



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
UPT PERPUSTAKAAN

Gedung Rumah Ilmu, Kampus Sekaran – Gunungpati – Semarang 50229
Telepon/Fax : (024) 8508086
Laman : <http://library.unnes.ac.id>, email : perpustakaan@mail.unnes.ac.id

DOK. KTD. BK. 2023. 1231

Semarang, 13 April 2023

Kepada Yth.
Bayu Triwibowo, S.T., M.T.
NIP. 198811222014041001
NIDN. 0022118801
Universitas Negeri Semarang

Perpustakaan Universitas Negeri Semarang dengan ini menerangkan bahwa telah menerima dan mencatat bahan pustaka yang tersebut di bawah ini pada tanggal 13 April 2023. Nomor induk untuk bahan pustaka tersebut adalah KTD. BK. 2023. 1231

Judul: Judul Chapter : Analisis Sensitivitas Simulasi Bioetanol dari Mikroalga dengan Proses Pressure Swing Distillation
Judul Buku : Pemanfaatan Bahan Alam Terbarukan

Jenis: Buku

-
Diterbitkan 13 August 2021
Halaman 22 halaman
ISBN/ISSN: ISBN: 978-623-6480-06-9

Penerbit CV Mahata (Magna Raharja Tama), Bantul, DIY

Kepala UPT Perpustakaan



Diketahui dan disetujui oleh:
Drs. Usro Edy Nugroho, S.S., M. Hum.
NIP. 196512251994021001



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

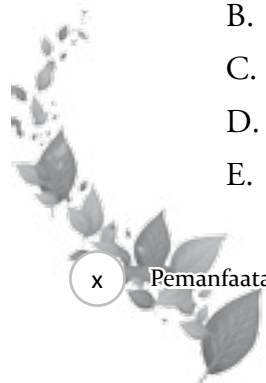
A. Pendahuluan.....	24
B. Bioenergi Sebagai Energi Impian	25
C. Potensi Bioenergi Jawa Tengah.....	34
D. Kesimpulan	38
E. Ucapan Terima Kasih.....	38
F. Daftar Pustaka.....	39

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



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 distilasi 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 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

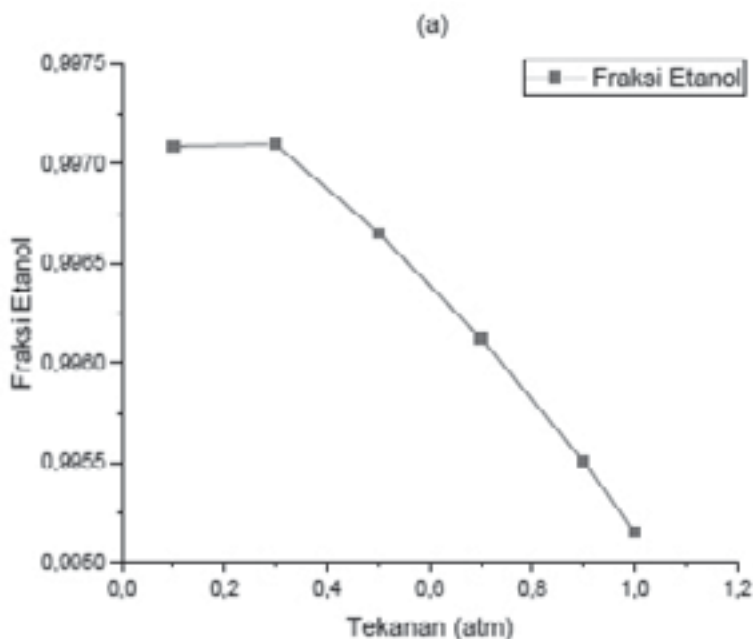
C.2.1 Pengaruh Tekanan terhadap Kemurnian Etanol, Beban Kondensor, & Beban Reboiler

