



**SPEKIFIKASI KOLOM DISTILASI PADA PRA-  
RANCANG PABRIK BIOETANOL DARI  
MIKROALGA (*Chlamydomonas reinhardtii*) DENGAN  
PROSES *SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION  
FERMENTATION* (SSF) DENGAN KAPASITAS 8.800  
KL/TAHUN**

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia**

Oleh

Annisa Itsnain Nurusyifa

NIM. 5213415057

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
SEMARANG**

**2019**

#### PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Annisa Itsnain Nurusyifa

NIM : 5213415057

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Judul TA : Spesifikasi Kolom Distilasi Pada Pra-Rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) Dengan Proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) Dengan Kapasitas 8.800 kL/Tahun

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 17 September 2019

Pembimbing ,



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

NIP. 197211062006042001

### LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Spesifikasi Kolom Distilasi Pada Pra-Rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) Dengan Proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) Dengan Kapasitas 8.800 kL/Tahun” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 26 bulan 09 tahun 2019.

Oleh:

Nama : Annisa Itsnain Nurusyifa  
NIM : 5213415057  
Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Ketua Panitia



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

NIP. 197103161999032002

Sekretaris



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

NIP. 197211062006042001

Penguji 1



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

NIP. 197309082006042001

Penguji 2



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.

NIP. 197405191999032001

Pembinbing



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

NIP. 197211062006042001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus, M.T., I.P.M.

NIP. 196911301994031001

## PERNYATAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 17 September 2019

Yang membuat pernyataan,



Annisa Itsnain Nurusyifa

NIM. 5213415057

## **MOTTO**

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.” (QS. Al-Insyirah, 6-8)

*“You are the creator for your own future.” (Ar-Ra’d:11)*

## **PERSEMBAHAN**

1. Perkembangan ilmu dan pengetahuan teknologi Bangsa dan Negara Indonesia.
2. Bapak, Ibu, Adik, Kakak dan seluruh keluarga tercinta.
3. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
4. Segenap kawan seperjuangan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang Angkatan 2015.
5. Almameter Universitas Negeri Semarang.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan Judul **“Spesifikasi Kolom Distilasi pada Pra-rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan Proses *Simultaneous Saccharificatin Fermentation (SSF)* Kapasitas 8.800 KL/Tahun”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata I Jurusan Teknik Kimia pada Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyusunan Tugas Skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Nur Qudus, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Megawati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, motivasi dan pengarahan dalam penyusunan Skripsi.
4. Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T., dan Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberi masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan skripsi.
5. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun material.
6. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan Skripsi.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 12 September 2019

Penulis

## ABSTRAK

**Nurusyifa, Annisa Itsnain.** 2019. “Spesifikasi Kolom Distilasi pada Pra-rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan Proses *Simultaneous Saccharificatin Fermentation* (SSF) Kapasitas 8.800 KL/Tahun”. Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Megawati, S.T., M.T.

Kebutuhan etanol di Indonesia mencapai 50.920,473 KL/Tahun dan kapasitas etanol di dalam negeri 30.000 KL/Tahun. Karena kurangnya kebutuhan bioetanol dalam negeri, hal tersebut menjadi salah satu latar belakang pendirian pabrik bioetanol dengan kapasitas 8.800 KL/Tahun. Produksi bioetanol menggunakan proses distilasi. Pada proses ini selain menghasilkan produk utama etanol juga menghasilkan air.

Metode pemurnian komponen dalam campuran yang paling umum digunakan adalah distilasi. Distilasi merupakan teknik pemisahan suatu senyawa dalam campuran berdasarkan perbedaan volatilitas. Menara distilasi D-01 pada prarancangan pabrik bioetanol dirancang untuk memisahkan komponen etanol dan air. Penelitian ini menggunakan *Microsoft Excel* untuk menghitung neraca massa. Perancangan kolom distilasi D-01 dengan konfigurasi kolom yang sesuai, sehingga diharapkan dapat menambah nilai jual produk bioetanol. Berdasarkan hasil perancangan, kolom distilasi D-01 merupakan tipe *tray tower* dengan diameter menara 1,4437 m dan tinggi menara 13,3825 m. Dengan jumlah refluks 4,7334. Bahan konstruksi yang digunakan adalah Stainless Steel SA-240 Type 316.

