Tugas Akhir																				

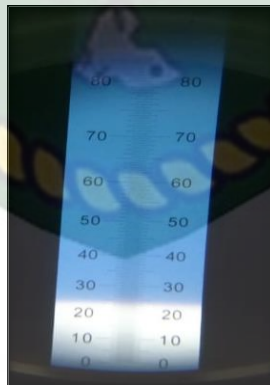
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Nanas (*Ananas comosus*) memiliki komposisi limbah kulit nanas sebanyak 30-42%, batang 2-5% dan mahkota 2-4%. Kulit nanas memiliki kandungan gula sederhana yang mengandung selulosa dan hemiselulosa sebagai bahan baku produksi bioetanol. Pada penelitian ini, pembuatan bioetanol berasal dari bahan baku biomassa berupa kulit nanas. Kulit nanas yang digunakan merupakan jenis nanas Rimbo Panjang yang banyak diproduksi di Riau.



Gambar 4.1 a. Nanas b. Kulit nanas c. Bioetanol

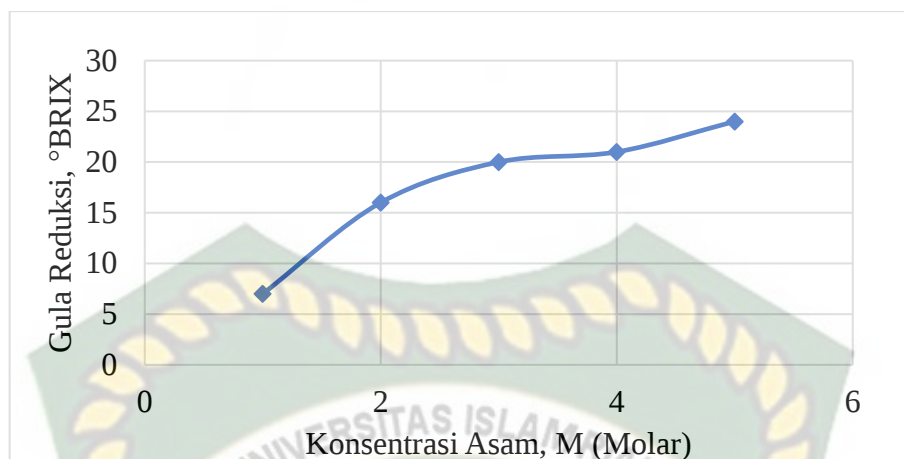
4.1 PENGARUH HIDROLISIS KULIT NANAS



Gambar 4.2 Contoh hasil uji gula reduksi

Gambar 4.2 merupakan contoh hasil uji gula reduksi pada proses hidrolisis. Pengukuran gula reduksi pada hasil hidrolisis kulit nanas dilakukan dengan menggunakan alat *Portable Refractometer* HT113ATC yang dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4

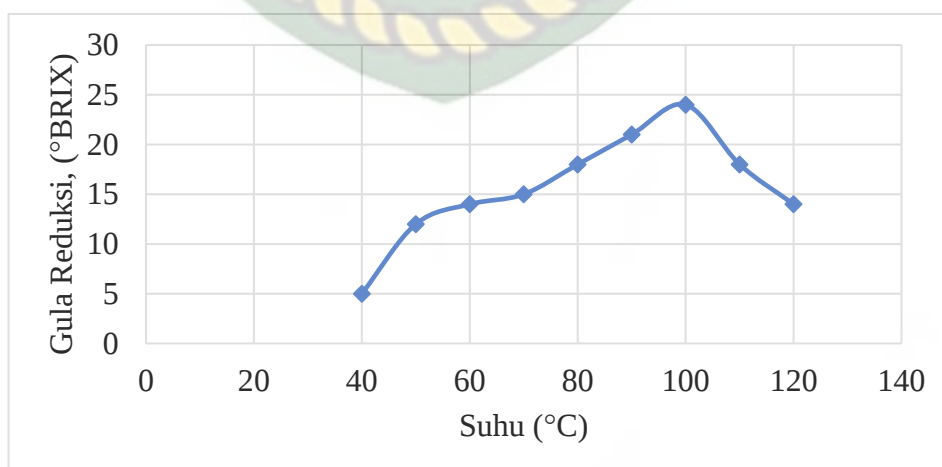
4.1.1 Pengaruh Hidrolisis Terhadap Variasi Konsentrasi Asam Klorida (HCL)



Gambar 4.3 Hasil gula reduksi variasi konsentrasi asam

Berdasarkan gambar 4.3 dapat diketahui bahwasannya penambahan konsentrasi pada sampel kulit nanas dengan menggunakan Asam klorida (HCL) dapat meningkatkan jumlah kadar gula reduksi. Konsentrasi Asam klorida (HCL) sebanyak 5 M memiliki nilai kadar gula reduksi tertinggi sebesar 24°Brix. Sementara itu pada konsentrasi 1 M, 2 M, 3 M dan 4 M masing-masing memiliki gula reduksi sebesar 7°Brix, 16 °Brix, 20°Brix dan 21°Brix. Hasil yang diperoleh sesuai dengan pernyataan Mariskian, Sadimo, Said, dan Mustopa (2016), bahwasannya semakin banyak jumlah katalisator yang dipakai pada proses hidrolisis maka semakin cepat reaksi hidrolisis terjadi sehingga glukosa yang dihasilkan juga bertambah .

