

SKRIPSI

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN
ETANOL DARI AMPAS TEBU KAPASITAS
160.000 TON PER TAHUN**



Ratna Sari
NIM 03031181320075

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

SKRIPSI

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETANOL DARI AMPAS TEBU KAPASITAS 160.000 TON PER TAHUN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Kimia
pada
Universitas Sriwijaya



Ratna Sari
NIM 03031181320075

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN
ETANOL DARI AMPAS TEBU KAPASITAS PRODUKSI
160.000 TON PER TAHUN**

SKRIPSI

**Duplikasi Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana**

Oleh:

**Ratna Sari
03031181320075**

Palembang, 19 Januari 2018

Pembimbing,



Ir. Hj. Rosdhana Moeksin, M.T.
NIP. 195608311984032002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



Dr. Ir. H. M. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol dari Ampas Tebu Kapasitas Produksi 160.000 Ton per Tahun” telah dipertahankan oleh **Ratna Sari** di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 13 Januari 2018.

Palembang, 13 Januari 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198110312005011003



2. Ir. Pamilia Coniwanti, M.T.
NIP. 195512151985032001



3. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T., M.T., Ph. D.
NIP. 197208092000032001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. M. Syaiful, DEA
NIP. 195811031986031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ratna Sari
NIM : 03031181320075
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol dari Ampas Tebu
Kapasitas Produksi 160.000 Ton Per Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Januari 2018



Ratna Sari

NIM. 03031181320075

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat, dan karunia-Nya laporan tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol dari Ampas Tebu Kapasitas 160.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam laporan ini mencakup perencanaan pabrik dan perancangan alat-alat proses pra rencana pabrik pembuatan etanol dengan pertimbangan kelayakan berdasarkan analisa ekonomi. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membacanya.

Inderalaya, Februari 2018

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik karena banyaknya bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu diucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada:

Allah SWT dengan segala rahmat dan karunia-Nya yang memberikan kekuatan dalam menyelesaikan tugas akhir ini

- 1) Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa yang tak henti-hentinya mengalir demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Bapak Dr. Ir. H. M. Syaiful, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Leily Nurul Komariah, S.T , M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Ibu Ir. Hj. Rosdiana moeksin, M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- 5) Seluruh dosen dan Staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini turut memberi kontribusi yang bermanfaat bagi semua pihak.

Inderalaya, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN INTEGRITAS	v
BIODATA MAHASISWA	vi
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan.....	3
1.3.1. Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF)	3
1.3.2. Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)..	3
1.4. Sifat-Sifat Fisika dan Kimia	4
1.4.1. Bahan Baku	4
1.4.2. Produk yang dihasilkan	7
BAB II PERENCANAAN PABRIK	
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	9
2.2. Penentuan Kapasitas	9
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	10
2.4. Pemilihan Proses	11

2.5.	Deskripsi Proses	12	
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK			
3.1.	Lokasi Pabrik	17	
3.2.	Tata Letak Pabrik	20	
3.3.	Perkiraan Luas Pabrik	20	
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS			
4.1.	Neraca Massa	23	
4.2.	Neraca Panas	30	
BAB V UTILITAS			
5.1.	Unit Pengolahan Air.....	37	
5.1.1.	Air Pendingin	37	
5.1.2.	Air Umpan Boiler.....	39	
5.1.3.	Air Proses	39	
5.1.4.	Air Domestik.....	39	
5.1.5.	Total Kebutuhan Air	40	
5.2.	Unit Penyediaan Steam	40	
5.3.	Unit Pengadaan Tenaga Listrik.....	41	
5.3.1.	Kebutuhan Listrik Untuk Peralatan.....	41	
5.3.2.	Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan.....	42	
5.4.	Unit Penyediaan Bahan Bakar	43	
5.4.1.	Kebutuhan Bahan Bakar Boiler	43	
5.4.2.	Kebutuhan Bahan Bakar Generator	44	
5.4.3.	Total Kebutuhan Bahan Bakar	44	
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN			45
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN			
7.1.	Struktur Organisasi	80	

7.2. Manajemen Perusahaan	80
7.3. Kepegawaian	81
7.3.1. Peraturan Pekerjaan.....	81
7.3.2. Waktu Kerja	81
7.4. Penentuan Jumlah Pekerja.....	82
7.4.1. Direct Operating Labor	82
7.4.2. Indirect Operating Labor	84

BAB VIII ANALISA EKONOMI

8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	88
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	88
8.2.1. Lama Pengangsuran Pengembalian Modal	89
8.2.2. Pay Out Time (POT)	90
8.3. Total Modal Akhir	91
8.3.1. Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)	91
8.3.2. Total Capital Sink	93
8.4. Laju Pengembalian Modal	93
8.4.1. Rate of Return Investment (ROR).....	93
8.4.2. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR).....	94
8.5. Break Even Point (BEP)	95
8.6. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	97

