



***EVAPORATOR DESIGN* PADA PABRIK SORBITOL
MENGUNAKAN BAHAN BAKU DEKSTROSA
DENGAN PROSES HIDROGENASI KATALITIK**

Skripsi

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

Oleh:

Winda Nuramalia

NIM. 5213415009

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

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama Mahasiswa : Winda Nuramalia

NIM : 5213415009

Skripsi Dengan Judul "*Evaporator Design* pada Pabrik Sorbitol Menggunakan Bahan Baku Dekstrosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 5 Agustus 2019

Dosen Pembimbing



Ria Wulansarie, S.T., M. T.

NIP. 199001272015042001

PENGESAHAN

Skripsi Dengan Judul “*Evaporator Design* pada Pabrik Sorbitol Menggunakan Bahan Baku Dekstrosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada Tanggal 10 Bulan Agustus Tahun 2019.

Oleh

Nama : Winda Nuramalia
NIM : 5213415009
Program Studi : Teknik Kimia

Panitia:

Ketua



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001

Sekretaris



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

Penguji I



Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.
NIP. 1971031961999032002

Penguji II



Dr. Widi Astuti, S. T., M. T.
NIP. 197310172000032001

Pembimbing



Ria Wulansarie, S.T., M.T.
NIP. 199001272015042001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Unnes



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, 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 dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 5 Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Winda Nurmalia
NIM. 5213415009

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Jika kamu tidak dapat menahan lelahnya belajar, maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan.” (Imam Syafi’i)

“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolong mu. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.” (Q.S. Al-Baqarah: 153)

“And when you have decided, then rely upon Allah. Indeed, Allah loves who rely upon Him.” (Q.S. Ali ‘Imran: 159)

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT
2. Rasulullah Muhammad SAW
3. Ayah dan Ibu
4. Kakak dan Adik-adik
5. Keluarga Besar
6. Dosen-dosen Teknik Kimia
7. Teman-teman Teknik Kimia 2015
8. Almamaterku

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi dengan judul “*Evaporator Design* pada Pabrik Sorbitol Menggunakan Bahan Baku Dekstrosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik”.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis memperoleh banyak bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak, oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
2. Ria Wulansarie, S. T., M. T., selaku dosen pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan arahan yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
3. Dr. Widi Astuti, S. T., M. T., dan Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
4. Kedua orang tua dan keluarga atas dukungan doa, materi, dan semangat yang senantiasa diberikan tanpa kenal lelah.
5. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2015 serta semua pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga kami dapat menyelesaikan Skripsi .

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, guna menjadikan Skripsi ini lebih baik.

Semarang, 8 Agustus 2019

Penulis

ABSTRAK

Nuramalia, Winda. 2019. “Evaporator Design pada Pabrik Sorbitol Menggunakan Bahan Baku Dekstrosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik”. Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.

Salah satu pemanis buatan yang banyak digunakan di industri adalah sorbitol. Saat ini Indonesia masih banyak mengimpor sorbitol dan nilai ekspor dari tahun ke tahun cenderung menurun. Dari data impor dan ekspor sorbitol di Indonesia, diperkirakan kebutuhan sorbitol dalam negeri dan luar negeri pada tahun 2023 dapat mencapai 90.000 ton/tahun. Produk sorbitol yang dihasilkan harus sesuai dengan permintaan pasar, yaitu dengan spesifikasi 80% sorbitol, 15% air, dan 5% dekstrosa. Diperlukan proses perumihan dengan menggunakan evaporator.

Prinsip kerja evaporator dengan penambahan kalor atau panas untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari zat terlarut yang memiliki titik didih tinggi dan zat pelarut yang memiliki titik didih lebih rendah sehingga dihasilkan larutan yang lebih pekat serta memiliki konsentrasi yang tinggi.

Evaporator yang digunakan yaitu evaporator jenis *long tube vertical* dengan hasil rancangan dimensi evaporator yaitu diameter *shell* 21,875 in, diameter tube 1,250 in, dan jumlah *tube* sebanyak 105 buah, diameter dan tinggi deflektor 24 in dan 113,565 in, tinggi head *bottom* 4,1 in dengan bentuk *head* yaitu *torispherical flanged and dishead*, bentuk *bottom* yaitu kerucut kronis dengan tinggi 0,440 cm, sehingga tinggi total evaporator 261,063 in. Tenaga yang dibutuhkan untuk menjalankan evaporator yaitu 1 HP.

Kata kunci: *sorbitol, evaporator, evaporasi, dekstrosa*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah.....	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	7
BAB II.....	8
LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Proses Hidrogenasi Katalitik.....	8
2.1.1 Hidrogenasi Katalitik	8
2.1.2 Dasar Reaksi.....	8
2.1.3 Pemakaian Katalis	9
2.1.4 Kondisi Operasi.....	9
2.2 Sorbitol.....	11
2.2.1 Kegunaan Sorbitol.....	12
2.2.2 Sifat Sorbitol	13

2.3 Proses Pembuatan Sorbitol	14
2.4 Air	17
2.5 Evaporasi.....	18
2.6 Evaporator.....	20
2.6.1 Evaporator Vakum	22
2.6.2 Prinsip Evaporator.....	22
2.6.3 Metode Evaporator.....	23
3.1 Langkah-langkah Perhitungan	26
3.2 Diagram Alir Perancangan.....	27
BAB IV	28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Perancangan Dimensi Evaporator	28
BAB V.....	47
PENUTUP.....	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi Operasi dan Hasil Konversi Reaksi Pembentukan Sorbitol 10

