



**UTILITAS PADA PRA RANCANG PABRIK BIOETANOL
DARI MIKROALGA (*Chlamydomonas reinhardtii*) DENGAN
PROSES *SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION AND
FERMENTATION* (SSF) KAPASITAS 8.800 KL/TAHUN**

Skripsi

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Program Studi Teknik Kimia**

Oleh

Faisal Farabi

5213415042

**TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Faisal Farabi

NIM : 5213415042

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Judul Skripsi : Pra Rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan Proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) 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

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Utilitas pada Pra Rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan Proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) Kapasitas 8.800 kL/Tahun” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 23 bulan 09 tahun 2019.

Oleh:

Nama : Faisal Farabi
NIM : 5213415042
Program Studi : S-1 Teknik Kimia

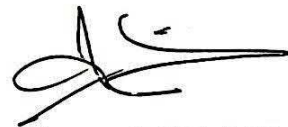
Ketua Panitia

Sekretaris



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

NIP. 197405191999032001



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

NIP. 197211062006042001

Penguji 1

Penguji 2

Pembimbing



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

NIP. 197103161999032002



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

NIP. 197405191999032001



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

NIP. 19721106200604200

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Hafidus, M.T. IPM.

NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN 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, 9 Oktober 2019

Yang membuat pernyataan,



Faisal Farabi

NIM. 5213415042

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Love the life you live. Live the life you love.”

- Bob Marley

PERSEMBAHAN

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Keluarga Tercinta
3. Dosen-dosen Teknik Kimia
4. Teman-teman seperjuangan
5. Almamater Universitas
Negeri Semarang

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Utilitas pada Pra-Rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan Proses *Simultaneous Saccharification And Fermentation* (SSF) Kapasitas 8.800 Kl/Tahun”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia
3. Dr. Megawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas arahan dan bimbingannya selama penyusunan skripsi.
4. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T. dan Irene Nindita, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji atas masukan dan koreksi dalam penyempurnaan skripsi ini.
5. Bunda, Nenek, Intan dan seluruh keluarga yang telah memberikan perhatian dan dukungannya baik berupa moril, materil dan doa yang tulus.
6. Gita, Erika, Shakin, Tyo, Icha dan teman seperjuangan Teknik Kimia Unnes angkatan 2015.
7. Puput yang selalu memberi semangat dan dukungan setiap hari.
8. Semua pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan maupun industri di masyarakat.

Semarang, 9 Oktober 2019

Penulis

ABSTRAK

Farabi, Faisal. 2019. Utilitas pada Pra-Rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan Proses *Simultaneous Saccharification And Fermentation* (SSF) Kapasitas 8.800 Kl/Tahun. Skripsi, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Megawati S.T., M.T.

Pra rancangan pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan proses *Simultaneous Saccharification And Fermentation* (SSF) Kapasitas 8.800 kl/Tahun ini dimaksudkan untuk alternatif bahan bakar minyak (BBM) yang tidak dapat diperbarui sehingga dalam beberapa tahun ke depan akan mengalami penurunan. Oleh karena itu perlu adanya sumber energi terbarukan. Bahan baku mikroalga merupakan bahan baku ideal karena mengandung biomassa yang tinggi dan penggunaan lahan yang lebih sedikit dibandingkan tanaman pertanian. Lokasi pendirian pabrik bioetanol ini dipilih di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Proses pembuatan bioetanol dilakukan dengan 4 tahapan yaitu tahap perlakuan awal, hidrolisis enzimatis (likuifikasi, dan sakarifikasi), fermentasi, dan pemurnian. Pabrik bioetanol dengan kapasitas produksi 8.800 kl/tahun ini memerlukan unit penunjang yang mampu menunjang semua kebutuhan proses pabrik. Unit utilitas merupakan sarana penunjang proses yang diperlukan pabrik agar dapat berjalan dengan baik. Unit pendukung proses (utilitas) yang diperlukan adalah berupa air baku (*raw water*) sebesar 145.491,933 kg/jam dari pengolahan air sungai Musi, Sumatera Selatan. Kebutuhan *steam* sebanyak 12.253,514 kg/jam, kebutuhan udara tekan 924 liter/menit dan kebutuhan bahan bakar sebesar 1.272,473 liter/jam yang diperoleh dari Pertamina, Sumatera Selatan. Kebutuhan listrik sebesar 1.255,996 kW yang diperoleh dari PLN Rayon Ampera, Sumatera Selatan dan *generator*.