4.1.2 Pengaruh Hidrolisis Terhadap Variasi Temperatur



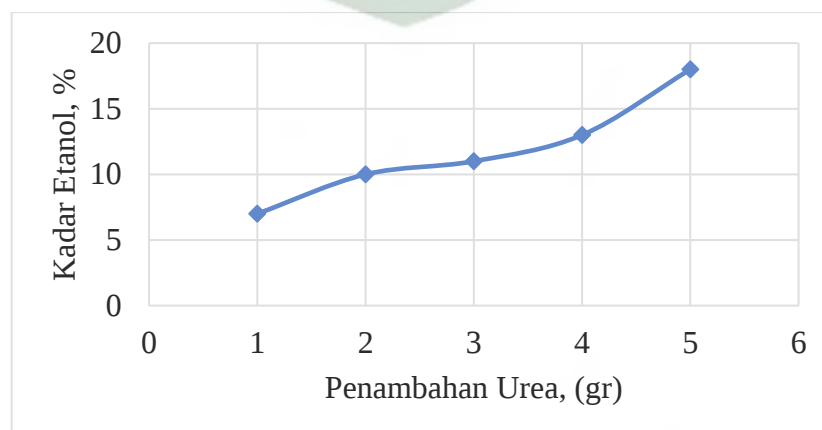
Gambar 4.4 Hasil gula reduksi berdasarkan variasi temperatur

Temperatur memiliki peran penting dalam proses hidrolisis. Pada penelitian ini melakukan pengaruh variasi temperatur terhadap gula reduksi kulit nanas. Proses hidrolisis berdasarkan variabel temperatur dilakukan selama 3 jam dengan konsentrasi asam 5 M. Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwasannya penambahan temperatur dari temperatur 40°C hingga 100°C mengalami peningkatan nilai gula reduksi. Titik optimum terdapat pada temperatur 100°C dengan nilai gula reduksi sebesar 24°Brix. Masing-masing nilai gula reduksi dari temperatur 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, dan 120°C adalah 5°Brix, 12°Brix, 14°Brix, 15°Brix, 18°Brix, 21°Brix, 24°Brix, 18°Brix, dan 14°Brix. Peningkatan gula reduksi terus bertambah seiring pertambahan temperatur yang diberikan yang menyebabkan semakin cepatnya jalannya reaksi. Akan tetapi, jika berlangsung pada temperatur yang terlalu tinggi proses konversi akan menurun (Mastuti & Setyawardhani, 2010).

Pada temperatur 110°C dan 120°C nilai gula reduksi menurun menjadi 18°Brix dan 14°Brix. Penurunan yang terjadi disebabkan oleh kerusakan glukosa pada temperatur yang tinggi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Ahmad dan Muria (2020), bahwasannya penurunan glukosa sebagai akibat dari penambahan suhu dan lama reaksi hidrolisis berlangsung, disebabkan karena terjadinya konversi glukosa menjadi arang.

4.2 PENGARUH FERMENTASI KULIT NANAS

Pembuatan bioetanol pada dasarnya dilakukan melalui proses fermentasi. Fermentasi merupakan proses pengubahan glukosa menjadi etanol yang dilakukan secara anaerob.

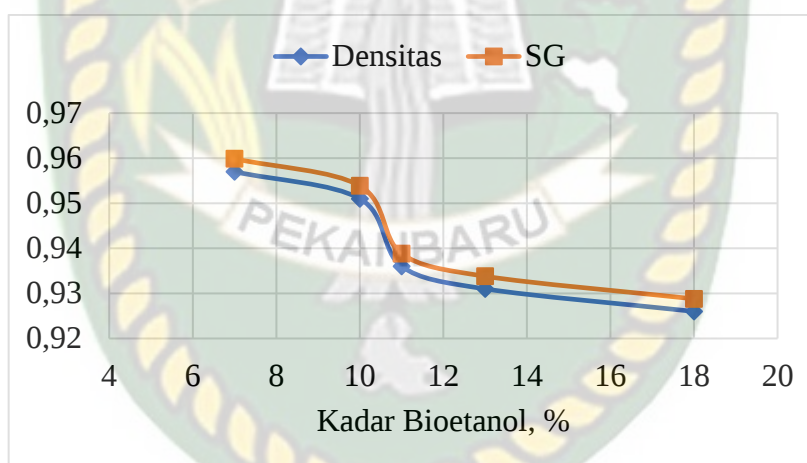


Gambar 4.5 Hasil kadar bioetanol berdasarkan variasi jumlah urea

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwasannya kadar bioetanol yang di hasilkan meningkat sejalan dengan ditambahkannya nutrisi urea yang diberikan. Hasil bioetanol yang didapatkan dari proses distilasi sebanyak ± 20 mL dari volume awal sampel fermentasi sebanyak 300 mL. Penambahan nutrisi urea sebanyak 1 gr, 2 gr, 3 gr, dan 4 gr masing-masing menghasilkan kadar bioetanol sebanyak 7%, 10%, 11% dan 13%. Kadar tertinggi dari proses fermentasi terdapat pada penambahan nutrisi urea sebanyak 5 gr pada sampel. Pada penambahan urea sebanyak 5 gr didapatkan kadar bioetanol sebesar 18%. Penambahan urea memiliki pengaruh yang baik terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Isnan et al., (2018) bahwasannya peningkatan kadar etanol dikarenakan penambahan nutrisi urea dibandingkan dengan tanpa menggunakan urea.