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Pembuatan Sorbitol	8
Gambar 2.2 Struktur Kimia Sorbitol.....	11
Gambar 3.1 Skema Penguapan Air dari Campuran Sorbitol pada Evaporator 1 (FE-102) dan Evaporator 2 (FE-103)	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Evaporator	27
Gambar 4.1 Ilustrasi Evaporator	28
Gambar 4.2 Dimensi Baffle	37

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri meningkat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga industri merupakan salah satu sektor penting yang menopang perekonomian negara Indonesia. Bahan baku industri ada yang diperoleh dari dalam negeri dan ada pula dengan cara impor. Guna meningkatkan pendapatan negara maka impor bahan kimia perlu dikurangi, sebaliknya ekspor bahan kimia perlu ditingkatkan. Salah satunya dengan pendirian pabrik-pabrik baru untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri kimia dalam negeri saat ini (Meisrilestari *et al.*, 2013).

Salah satu kebutuhan bahan kimia terbesar di dunia adalah gula. Secara historis industri gula merupakan salah satu industri perkebunan tertua dan terpenting yang ada di Indonesia. Indonesia adalah negara pengimpor gula terbesar dengan rata-rata impor sekitar dua juta ton pertahun. Berbagai upaya untuk meningkatkan produksi belum mampu mengimbangi pertumbuhan pesat permintaan untuk konsumsi langsung dan penggunaan industri (Bantacut, 2015)

Kebutuhan gula di dunia pada tahun 2015 mencapai 130-178 juta ton/tahun. Besarnya kebutuhan gula di dunia memicu munculnya gula-gula alternatif sebagai bahan pemanis buatan. Berdasarkan proses produksi gula dikenal dua jenis yaitu sintesis dan alami. Dilihat dari sumbernya, pemanis dapat dikelompokkan menjadi

pemanis alami dan pemanis buatan (sintetis). Pemanis buatan diproduksi dengan tujuan komersil untuk memenuhi ketersediaan produk makanan dan minuman bagi penderita diabetes (kencing manis) ataupun orang yang membutuhkan makanan berkalori rendah (Handayani and Agustina, 2015). Pemanis alami merupakan pemanis yang terbuat dari tumbuhan dan hasil hewan. Contoh dari pemanis alami antara lain sukrosa, dekstrosa, dan fruktosa. Dekstrosa dan sukrosa dapat diperoleh dalam bentuk gula pasir, gula jawa atau gula kelapa (Karunia, 2013).

Salah satu pemanis buatan yang banyak digunakan di industri adalah sorbitol. Sorbitol atau mempunyai nama lain D-glucitol, D-sorbitol, D-glukoheksana, 1, 2, 3,4,5,6 hexanol, merupakan suatu senyawa organik gugus heksitol yang termasuk dalam golongan polyol atau senyawa alkohol (Othmer, 1960). Serta mempunyai rumus molekul $C_6H_{14}O_6$ atau $C_6H_8(OH)_6$ (Othmer, 1960). Kegunaan sorbitol selain sebagai pemanis buatan juga digunakan sebagai bahan baku industri barang konsumsi dan makanan seperti pasta gigi, permen, kosmetik, farmasi, vitamin C, dan termasuk industri tekstil dan kulit (Othmer, 1960). Sorbitol atau D-sorbitol atau D-glucitol adalah suatu gugus alkohol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Sorbitol ditemukan pada *cerry*, pir, apel, dan alga. Pada industry, sorbitol dihasilkan melalui hidrogenasi glukosa pada tekanan tinggi. Dalam tubuh manusia 1 gram sorbitol menghasilkan 3.994 kalori yang sebanding dengan 3.940 kalori dari 1 gram gula tebu (Marhusari, 2009).

Sorbitol pertama kali ditemukan oleh ahli kimia dari Perancis yaitu Joseph Boosingault pada tahun 1872 dari biji tanaman bunga ros. Zat ini berupa bubuk kristal

berwarna putih yang higroskopis, tidak berbau dan berasa manis. Sorbitol larut dalam air, gliserol, *propylene glycol*, serta sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat, phenol dan acetamida. Namun tidak larut hampir dalam semua pelarut organik. Sorbitol merupakan pemanis yang sebagian besar ditemukan dalam berbagai produk makanan (Fleeson, 2017).

Sorbitol digunakan sebagai pemanis makanan, pelembab, bahan baku pasta gigi, vitamin C, bahan baku pembuatan surfaktan dan bahan baku industri kimia lain. Kegunaan sorbitol yang cukup luas menjadikan sorbitol diproduksi secara komersial di berbagai negara di seluruh dunia (Ullmann's, 2003).