Kata kunci: Industri, Bioetanol, Utilitas

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bioetanol	6
2.2 Produksi Bioetanol dari Mikroalga	7
2.3 Unit Utilitas	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Langkah Perhitungan	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	18
4.2 Unit Penyediaan dan Pembuatan Steam.....	22
4.3 Unit Penyediaan dan Pembangkit Listrik.....	26
4.4 Unit Penyedia Udara Instrumen dan Udara Tekan	31
4.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	31
4.6 Unit Pengolahan Limbah.....	33
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Tahapan-tahapan Pengolahan Limbah Cair	36
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kandungan Pati Mikroalga untuk Produksi Bioetanol	2
Tabel 4.1 Total Kebutuhan Steam Prarancangan Pabrik	18
Tabel 4.2 Kebutuhan Air Proses Produksi	19
Tabel 4.3 Kebutuhan Air Pendingin	20
Tabel 4.4 Total Kebutuhan Air Pada Prarancangan Pabrik	22
Tabel 4.5 Spesifikasi Boiler pada Unit Pembangkit Steam	25
Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik Proses Produksi.....	26
Tabel 4.7 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas.....	27
Tabel 4.8 Kebutuhan Listrik Penerangan Dalam Ruangan (Indoor).....	28
Tabel 4.9 Kebutuhan Listrik Penerangan Luar Ruangan (Outdoor)	29
Tabel 4.10 Kebutuhan Pendingin Ruangan (Air Conditioner/AC).....	30

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 lonjakkkan 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). Pada tabel 1.1. berikut merupakan kandungan pati berbagai jenis mikroalga.

Tabel 1.1 Kandungan Pati Mikroalga untuk Produksi Bioetanol

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

(John *et al.*, 2011)

Penentuan mikroalga sebagai bahan baku pembuatan bioetanol harus melalui berbagai pertimbangan diantaranya kandungan pati, kecepatan pertumbuhan, dan kemampuan beradaptasi mikroalga. Dari beberapa pertimbangan tersebut maka digunakan mikroalga *Chlamydomonas reinhardtii* sebagai bahan baku utama pembuatan bioetanol karena memiliki kandungan pati paling tinggi diantara jenis alga lain, dapat hidup di air tawar maupun air limbah dan memiliki kecepatan pertumbuhan yang tinggi (Suyono, 2010).

Menurut Peraturan Pemerintah yang sudah ditetapkan pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomer 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain di Pasal 6 yang berbunyi, “Terhadap Badan Usaha Pemegang Izin Usaha Niaga Bahan Bakar Minyak dan Pengguna Langsung Bahan Bakar Minyak yang melaksanakan pemanfaatan penggunaan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain secara berkesinambungan dan Badan Usaha yang melaksanakan Kegiatan Usaha Niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain dapat diberikan insentif baik fiskal dan/atau non-fiskal sesuai dengan ketentuan peraturan undang-undang” (Kementerian ESDM, 2008) sehingga sudah dipastikan sebagai produsen bioetanol tentunya pabrik ini diberi kemudahan oleh pemerintah baik pusat maupun daerah.

Pabrik bioetanol dari mikroalga yang didirikan memiliki kapasitas produksi 8.800 kl/tahun Lokasi pabrik yang didirikan berada di Kawasan

Industri Banyuasin, Duren Ijo, Banyuasin I, Kabupaten Banyu Asin, Sumatera Selatan. Kawasan Industri Banyuasin memiliki luas lahan sebesar 200.453 Ha (Kelompok Kerja PTGL-EHKB Kabupaten Banyuasin, 2016).

