



BOOK CHAPTER

Pemanfaatan Bahan Alam Terbarukan

Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.

Dr. Megawati, S.T., M.T.

Dr. Ir. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.

Radenrara Dewi Artanti Putri, S.T., M.T.

Dhoni Hartanto, S.T., M.Sc., M.T.

Bayu Triwibowo, S.T., M.T.



Dewi Selvia Fardhayanti
Megawati
Astrilia Damayanti
Radenrara Dewi Artanti Putri
Dhoni Hartanto
Bayu Triwibowo

PEMANFAATAN BAHAN ALAM TERBARUKAN

PEMANFAATAN BAHAN ALAM TERBARUKAN

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

All Rights Reserved

Hak Cipta 2021 pada Penulis

Hak penerbitan pada Penerbit Mahata. Bagi mereka yang ingin memperbanyak sebagian isi buku ini dalam bentuk atau cara apa pun harus mendapatkan izin tertulis dari penulis dan penerbit.

Penulis

Dewi Selvia Fardhayanti

Megawati

Astrilia Damayanti

Radenrara Dewi Artanti Putri

Dhoni Hartanto

Bayu Triwibowo

Editor

Priyo Sudarmo

Layout

RGB Desain

Desain sampul

Dani RGB

Cetakan I Agustus 2021

ISBN: 978-623-6480-06-9

Penerbit:

CV Mahata (Magna Raharja Tama)

Anggota IKAPI DIY No. 110/DIY/2019

Beran RT 07, No.56, Ds. IX

Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta

Telp. 0823-2755-0400

Email: penerbit.mahata@gmail.com



KATA PENGANTAR

Selayak penyusunan sebuah buku yang lain, maka *book chapter* ini pun kami mulai dengan sebuah kata pengantar. Ucapan syukur kepada Tuhan YME mesti kami sampaikan karena hanya karena izin Tuhan YME semata *book chapter* ini telah tersusun sebagai yang kami rencanakan.

Book chapter ini merupakan kompilasi dari artikel ilmiah yang membahas bidang keilmuan teknik kimia. Pelaksanaan acara & penyusunan *book chapter* ini merupakan suatu upaya untuk senantiasa mengembangkan substansi keilmuan dalam bidang keteknikkimiaan. Garis besar gagasan *book chapter* ini yaitu teknologi pengolahan bahan alam terbaru. Artikel yang termuat dalam *book chapter* ini telah di-review oleh Tim Reviewer yang ditunjuk oleh panitia sesuai dengan bidang kepakaran yang dimilikinya. Tim Reviewer juga telah melakukan beberapa kali korespondensi dengan penulis untuk mendiskusikan dalam rangka perbaikan artikel tersebut. Atas upaya ini, semoga *book chapter* ini melahirkan kemanfaatan kepada kita semua.

Kesempurnaan hanya milik Tuhan YME, sehingga *book chapter* ini pun tidaklah sempurna. Atas ketidaksempurnaan ini, kami mengucapkan permohonan maaf, berikut saran & kritik sangat kami harapkan. Terima

kasih atas semua pihak yang turut berkontribusi atas terbitnya *book chapter* ini. Semoga Tuhan YME melimpahkan keberkahan kepada kita semua. Amin.

Semarang, Maret 2021

Tim Penyusun



PRAKATA

Hadirnya *book chapter* dengan judul *Pemanfaatan Bahan Alam Terbarukan* yang disusun oleh dosen Teknik Kimia UNNES sangat penting untuk dibaca & diterapkan.

Book chapter ini tersusun atas enam bab, yang ditulis oleh

- (1) Rr. Dewi Artanti Putri, Megawati, Arum Wahyu Febriani, Sandy Aditya Trisaputra;
- (2) Astrilia Damayanti & Moh. Sholeh;
- (3) Dewi Selvia Fardhyanti;
- (4) Megawati, Carisa Sakanti Purwanto, Immanuella Juan Shafira;
- (5) Dhoni Hartanto, Rezang Patuh Rohmad, Sukma Erik Ernawan, Widi Astuti, Irene Nindita Pradnya, Yulian Candra Purwana, Ulfa Nur Maulida, Neila Hidayah Safitri, Danang Subarkah;
- (6) Bayu Triwibowo, Anwar Hasan Mujaddid, Muhammad Salman Alfarisi, Ratna Dewi Kusumaningtyas, Nadya Alfa Cahaya Imani, Isna Rahmatul Laili, & Haniif Prasetiawan.

Adapun pemanfaatan bahan alam terbarukan yang dipaparkan meliputi: (1) Pembuatan Sabun Mandi Cair Dengan Penambahan *C. Pyrenoidosa* & Minyak Atsiri *L. Latifolia* Sebagai Antibakteri; (2) Bio-Energi Sebagai Energi Alternatif Impian di Provinsi Jawa Tengah: Potensi,

Implementasi, & Pengembangannya; (3) Pemodelan Kesetimbangan Cair-Cair pada Ekstraksi Senyawa Fenol dari Bio-Oil Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa dengan Persamaan Nrtl (Non Random Two Liquid); (4) Pemanfaatan Beta Karoten sebagai Antioksidan pada Pembuatan Sabun Padat Transparan Berbasis Minyak Kelapa; (5) Optimasi Dehidrasi 1-Propanol sebagai Sumber Energi Terbarukan Melalui Simulasi Distilasi Ekstraktif dengan Entrainer Gliserol yang Ramah Lingkungan; & (6) Analisis Sensitivitas Simulasi Bioetanol dari Mikroalga dengan Proses Pressure Swing Distillation. Keenam topik pemanfaatan bahan alam terbarukan tersebut berbasis hasil penelitian yang bersifat konseptual serta telah diuji secara empiris.

Pada bab pertama, penulis menguraikan proses pembuatan sabun mandi cair dengan penambahan *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas antibakteri sabun mandi. Dipaparkan juga hasil uji karakteristik sabun cair yang menyatakan bahwa sabun mandi cair alami antibakteri pada penelitian ini sudah sesuai SNI 06-4085-1996.

Pada bab kedua, menggambarkan potensi yang dapat dikembangkan sekaligus diterapkan di Provinsi Jateng seperti biogas, biomassa, & biofuel (bioetanol & biodisel). Pengembangan bioenergi di Provinsi Jateng didasarkan pada Evaluasi Bauran Energi 2019 Provinsi Jawa Tengah, jumlah pemakaian bioetanol sebanyak 2.879 ribu SBM (Setara Barel Minyak) & biogas sebanyak 4.475 ribu SBM (terutama di sentra penghasil susu sapi antara lain Kabupaten Semarang & Boyolali).

Pada bab ketiga, menyajikan topik ekstraksi cair-cair senyawa fenolik yang kemudian dimodelkan ke dalam persamaan NRTL (*Non Random Two Liquid*) untuk selanjutnya menjadi dasar dalam merancang alat-alat pemisah agar proses produksi menjadi optimal, hemat energi & efisien. Hasil yang diperoleh berupa nilai parameter biner pada suhu ekstraksi 50°C yaitu $G_{12} = 1,569$ $G_{13} = 1,534$ $G_{14} = 1,457$ $G_{23} = 1,811$ $G_{24} = 1,386$ $G_{34} = 1,407$ pada bio-oil suhu 500°C & $G_{12} = 1,522$ $G_{13} = 1,429$ $G_{14} = 1,622$ $G_{23} = 1,843$ $G_{24} = 1,335$ $G_{34} = 1,328$ pada bio-oil suhu 600°C.

Pada bab keempat, penulis memaparkan pemanfaatan beta karoten sebagai antioksidan pada pembuatan sabun pada transparan berbasis minyak kelapa. Hasil penelitian sabun terbaik diperoleh pada massa gliserin 9,12 g & konsentrasi larutan NaOH 30%, dihasilkan sabun dengan kadar air 18,60%, kadar asam lemak bebas 1,33%, pH 9,59, stabilitas busa 60%%, & kekerasan sabun 1.04585 N.

Pada bab kelima, memaparkan mengenai senyawa 1-propanol yang dapat dikonversi ke bahan bakar diesel melalui reaksi esterifikasi. Simulasi distilasi ekstraktif dalam proses pemisahan 1-propanol-air dengan entrainer (*solvent*) gliserol dilakukan untuk mengetahui kondisi operasi optimum, simulasi dengan menggunakan Aspen Plus 8.8 dengan model termodinamika UNIQUAC sebagai basis perhitungan untuk sistem etanol-air. Dari hasil simulasi pendahuluan diperoleh konfigurasi sistem & variabel penelitian untuk dilakukan *running* simulasi.

Pada bab keenam, penulis menguraikan simulasi proses pemurnian bioethanol menggunakan *Pressure Swing Distillation* (PSD) dengan perbedaan tekanan pada kolom-kolom distilasinya. Simulasi proses menggunakan *Software* Aspen Plus V10. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan kemurnian bioetanol 0,999 dengan beban kondensor & beban reboiler kolom LP berturut-turut sebesar -79,931 kW & 667,651 kW; & beban kondensor & beban reboiler kolom HP berturut-turut sebesar -47,627 kW & 57,698 kW.

Tim Editor



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Prakata	v
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xv
BAB 1 PEMBUATAN SABUN MANDI CAIR DENGAN PENAMBAHAN C. PYRENOIDOSA & MINYAK ATSIRI L. LATIFOLIA SEBAGAI ANTIBAKTERI	1
Abstrak	1
A. Pendahuluan.....	2
B. Metode Penelitian.....	5
C. Hasil & Pembahasan	8
D. Kesimpulan	19
E. Daftar Pustaka.....	20
BAB 2 BIO-ENERGI SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF IMPIAN DI PROVINSI JAWA TENGAH: POTENSI, IMPLEMENTASI, & PENGEMBANGANNYA.....	23
Abstrak	23

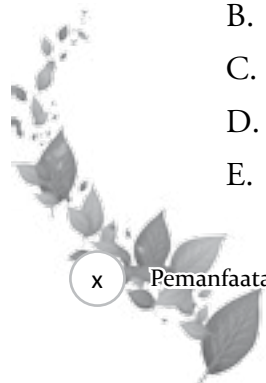
A. Pendahuluan.....	24
B. Bioenergi Sebagai Energi Impian	25
C. Potensi Bioenergi Jawa Tengah.....	34
D. Kesimpulan	38
E. Ucapan Terima Kasih.....	38
F. Daftar Pustaka.....	39

BAB 3 PEMODELAN KESETIMBANGAN CAIR-CAIR PADA EKSTRAKSI SENYAWA FENOL DARI BIO-OIL HASIL PIROLISIS TEMPURUNG KELAPA DENGAN PERSAMAAN NRTL (*NON RANDOM TWO LIQUID*)..... 47

Abstrak	47
A. Pendahuluan.....	48
B. Pemodelan Keseimbangan Cair-Cair Pada Ekstraksi Senyawa Fenol Dari Bio-Oil Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa Dengan Persamaan NRTL (Non Random Two Liquid)	51
C. Hasil & Pembahasan	55
D. Kesimpulan	70
E. Daftar Pustaka.....	71

BAB 4 PEMANFAATAN BETA KAROTEN SEBAGAI ANTIOKSIDAN PADA PEMBUATAN SABUN PADAT TRANSPARAN BERBASIS MINYAK KELAPA..... 75

Abstrak	75
A. Pendahuluan.....	76
B. Metode.....	79
C. Pembahasan.....	95
D. Kesimpulan	104
E. Daftar Pustaka.....	105



BAB 5	OPTIMASI DEHIDRASI 1-PROPANOL SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN MELALUI SIMULASI DISTILASI EKSTRAKTIF DENGAN ENTRAINER GLISEROL YANG RAMAH LINGKUNGAN	111
	Abstrak	111
	A. Pendahuluan.....	112
	B. Metode.....	116
	C. Hasil & Pembahasan	118
	D. Kesimpulan	128
	E. Ucapan Terima Kasih.....	129
	F. Daftar Pustaka.....	129
BAB 6	ANALISIS SENSITIVITAS SIMULASI BIOETANOL DARI MIKROALGA DENGAN PROSES PRESSURE SWING DISTILLATION.....	133
	Abstrak	133
	A. Pendahuluan.....	134
	B. Metode.....	137
	C. Hasil & Pembahasan	138
	D. Kesimpulan	154
	E. Ucapan Terima Kasih.....	154
	F. Daftar Pustaka.....	155
	Indeks	159
	Glosarium	161



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1** Minyak Jarak Pagar & Minyak Kelapa Murni.....3
- Gambar 1.2** Morfologi Chlorella Pyrenoidosa (Nurhadi SC, 2012).4
- Gambar 1.3** Morfologi Lavandula latifolia (Nurhadi SC, 2012)4
- Gambar 1.4** Tahapan Proses Pembuatan Sabun Cair Alami7
- Gambar 1.5** Sabun Mandi Cair Berbagai Macam Sampel.....11
- Gambar 1.6** Pengaruh Penambahan C. Pyrenoidosa & Minyak Atsiri L. Latifolia terhadap Kadar Asam Lemak Bebas (Kadar Bahan Aktif) Sabun Mandi Cair.....13
- Gambar 1.7** Pengaruh Penambahan C. Pyrenoidosa & Minyak Atsiri L. Latifolia terhadap Bobot Jenis Sabun Mandi Cair..14
- Gambar 2.1** Diagram Alir Peruraian Anaerobic[7].....25
- Gambar 2.2** Diagram Alir Produksi Biodiesel dari Minyak Nabati [6] 32
- Gambar 3.1** Pengaruh Konsentrasi terhadap Waktu Kesetimbangan di Fase Ekstrak pada Ekstraksi Senyawa Fenol dari Bio-oil Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa57
- Gambar 3.2** Hubungan Antara Data Eksperimen & Data Hitung pada Suhu Ekstraksi 30°C (A) 40°C (B) 50°C (C).....67
- Gambar 3.3** Hubungan Antara Data Eksperimen & Data Hitung pada Suhu Ekstraksi 30°C (A) 40°C (B) 50°C (C).....69

Gambar 4.1	Cara Kerja Antioksidan Menangkal Radikal Bebas.....	78
Gambar 4.2	Spirulina Plantesis.....	80
Gambar 4.3	Struktur Beta Karoten.....	80
Gambar 4.4	Sabun Cair & Sabun Padat	81
Gambar 4.5	Reaksi Saponifikasi	82
Gambar 4.6	Produksi Sabun Padat Transparan	84
Gambar 4.7	Skema Alat Pengadukan & Pemanasan pada Pembuatan Sabun Mandi Padat Transparan	85
Gambar 4.8	Penambahan NaOH	86
Gambar 4.9	Penambahan Etanol 96%.....	86
Gambar 4.10	Sediaan Sabun Mandi Padat Transparan.....	87
Gambar 4.11	Penambahan Ekstrak Beta Karoten	87
Gambar 4.12	Cetakan Sediaan Sabun Mandi Padat Transparan.....	88
Gambar 4.13	Sabun Mandi Padat Transparan Ekstrak Beta Karoten....	88
Gambar 4.14	Rangkaian Alat Produksi	89
Gambar 4.15	Spesifikasi Beta Karoten	90
Gambar 4.16	Uji pH Sabun	92
Gambar 4.17	Uji Kadar Air.....	93
Gambar 4.18	Uji Stabilitas Busa.....	93
Gambar 4.19	Uji Asam Lemak Bebas	95
Gambar 4.20	Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Karoten terhadap Kadar Air	96
Gambar 4.21	Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH & Massa Gliserin terhadap Kadar Air	96
Gambar 4.22	Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Karoten terhadap pH	97
Gambar 4.23	Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH & Massa Gliserin terhadap pH	98

Gambar 4.24	Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Krotan terhadap Kadar Asam Lemak Bebas	99
Gambar 4.25	Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH & Massa Gliserin terhadap Kadar Asam Lemak Bebas	99
Gambar 4.26	Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Krotan terhadap Stabilitas Busa Sabun Transparan.....	100
Gambar 4.27	Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH & Massa Gliserin terhadap Stabilitas Busa Sabun Transparan.....	101
Gambar 4.28	Hasil Uji Kekerasan Sabun Padat Transparan.....	102
Gambar 4.29	Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Krotan terhadap Transparansi Bebas Sabun Transparan.....	104
Gambar 4.30	Pengaruh Gliserin terhadap Transparansi Sabun.....	104
Gambar 5.1	Flowsheet Untuk Distilasi Ekstraktif pada Pemurnian Ethanol Menggunakan Entrainer Gliserol [3]	118
Gambar 5.2	Proses Distilasi Ekstraktif 1-Propanol-air dengan Entrainer Gliserol.	120
Gambar 5.3	Kurva X-Y Kesetimbangan Uap-Cair 1-Propanol & Air (Diperoleh Dari Simulasi Aspen 8.8)	121
Gambar 5.4	Profil Pengaruh Temperatur Umpan Masuk Entrainer Terhadap Kemurnian 1-Propanol.....	124
Gambar 5.5	Profil Pengaruh Feed Stage Campuran Azeotrop Terhadap Kemurnian 1-Propanol.....	125
Gambar 5.6	Profil Pengaruh Feed Stage Entrainer Terhadap Kemurnian 1-Propanol.....	126
Gambar 5.7	Profil Pengaruh Suhu Umpan Campuran Azeotrop terhadap Kemurnian 1-Propanol.....	127
Gambar 5.8	Profil Pengaruh Variasi Entrainer terhadap Kemurnian 1-Propanol.....	128

Gambar 6.1	Pengaruh Tekanan terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler pada Kolom LP.....	141
Gambar 6.2	Pengaruh Refluks Rasio terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom LP.....	142
Gambar 6.3	Pengaruh Jumlah Stage terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom LP.....	143
Gambar 6.4	Pengaruh Feed Stage terhadap Kemurnian Etanol pada (a) Fresh Feed Kolom LP (c) Recycle Kolom LP; & Beban Kondensor & Beban Reboiler pada (b) Fresh Feed Kolom LP (d) Recycle Kolom LP	146
Gambar 6.5	Pengaruh Tekanan terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler pada Kolom HP.....	147
Gambar 6.6	Pengaruh Refluks Rasio terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom HP.....	148
Gambar 6.7	Pengaruh Jumlah Stage terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom HP.....	149
Gambar 6.8	Pengaruh Feed Stage terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler Kolom HP.....	150
Gambar 6.9	Profil Komposisi Etanol-Air & Beban Reboiler (a) Kolom LP (b) Kolom HP; Profil Temperatur (c) Kolom LP (d) Kolom HP.....	153





DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Penjelasan Tahapan Proses Pembuatan Sabun Cair	7
Tabel 1.2	Syarat Mutu Sabun Cair Berdasarkan SNI 06-4085-1996 [17]	8
Tabel 1.3	Pengaruh Penambahan <i>C. Pyrenoidosa</i> & Minyak Atsiri <i>L. Latifolia</i> terhadap Ph Sabun Mandi Cair	9
Tabel 1.4	Pengaruh Penambahan <i>C. Pyrenoidosa</i> & Minyak Atsiri <i>L. Latifolia</i> terhadap Kadar Alkali Bebas Sabun Mandi Cair	11
Tabel 1.5	Data Perhitungan Massa Jenis Serbuk <i>C. Pyrenoidosa</i> & Minyak Atsiri <i>L. Latifolia</i>	15
Tabel 1.6	Data Perhitungan Massa Jenis Sabun Cair	15
Tabel 1.7	Hasil Pengamatan Uji Daya Hambat Bakteri Beberapa Sampel Sabun Cair	16
Tabel 1.8	Presentase Bobot Kepentingan Parameter Organoleptik Sabun Cair	17
Tabel 1.9	Rekapitulasi Perolehan Skor Uji Organoleptik Sabun Cair	18
Tabel 1.10	Rekapitulasi Perolehan Skor Uji Organoleptik Sabun Cair Berdasarkan Presentase Bobot Kepentingan	19

Tabel 2.1	Karakteristik Teknologi Biomassa Menjadi Energi[10]...28
Tabel 2.2	SNI_Bioetanol-Terdenaturasi-untuk-Gasohol_7390_2012[31]31
Tabel 2.3	<i>SNI_Biodiesel_7182:2015 [35]</i>33
Tabel 3.1	Komposisi Kimia Tempurung Kelapa [7].....52
Tabel 3.2	Komponen pada <i>Bio-oil</i> Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa 56
Tabel 3.3	Hasil Analisis Senyawa Fenol pada Ekstrak & Rafinat Hasil Ekstraksi Bio-oil dari Pirolisis Tempurung Kelapa pada Suhu 500°C Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS.....58
Tabel 3.4	Hasil Analisis Senyawa Fenol pada Ekstrak & Rafinat Hasil Ekstraksi Bio-oil dari Pirolisis Tempurung Kelapa pada Suhu 600°C Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS.....59
Tabel 3.5	Fraksi Mol Hasil Ekstraksi Senyawa Fenol dari <i>Bio-oil</i> Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa Suhu 500°C.....60
Tabel 3.6	Fraksi Mol Hasil Ekstraksi Senyawa Fenol dari <i>Bio-oil</i> Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa Suhu 600°C.....61
Tabel 3.7	Koefisien Aktivitas Hasil Perhitungan dengan Persamaan NRTL Ekstraksi Senyawa Fenol pada <i>Bio-oil</i> Hasil Pirolisis pada Suhu 500°C63
Tabel 3.8	Koefisien Aktivitas Hasil Perhitungan dengan persamaan NRTL Ekstraksi Senyawa Fenol pada <i>Bio-oil</i> Hasil Pirolisis pada Suhu 600°C64
Tabel 3.9	Parameter Interaksi Hasil Pemodelan NRTL65
Tabel 3.10	Nilai RMSD (Root-Mean-Square Deviation)70
Tabel 4.1	Klasifikasi Ilmiah <i>Spirulina plantesis</i>79

Tabel 4.2	Syarat Mutu Sabun.....	83
Tabel 4.3	Formula Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Karoten	103
Tabel 4.4	Formula Variasi Massa Gliserin & Larutan Alkali	103
Tabel 5.1	Konfigurasi kolom.....	116
Tabel 5.2	Kondisi Operasi pada Literatur [3]	117
Tabel 5.3	Data Simulasi Distilasi Ekstraktif Etanol + Air + Campuran Gliserol & Etilen Glikol dari Literatur [3]	119
Tabel 5.4	Data Simulasi Distilasi Ekstraktif Etanol + Air + Campuran Gliserol & Etilen Glikol.....	119
Tabel 5.5	Kondisi Operasi Pada Kolom D1	122
Tabel 5.6	Kondisi Operasi & Komposisi Pada Kolom D1	122
Tabel 5.7	Kondisi Operasi Kolom D2.....	123
Tabel 5.8	Hasil Bottom pada Kolom D2	123
Tabel 6.1	Kandungan Pati Mikroalga untuk Produksi Bioetanol.	135
Tabel 6.2	Perbandingan Hasil Simulasi Proses Penyelidikan Awal	140
Tabel 6.3	Kondisi Optimum Parameter Sistem PSD.....	151



BAB 1

PEMBUATAN SABUN MANDI CAIR DENGAN PENAMBAHAN *C. PYRENOIDOSA* & MINYAK ATSIRI *L. LATIFOLIA* SEBAGAI ANTIBAKTERI

Rr. Dewi Artanti Putri, Megawati, Arum Wahyu Febriani, Sandy Aditya
Trisaputra

Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas
Negeri Semarang, Semarang, Indonesia, Tel: +6285641566430, e-mail:
dewi.artanti@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Sabun berfungsi membersihkan kulit, tidak merusak kulit serta mampu melindungi kulit dari efek bakteri patogen. Senyawa yang mampu menangkal bakteri patogen adalah antibakteri yang bersumber dari *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia*. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kondisi optimum proses pembuatan sabun mandi cair yang tepat, pengaruh penambahan serbuk *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* pada peningkatan kualitas antibakteri sabun mandi, serta karakteristik sabun yang dihasilkan. Komposisi bahan aktif yang digunakan adalah 5, 10, 15, 20, 25, & 30 g. Evaluasi sediaan meliputi pH, kadar alkali bebas, kadar bahan aktif, bobot jenis, angka lempeng total, & analisis organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan kondisi

optimum sabun cair yaitu pada suhu operasi 75°C, kecepatan pengadukan 400 rpm, dengan komposisi bahan aktif 15 g serbuk *C. pyrenoidosa* & 15 g minyak atsiri *L. latifolia* (1:1), serta hasil uji karakteristik sabun cair menyatakan bahwa sabun mandi cair alami antibakteri pada penelitian ini sudah sesuai SNI 06-4085-1996, sehingga aman untuk diproduksi.

Kata Kunci: antibakteri; *C. pyrenoidosa*; minyak atsiri; *L. latifolia*, sabun mandi cair

A. Pendahuluan

Dewasa ini, banyak produk sabun yang masih menggunakan bahan sintetik seperti *diethanolamine* (DEA), *sodium lauryl sulfate* (SLS) & bahan aktifnya seperti triklosan yang terdapat di hampir semua sabun mandi yang ada di pasaran. Penggunaan bahan sintetik tersebut memiliki efek negatif terhadap kulit manusia seperti iritasi [1]. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan sabun mandi tersebut, di antaranya dengan membuat sabun dengan bahan alami, seperti gel kulit lidah buaya [2], ekstrak daun jati [3], & ekstrak daun peppermint [4]. Salah satu jenis sabun mandi yang saat ini digemari oleh masyarakat adalah sabun mandi cair berbasis bahan alam [1].

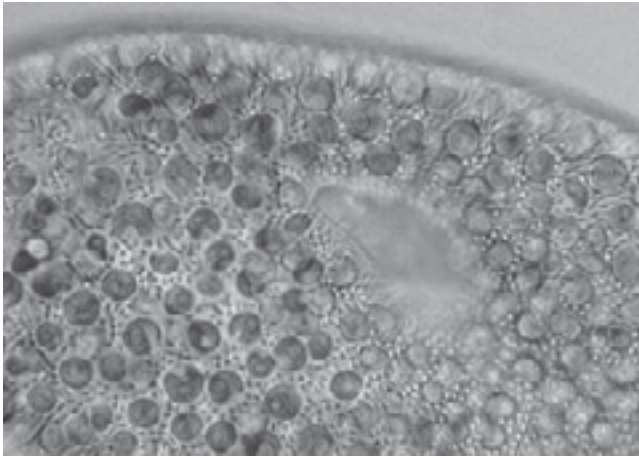
Minyak jarak pagar memiliki komponen gliserida risinoleat sekitar 80-90%. Risinoleat adalah bentuk dari trigliserida dengan tiga gugus fungsi utama yang dapat ditransformasikan menjadi berbagai senyawa lain salah satunya gugus eter yang terdapat reaksi saponifikasi [5]. Minyak jarak pagar termasuk *superlating oil* yaitu memiliki nilai lebih dalam melembabkan & melembutkan kulit [6]. Selain minyak jarak pagar, minyak kelapa murni atau yang biasa disebut dengan *virgin coconut oil* (VCO) juga merupakan bahan utama potensial yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan sabun mandi cair. Minyak kelapa murni memiliki kandungan lemak jenuh yang tinggi, salah satunya adalah asam laurat yang lebih dari 45,1% [7]. Kandungan asam lemak laurat

yang tinggi pada minyak kelapa murni akan menyebabkan sabun mandi memiliki busa yang lembut serta membersihkan [8]. Penelitian ini menggunakan minyak jarak pagar & minyak kelapa murni (gambar 1.1).



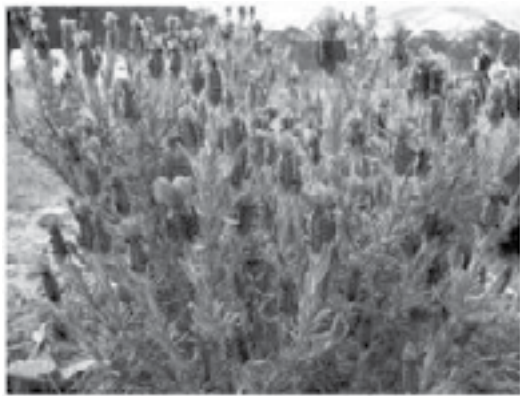
Gambar 1.1 Minyak Jarak Pagar & Minyak Kelapa Murni

Dewasa ini masyarakat memiliki minat yang lebih terhadap sabun mandi berbahan aktif sebagai antibakteri & berbasis bahan alam [1]. Penelitian yang telah ada menunjukkan bahwa bahan tambahan alami seperti tumbuhan yang telah digunakan sebagai bahan pengisi pada sabun yang bersifat antibakteri, seperti gel kulit lidah buaya, minyak atsiri daun kemang, ekstrak daun jati, & ekstrak daun *peppermint* [1-4]. Salah satu bahan aktif yang belum dimanfaatkan sebagai bahan pengisi sabun mandi & memiliki sifat antibakteri adalah mikroalga *C. pyrenoidosa* karenamengandung senyawa *chlorellin* yang berfungsi sebagai bakteriostatik, pembersih & regenerasi,serta penghambat pertumbuhan bakteri patogen [9]. *C. pyrenoidosa* merupakan jenis mikroalga yang jumlahnya paling banyak mencapai 90% hidup di airtawar & 10% hidup di air laut diantara alga hijau lainnya[10]. Jenis mikroalga ini juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol [11 dan 12]. Morfologi dari mikroalga jenis *C. pyrenoidosa* dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Morfologi *Chlorella Pyrenoidosa* (Nurhadi SC, 2012)

Selain *C. pyrenoidosa*, bahan aktif alami yang dapat dimanfaatkan sebagai zat pengisi & pewangi sabun mandi adalah lavender (*L. latifolia*). Lavender merupakan jenis tanaman yang memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri, jamur, & beberapa serangga [13]. Penelitian menyebutkan bahwa lavender mengandung *linalool* yang merupakan analgesic, sehingga dapat memiliki efek antibakteri & dapat digunakan sebagai zat aromaterapi [14]. Aroma & senyawa anti bakteri dalam lavender sering dimanfaatkan untuk bahan tambahan parfum, kosmetik & juga sabun mandi [15]. Morfologi tanaman lavender disajikan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Morfologi *Lavandula latifolia* (Nurhadi SC, 2012)

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan menganalisis & mengkaji secara komprehensif formulasi & kondisi optimum sabun mandi cair berbahan dasar minyak jarak pagar & pengaruh penambahan bahan aktif campuran serbuk *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia*. Pengujian kualitas sabun mandi disesuaikan dengan aturan SNI 06-4085-1996 meliputi uji kualitas & stabilitas sabun. Acuan standar SNI untuk sabun mandi diambil dari website Badan Standarisasi Nasional (www.sispk.bsn.go.id). Uji kualitas dilakukan dengan pengamatan organoleptik (aroma, kekentalan, banyak busa, kesan saat pemakaian, & kesan setelah pemakaian), pH, alkali bebas, bobot jenis, & uji cemaran mikroba(angka lempeng total).

B. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium terpadu Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang, laboratorium Biologi Universitas Negeri Semarang, & Unit Pelaksana Teknis (UPT) laboratorium terpadu Universitas Diponegoro. Adapun alat & bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: minyak jarak, minyak kelapa murni (VCO), serbuk *C. pyrenoidosa*, minyak atsiri *L. latifolia*, kalium hidroksida (KOH) 30%, gliserin, akuades, propilena glikol (PG), coco-dietanolamida (Coco-DEA), alkohol 96% netral, larutan HCL, *phenolphthalein* (PP), larutan metil jingga, Na₂SO₄, dietil eter, aseton, *buffered peptone water* (BPW), & *plate coconut agar* (PCA), *beaker glass*, gelas ukur, piknometer, timbangan analitis, *overhead stirrer*, penangas air (*water bath*), pH meter, elektroda, buret, statif, pendingin tegak (*condenser*), kompor listrik, labu takar, *erlenmeyer* tutup asah 250 mL, labu alas bulat, corong pemisah, corong kaca, spatula, pengaduk kaca, pipet tetes, pipet ukur, pipet volume, cawan petri, gelas arloji, alat penghitung koloni (*colony counter*), botol kaca, thermometer, kertas saring, & gunting.

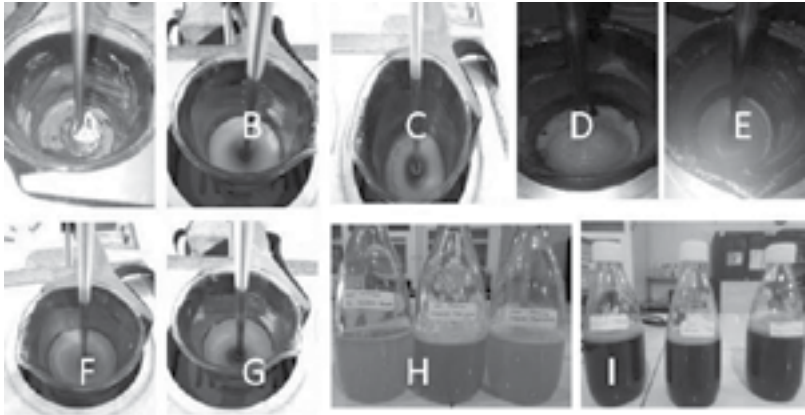
B.1 Pembuatan Sabun Mandi Cair dengan Minyak Jarak & Minyak Kelapa Murni (VCO)

Proses pembuatan sabun cair menggunakan metode *hot process*. Mula-mula menimbang gliserin & propilen glikol, ambil dengan pipet tetes & tempatkan pada cawan petri, kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital sesuai dengan berat yang diinginkan. Kemudian, ambil minyak kelapa murni (VCO) & minyak jarak dengan menggunakan pipet ukur sebanyak volume yang telah dihitung sebelumnya & tempatkan ke dalam *beaker glass*. Kemudian campuran minyak jarak & VCO dipanaskan dengan penangas air (*water bath*) dengan suhu pemanasan 75°C. Selanjutnya larutan KOH 30% yang telah dibuat sebelumnya & ada di dalam *beaker glass* dimasukkan kedalam campuran minyak & diaduk hingga homogen dengan kecepatan pengadukan 400 rpm menggunakan *overhead stirrer* sampai mencapai fase *vaseline* & terbentuk pasta sabun (gambar 1.4). Kemudian masukkan akuades 28,59 mL menggunakan pipet ukur, gliserin & propilen glikol yang telah ditimbang ke dalam *beaker glass* berisi campuran minyak & KOH 30%, aduk hingga merata (homogen) untuk mendilusikan pasta sabun. Selanjutnya suhu larutan diturunkan hingga 30°C dengan memasukkan *beaker glass* berisi larutan ke dalam wadah berisi air pendingin, setelah suhu mencapai 30°C, kemudian tambahkan Coco-DEA kedalam larutan yang diambil menggunakan pipet sesuai dengan volume yang telah dihitung sebelumnya, aduk hingga larutan homogen & berbusa (gambar 1.4).

B.2 Penambahan zat aktif antibakteri *C. pyrenoidosa* & *L. latifolia*

Ambil serbuk *C. pyrenoidosa* dengan spatula, lalu taruh serbuk tersebut pada cawan petri kemudian timbang dengan menggunakan timbangan digital sesuai berat yang diinginkan. Setelah larutan mencapai suhu 30°C, ambil minyak atsiri *L. latifolia* dengan menggunakan pipet volume, lalu tambahkan larutan yang ada dalam *beaker glass* dengan serbuk *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia*. Kemudian diaduk dengan kecepatan 400 rpm menggunakan *overhead stirrer* di atas penangas air

hingga larutan homogen. Kemudian dilakukan pengondisian terhadap sabun mandi cair dengan menyimpannya selama 24 jam (gambar 1.4).



Gambar 1.4 Tahapan Proses Pembuatan Sabun Cair Alami

(A) Pemanasan Campuran Minyak; (B) Pencampuran Larutan Alkali ke dalam Campuran Minyak; (C) Fase *Trace*; (D) Fase *Vaseline*; (E) Proses Diusi Pasta Sabun; (F) Proses Penambahan PG; (G) Proses Penambahan Coco-DEA; (H) Pengondisian Sabun Cair; (I) Pengondisian Sabun Cair dengan Bahan Aktif *Chlorella pyrenoidosa*

Tabel 1.1. Penjelasan Tahapan Proses Pembuatan Sabun Cair

Waktu (menit ke-)	Tahap	Kecepatan Putar (rpm)	Suhu	Kondisi Visual
30	A	400	75	Cair & sudah tercampur
30 – 60	B	400	75	Cair & sudah tercampur
60 – 80	C	400	75	Fase <i>trace</i> (Cair & mulai mengental)
80 – 260	D	400	75	Fase <i>Vaseline</i> (Padat & lunak)
260 – 290	E	400	75	Cair & belum bercampur
290 – 320	F	400	75	Cair & mulai homogen
320 – 350	G	400	30	Cair & berbusa
350	H	-	30	Cair & homogen
350	I	-	30	Cair & homogen

B.3 Pengujian Mutu Sabun Mandi Cair

Prosedur untuk uji sifat kimia & uji sifat fisik terhadap sabun mandi cair yang dihasilkan sesuai dengan SNI 06-4085-1996 mengenai syarat mutu sabun cair, yaitu meliputi nilai pH, kadar alkali bebas, kadar bahan aktif (jumlah asam lemak), bobot jenis, & angka lempeng total. Selain itu, dilakukan pula uji kesukaan konsumen (organoleptik) terhadap aroma, kekentalan, banyak busa, kesan saat pemakaian, & kesan setelah pemakaian sabun mandi cair.

Uji kesukaan konsumen dilakukan dengan menggunakan uji statistik One-Way ANOVA & disinergikan dengan pengujian organoleptik untuk pengumpulan datanya. Pengujian kesukaan konsumen dilakukan pada panelis yang berjumlah 30 orang, yang masing-masing panelis akan diberikan 8 sampel sabun yang berbeda sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan. Adapun hal yang di uji yaitu aroma, kekentalan, banyak busa, kesan saat pemakaian & kesan setelah pemakaian. Kuisisioner tersebut akan diolah menjadi data angka penilaian dengan skala 1 – 5.

C. Hasil & Pembahasan

C.1 Analisis Kualitas Sabun Mandi Cair (SNI 06-4085-1996)

Analisis kualitas sabun mandi cair mengacu pada syarat mutu sabun mandi cair yang berada di pasaran. Adapun syarat mutu sabun cair dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Syarat Mutu Sabun Cair Berdasarkan SNI 06-4085-1996 [17]

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan:		
	Bentuk		Cairan Homogen
	Bau		Khas
	Warna		Khas
2	pH 25°C		8 – 11

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
3	Alkali bebas (dihitung sebagai NaOH)	%	maks.0,1
4	Bahan aktif	%	min.15
5	Bobot jenis, 25°C		1,0 1- 1,10
6	Cemaran Mikroba: Angka Lempeng Total	koloni/g	maks. 1 x 10 ⁵

C.2 Nilai pH Sabun Mandi Cair

Nilai pH merupakan salah satu indikator yang penting dalam sebuah produk kosmetika. Nilai pH yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat menambah daya absorpsi pada kulit sehingga sangat memungkinkan kulit mengalami iritasi [16]. Berdasarkan hasil pengamatan pada sabun cair alami antibakteri, didapatkan nilai pH yang tercantum pada Tabel 1.3

Berdasarkan Tabel 1.3 dapat dilihat bahwa nilai pH pada produk sabun yang dihasilkan masih masuk dalam rentang pH yang disyaratkan oleh SNI yaitu pH antara 8 – 11 [17], sehingga produk sabun cair antibakteri tersebut aman jika digunakan pada kulit & tidak menyebabkan iritasi. Didapatkan nilai pH tertinggi pada sampel 1 yaitu sampel variabel kontrol dimana tidak terdapat bahan aktif.

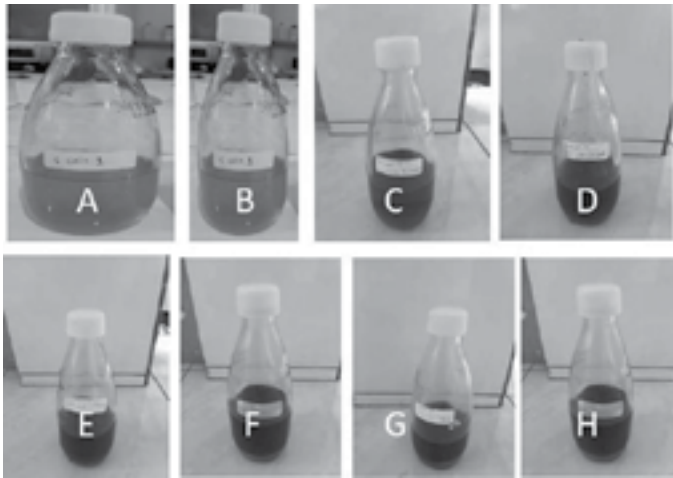
Tabel 1.3 Pengaruh Penambahan *C. Pyrenoidosa* & Minyak Atsiri *L. Latifolia* terhadap Ph Sabun Mandi Cair

Sampel ke	Komposisi <i>C. pyrenoidosa</i> (g)	Komposisi minyak atsiri <i>L. latifolia</i> (g)	pH
1	0	0	10.04
2	0	30	8.64
3	5	25	8.82
4	10	20	8.99
5	15	15	8.98

Sampel ke	Komposisi <i>C. pyrenoidosa</i> (g)	Komposisi minyak atsiri <i>L. latifolia</i> (g)	pH
6	20	10	9.02
7	25	5	9.13
8	30	0	9.27

Dapat ditarik kesimpulan bahwa bahan aktif mempengaruhi nilai pH yang diperoleh pada sabun cair alami antibakteri. Adapun beberapa cara untuk mengatur kadar keasaman (pH) pada sabun salah satunya adalah dengan memperlama waktu pengadukan & memperbesar suhu reaksi [18]. Hal ini disebabkan waktu interaksi antara minyak & alkali yang semakin lama maka reaksi akan mendekati kesetimbangan sehingga minyak yang belum bereaksi dengan alkali akan semakin kecil, sementara itu apabila suhu reaksi semakin besar juga akan mempercepat kesetimbangan reaksi.