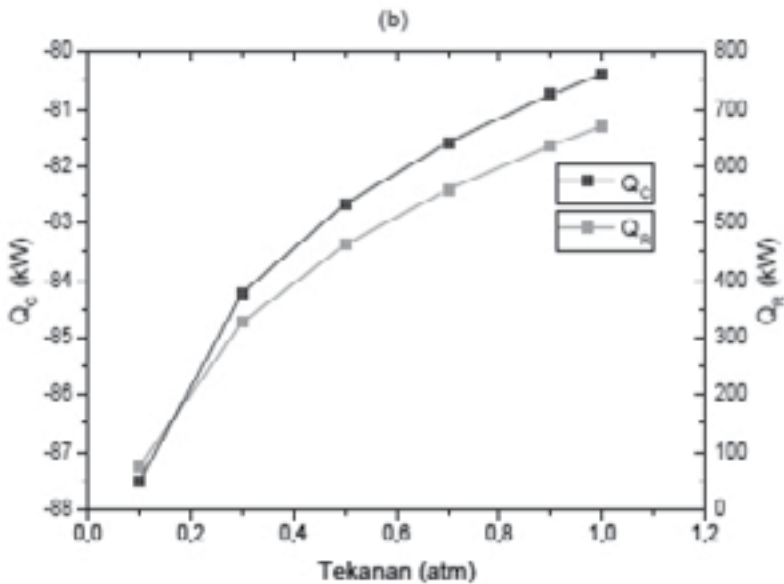
Pada Gambar 6.1 menunjukkan tekanan berpengaruh terhadap kemurnian etanol yang dihasilkan. Pada kolom LP variasi tekanan yakni dari tekanan vakum hingga tekanan atmosfer dengan kemurnian yang semakin menurun dengan titik puncak pada tekanan 0,3 atm, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh 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

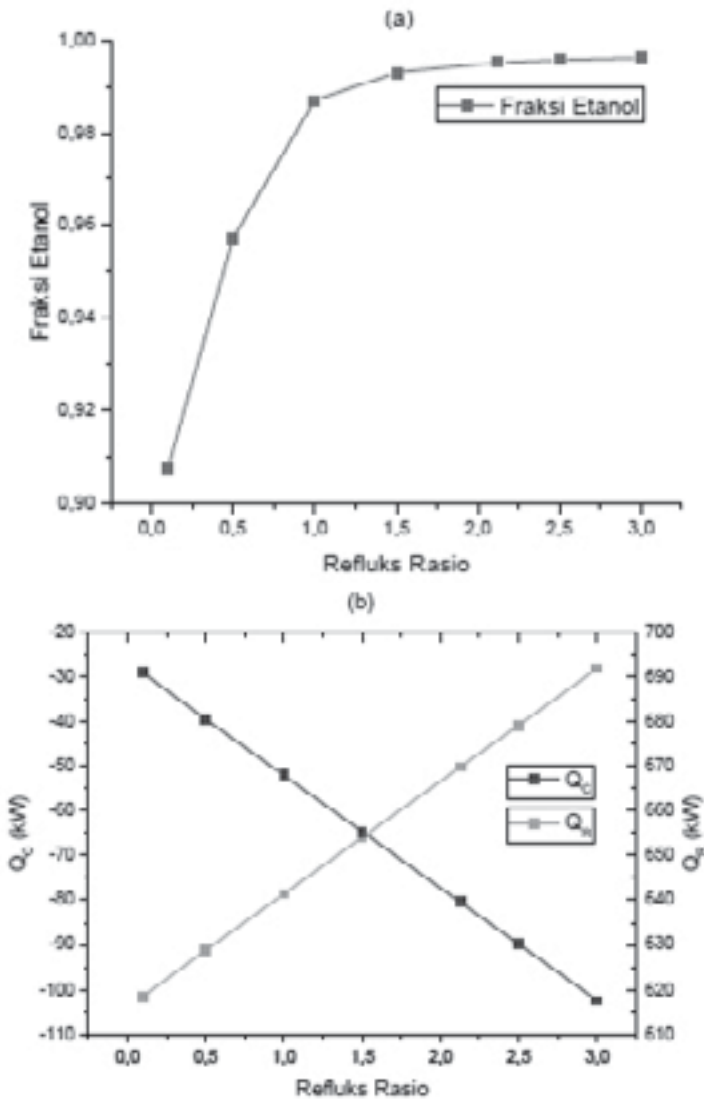
¹[19]



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.