Pabrik bioetanol yang akan didirikan harus memiliki unit penunjang yang mampu menunjang semua kebutuhan proses pabrik. Unit pendukung proses atau sering pula disebut unit utilitas harus mampu menjalankan suatu pabrik dengan baik dari tahap awal sampai produk akhir. Pada umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, udara, *steam* dan listrik. Pada penelitian ini mengkaji prancangan optimum kebutuhan setiap unit utilitas yang terdapat pada pabrik yang didirikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sistem utilitas yang akan digunakan pada pra-rancang pabrik bioetanol dari mikroalga dengan kapasitas 8.800 kl/tahun?
2. Bagaimana proses pengolahan air pada pabrik bioetanol dari mikroalga?
3. Bagaimana perhitungan kebutuhan air, *steam*, listrik, udara, dan bahan bakar pada pabrik yang akan didirikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui sistem utilitas yang akan digunakan pada pra-rancang pabrik bioetanol dari mikroalga
2. Mengetahui kebutuhan air, *steam*, listrik, udara, dan bahan bakar pada pabrik yang akan didirikan
3. Mengetahui proses pengolahan limbah pada pabrik bioetanol dari mikroalga

1.4 Manfaat

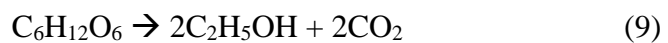
1. Mengetahui perhitungan dalam menentukan kebutuhan perancangan unit utilitas.
2. Memberikan kontribusi dan wawasan di bidang perancangan unit utilitas dalam industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

Bioetanol adalah etanol atau etil alkohol (C₂H₅OH), 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).

2.2 Produksi Bioetanol dari Mikroalga

Produksi bioetanol dibuat dengan bahan baku mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) yang mengandung pati, kemudian dilakukan

proses konversi pati menjadi glukosa dan difermentasi menjadi alkohol.

Secara umum terdapat ada 4 tahapan pembuatan bioetanol yaitu:

1. Tahap pra perlakuan (*pretreatment*)
2. Likuifikasi
3. Sakarifikasi dan Fermentasi
4. Tahap Pemurnian

(Ahrens *et al.*, 2018)

2.2.1. Tahap praperlakuan (*pretreatment*)

Pretreatment bertujuan untuk membuka struktur pati agar lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah pati menjadi monomer gula. *Pretreatment* memudahkan akses untuk enzim untuk meningkatkan hasil glukosa. Secara umum, teknologi pemisahan air pada proses pemanenan mikroalga terjadi beberapa tahapan. Pertama endapan mikroalga masih mengandung banyak air yang berbentuk *algae slurry* (lumpur alga) harus dikurangi kadar airnya menggunakan proses filtrasi hingga membentuk *slurry* alga. Kedua, alga yang telah berbentuk *slurry* melewati proses lanjut seperti pengeringan dan *size reduction* (Hadiyanto *et al.*, 2012).

2.2.2. Tahap Likuifikasi

Pada tahap likuifikasi terjadi terjadi proses hidrolisis yang merupakan dekomposisi kimia dengan menggunakan air untuk memisahkan ikatan kimia dengan substansinya. Reaksi hidrolisis pati merupakan reaksi pemecahan pati menjadi struktur gula yang lebih sederhana. Reaksi hidrolisis

berlangsung lambat sehingga untuk mempercepat reaksi perlu menggunakan katalisator. Pada proses hidrolisa pati, katalisator yang biasa dipakai adalah katalis asam dan katalis enzim (Hasiholan, 2015). Likuifikasi dilakukan pada suhu tinggi dengan pemanasan langsung umumnya 80-90° C (Batie *et al.*, 2008).

2.2.3. Tahap *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF)

pada metode SSF tahap hidrolisis dan tahap fermentasi berlangsung simultan dalam satu tangki. Metode ini dapat dijalankan dengan dua cara yaitu menggunakan campuran mikroorganisme biomassa sakarifikasi dan mikroorganisme fermentasi; menggunakan mikroorganisme yang telah direkayasa secara genetik yang dapat melakukan kedua proses sakarifikasi dan fermentasi. Keuntungan dari proses SSF adalah polisakarida yang terkonversi menjadi monosakarida tidak kembali menjadi polisakarida karena monosakarida langsung difermentasi menjadi etanol (Samsuri *et al.*, 2007). Proses SSF berlangsung hingga 120 jam pada suhu 40°C menggunakan enzim glukoamilase dan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (Pemberton *et al.*, 1978; Hitz *et al.*, 2009; Lantero *et al.*, 2011).