Tabel 1.3 menunjukkan hubungan antara kadar bahan aktif terhadap derajat keasaman (pH). Dapat dilihat bahwa nilai kadar keasaman (pH) tertinggi terdapat pada sabun cair dengan komposisi *C. pyrenoidosa* 30 g & *L. latifolia* 0 g yaitu sebesar 9,27, sedangkan kadar keasaman (pH) terendah terdapat pada sabun cair dengan komposisi *L. latifolia* 30 g & *C. pyrenoidosa* 0 g yaitu sebesar 8,64. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar jumlah *C.pyrenoidosa* yang ditambahkan, maka akan semakin besar pula kadar keasaman (pH) yang diperoleh, sementara itu semakin besar jumlah *L. latifolia* yang ditambahkan akan semakin menurunkan kadar keasaman (pH) pada sabun cair alami. Hal ini dikarenakan *Chlorella* memiliki gugus fungsi hidroksil yang bersifat basa sehingga dapat meningkatkan derajat keasaman pH sabun cair [19]. Sementara itu dari hasil pengukuran pH, minyak atsiri *L. latifolia* memiliki pH berkisar antara 5,41 – 5,81 sehingga dapat menurunkan pH sabun cair.



Gambar 1.5 Sabun Mandi Cair Berbagai Macam Sampel

(A) Sampel 1; (B) Sampel 2; (C) Sampel 3; (D) Sampel 4; (E) Sampel 5; (F) Sampel 6; (G) Sampel 7; (H) Sampel 8

C.3 Kadar Alkali Bebas Sabun Mandi Cair

Sabun yang baik adalah sabun yang dihasilkan dari reaksi yang sempurna antara asam lemak & alkali, sehingga diharapkan tidak terdapat residu setelah reaksi. Penetapan kadar alkali bebas dilakukan dengan titrasi asidimetri. Kelebihan kadar alkali dalam sabun tidak boleh melebihi 0,1% [17], karena alkali bersifat keras & dapat menyebabkan iritasi pada kulit. Pada penelitian kali ini, dihasilkan kadar alkali bebas dari masing-masing sabun cair sebagai berikut (lihat Tabel 1.4).

Tabel 1.4 Pengaruh Penambahan *C. Pyrenoidosa* & Minyak Atsiri *L. Latifolia* terhadap Kadar Alkali Bebas Sabun Mandi Cair

Sampel ke	Komposisi <i>C. pyrenoidosa</i> (g)	Komposisi Minyak Atsiri <i>L. latifolia</i> (g)	Kadar Alkali Bebas (%)
1	0	0	0.0728
2	0	30	0.042
3	5	25	0.056
4	10	20	0.0672

Sampel ke	Komposisi <i>C. pyrenoidosa</i> (g)	Komposisi Minyak Atsiri <i>L. latifolia</i> (g)	Kadar Alkali Bebas (%)
5	15	15	0.0812
6	20	10	0.084
7	25	5	0.0868
8	30	0	0.091

Berdasarkan Tabel 1.4 di atas, kadar alkali bebas pada produk sabun yang dihasilkan masih masuk dalam rentang yang disyaratkan oleh SNI yaitu maksimal 0,1 % sehingga produk sabun mandi cair antibakteri tersebut aman jika digunakan pada kulit & tidak menyebabkan iritasi.

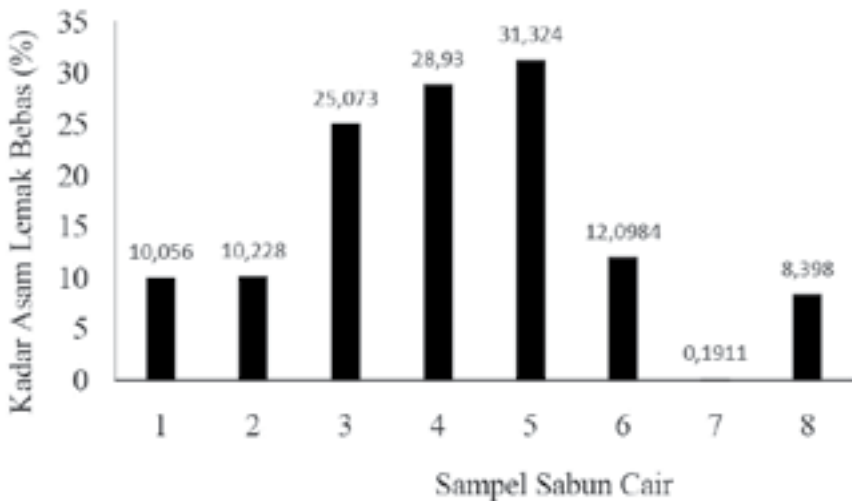
Tabel 1.4 di atas juga dapat menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai alkali bebas yang berbanding lurus dengan penambahan minyak atsiri *L. latifolia*, sebaliknya terdapat peningkatan nilai alkali bebas terhadap penambahan komposisi *C. pyreoidosa*. Hal ini disebabkan karena *C. pyrenoidosa* memiliki gugus fungsi hidroksil pada dinding selnya yang bersifat basa [19]. Kadar alkali bebas yang tinggi pada sabun cair dapat menyebabkan iritasi pada kulit & biasanya ditandai pula dengan pH sabun yang terlalu basa [18]. Pada penelitian kali ini besarnya alkali bebas telah memenuhi aturan yang ditetapkan SNI 06-4085-1996 yaitu maksimal 0,1 % alkali bebas dalam sabun mandi cair.

C.4 Kadar (Bahan Aktif) Asam Lemak Sabun Mandi Cair

Total kadar bahan aktif sabun adalah jumlah asam lemak yang dihasilkan dari hidrolisis asam lemak bebas dalam suasana asam [17]. Jumlah kadar bahan aktif/asam lemak yang terdapat dalam sabun cair minimal 15% dari total seluruh kandungan sabun cair [17]. Asam lemak memiliki kemampuan terbatas untuk larut dalam air, hal ini dimaksudkan untuk mengefisienkan proses pembersihan kotoran berupa minyak atau lemak pada saat sabun digunakan [21].

Gambar 1.6 dapat diketahui bahwa kadar bahan aktif terbesar terdapat pada sampel 5 yaitu sebesar 31,324%, hal ini dikarenakan penambahan

bahan aktif pada sampel 5 merupakan yang terbesar dibanding dengan sampel lainnya, selain itu dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin banyaknya *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* yang ditambahkan dengan komposisi yang sama, maka semakin besar pula kadar bahan aktif yang diperoleh, sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar bahan aktif dipengaruhi oleh banyaknya *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* yang ditambahkan kedalam sabun cair. Adapun bahan aktif terkecil terdapat pada sampel 7 yaitu sebesar 0,191%, terdapat kekeliruan pada perhitungan bahan aktif sampel 7 karena hasil perhitungan terlalu kecil. Berikut merupakan komposisi penambahan minyak atsiri *L. latifolia* & serbuk *C. pyrenoidosa* pada sampel sabun cair.



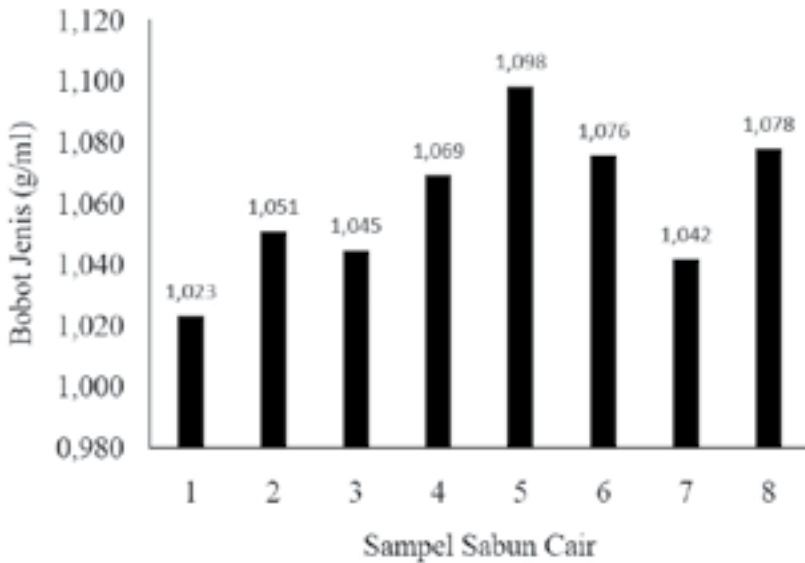
Gambar 1.6 Pengaruh Penambahan *C. Pyrenoidosa* & Minyak Atsiri *L. Latifolia* terhadap Kadar Asam Lemak Bebas (Kadar Bahan Aktif) Sabun Mandi Cair

Sementara itu, sabun cair yang memenuhi standar SNI bahan aktif sebesar minimal 15% hanya sabun cair sampel 3, 4, & 5. Selain dipengaruhi oleh banyaknya *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* yang ditambahkan, kadar bahan aktif juga dapat dipengaruhi oleh banyaknya penambahan dietanolamida pada sabun cair [21]. Oleh

karena itu, untuk memenuhi standar SNI sabun cair, komposisi coco-DEA yang ditambahkan pada sabun cair dapat diperbesar.

C.5 Bobot Jenis Sabun Mandi Cair

Nilai bobot bersih sampel sabun diperoleh dari hasil pengurangan bobot sampel dengan bobot piknometer, sama halnya dengan bobot akuades. Sehingga, dari data pengukuran yang ada dapat diperoleh bobot jenis sampel sabun mandi cair dengan rumus sesuai SNI 06-405-1996, dimana nilai bobot jenis yang diizinkan yaitu antara 1,01 – 1,10 g [17]. Di bawah ini merupakan grafik yang menunjukkan hasil perhitungan bobot jenis masing-masing sampel sabun cair (Gambar 1.7).



Gambar 1.7 Pengaruh Penambahan *C. Pyrenoidosa* & Minyak *Atsiri L. Latifolia* terhadap Bobot Jenis Sabun Mandi Cair

Dari gambar 1.7 tersebut dapat dilihat bahwa didapatkan bobot jenis dari sampel sabun cair dengan berbagai macam komposisi. Didapatkan bobot jenis terbesar yaitu pada sampel 5 sebesar 1,098 g/ml. Nilai bobot jenis dipengaruhi oleh jenis & konsentrasi bahan baku dalam larutan. Setiap bahan baku yang ditambahkan sangat menentukan besaran bobot jenis sabun yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai berat molekul & massa

jenis bahan baku yang ditambahkan, maka akan semakin besar pula bobot jenis sabun yang dihasilkan [22]. Sampel 5 merupakan sampel sabun cair dengan campuran bahan aktif *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* dengan perbandingan yang sama besar yaitu 15 g berbanding 15 g (1:1) dengan total bahan aktif sebesar 30 g, sehingga berdasarkan teori yang ada, sampel tersebut memiliki bobot jenis yang paling besar. Berikut data perhitungan properti massa jenis dari bahan aktif yang ditambahkan, dimana semakin besar massa jenis maka akan semakin besar pula nilai bobot jenis sabun cair (lihat Tabel 1.5 & 1.6).

Tabel 1.5 Data Perhitungan Massa Jenis Serbuk *C. Pyrenoidosa* & Minyak Atsiri *L. Latifolia*

Bahan Aktif	Massa Jenis Bahan Aktif (g/mL)
<i>C. pyrenoidosa</i>	5,611
Minyak Atsiri <i>L. latifolia</i>	1,155

Tabel 1.6 Data Perhitungan Massa Jenis Sabun Cair

Sampel Ke-	Massa Jenis Sabun Mandi Cair (g/mL)
1	1.041
2	1.074
3	1.058
4	1.093
5	1.090
6	1.093
7	1.095
8	1.101

C.6 Angka Lempeng Total Sabun Mandi Cair

Angka Lempeng Total (ALT) atau biasa juga disebut dengan *Total Plate Count* (TPC) merupakan salah satu parameter yang menentukan baik atau tidaknya suatu produk sabun cair, yaitu pengujian jumlah mikroba kontaminan sebelum produk sampai ke tangan konsumen. Hasil pengujian ALT pada sabun cair alami kedelapan sampel menunjukkan

angka yang sama yaitu <10 CFU/gram, seperti yang tertera pada lampiran I. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa sabun yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 06-405-1996 sabun cair yaitu maks 1×10^5 koloni/gram [17], dimana artinya kedelapan sampel sabun terbebas dari mikroba.

Jumlah total mikroba dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu, nilai osmotik dari medium, & adanya zat kimia seperti desinfektan. Zat-zat kimia tersebut dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, seperti adanya senyawa garam logam, fenol, formaldehida, alkohol, klor, bahan aktif sabun, & sulfonamide [22]. Pada penelitian ini bahan aktif yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme yaitu *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia*. Didapatkan daya hambat terhadap bakteri *Streptococcus Auerus* antara sampel variabel kontrol, sampel dengan komposisi 30 g minyak atsiri *L. latifolia* & 30 g serbuk *C. pyrenoidosa* sebagai berikut.

Tabel 1.7 Hasil Pengamatan Uji Daya Hambat Bakteri Beberapa Sampel Sabun Cair

Sampel ke	Komposisi <i>C. pyrenoidosa</i> (g)	Komposisi Minyak Atsiri <i>L. latifolia</i> (g)	Diameter Daya Hambat Bakteri (mm)
1	0	0	15
2	0	30	20
8	30	0	17

Dari Tabel 1.7 dapat disimpulkan bahwa daya hambat bakteri terbesar dimiliki oleh sampel sabun cair dengan bahan aktif minyak atsiri *L. latifolia* sebesar 20 mm lebih unggul dibandingkan sabun cair dengan bahan aktif serbuk *C. pyrenoidosa* yaitu 17 mm. Hal ini disebabkan karena senyawa antibakteri yang terdapat dalam minyak atsiri *L. latifolia*, yaitu linalool sebesar $\pm 48\%$ lebih besar dibandingkan dengan senyawa antibakteri yang terdapat dalam serbuk *C. pyrenoidosa*, yaitu chlorellin sebesar $\pm 40\%$ [9][15]. Hasil dari ketiga sampel sabun cair digolongkan memiliki daya hambat bakteri yang kuat, dimana zona

bening berkisar antara 10 – 20 mm, sedangkan diameter zona bening 5 – 10 mm memiliki daya hambat sedang, & diameter zona bening <5 mm memiliki daya hambat lemah [23].

C.7 Uji Organoleptik Sabun Mandi Cair

Analisis uji organoleptik setiap perlakuan dengan berbagai konsentrasi serbuk *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* direkapitulasi & dibandingkan sesuai presentase dari masing-masing parameter yang sudah ditentukan. Parameter tersebut diantaranya adalah aroma, kekentalan, banyak busa, kesan saat pemakaian, & kesan setelah pemakaian (lihat Tabel 1.8). Adapun rekapitulasi skor hasil analisis kepuasan konsumen dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.8 Presentase Bobot Kepentingan Parameter Organoleptik Sabun Cair

Parameter	Presentase Bobot Kepentingan (%)
Aroma	25
Kekentalan	10
Banyak Busa	25
Kesan Saat Pemakaian	20
Kesan Setelah Pemakaian	20

Sebelum dilakukannya penentuan perlakuan terbaik dari masing-masing parameter, terlebih dahulu perlu dilakukan penentuan presentase bobot kepentingan yang menentukan kualitas dari mutu sabun cair. Presentase bobot kepentingan disajikan pada Tabel 1.9. Parameter aroma & banyak busa diberikan bobot presentase tertinggi yaitu 25% karena aroma merupakan hal pertama yang dirasakan panelis dalam mencoba sampel sabun cair. Sedangkan untuk banyak busa, masyarakat Indonesia cenderung menyukai sabun mandi cair yang menghasilkan busa yang banyak.

Tabel 1.9 Rekapitulasi Perolehan Skor Uji Organoleptik Sabun Cair

Sampel ke-	Aroma	Kekentalan	Banyak Busa	Kesan Saat Pemakaian	Kesan Setelah Pemakaian	Total Skor
1	3.47	2.00	2.67	1.83	2.07	12.03
2	4.10	3.67	2.87	3.27	3.23	17.13
3	3.87	3.57	3.63	3.63	3.37	18.07
4	3.47	3.13	3.97	3.87	3.73	18.17
5	2.63	2.53	4.20	4.33	4.03	17.73
6	2.07	1.83	2.03	2.93	2.93	11.80
7	1.73	1.77	1.87	2.13	2.43	9.93
8	1.47	1.47	1.83	1.87	2.13	8.77

Parameter kedua yang penting adalah kesan saat pemakaian & kesan setelah pemakaian, yang masing-masing diberi bobot 20%. Hal ini karena hal tersebut akan menambah ketertarikan panelis terhadap sabun mandi cair yang dihasilkan. Sementara itu, parameter kekentalan diberi bobot 10% memiliki pengaruh yang kecil dalam menentukan kesukaan sabun mandi cair. Setelah dilakukan penentuan presentase bobot kepentingan, hasil perolehan disesuaikan dengan presentase bobot kepentingan. Adapun hasil rekapitulasi skor berdasarkan presentase bobot kepentingan disajikan pada Tabel 1.10, didapatkan skor terbesar pada sabun cair sampel ke-4.

Tabel 1.10 Rekapitulasi Perolehan Skor Uji Organoleptik Sabun Cair Berdasarkan Presentase Bobot Kepentingan

Sampel ke-	Aroma	Kekentalan	Banyak Busa	Kesan Saat Pemakaian	Kesan Setelah Pemakaian	Total Skor
1	0.87	0.20	0.67	0.37	0.41	2.51
2	1.03	0.37	0.72	0.00	0.65	2.76
3	0.97	0.36	0.91	0.73	0.67	3.63
4	0.87	0.31	0.99	0.77	0.75	3.69
5	0.66	0.25	1.05	0.87	0.81	3.64
6	0.52	0.18	0.51	0.59	0.59	2.38
7	0.43	0.18	0.47	0.43	0.49	1.99
8	0.37	0.15	0.46	0.37	0.43	1.77

D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah kondisi optimum proses pembuatan sabun mandi cair alami dari bahan aktif minyak atsiri *L. latifolia* & serbuk *C. pyrenoidosa* yaitu pada suhu operasi 75°C, kecepatan pengadukan 400 rpm, & perbandingan komposisi minyak atsiri *L. latifolia* & *C. pyrenoidosa* yaitu 10 g : 20 g (1:2), yang ditandai pada meningkatnya kemampuan antibakteri pada sabun mandi cair alami, serta hasil pengujian kualitas sabun cair berdasarkan SNI 06-4085-1996, menunjukkan bahwa sebagian sampel sabun cair sudah memenuhi standar minimal sabun cair. Namun, pada standar kadar bahan aktif sampel 2, 6, & 8 dengan bahan aktif serbuk *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* dinyatakan belum lolos uji

Adapun saran penulis berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh sabun mandi cair dengan bahan aktif antibakteri *C. pyrenoidosa* & minyak atsiri *L. latifolia* terhadap bakteri spesifik tertentu, serta perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan cocodietanolamida terhadap kadar bahan aktif (jumlah asam lemak) sabun cair.

E. Daftar Pustaka

- 1 Muthmainnah, R., Rubiyanto, R., & Julianto, T. S. (2014). Formulasi Sabun Cair Berbahan Aktif Minyak. *Indonesian Journal Of Chemical Research*, 1(1), 44–50.
- 2 Ariyani, S. B., & Hidayati, H. (2018). Penambahan Gel Lidah Buaya Sebagai Antibakteri Pada Sabun Mandi Cair Berbahan Dasar Minyak Kelapa. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13(1), 11–18.
- 3 Chastelyna, A. J., & Wijayati, N. (2017). Uji Aktivitas Antibakteri Sabun Cair Ekstrak Daun Jati (*Tectona Grandis L . F*). *Indonesian Journal Of Chemical Science*. Universitas Negeri Semarang, 6(1), 1–5.
- 4 Wijana, S., Puspita, T., & Rahmah, N. L. (2019). Optimization Of Solubilizers Combinations On The Transparent Liquid Soap With The Addition Of Peppermint (*Mentha Piperita L.*) & Lavender (*Lavandula L.*) Oil. *AIP Conference Proceedings*, 2120.
- 5 Sitorus, Marham., Wesly Hutabarat., Ani. (2016). *Transformasi Risinoleat Minyak Kastor Menjadi Berbagai Senyawa Yang Lebih Bermanfaat*. Yogyakarta :Plantaxia, 9–10.
- 6 Nugraha, Dwiyani. (2017). Pembuatan Sabun Padat Transparan Berbahan Baku Bahan Minyak Jarak (Castor Oil) Dengan Penambahan Bahan Aktif Teh Putih (*Camellia Sinensis*). [Skripsi]. Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran.

- 7 Chapman, D. D. B. K. R. (2006). *BOOK: Virgin Coconut Oil Production Manual For Micro- & Village-Scale Processing*. Bangkok: Food & Agriculture Organization Of The United Nations, 1–112.
- 8 Kamikaze, D. (2002). *Studi Awal Pembuatan Sabun Menggunakan Campuran Lemak Abdomen Sapi (Tallow) & Curd Susu Afkir*. [Skripsi]. Fakultas Peternakan IPB, Bogor : 9-10.
- 9 Desianti, N. (2014). *Uji Toksisitas & Identifikasi Golongan Senyawa Aktif Fraksi Etil Asetat, Kloroform, Petroleum Eter & N-Heksana Hasil Hidrolisis Ekstrak Metanol Mikroalga Chlorella Sp.* [Skripsi]. Jurusan Kimia, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- 10 Sopiah N, Mulyanto A, Sindi S. (2012). *Pengaruh Kelimpahan Sel Mikroalgae Airtawar (Chlorella Sp.) Terhadap Penambatan Karbondioksida*. [Disertasi]. Banten (ID): Balai Pengkajian & Penerapan Teknologi.
- 11 Megawati, Damayanti, A., Putri, R. D. A., Pradnya, I. N., Yahya, H. F., dan Arnan, N. K. (2020). *Drying Characteristics of Chlorella pyrenoidosa Using Oven and its Evaluation for Bio-Ethanol Production*. *Materials Science Forum*, 1007: 1-5.
- 12 Megawati, Damayanti, A., Putri, R. D. A., Pradnya, I. N., Khusnul, H., dan Yudha, S. (2021). *The Drying Rate of Chlorella Pyrenoidosa Using an Oven in Bioethanol Production*. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 80(1): 128–36
- 13 Singhal, Chand Tara. (2013). *First Aid Formulation Of Turmeric Powder Lavender Etential Oil & Glycerin For Dressing Wounds*. United States Patent.
- 14 B. Ali, N .A. Al-Wabel, S. Shams, A. Ahamad, S. A. Khan & F. Anwa. (2015). *Essential Oil Used In Aromatherapy: A Systemic Review*. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* **5**, 601-611.
- 15 Lis-Balchin, M. T. (2012). Lavender. *Handbook Of Herbs & Spices: Second Edition*, 2, 329–347.
- 16 Sari, R., & Ferdinan, A. (2017). *Pengujian Aktivitas Antibakteri Sabun Cair Dari Ekstrak Kulit Daun Lidah Buaya*. *Jurnal Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 4(3), 111–120.

- 17 SNI, D. S. N. (1996). Standar Nasional Indonesia SNI 06-4085-1996 Tentang Sabun Mandi Cair. *06-4085-1996*, 1–12. Badan Standarisasi Nasional, Departemen Perindustrian.
- 18 Sukei, L., Sidabutar, A., & Sitorus, C. (2017). Pembuatan Sabun Dengan Menggunakan Kulit Buah Kapuk (*Ceiba Petandra*) Sebagai Sumber Alkali. *Jurnal Teknik Kimia*, 6(3), 8–13.
- 19 Puput Widiyani, E. R. S. D. (2014). Penurunan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) & Pertumbuhan Mikrolaga *Chlorella Vulgaris* Pada Media Kultur. *Bioma*, 3(2), 17–26.
- 20 Asri Widyasanti, Anisa Yanthy Rahayu, S. Z. (2017). Pembuatan Sabun Cair Berbasis *Virgin Coconut Oil*(VCO) Dengan Penambahan Minyak Melati (*Jasminum Ambac*) Sebagai *Essential Oil Liquid Soap Making From Virgin Coconut Oil (VCO) -Based With Jasmine Oil (Jasminum Sambac)* As Sabun Merup. *Jurnal Teknologi & Industri Pertanian Indonesia*, 11(2), 1–10.
- 21 Erliza Hambali, T. K. B. A. S. & G. A. K. (2012). Aplikasi Dietanolamida Dari Asam Laurat Minyak Inti Sawit Pada Pembuatan Sabun Transparan. *Journal Of Agroindustrial Technology*, 15(2), 46–53.
- 22 Nurhadi SC. (2012). Pembuatan Sabun Mandi Gel Alami Dengan Bahan Aktif Mikroalga *Chlorella Pyrenoidosa* Beyerinck & Minyak *Atsiri Lavandula Latifolia* Chaix. [Skripsi]. Teknik Industri, Universitas Ma Chung Malang.
- 23 Rahmawati, N., Sudjarwo, E., & Widodo, E. (2014). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Herbal Terhadap Bakteri *Escherichia Coli*. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 24(3), 24–31.

BAB 2

BIO-ENERGI SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF IMPIAN DI PROVINSI JAWA TENGAH: POTENSI, IMPLEMENTASI, & PENGEMBANGANNYA

Astrilia Damayanti & Moh.Sholeh

Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas
Negeri Semarang, Semarang, Indonesia, Tel: +6285727155414, e-mail:
astrilia.damayanti@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Keterbatasan energi fosil mendorong upaya mendapatkan energi lainnya. Bioenergi merupakan salah satu energi alternatif. Hal ini sesuai dengan target Pemerintah Indonesia dengan terbitnya Kebijakan Energi Nasional (KEN), Peraturan Presiden & Pemerintah, serta didukung oleh Peraturan Daerah (Perda) & Peraturan Gubernur (Pergub) Provinsi Jawa Tengah (Jateng). Bioenergi yang berpotensi dikembangkan sekaligus diterapkan di Provinsi Jateng adalah biogas, biomassa, & biofuel (bioetanol & biodisel). Sementara itu, potensi bahan baku di Provinsi Jateng untuk biogas berupa kotoran sapi sebanyak 18,1 juta m³/tahun, kotoran unggas 19,3 juta m³/tahun & untuk biomassa jenis biodisel berupa kelapa sebanyak 126,6 ribu liter/tahun, kacang sebanyak

44,4 juta liter/tahun, jenis bioetanol berupa ubi kayu sebanyak 10,6 juta liter/tahun, ubi jalar sebanyak 0,5 juta liter/tahun & jagung sebanyak 17,1 juta liter/tahun serta untuk biomassa jenis sampah sebanyak 8,55 ribu m³/tahun gas metan. Pengembangan bioenergi di Provinsi Jateng berdasarkan Evaluasi Bauran Energi 2019 Provinsi Jawa Tengah, jumlah pemakaian bioetanol sebanyak 2.879 ribu SBM (Setara Barel Minyak) & biogas sebanyak 4.475 ribu SBM (terutama di sentra penghasil susu sapi antara lain Kabupaten Semarang & Boyolali). sedangkan biomassa/PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah) dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) masih dalam tahap konstruksi (Kota Semarang & Kota Surakarta).

Kata Kunci: bioenergi; potensi; implementasi; pengembangan; provinsi jawa tengah

A. Pendahuluan

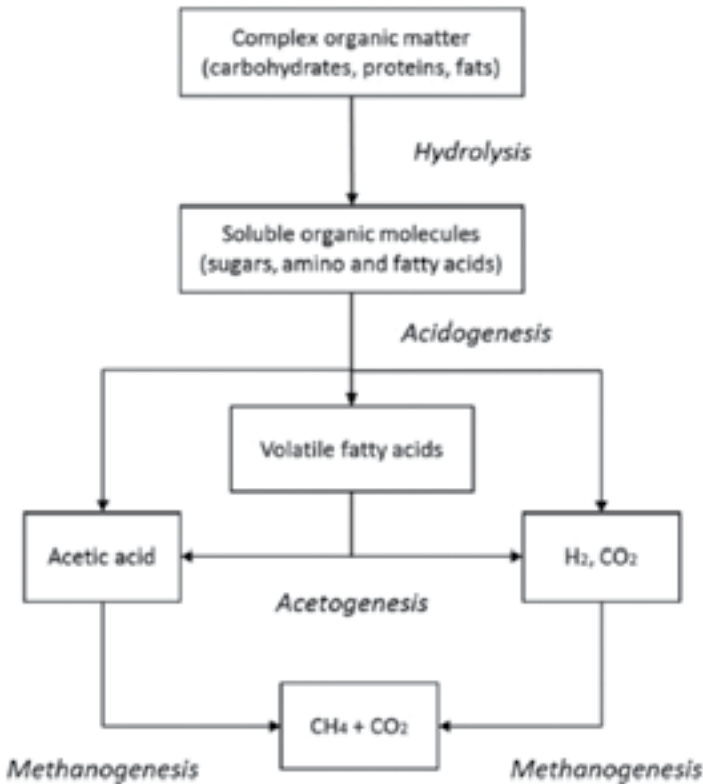
Percepatan Bauran Energi Dalam Rangka Kemandirian & Ketahanan Energi Daerah memperhatikan Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang ada didalam Peraturan Presiden (Perpres) Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 [1] & Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014[2] serta dijabarkan dalam Perpres Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 [3] sebagai amanah Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007[4] maka pengelolaan energi daerah di Provinsi Jawa Tengah (Jateng) menjadi optimal, berkelanjutan, berkeadilan, & terpadu sehingga harus mengacu pada Rencana Umum Energi Daerah-Provinsi (RUED-P) yang tercantum dalam Peraturan Daerah (Perda) Provinsi Jawa Tengah (Jateng) Nomor 12 Tahun 2018[5] dengan menjalin kerja sama & peran serta masyarakat.

B. Bioenergi Sebagai Energi Impian

Kebijakan energi & perubahan iklim pada tahun terakhir ini mendorong pengembangan energi terbarukan seperti bioenergi. Bioenergi dalam fase cair, berupa bioetanol & biodisel, serta fase gas berupa biogas telah diteliti, diproduksi, & digunakan secara intensif selama 15 tahun terakhir [6].

B.1 Biogas

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang mengandung gas metana (CH_4) 60-65% (30-35% CO_2 & sisanya berupa uap air, H_2 , & H_2S) dari beberapa limbah organik melalui proses peruraian anaerobik (Gambar 2.1) yang melibatkan beberapa kelompok bakteri berbeda yaitu : hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, & metanogenesis (metanasi) [7].



Gambar 2.1 Diagram Alir Peruraian Anaerobik[7]

Kotoran sapi merupakan substrat yang paling umum digunakan untuk produksi biogas selain kotoran babi atau ayam, dengan yield biogas sebesar 242–399 (mL-CH₄/gVS) [8]. Sehingga, untuk menjalankan biogas skala rumah tangga sekitar 4 m³/haridiperlukankotoran ternak dari 2–3 ekor sapi, atau 6 ekor babi, atau 400 ekor ayam[9].

B.2 Biomassa

Biomassa diidentikkan dengan timbunan pembuangan akhir (TPA) yang merupakan hasil dari perkembangan ekonomi & menyebabkan masalah lingkungan & sosial ekonomi. Namun, TPA mampu memberikan kontribusi signifikan berupa energi terbarukan [10]. TPA terdiri dari berbagai jenis limbah yaitu biodegradabel, inert, bahan daur ulang, komposit, plastik, rumah tangga, & beracun [11-13]. Sementara itu, persentase tertinggi adalah limbah makanan (25–70%) & sisanya berupa plastik, logam, kaca, tekstil, kayu, karet, kulit, & kertas [11,15].

Beberapa tahun terakhir, konversi biomassa menjadi energi telah berkembang pesat di seluruh dunia karena harga energi yang rendah, perubahan iklim, & pengurangan dampak lingkungan [15,16], khususnya di negara-negara berkembang [17,18]. Penelitian tentang keberlanjutan produksi energi dari TPA, diantaranya analisis biaya energi [19,20] & Proses Hirarki Analitik (PHA) [21,22]. Teknologi konversi TPA ke energi berupa konversi termal (insinerasi, pirolisis, & gasifikasi), konversi biokimia, & landfill dengan produk utamanya adalah Listrik, gas bahan bakar, cairan, panas, & padatan [23-25]. Teknologi ini bisa dikombinasikan dari dua atau lebih metode, tetapi sampai saat ini masih ada berbagai hambatan [26]. Beberapa karakteristik teknologi biomassa menjadi energi disajikan pada Tabel 2.1.

B.3 Biofuel

Pemerintah melalui Menteri Energi & Sumber Daya Mineral (ESDM), akan mengoptimalkan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT), didalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi) dengan mengeluarkan Peraturan Menteri ESDM Republik

Indonesia Nomor 12 Tahun 2015 [33] yang merupakan pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan bioetanol & biodiesel hingga tahun 2025.

B.4 Bioetanol

Bioetanol merupakan etanol yang dapat diproduksi dari biomassa selulosa melalui fermentasi pati/tanaman berbasis gula, diantaranya ubi kayu & jagung [6]. Ubi kayu merupakan tanaman tertua di Indonesia dengan kandungan karbohidrat sebesar 32–35% [28]. Sementara itu, jagung mengandung 72% karbohidrat [29]. Setiap ton ubi kayu & jagung mengandung gula sebesar 250–300 Kg & 600–700 Kg yang dapat diubah menjadi bioetanol sebanyak 166,6 liter & 200 liter [5]. Sehingga, rasio bahan baku terhadap bioetanol untuk ubi kayu & jagung adalah 6,5:1 & 5.1 [30]. Bioetanol diproduksi melalui 4 tahap proses, yaitu hidrolisis (sakarifikasi), fermentasi, distilasi, & dehidrasi [6]. Pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar yang dicampur dengan bensin disebut gasohol. Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk bioetanol disajikan pada Tabel 2.2



Tabel 2.1 Karakteristik Teknologi Biomassa Menjadi Energi[10]

Teknologi	Kelebihan	Kelemahan	Produk Utama	Aplikasi
Pembakaran	<ul style="list-style-type: none"> • Mempunyai kalor tinggi • Volume & massa turun 80% & 70% 	<ul style="list-style-type: none"> • Tingginya : modal, pengoperasian, & pemeliharaan • Polutan berbahaya dari residu padat 	Panas	Pembangkit listrik tenaga uap/panas)
Pirolisis	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan bakar yang berkualitas tinggi • Pengolahan gas buang berkurang • Cocok untuk limbah karbon • Limbah padat perkotaan berkurang 50-90% 	<ul style="list-style-type: none"> • Tingginya : viskositas pirolisis, • Pengoperasian, pemeliharaan & biaya modal 	Arang, bio-oil, & syngas	Listrik, produksi bahan kimia & pelarut
Gasifikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Produk berupa bahan bakar gas/minyak 	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologi yang tidak matang, tidak fleksibel, & kurang kompetitif • Risiko kegagalan yang tinggi 	Gas penghasil syngas	Pembangkit listrik & bahan kimia

Teknologi	Kelebihan	Kelemahan	Produk Utama	Aplikasi
TPA	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya rendah • Sumber daya alam didaur ulang ke tanah 	<ul style="list-style-type: none"> • Pencemaran tanah & air tanah 	Gas TPA	Listrik
Penguraian anaerob	<ul style="list-style-type: none"> • diutamakan untuk biomassa dengan kadar air yang tinggi • Komposisi metana (CH₄) & karbon dioksida (CO₂) yang lebih tinggi & lebih rendah dari Teknologi TPA 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak cocok untuk limbah dengan kandungan sedikit bahan organik • Degradasi lignin membutuhkan waktu yang sangat lama 	Biogas	Listrik, pupuk pertanian kaya nitrogen, & biorefinery makanan
Fermentasi Etanol	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak terjadi peningkatan emisi CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • terbatas pada pati/selulosa 	Bioetanol	Bahan bakar & biorefinery pertanian
Proses fotobiologis	<ul style="list-style-type: none"> • Energi spektral yang luas bisa digunakan oleh bakteri fotosintesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrogenisasi enzim bisa terhambat oleh O₂. • Efisiensi konversi cahaya rendah 	H ₂ , gas CO ₂ , & asam organik	Bioelektrik



Teknologi	Kelebihan	Kelemahan	Produk Utama	Aplikasi
Fermentasi gelap	<ul style="list-style-type: none"> Substrat yang dapat terurai di alam Lebih cocok untuk produksi H_2 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak berfungsi pada suhu yang sangat rendah karena reaksi mikroba menjadi lambat 	Gas H_2	Bioelektrik
<i>Microbial fuel cell (MFC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> efektif menghilangkan bau dari limbah & menghasilkan listrik Tidak ada gas rumah kaca 		Gas H_2	Bioelektrik, produksi biohidrogen, & pengolahan air limbah
<i>Microbial electrolysis cell (MEC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Pemulihan produk (H_2) yang tinggi, & degradasi substrat dari foto, fermentasi gelap, & MFC <i>Translation efficiency</i> hidrogen tinggi Kebutuhan energi rendah Berlaku untuk berbagai substrat organik 	<ul style="list-style-type: none"> Yield berdasarkan komposisi substrat Tingginya resistensi internal Arsitektur padat Biaya modal tinggi 	Gas H_2 , CH_4 , asetat, hidrogen peroksida, & asam format	pembangkit listrik & pengolahan air limbah secara cepat

Tabel 2.2 SNI_Bioetanol-Terdenaturasi-untuk-Gasohol_7390_2012[31]

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan ^{a)}
1	Kadar etanol ^{b)}	%-v,min.	99,5 (setelah didenaturasi dengan denotarium benzoat) 94,0 (setelah didenaturasi dengan hidrokarbon)
2	Kadar metanol	%-v,min.	0,5
3	Kadar air	%-v,min.	0,7
4	Kadar denaturan Hidrokarbon	%-v	2-5
	Atau Denotanium Benzoat	mg/l	4-10
5	Kadar tembaga (cu)	mg/kg, maks.	0,1
6	Keasaman sebagai asam asetat	mg/l, maks.	30
7	tampakan		jernih & terang, tidak ada endapan & kotoran
8	Kadar ion klorida (Cl)	mg/l, maks	20
9	Kandungan belerang (S)	mg/l,maks.	50
10	Kadar getah purwa dicuci (<i>washed gum</i>)	mg/100ml,maks.	5,0

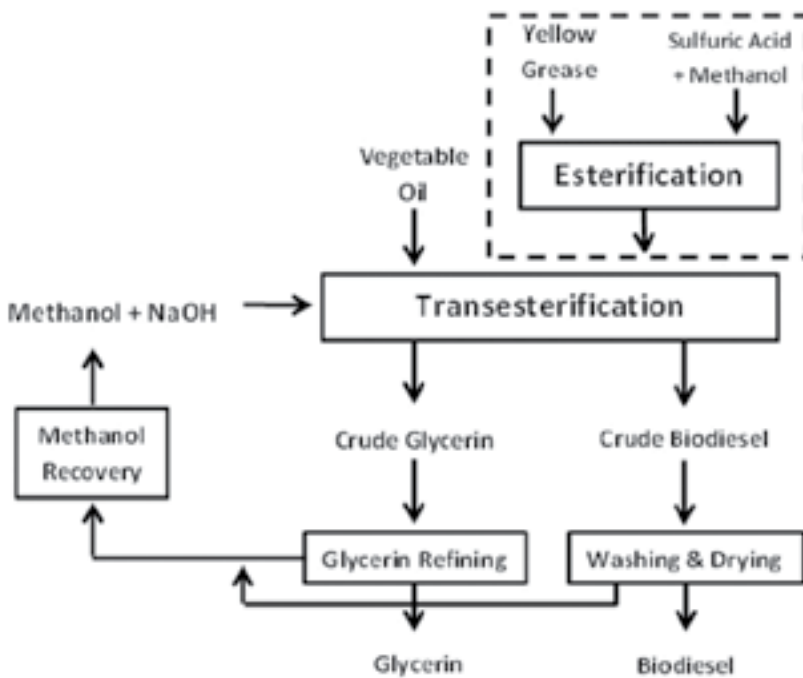
a) Jika tidak diberikan catatan khusus, nilai batasan (spesifikasi) yang tertera adalah nilai untuk bioetanol yang sudah didenaturasi & akan dicampurkan ke dalam bensin pada kadar sampai dengan 10%-v.

b) FGE umumnya memiliki berat jenis dalam rentang 0,7936 - 0,7961 pada kondisi 15,56/15,56 °C, atau dalam rentang 0,7871 - 0,7896 pada kondisi 25/25 °C, diukur dengan cara piknometri atau hidrometri yang sudah sangat lazim diterapkan di dalam industri alkohol.