BAB IX KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

TUGAS KHUSUS

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Data Impor Etanol Negara ASEAN	10
Tabel 2.2. Komposisi Ampas Tebu.....	11
Tabel 2.3. Perbandingan Proses pada Pembuatan Etanol	11
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Pekerja <i>Shift</i>	82
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan.....	84
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Pinjaman	90
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi	97
Tabel L.4.1. Indeks Harga Tahun 1987-2002	300
Tabel L.4.2. Daftar Harga Peralatan Tahun 2022	301
Tabel L.4.3. Daftar Gaji Karyawan Per Bulan	305

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tujuan Delignifikasi	13
Gambar 2.2. Diagram Alir Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol dari Ampas Tebu	16
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik.....	17
Gambar 3.2. Lokasi Pabrik berdasarkan <i>Google Maps</i>	18
Gambar 3.3. Tata Letak Pabrik	21
Gambar 3.4. Tata Letak Peralatan.....	22
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	86
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	96

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

C	: Allowable corrosion, m
D, OD	: Diameter dalam, Diameter luar, m
E	: Efisiensi pengelasan, dimensionless
h	: Panjang ellipsoidal, m
L	: Panjang accumulator, m
L_t	: Panjang total accumulator, m
P	: Tekanan operasi, atm
S	: Working stress yang diizinkan, atm
T	: Temperatur operasi, C
t	: Tebal dinding accumulator, m
V_e	: Volume ellipsoidal, m^3
V_s	: Volume silinder, m^3
V_t	: Volume total, m^3
W_s	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas, kg/m^3

2. FERMENTOR

C_{A_0}	: Konsentrasi selulosa mula-mula, $kmol/m^3$
C	: Korosi yang diizinkan, m
C_{co}	: Konsentrasi sel mula-mula, gr/dm^3
C_{p^*}	: Product concentrations at which all metabolism ceases, gr/dm^3
C_s	: Konsentrasi substrat, gr/dm^3
D_t	: Diameter dalam tanki, m
D_c	: Diameter lilitan coil, m
D_i	: Diameter pengaduk, m
E	: Effisiensi sambungan
F_{A_0}	: Laju alir umpan, $kmol/jam$

g	: Kecepatan gravitasi, m/s^2
g_c	: Faktor konversi
H_c	: Tinggi coil dari dasar tanki, m
H_E	: Tinggi ellipsoidal, m
H_i	: Tinggi dasar pengaduk dari dasar tanki, m
H_L	: Tinggi liquid, m
H_S	: Tinggi silinder, m
K_d	: Konstanta deaktivasi, hr^{-1}
K_m'	: Konstanta Michaelis-Menten, $kg/kmol$
K_{obs}	: Kecepatan pertumbuhan sel
K_s	: Parameter analogous to the Michaelis constant, g/dm^3
L	: Panjang daun impeller, m
L_c	: Panjang lilitan coil, m
m	: Cell maintenance, hr^{-1}
N	: Kecepatan putaran pengaduk, rps
N_{Ao}	: Mol selulosa masuk, $kmol/jam$
N_p	: Konstanta pengadukan
N_{Re}	: Bilangan Reynold
n	: Empirical constant
OD	: Diameter luar tanki, m
P	: Power pengadukan, HP
P	: Tekanan, atm
Q_f	: Laju alir volumetrik umpan, m^3/jam
q	: Lebar blade, m
r_B	: Posisi baffle dari dinding tanki, m
r_d	: Kecepatan degradasi sel, gr/dm^3
r_{sm}	: Kecepatan konsumsi substrat selama maintenance, gr/dm^3
S	: Working stress yang diizinkan, atm
T	: Temperatur, $^{\circ}C$
t	: Tebal dinding tanki, m
V_E	: Volume ellipsoidal, m^3

V_m	: Kec. reaksi maksimum, $\text{kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$
V_R	: Volume reactor, m^3
V_S	: Volume silinder, m^3
W	: Laju alir massa, kg/jam
W_b	: Lebar baffle, m
X	: Konversi, %
$Y'_{c/s}$: Yield coefficient pembentukan sell, gr/gr
$Y_{p/s}$: Yield coefficient pembentukan produk, g/g
ρ	: Densitas, kg/m^3
τ	: Waktu tinggal, jam
μ	: Kecepatan spesifik pertumbuhan sel, hr^{-1}
μ	: Viskositas campuran, cP
μ_{\max}	: A maximum specific growth reaction rate, hr^{-1}
σ	: Tegangan permukaan, N/m