4.3 PROPERTIES BIOETANOL

4.3.1 Densitas dan *Specific Gravity* (SG)

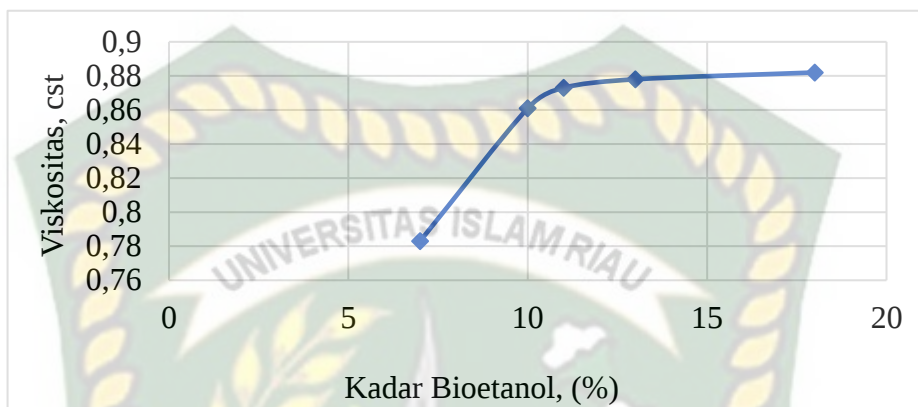


Gambar 4.6 Kadar bioetanol terhadap densitas dan SG

Dapat dilihat pada gambar 4.6 bahwasannya densitas bioetanol dengan kadar 7%, 10%, 11%, 13% dan 18% masing-masing memiliki densitas sebesar 0.957 gr/mL, 0.951 gr/mL, 0.936 gr/mL, 0.931 gr/mL dan 0.926 gr/mL. Nilai *specific gravity* (SG) berbanding lurus dengan nilai densitas. Karena nilai *specific gravity* (SG) merupakan perbandingan antara densitas suatu bahan terhadap densitas larutan (Wijaya et al., 2019). Nilai densitas dan juga *specific gravity* (SG) menurun seiring meningkatnya kadar bioetanol. Masing-masing nilai SG dari kadar bioetanol 7%, 10%, 11%,

13% dan 18% adalah 0.958, 0.953, 0.938, 0.933 dan 0.928. Semakin tinggi kadar etanol, maka akan semakin rendah nilai densitas dan SG-nya (Braide, 2018)

4.3.2 Viskositas



Gambar 4.7 Kadar bioetanol terhadap viskositas

Berdasarkan kadar bioetanol yang didapatkan dapat di lihat pada gambar 4.7 bahwasannya viskositas pada kadar 18% memiliki viskositas tertinggi dibandingkan yang lainnya. Hasil viskositas pada masing-masing kadar bioetanol adalah 0.783 cst, 0.861 cst, 0.873 cst, 0.878 cst dan 0.882 cst. Pengaruh kadar etanol terhadap viskositas berbanding lurus, hal ini sesuai dengan berdasarkan penelitian yang dilakukan bahwasannya peningkatan viskositas terus bertambah seiring dengan peningkatan kadar bioetanol (Tira et al., 2018).

4.3.3 Perbandingan *Properties* Bioetanol dengan Etanol Standar

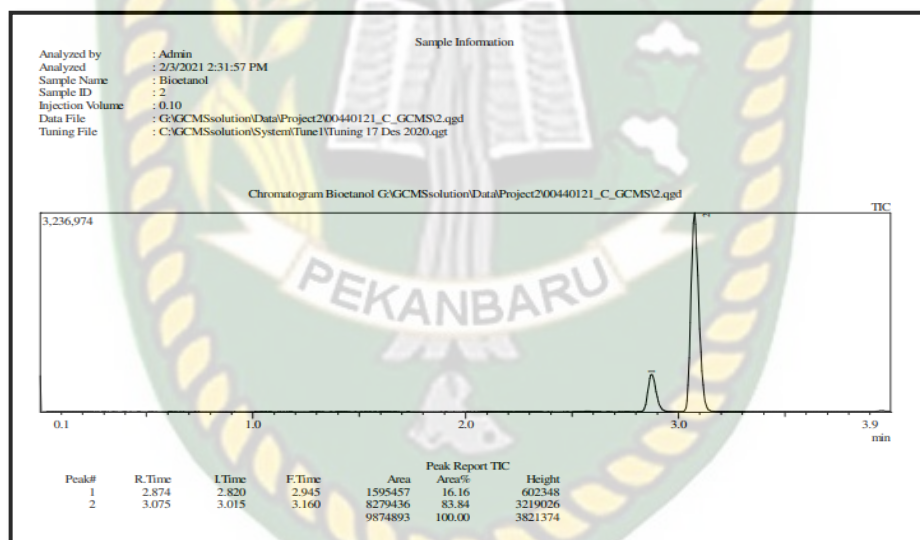
Tabel 4.1 Perbandingan *Properties* Bioetanol dengan Etanol Standar