B.5 Biodiesel

Biodiesel adalah energi terbarukan yang disusun oleh metil atau etil ester yang diperoleh dengan mereaksikan trigliserida & alkohol & memiliki karakteristik seperti minyak diesel [32].

Biodiesel, cairan kekuningan yang berasal dari minyak nabati, limbah minyak, lemak hewani, atau lemak alga, melalui proses transesterifikasi dengan adanya alkohol & katalis alkali (Gambar 2.2). Minyak dari kelapa, biji karet, & biji kapuk biasa digunakan sebagai bahan baku produksi biodiesel [6]. Hasil minyak dari biji karet sebesar 40–50% [33].



Gambar 2.2 Diagram Alir Produksi Biodiesel dari Minyak Nabati [6]

Beberapa komoditas yang menghasilkan biodiesel seperti kelapa mampu menghasilkan 3.260 liter/ha, kacang mencapai 1.059 liter/ha & biji karet menghasilkan 2.020 liter/ha/tahun [34]. Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk biodiesel disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 SNI_Biodiesel_ 7182:2015 [35]

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850-890
2	Viskositas inematic pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C,min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		nomor 1
7	Residu karbon		
	- dalam percontoh asli; atau	%-massa, maks	0,05
	- dalam 10% ampas distilasi		0,3
8	Air & sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperature distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	belerang	mg/kg, maks	50
12	fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g), maks	115
18	Kestabilan oksidasi		
	Periode induksi metode rancimat	menit	480
	atau Periode induksi metode petro oks		36
19	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

C. Potensi Bioenergi Jawa Tengah

Sumber bahan baku yang terdapat di Provinsi Jateng yang dapat dikonversi menjadi bioenergi adalah sebagai berikut:

C.1 Bahan Baku Biogas

Potensi kotoran sapi sebagai substrat biogas diperoleh dari populasi sapi di Provinsi Jateng pada tahun 2019 sebanyak 1.809,55 ribu ekor [36].

C.2 Bahan Baku Biomassa

Jumlah timbunan sampah di Provinsi Jawa Tengah tahun 2018 adalah 5.380.988,84 m³/tahun di 58 TPA dengan rerata sampah yang dikelola sebesar 6.310 ton/hektar [37].

C.3 Bahan Baku Biofuel

C.3.1 Bahan Baku Bioetanol

Jika pemakaian bioethanol dapat menggantikan 10% dari kebutuhan Premium Jawa Tengah yang mencapai 21.882.842 liter [38] maka membutuhkan 2,2 juta liter bioethanol. Setiap ton jagung mampu memproduksi 200 liter bioethanol, maka dibutuhkan sekitar 11 ribu ton jagung atau 13 ribu ton ubi kayu.

Sementara itu, produktivitas tahun 2018 untuk jagung seluas 568.631 ha sebesar 60,05 kuintal per hektar atau total produksi sebesar 3.414.906 kuintal, 232,66 kuintal per hektar ubi kayu dengan luas tanam 109.879 ha diperoleh produksi 2.556.459 kuintal, sedangkan 280,03 kuintal per hektar ubi jalar untuk luas 5.430 ha dengan total produksi sebesar 152.056 kuintal [36].

C.3.2 Bahan Baku Biodisel

Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi penyangga pangan nasional, sehingga produktivitas padi lebih diutamakan untuk terus dipacu. Hal ini terlihat pada tahun 2018, produktivitas padi sawah sebesar 56,61 Kuintal per ha, dengan luas panen padi sawah 1,68

juta hektar jumlah produksi padi sawah 0,95 juta ton. Sementara itu, produktivitas kelapa, karet, kapuk, jarak pagar, & jarak kepyar sebanyak 172,17 ribu ton, 3.539,92 ton, 7.753,11 ton, 62,85 ton serta 11,10 ton, secara berurutan [36].

Jika pemakaian biodiesel dapat menggantikan 10% dari kebutuhan Biosolar Jawa Tengah yang mencapai 1.402.405.395 liter [38] maka membutuhkan 140,2 juta liter biodiesel. Setiap hektar karet mampu memproduksi 2.020 liter biodiesel, maka dibutuhkan sekitar 69.300 hektar.

C.4 Implementasi & Pengembangan Bioenergi di Provinsi Jateng

Program bioenergi yang dicanangkan oleh Dinas ESDM Provinsi Jateng telah diimplementasikan dari potensi yang ada & diharapkan pengembangannya baik melalui produk samping maupun teknologi impian yang belum diterapkan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat khususnya & tidak mengandalkan ketergantungan pada energi fosil. Implementasi & pengembangannya adalah sebagai berikut:

C.4.1 Implementasi Biogas

PT Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk (PGN) membantu pembuatan 10 reaktor biogas dari kotoran sapi dengan dengan kapasitas 6-12 kubik di Desa Jetak, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah[39]. Dinas ESDM Prov. Jateng membangun demplot biogas sebanyak 102 selama periode 2013-2019. Pemanfaatan biogas di Wilayah Magelang memiliki potensi produksi gas sebesar 86.690 m³ [37]. Nilai ini setara dengan 43.345 kg gas LPG atau 14.448 tabung LPG 3 kg yang dapat memenuhi kebutuhan memasak bagi sekitar 278 rumah tangga selama 1 tahun[9].

C.4.2 Implementasi & Pengembangan Biomassa

TPA merupakan tempat untuk menimbun sampah [40] yang pengelolaannya sesuai dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 [41] karena gas metana yang dihasilkan oleh pembusukan bakteri di TPA dapat menimbulkan ledakan & kebakaran jika berada di udara dengan

konsentrasi 5-15% [42]. Salah satu cara mengubah fraksi limbah yang mudah terbakar dari limbah 4K1P (Kertas, Kayu, Kain, Karet/Kulit, & Plastik) menjadi bahan bakar adalah dengan Refuse Derived Fuel (RDF) [43] karena lebih banyak hemat biaya daripada teknologi sanitary landfill atau bahkan teknologi insinerasi [44]. Sedangkan komponen sampah yang sangat potensial untuk dijadikan pellet RDF adalah plastik [45].

Belum lama ini diresmikan RDF oleh Bapak Menteri Koordinator Bidang Kemaritiman & Investasi pada tanggal 21 Juli 2020 yang terletak di Desa Tritih Lor Kecamatan Jeruklegi Kabupaten Cilacap dengan kapasitas mengolah sampah sebanyak 120 ton per hari.

C.4.3 Implementasi Bioetanol

Selama ini implementasi produksi bioethanol untuk energy di Jawa Tengah belum ada. Umumnya bioethanol yang dihasilkan untuk farmasi.

C.4.4 Implementasi Biodisel

Selama ini implementasi produksi Biodiesel untuk energy di Jawa Tengah belum ada.

C.4.5 Pengembangan Bioenergi di Provinsi Jateng

Pengembangan bioenergi yang diperoleh baik melalui limbah yang digunakan untuk implementasi maupun teknologi impian yang belum diterapkan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat khususnya & tidak mengandalkan ketergantungan pada energi fosil.

Pengolahan hasil pertanian menyisakan beberapa bagian yang tidak dimanfaatkan berupa limbah & akan berdampak buruk terhadap lingkungan jika tidak ditangani secara serius [30]. Limbah pertanian yang kurang bermanfaat dari ubi kayu, jagung, & kelapa adalah kulit ubi kayu, tongkol jagung, & sabut kelapa [46]. Pengembangan yang bisa diperoleh dari implementasi bioetanol & biodisel adalah sebagai berikut:

C.4.6 Pengembangan Bioetanol

Kulit singkong, bagian dalam sebesar 8–15 % & bagian luar sebesar 0,5–2% dari berat total singkong segar serta mengandung 36,5% pati atau amilum, biasanya hanya digunakan untuk pakan ternak [47]. Yield etanol dari gula reduksi adalah 47% v/v (yield teori 51%v/v) atau 0,23 g etanol/g kulit singkong (kering) [48].

Beberapa penelitian bioetanol dari kulit singkong yang difermentasi dengan yeast menggunakan katalis asam klorida sebesar 29 % v/v & asam sulfat sebesar 30% v/v [49], 34,59% v/v dengan katalis asam klorida [50], 3,58% v/v dengan katalis asam sulfat [28] & 6% v/v dengan katalis asam klorida [51] serta 3,7 ml dengan katalis asam klorida [52].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Meutia (2016) [53], tongkol jagung menjadi bioetanol menghasilkan yield yang optimal sebesar $19,802 \pm 0,809\%$ dengan kadar etanol sebesar $8,190 \pm 0,019 \%$.

Sumber bahan baku untuk pembuatan biofuel baik bioetanol maupun biodiesel umumnya adalah bersumber dari bahan pangan. Hal ini tentu akan mengganggu ketahanan pangan jika diusahakan secara maksimal. Oleh karena itu diterapkan kebijakan hanya menggunakan 25% dari potensi maksimalnya, dengan asumsi 75% digunakan untuk konsumsi harian[5].

3.4.7 Pengembangan Biodisel

Bahan baku yang sangat potensial sebagai sumber biodiesel adalah minyak nabati yang berasal dari kelapa, kelapa sawit, & jarak. Dari ketiga bahan dasar tersebut, kelapa sawit menghasilkan minyak nabati paling tinggi, yaitu 5.950 liter/ha/tahun, sedangkan kelapa 2.689 liter/ha/ tahun, & biji jarak 1.892 liter/ ha/ tahun[54]. Selain itu, ada juga minyak biji kapuk (*Ceiba pentandra*)[55] yang mengandung asam lemak tidak jenuh sekitar 63,27%, dengan kadar asam lemak bebas sekitar 8,6% [54]. Kandungan biodiesel menurut Endang et al. (2015) menunjukkan bahwa hasil ekstraksi biji kapuk sebesar 37% & hasil transesterifikasi sebesar 55-65% v/v.

Limbah lain yang dapat diproduksi menjadi biodiesel adalah berasal dari biji karet [57]. Transesterifikasi ultrasonik hanya berhasil membentuk biodiesel dari minyak biji karet yang telah melalui proses esterifikasi ultrasonik 30 menit (dengan hasil rendemen biodiesel 78,84%) & yang telah melalui proses esterifikasi konvensional satu jam (dengan hasil rendemen biodiesel 91,55%)[58].

Dedak padi & bekatul sebagai produk samping penggilingan padi (sekitar 10% dari total gabah kering giling)[59] dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Prosentase crude biodiesel tertinggi sebesar 96,54% dengan menggunakan methanol 60 ml & katalis NaOH 0,6% pada suhu reaksi 60°C selama 30 menit [60].

D. Kesimpulan

Bauran energi baru terbarukan merupakan salah satu mimpi Pemerintah Pusat & Daerah, khususnya Provinsi Jawa Tengah untuk dikembangkan berupa biogas, biomassa, biofuel (bioetanol & biodisel).

Potensi bioenergi di Provinsi Jawa Tengah dari biogas sebanyak 37,4 juta m³/tahun, bioetanol sebanyak 28,2 juta liter/tahun, biodiesel sebanyak 44,5 juta liter/tahun & 8,55 ribu m³/tahun biomassa. Implementasi dari potensi biogas 8.666 ribu setara barel minyak rumah tangga (kompor gas & lampu), bioetanol & biodiesel selama ini belum ada yang memanfaatkan untuk sumber energi., sedangkan biomassa/ PLTSa membangkitkan sebesar (total) 13,2 KVA (sedang progres pembangunan). Potensi dari sumber lain yang masih bisa dikembangkan sebanyak 0,6 juta m³/tahun untuk biogas & bioetanol sebanyak 3,1 juta liter/tahun, serta biodiesel 7,101 juta liter/tahun.

E. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah yang telah berkontribusi pada data potensi EBT di Provinsi Jawa Tengah.

F. Daftar Pustaka

- 1 Perpresri. (2006). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional.
- 2 Perpemri. (2014). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional.
- 3 Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional.
- 4 Republikindonesia. (2007). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi.
- 5 Gubernur_Jateng. (2018). Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 12 Tahun 2018 Tentang Rencana Umum Energi Daerah Provinsi Jawa Tengah.
- 6 Guo M, Song W, Buhain J. (2015). Bioenergy & Biofuels : History , Status , & Perspective. *Renew Sustain Energy* 42(7):12–25. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.013>.
- 7 Deublein D, Steinhauser A. (2011). *Biogas From Waste & Renewable Resources*. 2nd Ed. Germany 101.
- 8 Kougiaris Pg, Angelidaki I. (2018). Biogas & Its Opportunities — A Review. *Front Environ Sci Eng*. <https://doi.org/10.1007/S11783-018-1037-8>.
- 9 Dewi Rs, Kholik M. (2018). Kajian Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Salah Satu Sumber Energi Alternatif Di Wilayah Magelang. *J Mech Eng* 2.
- 10 Beyene Hd, Werkneh Aa, Ambaye Tg. (2018). Current Updates On Waste To Energy(*Wte*) Technologies : A Review 24:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2017.11.001>.
- 11 Pham Tpt, Kaushik R, Parshetti Gk, Mahmood R, Balasubramanian R. (2015). Food-Waste-To-Energy Conversion Technologies: Current Status & Future Directions. *Waste Manag* 38:399–408.
- 12 Baniyadi M, Tugnoli A, Conti R, Torri C, Fabbri D, Cozzani V.

- (2016). Waste To Energy Valorization Of Poultry Litter By Slow Pyrolysis. *Renew Energy* 90:458–68.
- 13 Eddine Bt, Salah Mm. (2012). Solid Waste As Renewable Source Of Energy : Current & Future Possibility In Algeria. *Int J Energy Environ Eng* 3:1–12. <https://doi.org/10.1186/2251-6832-3-17>
 - 14 Albores P, Petridis K, Dey Pk. (2016). Analysing Efficiency Of Waste To Energy Systems : Using Data Envelopment Analysis In Municipal Solid Waste Management. *Procedia Environ Sci* 35:265–78.
 - 15 Cutz L, Haro P, Santana D, Johnsson F. (2016). Assessment Of Biomass Energy Sources & Technologies : The Case Of Central America. *Renew Sustain Energy Rev* 58:1411–31. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.322>.
 - 16 Apergis N, Payne Je. (2011). On The Causal Dynamics Between Renewable & Non-Renewable Energy Consumption & Economic Growth In Developed & Developing Countries. *Energy Syst* 2:299–312. <https://doi.org/10.1007/S12667-011-0037-6>.
 - 17 Safar M, Bux R, Aslam M. (2020) Optimization Of Waste To Energy Routes Through Biochemical & Thermochemical Treatment Options Of Municipal Solid Waste In Hyderabad , Pakistan. *Energy Convers Manag* 124:333–43. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.032>.
 - 18 Chakraborty M, Sharma C, Pandey J, Gupta Pk. (2013). Assessment Of Energy Generation Potentials Of Msw In Delhi Under Different Technological Options. *Energy Convers Manag* 75:249–55. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.06.027>.
 - 19 Fazeli A, Bakhtvar F, Jahanshaloo L, Sidik Nac, Bayat Ae. (2016) Malaysia's Stand On Municipal Solid Waste Conversion To Energy A Review. *Renew Sustain Energy Rev* 58:1007–1016. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.270>
 - 20 Antonopoulos I, Perkoulidis G, Logothetis D, Karkanas C. (2014). Resources , Conservation & Recycling Ranking Municipal Solid

- Waste Treatment Alternatives Considering Sustainability Criteria Using The Analytical Hierarchical Process Tool. *Resour Conserv Recycl* 86:149–59. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.03.002>.
- 21 Toniolo S, Mazzi A, Garato Vg, Aguiari F, Scipioni A. (2014). Resources, Conservation & Recycling Assessing The “ Design Paradox ” With Life Cycle Assessment : A Case Study Of A Municipal Solid Waste Incineration Plant. *Resources, Conserv Recycle* 91:109–16. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.08.001>.
 - 22 Arafat Ha, Jijakli K, Ahsan A. (2013). Environmental Performance & Energy Recovery Potential Of Fi Ve Processes For Municipal Solid Waste Treatment. *J Clean Prod* 105:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.071>.
 - 23 Tozlu A, Özahi E, Abuşoğlu A. (2016). Waste To Energy Technologies For Municipal Solid Waste Management In Gaziantep. *Renew Sustain Energy Rev* 54:809–15. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.097>.
 - 24 Kalyani Ka, Pandey Kk. (2014). Waste To Energy Status In India : A Short Review. *Renew Sustain Energy Rev* 31:113–20. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.020>.
 - 25 Agll Aaa, Hamad Ym, Hamad Ta, Sheffield Jw. (2014). Study Of Energy Recovery & Power Generation From Alternative Energy Source. *Case Stud Therm Eng* 4:92–8. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2014.06.005>.
 - 26 Gedam Vv, Regupathi I. (2012). Pyrolysis Of Municipal Solid Waste For Syngas Production By Microwave Irradiation. *Nat Resour Res* 21:75–82. <https://doi.org/10.1007/S11053-011-9161-1>.
 - 27 Menteri_Esdm_Ri. Peraturan Menteri Energi & Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No.12 Tahun 2015 Tentang Penyediaan, Pemanfaatan, & Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Sebagai Bahan Bakar Lain.

- 28 Abidin Z, Saraswati E, Naid T. (2014). Bioethanol Production From Waste Of The Cassava Peel (*Manihot Esculenta*) By Acid Hydrolysis & Fermentation Process. *Int J Pharmtech Res* 6:1209–12.
- 29 Augustyn Gh, Tetelepta G, Abraham Ir. (2019). Analisis Fisikokimia Beberapa Jenis Tepung Jagung (*Zea Mays L.*) Asal Pulau Moa Kabupaten Maluku Barat Daya Physicochemical Analysis Of Several Corn Flour From Moa Island South West Moluccas Regency. *Agritekno* 8:58–63. <https://doi.org/10.30598/Jagritekno.2019.8.2.58>.
- 30 Susmiati Y. (2018). Prospek Produksi Bioetanol Dari Limbah Pertanian & Sampah Organik. *Ind J Teknol & Manaj Agroindustri* 7:67–80. <https://doi.org/10.21776/Ub.Industria.2018.007.02.01>
- 31 Standar Nasional Indonesia. Sni 7390:2012 Bioetanol Terdenaturasi Untuk Gasohol 2012.
- 32 Rahkadima Tr, A'yuni Q. (2019). Produksi Biodiesel Dari Dedak Padi Secara In Situ Dengan Teknologi Microwave. *J Kim Ris* 4:106–10. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jrm.2020.011.03.9>
- 33 Reshad As, Tiwari P, Goud Vv. (2015). Extraction Of Oil From Rubber Seeds For Biodiesel Application : Optimization Of Parameters. *Fuel* 150:636–44. <https://doi.org/10.1016/J.Fuel.2015.02.058>.
- 34 Sitepu Ek, Heimann K, Raston Cl, Zhang W. (2020). Critical Evaluation Of Process Parameters For Direct Biodiesel Production From Diverse Feedstock. *Renew Sustain Energy Rev* 123:109762. <https://doi.org/10.1016/J.Rser.2020.109762>.
- 35 Standar Nasional Indonesia. (2015). Sni 7182:2015 Biodiesel.
- 36 Badan Pusat Statistik_Jateng. (2019). Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka.
- 37 Dlhk_Jateng. Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Tengah.
- 38 Dinas_Esdm_Prov._Jateng. Capaian Kinerja Pembangunan Sektor Energi Baru Terbarukan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019.

- 39 Chandra A. A. (2017). Pgn Bangun 10 Reaktor Biogas Di Semarang. 10 Desember 2017 [Https//Financedetikcom/Energi/D-3763010/Pgn-Bangun-10-Reaktor-Biogas-Di-Semarang](https://financedetikcom/Energi/D-3763010/Pgn-Bangun-10-Reaktor-Biogas-Di-Semarang) (Diakses Tanggal 6 Mei 2020) N.D.
- 40 Pujotomo I. (2016). Pemanfaatan Sampah Menjadi Sumber Energi. *J Energi Kelistrikan* 8:109–13.
- 41 Republik_Indonesia. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008.
- 42 Ratih Aar, Yulia Lrd, Setyono P. (2015). Karbon Dioksida (Co2) & Hidrogen Terhadap Gangguan Pernapasan Pemulung Di Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Klotok Kota Kediri. *J Ekosains* 2015;Vii:105–16.
- 43 Rania Mf, Lesmana Ige, Maulana E. (2019). Analisis Potensi Refuse Derived Fuel (Rdf) Dari Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Di Kabupaten. *Sintek J13*:51–9.
- 44 Nasyton K, Harahab N, Prasetyo B. (2019). Financial Value Savings Regarding Rdf Technology. *Int J Sci Res* 7: 1–8. [Https://Doi.Org/10.21275/Art20192499](https://doi.org/10.21275/Art20192499).
- 45 Novita Dm, Damanhuri E. (2010). Perhitungan Nilai Kalor Berdasarkan Komposisi & Karakteristik Sampah Perkotaan Di Indonesia Dalam Konsep Waste To Energy. *J Tek Lingkungan* 2010;16:103–14.
- 46 Khaidir. (2016). Pengolahan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *J Agrium* 2016;13:63–8.
- 47 Artiyani A, Soedjono Es. (2011). Bioetanol Dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisis & Fermentasi Dengan *Saccharomyces Cerevisiae*. *Pros. Semin. Nas. Manaj. Teknol. XiiiP*. D-1-1-8.
- 48 Hermiati E, Azuma J–., Sunarti Tc, Suparno O. (2012). Review: Potential Utilization Of Cassava Pulp For Ethanol Production

In Indonesia. *Sci Res Essay* 7:100–6. <https://doi.org/10.5897/Srex11.022>.

- 49 Guntama D, Herdiana Y, Sujiana. Ua, Endes Rl, Sunandar E. (2019). Bioethanol Dari Limbah Kulit Singkong (Manihot Esculenta Crantz) Melalui Metode Hidrolisa & Fermentasi Dengan Bantuan *Saccharomyces Cerevisiae*. *J Teknol*7:86–96 <https://doi.org/10.31479/jtek.v7i1>.
- 50 Sirajuddin, Soepratono B, Budiarmo E, Suwinarti W. (2019). Bioethanol Production From Cassava Peel By Ultrasonic Assisted Using Hcl As Catalyst. *Int J Sci Technol Res*;8:146–8.
- 51 Erna, Said I, Abram Ph. (2016). Bioetanol Dari Limbah Kulit Singkong (Manihot Esculenta Crantz) Melalui Proses Fermentasi Fermentation. *J Akad Kim*5:121–6. <https://doi.org/10.22487/J24775185.2016.V5.I3.8045>.
- 52 Sriyana Hy, Nasita U. (2019). Karakteristik Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Singkong. *Inov Tek Kim*4:1–5. <https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3012>.
- 53 Meutia To, Kristijanto Ai, Hartin S. (2016). Optimasi Hasil & Kadar Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) Ditinjau Dari Nisbah Ko-kultur Ragi & Pengadukan. *J Kim & Pendidik Kim* 1:2–7.
- 54 Haryono, Marlioni. (2014). Analisis Mutu Biosolar Pada Variasi Formulasi Blending Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk Dengan Minyak Solar. *Eksergi* Xi:24–9.
- 55 Haryono, Solihudin, Ernawati E, Arifiadi F. (2019). Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra*) Terozonasi Melalui Proses Dengan Bantuan Ultrasonik. *J Tek Kim*13:61–6. <https://doi.org/10.33005/tekkim.v13i2.1412>
- 56 Endang Ds, Kristianingrum S, Tohari. (2015). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk Randu (*Ceiba Pentandra L*) Pada Variasi Lama Pengadukan Pada Reaksi Transesterifikasi. *J Sains Dasar* 4:186–9.

- 57 Soemargono, Mulyadi E. (2011). Proses Produksi Biodiesel Berbasis Biji Karet. *J Rekayasa Proses* 5:40–4. <https://doi.org/10.22146/Jrekpros.1898>
- 58 Musadhaz S, Setyaningsih D, Hendra D. (2012). Pembuatan Biodiesel Biji Karet & Biodiesel Sawit Dengan Instrumen Ultrasonik Serta Karakteristik Campurannya. *J Teknol Ind Pertan* 20(25):180–8.
- 59 Astawan M, Febrinda Ae. (2010). Potensi Dedak & Bekatul Beras Sebagai Ingredient Pangan & Pangan Fungsional. *Jurnal Pangan* 19:14–21. <https://doi.org/10.33964/Jp.V19i1.104>
- 60 Rahkadima Yt, A'yuni Q. (2017). Produksi Biodiesel Dari Dedak Padi Menggunakan Metode In Situ Dengan Bantuan Microwave. *Saintek*:15–8. <http://dx.doi.org/10.20473/Jkr.V4i2.16047>

BAB 3

PEMODELAN KESETIMBANGAN CAIR-CAIR PADA EKSTRAKSI SENYAWA FENOL DARI BIO-OIL HASIL PIROLISIS TEMPURUNG KELAPA DENGAN PERSAMAAN NRTL (*NON RANDOM TWO LIQUID*)

Dewi Selvia Fardhyanti

Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas
Negeri Semarang, Semarang, Indonesia, Tel: +6282227611946,
e-mail:dewiselvia@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Permasalahan utama dari pemakaian minyak bumi sebagai bahan bakar adalah karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable*) sehingga dipakai secara terus menerus mengakibatkan semakin menipisnya cadangan minyak bumi sehingga diperlukan solusi berupa penggunaan sumber daya alam terbarukan. *Bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa sebagai pengganti bahan bakar fosil merupakan salah satu solusi karena ramah lingkungan.

Bio-oil dikembangkan dengan metode pirolisis pada suhu 500 & 600°C. Namun, *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa memiliki kelayakan produk yang rendah karena mengandung senyawa fenol sebanyak 43-45,42%. Inovasinya dengan mengekstraksi senyawa fenolik

di dalamnya dengan metode ekstraksi cair-cair menggunakan pelarut metanol sebagai pelarut polar yang mengikat fase aqueos *bio-oil* & kloroform sebagai pelarut non-polar yang berikatan dengan fase organik *bio-oil*. Variabel ekstraksi fenol *bio-oil* yaitu suhu yang divariasi pada 30, 40 & 50°C. Ekstraksi cair-cair senyawa fenolik kemudian dimodelkan ke dalam persamaan NRTL (*Non Random Two Liquid*) untuk selanjutnya menjadi dasar dalam merancang alat-alat pemisah agar proses produksi menjadi optimal, hemat energi & efisien. Tujuan pemodelan menggunakan persamaan NRTL ini adalah untuk menganalisis kesetimbangan cair-cair pada proses ekstraksi senyawa fenol dari *bio-oil* hasil piolisis tempurung kelapa.

Untuk memprediksi data kesetimbangan cair-cair menggunakan persamaan NRTL diperlukan data-data kuantitatif tentang sifat kesetimbangan fase dari campuran fluida pada fase ekstrak maupun rafinat. Selanjutnya data di masukkan kedalam persamaan NRTL hingga didapat nilai parameter biner pada suhu ekstraksi 50°C yaitu $G_{12} = 1,569$ $G_{13} = 1,534$ $G_{14} = 1,457$ $G_{23} = 1,811$ $G_{24} = 1,386$ $G_{34} = 1,407$ pada *bio-oil* suhu 500°C & $G_{12} = 1,522$ $G_{13} = 1,429$ $G_{14} = 1,622$ $G_{23} = 1,843$ $G_{24} = 1,335$ $G_{34} = 1,328$ pada *bio-oil* suhu 600°C

Kata Kunci: bahan bakar, *bio-oil*; tempurung kelapa; NRTL; RMSD.

A. Pendahuluan

Minyak bumi merupakan sumber utama dari penyedia energi di dunia. Permasalahan utama dari pemakaian minyak bumi sebagai bahan bakar adalah karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable*) sehingga apabila dilakukan pemakaian secara terus menerus mengakibatkan semakin menipisnya cadangan minyak bumi. Oleh karena itu, dibutuhkan tambahan energi yang bisa bertahan lama melalui penggunaan energi terbarukan [1].

Energi terbarukan merupakan energi yang bersih dari sisa emisi gas buang & gas rumah kaca. *Biofuel* merupakan bahan bakar alternatif bagi bahan bakar fosil, yang diproduksi dari bahan baku yang bersumber dari biomassa. Biomassa adalah bahan terbarukan & banyak tersedia di Indonesia yang dapat digunakan untuk memproduksi *bio-oil*. *Bio-oil* adalah emulsi dengan bau seperti asap yang diproduksi melalui proses kondensasi uap hasil pirolisis biomassa yang mengandung lignoselulosa yang berasal dari biomassa seperti limbah makanan, *sludge*, limbah cangkang kopi, tempurung kelapa [4-5].

Tempurung kelapa memiliki potensi tinggi untuk menghasilkan cairan bahan bakar dengan proses konversi pirolisis [7]. Komposisi utama yang terdapat dalam tempurung kelapa adalah hemiselulosa (21%), selulosa (34%), lignin (27%), & abu (18%) [18]. Pengkonversian tempurung kelapa menjadi *bio-oil* dapat dilakukan dengan metode pirolisis.

Pirolisis optimum yang dapat menghasilkan rendemen dengan presentase tinggi dilakukan pada suhu antara 400-600°C tanpa adanya oksigen [8]. Pada suhu tersebut, komponen lignoselulosa terdekomposisi menjadi senyawa fenol

Senyawa fenol memiliki keunggulan diantaranya adalah sebagai zat desinfektan, menjadi komponen utama pada antiseptik dagang, sebagai bahan baku pembuatan obat-obatan, & sebagai pembasmi rumput liar [9]. Selain itu, fenol juga memiliki kelemahan yaitu dapat menyebabkan korosi pada mesin pembakaran sehingga perlu dipungut [10-11].

Metode yang dapat digunakan untuk memungut senyawa fenol dari *bio-oil* yaitu dengan metode ekstraksi cair-cair menggunakan solven. Penelitian mengenai ekstraksi senyawa fenol dari *bio-oil* telah dilakukan oleh Sukhbaataret *al.* (2009) dengan pemisahan menggunakan solven metanol & air dengan hasil rendemen sebesar 40% [12]. Ekstraksi senyawa fenol menggunakan pelarut metanol & kloroform menghasilkan rendemen sebesar 33% [13].

Salah satu parameter keberhasilan pada proses ekstraksi senyawa fenol adalah suhu & kecepatan pengadukan. Hasil penelitian Heri & Anajib. (2017) menunjukkan bahwa penggunaan pelarut metanol 80% pada suhu 50°C & kecepatan pengadukan 250 rpm untuk ekstraksi senyawa fenol dari *bio-oil* menghasilkan rendemen sebesar 90% [14]. Sedangkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mantilla *et al.* (2015) dengan kondisi suhu ruangan dengan waktu ekstraksi 120 menit & waktu pendiaman ekstrak & rafinat selama 60 menit menghasilkan rendemen sebesar 49,8%[11].

Ekstraksi cair-cair menghasilkan data kesetimbangan yang dikorelasikan menggunakan model kesetimbangan untuk mendesain kolom pemisah [15]. Model kesetimbangan yang biasa digunakan adalah Wilson, UNIQUAC, & NRTL (*Nonrandom two-liquid*) [16]. Menurut Larasati & Windy. (2017) model NRTL memberikan hasil korelasi yang baik untuk kesetimbangan senyawa fenol [17].

Karena keberadaan senyawa polar dalam proses, model NRTL termodinamika dipilih untuk digunakan sebagai model kesetimbangan. NRTL merupakan penurunan dari model *Scott two-liquid* & diasumsikan bahwa ketidakrandoman sama dengan model yang digunakan pada model Wilson. Model NRTL memiliki parameter ketidakrandoman sehingga memungkinkan untuk digunakan dalam berbagai macam campuran [15].

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut tentang pemodelan kesetimbangan cair-cair pada proses ekstraksi senyawa fenol dari *bio-oil* menggunakan persamaan NRTL.

B. Pemodelan Kestimbangan Cair-Cair Pada Ekstraksi Senyawa Fenol Dari Bio-Oil Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa Dengan Persamaan NRTL (Non Random Two Liquid)

B.1 Tempurung Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L) merupakan tanaman yang masuk dalam famili *Palmae*, ordo *Aracules*, salah satu anggota terpenting dari kelas *Monocotyledone*, Genus *Cocos* adalah monotypic yang hanya mempunyai satu-satunya spesies yaitu *Cocos nucifera* L. Tanaman kelapa banyak tumbuh di daerah tropis seperti di Indonesia. Tanaman kelapa membutuhkan lingkungan hidup yang sesuai untuk pertumbuhan & produksinya. Faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman kelapa diantaranya adalah sinar matahari dengan intensitas tinggi, curah hujan antara 1700-2000 mm sepanjang tahun, temperatur antara 24-29°C, kelembaban, & tanah dengan pH optimal 6,0-8,0 [18].

Tanaman kelapa menghasilkan buah berbentuk bulat panjang yang terdiri dari lima bagian, yaitu esokarp (kulit luar), mesokarp (sabut), endokarp (tempurung), daging buah & air kelapa. Tempurung kelapa merupakan bagian yang paling keras yang dilapisi sabut kelapa yang memiliki ketebalan 3-5 mm. Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsi biologisnya adalah sebagai pelindung inti buah. Tempurung kelapa memiliki berat antara 15 % sampai 19% dari berat kelapa.

Komposisi utama tempurung kelapa terdiri dari selulosa, lignin, hemiselulosa dengan kandungan atom-atom C,O,H, & N. Material-material organik ini mengandung gugus fungsional seperti hidroksil (R-OH), alkana (R-(CH₂)_n-R'), karboksil (R-COOH), karbonil (R-CO-R'), ester (R-CO-O-R'), gugus eter linear & siklik (R-O-R') dengan variasi jumlah.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Tempurung Kelapa [7]

Komponen	Persentase (%)
Selulosa	34
Lignin	27
Hemiselulosa	21
Abu	18

B.2 Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi termokimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau pereaksi kimia lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas, padat & cair. Proses ini diawali oleh pembakaran & gasifikasi, yang diikuti oksidasi total atau parsial dari produk utama. Istilah lain dari pirolisis adalah destructive distillation atau distilasi kering, dimana merupakan proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar [19]. Prosedur pirolisis tempurung kelapa menjadi bio-oil telah dilakukan oleh Roult et al.(2015) dengan temperatur operasi 500 & 600oC [20].

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses pirolisis untuk menghasilkan yield optimum adalah temperatur pirolisis, ukuran biomassa umpan & heating rate [5][21-22].

Teknologi ini memiliki banyak kelebihan, terutama dapat diperoleh produk berupa bio-oil yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM) [23].

B.3 Bio-oil

Bio-oil merupakan salah satu bahan bakar cair berwarna kehitaman yang berasal dari biomassa seperti kayu, kulit kayu, maupun biomassa

lainnya melalui teknologi pirolisis, yaitu teknologi degradasi termal pembuatan arang tanpa adanya oksigen dalam pembuatannya. Dalam produksi bio-oil tidak dihasilkan limbah (zero waste). Seluruh bahan baku dikonversi menjadi bio-oil & arang, sementara gas yang tidak dapat dikondensasi dikembalikan kedalam proses sebagai sumber energi [24].

Crudebio-oil dapat digunakan sebagai pemanas alat-alat rumah tangga & apabila dimurnikan akan menjadi bahan bakar yang lebih murni & tinggi kalori yang akan menjadi bahan bakar yang lebih murni & tinggi kalori yang bisa digunakan untuk berbagai kebutuhan dalam industri kimia. Bio-oil dapat diolah menjadi bahan kimia (oleo-kimia) & juga dapat dimurnikan (refined oil) untuk dijadikan bahan bakar [25].

Bio-oil dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bakar hidrokarbon seperti untuk mesin pembakaran, boiler, mesin diesel statis & gas turbin yang efektif digunakan sebagai pengganti diesel, bahan bakar minyak berat, bahan bakar minyak ringan & natural gas untuk berbagai macam boiler. Bio-oil memiliki beberapa keunggulan dibidang lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil yaitu sebagai bahan bakar bersih. Bio-oil sedikit menghasilkan CO₂/GHG. Oleh karena itu, bio-oil dapat mengurangi emisi karbon dioksida. Tidak ada emisi SO_x yang dihasilkan, karena biomassa yang berasal dari tanaman mengandung jumlah belerang yang tidak banyak. Dengan demikian, bio-oil tidak akan dikenakan pajak SO_x. Bahan bakar bio-oil menghasilkan emisi NO_x 50% lebih rendah dari minyak diesel dalam turbin gas.

Bio-oil terbuat dari berbagai senyawa oksigenat organik yang berbeda-beda & tidak bercampur dengan bahan bakar minyak. Hal ini dikarenakan tingginya kadar air yaitu sekitar 5-20% yang berfungsi sebagai pengikat ratusan molekul yang berbeda yang disebut sebagai emulsi mikro [26].

Bio-oil yang dibuat dari bahan baku tempurung kelapa dengan menggunakan pirolisis lambat dengan suhu pirolisis 300°C menghasilkan cairan yang mempunyai sifat fisika sebagai berikut : kadar abu 0,46 %, kadar air 24% volume), viskositas kinematik 185 cSt, titik nyala 134

°C, kadar fenol 31,2%, densitas 1,13 kg/m³, pH 2,5 & nilai kalor 6210 kkal/kg. Bio-oil yang dihasilkan didominasi oleh fenol, senyawa fenol, & senyawa oksigen [27].

B.4 Pemodelan NRTL

Pemodelan NRTL secara umum digunakan untuk mengkorelasikan data kesetimbangan uap-cair & cair-cair suatu sistem campuran. Parameter ketidakrandoman membuat persamaan tersebut dapat diaplikasikan untuk berbagai jenis campuran & kesetimbangan cair-cair dengan jalan memilih harga α yang sesuai. Persamaan ini dapat memperkirakan kesetimbangan multikomponen tanpa parameter tambahan [15].

Nilai α_{ij} merupakan parameter ketidakrandoman yang membedakan dengan persamaan lain [28].

$$\alpha_{ij} = \alpha_{ji} = 0,3 \quad (2.1)$$

Sejumlah besar sistem biner menunjukkan bahwa α_{12} bervariasi antara 0,2 hingga 0,47. Ketika data eksperimental susah didapatkan, nilai α_{12} sering diatur sembarangan. Tipikal pilihan yang sering dipakai adalah $\alpha_{12} = 0,3$ [29].

$$\tau_{ij} = \frac{g_{ij} - g_{ji}}{RT} \quad (2.2)$$

Dimana τ_{ij} merupakan parameter interaksi yang menghubungkan antara komponen g_{ij} dengan g_{ji} yang dipengaruhi oleh temperatur, g_{ij} & g_{ji} adalah parameter spesifik untuk spesies pasangan khusus yang memiliki komposisi & suhu sendiri. Nilai R merupakan konstanta gas yang umum digunakan & T menunjukkan nilai suhu (K).

Dalam persamaan NRTL untuk kondisi non ideal, tekanan & suhu mempengaruhi nilai G_{ij} terdapat tiga parameter untuk sistem biner.

$$G_{ij} = \exp(-\alpha_{ij} \tau_{ij}) \quad (2.3)$$

Nilai G_{ij} adalah molar volume pada temperatur (T) untuk komponen murni i & j. Nilai koefisien aktivitas untuk komponen apapun dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\ln \gamma_i = \frac{\sum_{j=1}^n \tau_{ij} G_{ij} x_j}{\sum_{k=1}^n G_{ik} x_k} + \sum_{j=1}^n x_j \frac{x_j G_{ij}}{\sum_{k=1}^n G_{ik} x_k} \left(\tau_{ij} - \sum_{k=1}^n \frac{x_j \tau_{jk} G_{jk}}{\sum_{k=1}^n G_{jk} x_k} \right) \quad (2.4)$$

$$X_i = \exp \frac{\sum_{j=1}^n \tau_{ij} G_{ij} x_j}{\sum_{k=1}^n G_{ik} x_k} + \sum_{j=1}^n x_j \frac{x_j G_{ij}}{\sum_{k=1}^n G_{ik} x_k} \left(\tau_{ij} - \sum_{k=1}^n \frac{x_j \tau_{jk} G_{jk}}{\sum_{k=1}^n G_{jk} x_k} \right) \quad (2.5)$$

$$Y_i = \exp \frac{\sum_{j=1}^n \tau_{ij} G_{ij} x_j}{\sum_{k=1}^n G_{ik} x_k} + \sum_{j=1}^n x_j \frac{x_j G_{ij}}{\sum_{k=1}^n G_{ik} x_k} \left(\tau_{ij} - \sum_{k=1}^n \frac{x_j \tau_{jk} G_{jk}}{\sum_{k=1}^n G_{jk} x_k} \right) \quad (2.6)$$

Dimana $\ln \gamma_i$ merupakan nilai koefisien aktivitas yang cocok untuk fraksi mol X_i & Y_i pada sistem kesetimbangan cair-cair. Nilai X_i menunjukkan fraksi mol pada fase ekstrak & nilai Y_i menunjukkan fraksi mol pada fase rafinat.