Indonesia masih melakukan impor walaupun sudah terdapat pabrik sorbitol berkapasitas besar. Jumlah impor sorbitol di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 4.267,790 ton/tahun. Pada tahun 2018 dari bulan Januari-Agustus jumlah impor sorbitol mencapai 5.355,483 ton/tahun (BPS, 2018). Hal itu menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan dari tahun sebelumnya. Berdasarkan keadaan ini menandakan perlu adanya penambahan pembangunan pabrik sorbitol yang baru guna memenuhi kebutuhan sorbitol di Indonesia. Dari data impor dan ekspor sorbitol di Indonesia, diperkirakan kebutuhan sorbitol dalam negeri dan luar negeri pada tahun 2023 dapat mencapai 90.000 ton. Hal tersebut yang menjadi latar belakang perancangan pendirian pabrik sorbitol dengan kapasitas pabrik sebesar 90.000 ton/tahun.

Sorbitol dapat dihasilkan oleh reaksi hidrogenasi katalitik dengan menggunakan dekstrosa cair dan hidrogen dengan menggunakan bantuan katalis *nikel*.

Reaksi hidrogenasi katalitik berlangsung pada fase gas-cair dengan kondisi tekanan 51 atm dan suhu 145 °C menggunakan katalis nikel.

Proses pembuatan sorbitol dibagi dalam tiga tahap yaitu tahap penyiapan dan pencampuran bahan baku, tahap pembentukan produk, dan tahap pemisahan dan pemurnian produk. Produk sorbitol yang dihasilkan harus sesuai dengan permintaan pasar, yaitu dengan spesifikasi 80% sorbitol, 15% air, dan 5% dekstrosa. Pada pabrik sorbitol yang akan didirikan dengan kapasitas produksi 90.000 ton/tahun diperlukan proses pemurnian agar produk yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pasar. Pabrik sorbitol menggunakan 2 evaporator dalam proses pemurniannya.

Evaporator berfungsi untuk mereduksi kandungan air yang terdapat dalam sorbitol. Oleh karena itu diperlukan perancangan yang optimal pada evaporator agar efektifitas penguapan air tinggi. Jika efektifitas penguapan air tinggi. Pada penelitian ini, mengkaji perancangan pada evaporator 1 (FE-101) dan evaporator 2 (FE-102) untuk pemurnian sorbitol dengan menguapkan kandungan air yang berlebih.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Sorbitol merupakan produk *intermediate* yang banyak digunakan, tetapi Indonesia masih banyak mengimpor Sorbitol.
2. Dekstrosa sebelum direaksikan dengan hidrogen dalam proses hidrogenasi katalitik dengan bantuan katalis nikel terlebih dahulu ditambahkan dengan H₂O agar konsentrasinya mencapai 40%, sehingga setelah pembentukan sorbitol diperlukan

proses pemurnian produk untuk menghilangkan kandungan H₂O dari produk sorbitol menggunakan proses penguapan menggunakan Evaporator agar dihasilkan produk sorbitol dengan konsentrasi 80%.

3. Evaporator digunakan untuk mengurangi kandungan air sehingga terbentuk produk sorbitol yang lebih murni dengan cara penguapan.

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Perancangan pabrik sorbitol kapasitas 90.000 ton/tahun didirikan di Indonesia untuk meningkatkan perekonomian Indonesia dengan meminimalkan impor dan menambah nilai ekspor.
2. Evaporator merupakan alat yang digunakan untuk menguapkan kandungan air dalam produk sorbitol sehingga didapatkan sorbitol yang lebih murni.
3. *Long Tube Vertical* Evaporator merupakan jenis evaporator yang digunakan dalam rancangan pabrik sorbitol kapasitas 90.000 ton/tahun.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diuraikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tahap-tahap perancangan evaporator untuk memurnikan produk sorbitol?
2. Bagaimana hasil perancangan dimensi evaporator tipe *Long Tube Vertical* Evaporator?
3. Bagaimana hasil kemurnian produk sorbitol yang telah dimurnikan dengan menggunakan Evaporator?

1.5 Tujuan Penelitian

1. Menentukan tahap-tahap perancangan evaporator untuk memurnikan produk sorbitol.
2. Mengetahui hasil perancangan dimensi evaporator tipe *Long Tube Vertical* Evaporator.
3. Mengetahui hasil kemurnian produk sorbitol yang telah dimurnikan dengan menggunakan Evaporator.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Bagi Lingkungan dan Masyarakat

Memberikan kontribusi dan wawasan dalam proses pemurnian menggunakan Evaporator.

2. Bagi IPTEK

Memberikan informasi dan sumber literasi mengenai proses pemurnian menggunakan evaporator *tipe long tube vertical* evaporator dalam proses hidrogenasi katalitik pembuatan sorbitol.

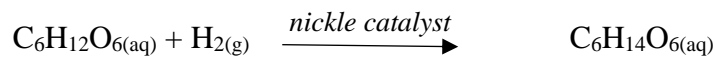
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Proses Hidrogenasi Katalitik

2.1.1 Hidrogenasi Katalitik

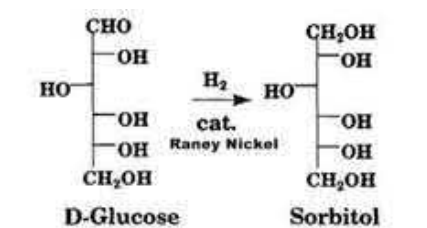
Sorbitol dapat dihasilkan oleh reaksi hidrogenasi katalitik dengan menggunakan dekstrosa cair dan hidrogen dengan menggunakan bantuan katalis *nikel*. Reaksi antara dekstrosa dan hidrogen adalah sebagai berikut:



Reaksi hidrogenasi katalitik berlangsung pada fase gas-cair dengan kondisi tekanan 51 atm dan suhu 145 °C menggunakan katalis nikel.