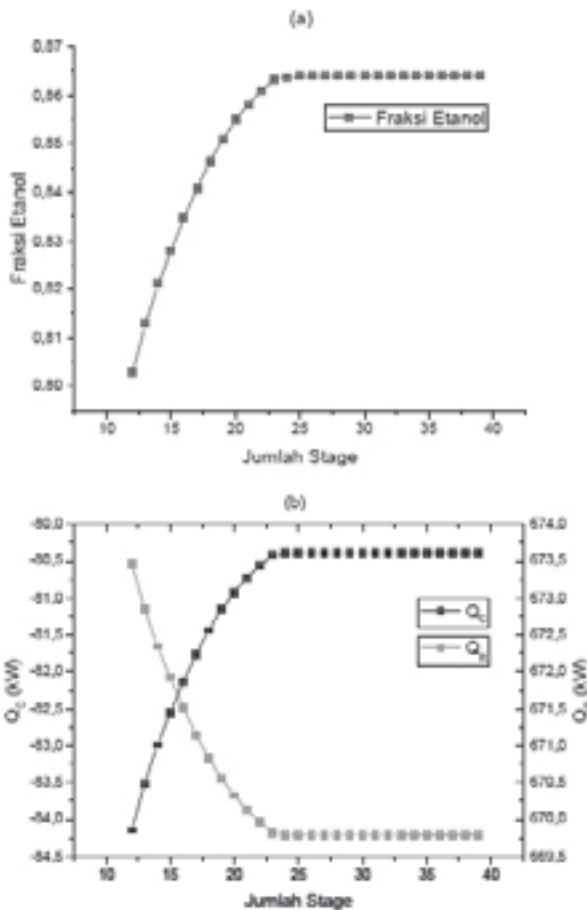


Gambar 6.2 Pengaruh Refluks Rasio terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom LP

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

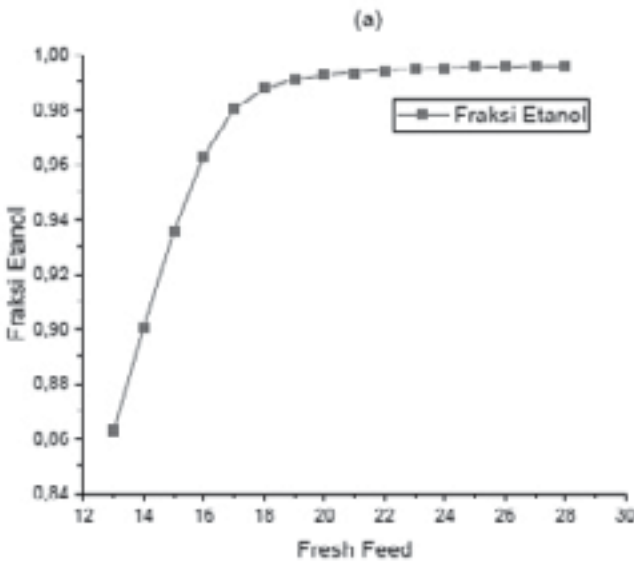
stage destilasi umpan berpengaruh signifikan terhadap kebutuhan energi kondensor & reboiler, & karenanya merupakan variabel keputusan penting dalam optimasi[24]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Battisti et al. [19] menyatakan bahwa PSD yang dioptimalkan menunjukkan peningkatan jumlah *stage* 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.