<i>Properties</i>	Bioetanol	Etanol Standar	Δ
Densitas, gr/mL	0.926	0.785	0.179
SG	0.928	0.785	0.182
Titik Didih, °C	78.4	78.4	-
Warna	Bening	Bening	-
Aromatik	Aromatik	Aromatik	-
pH	6	5	0.2
Viskositas, cst	0.882	1.2	[0.265]
Berat Molekul	46	46	-
Kadar, %	18	99	[0.818]

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di dapatkan perbandingan *properties* bioetanol dengan etanol standar yang dapat di lihat pada tabel 4.1. Hasil dari *properties* bioetanol terhadap etanol standar memiliki selisih perbandingan nilai. Dapat dilihat bahwasannya nilai densitas, SG, pH, viskositas, warna, aromatik, berat molekul dan kadar pada *properties* bioetanol yang memiliki perbedaan selisih perbandingan nilai (Δ). Berdasarkan hasil pengujian terhadap *properties* bioetanol, bioetanol yang dihasilkan dari proses *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan distilasi akan dijadikan sebagai *biosolvent*. Penggunaan bioetanol sebagai *biosolvent* akan dilakukan pengujian terhadap *waxy crude oil*.

4.3.4 Karakterisasi Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

1) Hasil gas chromatography bioetanol pengujian

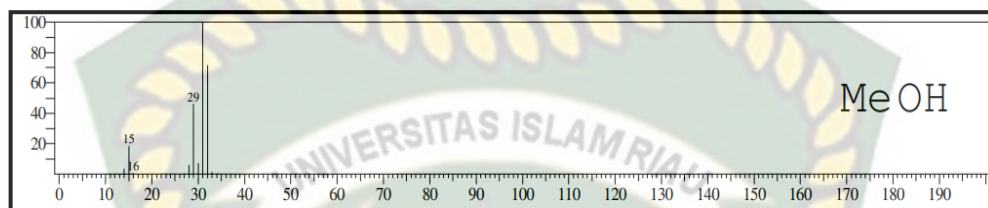
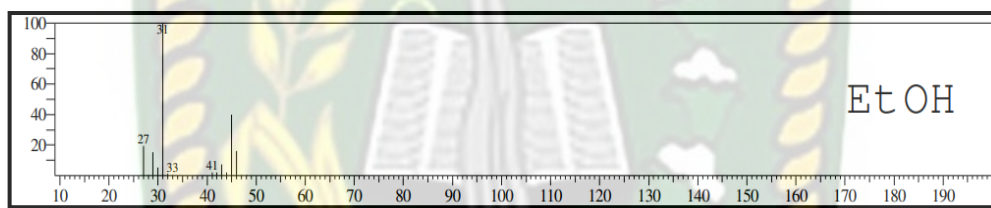


Gambar 4.8 Hasil gas chromatography bioetanol kulit nenas

Hasil uji kadar bioetanol dengan menggunakan GCMS didapatkan kadar bioetanol sebesar 16.45%. Hasil perhitungan kadar bioetanol yang didapatkan dapat dilihat pada lampiran 7. Kadar bioetanol yang didapatkan berasal dari pembacaan *gas chromatography* etanol standar dengan *gas chromatography* bioetanol pada gambar 4.8. Berdasarkan perbandingan antara spektrum GC pada gambar 4.8 dengan spektrum MS data *library* pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 maka dapat di lihat bahwasanya senyawa dari bioetanol kulit nenas seperti yang terdapat pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Kandungan Senyawa Bioetanol

No. Peak	Waktu Retensi (Menit)	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

2) Hasil *mass spectrometry*Gambar 4.9 Hasil *mass spectrometry* bioetanol senyawa metanol3) Hasil *mass spectrometry*Gambar 4.10 Hasil *mass spectrometry* bioetanol senyawa etanol

Dari hasil pengujian *mass spectrometry* pada sampel bioetanol dapat di lihat pada gambar 4.9, bahwasannya senyawa metanol berada pada *peak* 1 dengan waktu retensi 2.874 sebesar 16.16%. Hasil *mass spectrometry* memberikan puncak ion molekul pada berat molekul 32. Diikuti puncak-puncak fragmentasi dengan berat molekul 31 (puncak utama), 29, 16 dan 15.

Dari hasil pengujian *mass spectrometry* pada sampel bioetanol dapat di lihat pada gambar 4.10, bahwasannya senyawa etanol berada pada *peak* 2 dengan waktu retensi 3.075 sebesar 83.84%. Hasil *mass spectrometry* memberikan puncak ion molekul pada berat molekul 46. Diikuti puncak-puncak fragmentasi dengan berat molekul 41, 33, 31 (puncak utama), dan 27.