Setelah melakukan perhitungan, Selanjutnya dilakukan evaluasi tingkat kecocokan antara data eksperimen dengan data hasil perhitungan menggunakan RMSD (*Root-Mean-Square Deviation*). RMSD yang mendekati 0 menunjukkan bahwa prediksi menggunakan persamaan NRTL cocok digunakan untuk memprediksi kesetimbangan ini [30].

$$\text{RMSD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T (Y_i^{\text{eksperimen}} - Y_i^{\text{hitung}})^2}{T}} \quad (2.7)$$

C. Hasil & Pembahasan

C.1 Hasil Analisis Kandungan Total Senyawa Fenol pada Bio-oil Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa dengan Uji GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry)

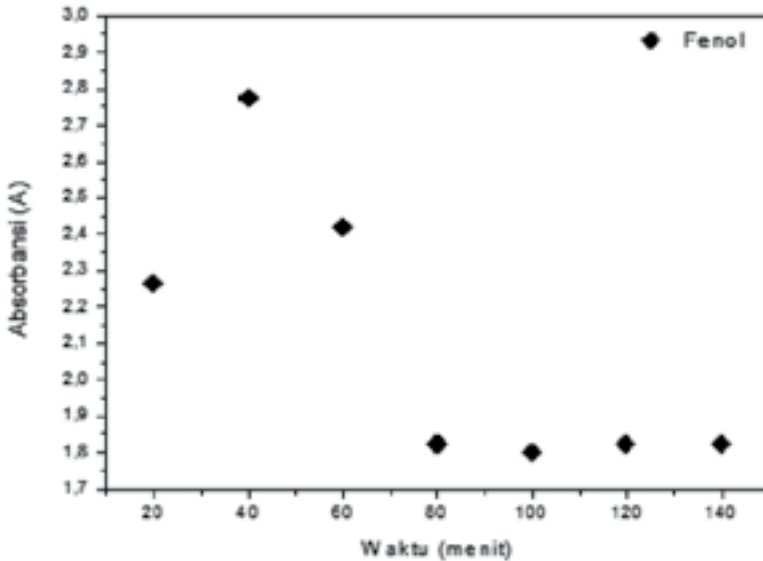
Bio-oil hasil pirolisis tempurung kelapa pada suhu 500 & 600°C memiliki lebih dari 10 komponen seperti *bio-oil*, fenol, 1,2-siklopentan dll. Komponen utama dari *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Komponen pada *Bio-oil* Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa

Puncak	Komponen	Kandungan %	
		500°C	600°C
1	<i>Bio-oil</i>	3,77	4,68
2	Fenol	45,42	43,00
3	1,2-siklopentadion	4,05	6,96
4	Fenol, 2-metoksi	13,37	11,59
5	Fenol, 2-metoksi-4-metil	3,23	3,22
6	Fenol, 4-etil-2-dimetoksi	2,19	1,98
7	1,2-benzenediol, 3-metoksi	10,09	10,70
8	Fenol, 2,6-dimetoksi	11,72	11,66
9	Fenol, 4-metoksi-3-metoksimetil)	3,83	4,12
10	5-tert-butilpirogallol	2,31	2,09

Dari Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa komponen yang terdapat pada *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa didominasi oleh komponen-komponen dari golongan fenolik. Pada proses pirolisis terhadap tempurung kelapa, terjadi degradasi lignin sebagai akibat dari kenaikan temperatur menghasilkan asam organik, fenol, karbonil [31]. Peningkatan suhu pirolisis yang stabil mengakibatkan peningkatan produksi senyawa fenol [32]. Hemiselulosa terdegradasi pada suhu 200-260°C, selulosa terdegradasi pada 240-350°C & lignin secara termal dapat terurai pada rentang temperatur 280-500°C sehingga dihasilkan senyawa-senyawa sesuai karakteristik tempurung kelapa. Dari hasil GC-MS dapat dilihat kandungan terbesar yang terdapat dalam *bio-oil* adalah senyawa fenol sebesar 45,42% pada *bio-oil* hasil pirolisis pada suhu 500°C & 43% pada *bio-oil* hasil pirolisis pada suhu 600°C.

C.2 Penentuan Waktu Kesetimbangan pada Ekstraksi Senyawa Fenol dari *Bio-oil* Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa



Gambar 3.1 Pengaruh Konsentrasi terhadap Waktu Kesetimbangan di Fase Ekstrak pada Ekstraksi Senyawa Fenol dari *Bio-oil* Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa

Berdasar Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa tidak terjadi perubahan pada nilai absorbansi ekstrak dimulai pada waktu ke-120 menit, hal ini menunjukkan bahwa waktu kesetimbangan terjadi pada menit ke-120 karena konsentrasi fenol pada ekstrak sudah tidak mengalami perubahan terhadap waktu atau telah mencapai kesetimbangan. Dari data tersebut diperoleh waktu kesetimbangan ekstraksi cair-cair senyawa fenolik dari *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa yaitu selama 120 menit. Waktu kesetimbangan ini nantinya digunakan sebagai dasar percobaan untuk semua variabel.

C.3 Hasil Analisis Senyawa Fenol yang Terkandung dalam Fase Ekstrak & Rafinat

Analisis konsentrasi total fenol yang terdapat pada ekstrak & rafinat hasil ekstraksi menggunakan pelarut metanol & kloroform dengan menggunakan uji Spektrofotometer UV-VIS dilakukan di Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang. Analisis dilakukan dengan menggunakan reagen Folin-Ciocalteu & larutan standar asam galat. Absorbansi sampel diukur pada panjang gelombang 765 nm menggunakan Spektrofotometer UV-VIS [33]. Konsentrasi fenolik total pada masing-masing ekstrak & rafinat dinyatakan sebagai ekuivalen asam galat atau Gallic Acid Equivalent (GAE) yang digunakan sebagai acuan umum dalam pengukuran senyawa fenolik [34].

Tabel 3.3 Hasil Analisis Senyawa Fenol pada Ekstrak & Rafinat Hasil Ekstraksi Bio-oil dari Pirolisis Tempurung Kelapa pada Suhu 500°C Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS

Suhu (°C)	Kecepatan (rpm)	Konsentrasi Fenol (mg/l)	
		Ekstrak	Rafinat
30	250	197,778	195,000
	300	257,222	216,667
	350	181,667	105,000
40	250	120,556	98,333
	300	214,444	219,444
	350	119,444	108,333
50	250	375,556	216,667
	300	337,222	88,333
	350	372,222	161,111

Tabel 3.4 Hasil Analisis Senyawa Fenol pada Ekstrak & Rafinat Hasil Ekstraksi Bio-oil dari Pirolisis Tempurung Kelapa pada Suhu 600°C Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS

Suhu (°C)	Kecepatan (rpm)	Konsentrasi Fenol (mg/l)	
		Ekstrak	Rafinat
30	250	205,833	148,611
	300	200,278	154,167
	350	102,500	171,389
40	250	108,611	81,944
	300	98,056	175,833
	350	139,722	122,500
50	250	245,833	80,833
	300	295,833	106,389
	350	381,389	171,389

Berdasarkan Tabel 3.3 & 3.4 di atas dapat dilihat bahwa konsentrasi fenol terbanyak terdapat pada fase ekstrak, hal itu berarti pelarut metanol & kloroform cocok digunakan untuk mengekstraksi senyawa fenolik karena memiliki tingkat kepolaran yang hampir sama dengan ekstrak sehingga efektif dalam melarutkan senyawa fenol yang terdapat dalam *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa karena suatu senyawa akan larut pada pelarut yang mempunyai kepolaran yang sama [35].

C.4 Perhitungan Fraksi Mol Komponen pada Ekstrak & Rafinat Hasil Ekstraksi Senyawa Fenol pada *Bio-oil* Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa

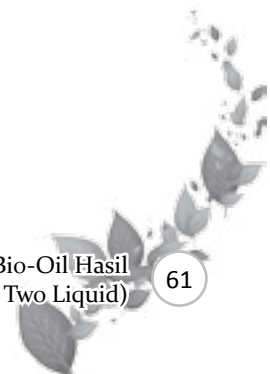
Pehitungan fraksi mol hasil eksperimen dilakukan untuk mengetahui perbandingan massa tiap komponen pada ekstrak & rafinat. Fraksi mol didapat dari hasil analisis senyawa fenol menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. Fase ekstrak terdiri dari senyawa fenol, metanol, kloroform & air sedangkan fase rafinat terdiri dari senyawa fenol, metanol, kloroform & *bio-oil*.

Tabel 3.5 Fraksi Mol Hasil Ekstraksi Senyawa Fenol dari *Bio-oil* Hasil Pirolysis Tempurung Kelapa Suhu 500°C

Suhu (°C)	Kecepatan (rpm)	Ekstrak				Rafinat			
		xa (Fenol)	xb (Metanol)	xc (Kloroform)	xd (Air)	ya (Fenol)	yb (Metanol)	yc (Kloroform)	yd (<i>Bio-oil</i>)
30	250	0,0914	0,3292	0,2077	0,3717	0,1400	0,5150	0,3250	0,0201
	300	0,1232	0,3158	0,1993	0,3618	0,1559	0,5022	0,3207	0,0213
	350	0,0909	0,3636	0,2295	0,3159	0,0726	0,5520	0,3501	0,0253
40	250	0,0592	0,3840	0,2424	0,3144	0,0680	0,5562	0,3526	0,0232
	300	0,1086	0,3531	0,2228	0,3155	0,1574	0,4990	0,3187	0,0249
	350	0,0627	0,4107	0,2592	0,2673	0,0741	0,5443	0,3453	0,0363
50	250	0,1923	0,2837	0,1791	0,3449	0,1541	0,4964	0,3170	0,0325
	300	0,1823	0,3179	0,2006	0,2993	0,0593	0,5463	0,3461	0,0483
	350	0,2092	0,3131	0,1976	0,2801	0,1054	0,4892	0,3113	0,0941

Tabel 3.6 Fraksi Mol Hasil Ekstraksi Senyawa Fenol dari *Bio-oil* Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa Suhu 600°C

Suhu (°C)	Kecepatan (rpm)	Ekstrak					Rafinat			
		xa (Fenol)	xb (Metanol)	xc (Kloroform)	xd (Air)	ya (Fenol)	yb (Metanol)	yc (Kloroform)	yd (BioOil)	
30	250	0,1006	0,3441	0,2172	0,3381	0,1040	0,5298	0,3368	0,0294	
	300	0,1008	0,3568	0,2252	0,3173	0,1076	0,5252	0,3341	0,0331	
	350	0,0521	0,4046	0,2554	0,2879	0,1195	0,5139	0,3272	0,0395	
40	250	0,0550	0,3997	0,2523	0,2930	0,0559	0,5571	0,3529	0,0342	
	300	0,0498	0,4062	0,2564	0,2876	0,1229	0,5126	0,3265	0,0380	
	350	0,0754	0,4114	0,2597	0,2535	0,0825	0,5255	0,3336	0,0585	
50	250	0,1284	0,3490	0,2203	0,3023	0,0547	0,5530	0,3503	0,0420	
	300	0,1614	0,3406	0,2149	0,2831	0,0715	0,5346	0,3391	0,0548	
	350	0,2217	0,3187	0,2011	0,2584	0,1160	0,4987	0,3175	0,0678	



Berdasarkan Tabel 3.5 & 3.6 di atas dapat diketahui distribusi keempat komponen pada masing-masing fase. Pada fase ekstrak didominasi oleh komponen air & metanol, sedangkan pada fase rafinat didominasi oleh komponen metanol & kloroform. Hal ini berarti masih banyak pelarut yang tersisa dalam rafinat sehingga perlu dilakukan proses lanjutan agar rafinat terbebas dari pelarut. Berdasarkan tabel diatas, hasil eksperimen kemudian di korelasikan ke dalam pemodelan NRTL.

C.5 Kestimbangan Cair-Cair pada Proses Ekstraksi Senyawa Fenol dalam *Bio-oil* Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa dengan Persamaan NRTL

C.5.1 Penentuan Nilai Koefisien Aktivitas

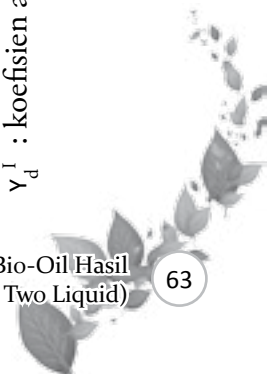
Perhitungan koefisien aktivitas menggunakan persamaan NRTL dilakukan untuk mengetahui komponen-komponen yang berada pada kondisi ideal untuk fase ekstrak & rafinat dalam sistem ekstraksi senyawa fenol dari *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa pada suhu 500°C & 600°C. Pada kesetimbangan multikomponen, ekstrak diasumsikan mengandung senyawa fenol, metanol, kloroform, air & rafinat diasumsikan mengandung senyawa fenol, metanol, kloroform, *bio-oil*.

Tabel 3.7 Koefisien Aktivitas Hasil Perhitungan dengan Persamaan NRTL Ekstraksi Senyawa Fenol pada *Bio-oil* Hasil Pirolisis pada Suhu 500°C

Suhu (°C)	Kecepatan (rpm)	Y_a^I	Y_b^I	Y_c^I	Y_d^I	Y_a^{II}	Y_b^{II}	Y_c^{II}	Y_d^{II}
30	250	0,0952	0,3570	0,2510	0,3283	0,1112	0,5231	0,3088	0,0528
	300	0,1089	0,3537	0,2579	0,3159	0,1199	0,5106	0,3115	0,0587
	350	0,0995	0,3761	0,2489	0,2856	0,0838	0,5505	0,3078	0,0371
40	250	0,0759	0,4079	0,2779	0,3001	0,0716	0,5575	0,3142	0,0408
	300	0,0936	0,3961	0,2908	0,2930	0,1102	0,5071	0,3212	0,0688
50	350	0,0800	0,4241	0,2754	0,2665	0,0778	0,5455	0,3194	0,0457
	250	0,1827	0,3515	0,2641	0,3017	0,1177	0,5021	0,3205	0,0660
	300	0,1888	0,3597	0,2535	0,2750	0,0809	0,5433	0,3180	0,0423
	350	0,2093	0,3592	0,2556	0,2538	0,1187	0,4863	0,3324	0,0709

Dimana:

- Y_a^I : koefisien aktivitas fenol dalam fasa ekstrak Y_a^{II} : koefisien aktivitas fenol dalam fasa rafinat
 Y_b^I : koefisien aktivitas metanol dalam fasa ekstrak Y_b^{II} : koefisien aktivitas metanol dalam fasa rafinat
 Y_c^I : koefisien aktivitas kloroform dalam fasa ekstrak Y_c^{II} : koefisien aktivitas kloroform dalam fasa rafinat
 Y_d^I : koefisien aktivitas air dalam fasa ekstrak Y_d^{II} : koefisien aktivitas *bio-oil* dalam fasa rafinat



Tabel 3.8 Koefisien Aktivitas Hasil Perhitungan dengan persamaan NRTL Ekstraksi Senyawa Fenol pada *Bio-oil* Hasil Pirolisis pada Suhu 600°C

Suhu (°C)	Kecepatan (rpm)	Y_a^I	Y_b^I	Y_c^I	Y_d^I	Y_a^{II}	Y_b^{II}	Y_c^{II}	Y_d^{II}
30	250	0,1216	0,4173	0,2762	0,3529	0,1090	0,5286	0,3357	0,0257
	300	0,1239	0,4221	0,2759	0,3374	0,1124	0,5232	0,3378	0,0270
	350	0,1060	0,4423	0,2620	0,3199	0,1214	0,5104	0,3420	0,0306
40	250	0,0709	0,4370	0,2767	0,2991	0,0749	0,5556	0,3357	0,0271
	300	0,0694	0,4397	0,2750	0,2951	0,1045	0,5127	0,3481	0,0429
50	350	0,0787	0,4423	0,2820	0,2720	0,0943	0,5197	0,3515	0,0379
	250	0,1837	0,3833	0,2404	0,3247	0,0705	0,5526	0,3352	0,0353
	300	0,2065	0,3840	0,2435	0,3025	0,0809	0,5332	0,3432	0,0425
350	0,2498	0,3813	0,2480	0,2682	0,1053	0,4952	0,3529	0,0597	

Dimana:

Y_a^I : koefisien aktivitas fenol dalam fasa ekstrak

Y_a^{II} : koefisien aktivitas fenol dalam fasa rafinat

Y_b^I : koefisien aktivitas metanol dalam fasa ekstrak

Y_b^{II} : koefisien aktivitas metanol dalam fasa rafinat

Y_c^I : koefisien aktivitas kloroform dalam fasa ekstrak

Y_c^{II} : koefisien aktivitas kloroform dalam fasa rafinat

Y_d^I : koefisien aktivitas air dalam fasa ekstrak

Y_d^{II} : koefisien aktivitas *bio-oil* dalam fasa rafinat

Tabel 3.7 & 3.8 menunjukkan nilai koefisien aktivitas pada ekstraksi fenol dengan menggunakan pelarut metanol & kloroform yang diperoleh dari perhitungan dengan persamaan NRTL. Nilai koefisien metanol & kloroform pada masing-masing fase menunjukkan bahwa komponen tersebut tidak berada dalam kondisi ideal dalam sistem karena tidak mendekati satu. Kondisi ideal menunjukkan bahwa komponen tersebut dominan sehingga sifat campuran akan mendekati sifat yang dominan tersebut. Dapat dilihat bahwa nilai koefisien aktivitas yang paling besar pada suhu ekstraksi 50°C. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Larasati & Windy (2017) yang memperoleh kondisi ideal pada kondisi suhu ekstraksi 50°C.

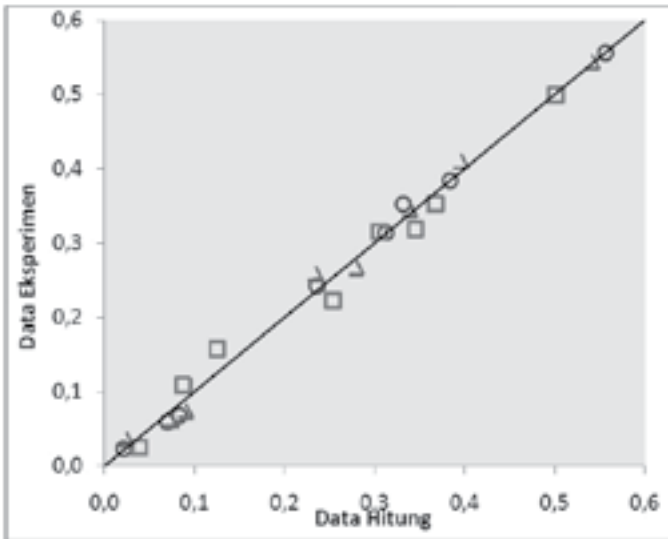
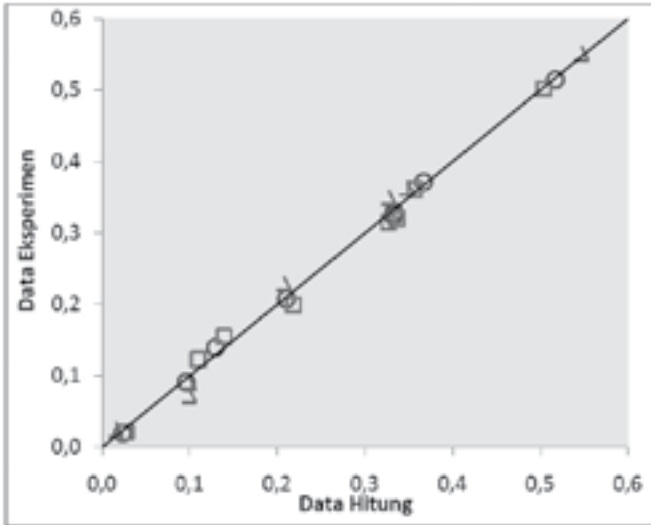
C.5.2 Parameter Interaksi pada Pemodelan NRTL

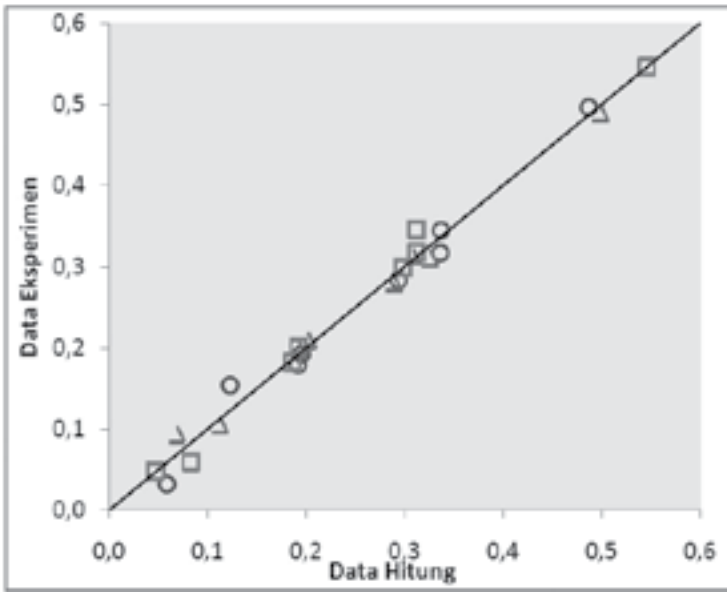
Tabel 3.9 Parameter Interaksi Hasil Pemodelan NRTL

Suhu Pirólisis (°C)	Suhu Ekstraksi (°C)	G12	G13	G14	G23	G24	G34
500	30	1,611	1,462	1,597	1,802	1,337	1,343
	40	1,625	1,439	1,683	1,719	1,339	1,331
	50	1,569	1,534	1,458	1,811	1,386	1,407
600	30	1,601	1,462	1,664	1,747	1,339	1,325
	40	1,668	1,491	1,648	1,667	1,352	1,336
	50	1,522	1,429	1,622	1,843	1,334	1,327

Dari Tabel 3.9 dapat dilihat data parameter interaksi antarkomponen pada kesetimbangan cair-cair hasil ekstraksi senyawa fenol. Data tersebut digunakan untuk mengevaluasi nilai koefisien aktivitas. Hasil estimasi parameter interaksi dapat digunakan sebagai parameter-parameter untuk campuran komponen ini untuk menunjukkan pengaruh suhu ekstraksi terhadap koefisien aktivitas [16].

C.5.3 Hubungan Antara Data Eksperimen dengan Data Hitung pada Ekstraksi Senyawa Fenol dari *Bio-oil* Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa Suhu 500°C

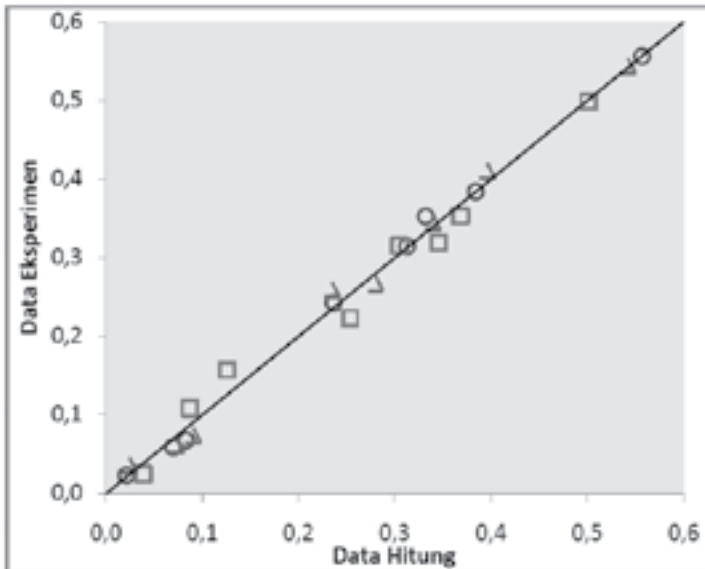
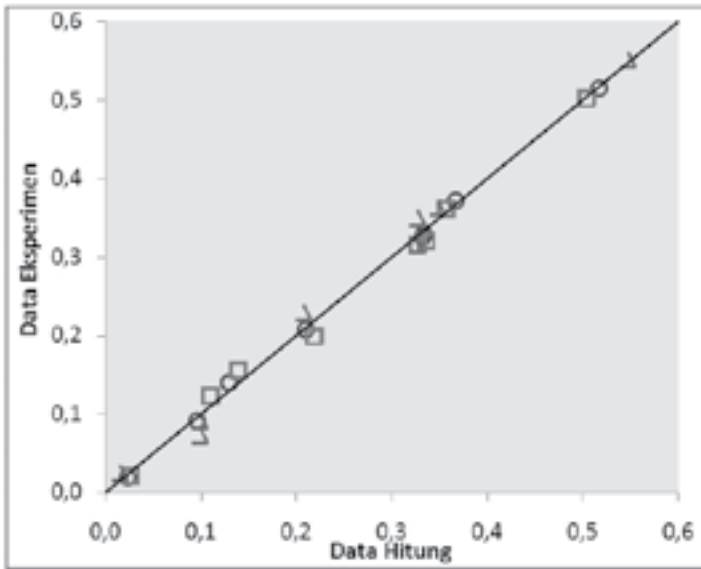


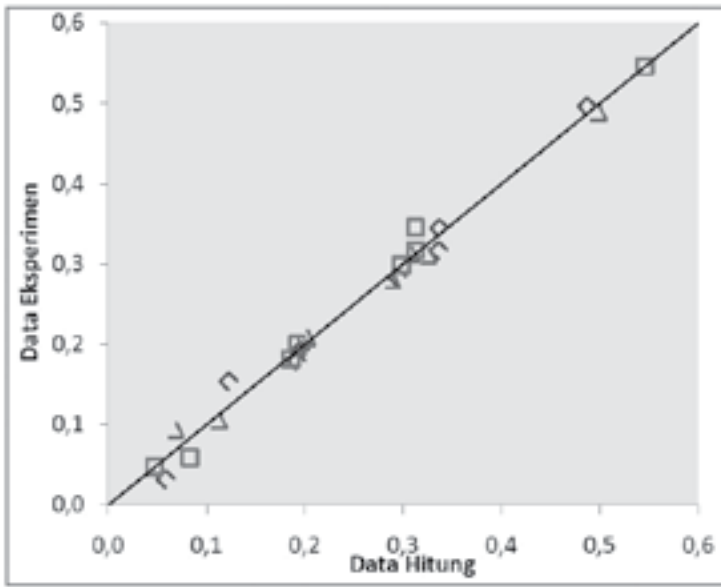


Gambar 3.2 Hubungan Antara Data Eksperimen & Data Hitung pada Suhu Ekstraksi 30°C (A) 40°C (B) 50°C (C)

Gambar 3.2 menunjukkan perbandingan fraksi mol ekstrak & rafinat dari ekstraksi *bio-oil* hasil pirolisis pada suhu 500°C antara hasil perhitungan menggunakan persamaan NRTL dengan hasil eksperimen. Korelasi kesetimbangan dapat diprediksi berdasarkan parameter interaksi biner yang diperoleh dari data kesetimbangan cair-cair. Data keduanya memberikan korelasi yang baik antara data eksperimen dengan perhitungan. Dari hasil korelasi bisa dilihat grafik yang mendekati garis lurus adalah grafik (C) yaitu pada suhu ekstraksi 50°C. Hal ini sesuai dengan penelitian Larasati & Windy (2017) yang menyatakan bahwa Hasil korelasi data kesetimbangan cair-cair dengan menggunakan pemodelan NRTL memberikan korelasi yang baik antara data eksperimen & perhitungan.

C.5.4 Hubungan Antara Data Eksperimen dengan Data Hitung pada Ekstraksi Senyawa Fenol dari *Bio-oil* Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa Suhu 600°C





Gambar 3.3 Hubungan Antara Data Eksperimen & Data Hitung pada Suhu Ekstraksi 30°C (A) 40°C (B) 50°C (C)

Gambar 3.3 menunjukkan perbandingan fraksi mol ekstrak & rafinat dari ekstraksi *bio-oil* hasil pirolisis pada suhu 600°C antara hasil perhitungan menggunakan persamaan NRTL dengan hasil eksperimen. Korelasi kesetimbangan dapat diprediksi berdasarkan parameter interaksi biner yang diperoleh dari data kesetimbangan cair-cair. Data keduanya memberikan korelasi yang baik antara data eksperimen dengan perhitungan. Dari hasil korelasi bisa dilihat grafik yang mendekati garis lurus adalah grafik (C) yaitu pada suhu ekstraksi 50°C. Grafik yang mendekati garis lurus menandakan bahwa hasil perhitungan mendekati hasil eksperimen. NRTL lebih dominan digunakan dalam korelasi data untuk sistem ternar yang baik & ditunjukkan dengan grafik hasil korelasi model NRTL yang dapat mem-*fitting* data kesetimbangan cair-cair [15].

C.5.5 Evaluasi Error pada Perhitungan Menggunakan Persamaan NRTL

Perhitungan menggunakan persamaan NRTL memperlihatkan pengaruh suhu ekstraksi terhadap RMSD sebagai berikut :

Tabel 3.10 Nilai RMSD (Root-Mean-Square Deviation)

Suhu (°C)	RMSD	
	Bio-oil Hasil Pirolisis Suhu 500°C	Bio-oil Hasil Pirolisis Suhu 600°C
30	0,000031323	0,000007660
40	0,000007279	0,000003493
50	0,000002649	0,000002162

Berdasarkan Tabel 3.10 dapat dilihat hasil korelasi menunjukkan bahwa pemodelan kesetimbangan NRTL bisa digunakan untuk memprediksi kesetimbangan cair-cair pada proses ekstraksi senyawa fenol dari *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa menggunakan pelarut metanol & kloroform dengan nilai RMSD paling kecil yaitu sebesar 0,000002162. Semakin kecil nilai RMSD yang didapatkan menunjukkan bahwa korelasi antara data eksperimen dengan data perhitungan menunjukkan hubungan yang lebih baik [30]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi yang paling sesuai pada proses ekstraksi fenol menggunakan pelarut metanol & kloroform yaitu dengan menggunakan pemanasan pada suhu 50°C. Hal ini disebabkan karena terjadi kenaikan energi kinetik larutan sehingga proses difusi pelarut ke dalam solut semakin meningkat.

D. Kesimpulan

Model NRTL cocok digunakan untuk korelasi data kesetimbangan cair-cair pada sistem yang mengandung senyawa polar yaitu kesetimbangan cair-cair untuk komponen fenol, metanol, kloroform &

bio-oil karena dapat mem-fitting dengan baik & nilai parameter biner pada kondisi suhu ekstraksi 50°C yaitu G12= 1,569 G13= 1,534 G14= 1,457 G23= 1,811 G24= 1,386 G34= 1,407 pada bio-oil suhu 500°C & G12= 1,522 G13= 1,429 G14= 1,622 G23= 1,843 G24= 1,335 G34= 1,328 pada bio-oil suhu 600°C.

E. Daftar Pustaka

- 1 Hu X, R. Gunawan, D. Mourant, M.M Hasan, L. Wu, Y. Song. (2017). Upgrading of biooil via acid-catalyzed reactions in alcohols—a mini review. *Fuel Process Technology* 155: 2–19.
- 2 Ong LK, AKurniawan, C.X.Lin, Y.H. Ju, S. Ismadji. (2013). Bio-oil from cassava peel: a potential renewable energy source. *Bioresource Technology* 145(2013): 157-161.
- 3 Supaporn P & S.H Yeom. (2017). Optimization of a one-step direct process for biodiesel production from blended sewage sludge. *Korean Jurnal Chemical Engineering* 34(2): 360-365.
- 4 Zhang L, R. Liu, R. Yin, Y. Mei. (2013). Upgrading of bio-oil from biomass fast pyrolysis in china: a review. *Renewable & suistanable energy reviews* 24(2013): 66-72.
- 5 Tsai WT, M.K. Lee, Y.M. Chang. (2006). Fast Pyrolysis of Rice Straw, Surgance Bagasse & Coconut Shell in an Induction-Heating Reactor. *Journal Appl Pyrolysis*; 76:230-7
- 6 Islam MN, M.U.H. Joardder, S.M.N. Hoque, Uddin MS. (2013). A comparative study on pyrolysis for liquid oil from different biomass solid wastes. *Procedia Engineering* 56(2013): 643-649.
- 7 Tamado D. (2013). Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- 8 Sulaiman F, N. Abdullah. (2011). Optimum conditions for maximising pyrolysis liquids of oil palm empty fruit bunches. *Energy* 36: 2352–9.

- 9 Karseno P. Darmadji & K. Rahayu. (2002). Daya Hambat Asap Cair Kayu Karet Terhadap Bakteri Pengkontaminan Lateks & Ribbed Smoke Sheet. *Agritech* 21(1): 10-15
- 10 Demirbas A. (2009). Production of biodiesel fuels from linseed oil using methanol & ethanol in non-catalytic SCF. *Biomass and Bioenergy* 33(1): 133-118.
- 11 Mantilla, S. Vecino; A.M. Manrique; P.G. Maradei. (2015). Methodology for Extraction of Phenolic Compounds of Bio-oil from Agricultural Biomass Wastes. *Waste & Biomass Valorization*, 6(3).
- 12 Sukhbaatar B, P.H. Steele, M.G. Kim. (2009). Use of lignin separated from bio-oil in oriented strand board binder phenol-formaldehyde resins. *Bio Resources* 4(2): 789-804.
- 13 Wijanarko B & D.P Lanny. (2012). Ekstraksi Lipid dari Mikroalga (*Nanochloropsis* sp.) dengan Solven Methanol & Chloroform. *Jurnal Teknologi Kimia & Industri* 1(1): 130-138.
- 14 Heri I & M.K. Anajib. (2017). Eksperimen an Pemodelan Kesetimbangan Termodinamika pada Ekstraksi Fenol dari Bio-Oil Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- 15 Hartanto D. & B.Triwibowo. (2014). Review model & parameter interaksi pada korelasi kesetimbangan cair-cair sistem etanol(1) + Air(2) + ionic liquids(3) dalam pemurnian bioetanol. *Jurnal Rekayasa Proses* 8(1): 2-3. Teknologi Industri Pertanian IPB. Bogor
- 16 Rasmito A, & Y.Wulandari.(2010). The Use Of Wilson Equation, Nrtl & Uniquac In Predicting VLE Of Ternary Systems. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(2): 304-308.
- 17 Larasati A & O. Windy. (2017). Eksperimen & Pemodelan Kesetimbangan Termodinamika Pada Ekstraksi Fenol Dari *Bio-Oil* Hasil Pirolisis Cangkang Kopi. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.

- 18 Amin, M. & R. Samsudi. (2010). Pemanfaatan limbah serat sabut kelapa sebagai bahan pembuat helm pengendara kendaraan roda dua. *Prosiding Seminar Nasional Unimus*: 1-2.
- 19 Treedet W., S. Taechajedcadarungsri, & R. Suntivaracorn. (2017). Fast pyrolysis of Sugarcane Bagasse in Circulating Fluidized Bed Reactor-Part B: Modelling of Bio-Oil Production. *Energy Procedia*, 138: 806-810.
- 20 Roult T, D. Pradhan, R.K. Singh, N. Kumari,.(2015). Exhaustive Study of Product Obtained from Coconut Shell Pyrolysis India: *Journal of Environmental Chemical Engineering*.
- 21 Bridgwater A.V. (2014). Biomass Fast Pyrolysis. *Thermal Sci*; 8(2): 21-49.
- 22 Mohan D, C.U. Pittman, P.H. Steele. (2016). Pyrolysis of Wood/ Biomass for Bio-Oil: *a Critical Review Energy Fuel* 20: 848-89
- 23 Wibowo S & D. Hendra. (2015). Karakteristik bio-oil dari rumput gelagah (*saccharum spontaneum linn.*) menggunakan proses pirolisis cepat. *Penelitian Hasil Hutan* 33(4): 347-363.
- 24 Hambali E, A.N. Fitrah, F.Kasim. (2007). Aplikasi asap cair pada lateks. *Jurnal PASTIX*(1): 28-34.
- 25 Wibowo S & D. Hendra. (2015). Seri Paket Iptek Teknik Pengolahan Bio-Oil dari Biomassa. IPB Press: Bogor.
- 26 Wibowo S. (2015). Karakteristik Bio-Oil dari Limbah Industri Hasil Hutan Menggunakan Pirolisis Cepat. Pusat Penelitian & Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- 27 Hasanah U & B. Setiaji. (2017). Komposisi & Sifat Fisik Tar Pirolisis Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar. *Prosiding Seminar Nasional Kimia & Pendidikan Kimia IX*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 264-273.
- 28 Smith JM, H.C. Van Ness, M.M. Abbott. (2001). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 6th ed. New York: Mc.Graw-Hill.

- 29 Abrams, D.S., & J.M. Prausnitz. (1975). Statistical Thermodynamics of Liquid Mixture. *AIChE* 21: 116-128.
- 30 Rosmaysari R, E.S. Dian, Kuswandi. (2012). Keseimbangan Uap-Cair Sistem Biner N-Butanol + Air & Isobutanol + Air pada 101,3 kPa. *Jurnal Sains & Seni Pomits*. 1(1): 1-6.
- 31 Himawati E. (2010). Pengaruh Penambahan Asap Cair Tempurung Kelapa Destilasi & Redestilasi Terhadap Sifat Kimia, Mikrobiologi & Sensoris Ikan Pindang Layang (*Decapterus* Spp) Selama Penyimpanan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- 32 Ramakrishna A., G.A. Ravishankar. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior* 6:1720:1731.
- 33 Pourmorad F, S.J. Hossenimehr, N. Shahabimajd. (2006). Antioxidant Activity, Phenol & Flavonoid Contents of Some Selected Iranian Medical Plants. *African Journal of Biotechnology*. 5(11): 1142-1145.
- 34 Mongkolsilp S, I. Pongbupakit, N. Sae-Lee, W.Sitthithaworn. (2004). Radical Scavenging Activity & Total Phenolic Content of medical Plants Used in Primary Health Care. *Jurnal of Pharmacy & Science*. 9(1): 95-111.
- 35 Harbone JB. (1987). Metode Fitokimia, Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

BAB 4

PEMANFAATAN BETA KAROTEN SEBAGAI ANTIOKSIDAN PADA PEMBUATAN SABUN PADAT TRANSPARAN BERBASIS MINYAK KELAPA

Megawati, Carisa Sakanti Purwanto, Immanuella Juan Shafira
Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas
Negeri Semarang, Semarang, Indonesia, Tel: +62813-2876-7550,
e-mail:megawati@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh massa beta karoten & massa sukrosa serta pengaruh massa gliserin & konsentrasi larutan NaOH terhadap produk sabun yang terbentuk. Penelitian ini diawali dengan tahap persiapan beta karoten, sukrosa, gliserin, & konsentrasi NaOH. Kemudian dilakukan pembuatan sabun padat transparan dengan saponifikasi pada suhu *waterbath* 70°C & kecepatan pengadukan 350 rpm. Sedangkan untuk variable percobaannya yaitu massa beta karoten 0,5; 0,75; & 1g, sukrosa 13; 15; & 17g, gliserin 7,12; 9,12; & 11,12g, & konsentrasi larutan NaOH 25, 30, & 35%. Respon yang diamati adalah kadar air, keasaman (pH), asam lemak bebas, stabilitas busa, kekerasan sabun, & uji organoleptik. Sabun dengan kualitas terbaik memiliki

parameter kadar air 20%, kadar asam lemak bebas 1,31%, pH 9,53, stabilitas busa 55,05%, & kekerasan sabun 0.83945 N dihasilkan dari massa beta karoten 0,75g & massa sukrosa 15g. Sementara itu, sabun terbaik diperoleh juga pada massa gliserin 9,12 g & konsentrasi larutan NaOH 30%, dihasilkan sabun dengan kadar air 18,60%, kadar asam lemak bebas 1,33%, pH 9,59, stabilitas busa 60%, dan kekerasan sabun 1.4077 N.

Kata Kunci: beta karoten, sukrosa, gliserin, minyak kelapa, NaOH, sabun padat.

A. Pendahuluan

Perilaku hidup bersih & sehat (PHBS) merupakan sekumpulan perilaku yang dilakukan berdasarkan kesadaran pribadi untuk menolong diri sendiri dari bahaya penyakit & digunakan sebagai pelopor kesehatan di dalam aktivitas masyarakat. PHBS pada dasarnya merupakan sebuah gerakan menularkan pengalaman mengenai perilaku hidup sehat melalui individu, kelompok ataupun masyarakat luas dengan jalur-jalur komunikasi [1]. Contoh perilaku hidup sehat yang dapat dilakukan oleh masyarakat seperti mengkonsumsi jajanan sehat, olahraga teratur, memberantas jentik nyamuk, melakukan kerja bakti hingga menggunakan sabun untuk membersihkan tangan atau tubuh dari kotoran [2].