**Kata Kunci:** distilasi, bioetanol, mikroalga, *Chlamydomonas reinhardtii*.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Mikroalga.....	5
2.2 Bioetanol .....	6
2.3 Tahap Pemurnian Etanol.....	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	10
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	10
3.2 Alat dan Bahan.....	10



3.3 Langkah-Langkah Perhitungan .....	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	13
4.1 Menentukan Tipe Kolom Distilasi.....	15
4.2 Menentukan Jenis Tray Kolom Distilasi.....	15
4.3 Menentukan Bahan Konstruksi Kolom Distilasi .....	15
4.4 Menentukan Kondisi Operasi Menara Distilasi D-01.....	15
4.5 Menghitung <i>Relatif Volatility</i> .....	19
4.6 Menentukan Jumlah Plate Minimum .....	20
4.7 Menentukan Refluks Minimum ( $R_m$ ).....	20
4.8 Menentukan $R_{operasi}$ .....	21
4.9 Menentukan Jumlah Stage Ideal .....	22
4.10 Menentukan Jumlah Plate .....	23
4.11 Menentukan Diameter Menara Distilasi D-01 .....	25
4.12 Menentukan Liquid Flow Arrangement.....	36
4.13 Perhitungan Desain <i>Plate</i> .....	37
4.14 Perhitungan <i>Hole Area</i> .....	39
4.15 Perhitungan Jumlah <i>Hole</i> .....	40
4.16 Perhitungan <i>Pressure Drop</i> .....	40
4.17 Perhitungan <i>Downcomer Backup Liquid</i> .....	42
4.18 Perhitungan <i>Residence Time</i> .....	44
4.19 Perhitungan <i>Perforated Area</i> .....	44
4.20 Perhitungan <i>Entrainment</i> .....	46
4.21 Menghitung Dimensi Menara Distilasi D-01.....	47

BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	54
5.1 Simpulan .....	54
5.2 Saran .....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Skema pemisahan air dan etanol pada menara distilasi 1 (D-01) ...	10
Gambar 4.1 Skema Menara Distilasi D-01 .....	13
Gambar 4.2 Pemilihan <i>Liquid Flow Arrangement</i> .....	36
Gambar 4.3 Hubungan Antara <i>Downcomer Area</i> dan <i>Weir Length</i> .....	37
Gambar 4.4 Koefisien <i>Discharge Sieve Tray</i> .....	39
Gambar 4.5 Hubungan $\theta$ , <i>chord length</i> , dan <i>chord height</i> .....	42
Gambar 4.6 Korelasi <i>entrainment</i> untuk <i>sieve tray</i> .....	45
Gambar 4.7 Desain <i>Head Vessel</i> .....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> .....	6
Tabel 4.1 Komposisi Umpan Menara Distilasi D-01 .....	14
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan $T_{Dew}$ umpan pada Menara Distilasi 1 .....	17
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan $T_{Bubble}$ umpan pada Menara Distilasi 1 .....	17
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan $T_{Dew}$ distilat pada Menara Distilasi 1 .....	18
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan $T_{Bubble}$ Bottom pada Menara Distilasi 1 .....	18
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan <i>Relatif Volatility</i> pada Menara Distilasi 1 .....	19
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Trial $\theta$ .....	20
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan $R_{min}$ .....	20
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Viskositas Distilat .....	22
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Viskositas Bottom .....	23
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Neraca Massa Menara Distilasi 1 .....	25
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Neraca Massa Menara Distilasi 1 .....	25
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Densitas Cairan .....	27
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Tegangan Permukaan .....	27
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Neraca Massa Menara Distilasi 1 .....	31
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Neraca Massa Menara Distilasi 1 .....	31
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Densitas Cairan .....	32
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Tegangan Permukaan .....	33

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi adalah salah satu parameter penting yang efektif dalam pembangunan sosial dan ekonomi suatu negara. Salah satunya berasal dari bahan bakar fosil yang menjadi bahan bakar utama untuk memenuhi kebutuhan energi dunia. Penggunaan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui secara konsumtif akan menyebabkan penipisan sumber daya alam dan lonjakan harga yang cukup mahal. Selain tidak dapat diperbaharui, bahan bakar fosil mengakibatkan dampak negatif pada ekosistem karena emisi gas polutan. Dengan demikian, diperlukan upaya pencarian energi alternatif terbarukan yang mampu memasok kebutuhan energi dalam negeri yang ramah lingkungan (Atmoko *et al.*, 2014).

