



**NERACA PANAS 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

Shakin Ervita Oktaviyani

NIM. 5213415047

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

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Shakin Ervita Oktaviyani

NIM : 5213415047

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

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

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Neraca Panas pada Pra Rancang Pabrik Bioetanol dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) dengan Proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) dengan Kapasitas 8.800 kL/Tahun" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 24 bulan 09 tahun 2019.

Oleh:

Nama : Shakin Ervita Oktaviani
NIM : 5213415047
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



Dr. Ratna Dewi Kusumaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 197603112000122001

Penguji 2



Rr. Dewi Artanti Putri, S.T., M.T.
NIP. 198711192014042002

Pembimbing



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang



Neng Qidus, M.T. IPM.
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, 12 September 2019

Yang membuat pernyataan,

Shakin Ervita Oktaviani



NIM. 5213415047

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah”

- Lessing

PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk:

1. Allah SWT.
2. Bapak saya Ragil Budi Satoto dan Ibu saya Evi Setyowati yang senantiasa mendidik, menyayangi, memperjuangkan, mengorbankan segala sesuatunya untuk saya.
3. Adik saya Johari Zawawi yang senantiasa memberikan dukungan.
4. Seluruh keluarga besar tercinta.
5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang Angkatan 2015.
7. Almamater 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 **“Neraca Panas Pada Pra Rancang Pabrik Bioetanol Dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) Dengan Proses *Simultaneous Saccharification Fermentation* (SSF) Dengan 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.

Penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan orang-orang disekitar kami, sehingga kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T.,IPM.selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Megawati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas arahan dan motivasi yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
5. Dr. Ratna Dewi Kusumaningtyas, S.T., M.T. dan Rr. Dewi Artanti Putri, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan koreksi dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
6. Orangtua dan adik, beserta keluarga lainnya yang telah memberi dukungan baik moril dan materil, serta doa yang tulus.

7. Segenap staff dosen dan keluarga besar jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
8. Erika Wijayanti, Annisa Itsnain Nurusyifa, Gita Anggoro Putri, Faisal Farabi dan Adityo Nurcahyo, teman seperjuangan dalam penyusunan skripsi Pra Rancang Pabrik Bioetanol Dari Mikroalga, yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi.
9. Segenap kawan seperjuangan Teknik Kimia UNNES angkatan 2015.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mengharapkan saran untuk menyempurnakannya. Penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca yang membutuhkan informasi mengenai masalah yang dibahas dalam Skripsi ini, khususnya terkait bidang Teknik Kimia.

Semarang, 12 September 2019

Penulis

ABSTRAK

Oktaviyani, Shakin Ervita. 2019. “Neraca Panas Pada Pra Rancang Pabrik Bioetanol Dari Mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) Dengan Proses *Simultaneous Saccharification Fermentation* (SSF) Dengan Kapasitas 8.800 kL/Tahun”. Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Megawati, S.T., M.T.

Perkembangan energi terbarukan sangat diperlukan untuk mendukung substitusi BBM, seiring dengan terus meningkatnya kebutuhan bahan bakar di Indonesia. Salah satu caranya adalah dalam pembuatan bioetanol sebagai bahan bakar baik dalam bentuk murni maupun sebagai campuran premium. Mikroalga dapat menjadi alternatif bahan baku pembuatan bioetanol dan dapat menjadi bahan baku yang ideal karena menghasilkan biomassa yang tinggi serta tidak bersaing dengan tanaman pertanian untuk sumber daya lahan dan air. Saat ini di Indonesia belum terdapat pabrik yang memproduksi bioetanol berbahan baku mikroalga. Hal tersebut yang menjadi salah satu latar belakang prarancangan pendirian pabrik bioetanol dari mikroalga dengan kapasitas produksi 8.800 kL/tahun. Jenis mikroalga yang dipilih menjadi bahan baku pada pabrik bioetanol yaitu *Chlamydomonas reinhardtii*. Mikroalga ini memiliki kandungan pati paling tinggi sebesar 45% pati (g/berat kering) diantara jenis alga lain, dapat hidup di air tawar maupun air limbah dan memiliki kecepatan pertumbuhan yang tinggi.