3. FILTER PRESS

A	: Area filtrasi, m^2
CI	: Konstanta filtrasi, lbf s/ft^4
D_p	: Diameter partikel, m
f	: Faktor friksi
g_c	: Konstanta percepatan gravitasi, m/s^2
k	: Permeable cake, $\text{lbf ft}^2/\text{lbf s}^2$
L	: Tebal cake, ft
P	: Tekanan keluar filter, psi
V	: Volume filtrate, ft^3
ρ_l	: Densitas likuid, lb/ft^3
ρ_s	: Densitas solid, lb/ft^3
π	: Viskositas likuid, lb/ft hr
ΔP_c	: Pressure drop, psi

4. HEAT EXCHANGER (CONDENSER, COOLER, HEATER, DAN REBOILER)

- A : Area perpindahan panas, ft²
- a_a, a_p : Area alir pada annulus, inner pipe, ft²
- a_s, a_t : Area alir pada shell and tube, ft²
- a'' : External surface per 1 FT, ft²/ft
- B : Baffle spacing, in
- C'' : Clearance antar tube, in
- C_p : Kapasitas panas, btu/lb °F
- D_e : Diameter ekuivalen, in
- D_s : Diameter shell, in
- f : Faktor friksi
- g : Percepatan gravitasi, m/s²
- h_{io} : Koefisien perpindahan panas, Btu/hr.ft².°F
- h_i, h_o : Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam, bagian luar tube
- ID, OD : Inside diameter, outside diameter, ft
- j_H : Faktor perpindahan panas
- k : Konduktivitas termal, Btu/hr.ft.°F
- L : Panjang tube pipa, ft
- LMTD : Logarithmic Mean Temperature Difference, °F
- N_t : Jumlah tube
- P_T : Tube pitch, in
- ΔP_T : Return drop shell, psi
- ΔP_S : Penurunan tekanan pada shell, psi
- ΔP_t : Penurunan tekanan pada tube, psi
- Q : Beban panas heat exchanger, Btu/hr
- Rd : Dirt factor, hr.ft².°F/Btu
- Re : Bilangan Reynold, dimensionless
- s : Specific gravity
- T_1, T_2 : Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F

t_1, t_2	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T_c	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_c	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
Δt	: Beda temperatur yang sebenarnya, °F
U_D	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr.ft ² .°F
U_c, U_o	: Clean overall coefficient, Design overall coefficient, Btu.hr.ft ² .°F
V	: Kecepatan alir, ft/s
W	: Kecepatan alir massa fluida panas, lb/hr
w	: Kecepatan alir massa fluida dingin, lb/hr
μ	: Viskositas, lb/ft.hr

5. HOLDING BIN, HOPPER STORAGE, DAN TANKI TIPE KERUCUT

C_c	: Tebal korosi yang diinginkan, m
D	: Diameter dalam tanki, m
E	: Efisiensi penyambungan
h	: Tinggi kerucut, m
H	: Tinggi Silinder, m
H_t	: Tinggi tanki total, m
OD	: Diameter luar tanki, m
P	: Tekanan operasi, atm
S	: Working stress yang diinginkan, atm
T	: Temperatur operasi, °C
t	: Tebal dinding tanki, m
V_k	: Volume kerucut, m ³
V_s	: Volume silinder, m ³
V_t	: Volume tanki, m ³
W_s	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas, kg/m ³
α	: Sudut elevasi conical head

6. HYDROCYCLONE

B	: Diameter keluaran partikel, m
C	: Corrosion maksimum, m
D_c	: Diameter cyclone, m
D_i	: Diameter inlet cyclone, m
$D_{p \text{ crit}}$: Diameter kritis partikel, ft
E	: Joint efisiensi
H	: Tinggi cyclone total, m
H_k	: Panjang kerucut, m
H_c	: Panjang bagian tidak kerucut, m
N_t	: Jumlah putaran cyclone, putaran/s
P	: Tekanan desain, psi
Q	: Laju alir volumetric massa, m^3/jam
S	: Diameter aliran uap keluar cyclone, m
S	: Working stress allowable, atm
t	: tebal dinding cyclone, m
V	: Kecepatan partikel masuk, ft/s
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP

7. KOLOM DISTILASI

A_a	: Active area, m^2
A_{ap}	: Area under apron, m^2
A_c	: Luas area kolom, m^2
A_{cz}	: Area of calming zone, m^2
A_d	: Downcomer area, m^2
A_h	: Hole area, m^2
A_{oh}	: Area untuk 1 hole, m^2
A_n	: Net area, m^2
A_p	: Total area perforated, m^2
A_{up}	: Area of unperforated edge strip, m^2
C	: Allowable corrosion, m