Perkembangan energi terbarukan sangat diperlukan agar mampu memenuhi pasokan kebutuhan BBM. Salah satu cara adalah dalam pembuatan bioetanol sebagai bahan bakar nabati. Bioetanol adalah etanol yang berasal dari biomassa terutama yang mengandung glukosa dan selulosa (Matsuri *et al.*, 2017). Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar baik dalam bentuk murni maupun sebagai campuran premium (Prasetyo dan Patriayudha, 2009). Sebagai campuran premium, bioetanol memiliki beberapa keunggulan diantaranya berfungsi sebagai aditif yang dapat meningkatkan angka atau bilangan oktan yang berakibat pada peningkatan mutu bahan bakar, sehingga meningkatkan daya saing, memiliki kandungan oksigen yang tinggi yang dapat meningkatkan kinerja mesin kendaraan karena pembakaran yang terjadi lebih optimal, dan memiliki akselerasi dan tenaga HP (*Horse Power*)

yang lebih tinggi (Suarna, 2012). Mikroalga menjadi alternatif bahan baku pembuatan bioetanol setelah komoditas nira, singkong, atau sorgum yang lebih dahulu dikenal (Putnarubun *et al.*, 2018). Indonesia sebagai negara maritim yang beriklim tropis memiliki keragaman mikroalga dan potensi yang besar dalam perkembangbiakannya. Sehingga mikroalga adalah bahan baku yang ideal dalam pembuatan bioetanol.

Mikroalga merupakan bahan baku ideal karena menghasilkan biomassa yang tinggi dan tidak bersaing dengan tanaman pertanian untuk sumber daya lahan dan air. Banyak spesies mikroalga yang dapat tumbuh di air laut, air asin, dan bahkan air limbah kota (Perez *et al.*, 2018).

Metode yang digunakan untuk memisahkan masing-masing produk yang dihasilkan yaitu metode distilasi. Distilasi adalah pemisahan komponen dari umpan cair berdasarkan perbedaan volatilitas. Distilasi merupakan metode yang paling umum digunakan untuk pemisahan campuran fluida homogen. Metode pemisahan dengan distilasi memiliki beberapa keunggulan, diantaranya dapat digunakan pada berbagai laju aliran (*flow rate*) umpan (dapat dirancang untuk pemisahan laju aliran sangat tinggi atau sangat rendah), dapat digunakan pada pemisahan campuran dengan berbagai konsentrasi umpan (*feed*), serta dapat menghasilkan kemurnian produk yang tinggi (Smith, 2000).

Pada pabrik bioetanol yang akan didirikan dengan kapasitas produksi 8.800 KL/tahun, menggunakan 2 buah menara distilasi dalam proses produksinya.

Menara distilasi 1 (D-01) digunakan untuk memisahkan air dengan etanol menghasilkan kemurnian 60%, dan menara distilasi 2 (D-02) digunakan untuk

memisahkan air dengan etanol kemurnian 95%. Proses distilasi sebagai pemisahan produk pada pendirian pabrik bioetanol merupakan salah satu proses yang sangat penting, karena berkaitan dengan kemurnian produk yang dihasilkan.