Produksi bioetanol dengan bahan baku mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) menggunakan proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Proses ini merupakan salah satu proses yang banyak digunakan di industri karena rendah biaya, hasil etanol tinggi karena penghilangan *inhibitor* proses sakarifikasi, dan mengurangi jumlah reaktor yang digunakan. Dalam pendirian pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) diperlukan perhitungan neraca panas untuk mengetahui efisiensi panas pada masing-masing alat. Adapun alat utama yang menggunakan efisiensi panas yaitu reaktor likuifikasi primer, *jet cooker*, likuifikasi sekunder, reaktor pengembangbiakan yeast, reaktor SSF, menara distilasi 1, menara distilasi 2. Dari hasil perhitungan neraca panas, diperoleh entalpi total pada masing-masing alat tersebut sebesar 2.925.236,199 kJ/jam, 4.393.748,235 kJ/jam, 3.985.464,52 kJ/jam, 17.276,309 kJ/jam, 731.990,287 kJ/jam, 14.369.705,46 kJ/jam, dan 2.233.196,98 kJ/jam.

Kata Kunci: Bioetanol, Mikroalga, *Chlamydomonas reinhardtii*, SSF, Neraca Panas.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Bioetanol	5
2.2 Mikroalga	5
2.3 <i>Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)</i>	7
2.4 Neraca Panas/Neraca Energi.....	8

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.3 Prosedur Kerja	11
3.4 Pengolahan Data	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Unit <i>Belt Conveyor Dryer</i>	13
4.2 Unit <i>Air Preheater</i> (E-01).....	13
4.3 Unit Likuifikasi Primer (R-02)	14
4.4 Unit <i>Jet Cooker</i> (JC-01).....	15
4.5 Unit Reaktor Likuifikasi Sekunder (R-03)	15
4.6 Unit <i>Heat Exchanger</i> (E-01).....	16
4.7 Unit Reaktor Pengembangbiakan <i>Yeast</i> (R-01).....	16
4.8 Unit Reaktor <i>Simultaneous Saccharification and Fermentation</i> (SSF)...	17
.....	17
4.9 Unit Menara Distilasi 1 (D-01)	17
4.10 Unit Menara Distilasi 2 (D-02).....	18
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	19
5.1 Simpulan	19
5.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Reaksi dalam Proses <i>Simultaneous Saccharification and Fermentation</i> (SSF).....	7
Gambar 2.2 Proses Perpindahan Energi Pada Sistem	8

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Neraca Panas Unit <i>Belt Conveyor Dryer</i>	13
Tabel 4.2 Neraca Panas Unit <i>Air Preheater</i> (E-01)	14
Tabel 4.3 Neraca Panas Unit Likuifikasi Primer	14
Tabel 4.4 Neraca Panas Unit <i>Jet Cooker</i> (JC-01)	15
Tabel 4.5 Neraca Panas Unit Reaktor Likuifikasi Sekunder (R-03).....	15
Tabel 4.6 Neraca Panas Unit <i>Heat Exchanger</i> (E-01)	16
Tabel 4.7 Neraca Panas Unit Reaktor Pembiakan <i>Yeast</i>	16
Tabel 4.8 Neraca Panas Unit Reaktor <i>Simultaneous Saccharification and Fermentation</i> (R-03)	17
Tabel 4.9 Neraca Panas Unit Menara Distilasi 1	18
Tabel 4.10 Neraca Panas Unit Menara Distilasi 2	18

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Salah satunya berasal dari bahan bakar fosil yang bersifat tidak dapat diperbaharui yang selama ini merupakan andalan untuk memenuhi kebutuhan energi di seluruh sektor kegiatan. Penggunaan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui secara konsumtif akan menyebabkan penipisan sumber daya alam, lonjakan harga yang cukup mahal, dan mengakibatkan dampak negatif pada ekosistem karena gas polutan. Dengan demikian, diperlukan upaya pencarian energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan (Atmoko *et al.*, 2014).

Perkembangan energi terbarukan sangat diperlukan untuk mendukung substitusi BBM. Salah satu cara adalah dalam pembuatan bioetanol 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.

Mikroalga merupakan bahan baku ideal karena menghasilkan biomassa yang tinggi dan tidak bersaing dengan tanaman pertanian untuk sumber daya lahan dan air. Penentuan mikroalga sebagai bahan baku pembuatan bioetanol harus melalui berbagai pertimbangan diantaranya kandungan pati, kecepatan pertumbuhan, dan kemampuan beradaptasi mikroalga. Mikroalga *Chlamydomonas reinhardtii* sebagai bahan baku utama pembuatan bioetanol karena memiliki kandungan pati paling tinggi sebesar 45% pati (g/berat kering) diantara jenis alga lain, dapat hidup di air tawar maupun air limbah dan memiliki kecepatan pertumbuhan yang tinggi (Suyono, 2010).