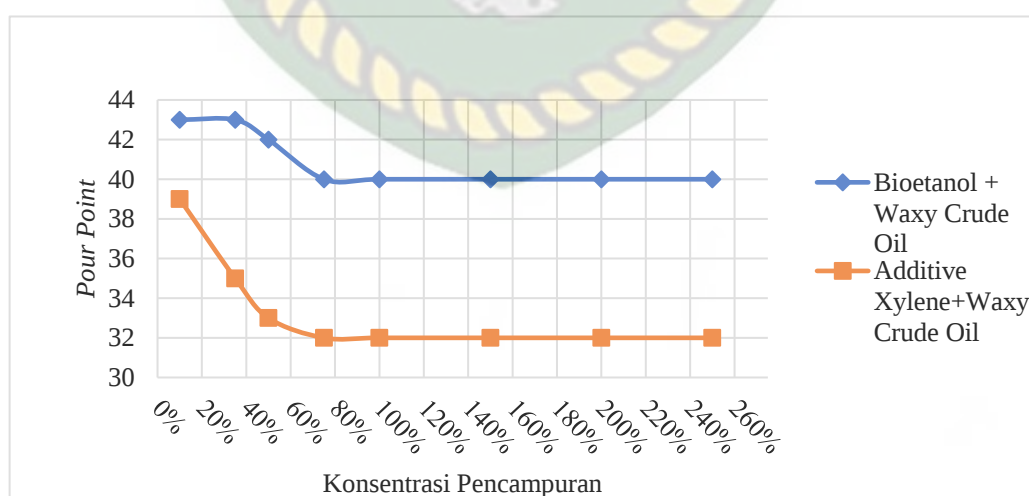
4.4 PENGUJIAN WAX PARAFFIN



Gambar 4.11 Contoh penurunan *pour point*

Pencampuran *solvent* menggunakan bioetanol untuk melihat penurunan *pour point* yang dilakukan berdasarkan kadar tertinggi dari hasil pengujian yang telah dilakukan dari proses distilasi. Kadar tertinggi bioetanol berdasarkan pembacaan GCMS didapatkan kadar 16.45% yang di hasilkan dari konsentrasi asam 5M pada temperatur 100°C pada proses hidrolisis dan sebanyak 0,015 g/mL *saccharomyces* dan ditambahkan nutrisi berupa urea sebanyak 5gr pada proses fermentasi. Gambar 4.11 adalah contoh penurunan *pour point* yang di hasilkan dari pencampuran bioetanol dengan *waxy crude oil* yang berasal dari perusahaan PT SPR-Langgak yang memiliki nilai *pour point* sebesar 43°C.

4.4.1 Penurunan *Pour Point* dengan Menggunakan Bioetanol dan *Xylene*

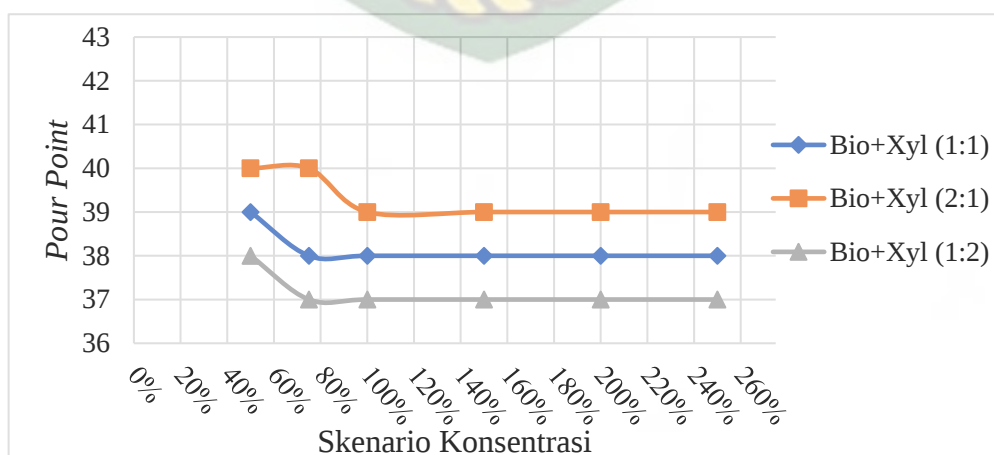


Gambar 4.12 Hasil pengujian *pour point*

Berdasarkan gambar 4.12 maka dapat dilihat bahwasannya, pengujian *pour point* yang dilakukan dengan menggunakan bioetanol dengan kadar 16.45% memiliki kemampuan dalam menurunkan *pour point*. Titik optimum yang didapatkan dari hasil pencampuran menggunakan bioetanol 16.45% dapat menurunkan *pour point* dari 43°C menjadi 40°C pada konsentrasi 75%. Sementara itu, titik pertama kali bioetanol dapat menurunkan *pour point* terjadi pada konsentrasi 50% sebanyak 2°C menjadi 41°C. Penambahan konsentrasi pada bioetanol setelah didapatkan titik optimum tidak mengalami perubahan nilai *pour point*. Nilai *pour point* masih tetap konstan dan tidak mengalami penurunan kembali.

Hasil penggunaan *additive xylene* terhadap *waxy crude oil* juga dapat dilihat pada gambar 4.12 penurunan *pour point* yang di dapatkan. Pencampuran pada konsentrasi 10% dapat menurunkan *pour point* 4°C menjadi 39°C. Penurunan terus terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi yang diberikan. Titik optimum pada penurunan *pour point* di dapatkan pada konsentrasi 75% dengan penurunan *pour point* sebesar 11°C menjadi 32°C. Akan tetapi, penurunan *pour point* tidak lagi menurun sering dengan penambahan konsentrasi sebanyak 100% dan seterusnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan pada penelitian Fang et al., (2012), bahwasannya penambahan volume *solvent* pada *waxy crude oil* memiliki titik optimum terhadap penurunan *pour point* yang dihasilkan.