Oleh karena itu diperlukan perancangan yang optimal pada kolom distilasi agar efektifitas pemisahan tinggi. Jika efektifitas pemisahan tinggi, maka kemurnian produk yang dihasilkan juga lebih tinggi, sehingga berdampak pada meningkatnya harga jual produk.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan deskripsi latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana penentuan tipe kolom distilasi pada menara distilasi D-01?
2. Bagaimana penentuan jumlah *plate* dan jumlah *stage*, pada menara distilasi D-01?
3. Bagaimana perhitungan menara distilasi D-01 untuk memperoleh kemurnian produk bioetanol?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Secara khusus penelitian bertujuan untuk:

1. Menentukan penentuan tipe kolom distilasi pada menara distilasi D-01.
2. Menentukan penentuan jumlah *plate* dan jumlah *stage*, pada menara distilasi D-01.
3. Menentukan perhitungan menara distilasi D-01 untuk memperoleh kemurnian produk bioetanol.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui prinsip distilasi dalam pemisahan campuran air dan etanol.
2. Mengetahui konfigurasi kolom distilasi D-01 pada pemisahan air dan etanol.
3. Membuka peluang dan pengembangan industri-industri yang menggunakan bahan baku mikroalga.



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Mikroalga**

Mikroalga adalah organisme yang mampu menangkap dan memanfaatkan energi matahari, dan CO<sub>2</sub> untuk berfotosintesis (Ondrey, 2008). Mikroalga termasuk dalam organisme berukuran renik, baik bersel tunggal maupun koloni yang hidup diseluruh wilayah perairan air tawar dan laut, lazim disebut fitoplankton. Organisme ini dinilai ideal dan potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku produksi bioenergi. Dilihat dari sudut nutrisi, mikroalga merupakan sumber mikro nutrien, vitamin, minyak dan elemen mikro untuk komunitas perairan. Namun, sebagian mikroalga dapat mencemari dan menurunkan kualitas air. Hal ini dikarenakan mikroalga dapat menimbulkan rasa, bau yang tidak sedap, menurunkan pH, menyebabkan warna air menjadi kekeruhan (Kasrina *et al.*, 2012).

Bahan baku pabrik bioetanol yang akan dibangun adalah mikroalga jenis *Chlamydomonas reinhardtii* yang merupakan salah satu mikroalga jenis alga hijau, *Chlamydomonas reinhardtii* bersel tunggal dengan diameter 10 µm, memiliki dua flagela yang hidup dalam tanah, air yang tercemar dan air tawar. Kondisi optimum pertumbuhan *Chlamydomonas reinhardtii* yaitu pada suhu 28°C (Vitova *et al.*, 2011) dan pH 6,7 (Dhaliwal *et al.*, 2018).

*Chlamydomonas reinhardtii* merupakan mikroorganisme fotoautotrof, yaitu memiliki kemampuan membuat makanan dengan memanfaatkan cahaya matahari dan CO<sub>2</sub> kemudian menyimpan polisakarida terutama pati dalam dinding sel

berlapis (Markina, 2014). Menurut penelitian yang dilakukan Choi *et al.*, (2010) *Chlamydomonas reinhardtii* memiliki kandungan karbohidrat 59,7% dengan jumlah pati 45 % berat kering. Komposisi dari *Chlamydomonas reinhardtii* dapat dilihat dalam Tabel 2.1,

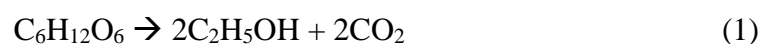
Tabel 2.1 Kandungan *Chlamydomonas reinhardtii*

Komponen	Komposisi berat kering (% w/w)
Protein	9,2 ± 0,6
Total Karbohidrat	59,7 ± 0,5
Pati	43,6 ± 1,4
<i>D-Glucose</i>	44,7 ± 0,8
<i>L-Fucose</i>	0,4 ± 0,01
<i>L-Rhamnose</i>	0,9 ± 0,02
<i>D-Arabinose</i>	1,9 ± 0,04
<i>D-Galactose</i>	2,7 ± 0,04
<i>D-Mannose</i>	1,4 ± 0,03
<i>Others</i>	31,1

(Choi *et al.*, 2010; John *et al.*, 2011)

## 2.2 Bioetanol

Bioetanol adalah etanol atau etil alkohol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), berbentuk cair, bening tidak berwarna, *biodegradable*, dan tidak menyebabkan korosi, bioetanol dapat dibuat dengan proses termokimia (gasifikasi) dengan fermentasi gula menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* juga diketahui memiliki kemampuan melakukan fermentasi untuk memproduksi etanol (Mushlihah *et al.*, 2011). Secara teoritis, fermentasi glukosa akan menghasilkan etanol dan karbondioksida seperti pada persamaan reaksi berikut,