Pemilihan lokasi untuk pabrik yang akan didirikan berdasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu letak pasar, letak sumber bahan baku, fasilitas transportasi, tenaga kerja, utilitas, kemungkinan perluasan pabrik, peraturan pemerintah dan sikap masyarakat. Peluang lokasi pabrik yang memenuhi kriteria pertimbangan pendirian pabrik yaitu berada di Kawasan Industri Banyuasin, Duren Ijo, Banyuasin 1, Kabupaten Banyu Asin, Sumatra Selatan. Konsumsi premium Palembang tiap tahun mengalami peningkatan. Kewajiban minimal pemanfaatan bioetanol sebagai campuran bahan bakar pada tahun 2025 adalah 15% (Kementrian ESDM, 2010). Jumlah etanol yang belum terpenuhi dalam negeri sebesar 20.920,473 kL/tahun. Etanol yang dihasilkan per hari sebanyak 21,216 Ton/Hari, sehingga peluang kapasitas pabrik tahun 2025 sebesar 8.800 kL/tahun.

Kapasitas pabrik bioetanol yang akan dibangun memenuhi kebutuhan etanol dalam negeri sebesar 42,064% dari kebutuhan Palembang.

Dalam proses produksi pada pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*), proses yang digunakan adalah *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Proses ini merupakan salah satu proses yang banyak digunakan di industri karena rendah biaya, hasil etanol tinggi karena penghilangan *inhibitor* proses sakarifikasi, dan mengurangi jumlah reaktor yang digunakan (Deliana *et al.*, 2014). Dalam pendirian pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) diperlukan perhitungan neraca panas untuk mengetahui efisiensi panas pada masing-masing alat. Adapun alat yang menggunakan efisiensi panas yaitu *belt conveyor dryer*, *air preheater*, likuifikasi primer, *jet cooker*, likuifikasi sekunder, *heat exchanger*, reaktor pengembangbiakan yeast, reaktor SSF, menara distilasi 1, menara distilasi 2.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana langkah perhitungan neraca panas pada pra rancang pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) kapasitas 8.800 kL/tahun?
2. Bagaimana hasil perhitungan neraca panas di setiap alat proses pada pra rancang pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) kapasitas 8.800 kL/tahun?

1.3 Tujuan Penelitian

Secara khusus penelitian bertujuan untuk:

1. Mengetahui langkah perhitungan neraca panas pada pra rancang pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) kapasitas 8.800 kL/tahun.
2. Mengetahui hasil perhitungan neraca panas di setiap alat proses pada pra rancang pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) kapasitas 8.800 kL/tahun.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan pengetahuan mengenai langkah perhitungan neraca panas di setiap alat proses pada pra rancang pabrik bioetanol dari mikroalga (*Chlamydomonas reinhardtii*) kapasitas 8.800 kL/tahaun.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Bioetanol

Bioetanol merupakan salah satu sumber bahan bakar alternatif yang diolah dari biomassa, dimana memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi CO₂ (Wusnah, 2016). Biomassa tersebut dapat diperoleh baik dari daratan maupun perairan. Sumberdaya perairan dengan berbagai macam keanekaragaman biotanya merupakan salah satu sumber bahan baku untuk bioetanol (Assadad, 2010).

Bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak tergantung dari tingkat kemurniannya. Bioetanol dengan kadar 95-99% dapat sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dapat sebagai bahan substitusi minyak tanah. Bioetanol dapat diproduksi dari beberapa jenis media yang mengandung gula, pati, selulosa, dan bahan berserat (lignoselulosa) (Jayus *et al.*, 2017).

2.2 Mikroalga

Mikroalga adalah alga berukuran mikro yang biasa dijumpai di air tawar maupun air laut. Mikroalga merupakan spesies uniseluler yang dapat hidup soliter maupun berkoloni. Berdasarkan spesiesnya, ada berbagai macam bentuk dan ukuran mikroalga. Tidak seperti tanaman tingkat tinggi, mikroalga tidak mempunyai akar, batang, dan daun. Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang memiliki kemampuan untuk menggunakan sinar matahari dan

karbondioksida untuk menghasilkan biomassa serta menghasilkan sekitar 50% oksigen yang ada di atmosfer (Widjaja, 2009).