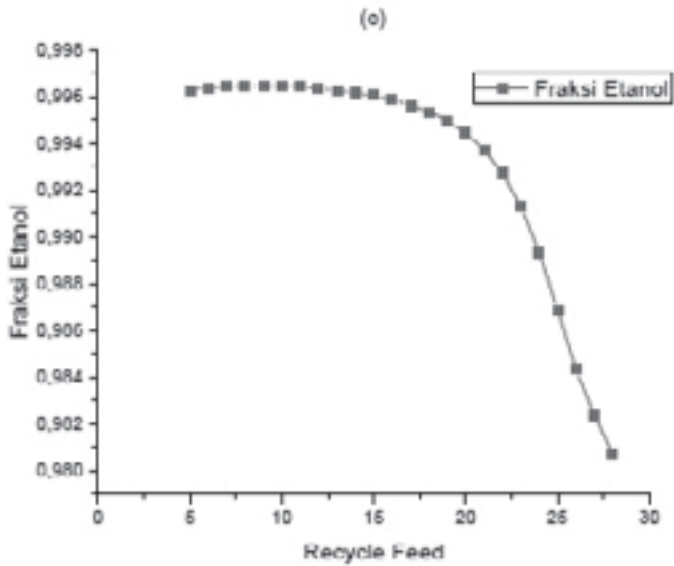
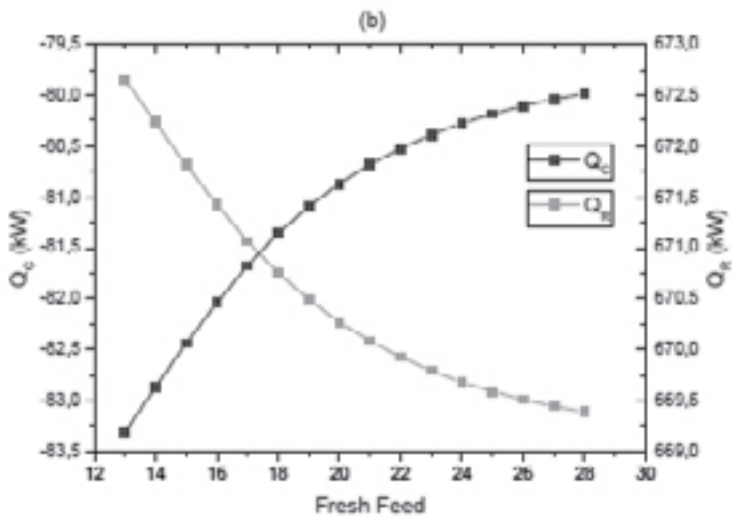


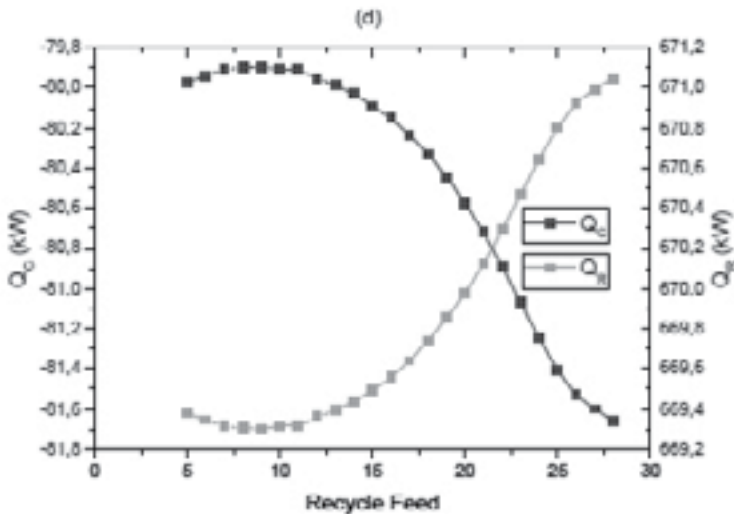
Gambar 6.3 Pengaruh Jumlah Stage terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom LP

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

Pada Gambar 6.4 menunjukkan pengaruh *fresh feed stage* (a & b) & *recycle feed stage* (c & d) yang signifikan terhadap kemurnian etanol, beban kondensator, & 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 kondensator 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].