D_c	: Diameter kolom, m
d_h	: Diameter hole, mm
E	: Joint efisiensi
E_o	: Efisiensi tray, %
H	: Tinggi tanki, m
H_e	: Tinggi tutup ellipsoidal, m
H_t	: Tinggi total tanki, m
h_{ap}	: Downcomer pressure loss, mm
h_b	: Back up downcomer, m
h_w	: Weir height, mm
h_{ow}	: Weir liquid crest, mm
L_{cz}	: Mean length of calming zone, m
L_w	: Weir length, m
N_m	: Jumlah tray minimum
OD	: Outside diameter, m
P	: Tekanan operasi, atm
R	: Reflux ratio
R_M	: Reflux minimum
S	: Working stress yang diinginkan, atm
T	: Temperatur operasi, $^{\circ}C$
t	: Tebal dinding tanki, m
t_r	: resident time, s
U_f	: Kecepatan aerated mass
Ψ	: Fractional entrainment

8. MIXING TANK

C	: Corrosion maksimum, in
D_i	: Diameter impeller, m
D_t, OD	: Diameter dalam, diameter luar tanki, m
E	: Joint efisiensi
g	: Percepatan gravitasi, m/s^2

g_c	: Konstanta percepatan gravitasi, m/s^2
H_i	: Tinggi dasar pengaduk dari dasar tanki, m
H_L	: Tinggi liquid, m
H	: Tinggi silinder, m
H_t	: Tinggi tanki total, m
h	: Tinggi head, m
N	: Kecepatan putaran pengaduk, rps
N_p	: Konstanta pengadukan
N_{Re}	: Reynold number
P	: Power pengadukan, HP
P	: Tekanan desain, atm
r	: Panjang blade pengaduk, m
r_B	: Posisi baffle dari dinding tanki, m
r_i	: jari-jari vessel, in
S	: Working stress allowable, psi
T	: Temperatur operasi, $^{\circ}C$
t	: tebal dinding tanki, m
V_h	: Volume head, m^3
V_s	: Volume silinder, m^3
V_t	: Volume tangki total, m^3
W	: Lebar blade pengaduk, m
W_b	: Lebar baffle, m
W_s	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP
σ	: Tegangan permukaan, N/m

9. MOLEKULAR SIEVE

C	: Allowable corrosion, in
D, OD	: Diameter dalam, diameter luar, m
E	: Joint efisiensi

F_a	: Faktor penyerapan
H	: Tinggi silinder, m
H_t	: Tinggi tanki total, m
h	: Tinggi head, m
P	: Tekanan operasi, atm
S	: Allowable stress, psi
T	: Temperatur operasi, $^{\circ}\text{C}$
t	: Tebal dinding tanki, m
V_h	: Volume head, m^3
V_k	: Volume kolom, m^3
V_p	: Volume packing, m^3
V_s	: Volume silinder, m^3
V_T	: Volume total, m^3
v	: Void fraction packing
W_a	: Jumlah H_2O , kg
W_p	: Jumlah packing, kg
W_s	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas, kg/m^3

10. POMPA

a''	: Area alir pipa, in^2
BHP	: Break Horse Power, HP
D_{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi, ft/s^2
g_c	: Konstanta percepatan gravitasi, ft/s^2
H_d, H_s	: Head discharge, suction, ft
H_f	: Total friksi, $\text{ft.lbf}/\text{lb}$
H_{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, $\text{ft.lbf}/\text{lb}$
H_{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, $\text{ft.lbf}/\text{lb}$
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, $\text{ft.lbf}/\text{lb}$

H_{ff} : Friksi karena fitting dan valve, ft.lbf/lb
 $H_{p\ uap}$: Vapor pressure corection, ft.lbf/lb
ID, OD : Inside diameter, outside diameter ft
 K_c, K_e : Contaction, ekspansion contraction,
 L : Panjang pipa total, m
 L_d, L_s : Panjang pipa discharge, suction, ft
 L_e : Panjang ekuivalen pipa, m
MHP : Motor Horse Power, HP
 m_s : Laju alir massa, lb/hr
NPSH : Net Positive Suction Head, ft . lbf/ lb
 N_{Re} : Reynold Number, dimensionless
 P_{uap} : Tekanan uap, psi
 Q_f : Laju alir volumetrik, gal/min
 T : Temperatur, $^{\circ}C$
 V_s : Suction velocity, ft/s
 V_d : Discharge velocity, ft/s
 ΔP : Differential pressure, psi
 ε : Equivalent roughness, ft
 η : Efisiensi pompa, %
 μ : Viskositas, lb/ft.hr
 ρ : Densitas, lb/ft³

11. STORAGE TANK, DAN TANKI TIPE ELLIPSOIDAL

C : Allowable corrosion, m
 D, OD : Diameter dalam tanki, diameter luar tanki, m
 E : Joint efisiensi
 h : Tinggi head, m
 H : Tinggi silinder tanki, m
 H_t : Tinggi total tanki, m
 P : Tekanan, atm
 S : Allowable stress, psi

T : Temperatur, $^{\circ}\text{C}$
t : Tebal dinding tanki, m
V_h : Volume head, m^3
V_s : Volume silinder, m^3
V_t : Volume tanki, m^3
W_s : Laju alir massa, kg/jam
 ρ : Densitas, kg/m^3