Secara umum bioetanol dapat digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol dan campuran bahan bakar untuk kendaraan. *Grade* etanol yang

dimanfaatkan harus disesuaikan dengan penggunaannya. Beberapa jenis etanol berdasarkan kandungan alkohol dan penggunaannya yang kita kenal yaitu:

1. Etanol untuk industri (90–94,9% v/v)
2. *Rectified etanol* (95–96,5% v/v)
3. Jenis etanol netral, aman untuk bahan minuman dan farmasi (96–99,5% v/v)
4. Etanol untuk bahan bakar (99,5–100% v/v)

(Nurdyastuti, 2006)

Berdasarkan penggunaan bahan baku, bioetanol diklasifikasikan menjadi 4 generasi, yaitu:

1. Generasi pertama, dari pati tanaman dan umbi-umbian
2. Generasi kedua, dari lignoselulosa limbah pertanian
3. Generasi ketiga, dari alga
4. Generasi keempat, dari biomassa yang telah mengalami modifikasi genetik

Penggunaan bahan baku generasi pertama untuk produksi bioetanol banyak dikaji ulang karena bersaing dengan kebutuhan pangan dan penggunaan lahan pertanian. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan menggunakan bahan baku generasi kedua yaitu lignoselulosa seperti limbah pertanian dan hutan (Aiman, 2014). Bahan baku generasi kedua memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan baku generasi pertama karena tidak bersaing dengan sumber makanan. Namun proses pemanenan, pemurnian dan berbagai kebutuhan pra-perlakuan membuat produksi kurang ekonomis. Alga yang merupakan generasi ketiga untuk bioetanol dapat menjadi alternatif untuk bahan baku generasi pertama dan kedua karena kemampuan produktivitasnya tinggi, mudah dikultur dan waktu panen yang cepat. Sedangkan bioetanol generasi keempat masih dalam tahap penelitian (Özçimen dan Inan, 2015).

### 2.3 Tahap Pemurnian Etanol

Pemurnian bioetanol dilakukan dengan memisahkan campuran etanol-air dengan proses distilasi. Istilah distilasi sederhana umumnya berkaitan dengan pemisahan suatu campuran yang terdiri dari dua atau lebih cairan melalui pemanasan. Pemanasan dimaksudkan untuk menguapkan komponen-komponen yang lebih mudah menguap (titik didih lebih rendah). Uap yang diperoleh dikondensasi kembali menjadi cair dan kemudian ditampung dalam suatu bejana penerima. Pada tekanan 1 atm, etanol memiliki titik didih 78,29°C (Haynes, 2011) dan air 100°C sehingga dengan penguapan di atas 78,29°C etanol dapat dipisahkan dari campuran dengan kadar kemurnian maksimal sekitar 95% (Abdel-Rahman *et al.*, 2014; Griend, 2007).

Untuk memperoleh kandungan etanol dengan kadar >99% perlu dilakukan proses dehidrasi untuk menghilangkan kadar air dalam campuran, beberapa metode dehidrasi yang dapat digunakan yaitu:

1. *Azeotropic Distillation*

Distilasi azeotropik adalah proses distilasi dengan menambahkan komponen lain sebagai entrainer untuk mempengaruhi volatilitas komponen sehingga menghasilkan *azeotrope* baru. Beberapa *entrainer* dapat digunakan untuk proses ini yaitu benzena, pentana, sikloheksana, heksana, heptana, isooktana, aseton, dan dietil eter (Kumar *et al.*, 2010).

Etanol dan air telah mencapai titik azeotrop, dengan etanol sebagai komponen utama. Karena kadar air pada etanol sebesar 4-5% penambahan benzena sangat dibutuhkan untuk membentuk *ternary azeotrope* dengan etanol dan air yang

memiliki titik didih lebih rendah sehingga air dapat dihilangkan, dan etanol murni diperoleh sebagai *bottom product* (Lee dan Wytcherley, 2000).