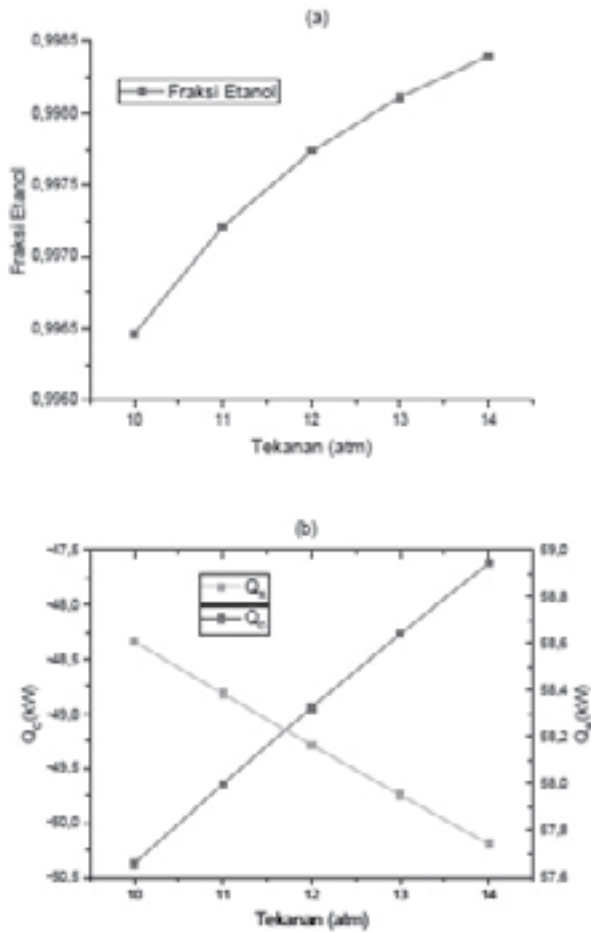


Gambar 6.4 Pengaruh Feed Stage terhadap Kemurnian Etanol pada (a) Fresh Feed Kolom LP (c) Recycle Kolom LP; & Beban Kondensator & Beban Reboiler pada (b) Fresh Feed Kolom LP (d) Recycle Kolom LP

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.

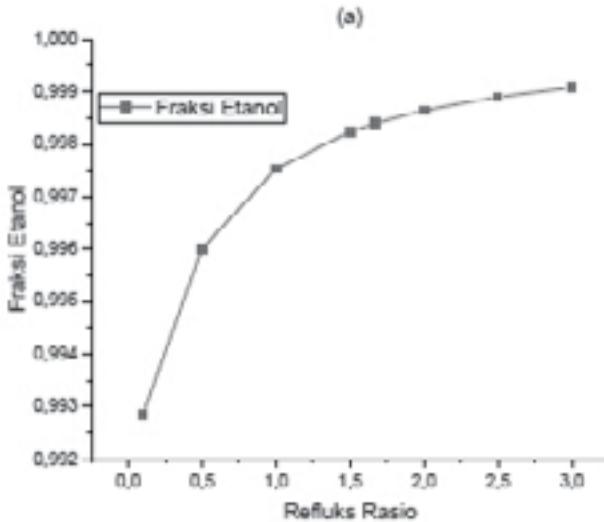


Gambar 6.5 Pengaruh Tekanan terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler pada Kolom HP