Keanekaragaman mikroalga sangat tinggi, diperkirakan ada sekitar 200.000–800.000 spesies mikroalga ada di bumi. Dari jumlah tersebut baru sekitar 35.000 spesies saja yang telah diidentifikasi. Beberapa contoh spesies mikroalga di antaranya yaitu *Clamydomonas sp.*, *Spirulina*, *Nannochloropsis sp.*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella sp.*, *Dunaliella primolecta*, *Nitzschia sp.*, *Tetraselmis suecia*, dan lain-lain. Sel-sel mikroalga tumbuh dan berkembang pada media air, sehingga mempunyai tingkat efisiensi yang lebih tinggi dalam hal penggunaan air, karbondioksida, dan nutrisi lainnya bila dibandingkan dengan tanaman tingkat tinggi (Widjaja, 2009).

Pertumbuhan mikroalga sendiri terdiri dari tiga fase utama, yaitu fase lag, eksponensial, dan stasioner. Kebanyakan spesies mikroalga menghasilkan produk yang khas seperti karotenoid, antioksidan, asam lemak, enzim, polimer, peptida, toksin, dan sterol (Assadad, 2010).

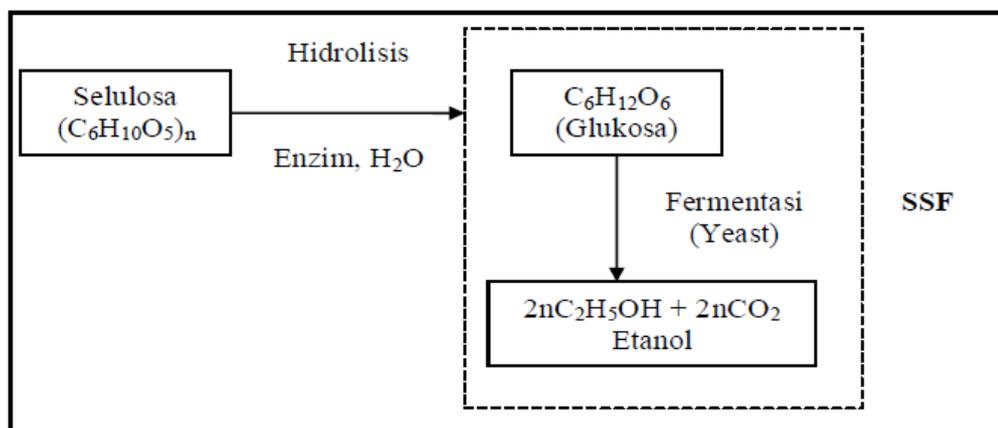
Komposisi kimia sel mikroalga berbeda-beda, dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis spesies dan kondisi kultivasi. Oleh karena itu terdapat peluang untuk memperoleh mikroalga dengan komposisi kimia tertentu dengan memanipulasi faktor lingkungannya seperti suhu, cahaya, pH, ketersediaan karbondioksida, garam, dan nutrisi lainnya (Assadad, 2010).

Mikroalga merupakan mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai bahan baku biofuel. Beberapa biofuel yang dapat dihasilkan dari mikroalga yaitu

hidrogen, biodiesel (yang diperoleh melalui proses transesterifikasi), bioetanol (yang diperoleh melalui proses fermentasi), dan biogas (Skill, 2007).

2.3 *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)*

Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) dikenal dengan proses sakarifikasi fermentasi serentak. Proses SSF yaitu kombinasi antara hidrolisis menggunakan enzim selulase dan yeast *Saccharomyces. cerevisiae* untuk fermentasi gula menjadi etanol secara simultan. Proses SSF sebenarnya hampir sama dengan dengan proses yang terpisah antara hidrolisis dengan enzim dan proses fermentasi, hanya dalam proses SSF hidrolisis dan fermentasi dilakukan dalam satu reaktor. Secara singkat reaksi yang terjadi melalui proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)* (Khaira, 2015).