2.1.2 Dasar Reaksi

Pada Hidrogenasi katalitik dekstrosa menjadi sorbitol laju perbandingan volum umpan hidrogen : larutan dekstrosa yang digunakan adalah 2258:1. Konversi reaksi 93,2% (US Patent, 1982). Dengan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Reaksi Pembuatan Sorbitol

(Dechamp *et al.*, 1995)

2.1.3 Pemakaian Katalis

Proses pembuatan sorbitol dari reaksi hidrogenasi katalitik antara dekstrosa dan hidrogen lebih baik dengan bantuan katalis. Katalis berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Katalis yang digunakan dalam reaksi hidrogenasi katalitik dari dekstrosa dan hidrogen menjadi sorbitol adalah katalis nikel.

Katalis nikel dipilih karena kinerjanya lebih baik dibandingkan dengan katalis jenis lain, selain itu katalis nikel ini lebih stabil pada aktivitas reaksi yang tinggi (Hoffer, 2003; US Patent, 1982).

2.1.4 Kondisi Operasi

Kondisi operasi sangat menentukan proses dan produk reaksi. Operasi reaktor pada pembuatan sorbitol berlangsung pada suhu 130-180 °C dan tekanan 34-136 atm (US Patent, 1982). Kondisi reaksi dan hasil konversi untuk larutan dekstrosa menjadi sorbitol ditunjukkan pada Tabel 2.1.

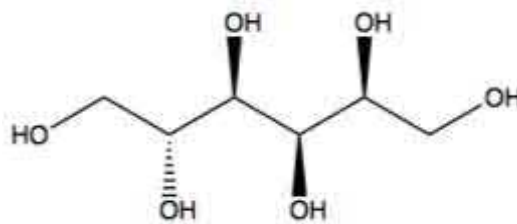
Tabel 2.1 Kondisi Operasi dan Hasil Konversi Reaksi Pembentukan Sorbitol

Parameter	Run A	Run B	Run C	Run D	Run E
<i>H₂ Partial Pressure</i> (psig)	750	750	990	1295	1455
<i>Reactor Midpoint Temperature</i> (°C)	130	145	145	145	170
<i>Space Velocity of Liquid Feed</i> (cc/hr/cc catalyst)	1,58	1,58	1,07	1,58	3,22
<i>Ratio H₂ Gas/Liquid Feed</i>	2258	2258	3335	2258	2258
<i>Glucose Conversion</i> (W%)	80,5	93,2	99,6	99,9	99,9

Pada prarancang ini dipilih kondisi operasi pada suhu 145 °C dan tekanan 51 atm. Kondisi ini dipilih berdasarkan pertimbangan dari persamaan kecepatan reaksi yaitu jika suhu tinggi maka kecepatan reaksi akan semakin besar, sehingga konversi reaksi akan semakin besar pula. Tetapi karena reaksi hidrogenasi sorbitol ini merupakan reaksi katalis maka kondisi operasi harus berada pada *range* suhu dimana katalis dalam keadaan aktif. Aktivitas katalis nikel berada pada range suhu 85-146 °C (Merck, 2006). Oleh karena itu, dipilih suhu dimana kecepatan reaksi tidak terlalu kecil dan katalis masih dalam keadaan aktif, kemudian dipilih tekanan sebesar 51 atm dengan alasan bila tekanan terlalu tinggi diperlukan konstruksi alat yang harus kuat dan kemungkinan timbulnya resiko lebih tinggi.

2.2 Sorbitol

Sorbitol merupakan nama pasar untuk D-glucitol dan mempunyai nama lain D-glisitol, D-sorbitol, D-glukoheksana, 1-2-3-3-4-5-6 hexanol. Sorbitol merupakan senyawa organik gugus heksitol yang termasuk dalam golongan polyol atau senyawa alkohol, serta memiliki rumus molekul $C_6H_{14}O_6$ atau $C_6H_8(OH)_6$ (Othmer, 1960).



Gambar 2.2 Struktur Kimia Sorbitol

Sorbitol pertama kali ditemukan oleh ahli kimia dari Perancis yaitu Joseph Boosingault pada tahun 1872 dari biji tanaman bunga ros. Zat ini berupa bubuk kristal berwarna putih yang higroskopis, tidak berbau dan berasa manis. Sorbitol larut dalam air, gliserol, *propylene glycol*, serta sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat, phenol dan acetamida. Namun tidak larut hampir dalam semua pelarut organik. Sorbitol merupakan pemanis yang sebagian besar ditemukan dalam berbagai produk makanan (Fleeson, 2017).

Sorbitol digunakan sebagai pemanis makanan, pelembab, bahan baku pasta gigi, vitamin C, bahan baku pembuatan surfaktan dan bahan baku industri kimia lain. Kegunaan sorbitol yang cukup luas menjadikan sorbitol diproduksi secara komersial di berbagai negara di seluruh dunia (Ullmann's, 2003).