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

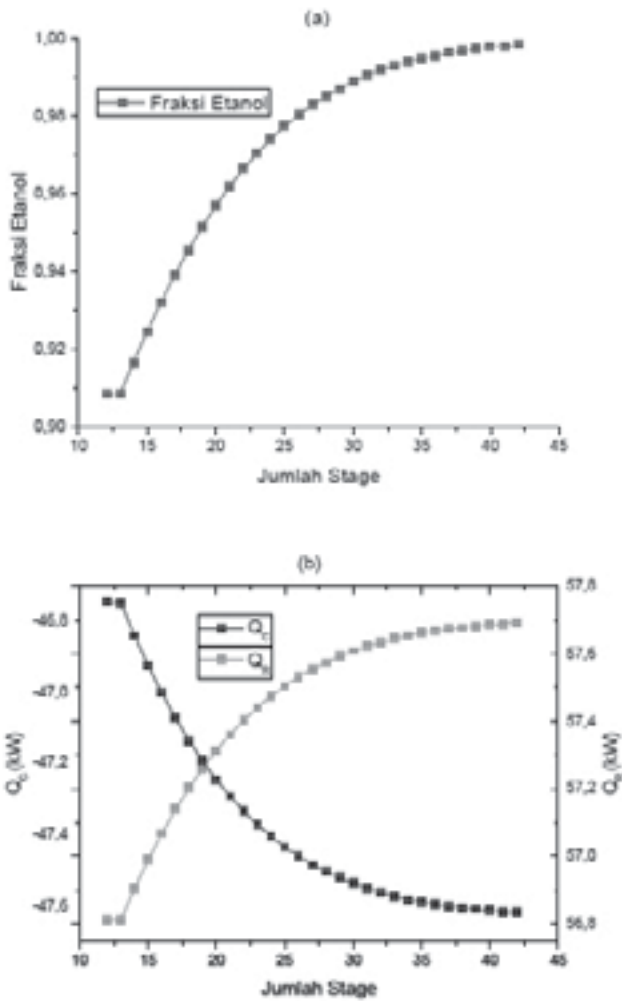
digunakan yaitu sebesar 1,669 karena nilai refluks rasio di atas tersebut menunjukkan perubahan yang signifikan pada beban kondensor & beban reboiler.



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).

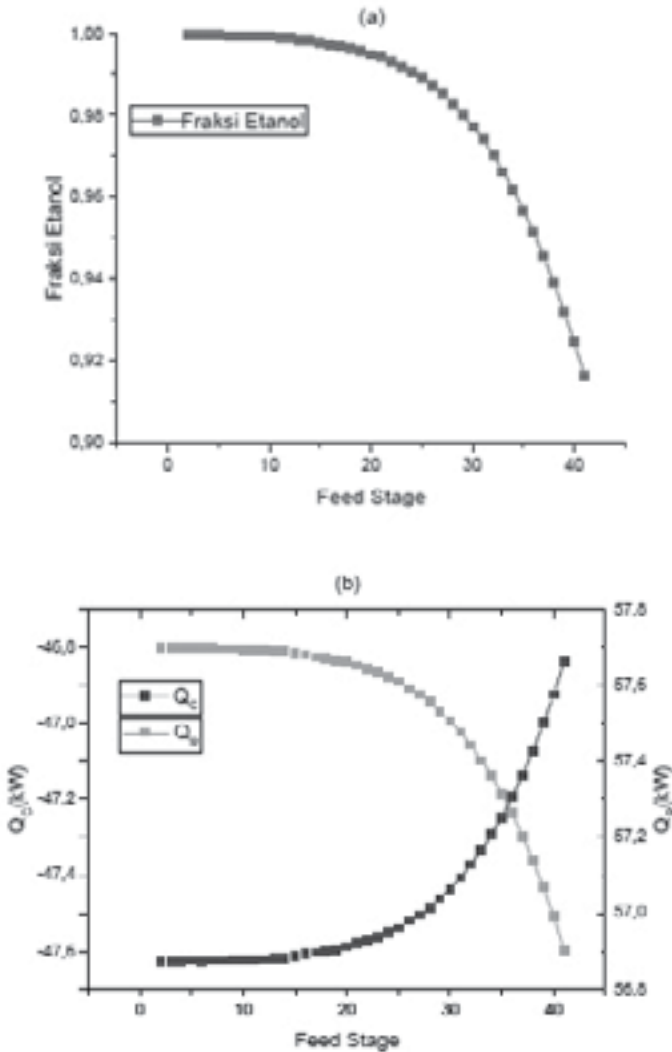


Gambar 6.7 Pengaruh Jumlah Stage terhadap (a) Kemurnian Etanol; & (b) Beban Kondensor & Beban Reboiler Kolom HP