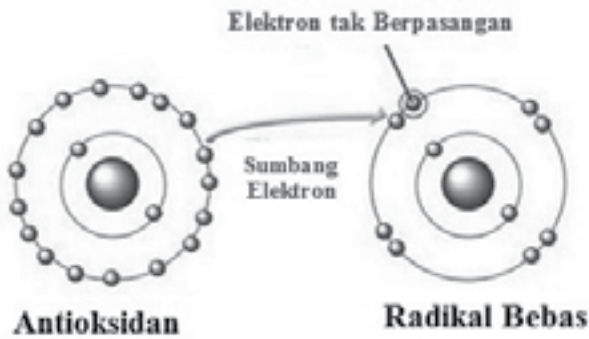
Sabun merupakan salah satu indikator pemicu PHBS yang dapat digunakan sebagai strategi sanitasi total berbasis masyarakat (STBM). Menurut Permenkes RI No. 3 Tahun 2014, STBM bertujuan untuk mewujudkan perilaku masyarakat yang higienis agar dapat meningkatkan derajat kebersihan & kesehatan masyarakat setinggi-tingginya [3]. Sabun transparan memiliki penampakan yang jernih/tembus pandang. Faktor utama yang dapat mempengaruhi transparansi sabun yaitu

etanol, sukrosa, & gliserin. Selain itu, kualitas sabun transparan yang baik dipengaruhi oleh bahan baku seperti minyak kelapa. Minyak kelapa memiliki kandungan asam laurat dimana berfungsi untuk mengeraskan atau memadatkan sabun & berkhasiat sebagai anti mikroba alami [4]. Fungsi sabun di Indonesia ternyata tidak hanya cukup sebagai pembersih namun perlu ada fungsi lain yang dapat membuatnya menarik dari segi pemasaran. Fungsi lain yang dapat ditambahkan ke dalam sabun yaitu adanya penangkal radikal bebas.

Indonesia merupakan negara tropis yang dapat memancarkan sinar matahari sepanjang hari. Matahari memancarkan sinar ultraviolet yang dapat menyebabkan efek radikal bebas. Dampak negatif dari radikal bebas yaitu dapat merusak jaringan tubuh apabila jumlahnya terlalu banyak. Terpaparnya radikal bebas yang besar dapat mengganggu produksi DNA, lapisan lipid pada dinding sel, pembuluh darah, produksi prostaglandin, kerusakan sel, hingga dapat merusak jaringan epitelial kulit [5]. Keadaan dimana tubuh terpapar radikal bebas dalam jumlah yang melebihi kapasitas disebut stres oksidatif. Tingginya stres oksidatif ditunjukkan oleh rendahnya aktifitas antioksidan di dalam tubuh dengan didukung oleh tingginya kadar oksidan seperti *Malondialdehyde* (MDA) atau lipid peroksida. Sehingga, untuk menghindari tingginya stress oksidatif, tubuh manusia memerlukan antioksidan untuk membantu melindungi tubuh dari serangan radikal bebas [6].

Antioksidan adalah substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dengan cara memperlambat atau menghambat stres oksidatif pada molekul. Cara antioksidan menyerang radikal bebas dapat dilihat pada Gambar 4.1, yaitu sebagai berikut [7].





Gambar 4.1 Cara Kerja Antioksidan Menangkal Radikal Bebas

Gambar 4.1 menjelaskan bahwa radikal bebas merupakan molekul yang mengandung satu elektron tidak berpasangan pada orbit terluarnya. Antioksidan adalah unsur kimia atau biologi yang dapat menetralisasi potensi kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Antioksidan bekerja dengan memberikan elektron kepada molekul radikal bebas dengan cara memutus rantai reaksinya. Seiring dengan perkembangan jaman, banyak penelitian tentang pengolahan antioksidan yang terdapat pada tumbuhan hijau termasuk mikroalga. Mikroalga saat ini memang menjadi prospek yang baik dalam pembuatan biofuel seperti bioethanol [8]. Hal ini disebabkan karena kultivasi mikroalga sangat mudah salah satu contohnya yaitu kultivasi mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* [9]. Namun dalam perkembangannya, mikroalga berkembang menjadi sebuah produk inovasi olahan ber-antioksidan seperti sabun. Hal ini didasarkan karena mikroalga mengandung senyawa flavonoid dan fenolik seperti yang terdapat dalam mikroalga *S. plantensis* [10]. Kandungan antioksidan ini berfungsi untuk menangkal dan menghambat radikal bebas. Antioksidan yang terdapat dalam mikroalga *S. plantensis* berasal dari kandungan beta karoten [11].

Menurut Amanati (2019), pemanfaatan kandungan beta karoten dari mikroalga *S. plantensis* di Indonesia masih sangat terbatas. Hal ini dibuktikan karena beta karoten hanya digunakan sebagai bahan pembuatan *jelly drink*, tablet hisap & antimalaria. Padahal, kandungan antioksidan yang terdapat pada mikroalga *S. plantensis* dapat dikembangkan sebagai

produk *biorefinery* seperti sabun. Sehingga, fungsi sabun yang tadinya hanya digunakan sebagai produk pembersih tubuh, dapat dimanfaatkan lebih efektif lagi untuk menangkal radikal bebas yang dapat menyerang permukaan epitelial kulit.

B. Metode

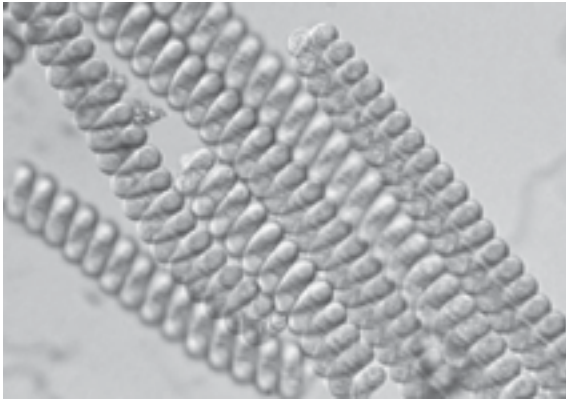
B.1 *Spirulina plantesis*

Spirulina plantesis merupakan mikroalga bersel tunggal & digolongkan ke dalam *cyanobacteria*. Klasifikasi *Spirulina* sebagai berikut.

Tabel 4.1 Klasifikasi Ilmiah *Spirulina plantesis*

Klasifikasi Ilmiah	Keterangan
Divisio	<i>Protista</i>
Kelas	<i>Cyanophyta</i>
Ordo	<i>Nostocales</i>
Familia	<i>Oscillatoriaceae</i>
Genus	<i>Spirulina</i>
Spesies	<i>Spirulina sp.</i>

Spirulina sp. (Gambar 4.1) merupakan organisme autotroph berwarna hijau kebiruan terdiri dari sel-sel silindris yang membentuk koloni dimana selnya berkolom membentuk filament terpilin menyerupai spiral (helix) sehingga disebut juga alga biru hijau berfilamen [12]. & banyak digunakan sebagai imunostimulan, obat-obatan, kosmetik & pewarna alami. *Spirulina plantesis* mengandung pigmen di dalamnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pakan tambahan ikan [12]. Selain itu, habitat hidup *Spirulina plantesis* sama mikroalga pada umumnya dimana mikroalga dapat tumbuh pada air laut, air tawar dan air limbah [8].

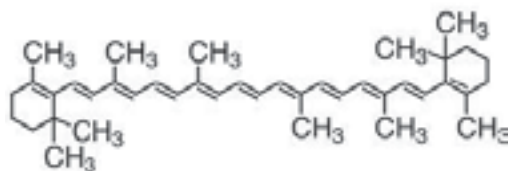


Gambar 4.2 *Spirulina Plantesis*

Pigmen tersebut antara lain klorofil (0,08%), beta karoten (0,23%) & xanthofil (0,12-0,15%) [10]. Pemanfaatan beta karoten di Indonesia masih sangat terbatas karena hanya digunakan sebagai zat warna kuning pada gelatin, margarin, adonan kue hingga menu makanan[13]. Padahal, kandungan antioksidan yang terdapat pada mikroalga *Spirulina plantesis* dapat dikembangkan sebagai produk *biorefinery* seperti sabun dimana berfungsi untuk memelihara integritas kulit [14]. Karenanya, biomassa mikroalga *Spirulina plantesis* sangat potensial jika diekstraksi untuk diambil karotennya, kemudian diolah sebagai bahan campuran pembuatan sabun.

B.2 eta Karoten

Beta karoten merupakan antioksidan yang berasal dari pigmen terpenoid berwarna kuning hingga oranye-merah & disintesis oleh organisme fotosintetik seperti mikroalga [15]. Struktur beta karoten dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Struktur Beta Karoten*

Beta karoten merupakan senyawa isoprenoid yang dapat larut dalam lemak, tidak larut dalam air, mudah rusak karena teroksidasi pada suhu tinggi dengan rumus kimia $C_{40}H_{56}$ & berat molekul 536.88 [16]. Beta karoten memiliki bentuk kristal merah ke merah kecoklatan sampai violet atau bubuk kristal, & mengandung terutama semua isomer trans (Z) dari Beta karoten dengan jumlah isomer cis yang bervariasi tergantung pada formulasi yang berbeda.

Beta karoten merupakan antioksidan tidak beracun yang melindungi dari kanker penyakit jantung degenerasi makula & penuaan [17]. Manfaat beta karoten dalam bidang kosmetika, dapat berfungsi sebagai pelembab, menghaluskan, menjaga elastisitas kulit, mencegah keriput, garis-garis halus, bintik-bintik hitam pada kulit serta sebagai antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas.

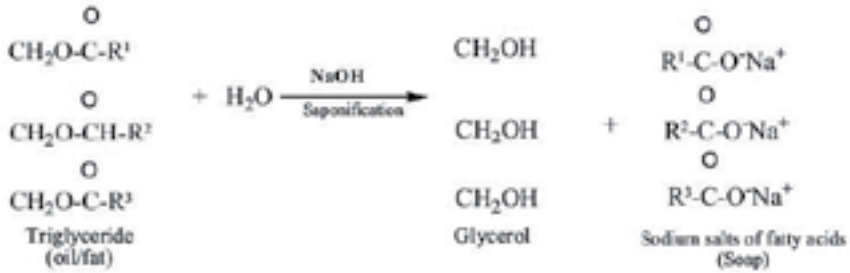
B.3 Sabun

Sabun merupakan sediaan pembersih kulit yang dibuat dari proses saponifikasi & netralisasi lemak atau minyak dengan basa organik tanpa menimbulkan iritasi pada. Penggunaan basa yang berbeda akan menghasilkan sabun yang berbeda pula, basa natrium/sodium (NaOH) akan menghasilkan sabun keras (*hard soap*) & basa kalium (KOH) akan menghasilkan sabun lunak (*soft soap*) [18].



Gambar 4.4 *Sabun Cair & Sabun Padat*

Reaksi keseluruhan saponifikasi triasilgliserol dapat diperkirakan terjadi dalam dua langkah. Langkah pertama adalah hidrolisis ikatan ester untuk menghasilkan gliserol & tiga molekul asam lemak, langkah kedua melibatkan reaksi antara molekul asam lemak & basa (biasanya NaOH) dalam larutan alkali [19]. Reaksi umum dari saponifikasi dapat dilihat di Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Reaksi Saponifikasi

Surfaktan adalah suatu kelompok senyawa yang memiliki gugus hidrofilik (suka air) & gugus hidrofobik (tidak suka air) [20]. Surfaktan bekerja dengan menurunkan tegangan permukaan antara air & udara, air & kotoran, serta kotoran pada permukaan kulit sehingga dapat mengikat & menghilangkan kotoran dalam bentuk suspensi kemudian kotoran akan terbawa air saat dibilas [21].

B.4 Sabun Padat Transparan

Tingkat transparansi sabun transparan adalah yang paling tinggi sehingga penampakkannya paling berkilau dibandingkan dengan jenis sabun batang yang lain, yaitu sabun *opaque* & sabun *translucent* [22]. Sabun batang transparan mampu memancarkan & meneruskan cahaya yang melaluinya sehingga sifatnya menjadi tembus pandang & objek yang berada di depannya dapat terlihat dengan jelas [23].

Faktor yang mempengaruhi transparansi sabun adalah kandungan alkohol, gula, & gliserin dalam sabun [24]. Ketika sabun akan dibuat jernih & bening, maka hal yang paling penting adalah kualitas gula, alkohol, & gliserin [25].

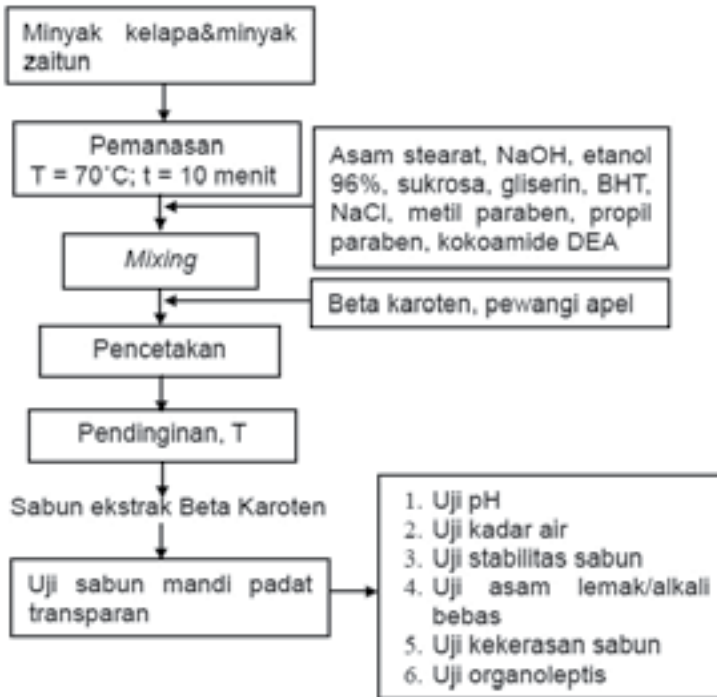
Syarat mutu sabun mandi yang dipersyaratkan SNI 3532-2016 disajikan pada Tabel 4.2 [26].

Tabel 4.2 Syarat Mutu Sabun

Kriteria Uji	Satuan	Mutu
Kadar Air	% fraksi massa	Maks. 15,0
Total Lemak	% fraksi massa	Min. 65,0
Bahan Tak Larut dalam Etanol	% fraksi massa	Maks. 5,0
Alkali Bebas (dihitung sebagai NaOH)	% fraksi massa	Maks. 0,1
Asam Lemak Bebas (dihitung sebagai asam oleat)	% fraksi massa	Maks. 2,5
Kadar Klorida	% fraksi massa	Maks. 1,0
Lemak Tidak Tersabunkan	% fraksi massa	Maks. 0,5

B.5 Prosedur Saponifikasi

Proses produksi sabun dijelaskan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Produksi Sabun Padat Transparan*

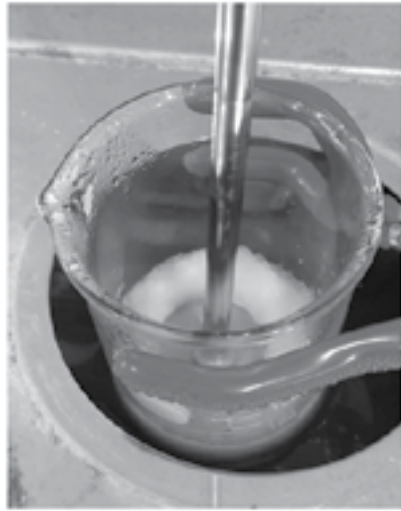
Gambar 4.6 menjelaskan tentang produksi sabun mandi padat transparan. Langkah-langkah atau cara kerja pembuatan sabun mandi padat transparan adalah sebagai berikut:

1. Menimbang minyak kelapa & minyak zaitun masing-masing sebanyak 14,62g & 12,62 g lalu memasukkan ke dalam *beaker glass* 250 mL.
2. Memanaskan campuran minyak di atas *waterbath* pada suhu 70°C & kecepatan pengadukan 350 rpm hingga mendidih.



Gambar 4.7 Skema Alat Pengadukan & Pemanasan pada Pembuatan Sabun Mandi Padat Transparan

3. Memasukkan asam stearat sebanyak 7,11 g ke dalam campuran minyak & mengaduknya hingga homogen.
4. Memasukkan larutan NaOH ke dalam *beaker glass* dengan konsentrasi NaOH sebesar 30% sebanyak 16,61 g. Usahakan menuangkan larutan sedikit demi sedikit agar tidak ada yang menggumpal.



Gambar 4.8 *Penambahan NaOH*

5. Memasukkan etanol 96% sebanyak 19,42 g ke dalam sediaan sabun & adk hingga homogen.



Gambar 4.9 *Penambahan Etanol 96%*

6. Memasukkan sukrosa sebanyak 13; 15 atau 17 g ke dalam sediaan sabun.
7. Memasukkan massa gliserin masing-masing sebanyak 7,12; 9,12 atau 11,12 g ke dalam sediaan sabun.

8. Memasukkan NaCl, *butylated hydroxytoluene*, metil paraben, propil paraben masing-masing sebanyak 0,2; 0,01; 0,15; & 0,03 g ke dalam sediaan sabun.
9. Memasukkan kokoamide DEA sebanyak 1,61 g ke dalam sediaan sabun.
10. Mengaduk adonan sediaan sabun hingga homogen kemudian keluarkan dari *waterbath*.



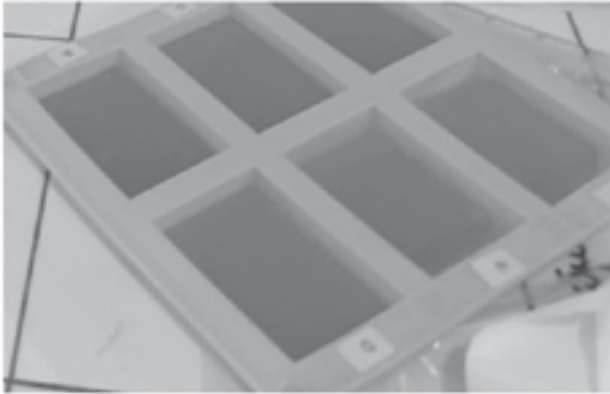
Gambar 4.10 *Sediaan Sabun Mandi Padat Transparan*

11. Memasukkan ekstrak beta karoten sebanyak 0,5; 0,75 atau 1 g & pewangi apel ke dalam sediaan sabun.



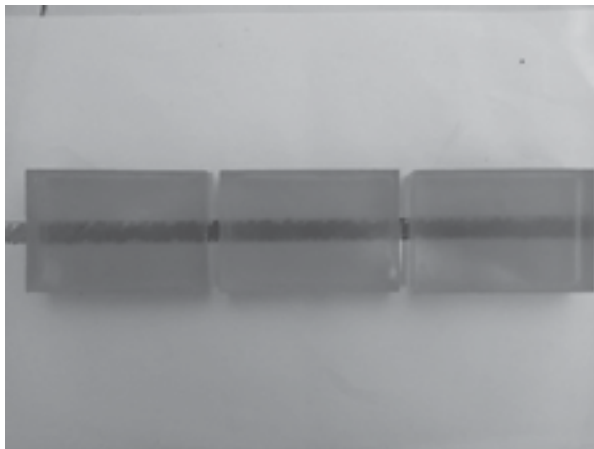
Gambar 4.11 *Penambahan Ekstrak Beta Karoten*

12. Mengaduk adonan sediaan sabun hingga homogen, lalu mendinginkan pada suhu ruang hingga suhu adonan turun.
13. Menimbang sediaan sabun sebanyak 75 g & memasukkan ke dalam cetakan.



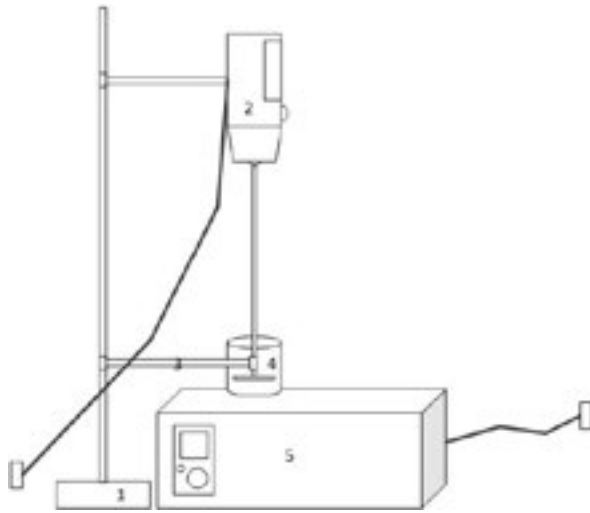
Gambar 4.12 *Cetakan Sediaan Sabun Mandi Padat Transparan*

14. Mendinginkan sabun pada suhu ruang hingga sabun mengeras.



Gambar 4.13 *Sabun Mandi Padat Transparan Ekstrak Beta Karoten*

Alat yang digunakan dalam pembuatan sabun mandi padat transparan ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 *Rangkaian Alat Produksi*

Keterangan Alat: 1. Statif, 2. *Overhead stirrer*, 3. Klem, 4. *Beaker glass* 250 mL, 5. *Waterbath*


Prosedur produksi sabun mandi padat transparan dijelaskan sebagai berikut:

2.5.1. Persiapan Bahan Baku

Pada proses ini, dilakukan preparasi bahan seperti massa beta karoten, massa sukrosa, konsentrasi NaOH & massa gliserin.

2.5.1.1. Preparasi Beta Karoten

Beta karoten yang digunakan memiliki spesifikasi yang dijelaskan pada Gambar 4.15, sebagai berikut :

 DSM

B-CAROTENE 1% CWS/M

REVERID
By: 10/04/2017 at 10:01 am, April 10, 2017

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Productcode : 5882741
Lot No. : UT18100287
Analysis No. : 02822018

Test	Result	Limits / Specifications	Dimension / Units
Appearance	fine powder	fine powder	
visual			
Colour	orange	orange	
visual			
Fineness (US Standard sieve) - through sieve No. 80 / USP at sieving	100	min. 95	%
Loss on drying	4	max. 5	%
Halogen moisture analysis			
Dispersibility in water	dispersible	dispersible	
Dispersibility in water at 20°C			
Colour intensity of aqueous dispersion 25 A (1%/100) at maximum absorbance Photometer		min. 25	
Beta-carotene Content according to USP	1.10	min. 1	%
Microbiological purity			
Total aerobic microbial count	<10 ⁴	<10 ⁴	CFU/g
Ph. Eur.		10 ⁴	
Total combined yeasts/moulds count	<10 ⁴	<10 ⁴	CFU/g
Ph. Eur.		10 ⁴	
Enterobacteria	<10	<10	CFU/g
Ph. Eur.			
Escherichia coli	negative in 10 g	negative in 10 g	
Ph. Eur.			
Salmonella spp.	negative in 25 g	negative in 25 g	
Ph. Eur.			
Staphylococcus aureus	negative in 10 g	negative in 10 g	
Ph. Eur.			
Pseudomonas aeruginosa	negative in 10 g	negative in 10 g	
Ph. Eur.			

Gambar 4.15 Spesifikasi Beta Karoten

a. Preparasi Massa Sukrosa

Cara preparasi variabel massa beta karoten adalah sebagai berikut.

1. Mengambil beta karoten menggunakan spatula
2. Menimbang beta karoten sesuai variabel menggunakan timbangan digital.
3. Menyimpan beta karoten yang sudah ditimbang di tempat yang tidak terkena cahaya matahari

b. Preparasi Konsentrasi NaOH

Cara menghitung massa NaOH yang dibutuhkan dengan konsentrasi 25%, 30% & 35% adalah sebagai berikut.

- Konsentrasi NaOH 25%

Massa NaOH yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH 25% adalah sebagai berikut.

$$\text{massa NaOH} = \frac{25}{100} \times 50 \text{ mL} \quad (1)$$

$$\text{massa NaOH} = 12,5 \text{ g}$$

- Konsentrasi NaOH 30%

Massa NaOH yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH 30% adalah sebagai berikut.

$$\text{massa NaOH} = \frac{30}{100} \times 50 \text{ mL} \quad (2)$$

$$\text{massa NaOH} = 15 \text{ g}$$

- Konsentrasi NaOH 35%

Massa NaOH yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH 35% adalah sebagai berikut.

$$\text{massa NaOH} = \frac{35}{100} \times 50 \text{ mL} \quad (3)$$

$$\text{massa NaOH} = 17,5 \text{ g}$$

Cara membuat larutan NaOH dengan konsentrasi 25%, 30% & 35% adalah sebagai berikut.

1. Mengambil & menimbang serbuk NaOH masing-masing sebanyak 12,5; 15; & 17,5 g menggunakan timbangan analitik
2. Memasukkan masing-masing serbuk NaOH ke dalam *beaker glass* 100 mL & menambahkan *aquadest* sebanyak 50 mL.
3. Mengaduk masing-masing larutan NaOH hingga homogen.
4. Memasukkan masing-masing larutan NaOH ke dalam labu ukur 50 mL untuk dilakukan pengenceran.

- c. Preparasi Massa Sukrosa

Cara preparasi variabel massa sukrosa adalah sebagai berikut.

1. Mengambil sukrosa menggunakan spatula.
2. Menimbang sukrosa sebanyak 13; 15 atau 17 g menggunakan timbangan digital.

d. Preparasi Massa Gliserin

Cara preparasi variabel massa gliserin adalah sebagai berikut.

1. Mengambil gliserin menggunakan spatula
2. Menimbang gliserin sebanyak 7,12; 9,12 atau 11,12 g menggunakan timbangan digital.

B.6 Prosedur Uji Sabun Mandi Padat Transparan

Metode pengujian dilakukan berdasarkan Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSN) yaitu sebagai berikut.

B.6.1 Uji pH

Pengujian ini dilakukan dengan menyiapkan sampel sediaan sabun padat transparan yang sebelumnya telah di lelehkan menggunakan aquades di atas kompor listrik. Proses pengujian dilakukan dengan mencelupkan elektroda kedalam lotion hingga pH meter menunjukkan angka yang tetap.



Gambar 4.16 Uji pH Sabun

B.6.2 Uji Kadar Air

Uji kadar air dilakukan dengan melakukan pengovenan sediaan sabun seberat 5 g selama 2 jam pada suhu oven 105°C. Perhitungan kadar air pada sediaan sabun dilakukan rumus sebagai berikut.

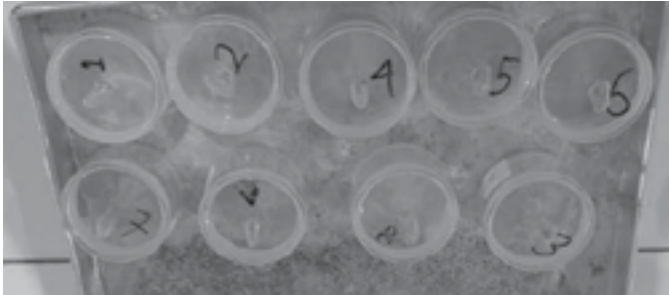
$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

W1 = berat contoh + botol timbangan (g)

W2 = berat contoh + botol timbangan setelah pengeringan (g)

W = berat contoh (g)



Gambar 4.17 Uji Kadar Air

B.6.3 Uji Stabilitas Sabun

Uji stabilitas sabun dilakukan dengan mengukur ketinggian sabun selama 5 menit pada wadah uji yang sama yaitu tabung reaksi.



Gambar 4.18 Uji Stabilitas Busa

B.6.4 Uji Asam Lemak/Alkali Bebas

Uji asam lemak/alkali bebas dilakukan dengan melakukan titrasi KOH 0,1N. Pembuatan larutan KOH 0,1N dilakukan menggunakan KOH teknis & distandarisasi dengan larutan asam oksalat 0,1N. Standarisasi larutan KOH menggunakan asam oksalat 0,1N dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2 \quad (5)$$

Keterangan :

V_1 = Volume KOH yang digunakan (mL)

N_1 = Normalitas KOH yang dicari (N)

V_2 = Volume asam oksalat (mL)

N_2 = Normalitas asam oksalat (N)

Perhitungan kadar asam lemak bebas pada sediaan sabun dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut.

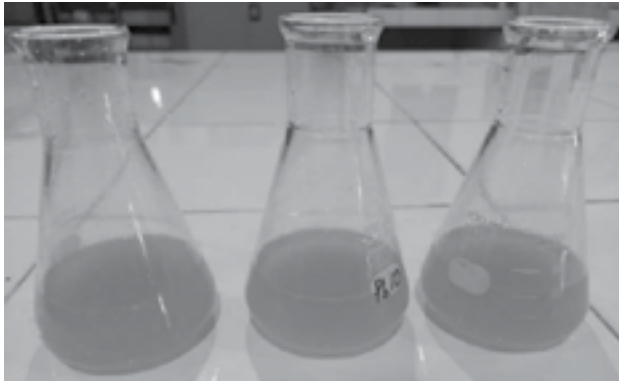
$$\% \text{ Asam Lemak Bebas} = \frac{V \times T \times 56,1}{m} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan :

V = KOH 0.1 N yang digunakan (ml)

T = normalitas KOH

M = Berat sabun (g)



Gambar 4.19 *Uji Asam Lemak Bebas*

B.6.5 Uji Kekerasan Sabun

Uji kekerasan sabun dilakukan oleh CV. Chem-Mix Pratama.

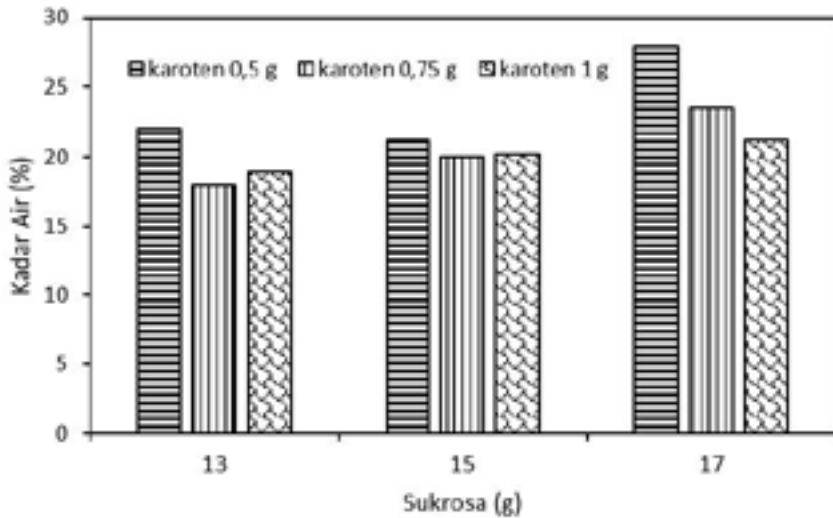
B.6.6 Uji Organoleptis

Uji organoleptis (warna, aroma, tekstur) sabun dilakukan dengan membagikan formular kepada 20 panelis berdasarkan tingkat kesukaan.

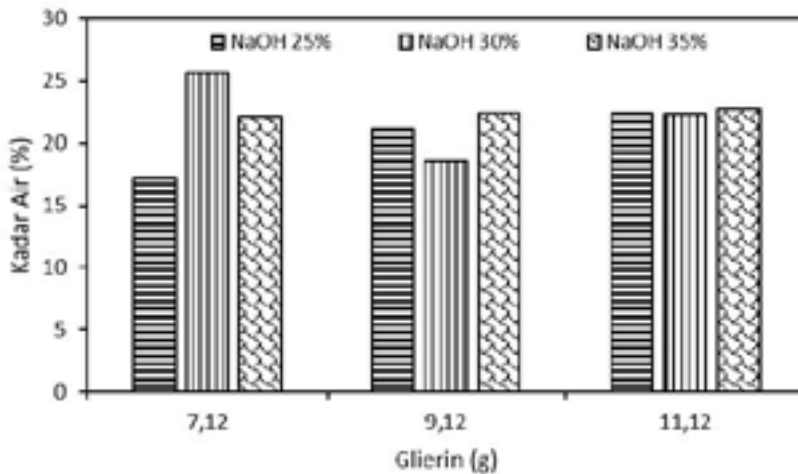
C. Pembahasan

C.1 Kadar Air

Grafik kadar air sabun menunjukkan pengaruh variasi massa sukrosa, massa beta karoten, massa gliserin & konsentrasi NaOH terhadap kadar air sabun transparan.



Gambar 4.20 Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Karoten terhadap Kadar Air



Gambar 4.21 Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH & Massa Gliserin terhadap Kadar Air

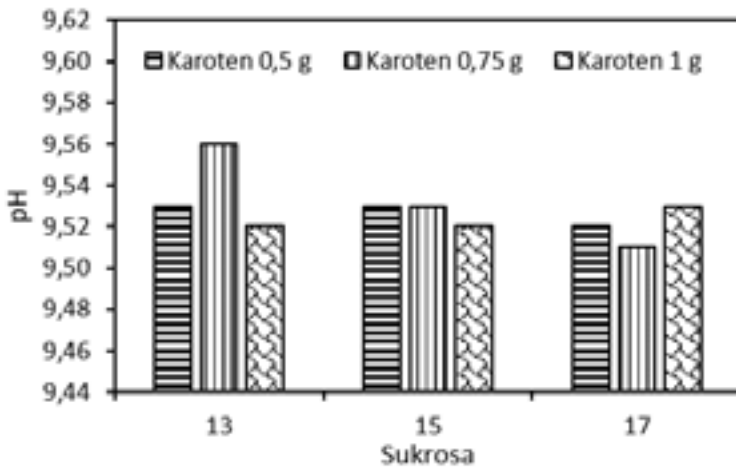
Pada penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 4.20. bahwa hasil kadar air meningkat seiring adanya peningkatan sukrosa. Hal ini disebabkan karena sukrosa bersifat mengikat air sehingga penambahan sukrosa berarti memberikan tambahan kandungan air pada sabun padat

transparan tersebut [27]. Pada Gambar 4.20, juga dapat dilihat bahwa, peningkatan massa beta karoten dapat mengurangi kadar air. Hal ini terjadi karena beta karoten adalah pigmen karotenoid yang mengandung air, semakin banyak karotenoid yang ditambahkan maka kadar air semakin tinggi.

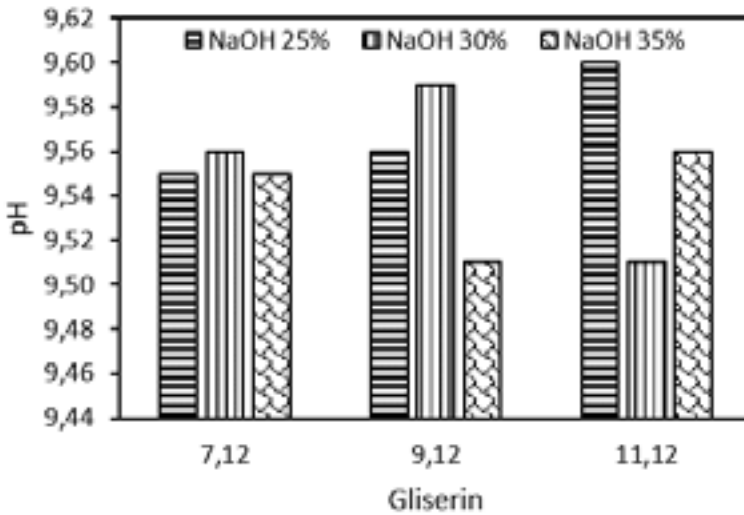
Berdasarkan hasil uji, kadar air semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH yang digunakan pada pembuatan sabun. Semakin tinggi konsentrasi NaOH, maka kadar air semakin sedikit [25] . Selain itu, pada Gambar 4.21., peningkatan kadar air berbanding lurus dengan peningkatan massa gliserin. Gliserin memiliki sifat higroskopis atau mengikat air, sehingga semakin banyak gliserin yang di tambahkan maka semakin banyak kadar air [28].

C.2. pH

Grafik pada Gambar 4.22 & 4.23 menunjukkan pengaruh variasi massa sukrosa, massa beta karoten, massa gliserin & konsentrasi NaOH terhadap kadar air sabun transparan.



Gambar 4.22 *Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Karoten terhadap pH*

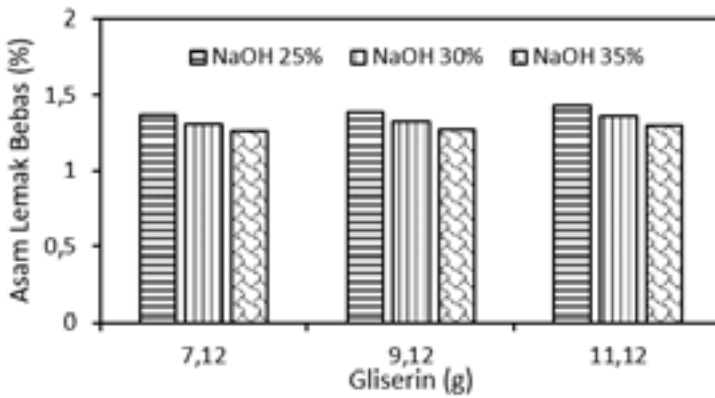


Gambar 4.23 Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH & Massa Gliserin terhadap pH

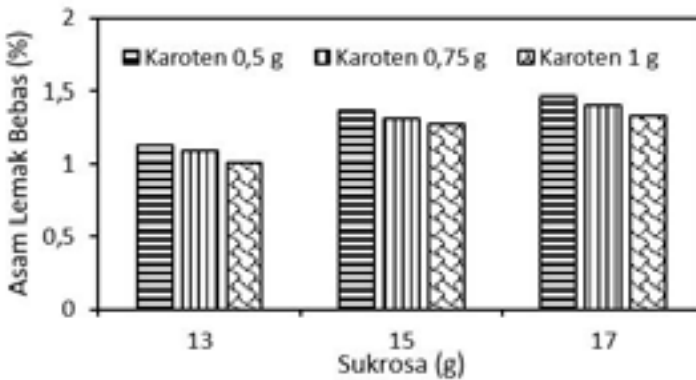
Gambar 22. & Gambar 23., diperoleh nilai pH sabun cenderung sama. Menurut SNI standar pH sabun padat antara 9 – 11. Nilai pH sabun transparan yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 9,51 – 9,60. Dengan demikian, nilai pH semua sabun hasil penelitian telah sesuai standar SNI.

C.3 Asam Lemak Bebas

Grafik asam lemak bebas menunjukkan pengaruh variasi massa sukrosa, massa beta karoten, massa gliserin & konsentrasi NaOH terhadap kadar asam lemak bebas sabun transparan.



Gambar 4.24 Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Krotan terhadap Kadar Asam Lemak Bebas



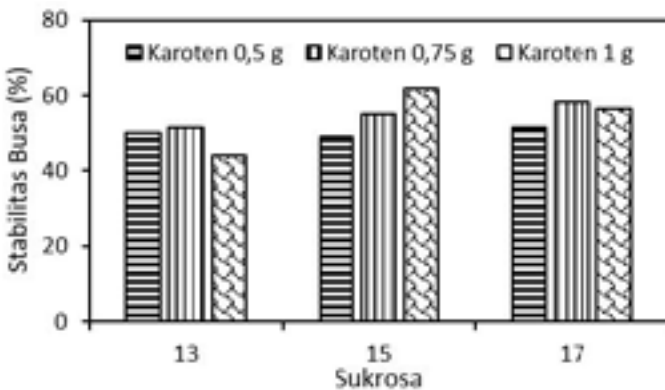
Gambar 4.25 Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH & Massa Gliserin terhadap Kadar Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas berasal dari asam lemak yang tidak terikat dengan natrium ataupun trigliserida. Kadar asam lemak tidak boleh terlalu tinggi karena akan memicu ketengikan & mengurangi umur simpan sabun [29]. Gambar 4.24 & Gambar 4.25, menunjukkan bahwa kadar asam lemak bebas pada sabun transparan berada pada angka 1,01 – 1,47 % sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar asam lemak pada semua sabun yang dihasilkan telah memenuhi SNI. Kadar asam lemak bebas menurun seiring dengan penambahan massa beta karoten, hal ini disebabkan oleh antioksidan dapat menghambat proses oksidasi [30]. Kadar asam lemak

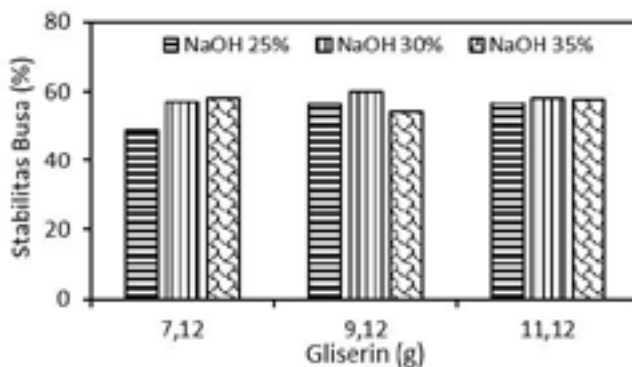
bebas juga menurun seiring dengan penambahan konsentrasi NaOH. Hal ini disebabkan karena NaOH dapat berfungsi untuk mengikat asam lemak bebas yang masih terkandung di dalam sabun [31]. Sebaliknya, kadar asam lemak bebas bertambah seiring dengan penambahan massa gliserin, Gliserin merupakan sumber asam lemak & juga produk samping minyak/lemak untuk menghasilkan asam lemak bebas sehingga semakin banyak gliserin yang ditambahkan maka semakin tinggi asam lemak bebas [28].