2.2.1 Kegunaan Sorbitol

Produksi sorbitol di seluruh dunia sebesar 900.000 ton/tahun dan akan meningkat dari tahun ke tahun. Sorbitol diproduksi dalam bentuk padat dan cairan yang memiliki rasa manis dan banyak digunakan dalam industri makanan yang baik untuk penderita diabetes, industri kosmetik dan industri farmasi. Sorbitol berfungsi sebagai stabilizer kelembaban dan pelembut, sebagai pengganti gula (Ullmann's, 2003). Secara lebih rinci penggunaan sorbitol pada berbagai industri sebagai berikut:

1. Industri Makanan

Penggunaan sorbitol dalam industri makanan memiliki banyak keuntungan. Sorbitol dipilih sebagai alternatif pengganti glukosa bagi penderita diabetes, sorbitol cair dan sorbitol sirup berfungsi sebagai pelembut dan stabilisator kelembaban (Aini *et al.*, 2016). Konsentrasi bubuk sorbitol yang digunakan dalam industri makanan sekitar 10-100% tergantung pada makanan yang diproduksi.

2. Kosmetik

Sorbitol banyak digunakan dalam industri kosmetik seperti krim, salep, emulsi, lotion, gel dan terutama pada pasta gigi. Dalam pasta gigi sorbitol dipergunakan sebagai penyegar dan pencuci mulut yang dapat mencegah kerusakan gigi dan terbentuknya karies gigi (Othmer, 1960).

3. Farmasi

Mirip dengan penggunaannya dalam industri kosmetik sorbitol juga dapat digunakan dalam industri farmasi. Sorbitol bubuk telah digunakan sebagai bahan pengisi tablet, sebagai *plasticizer* dalam kapsul gelatin, dan sorbitol dapat digunakan

sebagai pelapis dalam tablet yang akan mengikat agen padat dan membentuk struktur halus tanpa granulasi. Selain itu, sorbitol cair banyak dimanfaatkan sebagai bahan pemanis obat sirup ataupun gel yang divariasikan dengan glukosa. Sorbitol sendiri memiliki kelebihan sendiri dibandingkan dengan pemanis lain diantaranya nilai kalori dan rasa manis yang lebih rendah sehingga baik bagi penderita diabetes (Chabib, 2013).

4. Medis

Sorbitol digunakan untuk pengobatan medis yang bebas *pyrogen* (bebas bakteri gram negatif), digunakan larutan 10-20% sorbitol dengan atau tanpa asam amino, sebagai larutan infus untuk nutrisi bagi pasien penderita diabetes, mempercepat diuresis, diosmoterapi, merangsang pengendalian dalam kantong empedu dan penyakit hati, dan dapat berfungsi sebagai obat cuci perut (Pospisilova *et al.*, 2007).

2.2.2 Sifat Sorbitol

Sifat-sifat dari sorbitol diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sifat Fisika

- a. Kenampakan : Berwarna bening, tidak berbau, dan berasa
- b. Rumus Molekul : $C_6H_{14}O_6$
- c. Berat Molekul : 182,17 g/mol
- d. Titik Leleh : 88-102 °C (stabil 97,7 °C)
- e. Titik Didih : 295 °C
- f. Massa Jenis : 1.294,125 kg/m³

- g. pH : 6-7 (70% larutan)
- h. Kelarutan : mudah larut dalam air

(Fisher Scientific, 2014)

2. Sifat Kimia

Reaksi esterifikasi sorbitol dengan asam stearat menghasilkan campuran stearate dengan sorbitan dan isosorbida. Oksidasi sorbitol dengan fermentasi menggunakan *Acetobacter suboxydane* menjadi L-sorbosa, intermediet dalam sintesis asam askorbat. Oksidasi dengan larutan bromida menghasilkan campuran aldosa dan ketosa. Selanjutnya, sorbitol berubah menjadi campuran D-glukosa, D-fruktosa, L-glukosa, dan L-sorbosa. Aldose dan ketosa juga merupakan hasil dari oksidasi ozon dengan sorbitol dan manitol (Othmer, 1960).

2.3 Proses Pembuatan Sorbitol

Pada proses pembuatan sorbitol dari dekstrosa yang merupakan reaksi hidrogenasi katalitik dengan bantuan katalis nikel dengan kondisi operasi yang dipilih berdasarkan pada tabel di US Patent (1982). Proses pembuatan sorbitol dibagi dalam tiga tahap yaitu:

1. Tahap Penyiapan dan Pencampuran Bahan Baku

Dekstrosa cair disimpan dalam tangki dengan suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Gas hidrogen dialirkan langsung dari PT. Air Liquide Indonesia dengan suhu 30 °C dan tekanan 3 atm.

Dekstrosa dari tangki (TT-103) dengan kemurnian 85%, suhu 30 °C, dan tekanan 1 atm dipompa menuju mixer (M-101) untuk dicampur dengan air dari tangki (TT-102) dengan kondisi suhu 30 °C dan tekanan 1 atm, kemudian konsentrasi larutan dekstrosa yang diinginkan adalah 40% berat. Air yang digunakan berasal dari unit utilitas. Gas hidrogen yang dialirkan melalui pipa dari PT. Air Liquide Indonesia dicampur dengan hidrogen hasil *recycle* di dalam pipa dengan suhu 30°C dan tekanan 3 atm. Setelah itu, hidrogen dialirkan ke kompresor (JC-101) untuk dinaikkan tekanannya menjadi 51 atm. Larutan dekstrosa dipompa untuk dinaikkan tekanannya menjadi 51 atm. Kemudian gas hidrogen dan larutan dekstrosa dipanaskan dalam *heater* (E-101) dan (E-102) hingga suhu 145°C. Rasio volume antara larutan dekstrosa dan gas hidrogen pada kondisi standar antara 1:2258 (US Patent, 1982).