12. DIMENSIONLESS NUMBER

Re : Reynold Number
Sc : Schmidt Number
Pr : Prandtl Number
jH : Faktor perpindahan panas
f : Friction factor

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1. Perhitungan Neraca Massa	102
Lampiran 2. Perhitungan Neraca Panas	124
Lampiran 3. Perhitungan Spesifikasi Peralatan	169
Lampiran 4. Perhitungan Analisa Ekonomi	300
Lampiran Perbaikan	309

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi dunia akan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan akan tumbuh rata-rata 1,7% hingga 2030. Permintaan energi tumbuh sangat pesat, sedangkan energi fosil persediaanya sudah semakin menipis bahkan hampir habis. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan ini pemerintah mengeluarkan peraturan presiden No. 5 tahun 2006 tentang *blue print* pengelolaan energi nasional 2006-2024, penggunaan energi baru dan terbarukan diproyeksikan sebesar 17% pada tahun 2025, dengan bahan bakar nabati menyumbang sebesar 5% (Lee dkk, 2009).

Bahan bakar nabati atau BBN (*biofuel*) dapat direalisasikan dengan pengembangan bioenergi seperti bioetanol dari biomassa sebagai sumber bahan baku yang dapat diperbarui. Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar terbarukan mengingat kuantitas minyak bumi saat ini terus menipis. Keuntungan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar yaitu karena penggunaan etanol murni akan menghasilkan CO₂ 13%, lebih rendah dibanding premium. Selain itu, bioetanol dapat menurunkan kadar emisi gas rumah kaca hingga 80% dari hasil pembakarannya, sehingga dapat menurunkan efek rumah kaca (Izzati dkk, 2010).

Bioetanol dapat diperoleh melalui proses fermentasi gula dari biomassa yang mengandung karbohidrat (jagung, gandum), sukrosa (tebu) atau bahan lignoselulosa (ampas tebu, tandan kosong kelapa sawit). Bahan lignoselulosa seperti limbah ampas tebu merupakan bahan baku etanol yang menjanjikan disebabkan keberadaannya yang melimpah, murah, serta tidak digunakan sebagai bahan pangan. Di Indonesia sendiri, potensi perolehan etanol dari ampas tebu yang dihasilkan oleh pabrik gula dapat mencapai 614,827 kL/tahun (Hermiati dkk, 2010).

Ampas tebu merupakan substrat kompleks yang terdiri dari campuran polimer karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa), lignin, dan senyawa-senyawa yang larut dalam air (abu). Selulosa merupakan senyawa yang paling banyak

terkandung dalam ampas tebu dan merupakan bagian terpenting yang akan dikonversi menjadi produk lain seperti bioetanol. Proses konversi ampas tebu menjadi bioetanol memerlukan beberapa tahap, yaitu *pretreatment*, hidrolisis selulosa menjadi gula sederhana dan fermentasi gula sederhana menjadi etanol (Hermiati dkk, 2010).

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Fermentasi gula menjadi etanol merupakan salah satu penemuan awal di bidang bioteknologi. Efek memabukkan akibat konsumsi etanol telah dikenal sejak zaman kuno dan telah digunakan sebagai minuman beralkohol. Bukti tertua adanya minuman beralkohol adalah di Tiongkok sekitar 9000 tahun yang lalu. Meskipun proses distilasi telah dikenal di Yunani dan Arab, namun yang tercatat pertama kali memproduksi dari anggur adalah seorang alkemis dari School of Salerno pada abad ke-12. Pada tahun 1796, seorang ahli kimia Jerman-Rusia Johan Tobias Lowitz berhasil memperoleh etanol murni dengan penyulingan (Hedi, 2015).

Lavoisier pertama kali menjelaskan bahwa etanol merupakan senyawa yang terbentuk dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pada tahun 1808 Saussure berhasil menentukan rumus kimia etanol. Etanol pertama kali dibuat secara sintetik pada tahun 1825 oleh Michael Faraday. Dia menemukan bahwa asam sulfat bisa menyerap gas batubara dalam jumlah besar. Dia tidak sengaja menemukan bahwa etanol dapat diproduksi dari etilena (komponen gas batubara) oleh asam-katalis hidrasi, proses yang sama dengan industri etanol sintesis saat ini. Etanol digunakan sebagai bahan bakar lampu di Amerika Serikat pada awal 1840, tetapi pajak yang dikenakan pada industri alkohol selama perang saudara menyebabkan penggunaan etanol sebagai sumber energi menjadi tidak ekonomis. Pajak tersebut dicabut pada tahun 1906.