C.4 Stabilitas Busa

Stabilitas busa adalah kemampuan suatu bahan penghasil busa untuk mempertahankan busa yang dihasilkannya [32]. Gambar 4.26 & Gambar 4.27, menunjukkan pengaruh variasi massa sukrosa, massa beta karoten, massa gliserin & konsentrasi NaOH terhadap stabilitas busa sabun transparan.



Gambar 4.26 Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Kroten terhadap Stabilitas Busa Sabun Transparan



Gambar 4.27 Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH & Massa Gliserin terhadap Stabilitas Busa Sabun Transparan

Gambar 4.26 & 4.27, menunjukkan bahwa massa sukrosa & massa beta karoten yang ditambahkan pada sabun transparan tidak menunjukkan perbedaan nyata pada nilai persentasi kestabilan busa. Hasil persentase stabilitas busa berdasarkan Gambar 4.26., menunjukkan bahwa stabilitas busa berkisar antara 53.91% - 60% sementara Gambar 4.27., menunjukkan stabilitas busa sabun berkisar antara 48%-60%. Berdasarkan nilai tersebut, stabilitas busa keempat formula berada di kriteria stabilitas busa yang kurang baik. Kisaran nilai stabilitas busa untuk pembandingan adalah 67% - 96% [33]. Hal ini disebabkan karena busa yang dihasilkan dengan menggunakan minyak kelapa murni & *Cocoamide DEA* lebih sedikit daripada busa yang dihasilkan *Sodium Lauryl Sulfate*.

C.5 Kekerasan Sabun

Uji kekerasan sabun dilakukan di CV. Chem-Mix Pratama, Yogyakarta. Pengujian sabun dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan sabun dimana kekerasan sabun akan berdampak pada tingkat daya simpan sabun & meningkatkan efisiensi sabun ketika digunakan [34]. Hasil uji sabun ditunjukkan pada Gambar 4.28.



Lab. Chem-Mix Pratama

HASIL ANALISA

Nomor:028/CMP/02/2021

Laboratorium Pengujian : Laboratorium Chem-Mix Pratama

Tanggal Pengujian : 28 Februari 2021

No	Kode	Tekstur (N)	
		Ulangan 1	Ulangan 2
1	N	1,0749	1,0168
2	E	0,8293	0,8496
3	N	1,3778	1,4077
4	M	1,1357	1,1260
5	G	0,9024	0,8971
6	D	0,8487	0,8381

Gambar 4.28. Hasil Uji Kekerasan Sabun Padat Transparan

Nilai kekerasan sabun yang ditunjukkan pada Gambar 4.28., merupakan nilai *force deformation*. Data diperoleh berdasarkan output dari *EXTRAD Dimension Software* pada aplikasi operasional *Texture Analyzer*. Data yang diperoleh adalah puncak *force-deformation* pada saat sampel pecah & dinyatakan dalam satuan *Newton* (N) yang merupakan gaya yang diperlukan untuk men-deformasi (*firmness*) sampel. Ketinggian nilai uji menggambarkan tingkat kekerasan dari sampel yang diuji, semakin tinggi nilai yang diperoleh berarti semakin tinggi *peak force deformation* sampel tersebut. Uji kekerasan sabun dihitung berdasarkan gaya yang diperlukan untuk menekan suatu bahan hingga mengalami deformasi atau fraktur. Gambar 4.28., menunjukkan sampel kode N merupakan sabun yang memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi yaitu sebesar 1,3778 N.

C.6 Transparansi Sabun

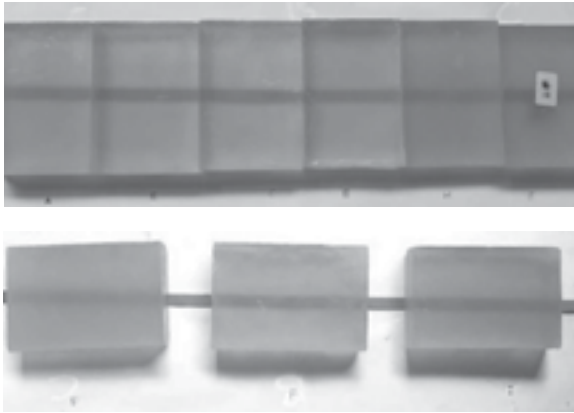
Tabel 4.3 & Tabel 4.4 menunjukkan pengaruh variasi massa sukrosa, massa beta karoten, massa gliserin & konsentrasi NaOH terhadap transparansi sabun transparan.

Tabel 4.3 Formula Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Karoten

Kode	Sukrosa	Beta karoten
A	13	
B	15	karoten 0,5 gram
C	17	
D	13	
E	15	karoten 0,75 gram
F	17	
G	13	
H	15	karoten 1 gram
I	17	

Tabel 4.4 Formula Variasi Massa Gliserin & Larutan Alkali

Kode	Gliserin	%NaOH
J	7.12	
K	9.12	NaOH 30%
L	11.12	
M	7.12	
N	9.12	NaOH 25%
O	11.12	
P	7.12	
Q	9.12	NaOH 35%
R	11.12	



Gambar 4.29. Pengaruh Variasi Massa Sukrosa & Massa Beta Kroten terhadap Transparansi Bebas Sabun Transparan



Gambar 4.30 Pengaruh Gliserin terhadap Transparansi Sabun

Dapat dilihat pada Gambar 4.29., menunjukkan bahwa sabun dengan penambahan massa beta karoten maka akan semakin buram. Namun, transparansi sabun padat transparan berbanding lurus dengan penambahan sukrosa & gliserin yang ditunjukkan pada Gambar 4.30. Hal ini disebabkan karena sukrosa juga merupakan *transparent agent* & pelarut yang mampu membuat sabun lebih transparan [14]. Sehingga semakin banyak massa sukrosa & gliserin yang ditambahkan, semakin transparan juga sabun yang dihasilkan.

D. Kesimpulan

Proses pembuatan sabun transparan dilakukan dengan metode *hot process soap making* (pembuatan sabun dengan metode panas) pada suhu suhu 70°C. Hasil analisis sifat kimia seluruh perlakuan sabun transparan ekstrak beta karoten menunjukkan bahwa sabun transparan memiliki sifat

kimia yang sesuai dengan (SNI 06-3532-1994). Formulasi sabun dengan berbagai variabel massa beta karoten, sukrosa, gliserin dan konsentrasi NaOH menghasilkan pH sesuai standar SNI yaitu 9,51–9,60. Kadar air sabun padat transparan yang dibuat masih belum sesuai dengan standar SNI 06-3532-1994 yaitu maksimal 15%, dikarenakan massa sukrosa dan gliserin yang ditambahkan bersifat higroskopis dimana dapat mengikat air. Selain itu semakin meningkatnya konsentrasi NaOH maka semakin banyak molekul air yang terbentuk. Formulasi sabun dengan berbagai variabel massa beta karoten, sukrosa, gliserin, dan konsentrasi NaOH menghasilkan stabilitas busa 48–60%.

Sabun kode C dengan penambahan massa beta karoten 0,5 gram dan sukrosa 17 gram merupakan sabun terbaik dilihat dari transparansinya. Selain itu, kode L dengan konsentrasi NaOH 30% dan penambahan massa gliserin 11,11 gram juga merupakan sabun yang memiliki transparansi terbaik. Formulasi sabun kode N memiliki tingkat kekerasan tertinggi yaitu 1,4077 N.

E. Daftar Pustaka

- 1 Mardiana, U., Novitriani, K., Virgianty, D. P., & Irmayanti, E.(2020). Upaya Peningkatan Kebiasaan Mencuci Tangan Sebagai Bagian Dari Gerakan 3 M Melalui Donasi Sabun Cuci Tangan Hasil Produksi Tim Kelompok Pengabdian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat* 1(2): 57–66.
- 2 Rasmi, Citra, D. A., Kusmiyati, & Merta, W.(2019). Pelatihan Isolasi Mikroorganisme Di Permukaan Tubuh Untuk Menunjang Perilaku Hidup Bersih Sehat Mahasiswa Program Studi Paud Fkip Unram. *Jurnal Pendidikan & Pengabdian Masyarakat* 2(2): 158-163.
- 3 Kementerian Kesehatan., (2014), Peraturan Kementerian Kesehatan Nomor 3 Tahun 2014, Indonesia.
- 4 Widyasanti, A., Winaya, A. T., & Rosalinda, S. (2019). Pembuatan Sabun Cair Berbahan Baku Minyak Kelapa Dengan Berbagai Variasi Konsentrasi Ekstrak Teh Putih. *Agrointek*13(2): 132–142.

- 5 Sudarmanto, I., & Suhartati, T. (2015). Aktivitas Antioksidan Senyawa Flavonoid Pada Kulit Akar Tanaman Ara (*Ficus Racemosa*, L). *Jurnal Kesehatan* 6(1): 137–141.
- 6 Febriyenti, F., Suharti, N., Lucida, H., Husni, E., & Sedona, O. (2018). Karakterisasi & Studi Aktivitas Antioksidan Dari Ekstrak Etanol Secang (*Caesalpinia Sappan* L.). *Jurnal Sains Farmasi & Klinis* 5(1): 23-27.
- 7 Dwimayasanti, R.(2018). Rumput Laut: Antioksidan Alami Penangkal Radikal Bebas. *Oseana* 43(2): 13–23.
- 8 Megawati, Damayanti, A., Putri,R. D.A., Pradnya, I. N., Khusnul, H., dan Yudha, S. 2021. “*The Drying Rate of Chlorella Pyrenoidosa Using an Oven in Bioethanol Production.*” *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 80(1): 128–36.
- 9 Megawati, Damayanti, A., Putri,R. D.A., Pradnya, I. N., Yahya, H. F., dan Arnan, N. K. 2020. “*Drying Characteristics of Chlorella pyrenoidosa Using Oven and its Evaluation for Bio-Ethanol Production*” *Materials Science Forum*,1007: 1-5.
- 10 Notonegoro, H., Setyaningsih, I., & Tarman, K. (2018). Kandungan Senyawa Aktif *Spirulina Platensis* Yang Ditumbuhkan Pada Media Walne Dengan Konsentrasi Nano₃ Berbeda. *Jurnal Pascapanen & Bioteknologi Kelautan & Perikanan* 13(2): 111-122.
- 11 Agustina, S., Aidha, N. N., Oktarina, E., & Haruminda, J. H.(2019). Optimasi Proses Ekstraksi Karoten & Klorofil Dari *Spirulina Platensis* Dengan Teknologi Karbon Dioksida (Co₂) Superkritis Menggunakan Metode Permukaan Tanggap. *Jurnal Kimia & Kemasan* 41(2): 95-104.
- 12 Buwono, N. R., & Nurhasanah, R. Q. (2018). Studi Pertumbuhan Populasi *Spirulina Sp.* Pada Skala Kultur Yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan & Kelautan*, 10(1): 26–33.
- 13 Amanati, L. (2019). Isolasi Zat Warna Alami Dari Labu Kuning (*Cucurbita Maschata*) & Penerapannya Untuk Pewarna Makanan. *Jurnal Teknologi Proses & Inovasi Industri*, 4(2): 71-78.

- 14 Agustini, N., & Winarni, A. (2017). Karakteristik & Aktivitas Antioksidan Sabun Padat Transparan Yang Diperkaya Dengan Ekstrak Kasar Karotenoid *Chlorella Pyrenoidosa*. *Jurnal Pascapanen & Bioteknologi Kelautan & Perikanan* 12(1): 1–12.
- 15 Hanani, T., Widowati, I., & Susanto, Ab. (2020). Kandungan Senyawa Beta Karoten Pada *Spirulina Platensis* Dengan Perlakuan Perbedaan Lama Waktu Pencahayaan. *Buletin Oseanografi Marina* 9(1): 55–58.
- 16 Gul, K., Tak, A., Singh, A. K., Singh, P., Yousuf, B., & Wani, A. A. (2015). Chemistry, Encapsulation, & Health Benefits Ofβ-Carotene - A Review. *Cogent Food & Agriculture* 1(1): 1-12.
- 17 Burri, B. J. (1997). Beta-Carotene & Human Health: A Review Of Current Research. *Nutrition Research* 17(3): 547–580.
- 18 Asnani, Ari., Delsy, Eva V. Y., & Diastuti, Hartiwi. (2019). Transfer Teknologi Produksi Natural Soap-Base Untuk Kreasi Sabun Suvenir. Universitas Jenderal Soedirman. [Http://Doi.Org/ 10.22146/ Jpkm.33581](http://doi.org/10.22146/jpkm.33581)
- 19 Atolani, O., Olabiyi, E. T., Issa, A. A., Azeez, H. T., Onoja, E. G., Ibrahim, S. O., Zubair, M. F., Oguntoye, O. S., & Olatunji, G. A. (2016). Green Synthesis & Characterisation Of Natural Antiseptic Soaps From The Oils Of Underutilised Tropical Seed. *Sustainable Chemistry & Pharmacy* 4: 32–39.
- 20 Lin, B., McCormick, A. V., Davis, H. T., & Strey, R. (2005). Solubility Of Sodium Soaps In Aqueous Salt Solutions. *Journal Of Colloid & Interface Science* 291(2): 543–549.
- 21 Muis, A. (2015). Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida, Asam Stearat, & Bahan Tambahan Lainnya Terhadap Kualitas Sabun Transparan Dari *Virgin Coconut Oil*. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri* 7(2): 81–92.
- 22 Murniati, M., Suhendra, D., Ryantin, G. E., Handayani, S. S., & Ariani, D. (2020). Penambahan Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk

- Purut Terhadap Kualitas Sabun Transparan Dari Minyak Inti Buah Ketapang. *Jurnal Sains & Teknologi*9(2): 176-187.
- 23 Rubianto, A. H., Kartadarma, E., & Priani, S. E. (2017). Formulasi Sediaan Sabun Transparan Mengandung Minyak Akar Wangi (*Chrysopogon Zizanioides L. Roberty*) & Uji Aktivitasnya Sebagai Antibakteri Terhadap *Staphylococcus Aureus* & *Escherichia Coli*. *Prosiding Farmasi*3(2): 216–223.
- 24 Mumpuni, A. S., & Sasongko, H. (2017). Mutu Sabun Transparan Ekstrak Etanol Herba Pegagan (*Centella Asiatica L*) Setelah Penambahan Sukrosa. *Pharmaciana* 7(1): 71-78.
- 25 Sukeksi, L., Sianturi, M., & Setiawan, L. (2018). Pembuatan Sabun Transparan Berbasis Minyak Kelapa Dengan Penambahan Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia*) Sebagai Bahan Antioksidan. *Jurnal Teknik Kimia Usu* 7(2): 33-39.
- 26 Badan Standarisasi Nasional., (2016). Standar Nasional Indonesia Sabun Mandi Padat (Sni 3532-2016). Indonesia. [Http://Sispk.Bsn.Go.Id/Sni/Detailsni/](http://Sispk.Bsn.Go.Id/Sni/Detailsni/)
- 27 Widyasari, A, & Hasna, A. H. (2016). Kajian Pembuatan Sabun Padat Transparan Basis Minyak Kelapa Murni Dengan Penambahan Bahan Aktif Ekstrak Teh Putih. *Jurnal Penelitian Teh & Kina*19(2): 179–192.
- 28 Surilayani, D., Sumarni, E., & Irnawati, R. (2019). Karakteristik Mutu Sabun Padat Transparan Rumpun Laut (*Kappaphycus Alvarezii*) Dengan Perbedaan Konsentrasi Gliserin. *Jurnal Perikanan & Kelautan* 9(1): 69–79.
- 29 Purwanto, M., Yulianti, E. S., Nurfauzi, I. N., & Winarni. (2019). Karakteristik & Aktivitas Antioksidan Sabun Padat Dengan Penambahan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus Polyrizhus*). *Indonesian Chemistry & Application Journal* 3(1): 14-23.

- 30 Fauzi, A., Surti, T., & Rianingsih, L.(2016). Efektivitas Daun Teh (*Camellia Sinensis*) Sebagai Antioksidan Pada Fillet Ikan Bandeng (*Chanos Chanos Forsk*) Selama Penyimpanan Dingin. *J. Peng. & Biotek Hasil Pi*, 5(4): 1–10.
- 31 Jalaluddin, Aji, A., & Nuriani, S.(2019). Pemanfaatan Minyak Sereh (*Cymbopogon Nardus L.*) Sebagai Antioksidan Pada Sabun Mandi Padat. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 7(1): 52-60.
- 32 Widyasanti, A., Farddani, C. L., & Rohdiana, D.(2016). Pembuatan Sabun Padat Transparan Menggunakan Minyak Kelapa Sawit (*Palm Oil*) Dengan Penambahan Bahan Aktif Ekstrak Teh Putih (*Camellia Sinensis*). *Teknik Pertanian Lampung* 5(3): 125–136.
- 33 Tomi, T., & Indawati, I. (2020). Formulasi Sediaan Sabun Padat Transparan Dari Ekstrak Etanol Daun Kemangi Dengan Konsentrasi 1, 5%, 3%, & 6%. *Medimuh: Jurnal Kesehatan*,1(1): 55–60.
- 34 Lestari, U., Syamsurizal, & Handayani, W. H. (2020). Formulasi & Uji Efektivitas Daya Bersih Sabun Padat Kombinasi Arang Aktif Cangkang Sawit & Sodium Lauril Sulfat. *Jpscr: Journal Of Pharmaceutical Science & Clinical Research* 5(2): 136-150.



BAB 5

OPTIMASI DEHIDRASI 1-PROPANOL SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN MELALUI SIMULASI DISTILASI EKSTRAKTIF DENGAN ENTRAINER GLISEROL YANG RAMAH LINGKUNGAN

Dhoni Hartanto, Rezang Patuh Rohmad, Sukma Erik Ernawan, Widi Astuti, Irene Nindita Pradnya, Yulian Candra Purwana, Ulfa Nur Maulida, Neila Hidayah Safitri, Danang Subarkah

Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia, Tel: +6282141548851, e-mail:dhoni.hartanto@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Kebutuhan bahan bakar di dunia & di Indonesia semakin meningkat dari hari ke hari. Disisi lain, *recovery* solven telah menjadi masalah utama di bidang farmasi & industri kimia. Oleh karena itu, diperlukan bahan bakar baru sebagai pengganti bahan bakar fosil, diantaranya adalah 1-propanol yang dapat dikonversi ke bahan bakar diesel melalui reaksi esterifikasi. Namun proses dehidrasi 1-propanol sulit dilakukan melalui distilasi sederhana karena terdapat titik azeotrop pada sistem biner 1-propanol-air sehingga perlu dilakukan metode pemisahan lain yang lebih efektif yaitu distilasi ekstraktif. Penelitian simulasi distilasi ekstraktif dalam proses pemisahan 1-propanol-air dengan entrainer

(*solvent*) gliserol perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi operasi optimum. Pada *book chapter* ini, skema rancang penelitian yang pertama dilakukan adalah simulasi pendahuluan untuk memvalidasi metode simulasi & basis konfigurasi. Untuk simulasi pendahuluan ini dilakukan simulasi dengan menggunakan Aspen Plus 8.8 untuk sistem etanol-air dengan *entrainermixed glycols*. Model termodinamika UNIQUAC digunakan sebagai basis perhitungan pada simulasi. Dari hasil simulasi pendahuluan akan diperoleh konfigurasi sistem & variabel penelitian untuk dilakukan *running* simulasi. Data hasil simulasi kemudian diolah dengan metode simulasi analisis sensitivitas & optimasi untuk memperoleh hasil data yang optimum.

Hasil simulasi pendahuluan menunjukkan hasil simulasi yang sesuai dengan hasil simulasi dari literatur. Hal tersebut mengindikasikan bahwa metode simulasi yang digunakan sudah tepat. Simulasi distilasi ekstraktif pada dehidrasi 1-propanol dengan entrainer gliserol menghasilkan kemurnian lebih dari 0,997 fraksi mol. Kondisi optimum yang diperoleh adalah suhu entrainer pada 140 °C, suhu campuran azeotrope sebesar 20 °C, *feed stage* campuran azeotrop adalah 41, *feed stage* entrainer pada *stage* ke-3, & *reflux ratio* kolom ekstraktif sebesar 0,32.

Kata Kunci: simulasi; distilasi ekstraktif; 1-propanol; entrainer; gliserol

A. Pendahuluan

Ketersediaan bahan bakar menjadi isu utama yang harus dihadapi di berbagai industri, baik di Indonesia & dunia. Hal ini semakin diperparah dengan terjadinya krisis bahan bakar yang diprediksi akan terjadi dalam beberapa tahun mendatang. Indonesia akan mengalami kesulitan untuk memenuhi bahan bakar yang akan terjadi pada periode mulai tahun 2017 sampai tahun 2025 dikarenakan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk & pertumbuhan ekonomi [1].

Salah satu bahan yang berpotensi menjadi bahan bakar terbarukan adalah 1-propanol. 1-propanol ini dapat dikonversi menjadi bahan bakar diesel melalui reaksi esterifikasi. 1-Propanol juga banyak digunakan sebagai pelarut di berbagai industri. Namun proses dehidrasi 1-propanol sulit dilakukan melalui distilasi sederhana karena terdapat ikatan azeotrop antara 1-propanol dengan air. Beberapa metode yang potensial untuk memisahkan ikatan azeotrop tersebut adalah distilasi azeotropik [2], membran separasi, & distilasi ekstraktif [3]. Pada distilasi azeotropik sendiri digunakan garam sebagai entrainer. Alternatif ini memiliki kendala yaitu garam yang tersisa masih mengganggu proses & mengotori distilat, menimbulkan korosi, jumlah *plate* yang dibutuhkan pada proses ini cukup tinggi serta butuh perhatian khusus dalam penyimpanan serta pengoperasiannya. Selain itu, pada distilasi azeotropik, entrainer & komponen yang lebih berat harus diuapkan & secara otomatis produk yang diinginkan akan menjadi produk bawah. Hal ini yang menyebabkan energi & entrainer yang dibutuhkan pada distilasi azeotropik lebih besar dibandingkan dengan distilasi ekstraktif[4]. Penggunaan membran separasi juga menjadi opsi untuk melakukan penghematan penggunaan energi, akan tetapi harga membran masih tergolong tinggi.

Distilasi ekstraktif menjadi metode pemisahan cukup potensial dengan penambahan entrainer pada saat proses pemisahan titik azeotrop, *entrainer* ini berfungsi untuk meningkatkan *relative volatility* komponen yang dipisahkan. Dalam purifikasi isopropil alkohol, metode distilasi ekstraktif mampu menghasilkan distilat dengan konsentrasi mencapai 99,27% dengan *entrainer* gliserol [5]. *Entrainer* lain yang berpotensi digunakan untuk pemecahan titik azeotrop adalah etilen glikol [6],[3], *low transition temperature mixtures/LTTMs* [7], *ionic liquid*[8], *biological buffer*[9], & pelarut organik [10].

Gliserol juga menjadi salah satu *entrainer* yang berpotensi karena memiliki keunggulan dibandingkan yang lain seperti mudah didapat dari hasil samping produk biodiesel, memiliki temperatur degradasi yang tinggi sehingga tidak mudah rusak, & tidak mudah sehingga dapat

diaplikasikan sebagai entrainer pada distilasi ekstraktif 1-propanol & air [11],[3]. Gliserol juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan etilen glikol yang berbahaya karena bersifat neurotoxin & sulit untuk didaur ulang[2],[3].

Belum terdapat penelitian tentang optimasi pemisahan 1-propanol-air melalui simulasi distilasi ekstraktif khususnya yang membahas tentang performa distilasi ekstraktif. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pemodelan & simulasi proses distilasi ekstraktif dengan menggunakan Aspen Plus 8.8 Software untuk menentukan konfigurasi kolom & kondisi operasi optimum untuk menghasilkan 1-propanol dengan kemurnian 0,995 fraksi mol dengan penambahan *entrainer* gliserol (Hambali dkk, 2007) sehingga dapat memenuhi standar kemurnian untuk bahan bakar.

A.1 Keseimbangan Uap Cair 1-Propanol+ Air+ Gliserol

Senyawa dikatakan dalam keseimbangan termodinamika ketika komponen-komponen tersebut terdistribusi secara merata pada suhu, tekanan, & fugasitas, sehingga akan ada kesamaan tekanan, suhu & fugasitas masing-masing komponen dalam semua fase yang berada dalam keseimbangan. Sebagai contoh dalam keseimbangan air (1), 1-propanol (2), & gliserol (3), gliserol sebagai entrainer memiliki peran penting dalam menggeser titik azeotrop pada 1-propanol-air. Penambahan gliserol dapat berpengaruh pada *relative volatility* komponen & pengaruh tersebut dapat diamati melalui *sensitivity analysis*[12]. Penambahan jumlah fraksi mol gliserol akan membantu meningkatkan koefisien aktivitas komponen 1-propanol (γ_2) & menurunkan koefisien aktivitas komponen air (γ_1) sehingga akan menghasilkan peningkatan *relative volatility* komponen 1-propanol (α_{21}).

Titik azeotrop campuran 1-propanol & air terdapat pada fraksi mol 0,4 sehingga distilasi biasa tidak dapat memisahkan 1-propanol dari air untuk mencapai kemurnian yang tinggi setelah mencapai titik azeotrop. Oleh karena itu, diperlukan metode distilasi yang lebih baik yang dapat

memecahkan titik azeotrop & menghasilkan kemurnian 1-propanol dengan kemurnian tinggi. Kesulitan dalam pemecahan titik azeotrop campuran 1-propanol & air sangat tergantung pada komposisi campuran & koefisien aktivitas masing-masing komponen. Selain itu, pengaruh *relative volatility* juga sangat berpengaruh pada kemurnian komponen yang diinginkan dalam proses ekstraksi atau distilasi.

A.2 Distilasi Ekstraktif

Distilasi ekstraktif merupakan salah satu metode untuk *advanced separation* yang mempunyai prinsip sama yaitu berdasarkan perbedaan komposisi antara fase uap & fase cairnya. Perbedaan dengan distilasi konvensional adalah terdapat penambahan *entrainer* untuk membantu memecah titik azeotrop, karena fungsi dari *entrainer* mengikat senyawa yang konsentrasi liquidnya lebih tinggi untuk terikat sebagai produk bawah sehingga dihasilkan produk atas berupa distilat dengan konsentrasi lebih tinggi. *Entrainer* mempunyai berbagai macam jenis seperti pelarut etilen glikol, *low transition temperature mixtures/LTMs*, *ionic liquid*, *biological buffer*, & pelarut organik.

A.3 Gliserol

Gliserol merupakan senyawa yang mempunyai 3 gugus hidroksil & bersifat *alcoholic*, termasuk sebagai komposisi utama untuk trigliserida yang dapat menyusun ikatan ester dengan asam lemak. Menurut Aziz dkk., 2008 [13] & Setyawardani dkk., 2021 [14], proses purifikasi gliserol sebagai *side product* dari produksi biodiesel digunakan dengan metode pemisahan distilasi, dengan adanya bantuan solvent untuk mendapatkan gliserol terpisah dari senyawa garam. Sebagai contoh dalam kesetimbangan air & 1-propanol, gliserol sebagai *entrainer* memiliki peran penting dalam menggeser titik azeotrop. Penambahan gliserol dapat berpengaruh pada *relative volatility* komponen [12]. Hubungan koefisien aktivitas, *relative volatility* & komposisi liquid komponen dapat dipengaruhi adanya penambahan fraksi mol gliserol sebagai *entrainer*.

B. Metode

Untuk langkah awal penelitian, properti-properti baik secara kimia atau fisika dari 1-propanol harus diidentifikasi melalui beberapa sumber ilmiah, seperti hasil penelitian sebelumnya atau jurnal yang relevan. Metode studi literatur ini juga digunakan untuk memperoleh data simulasi seperti diagram alir & konfigurasi unit simulasi [3]. Model termodinamika UNIQUAC digunakan sebagai *fluid package* pada simulasi ini. Selanjutnya, data tersebut digunakan sebagai input simulasi pendahuluan untuk memvalidasi metode serta untuk memperoleh proses & kondisi operasi yang mendekati. Proses & kondisi operasi tersebut akan digunakan untuk simulasi 1-propanol-air dengan *entrainer* gliserol. Tabel 5.1 berikut merupakan data konfigurasi kolom yang digunakan pada simulasi ini.

Tabel 5.1 Konfigurasi kolom

Konfigurasi Kolom	
Jumlah stage teoritis kolom distilasi ekstraktif	20
Jumlah stage teoritis kolom recovery	8
Feed stage umpan azeotrop masuk kolom ekstraktif	12
Feed stage entrainer masuk kolom distilasi ekstraktif	4
Feed stage entrainer + air masuk kolom recovery	4

Selain konfigurasi kolom, kondisi operasi yang digunakan untuk simulasi pendahuluan dalam rangka memvalidasi metode ditampilkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Kondisi Operasi pada Literatur [3]

Tekanan kolom distilasi ekstraktif, (mmHg)	760	Fraksi mol entrainer gliserol	0,4
Tekanan kolom recovery (mmHg)	150	Reflux ratiodalama kolom distilasi ekstraktif	0,5
Temperatur umpan azeotrop, (C)	20	Reflux ratiodalama kolom recovery	0,92
Temperatur entrainer(solvent)masuk, Ts (°C)	75	Rasio entrainer(solvent)-umpan, S/F	0,8
Laju alir umpan campuran azeotrop, F (kmol/h)	100	Konsumsi energi, (kJ/kg etanol)	1797
Laju alir entrainer,(kmol/h)	80	Konsumsi energi pada kolom recovery, (kJ/kg etanol)	221
Laju alir distilat kolom distilasi ekstraktif, D (kmol/h)	86,8	Konsumsi energi total dari dua kolom, (kJ/kg etanol)	2018
Fraksi molentrainer etilen glikol	0,6	Energi yang dikembalikan pada aliran ke 7, (kJ/kg etanol)	398
		Konsumsi energi netto, (kJ/kg etanol)	1620

Variabel proses yang dianalisis pada simulasi iniantara lain:

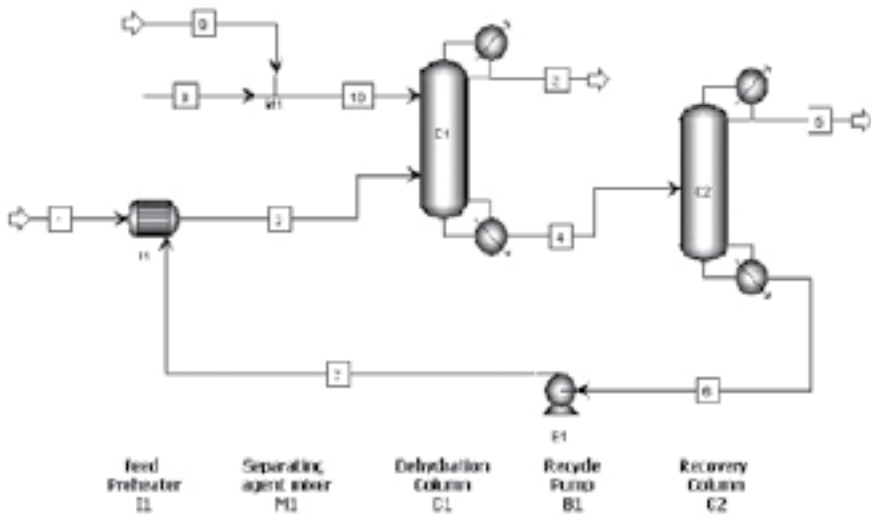
1. Kondisi umpan: temperatur umpan masuk,temperatur campuran azeotrop & temperatur entrainer.
2. Konfigurasi kolom : jumlah *stage*, *feed stage* umpan azeotrop, *reflux ratio*, & *feed stage entrainer*(gliserol).

Variable-variabel tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kemurnian 1-propanol yang dihasilkansehingga kondisi operasi & konfigurasi kolom optimum dapat ditentukan.

C. Hasil & Pembahasan

C.1 Simulasi Pendahuluan

Pada penelitian ini dilakukan simulasi pendahuluan untuk memvalidasi metode simulasi yang digunakan. Hasil simulasi pendahuluan tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi dari literatur, yaitu kemurnian etanol yang keluar sebagai distilat pada tekanan 1 atm & konfigurasi optimum yang lain seperti ditunjukkan pada Tabel 5.3 & 5.4. Dari hasil simulasi pendahuluan menggunakan Aspen Plus 8.8 tersebut diperoleh hasil yang sesuai dengan data yang dihasilkan di literatur dengan perbedaan yang kecil. *Conceptual process design* yang digunakan dalam simulasi ini ditunjukkan pada Gambar 5.1 dimana terdiri dari kolom distilasi ekstraktif (C1) untuk mendapatkan alkohol murni & kolom *recovery* (C2) untuk merecovery entrainer.



Gambar 5.1 Flowsheet Untuk Distilasi Ekstraktif pada Pemurnian Ethanol Menggunakan Entrainer Gliserol [3]

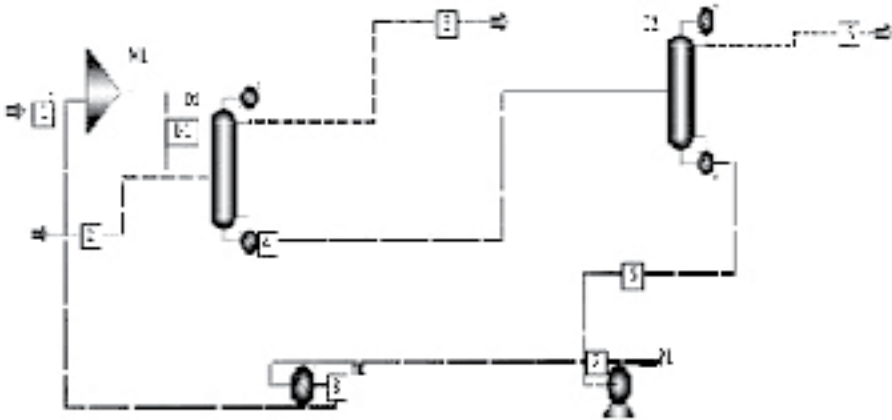
Tabel 5.3 Data Simulasi Distilasi Ekstraktif Etanol + Air + Campuran Gliserol & Etilen Glikol dari Literatur [3]

Stream	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flowrate (kmol/h)	100	100	86,8	93,2	13,3	79,9	79,9	79,9	0,1	80
M.F ethanol	0,88	0,88	0,999	0,013	0,091	0	0	0	0	0
M.F Water	0,12	0,12	0,0002	0,128	0,889	0,0004	0,0004	0,0004	0	0
M.F etilen glikol	0	0	0,0001	0,514	0,009	0,599	0,599	0,599	1	0,6
M.F gliserol	0	0	0	0,343	0	0,4	0,4	0,4	0	0,4
Suhu C	20	78,1	78,3	156,7	49.8	163,9	164,05	60	60	60

Tabel 5.4 Data Simulasi Distilasi Ekstraktif Etanol + Air + Campuran Gliserol & Etilen Glikol

Stream	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flow rate(kmol/h)	100	80	86,8	93,2	13,3	79,9	79,9	79,9	0,1	80
Ethanol	0,88	0	0,9992	0,0136	0,096	0	0	0	0	0
Water	0,12	0	0	0,1283	0,897	0	0	0	0	0
Glycerol	0	0,4	0	0,343	0	0,401	0,401	0,401	0	0,401
Etilen Glikol	0	0,599	0	0,515	0	0,599	0,599	0,599	1	0,59
Suhu C	20	60,003	78,31	156,21	49,665	163,97	164,054	60	60	60

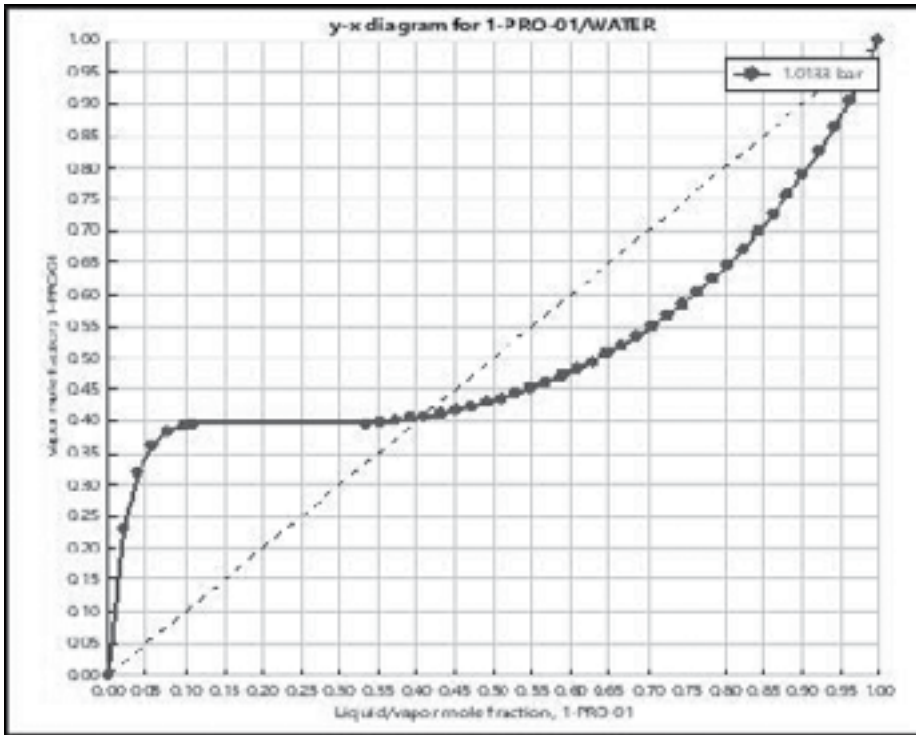
Pada simulasi ini, properti-properti termodinamika untuk semua komponen murni & campuran biner diperoleh dari database Aspen Plus 8.8, sedangkan data awal kondisi operasi & konfigurasi kedua kolom distilasi berbasis pada data dari literature. Data awal kondisi operasi & konfigurasi ini kemudian dianalisis lebih lanjut melalui analisis sensitivitas untuk mendapatkan kondisi optimum pada distilasi ekstraktif 1-propanol-air dengan *entrainer* gliserol. Skema proses simulasi distilasi ekstraktif pemisahan 1-propanol dari air dengan menggunakan *entrainer* gliserol dijelaskan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 *Proses Distilasi Ekstraktif 1-Propanol-air dengan Entrainer Gliserol.*

Kolom distilasi ekstraktif (D1) terdiri dari 50 stage & menggunakan 2 umpan yaitu umpan *entrainer* (gliserol) & umpan campuran azeotrop 1-propanol-air dengan komposisi 40%-mol 1-propanol. *Entrainer* masuk pada stage ke-3, sedangkan umpan azeotrop masuk pada tahap ke-43. Produk atas dari D1 merupakan 1-propanol murni yang telah dipisahkan dari air dengan bantuan *entrainer*. Sedangkan produk bawah merupakan campuran antara air dengan *entrainer* yaitu gliserol yang diumpankan pada *recovery column* (D2) untuk memisahkan *entrainer* gliserol dari air sehingga *entrainer* dapat digunakan kembali di kolom D1.

Pada kolom D1 digunakan tekanan sebesar 7 atm. Penggunaan tekanan 7 atm ini dikarenakan titik azeotrop 1-propanol & air sangat sulit dipisahkan dengan tekanan atmosferik 1 atm. Pada Gambar 5.3, titik azeotrop 1-propanol & air terletak pada fraksi mol sekitar 0,4. Penggunaan tekanan atmosferik 1 atm & penambahan *entrainer* masih belum efektif untuk menggeser titik azeotrop & menghasilkan 1-propanol dengan kemurnian lebih dari 0,995 fraksi mol.



Gambar 5.3 Kurva X-Y Kesetimbangan Uap-Cair 1-Propanol & Air
(Diperoleh Dari Simulasi Aspen 8.8)

Penambahan entrainer dengan perbandingan 1:1 dengan umpan azeotrop tidak mampu memisahkan & menghasilkan kemurnian 1-propanol lebih dari 0,995 fraksi mol (*anhydrous*). Pada 1-propanol yang dihasilkan masih terdapat kandungan air walaupun dalam kuantitas yang kecil. Namun dengan penambahan entrainer (gliserol) yang berlebih (*excess*) dapat meningkatkan kemurnian 1-propanol menjadi *anhydrous*. Tetapi jumlah entrainer yang ditambahkan besar sehingga tidak ekonomis untuk proses produksi.