2. Tahap Pembentukan Produk (Hidrogenasi)

Tahap ini terjadi di dalam reaktor hidrogenasi katalitik. Reaktor yang digunakan adalah Reaktor *fixed bed* (R-101). Reaktan berupa larutan dekstrosa dan gas hidrogen masuk kedalam reaktor *fixed bed* (R-101) dengan katalis padat nikel. Kondisi operasi yang terjadi dalam reaktor adalah isothermal pada suhu 145 °C dan tekanan 51 atm. Konversi dari reaksi ini adalah 93,2% (US Patent, 1982). Mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut:



Hasil keluaran reaktor dialirkan menuju *cooler* (E-103) untuk diturunkan suhunya.

3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian produk

Pada tahap ini dilakukan pemurnian gas hidrogen dan larutan campuran sorbitol. Setelah keluar dari reaktor, produk diturunkan suhunya menggunakan *cooler* (E-103) menjadi 30 °C. Selanjutnya, produk dialirkan menuju ke flash drum (FE-101) pada kondisi operasi suhu 30 °C dan tekanannya diturunkan dari 51 atm menjadi 3 atm dimana terjadi pemisahan antara gas hidrogen dan larutan produk berdasarkan perbedaan tekanan uap murni. Produk atas keluaran flash drum mengandung hidrogen dialirkan melalui pipa menuju titik pertemuan antara *make up* gas hidrogen dan gas hidrogen hasil *recycle* yang selanjutnya dikompresi untuk digunakan kembali. Kemurnian gas hidrogen yang dihasilkan yaitu $\pm 99\%$.

Larutan produk keluar dari bawah flash drum dengan suhu 30 °C dan tekanan 3 atm ini diturunkan tekanannya menjadi 1 atm dengan melewati larutan ke *enlargement pipe* yang selanjutnya dialirkan menuju evaporator 1 (FE-102) dan evaporator 2 (FE-103). Proses ini bertujuan untuk mereduksi jumlah air dalam produk sorbitol. Pada evaporator (FE-103) diperoleh produk sorbitol cair yang lebih terkonsentrasi. Selanjutnya, produk diturunkan suhunya dari 94 °C menjadi 30 °C menggunakan *cooler* (E-104). Produk keluaran evaporator mengandung 80% sorbitol, 15% air, dan 5% Dekstrosa yang selanjutnya dialirkan menuju tangki penyimpanan produk (TT-104).

2.4 Air

Air adalah senyawa yang memiliki rumus kimia H_2O . Air merupakan suatu senyawa kimia berbentuk cairan yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak memiliki rasa. Air mempunyai titik beku $0^{\circ}C$ pada tekanan 1 atm, titik didih $100^{\circ}C$ dan kerapatan $1,0 \text{ g/cm}^3$ pada temperatur $4^{\circ}C$ (Susana, 2003). Wujud air dapat berupa cairan, gas (uap air) dan padatan (es).

Berikut merupakan sifat fisika dan sifat kimia senyawa air:

1. Sifat Fisika

- a. Berat molekul : 18,02 g/mol
- b. Titik didih : $100^{\circ}C$
- c. Titik beku : $0^{\circ}C$
- d. Densitas ($25^{\circ}C$) : 0,99 g/ml
- e. Viskositas ($25^{\circ}C$) : 0,882 cp
- f. Suhu kritis : $374,1^{\circ}C$
- g. Tekanan kritis : 217,6 atm

2. Sifat Kimia

- a. Mudah melarutkan zat cair, padat maupun gas
- b. Merupakan *reagent* penghidrolisis dalam proses hidrolisis

(Yaws, 2008)

2.5 Evaporasi

Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan larutan yang terdiri atas pelarut (*solvent*) yang *volatile* dan zat terlarut (*solute*) yang *non volatile* (Widjaja,2010). Evaporasi adalah proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut. Di dalam pengolahan hasil pertanian proses evaporasi bertujuan untuk, meningkatkan larutan sebelum proses lebih lanjut, memperkecil volume larutan, menurunkan aktivitas air (Praptiningsih 1999).

Dalam kebanyakan proses evaporasi, pelarutnya adalah air. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan. Dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair yang sangat kental, bukan zat padat. Evaporasi berbeda pula dengan destilasi, karena uapnya adalah komponen tunggal. Evaporasi berbeda dengan kristalisasi, karena evaporasi digunakan untuk memekatkan larutan bukan untuk membuat zat padat atau Kristal (MC. Cab,dkk.,1993).

Menurut Wirakartakusumah (1989), di dalam pengolahan hasil pertanian proses evaporasi bertujuan untuk:

1. Meningkatkan konsentrasi atau viskositas larutan sebelum diproses lebih lanjut. Sebagai contoh pada pengolahan gula diperlukan proses pengentalan nira sebelum proses kristalisasi, *spray drying*, *drum drying* dan lainnya.
2. Memperkecil volume larutan sehingga dapat menghemat biaya pengepakan, penyimpanan dan transportasi.