4.4.2 Penurunan *Pour Point* Berdasarkan Pencampuran Bioetanol dengan *Xylene*



Gambar 4.13 Hasil pengujian *pour point*

Skenario pencampuran bioetanol 16.45% dengan *additive xylene* terhadap *waxy crude oil* dapat dilihat dari gambar 4.13. Hasil penurunan *pour point* berdasarkan skenario bioetanol 16.45% + *Xylene* pada variabel rasio (1:1) didapatkan titik optimum pada konsentrasi 75% dengan penurunan *pour point* sebanyak 5°C yaitu 38°C. Penambahan konsentrasi yang dilakukan tidak memiliki pengaruh terhadap penurunan *pour point*.

Skenario pencampuran bioetanol 16.45% + *Xylene* pada variabel rasio (2:1) terhadap *waxy crude oil* didapatkan titik optimum pada konsentrasi 100% sebesar 4°C yaitu 39°C. Dilain kondisi, pada konsentrasi 50% dan 75% masing-masing penurunan *pour point* yang didapatkan adalah sama yaitu 40°C. Penambahan konsentrasi yang diberikan setelah didapatkan titik optimum juga tidak memiliki pengaruh terhadap penurunan *pour point*.

Sementara pada skenario pencampuran bioetanol 16.45% + *Xylene* pada variabel rasio (1:2) terhadap *waxy crude oil* didapatkan titik terbaik dibandingkan skenario pencampuran bioetanol 16.54% + *Xylene* yang lainnya. Pada konsentrasi 50% penurunan *pour point* didapatkan hasil penurunan sebanyak 5°C. Sedangkan pada konsentrasi 75% merupakan titik optimum penurunan *pour point* sebanyak 6°C menjadi 37°C. Hal ini menandakan bahwasannya penambahan volume pada variabel rasio terhadap *additive xylene* memiliki pengaruh yang tinggi terhadap penurunan *pour point*.

Berdasarkan skenario yang telah dilakukan maka dapat di ambil kesimpulan bahwasannya *pour point depressant* (PPD) dalam hal ini adalah *xylene* memiliki pengaruh terhadap kosolvensi bioetanol dan *waxy crude oil*. Hal ini sesuai berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Dzakwan & Priyanto (2019) bahwasannya, kosolvensi merupakan teknik yang digunakan untuk meningkatkan kelarutan suatu zat pelarut yang disebabkan adanya polaritas yang sama. Gaya tarik menarik yang terjadi antara *solvent* dengan *waxy crude oil* yang disebabkan akibat gaya Van der Waals yang berinteraksi antara polaritas yang sama menyebabkan penurunan pada nilai *pour point* (Nursetiana & Tri, 2013)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti dapat menyimpulkan bahwasannya :

1. Kulit nanas dapat di konversikan menjadi *solvent* berupa bioetanol dengan kadar sebesar 16.45%.
2. *Properties* bioetanol yang telah dibuat didapatkan nilai densitas sebesar 0.926 gr/mL, *specific gravity* sebesar 0.928, viskositas sebesar 0.882 cst.
3. Penggunaan bioetanol terhadap *waxy crude oil* dengan kadar 16.45% dapat menurunkan 3°C pada konsentrasi 75%. Pada *additive xylene* dengan konsentrasi 10% sudah dapat menurunkan *pour point* sebesar 4°C. Sedangkan pada *blending* antara bioetanol dengan *additive xylene* didapatkan skenario terbaik pada variabel rasio bioetanol : *xylene* (1:2) dengan penurunan optimum pada konsentrasi 75% sebesar 6°C.

5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diharapkan pada peneliti berikutnya dapat melakukan pengujian pencampuran bioetanol dengan *waxy crude oil* untuk melihat pengaruhnya terhadap viskositas dan *interfacial tention*.

DAFTAR PUSTAKA

- Admiral, A., Abdullah, M. K., & Ariffin, A. (2016). Evaluation of emulsified acrylate polymer and its pour point depressant performance. *Procedia Chemistry*, 19, 319–326.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.018>
- 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.
- Afdhol, M K., Lubis, H., & Siregar, C. (2019). Bioethanol production from tea waste as a basic ingredient in renewable energy sources. *Journal of Earth Energy Engineering*, 8, 21.
[https://doi.org/10.25299/jeee.2019.vol8\(1\).2602](https://doi.org/10.25299/jeee.2019.vol8(1).2602)
- Ahmad, A., & Muria, S. R. (2020). Pengaruh konsentrasi asam klorida (HCl) pada hidrolisis dan waktu fermentasi terhadap limbah padat sagu menjadi bioetanol. *April*, 14–15.
- Alnaimat, F., & Ziauddin, M. (2019). Wax deposition and prediction in petroleum pipelines. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 106385.
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106385>
- Alnaimat, F., & Ziauddin, M. (2020). Wax deposition and prediction in petroleum pipelines. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 184, 106385.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106385>
- Alves, B. F., Pereira, P. H. R., Cássia, R. De, Nunes, 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(April), 116196. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116196>
- Arlianti, L. (2018). *Bioetanol sebagai sumber green energy alternatif yang potensial di Indonesia*. 1, 16–22.
- Asra, R., Rusdi, R., Arifin, P., & Nessa, N. (2019). Analisis senyawa berbahaya parfum isi ulang yang dijual di kota padang menggunakan metode kromatografi gas-spektrometri massa. *Jurnal Riset Kimia*, 10(1), 20.