2.2.4. Tahap Distilasi

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. Setelah proses SSF, etanol yang dihasilkan memiliki kadar 10-15%. Untuk mengurangi kadar air dilakukan proses distilasi. Etanol

dapat dipisahkan dari campuran dengan kadar kemurnian maksimal sekitar 95% karena telah berada pada titik azeotrop (Abdel-Rahman et al., 2014; Griend, 2007)

2.2.5. Dehidrasi Menggunakan Membran Pervaporasi

Prinsip pemisahan dalam membran pervaporasi dengan memisahkan campuran cair dengan penguapan parsial melalui membran (tidak berpori atau berpori). Metode ini umumnya dilakukan pada proses pemisahan senyawa azeotrop yang mempunyai titik didih yang hampir berdekatan. Etanol dengan konsentrasi 95% dialirkan menuju membran pervaporasi hingga konsentrasi etanol 99,5%. aliran permeat berupa air akan melewati membran dan retentat etanol akan keluar dengan kemurnian lebih tinggi. Bahan membran yang digunakan adalah jenis *hydrophillic zeolite membrane* (Mulder, 1991; Sari, 2011).

2.3 Unit Utilitas

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam menunjang jalannya proses produksi pada suatu industri. Suatu proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan dengan baik apabila tidak terdapat unit utilitas. Perancangan diperlukan supaya menjamin keberlangsungan proses suatu pabrik.

Unit pendukung proses yang dibutuhkan pada prarancangan pabrik ini meliputi beberapa unit antara lain:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Supply System*)
2. Unit Penyediaan dan Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

3. Unit Penyediaan dan Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen dan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyedia Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah

2.3.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Supply System*)

Pada umumnya untuk memenuhi kebutuhan air untuk proses dari beberapa sumber misalnya menggunakan air tanah (sumur), air sungai, maupun menggunakan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Pada proses pembuatan *bioethanol* dibutuhkan sumber air yang banyak sebagai sarana penunjang kegiatan pabrik (air proses, air umpan boiler, air pendingin, air pemadam kebakaran, air konsumsi dan air sanitasi). Air tersebut diambil dari Sungai Musi melalui sistem pemompaan dan pemipaan yang masuk ke unit pengolahan air di dalam pabrik. Air sungai digunakan karena ketersediaannya yang melimpah dan lokasi yang berdekatan (<5 km) dengan pabrik. Menurut Sulistiyono (2012), penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahan yang relatif mahal.
- b. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.

2.3.2 Unit Penyediaan dan Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Steam adalah uap panas sebagai hasil pemanasan air. *Steam* ini digunakan sebagai media pemanas. Pada skala industri, kebutuhan steam dipenuhi dengan mengoperasikan *boiler*. *Boiler* merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan *steam*. Untuk *steam low pressure* maka digunakan jenis *fire tube boiler*. Jenis *boiler* yang digunakan yaitu *fire tube boiler*. Fungsi steam di pabrik bioetanol yaitu :

1. Melakukan *heating up reactor*

Apabila suhu reaktor belum memenuhi kondisi operasi, akan dilakukan *heating up* agar pemanasan terjadi secara perlahan dan tidak merusak material reaktor.

2. *Steam* sebagai media pemanas

Steam digunakan sebagai media pemanas pada alat-alat seperti *heat exchanger* dan reboiler.

Dalam pengoperasian *boiler* terdapat istilah *blow down*, yaitu mengeluarkan air melalui bagian *nozzle* yang terhubung dengan dasar *boiler*. *Blow down* bertujuan untuk mengurangi komposisi zat organik yang terkandung dalam air. Zat organik tersebut berupa *silica* yang dapat mengakibatkan terjadinya *scaling* pada *boiler* apabila tidak dilakukan *blow down*.