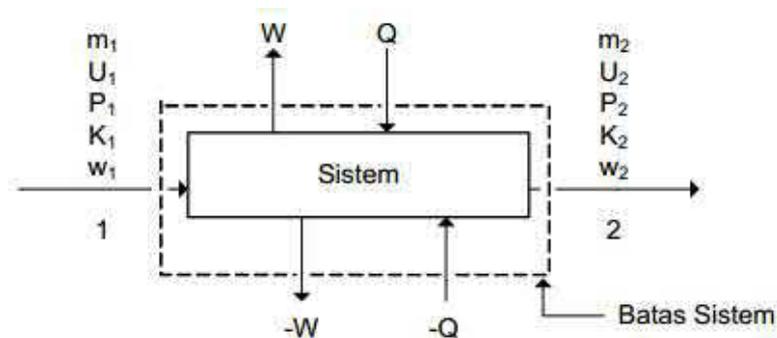


Gambar 2.1 Skema reaksi dalam proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)*

2.4 Neraca Panas/Neraca Energi

Neraca energi adalah cabang keilmuan yang mempelajari kesetimbangan energi dalam sebuah sistem, Perhitungan neraca energi dilakukan berdasarkan hukum pertama termodinamika, atau biasa disebut dengan hukum kekekalan energi (Djamalu, 2016).

Proses Secara Umum Perpindahan Energi Pada Sistem digambarkan pada gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.2 Proses Perpindahan Energi Pada Sistem

Persamaan Neraca Energi secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\{(\text{Energi masuk}) - (\text{Energi keluar}) + (\text{Generasi energi}) - (\text{Konsumsi energi})\} = \{\text{Akumulasi energi}\} \dots\dots\dots (1)$$

(Himmelblau, 1996)

Energi secara umum yang terlibat berupa energi Energi (Q) dan kerja (W).

Pada Gambar B.1 terlihat proses perpindahan energi pada suatu sistem. Pada keadaan 1, suatu materi atau bahan memiliki empat buah energi yaitu energi kinetik (K_1), energi potensial (P_1), energi dalam (U_1), dan energi berupa kerja p_1v_1 (w_1) serta memiliki laju alir massa m_1 . Materi atau bahan tersebut kemudian melewati sebuah sistem tertentu, dimana materi atau bahan tersebut membutuhkan

energi dari luar berupa Energi (-Q) dan kerja (-W) atau sebaliknya, dapat menghasilkan energi berupa Energi (Q) dan kerja (W). Setelah melewati sistem, bahan atau materi tersebut berada pada keadaan 2, dimana materi tersebut memiliki energi berupa energi kinetik (K_2), energi potensial (P_2), energi dalam (U_2), dan energi berupa kerja p_2v_2 (w_2) serta memiliki laju alir massa m_2 .

Sehingga persamaan neraca energi secara umum menjadi :

$$(U_1 + K_1 + P_1)m_1 - (U_2 + K_2 + P_2)m_2 + Q + W + w_1 - w_2 = \Delta E \dots\dots\dots (2)$$

$$(U_1 + K_1 + P_1)m_1 - (U_2 + K_2 + P_2)m_2 + Q + W + (p_1v_1)m_1 - (p_2v_2)m_2 = \Delta E \dots\dots\dots (3)$$

Jika tidak ada perubahan laju alir massa dimana $m_1 = m_2 = m$ dan tidak terjadi akumulasi energi pada sistem, maka persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$\{(U_2 - U_1) + (K_2 - K_1) + (P_2 - P_1) + (p_2v_2) - (p_1v_1)\}m = Q + W$$

$$\{\Delta U + \Delta E_k + \Delta P + \Delta p_v\}m = Q + W \dots\dots\dots (4)$$

Apabila sistem berada pada tekanan tetap sehingga terdapat hubungan ΔH ,

$$\Delta H = \Delta U + \Delta p_v \dots\dots\dots (5)$$

(Smith, 2001)

$$\{\Delta H + \Delta E_k + \Delta P\}m = Q + W \dots\dots\dots (6)$$

(Himmelblau, 1996)

Steady state berarti akumulasi dalam sistem = 0

Jika pada sistem perubahan energi kinetik dan energi potensial sangat kecil dibandingkan energi yang timbul akibat adanya reaksi maka nilai ΔE_k dan ΔP

dapat diabaikan (bernilai nol) dan jika tidak ada kerja yang diberikan atau dihasilkan ke dan dari sistem maka persamaan neraca energi tersebut menjadi,

$$Q = -W \dots\dots\dots (7)$$

Hal tersebut berarti semua kerja yang dilakukan pada sistem tertutup, *steady-state* akan ditransfer keluar sebagai panas (-Q). Akan tetapi tidak terjadi sebaliknya, Q tidak selalu dengan kerja yang dilakukan oleh sistem (-W).