<https://doi.org/10.25077/jrk.v12i2.324>

- Azizah, N., Al-Baarri, A., & 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(2), 72–77. <https://doi.org/10.17728/JATP.V1I3.73>
- Bai, Y., & Bai, Q. (2018). *Subsea engineering handbook*. Elsevier Science. <https://books.google.co.id/books?id=K7LdswEACAAJ>
- Braide, W. (2018). Production and spectrophotometric quantification of bioethanol from pineapple fruit skin. *Jurnal of Biotechnology*, 1(2), 67–74.
- Cahyana, G. H., Sukrisna, A., & Mulyani, T. (2015). Hubungan paparan xylene dan methyl hippuric acid pada pekerja informal pengecatan mobil di Karasak, Bandung. *Creative Research Journal*, 1(1), 79–94.
- Chen, W., Zhao, Z., & Yin, C. (2010). The interaction of waxes with pour point depressants. *Fuel*, 89(5), 1127–1132. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.12.005>
- Coto, B., Martos, C., Espada, J. J., Robustillo, M. D., & Peña, J. L. (2014). Experimental study of the effect of inhibitors in wax precipitation by different techniques. *Energy Science & Engineering*, 2(4), 196–203. <https://doi.org/10.1002/ese3.42>
- Darojati, H. A. (2017). Prospek pengembangan teknologi radiasi sebagai perlakuan pendahuluan biomassa lignoselulosa. *Jurnal Forum Nuklir*, 11(2), 71. <https://doi.org/10.17146/jfn.2017.11.2.5313>
- Dzakwan, M., & Priyanto, W. (2019). Peningkatan kelarutan fisetin dengan teknik kosolvensi. *Jurnal Ilmiah*, 8(2), 5–9.
- Fang, L., Zhang, X., Ma, J., & Zhang, B. (2012). Investigation into a pour point depressant for shengli crude oil. *Industrial And Engineering Chemistry Research*, 51, 11605–11612.
- Fitria, N., & Lindasari, E. (2021). Optimasi perolehan bioetanol dari kulit nanas (*Ananas cosmosus*) dengan penambahan urea , variasi konsentrasi inokulasi starter dan waktu fermentasi. *Jurnal Reka Lingkungan*, 9(1), 1–10.
- 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.

- Goodman, N. T., & Joshi, N. (2013). A tale of two flowlines - Paraffin plugging and remediation. *SPE*, 2(October), 1465–1475.
<https://doi.org/10.2118/166196-ms>
- Hao, L. Z., Al-salim, H. S., & Ridzuan, N. (2019). Science & technology a review of the mechanism and role of wax inhibitors in the wax deposition and precipitation. *Jurnal Science & Technology*, 27(1), 499–526.
- Haryani, N., Novia, Syarif, V. L., & Ananda, S. R. (2017). Pengaruh konsentrasi asam dan waktu hidrolisis pada pembentukan bioetanol dari daun nanas. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(4), 39–46.
- Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T. C., & Suparno, O. (2017). Pemanfaatan biomassa lignoselulosa ampas tebu untuk produksi bioetanol. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 29(4), 121–130.
<https://doi.org/10.21082/jp3.v29n4.2010.p121-130>
- Irvan, 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*, 5(2), 21–26.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v5i2.1530>
- Isnan, H., Adittyia, M., Praputri, E., & Sundari, Ie. (2018). Pengaruh konsentrasi katalis hidrolisis dan jenis nutrient mikroba dalam pembuatan bioetanol dari tepung umbi singkong karet (*Manihot Glaziovii Muell*). *Seminar Nasional Hasil Karya Mahasiswa Dan Teknologi Tepat Guna*.
- Kouteu, N., Paul, A., Jiokap, N., Yvette, & Kapseu, C. (2016). Pretreatment of cassava stems and peelings by thermohydrolysis to enhance hydrolysis yield of cellulose in bioethanol production process. *Renewable Energy*, 97, 252–265. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.050>
- Liu, Y., Xu, G., Zhu, L., Lin, H., Qiu, F., Han, S., & Xue, Y. (2019). Influence of alkyl methacrylate-maleic anhydride-1-hexadecene terpolymers and their mixtures with ethylene-vinyl acetate as pour point depressants in diesel fuel. *Petroleum Science and Technology*, 37(18), 2010–2017.
<https://doi.org/10.1080/10916466.2019.1605376>
- Mariskian, M., Sadimo, Said, I., & Mustapa, K. (2016). Pembuatan bioetanol dari pati umbi talas (*Colocasia Esculenta* [L] Schott) melalui hidrolisis asan dan