2.3.3 Unit Penyediaan dan Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Listrik merupakan sumber daya utama dalam suatu pabrik, tenaga listrik sangat diperlukan untuk pengoperasian pompa, alat proses,

instrumentasi dan penerangan pada pabrik. Kebutuhan listrik di pabrik bioethanol dapat dipenuhi oleh PT. PLN Persero Rayon Ampera dan *generator*. Tujuan penggunaan *generator* adalah sebagai pasokan listrik cadangan apabila PLN mengalami gangguan sehingga proses produksi tetap berlangsung. Pembangkit listrik tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik meliputi:

- a. Listrik untuk keperluan proses dan pengolahan air
- b. Listrik untuk penerangan
- c. Listrik untuk AC, Laboratorium, dan Instrumentasi

2.3.4 Unit Penyedia Udara Instrumen dan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit penyedia udara instrumentasi berfungsi untuk menyediakan udara kering bertekanan yang akan digunakan untuk keperluan sistem instrumentasi area proses, utilitas, dan pembersihan alat proses. Proses pembuatan udara instrumen yaitu dengan pengambilan udara luar yang kemudian dilewatkan pada penyaring udara air filter supaya udara pengotor proses penyaringan tidak terikut. Setelah melalui proses penyaringan, udara harus dinaikkan tekanannya menggunakan *compressor*. Untuk menghasilkan udara instrumentasi yang lebih kering maka udara tekan dilewatkan pada *air dryer*. Digunakan udara tekan karena alat-alat instrumen membutuhkan udara kering agar komponen-komponen tidak mudah rusak.

2.3.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair/solar industri. Bahan bakar cair diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Pemilihan bahan bakar cair didasarkan pada alasan berikut:

- a. Mudah didapat
- b. Lebih ekonomis
- c. Kesetimbangan terjamin
- d. Mudah dalam penyimpanan

2.3.6 Unit Pengolahan Limbah

A. Limbah Cair

Unit pengendali pengolahan air dan udara pada pabrik bioetanol ini bertujuan untuk mengelola air limbah dan gas buangan agar tidak mencemari saluran air atau sumber air masyarakat sekitar dan tidak mencemari udara yang terekspos ke lingkungan. Dengan adanya unit pengolahan pencemaran air dan udara maka kualitas air dapat terjamin sesuai baku mutu air, dan kualitas mutu udara ambient dapat tetap terjaga. Unit pengolahan limbah dan air buangan berfungsi untuk mengolah limbah cair hasil buangan proses dari pabrik masih mengandung zat-zat yang dapat mencemari lingkungan, karena itu perlu diolah dulu sebelum dibuang ke sungai. Limbah cair ini berasal dari limbah air buangan sanitasi, air berminyak dari seluruh pabrik, air limbah laboratorium, dan air sisa regenerasi dari unit demineralisasi.

B. Limbah Gas

Limbah gas berasal dari udara keluaran gas hasil pembakaran yang berasal dari boiler, CO₂ dan H₂O, gas hasil pembakaran dibuang ke udara melalui stack yang mempunyai tinggi minimal 4 kali tinggi bangunan. Banyaknya limbah gas pembakaran yang dibuang dapat diminimalisasi dengan cara melakukan perawatan yang rutin terhadap boiler sehingga pembakaran berlangsung secara sempurna.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan desain unit utilitas pada pra-rancang pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan proses SSF kapasitas 8.800 kl/tahun, diperoleh hasil perhitungan kebutuhan air pabrik sebesar 145.491,933 kg/jam, kebutuhan *steam* 12.253,514 kg/jam, kebutuhan listrik 1.255,996 kW, kebutuhan udara tekan 924 liter/menit dan kebutuhan bahan bakar sebanyak 1272,473 liter/jam menggunakan bahan bakar solar. Pengolahan limbah cair pada pabrik ini meliputi proses netralisasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan penguraian oleh bakteri sedangkan limbah gas dibuang ke udara melalui stack yang mempunyai tinggi minimal 4 kali tinggi bangunan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka diperoleh saran sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan simulasi proses menggunakan software sebagai pembanding hasil perhitungan dan memperoleh hasil yang optimal
2. Dapat dilakukan perhitungan design masing-masing alat yang terdapat pada unit utilitas