Oleh karena itu, digunakan tekanan yang melebihi tekanan atmosferik yaitu sebesar 7 atm untuk mendapatkan kemurnian 1-propanol *anhydrous*. Tetapi penggunaan kondisi operasi ini perlu divalidasi apakah layak digunakan untuk simulasi distilasi ekstraktif 1-propanol & air. Validasi dilakukan dengan penggunaan kondisi operasi

sebesar 7 atm untuk memisahkan 1-propanol tanpa penambahan *entrainer*. Pada tekanan tersebut, kemurnian 1-propanol yang diperoleh tetap disekitar titik azeotrop sehingga tekanan 7 atm tidak terlalu berpengaruh pada kemurnian 1-propanol jika tidak ditambah *entrainer* dengan kondisi operasi seperti ditunjukkan pada Tabel 5.5 Setelah dilakukan penambahan *entrainer* pada tekanan 7 atm, kemurnian 1-propanol yang tinggi dapat dihasilkan yaitu 0,997 fraksi mol seperti ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.5 Kondisi Operasi Pada Kolom D1

Item	Keterangan
Jumlah Stage	50
Laju Distilat (Kmol/Jam)	40
Reflux Ratio (Hasil Sensitivitas)	0,33
Stage Masuk Entrainer	3
Stage Masuk Campuran Azeotrop	42
Tekanan (Atm)	7

Tabel 5.6 Kondisi Operasi & Komposisi Pada Kolom D1

Aliran no.3	Mole Flow Kmol/Hr	Mole Frac
1-PRO-01	3.991.704	0,997926
Water	0,078056	0,0011951
GLYCEROL	0,004906	0,000123

Hasil bawah yang merupakan campuran antara air & entrainer (gliserol) dari kolom D1 kemudian diumpankan ke kolom D2 yang merupakan kolom *recovery* untuk memisahkan antara air & gliserol dengan detail kondisi operasi yang dijelaskan dalam Tabel 5.7 Air akan menjadi produk atas, sedangkan gliserol akan menjadi produk bawah. Melalui beberapa *pretreatment* gliserol akan *directcycle* kembali ke kolom D1 sebagai entrainer. Pada Tabel 5.8, gliserol yang dihasilkan dari kolom

D2 mempunyai konsentrasi murni dimana hanya mengandung sedikit air.

Tabel 5.7 Kondisi Operasi Kolom D2

Item	Keterangan
Jumlah Stage	8
Laju Distilat (Kmol/Jam)	100
Reflux Ratio (Hasil Sensitivitas)	3,79
Stage Masuk Entrainer	4
Tekanan (mmHg)	150

Tabel 5.8 Hasil Bottom pada Kolom D2

Aliran 6	Mole Flow Kmol/Hr	Mole Frac
1-PRO-01	1.79×10^{-13}	1.80×10^{15}
Water	2.13×10^{-7}	2.14×10^9
GLYCEROL	99.5646	1

Recycle gliserol akan melewati beberapa *pretreatment* sebelum sampai ke kolom D1 sebagai *entrainer*/pemisah supaya seluruh proses berjalan stabil & *steady*. Gliserol harus melewati *discharge pressure* untuk menaikkan tekanan dari 0,199984 bar menjadi 1,01325 bar supaya kondisi operasi stabil & sesuai saat menjadi umpan masuk di kolom D1. Kemudian akan dilewatkan ke sebuah *heat exchanger* untuk menyesuaikan suhu sesuai suhu umpan masuk pada umpan awal kolom D1. Suhu akan diturunkan dari 233,306 °C menjadi 168 °C.

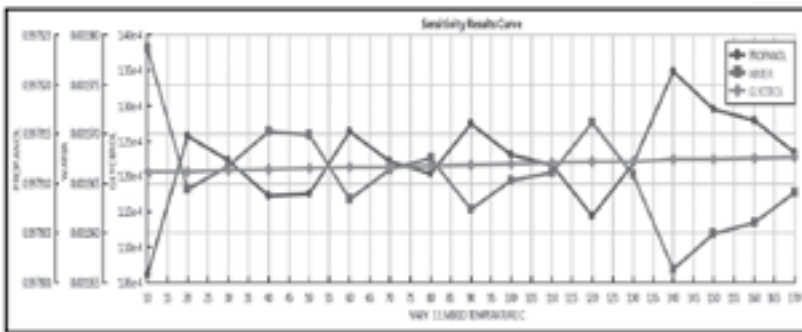
Dari hasil simulasi secara keseluruhan diperoleh data sesuai yang terdapat pada Tabel 5.6. Kemurnian 1-propanol yang sebesar 0,997 fraksi mol sedangkan kandungan air yang diperoleh pada distilat sebesar 0,002 fraksi mol. Untuk entrainer gliserol, secara keseluruhan terdapat pada bagian bawah kolom dengan konsentrasi hampir 1 fraksi mol sehingga dapat dikatakan kemurnian 1-propanol merupakan kemurnian *anhidrat*

& dapat diterapkan dalam sebuah *plant* pabrik. Selain itu, gliserol murni pada kolom *recovery* dapat digunakan kembali sebagai *entrainer* melalui *recycle*,

C.2 Analisis Sensitivitas

C.2.1 Pengaruh Suhu Entrainer terhadap Kadar Kemurnian 1-Propanol yang Dihasilkan

Pada bagian ini dianalisis pengaruh temperatur umpan masuk entrainer terhadap kemurnian 1-propanol. Variabel ini dipilih dengan memvariasikan temperatur antara 10 sampai 170 °C. Profil pengaruh suhu terhadap kemurnian 1-propanol dapat dilihat pada Gambar 5.4.



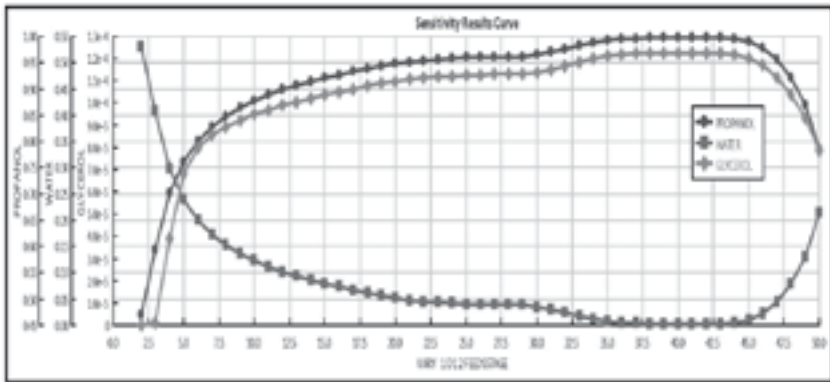
Gambar 5.4 Profil Pengaruh Temperatur Umpan Masuk Entrainer Terhadap Kemurnian 1-Propanol.

Profil tersebut menunjukkan bahwa grafik kemurnian 1-propanol mengalami fluktuasi terhadap perubahan temperatur. Akan tetapi, kemurnian 1-propanol masih berada pada harga sekitar 0,997 fraksi mol & diketahui bahwa kondisi optimum temperatur optimum sebesar 140 °C.

C.2.2 Pengaruh *Feed Stage* Campuran Azeotrop terhadap Kadar Kemurnian 1-Propanol yang Dihasilkan

Posisi *feed stage* campuran azeotrop ditentukan sebagai variabel analisis. Pengujian dilakukan dengan *range* dari *stage* 2 sampai *stage* 50 untuk kemudian dipilih *stage* yang paling optimum sebagai *feed stage*

campuran azeotrop. Profil pengaruh *feed stage* campuran azeotrop terhadap kemurnian 1-propanol dapat dilihat pada Gambar 5.5.



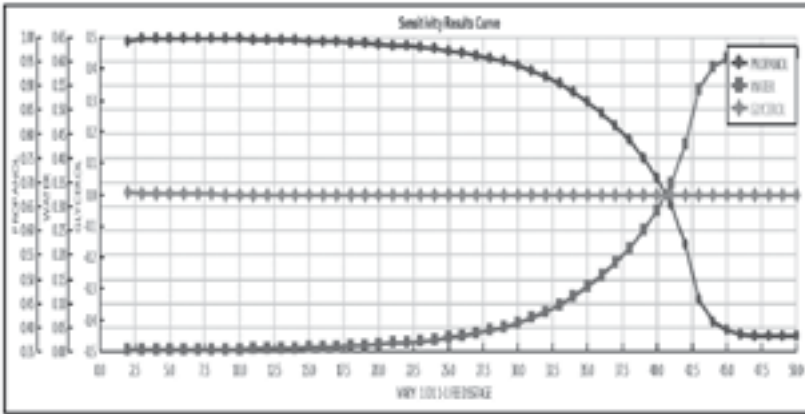
Gambar 5.5 Profil Pengaruh Feed Stage Campuran Azeotrop Terhadap Kemurnian 1-Propanol

Semakin rendah posisi *stage*, kemurnian 1-propanol yang dihasilkan semakin berkurang. Untuk jumlah *stage* yang kurang dari 20, kemurnian 1-propanol akan semakin mengecil. Semakin tinggi *stage*, kemurnian 1-propanol juga meningkat sampai pada *stage* tertentu sehingga kemudian mengalami penurunan kemurnian. Hal ini selaras dengan penelitian Dai dkk., 2014 [15] Berdasarkan hasil simulasi, *stage* paling optimum adalah 41.

C.2.3 Pengaruh Feed Stage Entrainer terhadap Kadar Kemurnian 1-Propanol yang Dihasilkan

Stage umpan masuk *entrainer* pada kolom 1 (D1) dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kemurnian 1-propanol. Profil dapat dilihat pada Gambar 5.6. Variasi yang dilakukan adalah jumlah *Stage* umpan masuk *entrainer*. Untuk lokasi *stage* masuk *entrainer*, variasi dilakukan pada rentang 1–50. Semakin tinggi lokasi masuk *stage* pada kolom, kemurnian 1-propanol yang dihasilkan semakin berkurang, sehingga tidak ekonomis lagi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa saat *entrainer* dimasukkan pada *stage* atas, kemurnian 1-propanol yang

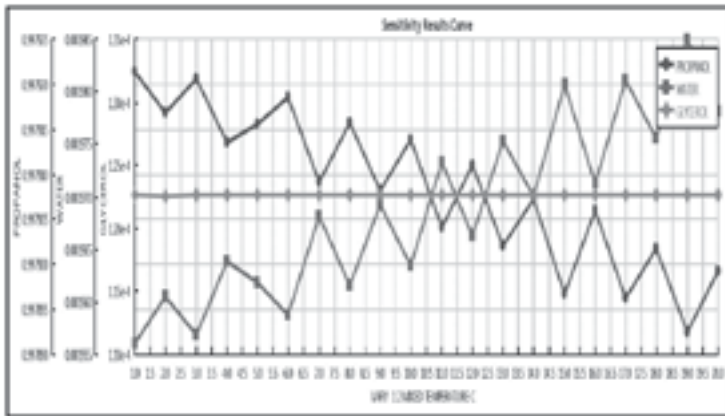
dihasilkan tinggi dikarenakan *entrainer* berkontak secara maksimal dengan campuran azeotrop fasa uap. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Gomez & Gil, 2007 [16]. Berdasarkan hasil analisis, kondisi optimum untuk umpan masuk entrainer yang diperoleh adalah pada posisi stage ke 3-5 dimana memberikan kemurnian 1-propanol paling tinggi.



Gambar 5.6 Profil Pengaruh Feed Stage Entrainer Terhadap Kemurnian 1-Propanol

C.2.4 Pengaruh Suhu Campuran Umpan Azeotrop terhadap Kadar Kemurnian 1-Propanol yang Dihasilkan

Pengaruh suhu campuran azeotrop terhadap kemurnian 1-propanol dianalisis pada bagian ini. Variasi untuk *range* suhu adalah 1-20 °C. Profil temperatur terhadap kemurnian 1-propanol dapat dilihat pada Gambar 5.7.



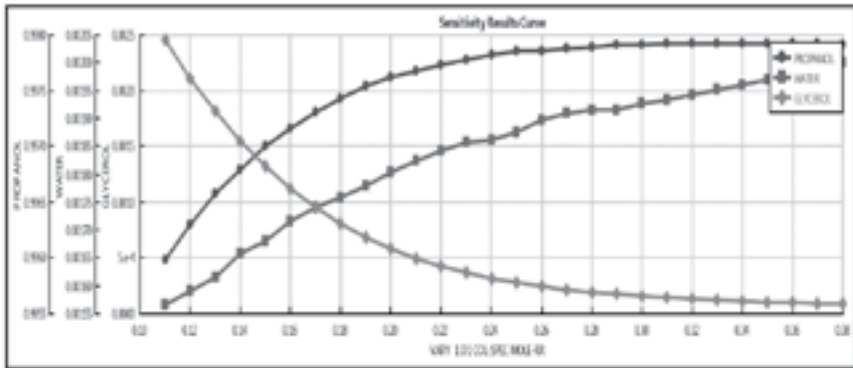
Gambar 5.7 Profil Pengaruh Suhu Umpam Campuran Azeotrop terhadap Kemurnian 1-Propanol.

Dari profil tersebut dapat dilihat bahwa peningkatan suhu campuran azeotrop menghasilkan penurunan terhadap kemurnian 1-propanol pada rentang suhu 1-20 °C . Akan tetapi, penurunan kemurnian tersebut tidak terlalu signifikan karena tidak terdapat air yang ikut ke arah fasa uap, kemurnian 1-propanol masih berada pada sekitar 0,997 fraksi mol. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian Gil dkk., 2013 [3]. Berdasarkan analisis yang dilakukan, kondisi suhu optimum campuran azeotrop sebesar 20 °C.

C.2.5 Pengaruh Variasi *Reflux Ratio* terhadap Kadar Kemurnian 1-Propanol yang Dihasilkan

Kondisi operasi yang divariasikan adalah *reflux ratio*, karena variable ini berpengaruh pada kemurnian 1-propanol yang dihasilkan. Rentang *reflux ratio* yang divariasikan untuk simulasi adalah 0,1 hingga 0,38. Pada profil yang ditunjukkan Gambar 5.8, semakin besar *reflux ratio*, kemurnian 1-propanol semakin meningkat. Namun ketika *reflux ratio* sampai pada angka 0,32 kemurnian 1-propanol yang dihasilkan akan cenderung stabil. Peningkatan tersebut dikarenakan kontak fasa uap &

cair pada kolom distilasi maksimal sesuai penelitian Gil dkk, 2009 [17]. Berdasarkan analisis yang dilakukan, *reflux ratio* optimum adalah pada angka 0,32 dengan kemurnian 1-propanol sebesar 0,99725 fraksi mol.



Gambar 5.8 Profil Pengaruh Variasi Entrainer terhadap Kemurnian 1-Propanol.

C.3 Hasil Optimasi

Optimasi dilakukan untuk memperoleh data paling optimal melalui analisis sensitivitas yang telah dilakukan. Analisis yang dilakukan pada variabel (suhu masuk entrainer, suhu campuran umpan azeotrop, *reflux ratio*, *feed stage* campuran azeotrop, & *feed stage* entrainer) terhadap kemurnian 1-propanol. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh hasil kemurnian 1-propanol tertinggi yaitu sebesar 0,997917 fraksi mol. Pada kondisi optimum yaitu 140 °C untuk suhu umpan campuran azeotrop, 20 °C untuk suhu umpan campuran azeotrope, 0,32 untuk besar refluks rasio, untuk lokasi *feed stage* campuran azeotrop ke-41 & untuk lokasi *feed stage* entrainer di stage ke-3.

D. Kesimpulan

Simulasi distilasi ekstraktif dilakukan pada pemisahan 1-propanol dari air dengan menggunakan gliserol menggunakan Aspen Plus 8.8 Software. Simulasi dilakukan dengan menggunakan model termodinamika UNIQUAC. Kemurnian 1-propanol adalah 0,997

fraksi mol dengan kondisi optimum suhu entrainer 140 °C, *feed stage* campuran azeotrop adalah 41, *feed stage entrainer* ke 3, suhu campuran umpan azeotrop pada 20 °C, dengan *reflux ratio* 0,32.

E. Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih atas pendanaan penelitian dari Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang melalui Dana DIPA Fakultas Tahun 2021 Nomor: DIPA-023.17.2.677507/2021.

F. Daftar Pustaka

- 1 Fitriyatus A, Fauzi A, Juanda B. (2018). Prediction Offuel Supply & Consumption In Indonesia With System Dynamics Model. *J Ekon & Pambang Indones* 17:118–37.
- 2 Gil ID, Uyazán AM, Aguilar JL, Rodríguez G, Caicedo LA. (2008). Separation Of Ethanol & Water By Extractive Distillation With Salt & Solvent As Entrainer: Process Simulation. *Brazilian J Chem Eng* 25:207–15. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322008000100021>.
- 3 Gil ID, García LC, Rodríguez G. (2014). Simulation Of Ethanol Extractive Distillation With Mixed Glycols As Separating Agent. *Brazilian J Chem Eng* 31:259–70. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322014000100024>.
- 4 Bayrakci AG, Koçar G. (2014). Second-Generation Bioethanol Production From Water Hyacinth & Duckweed In Izmir: A Case Study. *Renew Sustain Energy Rev* 30:306–16. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.011>.
- 5 Hartanto D, Handayani PA, Sutrisno A, Anugrahani VW, Mustain A, Khoiroh I. (2019). Isopropyl Alcohol Purification Through Extractive Distillation Using Glycerol As An Entrainer: Technical Performances Simulation & Design. *J Bahan Alam Terbarukan*;8:133–43. <https://doi.org/10.15294/jbat.v8i2.23477>.

- 6 Hartanto D, Sammadikun W, Astuti W, Pradnya I, Kusumaningrum M, Wulansarie R, Et Al. (2020). Ethylene Glycol As An Entrainer In The Extractive Distillation Of Acetonitrile + Water. *System: Simulation*. <https://doi.org/10.4108/Eai.29-6-2019.2290430>.
- 7 Rodriguez NR, Kroon MC. Isopropanol Dehydration Via Extractive Distillation Using Low Transition Temperature Mixtures As Entrainers. *J Chem Thermodyn* 2015;85:216–21. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2015.02.003>.
- 8 Dai C, Lei Z, Xi X, Zhu J, Chen B. (2014). Extractive Distillation With A Mixture Of Organic Solvent & Ionic Liquid As Entrainer. *Ind Eng Chem Res* 53:15786–91. <https://doi.org/10.1021/ie502487n>.
- 9 Taha M, Teng HL, Lee MJ. (2012). The Buffering-Out Effect & Phase Separation In Aqueous Solutions Of EPPS Buffer With 1-Propanol, 2-Propanol, Or 2-Methyl-2-Propanol At T = 298.15 K. *J Chem Thermodyn* 47:154–61. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2011.10.024>.
- 10 Lei Z, Zhang J, Chen B. (2002). Separation Of Aqueous Isopropanol By Reactive Extractive Distillation. *J Chem Technol Biotechnol*;77:1251–4. <https://doi.org/10.1002/jctb.700>.
- 11 Sazonova AY, Raeva V. (2015). Recovery Of Acetonitrile From Aqueous Solutions By Extractive Distillation – Effect Of Entrainer. *Int J Chem Mol Nucl Mater Metall Eng* 9:288–91.
- 12 Zhang L, Wang W, Zhu X, Zhang Z. (2016). Experimental Measurement & Modeling Of Vapor-Liquid Equilibrium For The Ternary System Water + 1-Propanol + Glycerol. *J Chem Eng Data* 61:1637–44. <https://doi.org/10.1021/acs.jced.5b01015>.
- 13 Aziz I, Nurbayti S, Luthfiana F. (2008). Pemurnian Gliserol Dari Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Menggunakan Bahan Baku Minyak Goreng Bekas. *J Kim Val* 1. <https://doi.org/10.15408/jkv.v1i3.226>.

- 14 Setyawardani DA. (2012). Pemurnian Gliserol Dari Hasil Samping Pembuatan Biodiesel. *Ekuilibrium* 11:13–7. <https://doi.org/10.20961/ekuilibrium.v11i1.2196>.
- 15 Dai C, Lei Z, Xi X, Zhu J, Chen B. (2014). Extractive Distillation With A Mixture Of Organic Solvent & Ionic Liquid As Entrainer. *Ind. Eng. Chem. Res.* 53: 15786–15791. <https://doi.org/10.1021/ie502487n>
- 16 Gómez P & Gil I. (2006). Simulation Of The Tetrahydrofuran Dehydration Process By Extractive Distillation In Aspen Plus. *Proceedings Of European Congress Of Chemical Engineering (ECCE-6) Copenhagen* 16-20
- 17 Gil I, Botía D. C., Ortiz P., Sánchez O. F. (2019). Extractive Distillation Of Acetone/Methanol Mixture Using Water As Entrainer. *Ind. Eng. Chem. Res.* 48: 10, 4858–4865. <https://doi.org/10.1021/ie801637h>

BAB 6

ANALISIS SENSITIVITAS SIMULASI BIOETANOL DARI MIKROALGA DENGAN PROSES PRESSURE SWING DISTILLATION

Bayu Triwibowo, Anwar Hasan Mujaddid, Muhammad Salman Alfarisi,
Ratna Dewi Kusumaningtyas, Nadya Alfa Cahaya Imani, Isna Rahmatul
Laili, Haniif Prasetiawan

Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas
Negeri Semarang, Semarang, Indonesia, Tel: +6285786760856,
e-mail:haniifprasetiawan@gmail.com

Abstrak

Energi merupakan salah satu parameter penting dalam pembangunan sosial & ekonomi suatu negara, sehingga diperlukan adanya upaya pencarian energi alternatif terbarukan yang mampu memasok kebutuhan energi dalam negeri yang ramah lingkungan. Pembuatan bioetanol sebagai bahan bakar nabati merupakan salah satu cara untuk menekan penggunaan bahan bakar fosil. Salah satu biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol adalah mikroalga. Mikroalga merupakan bahan baku ideal karena menghasilkan biomassa yang tinggi & tidak bersaing dengan tanaman pertanian untuk sumber daya lahan & air. Dalam proses produksinya, bioetanol yang dihasilkan belum memenuhi kriteria untuk digunakan sebagai bahan bakar

bermotor. Proses pemurnian menggunakan *Pressure Swing Distillation* (PSD) merupakan salah satu metode paling efektif dalam proses pemurnian bioetanol dengan menggunakan perbedaan tekanan pada kolom-kolom distilasinya. *Software Aspen Plus V10* digunakan untuk melakukan simulasi proses secara keseluruhan. Parameter utama yang mempengaruhi proses distilasi meliputi tekanan, refluks rasio, lokasi *feed stage*, & jumlah *stage* teoritis. Oleh karena itu keempat parameter ini yang akan dianalisis pengaruhnya terhadap proses pemurnian bioetanol dari mikroalga. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan kemurnian bioetanol 0,999 dengan beban kondensor & beban reboiler kolom LP berturut-turut sebesar -79,931 kW & 667,651 kW; & beban kondensor & beban reboiler kolom HP berturut-turut sebesar -47,627 kW & 57,698 kW.

Kata Kunci: bioetanol; mikroalga; pressure swing distillation; sensitivitas; simulasi

A. Pendahuluan

Perkembangan energi terbarukan saat ini sangat diperlukan guna memenuhi pasokan kebutuhan bahan bakar minyak. Energi merupakan salah satu parameter penting dalam pembangunan sosial & ekonomi suatu negara. Saat ini, energi dari bahan bakar fosil yang menjadi bahan bakar utama untuk memenuhi kebutuhan energi dunia. Penggunaan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui secara konsumtif dapat menyebabkan penipisan sumber daya alam serta mengakibatkan dampak negatif pada ekosistem karena emisi gas polutan yang dihasilkan[1]. Dengan demikian, diperlukan adanya upaya pencarian energi alternatif terbarukan yang mampu memasok kebutuhan energi dalam negeri yang ramah lingkungan.

Pembuatan bioetanol sebagai bahan bakar nabati merupakan salah satu cara untuk menekan penggunaan bahan bakar fosil. Bioetanol merupakan etanol yang berasal dari biomassa terutama biomassa yang

mengandung glukosa & selulosa[2]. Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar baik dalam bentuk murni maupun sebagai campuran premium[3]. Sebagai bahan campuran premium, bioetanol memiliki peran diantaranya dapat berfungsi sebagai aditif yang dapat meningkatkan bilangan oktan yang berakibat pada peningkatan mutu bahan bakar, serta kandungan oksigen yang tinggi didalam bioetanol dapat meningkatkan fungsi pembakaran dalam mesin, sehingga mesin kendaraan bekerja lebih optimal & memiliki akselerasi & tenaga yang lebih tinggi [4]. Salah satu biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol adalah mikroalga. Mikroalga mejadi alternatif bahan baku pembuatan bioetanol setelah komoditas nira, ataupun singkong[5].

Mikroalga merupakan bahan baku ideal karena menghasilkan biomassa yang tinggi & tidak bersaing dengan tanaman pertanian untuk sumber daya lahan & air. Mikroalga dapat ditemukan & tumbuh di air laut, air asin, & bahkan limbah kota[6]. Berikut merupakan kandungan pati berbagai jenis mikroalga:

Tabel 6.1 Kandungan Pati Mikroalga untuk Produksi Bioetanol

Jenis Alga	% Pati (g/berat kering)
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	45,0
<i>Chlorella vulgaris</i>	37,0
<i>Chlorella sp.</i>	21,5
<i>Scenedesmus sp.</i>	20,4
<i>Nostoc sp.</i>	32,9
<i>Oscillatoria sp.</i>	19,3
<i>Synechococcus sp.</i>	15,0
<i>Chlorococcum sp.</i>	26,0
<i>N. marculiforme</i>	30,1
<i>Oscillatoria sp.</i>	19,3
<i>O. okenii</i>	8,1
<i>N. muscorum</i>	33,5

[7]



Mikroalga dipilih sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol karena memiliki kandungan pati yang relatif tinggi, serta kemampuan adaptasi & pertumbuhannya yang tergolong cepat. Dari beberapa pertimbangan tersebut, maka digunakan mikroalga *Chlamydomonas reinhardtii* karena memiliki kandungan pati yang tinggi, serta sebagai parameter dalam menentukan komposisi mikroalga yang akan digunakan sebagai komponen dari umpan masuk simulasi.

Dalam proses produksinya, industri bioetanol sebagian besar menggunakan proses fermentasi dalam menghasilkan produk dengan konsentrasi etanol 8-12%. Bioetanol dapat diproduksi melalui proses fermentasi biomassa & distilasi sederhana. Pada proses ditilasi etanol-air, terdapat titik azeotrop yang sulit dicapai menjadi etanol murni (99,5%) melalui proses distilasi sederhana [8]. Beberapa proses pemurnian etanol digunakan agar dapat melampaui titik azeotropnya, seperti distilasi ekstraktif, teknologi membran, distilasi adsorptif & *Pressure Swing Distillation* (PSD) [9]–[12].

Pada metode distilasi ekstraktif, proses distilasi memerlukan entrainer yang berperan untuk mengubah volatilitas relatif komponen kunci. Hal inilah yang menjadi kelemahan dari metode distilasi ekstraktif. Entrainer yang digunakan dalam metode distilasi ekstraktif meliputi garam terlarut, cairan ionik, & senyawa seperti benzena, n-pentana, sikloheksana, heksana, heptana, aseton, isooktana, polimer & dietil eter [10], [12], [13]. Kelemahan dari metode distilasi ekstraktif adalah harga entrainer yang mahal, ketergantungan dengan bahan karsinogen, konsumsi energi yang tinggi, serta biaya modal yang tidak sedikit [13].

Teknologi membran merupakan metode pemisahan campuran etanol-air untuk melampaui titik azeotropnya. Dalam pengaplikasiannya, menggunakan membran sebagai *barrier* yang bersifat selektif, di mana membran ini berfungsi memisahkan komponen diantara 2 fasa sehingga hanya komponen tertentu yang dapat menembus membran, sedangkan komponen lainnya tertahan didalam membran. Kelemahan metode

teknologi membran yaitu, pada konsentrasi air yang tinggi, pemisahan kurang optimal serta biaya implementasi yang mahal[14].

Metode distilasi adsorptif merupakan metode untuk memurnikan campuran yang secara simultan uap campuran hasil distilasi diadsorpsi menggunakan *molecular sieve*[15]. *Molecular sieve* merupakan material sintesis yang berpori & memiliki ukuran seragam yang digunakan sebagai adsorben gas & cairan. *Molecular sieve* berbeda dengan penyaringan secara umum yang digunakan untuk menyaring molekul pada tingkatan tertentu[15]. Dalam penerapannya, distilasi adsorptif memerlukan regenerasi secara berkala, dengan pemanasan pada kondisi vakum, serta pembersihan yang rutin[16].

PSD merupakan metode pemisahan etanol-air dengan menggunakan tekanan yang berbeda pada kondisi distilasi. Tekanan yang berbeda dimaksudkan untuk memurnikan suatu campuran dengan kadar melewati titik azeotropnya. Pada sistem distilasi ini, distilasi dilakukan secara bertahap menggunakan dua kolom distilasi yang beroperasi pada tekanan yang berbeda[10]. Kelemahan dari metode ini adalah harus mengetahui perbedaan tekanan pada dua kolom tersebut[17].

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pemurnian bioetanol dari mikroalga menggunakan metode PSD menggunakan *software Aspen Plus V10* melalui analisis sensitivitas untuk mengetahui kondisi operasi & konfigurasi kolom distilasi optimum yang menghasilkan kemurnian etanol yang tinggi sesuai spesifikasi bahan bakar (*fuel grade ethanol*).

B. Metode

Penelitian ini berbentuk simulasi dengan *software* berbasis desain proses, Aspen Plus V10. Skema desain ini memiliki ide dasar di mana bioetanol yang dihasilkan tanpa proses pemurnian, masih memiliki 3 komponen utama yaitu CO₂, air, & etanol. Sedangkan dalam proses penggunaannya, hanya bioetanol dengan kadar air kurang dari 0,2

vol% untuk mencegah korosi pada interior mesin [18]. Model propertis NRTL dipilih untuk memprediksi VLE (*Vapor Liquid Equilibrium*) sistem etanol / air. Data eksperimen spesifikasi proses yang digunakan berdasarkan penelitian Battisti et al. [19] untuk tahap penyelidikan awal dengan kondisi jumlah *stage* teoritis kolom *Low Pressure* (LP) adalah 39, refluks rasio 2,126, *fresh feed stage* 23, *recycle* 13, tekanan atmosfer; Kolom *High Pressure* (HP) dengan jumlah *stage* teoritis adalah 42, rasio refluks 1,669, *feed stage* adalah 13, tekanan sebesar 10 atm. Parameter utama yang mempengaruhi proses distilasi meliputi tekanan, refluks rasio, lokasi *feed stage*, & jumlah *stage* teoritis. Oleh karena itu keempat parameter ini yang akan dianalisis pengaruhnya terhadap proses pemurnian bioetanol dari mikroalga. Batas rentang optimasi variabel ditentukan sebagai berikut: tekanan kolom LP ($0,1 \text{ atm} \leq P1 \leq 1 \text{ atm}$) & HP ($10 \text{ atm} \leq P2 \leq 14 \text{ atm}$), refluks rasio kolom LP & HP ($0,1 \leq RR \leq 3$), jumlah *stage* kolom LP ($12 \leq NT1 \leq 39$) & HP ($12 \leq NT2 \leq 42$), *fresh feed stage* kolom LP ($13 \leq NF1 \leq 28$), *recycle feed* kolom LP ($5 \leq NR \leq 28$), *feed stage* kolom HP ($2 \leq NF2 \leq 41$).

C. Hasil & Pembahasan

C.1 Simulasi Pendahuluan

C.1.1 Reaktor

Konsentrasi etanol sebagai umpan masuk diambil dari penelitian yang telah mempertimbangkan proses fermentasi gula. Moncada et al. [20] menunjukkan bahwa bir dari *biorefinery* tebu mengandung 7 sampai 10% berat etanol, sementara Huang et al. [21] mengemukakan bahwa konsentrasi etanol dalam kaldu dari fermentor terletak antara 5 sampai 12% berat. Dalam penelitian ini, didapatkan aliran keluar fermentor yang akan digunakan sebagai umpan yang masih terdiri dari berbagai komponen yang terdiri dari 4 wt% etanol, 92 wt% air, & komponen lain dalam jumlah sedikit ($\leq 1 \text{ wt%}$). Prosesnya dirancang untuk menghasilkan $>99,8 \text{ wt%}$.

C.1.2 Pressure Swing Distillation

Parameter utama yang mempengaruhi proses distilasi meliputi tekanan, refluks rasio, lokasi *feed stage*, & jumlah *stage* teoritis. Oleh karena itu keempat parameter ini yang akan dianalisis pengaruhnya terhadap proses pemurnian bioetanol dari mikroalga. Pada tahap penyelidikan awal data spesifikasi yang digunakan berdasarkan penelitian Battisti et al. [19] dengan kondisi jumlah *stage* teoritis kolom LP adalah 39, refluks rasio 2,126, *fresh feed stage* 23, *recycle* 13, tekanan atmosfer; Kolom HP dengan jumlah *stage* teoritis adalah 42, rasio refluks 1,669, *feed stage* adalah 13, tekanan sebesar 10 atm. Tabel 6.2 menunjukkan perbandingan hasil verifikasi tahap penyelidikan awal berdasarkan literatur & pada penelitian ini.

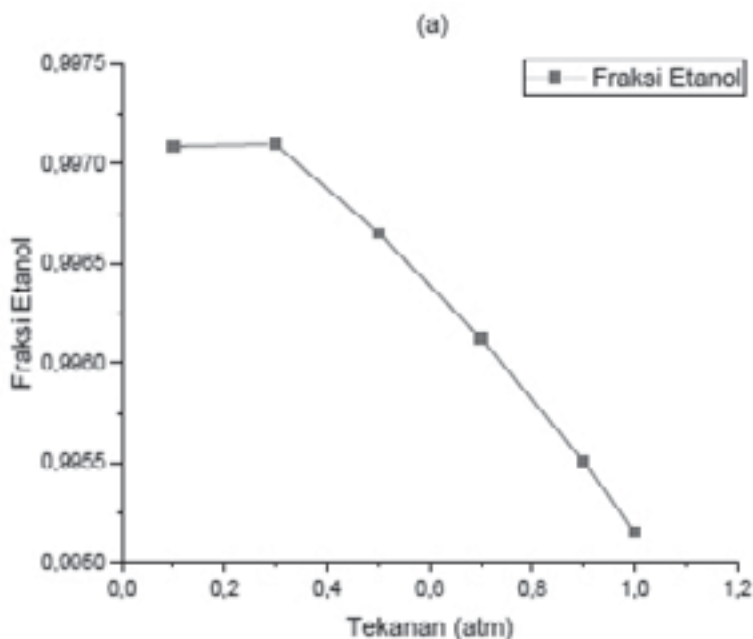
C.2 Analisis Sensitivitas Kolom LP

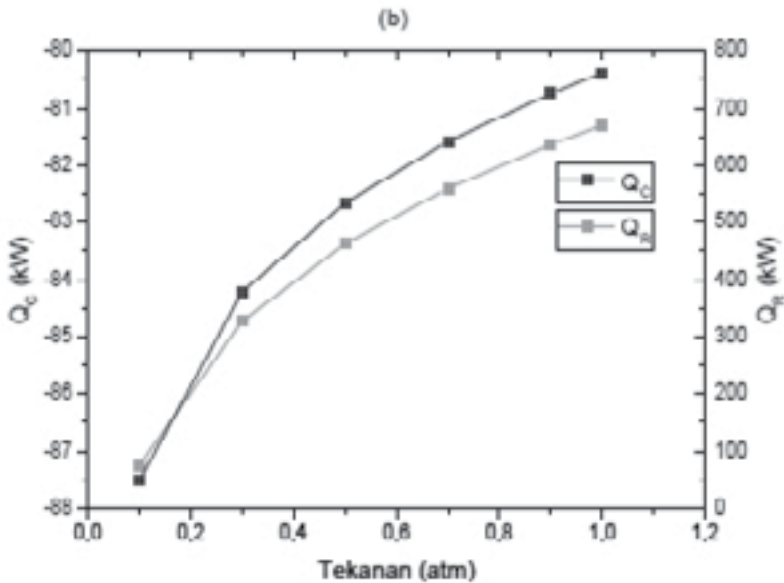
C.2.1 Pengaruh Tekanan terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler

Pada Gambar 6.1 menunjukkan tekanan berpengaruh terhadap kemurnian etanol yang dihasilkan. Pada kolom LP variasi tekanan yakni dari tekanan vakum hingga tekanan atmosfer dengan kemurnian yang semakin menurun dengan titik puncak pada tekanan 0,3 atm, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Huang et al. [22] yang menunjukkan terjadinya penurunan kemurnian setelah mencapai titik puncak. Sedangkan pengaruh tekanan terhadap beban kondensor mengalami penurunan & beban reboiler mengalami kenaikan seiring dengan terjadinya peningkatan tekanan.

Tabel 6.2 Perbandingan Hasil Simulasi Proses Penyelidikan Awal

Item	Hasil Literatur ¹	Hasil Penelitian
Kolom LP		
Komposisi produk atas (etanol/ air)	0,851/0,149	0,864/0,136
Komposisi produk bawah (etanol/ air)	0,005/0,995	0,044/0,920
Beban kondensor (kW)	3.456,1	-80,388
Beban reboiler (kW)	2.785,1	669,794
Kolom HP		
Komposisi produk atas (etanol/ air)	0,815/0,185	0,850/0,150
Komposisi produk bawah (etanol/ air)	0,996/0,004	0,995/0,005
Beban kondensor (kW)	1.949,6	-50,783
Beban reboiler (kW)	2.236,0	59,018

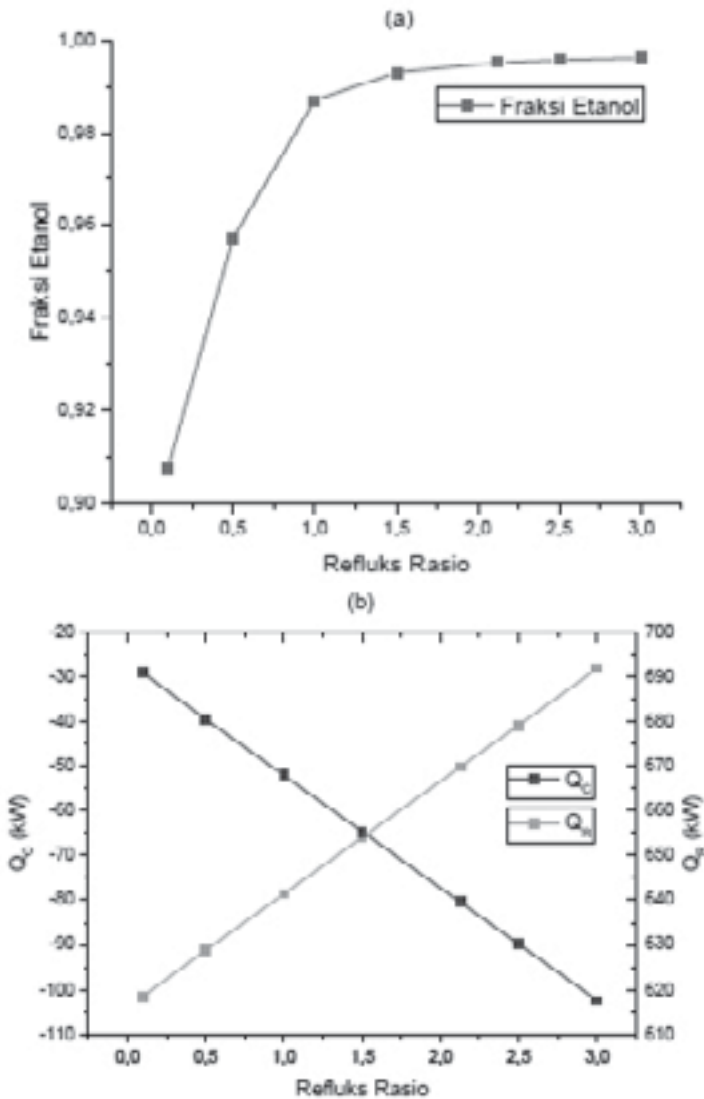
¹[19]



Gambar 6.1 Pengaruh Tekanan terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensator & Beban Reboiler pada Kolom LP

C.2.2 Pengaruh Refluks Rasio terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensator, & Beban Reboiler

Perubahan nilai refluks rasio pada kolom LP berpengaruh terhadap kemurnian, semakin tinggi nilai refluks rasio menghasilkan kemurnian yang semakin tinggi. Sedangkan terhadap beban kondensator & beban reboiler, variasi refluks rasio menyebabkan kenaikan beban kondensator & beban reboiler. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Huang et al. [22] yang menunjukkan terjadinya peningkatan kemurnian etanol, beban kondensator, & beban reboiler dengan meningkatnya nilai refluks rasio. Pada penelitian ini, nilai refluks rasio kolom LP yang digunakan yaitu sebesar 2,126 karena nilai refluks rasio di atas tersebut tidak menunjukkan perubahan kemurnian etanol yang signifikan sedangkan beban kondensator & beban reboiler berpengaruh signifikan.