- fermentasi. *Akademika Kimia*, 5(May), 79–84.
- Mastuti, E., & Setyawardhani, D. A. (2010). Pengaruh variasi temperatur dan konsentrasi katalis pada kinetika reaksi hidrolisis tepung kulit ketela pohon. *Ekulilibrium*, 9(1), 23–27.
- 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.
- Moodley, P., & Gueguim Kana, E. B. (2019). Bioethanol production from sugarcane leaf waste: Effect of various optimized pretreatments and fermentation conditions on process kinetics. *Biotechnology Reports*, 22, e00329. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00329](https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00329)
- Mukti, R. A., & Sutjahjo, D. H. (2013). Bahan bakar alternatif bioethanol dari limbah kulit kelapa muda segar sebagai extender premium. *Jurnal Teknik Mesin*, 02(01), 57–64.
- Nursetiana, I. D., & Tri, A. (2013). Pengaruh enkapsulasi logam terhadap nilai celah pita boron nitride nanotubes. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(1).
- Prasetyo, A., & Sudono, S. (2020). Klasifikasi dan identifikasi material terhadap pengendapan wax pada sumur minyak. *Journal of Applied Science (Japps)*, 2(1), 031–049. <https://doi.org/10.36870/japps.v2i1.160>
- Priyandoyo, H., Amperianto, A., & Andrico, D. (2007). Upaya peningkatan produksi minyak di sumur produksi paraffinik unit bisnis EP Lirik - Riau menggunakan inovasi solvents dan surfactants. *Proceeding Simposium Nasional*.
- Regina, O., Sudrajad, H., & Syaflita, D. (2019). Measurement of viscosity uses an alternative viscometer. *Jurnal Geliga Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 127. <https://doi.org/10.31258/jgs.6.2.127-132>
- Rif`Ati, E. F., & Muda, W. (2016). Alternatif strategi penanggulangan masalah waxy parafin pada tubing sumur yang memproduksi minyak parafinik. *Forum Teknologi*, 06(1), 80–92.
- Rilek, N. M., Hidayat, N., & Sugiarto, Y. (2017). Hidrolisis lignoselulosa hasil pretreatment pelepah sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) menggunakan H₂SO₄ pada produksi bioetanol. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*,

6(2), 76–82.

Sari, N. ketut, & Ernawati, D. (2017). Teori dan aplikasi pembuatan bioethanol dari selulosa (Bambu).

Seguí Gil, L., & Fito, M. P. (2018). An integrated approach for pineapple waste valorisation. Bioethanol production and bromelain extraction from pineapple residues. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1224–1231. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.284>

Susmanto, P., Yandriani, Dania, B., & Ellen. (2020). Pengaruh jenis nutrien dan waktu terhadap efisiensi substrat dan kinetika reaksi fermentasi dalam produksi bioetanol berbahan baku biji durian. *Jurnal Integrasi Proses*, 9(2), 1–8.

Sutikno, Marniza, M. F. Y. (2015). Pengaruh perlakuan awal basa dan asam terhadap kadar gula reduksi tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, Vol. 20 No(1), 10.

Theyab, M. A., & Diaz, P. (2016). Experimental study on the effect of inhibitors on wax deposition. *Journal of Petroleum*, 7(6). <https://doi.org/10.4172/2157-7463.1000310>

Tira, H. S., Mara, M., Zulfitri, Z., & Mirmanto, M. (2018). Karakteristik fisik dan kimia bioetanol dari jagung (*Zea mays* L). *Dinamika Teknik Mesin*, 8(2), 77–82. <https://doi.org/10.29303/dtm.v8i2.231>

Vasiljevic, T. (2020). Pineapple waste for production bioetanol. In *Valorization of Fruit Processing By-products*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817106-6.00010-1>

Voulda, D. L. (2014). Pemanfaatan bioetanol sebagai sumber energi alternatif pengganti minyak tanah. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), 50–59.

White, M., Pierce, K., & Acharya, T. (2018). A review of wax-formation/mitigation technologies in the petroleum industry. *SPE Production and Operations*, 33(3), 476–485. <https://doi.org/10.2118/189447-pa>

Widowati, H. (2019). Indonesia Produsen Nanas Terbesar ke-9 di Dunia. *Databoks*, 1. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/06/05/indonesia-produsen-nanas-terbesar-ke-9-di-dunia>

Wijaya, L. A., Nurhatika, N., & Sudarmanta, S. (2019). Uji efektifitas bioetanol

- menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai bahan bakar campuran bensin terhadap unjuk kerja mesin generator. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2), 2337–3520. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.29921>
- Wiratmaja, I. (2014). Pengujian karakteristik fisika biogasoline sebagai bahan bakar alternatif pengganti bensin murni. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 4(2), 148–154.
- Xu, J., Xing, S., Qian, H., Chen, S., Wei, X., Zhang, R., Li, L., & Guo, X. (2013). Effect of polar/nonpolar groups in comb-type copolymers on cold flowability and paraffin crystallization of waxy oils. *Fuel*, 103, 600–605. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.06.027>
- Xue, J., Li, C., & He, Q. (2019). Modeling of wax and asphaltene precipitation in crude oils using four-phase equilibrium. *Fluid Phase Equilibria*, 497, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2019.06.011>
- 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. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00561>
- Yao, B., Li, C., Zhang, X., Yang, F., Sun, G., & Zhao, Y. (2018). Performance improvement of the ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA) pour point depressant by small dosage of the amino-functionalized polymethylsilsesquioxane (PAMSQ) microsphere. *Fuel*, 220, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.01.032>
- Zhao, Z., Xue, Y., Xu, G., Zhou, J., Lian, X., Liu, P., Chen, D., Han, S., & Lin, H. (2017). Effect of the nano-hybrid pour point depressants on the cold flow properties of diesel fuel. *Fuel*, 193, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.12.020>