Penggunaan etanol untuk bahan bakar kendaraan bermotor pertama kali dilakukan pada tahun 1908. Ford model T dapat berjalan dengan bensin atau etanol. Etanol saat ini menjadi bahan bakar lampu spiritus. Etanol pernah digunakan sebagai bahan bakar roket V-2 buatan Jerman pada saat Perang Dunia II dan roket Redstone yang digunakan untuk meluncurkan satelit Amerika Serikat

pertama. Alkohol menjadi bahan bakar yang efisien untuk roket. Namun pada tahun 1920an bahan bakar dari petroleum yang harganya lebih murah telah menjadi dominan menyebabkan etanol kurang mendapatkan perhatian. Akhir-akhir ini dengan meningkatnya harga minyak bumi, bioetanol kembali mendapatkan perhatian dan telah menjadi alternatif energi yang terus dikembangkan (Hedi, 2015).

1.3. Macam-macam Proses Pembuatan

1.3.1. Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF)

Proses *Separate Hydrolysis and Fermentation* (SHF) adalah proses pembuatan etanol dimana tahap hidrolisis dan tahap fermentasi berlangsung terpisah. Setelah proses hidrolisis selesai, dilanjutkan proses fermentasi. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pengontrolan terhadap tiap tahap, agar tercapai hasil yang diinginkan. Selain itu, interaksi antar dua tahap dapat diminimalkan. Proses SHF ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya adalah kinerja selulosa yang tidak optimal akibat terjadinya inhibisi enzim oleh akumulasi gula. Meskipun kandungan selulosa dalam sistem tinggi. Jika selulosa terinhibisi maka proses liquifaksi akan terhenti meskipun belum semua pati yang tersedia diubah menjadi gula sederhana.

1.3.2. Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)

Untuk mengatasi kelemahan yang terjadi pada proses SHF, dikembangkanlah proses baru yang disebut dengan proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF), seperti yang telah dipatenkan oleh Gulf Oil Company dan University of Arkansas (1979). Proses SSF memiliki dasar yang sama dengan proses SHF, hanya saja tahap hidrolisis dan tahap fermentasi berlangsung simultan dalam satu reaktor. Beberapa saat setelah ditambahkan selulosa, pada reaktor ditambahkan glukamilase untuk mengkonversi dekstrin yang dihasilkan selulosa menjadi gula sederhana untuk difermentasi menjadi etanol.

Didalam reaktor juga ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* untuk memfermentasikan gula menjadi etanol.

Hidrolisis :



Fermentasi :



Keberadaan ragi/bakteri bersama-sama dengan enzim pada satu reaktor, dapat mengurangi akumulasi gula dalam reaktor. Sehingga, kinerja selulosa dapat maksimum dan pati dapat terkonversi semua menjadi gula sederhana dan etanol yang dihasilkan lebih tinggi. Keuntungan dari proses ini adalah polisakarida yang terkonversi menjadi monosakarida tidak kembali menjadi polisakarida karena monosakarida langsung difermentasi menjadi etanol. Selain itu, dengan menggunakan satu reaktor dalam prosesnya akan mengurangi biaya peralatan yang digunakan.

1.4. Sifat-Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Bahan Baku

1) Selulosa

Rumus kimia	:	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$
Berat molekul	:	162 kg/kmol
Wujud	:	Solid, amorphorus
Titik leleh	:	146 °C
Densitas	:	1544 kg/m ³
Kapasitas panas	:	1,3858 kJ/kg.°C
Panas pembentukan	:	-52,838 Kkal/kmol
Sifat lain	:	

- Tidak mudah larut dalam air
- Tidak larut dalam pelarut organik
- Tidak larut dalam larutan alkali encer
- Larut dalam asam mineral pekat

- Terhidrolisis relatif lebih cepat pada temperatur tinggi

2) Hemiselulosa

Rumus kimia	:	$(C_5H_8O_4)_n$
Berat molekul	:	132 kg/kmol
Wujud	:	Kristal berbentuk jarum
Titik didih	:	151 °C
Titik leleh	:	59 °C
Densitas	:	1156 kg/m ³
Kapasitas panas	:	1,3720 kJ/kg.°C
Sifat lain	:	

- Sedikit larut dalam air
- Larut dan terhidrolisa asam mineral encer dan asam organik encer
- Larut dalam larutan alkali hidroksida encer

3) Lignin

Rumus kimia	:	$C_9H_{10}O_2$
Berat molekul	:	150 kg/kmol
Wujud (25 °C)	:	amorphorus
Densitas	:	1291 kg/m ³
Kapasitas panas	:	1,3127 kJ/kg.°C
Sifat lain	:	

- Tidak larut dalam air
- Tidak larut dalam asam mineral kuat
- Larut secara parsial dalam pelarut organik

4) Glukosa

Rumus molekul	:	$C_6H_{12}O_6$
Berat molekul	:	180 kg/kmol
Wujud (25 °C)	:	Kristal
Densitas	:	1544 kg/m ³
Kapasitas panas	:	1,4467 kJ/kg.°C
Panas pembentukan	:	-340,26 Kkal/kmol