3. Menurunkan aktivitas air dengan cara meningkatkan konsentrasi solid terlarut sehingga bahan menjadi awet misalnya pada pembuatan susu kental manis.

Menurut Earle (1982), adapun faktor-faktor yang menyebabkan dan mempengaruhi kecepatan pada proses evaporasi adalah:

- a. Kecepatan hantaran panas yang diuapkan ke bahan
- b. Jumlah panas yang tersedia dalam penguapan
- c. Suhu maksimum yang dapat dicapai
- d. Tekanan yang terdapat dalam alat yang digunakan
- e. Perubahan-perubahan yang mungkin terjadi selama proses penguapan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses evaporasi menurut Haryanto dan Masyithah (2006), antara lain :

- a. Luas permukaan bidang kontak

Semakin luas permukaan bidang kontak antara cairan dengan pemanas, maka semakin banyak molekul air yang teruapkan sehingga proses evaporasi akan semakin cepat.

- b. Tekanan

Kenaikkan tekanan sebanding dengan kenaikan titik didih. Tekanan bisa dibuat vakum untuk menurunkan titik didih cairan sehingga proses penguapan semakin cepat.

- c. Karakteristik zat cair

1. Konsentrasi

Walaupun cairan yang diumpangkan kedalam evaporator cukup encer sehingga beberapa sifat fisiknya sama dengan air, tetapi jika konsentrasinya meningkat, larutan itu akan semakin bersifat individual.

2. Pembentukan busa

Beberapa bahan tertentu, terutama zat-zat organik berbusa pada waktu diuapkan. Busa yang dihasilkan akan ikut ke luar evaporator bersama uap.

3. Kepekaan terhadap suhu

Beberapa bahan kimia, bahan kimia farmasi dan bahan makanan dapat rusak bila dipanaskan pada suhu tinggi dalam waktu yang lama. Dalam mengatur konsentrasi bahan-bahan seperti itu maka diperlukan teknik khusus untuk menurunkan suhu zat cair dan mengurangi waktu pemanasan.

4. Kerak

Beberapa larutan tertentu menyebabkan pembentukan kerak pada permukaan pemanasan. Hal ini menyebabkan koefisien menyeluruh semakin lama semakin berkurang.

2.6 Evaporator

Menurut Gaman (1994), mekanisme kerja evaporator adalah steam yang dihasilkan oleh alat pemindah panas, kemudian panas yang ada (*steam*) berpindah pada bahan atau larutan sehingga suhu larutan akan naik sampai mencapai titik didih. Uap

yang dihasilkan masih digunakan atau disuplai sehingga terjadi peningkatan tekanan uap. Di dalam evaporator terdapat 3 bagian, yaitu:

1. Alat pemindah panas

Berfungsi untuk mensuplai panas, baik panas sensibel (untuk menurunkan suhu) maupun panas laten pada proses evaporasi. Sebagai medium pemanas umumnya digunakan uap jenuh.

2. Alat pemisah

Berfungsi untuk memisahkan uap dari cairan yang dikentalkan.

3. Alat pendingin

Berfungsi untuk mengkondensasikan uap dan memisahkannya. Alat pendingin ini bisa ditiadakan bila sistem bekerja pada tekanan atmosfer.

Selama proses evaporasi dapat terjadi perubahan-perubahan pada bahan, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Perubahan-perubahan yang terjadi antara lain perubahan viskositas, kehilangan aroma, kerusakan komponen gizi, terjadinya pencokelatan dan lain-lain. Pemekatan dapat dilakukan melalui penguapan, proses melalui membrane, dan pemekatan beku. Peralatan yang digunakan untuk memindahkan panas ke bahan bermacam-macam bentuk dan jenisnya. Penggunaan bermacam-macam peralatan ini akan berpengaruh pada kemudahan penguapan dan retensi zat gizi (Tejasari, 1999).

Besarnya suhu dan tekanan evaporator sangat berpengaruh terhadap proses penguapan cairan. Semakin tinggi maka semakin cepat proses evaporasi, tetapi dapat

menyebabkan kerusakan-kerusakan yang dapat menurunkan kualitas bahan (Gaman, 1994).

2.6.1 Evaporator Vakum

Mesin Evaporator Vakum (*vacuum evaporator*) adalah mesin yang digunakan untuk menguapkan air pada suhu dan tekanan rendah sehingga dapat mengurangi kadar air suatu bahan. Evaporator Vakum biasa digunakan untuk produk yang bersifat cair seperti madu, sari buah, minyak nilam, minyak VCO atau gula cair. Biasanya produk akhir bahan akan lebih kental karena kadar airnya telah berkurang..

Bahan yang akan dipekatkan dimasukkan kedalam tangki umpan dengan kapasitas 10 liter. Bahan dialirkan masuk kedalam evaporator bagian tabung dalam menggunakan pompa. Bahan masuk dari atas dan keluar dari bawah, yang menjadikan aliran pemanas dan aliran bahan menjadi searah atau *co-current*. Pada sumbu tabung terdapat batang yang dapat diputar, yang dilengkapi dengan sirip-sirip. Pada *Agitated Thin-Film* Evaporator, saat batang berputar, cairan bergerak kebawah dan akan terlempar ketepi tabung (bagian panas) karena putaran sirip. Cairan di tepi tabung akan terpental kembali ketengah tabung. Ketika bahan sudah sampai di ujung bawah evaporator, bahan hasil pemekatan tersebut akan diserap dengan pompa untuk dialirkan menuju tangki umpan kembali.