## 2. Adsorpsi *Molecular Sieve*

Adsorpsi merupakan peristiwa terkontakannya partikel padatan dan cairan pada kondisi tertentu sehingga sebagian cairan terjerap di permukaan padatan dan konsentrasi cairan yang tidak terjerap mengalami perubahan (Putro dan Ardhiany, 2013). *Molecular sieve* adalah material sintetis yang memiliki pori-pori dengan ukuran yang sama persis dan seragam yang digunakan sebagai adsorben gas dan cairan. *Molecular sieve* berbeda dengan penyaring secara umum yang digunakan untuk menyaring molekul pada tingkatan tertentu (Khaidir, 2012).

Jenis *sieve* yang biasa digunakan pada pemurnian etanol adalah tipe 3A, pemilihan *sieve* ini spesifik untuk pemisahan molekul air yang memiliki diameter sebesar 2,75Å, sedangkan jenis adsorben yang umum digunakan sebagai *molecular sieve* adalah zeolit. Pemilihan zeolit sebagai adsorben karena ketersediaan zeolit yang melimpah, harga zeolit alam yang murah, dan tidak menyebabkan kontaminasi terhadap etanol yang dihasilkan setelah proses dehidrasi (Saidi, 2014).

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan perhitungan menara distilasi D-01, diperoleh hasil rancangan menara distilasi D-01 dengan tipe *tray tower*. Nilai refluks operasi aktual sebesar 4,7334. Jumlah *plate* pada kolom distilasi yaitu berjumlah 33 buah, dengan letak *feed* (umpan) berada pada plate ke 2 dari atas. *Tray spacing* (jarak antar *plate*) disusun dengan jarak 0,4 m. Hasil perhitungan menara distilasi diperoleh tinggi menara yaitu 13,3825 m dengan diameter menara yaitu 1,4437 m. Menara distilasi dirancang menggunakan bahan konstruksi *Stainless Steel SA-240 Type 316*, dengan tebal *shell* dan tebal *head* masing-masing sebesar 0,1875 in.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh saran-saran sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan penelitian distilasi campuran air dan etanol dari hasil perhitungan untuk mengetahui kevalidan hasil perhitungan.
2. Dapat dilakukan penelitian simulasi metode distilasi pemisahan campuran air dan etanol agar dapat diperoleh optimasi kolom distilasi untuk mendapatkan kemurnian produk yang lebih tinggi.
3. Dapat dilakukan analisis lanjutan hasil perhitungan perancangan menara distilasi dari segi ekonomi secara detail untuk mengetahui kelayakannya dalam industri terutama pada industri bioetanol