- 5) Ragi
- | | |
|--------------|------------------------------------|
| Bentuk | : Bubuk |
| Suhu optimum | : 32 °C |
| pH | : 4 – 5 |
| Sumber | : <i>Saccharomycess cerevisiae</i> |
- 6) Enzim Glukoamilase
- | | |
|--------------|----------------------------|
| Bentuk | : Bubuk |
| Suhu optimum | : 42 °C |
| pH | : 4,2 |
| Sumber | : <i>Aspergillus Niger</i> |
- 7) Asam Asetat
- | | |
|-----------------|--------------------------|
| Rumus kimia | : CH ₃ COOH |
| Berat molekul | : 60 kg/kmol |
| Wujud | : Liquid |
| Titik didih | : 118,1 °C |
| Titik leleh | : 16,6 °C |
| Densitas | : 1050 kg/m ³ |
| Kapasitas panas | : 2,4267 kJ/kg.°C |
- 8) Amonia
- | | |
|-----------------|--------------------------|
| Rumus kimia | : NH ₃ |
| Berat molekul | : 17 kg/kmol |
| Wujud | : Liquid |
| Titik didih | : -33,4 °C |
| Titik leleh | : -77,7 °C |
| Densitas | : 0,73 kg/m ³ |
| Kapasitas panas | : 5,1471 kJ/kg.°C |
- 9) Air
- | | |
|---------------|--------------------|
| Rumus kimia | : H ₂ O |
| Berat molekul | : 18 kg/kmol |
| Wujud | : Cair, padatan |
| Titik didih | : 100 °C |

Titik leleh	: 0 °C
Densitas	: 996 kg/m ³
Kalor jenis	: 4184 J/(kg·K) (cairan pada 20 °C)
Temperatur kritis	: 374,15°C
Tekanan kritis	: 218,307 atm
Kapasitas panas	: 8,712 + 1,25 T + (-0,18) T ²

1.4.2. Produk yang dihasilkan

1) Etanol

Rumus molekul	: C ₂ H ₅ OH
Berat molekul	: 46 kg/kmol
Wujud (25 °C)	: Cair tidak berwarna
Titik didih	: 78,3 °C
Titik nyala	: 21 °C
Titik beku	: -117,3 °C
Temperatur kritis	: 243,3 °C
Tekanan kritis	: 63 atm
Densitas	: 789 kg/m ³
Kapasitas panas	: 3,4022 kJ/kg.°C
Panas pembentukan	: - 66,2 kkal/kmol

Spesifikasi etanol yang dijual dipasaran :

1. *Industrial ethanol* (96,5 wt %), digunakan sebagai bahan pelarut, bahan bakar dan juga untuk membuat berbagai macam produk.
2. *Denatured spirit* (88 wt %), digunakan sebagai bahan pemanas dan untuk penerangan.
3. *Fine alcohol* (96,0-96,5 wt %), digunakan oleh industri obat-obatan, kosmetik, dan minuman beralkohol.
4. *Absolute or anhydrous ethanol* (99,7-99,8 wt %), digunakan oleh industri obat-obatan, industri makanan, dan juga untuk membuat aerosol dan digunakan untuk menaikkan bilangan oktan pada bahan bakar.

2) Karbondioksida

Rumus molekul	:	CO ₂
Berat molekul	:	44 kg/kmol
Wujud (25 °C)	:	Gas tidak berwarna
Titik didih	:	-78,45 °C
Titik leleh	:	-56,3 °C
Temperatur kritis	:	304,2 °C
Tekanan kritis	:	72,8 atm
Kapasitas panas	:	1,4068 kJ/kg.°C
Panas pembentukan	:	-94,052 kkal/km

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2017. *The World's Largest Online Business*. (Online). <http://www.alibaba.com/product.html>. Diakses pada tanggal 30 Maret 2017.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-6197-2000: Konversi Energi pada Sistem Pencahayaan*.
- Bank Indonesia. 2016. *Suku Bunga Dasar Kredit*. (Online). <http://www.bi.go.id/id/perbankan/suku-bunga-dasar/Default.aspx>. Diakses pada tanggal 15 September 2017.
- Brown, G. G. 1950. *Unit Operation*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Coulson, J. M., Richardson, & Sinnott, R. K. 1984. *Chemical Engineering, vol. 6. 1st Edition*. New York: Pergamon Press.
- Dottori, F. A., Robert, A. C. B., & Regis, O. B. 2016. *Bagasse Fractionation for Cellulosic Ethanol and Chemical Production*. US Patent 2016/0069020 A1.
- Farone, W. A., Irvine, John, E. C., Santa, A., & Both, O. C. 1997. *Strong Acid Hydrolysis of Cellulosic and Hemicellulosic Materials*. US Patent 005597714A.
- Felder, R. M., & Ronald, W. R. 2005. *Elementary Principles of Chemical Processes, 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fogler, S. 1992. *Elements of Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Google Maps. 2017. *Google Maps*. (Online). <http://www.google.co.id/maps/place>. Diakses pada tanggal 26 Agustus 2017.
- Hedi. 2015. *Etanol*. (Online). <http://www.google.com/etanol-Hedi.html>. Diakses pada tanggal 26 September 2017.
- Hermiati, E., Djumali, M., Titi, C. S., Ono, S., & Bambang, P. 2010. *Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol*. Jurnal Litbang Pertanian (29), 121-130.