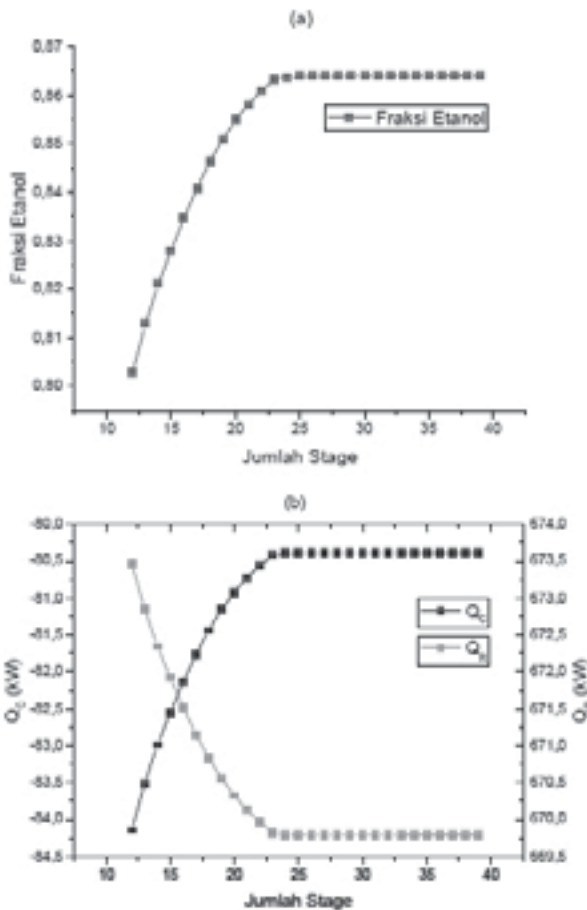


Gambar 6.2 Pengaruh Refluks Rasio terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom LP

C.2.3 Pengaruh Jumlah *Stage* terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler

Pada Gambar 6.3 menunjukkan pengaruh jumlah *stage* terhadap kemurnian etanol, beban kondensor, & beban reboiler menunjukkan pengaruh yang signifikan hingga jumlah *stage* 23. Pengaruh jumlah

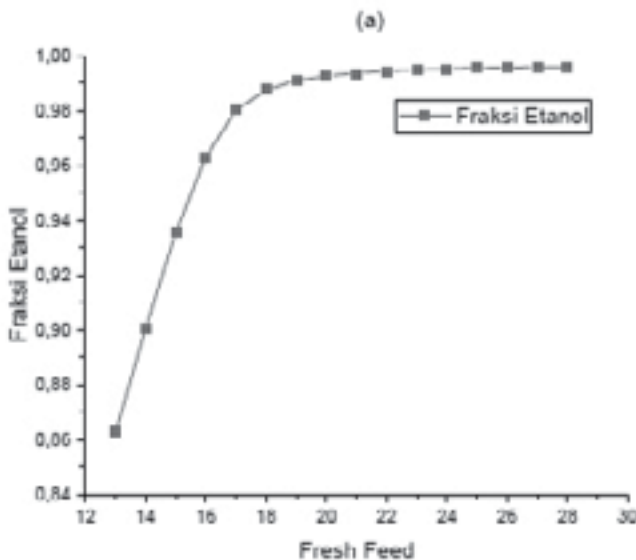
stage destilasi umpan berpengaruh signifikan terhadap kebutuhan energi kondensor & reboiler, & karenanya merupakan variabel keputusan penting dalam optimasi[24]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Battisti et al. [19] menyatakan bahwa PSD yang dioptimalkan menunjukkan peningkatan jumlah *stage* dibandingkan dengan yang tidak dioptimalkan yang akan mengkompensasi beban panas di reboiler untuk mendapatkan kemurnian yang sama seperti yang diperlukan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilih jumlah *stage* optimum yaitu sebesar 29 (termasuk kondensor & reboiler) yang menunjukkan tidak terjadinya perubahan pada kemurnian etanol, beban kondensor, & beban reboiler.

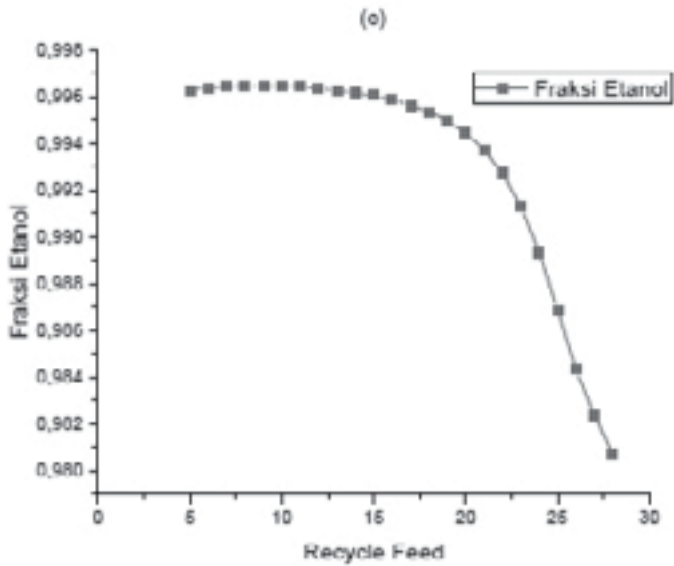
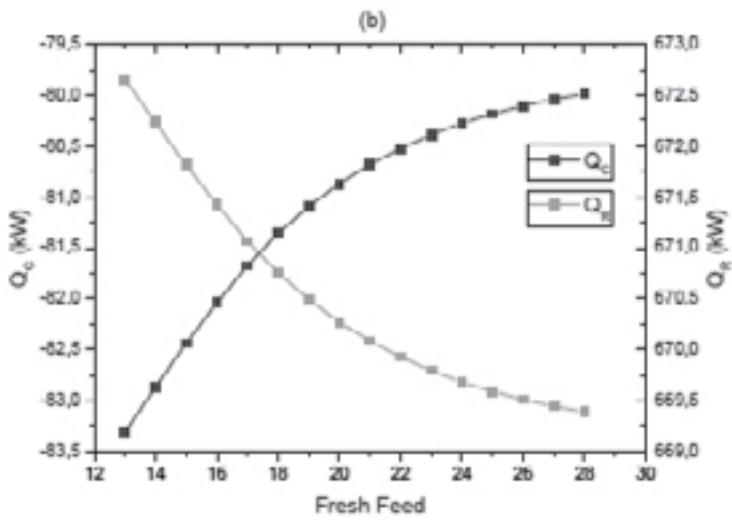


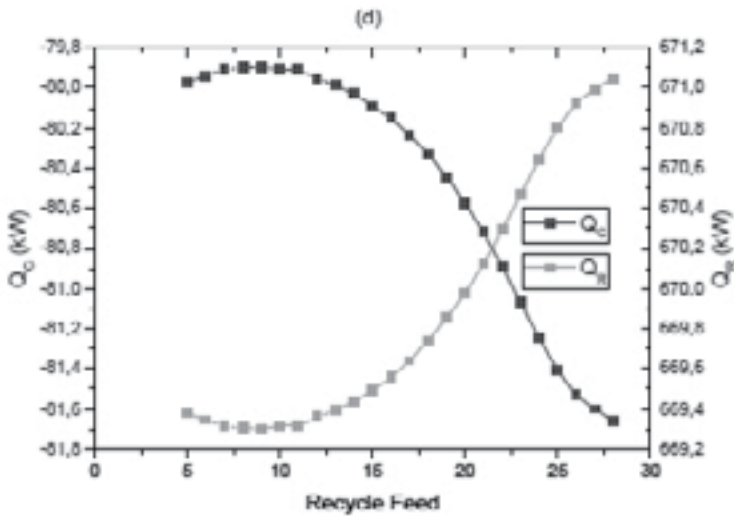
Gambar 6.3 Pengaruh Jumlah Stage terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom LP

C.2.4 Pengaruh *Feed Stage* terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler

Pada Gambar 6.4 menunjukkan pengaruh *fresh feed stage* (a & b) & *recycle feed stage* (c & d) yang signifikan terhadap kemurnian etanol, beban kondensor, & beban reboiler pada kolom LP. Pada variasi *fresh feed stage* dengan variabel tetap *recycle feed stage* sehingga tidak berpengaruh. Didapatkan *fresh feed stage* optimum pada *stage* 28. Kemudian melakukan optimasi *recycle feed stage* dengan *fresh feed stage* sebagai variabel tetap. *Recycle feed stage* optimum terdapat pada *stage* 9 dengan kemurnian sebesar 0,996, beban kondensor sebesar -79,896 kW & beban reboiler sebesar 669,303 kW. Tinggi rendahnya posisi umpan akan menyebabkan peningkatan konsumsi energi menara distilasi & kemurnian produk yang dihasilkan [22], [23].





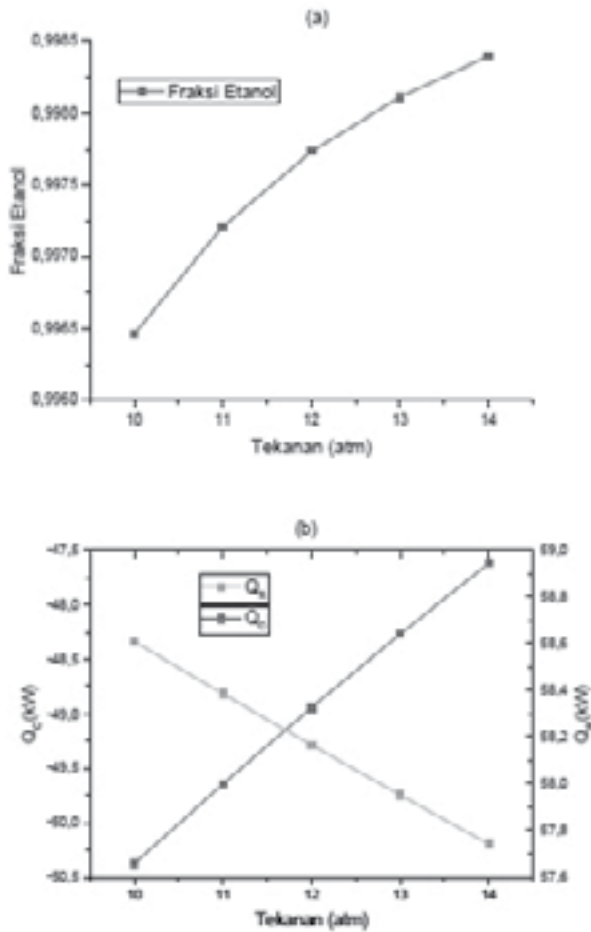


Gambar 6.4 Pengaruh Feed Stage terhadap Kemurnian Etanol pada (a) Fresh Feed Kolom LP (c) Recycle Kolom LP; & Beban Kondensator & Beban Reboiler pada (b) Fresh Feed Kolom LP (d) Recycle Kolom LP

C.3 Analisis Sensitivitas Kolom HP

C.3.1 Pengaruh Tekanan terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensator, & Beban Reboiler

Pada Gambar 6.5 menunjukkan pengaruh tekanan terhadap kemurnian etanol, beban kondensator & beban reboiler pada kolom HP. Peningkatan tekanan kolom HP dari 10-14 atm meningkatkan kemurnian etanol yang dihasilkan dengan beban kondensator & beban reboiler semakin berkurang. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Luyben [25], semakin besar perbedaan tekanan, semakin besar pergeseran komposisi azeotropik & semakin rendah laju alir daur ulang & konsumsi energi yang dihasilkan.

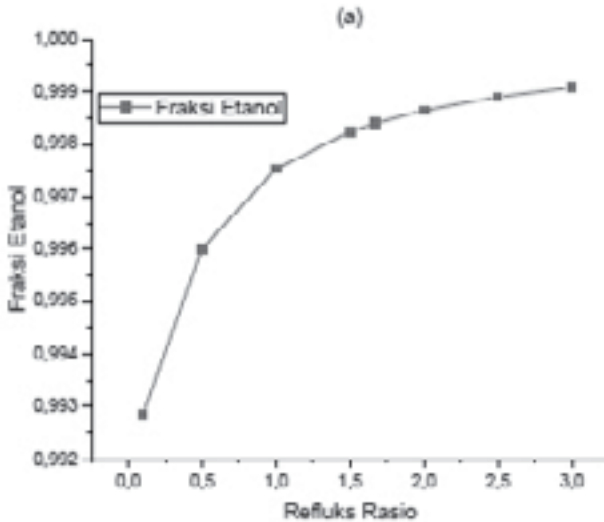


Gambar 6.5 Pengaruh Tekanan terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler pada Kolom HP

C.3.2 Pengaruh Refluks Rasio terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler

Pengaruh nilai refluks rasio pada kolom HP berpengaruh terhadap kemurnian, semakin tinggi nilai refluks rasio menghasilkan kemurnian yang semakin tinggi. Sedangkan terhadap beban kondensor & beban reboiler, variasi refluks rasio menyebabkan kenaikan beban kondensor & beban reboiler. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Huang et al. [22]. Pada penelitian ini, nilai refluks rasio kolom HP yang

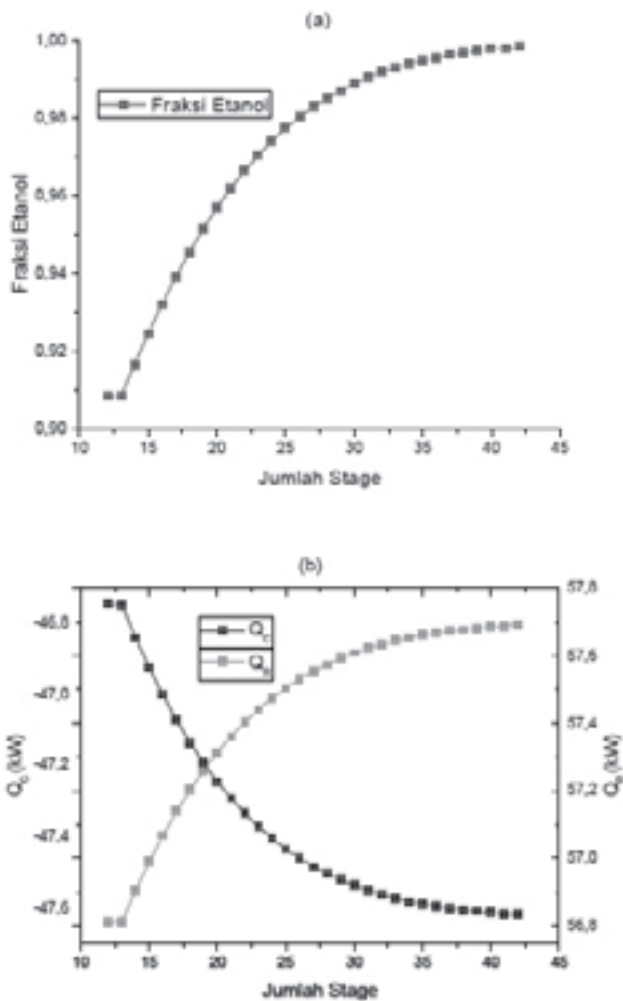
digunakan yaitu sebesar 1,669 karena nilai refluks rasio di atas tersebut menunjukkan perubahan yang signifikan pada beban kondensor & beban reboiler.



Gambar 6.6 Pengaruh Refluks Rasio terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom HP

C.3.3 Pengaruh Jumlah *Stage* terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler

Berdasarkan Gambar 6.7, variasi jumlah *stage* terhadap kemurnian etanol, beban kondensor, & beban reboiler menunjukkan pengaruh yang signifikan hingga jumlah *stage* 42, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Battisti et al. [19] & Loy et al. [24]. Didapatkan konfigurasi optimum jumlah *stage* kolom HP yaitu sebesar 42 (termasuk kondensor & reboiler).

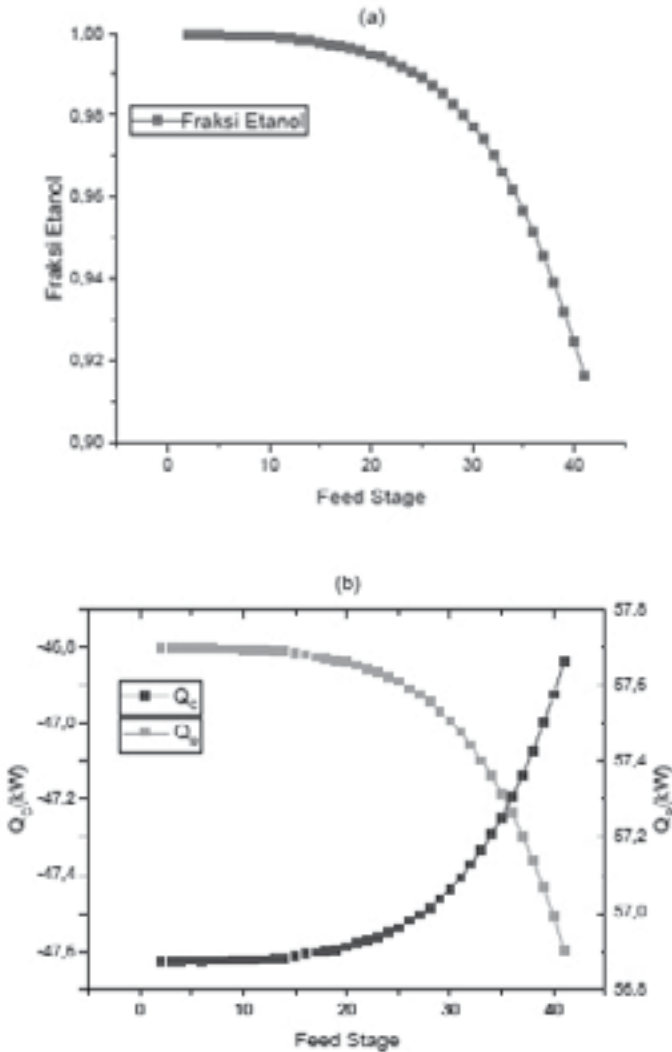


Gambar 6.7 Pengaruh Jumlah Stage terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom HP

C.3.4 Pengaruh *Feed Stage* terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler

Pada Gambar 6.8 menunjukkan pengaruh *feedstage* terhadap kemurnian etanol, beban kondensor, & beban reboiler pada kolom HP dengan kondisi operasi & jumlah *stage* sebesar 42 sebagai variabel tetap sehingga tidak mempengaruhi sistem.

Variasi *feed stage* menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kemurnian etanol, beban kondensor, & beban reboiler, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Huang et al. [22] & Yang et al. [23]. Didapatkan posisi umpan terbaik kolom HP pada *stage* 7 dengan kemurnian etanol sebesar 0,999, beban kondensor sebesar -47,627 kW, & beban reboiler sebesar 57,698 kW.



Gambar 6.8 Pengaruh *Feed Stage* terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler Kolom HP

C.4 Kondisi Optimum Parameter Sistem *Pressure Swing Distillation*

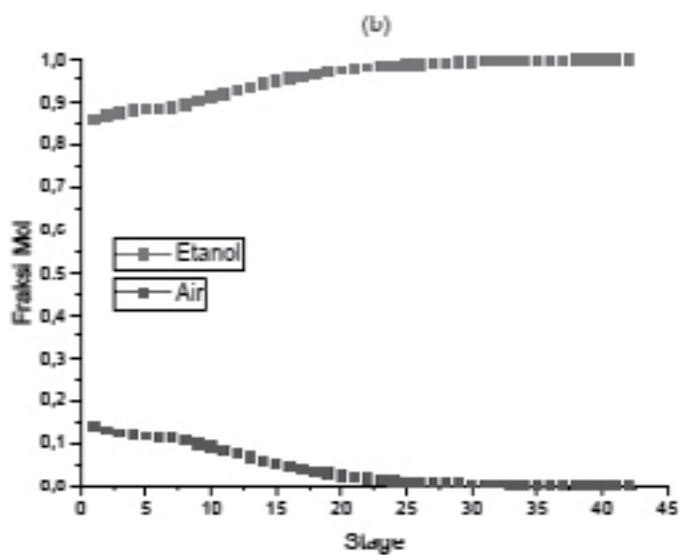
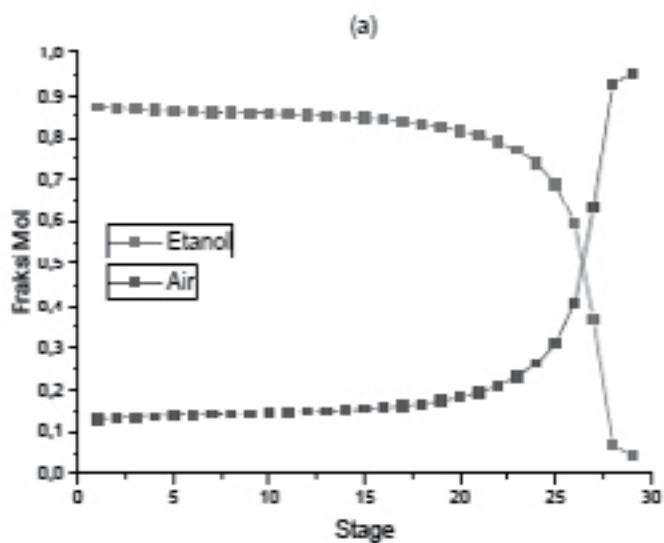
Berdasarkan hasil analisis sensitivitas sistem PSD parameter operasi optimum yang dapat dilihat pada Tabel 6.3. Berdasarkan parameter tersebut didapatkan profil data komposisi etanol-air pada kolom LP & HP; & profil data temperatur pada kolom LP & HP, yang ditunjukkan pada Gambar 6.9.

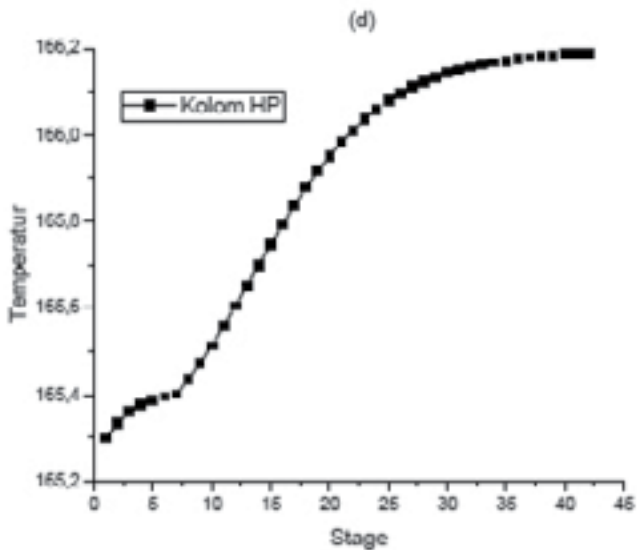
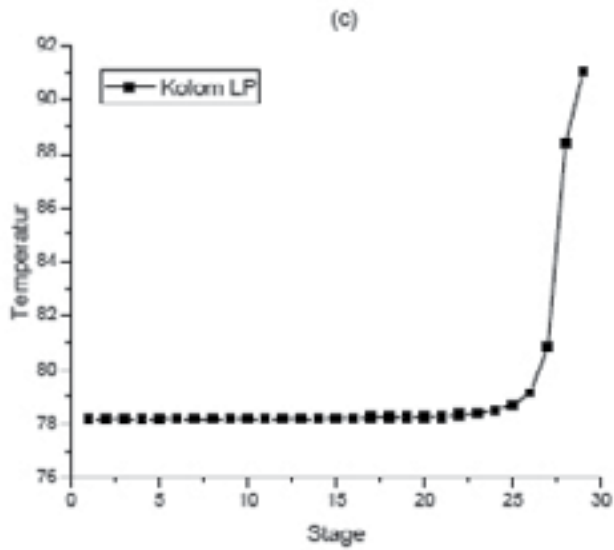
Tabel 6.3 Kondisi Optimum Parameter Sistem PSD

Kolom Distilasi	Jumlah Stage	Feed Stage	Refluks rasio	Tekanan
LP	29	28 ¹ & 9 ²	2,126	1 atm
HP	42	7	1,669	14 atm

¹*Fresh feed stage* & ²*Recycle feed stage*

Pada Gambar 6.9a & 6.9b terlihat pengaruh komposisi etanol-air pada setiap *stage* kolom LP & HP. Sedangkan pada Gambar 6.9c & 6.9d menunjukkan variasi suhu setiap *stage* kolom LP & HP. Variasi suhu yang besar dari *stage* ke *stage* menunjukkan wilayah di mana komposisi (air atau etanol) berubah secara signifikan[26]. Ada peningkatan suhu yang terjadi di dekat bagian bawah kolom LP karena air terkonsentrasi di dekat 100°C. Dalam kolom HP, titik didih azeotrop minimum ditarik di bagian atas kolom, karena etanol anhidrat yang dimurnikan memiliki suhu yang lebih tinggi daripada campuran azeotropik & keluar di bagian bawah kolom.





Gambar 6.9 *Profil Komposisi Etanol-Air & Beban Reboiler (a) Kolom LP (b) Kolom HP; Profil Temperatur (c) Kolom LP (d) Kolom HP*

D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa proses simulasi pemurnian bioetanol dari mikroalga menggunakan *software* Aspen Plus V10 menghasilkan kemurnian tertinggi sebesar 0,999 dengan beban kondensor & beban reboiler kolom LP berturut-turut sebesar -79,931 kW & 667,651 kW; & beban kondensor & beban reboiler kolom HP berturut-turut sebesar -47,627 kW & 57,698 kW. Pengaruh tekanan berpengaruh signifikan terhadap kemurnian etanol, beban kondensor & beban reboiler yang dihasilkan, didapatkan kondisi operasi optimum pada kolom LP sebesar 1 atm & kolom HP sebesar 14 atm. Pengaruh refluks rasio pada kedua kolom (LP & HP) menunjukkan pengaruh semakin besar nilai refluks rasio, maka semakin tinggi kemurnian yang dihasilkan, beban kondensor, & beban reboiler juga semakin meningkat, didapatkan nilai refluks rasio kolom LP sebesar 2,126 & kolom HP sebesar 1,669. Pengaruh jumlah *stage* & *feed stage* (lokasi umpan) berpengaruh signifikan terhadap kemurnian etanol, beban kondensor, & beban reboiler yang dihasilkan, didapatkan konfigurasi kolom optimum pada kolom LP jumlah *stage* 29 dengan *fresh feed stage* 28 & *recycle feed stage* 9. Pada kolom HP jumlah *stage* 42 dengan *feed stage* 7.

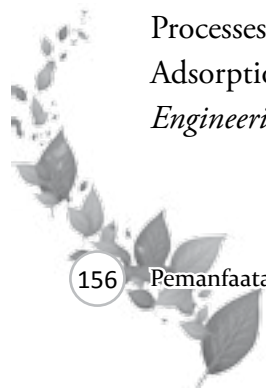
E. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Penelitian DIPA Fakultas Tahun 2021 dengan Nomor: 37.28.4/UN37/PPK.4.5/2021.

F. Daftar Pustaka

- 1 Eia, *International Energy Outlook 2013*.
- 2 M. Masturi, N. Istiana, S. Sunarno, & P. Dwijananti. (2017). Ethanol Production From Fermentation Of Arum Manis Mango Seeds (*Mangifera Indica L.*) Using *Saccharomyces Crevisiaea*, *J. Bahan Alam Terbarukan*, 6(1): 56–60.
- 3 D. B. Prasetyo & F. Patriayudha. (2009). Pemakaian Gasohol Sebagai Bahan Bakar Pada Kendaraan Bermotor, In *Seminar Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Kimia Undip*.
- 4 E. Suarna. (2012). Analisa Karakteristik Keunggulan Ethanol Sebagai Sumber Energi Alternatif Pada Sektor Transportasi, *J. Sains & Teknol. Indones.*, 14(2).
- 5 C. Putnarubun, W. Suratno, P. Adyaningsih, & H. Haerudin. (2012). Penelitian Pendahuluan Pembuatan Biodisel & Bioetanol Dari *Chlorella Sp* Secara Simultan, *J. Sains Mipa Univ. Lampung*, 18(1): 1-12.
- 6 C. M. T. Perez, I. G. Pajares, V. A. Alcantara, & J. F. (2018). Simbahan, Bacterial Laminarinase For Application In Ethanol Production From Brown Algae *Sargassum Sp*. Using Halotolerant Yeast, *Biofuel Res.* 17: 792–797.
- 7 R. P. John, G. S. Anisha, K. M. Nampoothiri, & A. Pandey. (2011). Micro & Macroalgal Biomass: A Renewable Source For Bioethanol, *Bioresour. Technol* 102(1): 186–193.
- 8 F. Taufany, N. Soewarno, K. Yuwono, D. Ardiyanta, M. Eliana, & I. R. Girsang. (2015). Feed Plate & Feed Adsorbent Temperature Optimisation Of Distillation – Adsorption Process To Produce Absolute Ethanol, *Mod. Appl. Sci.* 9(7): 140–147.
- 9 W. C. Chen & C. T. Sheng. (2013). Designing & Constructing An Optimization Operating Model For A Bioethanol Production System, *Life Sci. J.*, 10(2): 1787–1793.

- 10 S. Kumar, N. Singh, & R. Prasad. (2010). Anhydrous Ethanol: A Renewable Source Of Energy, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 14(7): 1830–1844.
- 11 Megawati, D. Wicaksono, & M. S. Abdullah. (2017). Experimental Study On The Adsorptive-Distillation For Dehydration Of Ethanol-Water Mixture Using Natural & Synthetic Zeolites, In *Aip Conference Proceedings 1818*,
- 12 M. Mujiburohman, W. B. Sediawan, & H. Sulistyono. (2007) Modeling Of Fixed Adsorptive Distillation In Batch Operation, *Sep. Sci. Technol.*, 42(1): 103–124,
- 13 B. H. Bisowarno, B. Girisuta, P. Wijaya, & A. Yunita. (2010). Simulasi Proses Dehidrasi Etanol Dengan Kolom Distilasi Azeotrop Menggunakan Isooktan, In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*.
- 14 S. Al-Asheh, F. Banat, & A. A. Fara. (2017). Dehydration Of Ethanol-Water Azeotropic Mixture By Adsorption Through Phillipsite Packed-Column, *Sep. Sci. Technol.*, 44(13): 3170–3188.
- 15 Khaidir, D. Setyaningsih, & H. Haerudin. (2009). Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi, *J. Teknol. Indusri Pertan.*, 22(1): 66–72, 2012.
- 16 D. Saidi. (2014). Proses Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Teraktivasi Naoh Dengan Variasi Konsentrasi & Berat Zeolit.
- 17 B. Kiran & A. K. Jana. (2015). A Hybrid Heat Integration Scheme For Bioethanol Separation Through Pressure Swing Distillation Route, *Sep. Purif. Technol.*, 142: 307–315.
- 18 Y. Y. Loy, X. L. Lee, & G. P. Rangaiah. (2012). Optimization & Economic Evaluation Of Bioethanol Recovery & Purification Processes Involving Extractive Distillation & Pressure Swing Adsorption, In *12 International Symposium On Process Systems Engineering*, 37



- 19 R. Battisti, C. A. Claumann, C. Marangoni, & R. A. Machado. (2019). Optimization Of Pressure-Swing Distillation For Anhydrous Ethanol Purification By The Simulated Annealing Algorithm, *Brazilian J. Chem. Eng.*, 36(1): 453–469.
- 20 J. Moncada, M. M. El-Halwagi, & C. A. Cardona. (2013). Echno-Economic Analysis For A Sugarcane Biorefinery: Colombian Case, *Bioresour. Technol.*, 135: 533–545.
- 21 H.-J. Huang, S. Ramaswamy, U. W. Tschirner, & B. V Ramarao. (2018). A Review Of Separation Technologies In Current & Future Biorefineries, *Sep. Purif. Technol.*, 62(1): 1–21,
- 22 F. Huang, S. Zheng, Y. Chen, M. Zhou, & X. Sun. (2016). Simulation & Optimization Of Pressure-Swing Distillation System For High Purity Acetonitrile, In *Proceedings Of 2016 International Conference On Modeling, Simulation & Optimization Technologies & Applications (Msota2016)*: 96–100.
- 23 J. Yang, M. Zhou, Y. Wang, X. Zhang, & G. Wu. (2017). Simulation Of Pressure-Swing Distillation For Separation Of Ethyl Acetate-Ethanol-Water, *Iop Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 274: 12- 26,
- 24 Y. Y. Loy, X. L. Lee, & G. P. Rangaiah. (2015). Bioethanol Recovery & Purification Using Extractive Dividing-Wall Column & Pressure Swing Adsorption: An Economic Comparison After Heat Integration & Optimization, *Sep. Purif. Technol.*, 149: 413–427,
- 26 W. L. Luyben. (2006). Evaluation Of Criteria For Selecting Temperature Control Trays In Distillation Columns, *J. Process Control*, 16(2): 115–134.



INDEKS

A

absorbansi 9, 57
adsorptif 136, 137
analgesic 4
ANOVA 8
antibakteri 9
antimikroba 4
Antioksidan vi
aromaterapi 4
asetogenesis 25
asidogenesis 25
azeotrop 111

B

bakteriostatik 3
barrier 136
beta karoten 75, 76, 78, 80, 81,
87, 89, 90, 95, 97, 98, 99,
100, 101, 102, 104, 105

biodegradabel 26

biodiesel 27, 32, 35, 37, 38, 71,
72, 113, 115

Bioenergy 39, 72

bioethanol 3, 34, 36, 78

Biogas 25, 29, 34, 35, 39, 43

Biomassa 26, 28, 34, 35, 49, 73

bio-oil 28, 47, 48, 49, 50, 52, 53,
55, 56, 57, 59, 62, 63, 64, 67,
69, 70, 71, 72, 73

D

deformasi 102

dietanolamida 5, 13, 20

difusi 70

distilasi 27, 33, 52, 111, 112, 113,
114, 115, 116, 117, 118, 119,
120, 121, 128, 134, 136, 137,
138, 139, 144

E

eksperimental 5, 54
entrainer 111, 112, 113, 114,
115, 116, 117, 118, 119, 120,
121, 122, 123, 124, 125, 126,
128, 129, 136

F

fermentasi 27, 30, 136, 138
fugasitas 114

G

gliserin 5, 6, 75, 76, 77, 82, 86,
89, 92, 95, 97, 98, 100, 102,
104, 105

H

hidrolisis 12, 25, 27, 82

I

Implementasi 35, 36, 38
imunostimulan 79

K

komposit 26

M

membran 113, 136, 137
metanogenesis 25
Mikroalga 21, 22, 72, 78, 133,
135, 136

O

Optimasi vi, 44, 106, 128

P

patogen 1
Pirolisis 28, 49, 51, 52, 55, 56,
57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64,
65, 66, 68, 70, 72, 73

R

refluks 128, 134, 138, 139, 141,
147, 148, 154
regenerator 3
RMSD 48, 55, 70

S

sensitivitas 112, 119, 128, 134,
137, 151
simulasi 111, 112, 114, 116, 117,
118, 119, 121, 123, 125, 127,
134, 136, 137, 154
sludge 49, 71
Substrat 30

T

triglisericida 2, 32, 99, 115

U

Uniquac 72
UNIQUAC 50, 112, 116, 128



GLOSARIUM

- Absorbansi : rasio logaritmik dari radiasi yang dipaparkan ke suatu bahan terhadap radiasi yang ditransmisikan menembus bahan.
- Adsorptif : suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan & akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film pada permukaannya.
- Analgesik : istilah yang digunakan untuk mewakili sekelompok obat yang digunakan sebagai pereda nyeri.
- ANOVA : suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi.
- Antibakteri : zat yang dapat mengganggu pertumbuhan atau bahkan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikrob yang merugikan.
- Antioksidan : substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralsir radikal bebas dengan cara memperlambat atau menghambat stres oksidatif pada molekul.
- Aromaterapi : istilah generik bagi salah satu jenis pengobatan alternatif yang menggunakan bahan tanaman yang bisa dimanfaatkan pada bagian akar, daun & bunganya.
- Asetogenesis : suatu proses melalui mana asetat diproduksi baik oleh reduksi CO₂ atau oleh reduksi asam organik.

- Asidogenesis : Suatu reaksi biologis di mana monomer sederhana diubah menjadi asam lemak volatile.
- Azeotrop : campuran dari dua atau lebih cairan dalam sedemikian rupa sehingga komponen yang tidak dapat diubah dengan distilasi sederhana.
- Bakteriostatik : suatu kondisi yang disebabkan senyawa antibakteri sehingga pertumbuhan & perkembangan bakteri bersifat tetap.
- Barrier : Pembatas.
- Beta Karoten : salah satu jenis karotenoid yang merupakan zat pigmen pada sayur&buah berwarna merah, kuning,&oranye.
- Biodegradabel : proses di mana bahan organik diuraikan oleh enzim yang dihasilkan oleh organisme hidup.
- Biodiesel : bahan bakar yang terdiri dari campuran mono--alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel&terbuat dari sumber terbarui seperti minyak sayur atau lemak hewan
- Bioenergy : energi terbarukan yang didapatkan dari sumber biologis, umumnya biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang menyimpan energi cahaya matahari dalam bentuk energi kimia.
- Bioethanol : etanol dengan jenis yang sama dengan yang ditemukan pada minuman beralkohol dengan penggunaan sebagai bahan bakar
- Biogas : gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik yang mendegradasi bahan-bahan organik
- Biomassa : sebuah istilah yang digunakan untuk menyebut semua senyawa organik yang berasal dari tanaman budidaya, alga,&sampah organik.
- Deformasi : perubahan bentuk atau ukuran dari sebuah objek karena Sebuah diterapkan gaya atau Perubahan suhu.

- Dietanolamida : padatan putih pada suhu kamar, tetapi kecenderungannya untuk menyerap air & untuk supercool berarti sering dijumpai sebagai cairan kental yang tidak berwarna.
- Difusi : peristiwa mengalirnya atau berpindahnya suatu zat dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah
- Distilasi : suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap bahan.
- Eksperimental : sebuah atau sekumpulan percobaan yang dilakukan melalui perubahan-perubahan terencana terhadap variabel input suatu proses atau sistem
- Entrainer : senyawa-senyawa yang mengubah "sisa" dari proses distilasi pada komposisi tertentu.
- Fermentasi : suatu proses perubahan enzimatik secara anaerob yang berasal dari senyawa organik kompleks menjadi produk organik yang lebih sederhana.
- Fagositasi : proses seluler dari fagosit & protista yang menggulung partikel padat dengan membran sel & membentuk fagosom internal.
- Gliserin : senyawa gliserida yang paling sederhana, dengan hidroksil yang bersifat hidrofilik & higroskopik
- Hidrolisis : penguraian zat dalam reaksi kimia yang disebabkan oleh air.
- Implementasi : Penerapan
- Imunostimulan : substansi (obat & nutrien) yang menstimulasi sistem imun dengan meningkatkan aktivitas komponen sistem imun untuk melawan infeksi & penyakit.
- Komposit : sebuah & atau sekumpulan material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah & berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal

- Membran : penghalang selektif; itu memungkinkan beberapa hal untuk melewati tetapi menghentikan yang lain. Hal-hal seperti itu bisa berupa molekul, ion, atau partikel kecil lainnya. Membran biologis meliputi membran sel; membran nuklir, yang menutupi inti sel; & selaput jaringan, seperti mukosa & serosa
- Metanogenesis : pembentukan metana oleh mikroba dikenal sebagai metanogen.
- Mikroalga : alga mikroskopis yang tidak terlihat dengan mata telanjang.
- NRTL : model koefisien aktivitas yang menghubungkan koefisien suatu senyawa dengan fraksi molnya dalam fase cair yang bersangkutan. Ini sering diterapkan di bidang teknik kimia untuk menghitung kesetimbangan fase.
- Optimasi : proses pencarian satu atau lebih penyelesaian yang berhubungan dengan nilai-nilai dari satu atau lebih fungsi objektif pada suatu masalah sehingga diperoleh satu nilai optimal.
- Patogen : agen biologis yang menyebabkan penyakit pada inangnya.
- Piknometer : alat yang digunakan untuk menentukan massa jenis dari suatu cairan
- Pirolisis : dekomposisi termokimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau pereaksi kimia lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas, padat & cair
- Pressure Swing Distillation* (PSD) : proses yang akan digunakan untuk memisahkan campuran yang peka terhadap tekanan dengan titik didih dekat atau membentuk azeotrop.
- Refluks : teknik distilasi yang melibatkan kondensasi uap & sebaliknya kondensat ini ke dalam sistem asalnya.

Regenerator	: salah satu desain heat exchanger dengan sistem storage, yang berarti energi panas yang berasal dari fluida pertama tersimpan sementara sebelum panas tersebut ditransfer ke fluida kedua.
RMSD	: jarak penyimpangan dari posisi ikatan native ligand dengan protein setelah di-docking-kan terhadap posisi ikatan native ligand yang sebenarnya
Sensitivitas	: kemampuan tes untuk menunjukkan individu mana yang menderita sakit dari seluruh populasi yang benar-benar sakit.
Simulasi	: suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta keadaan sekelilingnya.
Sludge	: sisa bahan semi padat yang dihasilkan sebagai produk sampingan selama pengolahan limbah air limbah industri atau kota.
Substrat	: spesies kimia yang diamati dalam suatu reaksi kimia, yang secara alami adalah organik & bereaksi dengan pereaksi menghasilkan suatu produk.
Trigliserida	: sebuah gliserida yang terbentuk dari esterifikasi di ketiga gugus hidroksil gliserol dengan asam lemak.
UNIQUAC	: model koefisien aktivitas yang digunakan dalam mendeskripsikan kesetimbangan fasa



BOOK CHAPTER

Pemanfaatan Bahan Alam Terbarukan



CV MAHATA
MAGNA RAHARJA TAMA

ISBN 978-623-6480-06-9



9 786236 480069