Jika tidak ada Energi yang timbul akibat perubahan fasa materi pada suatu sistem maka,

$$\Delta H \cdot m = Q \dots\dots\dots (8)$$

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}} \dots\dots\dots (9)$$

$$Q = n \int_{T_{ref}}^{T_2} C_p dT_{\text{produk}} - n \int_{T_{ref}}^{T_2} C_p dT_{\text{reaktan}} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

ΔH = Perubahan Energi (kJ/kmol)

Q = Energi panas (kJ)

m = Kuantitas Materi (kmol)

Cp = Kapasitas panas (KJ/mol.K)

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Berdasarkan perhitungan neraca panas alat secara keseluruhan tidak ada selisih panas yang masuk dan panas yang keluar, maka neraca panas sistem berada pada kesetimbangan (*balance*). Artinya tidak ada panas yang terbuang.
2. Hasil perhitungan neraca panas di setiap alat proses sebagai berikut:
 - a. Laju alir panas di alat *belt conveyer dryer* sebesar 13.499.022,03 kJ/jam
 - b. Laju alir panas di alat *air preheater* sebesar 14.502.163,03 kJ/jam
 - c. Laju alir panas di alat likuifikasi primer sebesar 2.925.236,199 kJ/jam
 - d. Laju alir panas di alat *Jet Cooker* sebesar 4.393.748,235 kJ/jam
 - e. Laju alir panas di alat likuifikasi sekunder sebesar 3.985.464,52 kJ/jam
 - f. Laju alir panas di alat heat exchanger sebesar 790.792,698 kJ/jam
 - g. Laju alir panas di alat pengembangbiakan *yeast* sebesar 17.276,309 kJ/jam
 - h. Laju alir panas di alat Reaktor *Simultaneous Saccharification and Fermentation* sebesar 731.990,287 kJ/jam
 - i. Laju alir panas di alat menara distilasi 1 sebesar 14.369.705,46 kJ/jam
 - j. Laju alir panas di alat menara distilasi 2 sebesar 2.233.196,98 kJ/jam

5.2 Saran

Dapat dilakukan penelitian simulasi neraca panas menggunakan software Hysys agar hasil yang keluar lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Assadad, Luthfi, Bagus Sediadi, B.U, dan Rodiah, N.S. 2010. Pemanfaatan Mikroalga sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Squalen*. 5(2).
- 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).
- Deliana, D., S.O. Tasum., E. Triwahyuni., M. Nurdin., dan H. Abimanyu. 2014. Comparison of SHF and SSF Processes Using Enzyme and Dry Yeast for Optimization of Bioethanol Production From Empty Fruit Bunch. *Energy Procedia* 68: 107-116.
- Djamalu, Yunita. 2016. Analisa Perpindahan Panas Keadaan Tunak Pada Pengering Jagung Tipe Rumah Kaca Variasi Lubang Ventilasi Dan Rak Alumunium. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 9(1).
- Geankoplis, C.J. 1993. Transport Processes and Unit Operations. 3 rd ed, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Jayus, Jay, Sony, S., dan Ike, Wijayanti. 2017. Produksi Bioetanol Secara SHF dan SSF Menggunakan *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride* dan *New Aule Instant Dry Yeast* pada Media Kulit Ubi Kayu. *Jurnal Agroteknologi*. 11(1).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2010. *Rencana Strategis Kementerian Energi dan Sumber Daya Tahun 2010-2014*. https://www.esdm.go.id/assets/media/content/RENSTRA_KESDM_2010-2014_--_Final_280110.pdf. 31 Oktober 2018 (10:33)

- Khaira, Zul Fadly. 2015. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Enzim dan Waktu Fermentasi. *JOM FTEKNIK*. 2(2).
- Perry, Robert H. dan Dow W. Green. 2008. *Chemical Engineering HandBook*. 8th Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- _____. 1997. "Perry's Chemical Engineers' Handbook". 7 th ed. McGraw-Hill Book Co. New York.
- 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
- Skill, S. 2007. Microalgae biofuels. Marine futures conference. National Marine Aquarium. 18 pp.
- 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
- Suyono, E. A dan Mudasir. 2010. Potensi Algae sebagai Biofuel. Jurusan Kimia. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Treybal, R.E. 1981. Mass Transfer Operations. 3rd ed, New York: Mc Graw Hill

Book Co.

Widjaja, A. 2009. Lipid production from microalgae as a promising candidate for biodiesel production. *Makara Teknologi*. 13(1): 47–51.

Yaws, C.L. 1999. Chemical Properties Handbook. The McGraw-Hill Companies Inc.