- Hsu, Mazahreh, A. S., & Quasem, J. M. 2010. *Effect of Dilute Acid Pretreatment of Rice Straw on Structural Properties and Enzymatic Hydrolysis*. *Bioresource Technology* (101), 4907-4913.
- Irvan, Popphy, P., & Bambang, T. 2015. *Pembuatan Bioetanol dari Tepung Ampas Tebu melalui Proses Hidrolisis Termal dan Fermentasi: Pengaruh pH, Jenis Ragi, dan Waktu Fermentasi*. *Jurnal Teknik Kimia USU* (4): 27-31.
- Ismail, S. 1996. *Alat Industri Kimia*. Universitas Sriwijaya: Inderalaya.
- Izzati, N., Yusnidar, R., & Amrullah, H. R. 2010. *Optimasi Pembuatan Bioetanol dari Ubi Jalar Putih Sebagai Sumber Alternatif Bahan Bakar yang Terbarukan*. Malang: FMIPA, Universitas Negeri Malang.
- Jakobson, K. F. O., Taby, & Sweden. 1981. *Method for Separation of Material Mixtures, Containing Abrasive Particles, in A Hydrocyclone Separator*. US Patent 4278534.
- Kang, Q., Jannis, H., Bart, V. D. B., Jan, B., Tianwei, T., & Raf, D. 2014. *Hydrophilic Membranes to Replace Molecular Sieves in Dewatering The Bio-Ethanol/ Water Azeotropic Mixture*. *Separation and Purification Technology* (136), 144-149.
- Kecamatan Kertapati. 2011. *Penyelenggaraan Pemerintahan*. (Online). <http://www.kecamatan-kertapati.html>. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2017.
- Kern, D. Q. 1950. *Process Heat Transfer*. Singapore: McGraw Hill.
- Kirk, O. 2004. *Encyclopedia of Chemical Technology 4th Edition*. USA: John Wiley & Son.
- Lee, S. H., Doherty, T. V., Linhardt, R. J., & Dordick, J. S. 2009. *Ionic Liquid Mediated Selective Extraction of Lignin From Wood Leading Enzymatic Cellulose Hydrolysis*. *Biotechnology and Bioengineering* (5): 1368-1376.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. USA: John Wiley and Sons.

- Matche. 2014. *Matche's Process Equipment Cost Estimates*. (Online). <http://www.matche.com/equipcost/Default.html>. Diakses pada tanggal 4 Juli 2017.
- McCabe, W. L., Smith, J.C., Harriot, P. 1994. *Operasi Teknik Kimia*, Jilid 1, Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Novitasari, C. D., Astri, A., & Rigandita, E. 2012. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (Bagasse) untuk Produksi Bioetanol melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak*. PELITA (3): 65-74.
- Perry, R. H., & Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th Edition. New York: McGraw Hill Book Company.
- Peter, M. S., & Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4th Edition*. New York: McGraw Hill.
- Sudiyani, Y., Joko, W., Andika, P. R., Prasetyo, P., & Novia. 2015. *Pengaruh Temperatur dan Waktu Tinggal pada Perlakuan Awal Bagas Sorgum dengan Metode Steam Explosion*. Jurnal Teknik Kimia (21): 47-56.
- Treybal, R. E. 1988. *Mass Transfer Operation 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill.
- UN Comtrade. 2015. *The United Nations Commodity Trade Statistics Database*. (Online). <http://www.comtrade.un.org/data/>. Diakses pada tanggal 9 Februari 2017.
- Utami, R. S., Eva, P. S., & Inayati. 2014. *Pengaruh Waktu Hidrolisa dan Konsentrasi Asam pada Hidrolisa Pati Kentang dengan Katalis Asam*. Ekuilibrium (13): 45-49.
- Vilbrandt, F. C., & Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. New York: McGraw Hill.
- Wallas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Boston: Butterworth Heinemann.
- Winkle, M. V. 1967. *Distillation (Chemical Engineering)*. New York: McGraw Hill.
- Wyatt, D. R., & Everette, L. W. 1994. *Biodegradable Cellulosic Material and Process for Making Such Material*. US Patent 005360586A.