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*

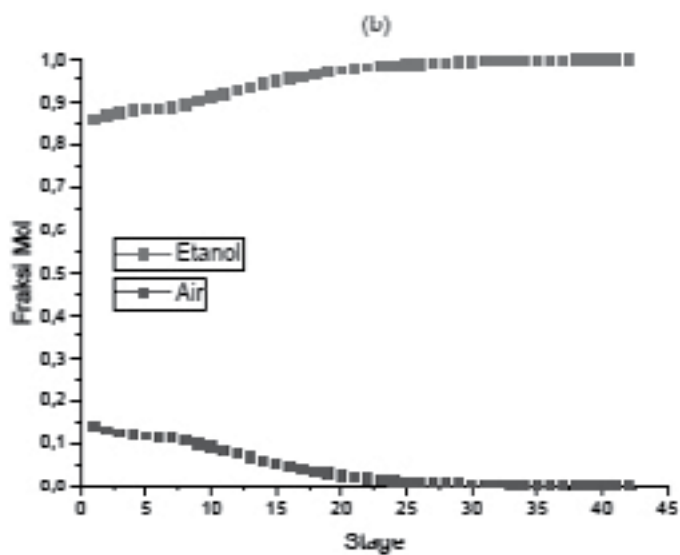
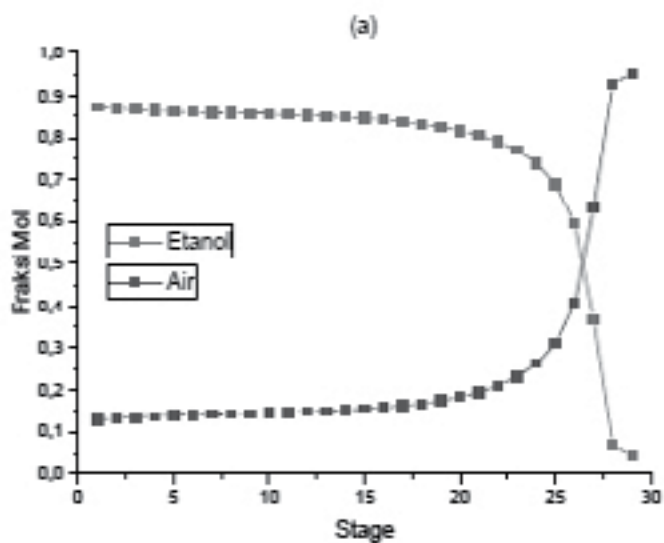
Berdasarkan hasil analisis sensitivitas sistem PSD parameter operasi optimum yang dapat dilihat pada Tabel 6.3. Berdasarkan parameter tersebut didapatkan profil data komposisi etanol-air pada kolom LP & HP; & profil data temperatur pada kolom LP & HP, yang ditunjukkan pada Gambar 6.9.