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.
- Ahrens, T., A. Crotteau, C. Maloney dan T. Viswanathan. 2018. Process and Method for Simultaneous Saccharification and Fermentation Using Microalgae. US Patent 0265900 A1.
- 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)
- Batie, C.J., G. Crabb, G.W. Aux, E.S. Cates, J.A. Dinwiddie, A.L. Silverstone, R. Quadt dan C.A. Miller. 2008. Process for Starch Liquefaction and Fermentation. US Patent 0299256 A1
- Considine, D.M. dan G. D. Considine. 1982. Food and Food Production Encyclopedia. New York: Van Nontrand Reinhold Co., Inc.
- Griend, D.L.V. 2007. Ethanol Distillation Process. US Patent 7297236 B1
- Hadiyanto, H., M.M.A. Nur dan G.D. Hartanto. 2012. Cultivation of Chlorella Sp as Biofuel Sources in Palm Oil Mill Effluent.(POME). *International Journal of Renewable Energy Development*. 1. (2): 45-49.
- Hasiholan, V, M. 2015. Hidrolisis Pati Enzimatis. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Hitz, D.W., T. Huang, A.K. Iverson, B.G. Lefebvre, C. Mitchinson. 2009. Process for Simultaneous Saccharification an Fermentation for Production of Ethanol. EP Patent 2516658 A2
- John, R.P., G.S. Anisha, K.M. Nampoothiri dan A. Pandey. 2011. Micro and Macroalgae Biomass: A Renewable Source for Bioetanol. *Bioresource Technology*. 102: 186-193

- Kelompok Kerga (Pokja) PTGL-EHKB Kabupaten Banyuasin. 2016. *Perencanaan Tata Guna Lahan Untuk Mendukung Pembangunan Rendah Emisi di Kabupaten Banyuasin*. In: Johana F, Istichomah S, Zein B, eds. Palembang, Indonesia: Pokja Office
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2008. *Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain. Himpunan Peraturan Bidang Bioenergi*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi 2016. <http://ebtke.esdm.go.id/download/index/01e82d315278f68a2dd34c34a7314bf2>. 13 Desember 2018 (15:57)
- Lantero, O.J., M. Li, Beloit, J.K. Shetty, P. Alto. 2011. Process for Conversion of Granular Starch to Etanol. US Patent 0223639.
- Linsley, R.K., 1991. *Applied Hydrology*. 4th ed. New York: Mc. Graw Hill Book Co.
- 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.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principle of Membrane Technology*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- 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*.
- Özçimen, D., dan İnan, B. 2015. An Overview of Bioetanol Production From Algae. *Biofuels*. Krzysztof Biernat. IntechOpen.
- Pemberton, M. S., S. Kans, S. D. Crawford, I. Mo. 1978. Method Forethanol Fermentation. US Patent 4.224.410.
- 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.
- Perry, Robert H. dan Dow W. Green. 1999. *Chemical Engineering HandBook*. 7th Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- 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
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya dan M. Nasikin. 2007. Pemanfaatan Selulosa Bagas untuk Produksi Etanol melalui Sakarifikasi Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase. *Makara, Teknologi*. 11 (1): 17-24.
- Sari, D.N., H. Setiyatwan dan Abun. 2016. Pengaruh Lama Fermentasi oleh *Bacillus licheniformis* Dilanjutkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* pada Limbah Udang Terhadap Kandungan Protein dan Glukosa Produk. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Severn, W. H., Degler, H. E. & Milles, J. C. 1959. *Steam, Air and Gas Power*, 5th edition. New York: John Wiley and Sons.
- 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.
- Sulistiyono, A. (2012). *Prarancangan Pabrik Propilen Glikol Dari Propilen Oksida Dan Air Kapasitas 429.000 Ton Per Tahun* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Suarna, E. 2012. Analisa Karakteristik Keunggulan Etanol sebagai Sumber Energi Alternatif pada Sektor Transportasi. Bidang Perencanaan Energi. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta
- Suyono, E. A dan Mudasir. 2010. Potensi Algae sebagai Biofuel. Jurusan Kimia. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.