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rahman, Z.A., A.M. Mahmood dan A.J. Ali. 2014. Ethanol-Water Separation by Pressure Swing Adsorption (PSA). *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*. 5(2): 1-7.
- Aiman, S. 2014. Perkembangan Teknologi dan Tantangan Dalam Riset Bioetanol di Indonesia. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. ISSN 2527-7669.16(2): 108-117.
- Atmoko, W.P., D. Widjanarko dan Pramono. 2014. Pengaruh Temperatur pada Proses Transesterifikasi Terhadap Karakteristik Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas. *Journal of Mechanical Engineering Learning*. 3(1).
- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Choi, S.P., M.T. Nguyen, S.J. Sim. 2010. Enzymatic Pretreatment of *Chlamydomonas reinhardtii* Biomass for Etanol Production. *Bioresource Technology*. 101: 5330-5336.
- Coulson, J.M dan J.F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering Design*. 4rd ed. New York. Pergamon Press.
- Dhaliwal, G., T. Lee, D. Talwar, dan O. Wang. 2018. Effect of Varying pH Adjusted Media on the Growth Rate of *Chlamydomonas reinhardtii*. The Expedition. UBC.7.
- Griend, D.L.V. 2007. Ethanol Distillation Process. US Patent 7297236 B1.
- Haynes, W, M. 2011. *CRC Handbook of Chemistry and Physics (91<sup>st</sup> Edition)*. Boca Raton. FL:CRC Press Inc. Hlm 3-332.
- Kasrina., S. Irawati, dan W.E. Jayanti. 2012. Ragam Jenis Mikroalga di Air Rawa Kelurahan Bentiring Permai Kota Bengkulu Sebagai Alternatif Sumber Belajar Biologi SMA. *Jurnal Exacta*.10(1): 36-44.
- Khaidir. 2012. *Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi*. IPB Press. Jawa Barat.
- Kumar, S., N. Singh., dan R. Prasad. 2010. Anhydrous Ethanol: A Renewable Source of Energy. *Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14: 1830–1844.
- Lee, F, M dan R.W. Wytcherley. 2000. *Azeotropic Distillation*. GTC Technology Corporation. Houston, Texas, USA. Copyright : Academic Press.
- Markina, D. 2014. Effects of Culture Condition on The Photoautotrophic Growth and Biochemical Composition of *Clamydomonas reinhardtii*, as a Potential Source for Hydrogen Production. *Thesis*. Department of Plant Science. Faculty of Veterinary Medicine and Bioscience Norwegian University of Life Science. Norwegian.
- Matsuri, A. Cristina, N. Istina, Sumarno dan P. Dwijayanti. 2017. Etanol Production from Fermentation of Arum Manis Mango Seeds (*Mangifera Indica* L.) Using *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 6(1): 56-60.
- Mushlihah, S., Sunarto, E., Irvansyah, M. Y., dan Utami, R. S. 2011. *Etanol Production from Algae Spirogyra with Fermentation by Zymomonas mobilis and Saccharomyces cerevisiae*. 1(7): 589–593.

- Nurdyastuti, I. 2006. Teknologi Proses Produksi Bioetanol. Prospek Pengembangan Biofuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak. [http://www.geocities.ws/markal\\_bppt/publish/biofbbm/biindy.pdf](http://www.geocities.ws/markal_bppt/publish/biofbbm/biindy.pdf) diakses pada 26 Agustus 2019 pukul 11.30.
- Ondrey, G. 2008. Commercial production and debut of a new solid-acid catalyst for making biodiesel. *Chemical Engineering*. 1(2): 12-13.
- Özçimen, D., dan İnan, B. 2015. An Overview of Bioetanol Production From Algae. Biofuels. Krzysztof Biernat. IntechOpen.
- Perez, C. M. T., I.G. Pajares, V.A. Alcantara, dan J.F. Simbahan. 2018. Bacterial Laminarinase for Application in Etanol Production From Brown Algae Sargassum Sp. Using Halotolerant Yeast. *Biofuel Research Journal*. 17: 792–797.
- Prasetyo, D. B dan F. Patriayudha. 2009. Pemakaian Gasohol sebagai Bahan Bakar pada Kendaraan Bermotor. Teknik Kimia UNDIP. Semarang.
- Putnarubun, C., W. Suratno, P. Adyaningsih dan H. Haerudin. 2018. Penelitian Pendahuluan Pembuatan Biodiesel dan Bioetanol dari *Chlorella sp.* secara Simultan. *Jurnal Sains MIPA*. 18(1): 1-6.
- Putro, A. N. H., dan Ardhiyani, S. A. 2013. Proses Pengambilan Kembali Bioetanol Hasil Fermentasi Dengan Metode Adsorpsi Hidrofobik. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2 (2): 56-60.
- Saidi, D. 2014. Proses Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Teraktivasi NaOH Dengan Variasi. Fakultas Sains dan Teknologi. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri (UIN). Malang.
- Smith, J.M., H.C. Van Ness, dan M.M. Abbott. 2001. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic. 6 th ed. Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
- Suarna, E. 2012. Analisa Karakteristik Keunggulan Etanol sebagai Sumber Energi Alternatif pada Sektor Transportasi. Bidang Perencanaan Energi. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Vítová, M., K. Bišová., D. Umysová., M. Hlavová., S. Kawano., dan V. Zachleder. 2011. *Chlamydomonas reinhardtii*: Duration of Its Cell Cycle and Phases at Growth Rates Affected by Light Intensity. *Journal Planta*. 233: 75–86.