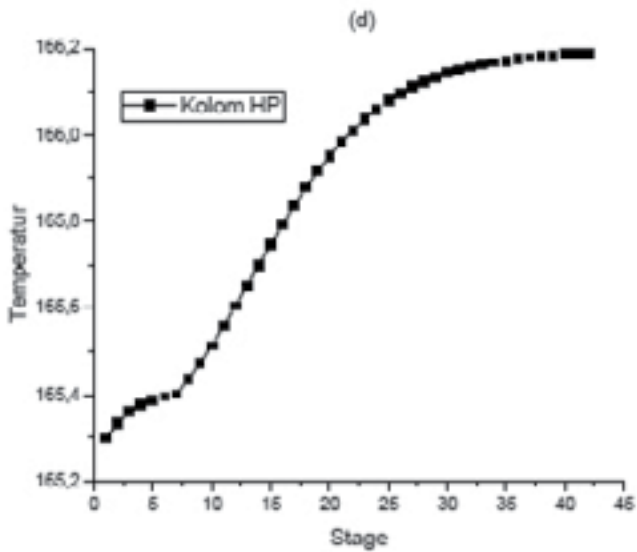
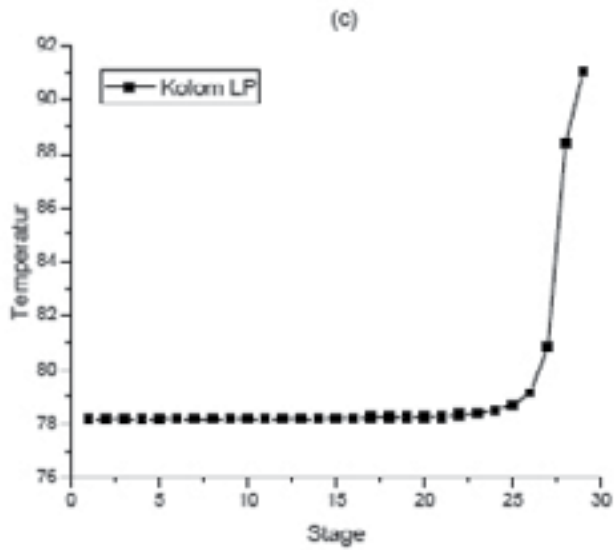
Tabel 6.3 Kondisi Optimum Parameter Sistem PSD

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. Sulisty. (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



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202150986, 29 September 2021

Pencipta

Nama : **Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T., Dr. Megawati, S.T., M.T. dkk**

Alamat : Bukit Elang Residence Blok H No. 7 RT. 01 RW. 08, Kel. Mangunharjo, Tembalang Kota Semarang, Semarang, JAWA TENGAH, 50272

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T., Dr. Megawati, S.T., M.T. dkk**

Alamat : Bukit Elang Residence Blok H No. 7 RT. 01 RW. 08, Kel. Mangunharjo, Tembalang Kota Semarang, Semarang, JAWA TENGAH, 50272

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **Book Chapter Pemanfaatan Bahan Alam Terbarukan**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 31 Agustus 2021, di Semarang

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000276319

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.	Bukit Elang Residence Blok H No. 7 RT. 01 RW. 08, Kel. Mangunharjo, Tembalang Kota Semarang
2	Dr. Megawati, S.T., M.T.	Nanggulan No. 23 RT. 011 RW. 018, Maguwoharjo, Depok Sleman Yogyakarta
3	Dr. Ir. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.	Jl. Durian Selatan I/3 RT. 07 RW. 01, Spondol Wetan, Banyumanik, Kota Semarang
4	Radenrara Dewi Artanti Putri, S.T., M.T.	Jl. Arya Mukti Timur I/70 ,Pedurungan Lor ,Pedurungan ,Kota Semarang
5	Dhoni Hartanto , S.T ., M.Sc ., M.T.	Perum Karina Indah Sarirejo GG Melati No 10 , Sarirejo , Kaliwungu , Kab. Kendal
6	Bayu Tri Wibowo, S.T., M.T.	Bejijong RT. 03 RW. 01, Trowulan Mojokerto

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.	Bukit Elang Residence Blok H No. 7 RT. 01 RW. 08, Kel. Mangunharjo, Tembalang Kota Semarang
2	Dr. Megawati, S.T., M.T.	Nanggulan No. 23 RT. 011 RW. 018, Maguwoharjo, Depok Sleman Yogyakarta
3	Dr. Ir. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.	Jl. Durian Selatan I/3 RT. 07 RW. 01, Spondol Wetan, Banyumanik, Kota Semarang
4	Radenrara Dewi Artanti Putri, S.T., M.T.	Jl. Arya Mukti Timur I/70 ,Pedurungan Lor ,Pedurungan ,Kota Semarang
5	Dhoni Hartanto , S.T ., M.Sc ., M.T.	Perum Karina Indah Sarirejo GG Melati No 10 , Sarirejo , Kaliwungu , Kab. Kendal
6	Bayu Tri Wibowo, S.T., M.T.	Bejijong RT. 03 RW. 01, Trowulan Mojokerto