2.6.2 Prinsip Evaporator

Evaporator adalah alat untuk mengevaporasi larutan sehingga prinsip kerjanya merupakan prinsip kerja atau cara kerja dari evaporasi itu sendiri. Prinsip kerjanya dengan penambahan kalor atau panas untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari

zat terlarut yang memiliki titik didih tinggi dan zat pelarut yang memiliki titik didih lebih rendah sehingga dihasilkan larutan yang lebih pekat serta memiliki konsentrasi yang tinggi.

1. Pemekatan larutan didasarkan pada perbedaan titik didih yang sangat besar antara zat-zatnya. Titik didih cairan murni dipengaruhi oleh tekanan.
2. Dijalankan pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normal.
3. Titik didih cairan yang mengandung zat tidak mudah menguap (misalnya: gula) akan tergantung tekanan dan kadar zat tersebut.
4. Beda titik didih larutan dan titik didih cairan murni disebut Kenaikan titik didih (*boiling*).

2.6.3 Metode Evaporator

1. Single effect evaporation

Menggunakan satu evaporator saja, uap dari zat cair yang mendidih dikondensasikan dan dibuang. Walaupun metode ini sederhana, namun proses ini tidak efektif dalam penggunaan uap. Untuk menguapkan 1lb air dari larutan, diperlukan 1 – 1.3 lb uap.

2. Double effect evaporation

Uap dari satu evaporator dimasukkan ke dalam rongga uap (*steam chest*) evaporator kedua, dan uap dari evaporator kedua dimasukkan ke dalam condenser.

3. *Multiple Effect Evaporation*

Evaporator yang digunakan dalam suatu metode lebih dari satu, seperti misalnya uap dari evaporator kedua dimasukkan ke dalam rongga uap evaporator ketiga, dan berlanjut sampai beberapa evaporasi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Evaporator digunakan untuk memurnikan larutan produk sorbitol dengan menguapkan air yang masih terkandung dalam larutan sorbitol.
2. Hasil perancangan dimensi evaporator untuk pabrik sorbitol kapasitas 90.000 ton/tahun yaitu tipe Long Tube Evaporator dengan diameter shell 21,875 in, diameter tube 1,250 in, dan jumlah tube sebanyak 105 buah, diameter dan tinggi deflektor 24 in dan 113,565 in, tinggi head bottom 4,1 in dengan bentuk head yaitu Torispherical Flanged and Dishhead, bentuk bottom yaitu kerucut kronis dengan tinggi 0,440 cm, sehingga tinggi total evaporator 261,063 in. Tenaga yang dibutuhkan untuk menjalankan evaporator yaitu 1 HP.
3. Komposisi konsentrasi produk sorbitol sebelum dilewatkan evaporator yaitu 5,24% sorbitol, 0,42% dekstrosa dan 94% air. Hasil kemurnian produk sorbitol setelah dilewatkan evaporator yaitu sebesar 80% sorbitol, 15% air, dan 5% dekstrosa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh saran-saran sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan penelitian simulasi metode evaporasi pemurnian larutan sorbitol agar dapat diperoleh kevalidan hasil perhitungan.

2. Dapat dilakukan analisis lanjutan hasil perhitungan perancangan evaporator dari segi ekonomi secara detail untuk mengetahui kelayakannya dalam industri terutama pada industri sorbitol.

DAFTAR PUSTAKA

- Bantacut, T. 2015. Pengembangan Pabrik Gula Mini untuk Mencapai Swasembada Gula (Mini Sugar Mills Development to Achieve Sugar Self-Sufficiency). *Jurnal Pangan* 19(3): 245-256.
- Handayani, T. dan Agustina, A. 2015. Penetapan Kadar Pemanis Buatan (Na-Siklamat) Pada Minuman Serbuk Instan Dengan Metode Alkalimetri. *Jurnal Farmasis Sains dan Praktis* I(1): 1-6.
- Karunia, F. B. 2013. Kajian Penggunaan Zat Adiktif Makanan (Pemanis dan Pewarna) pada Kudapan Pangan Lokal di Pasar Kota Semarang. *Food Science and Culinary Education Journal* 2(2): 63-71.
- Marhusari, R. 2009. Bentonit Terpillar TiO_2 sebagai Katalis Pembuatan Hidrogen dalam Pelarut Air pada Hidrogenasi Glukosa menjadi Sorbitol dengan Katalis Nikel.
- Meisrilestari, Y. Khomaini, R. dan Wijayanti, H. 2013. Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia, dan Fisika-Kimia. *Jurnal Konversi* 2(1): 46-51.
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F. 1983. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. New York: John Wiley and Sons Inc
- W. Fleeson, E, Jayawrickeme, A. Jones. 2017. Prarancangan Pabrik Sorbitol dari Glukosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik Kapasitas 30.000 Ton/Tahun. *Journal of Personality and Social Psychology*.
- Ullmann's. 2003. "Encyclopedia of Industrial Chemistry" A-1. Germany: VCH Verlagsgesell Schaff mb.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Banten. 2018. *Berita Resmi Statistik: Keadaan Ketenagakerjaan Banten Februari 2018*. Banten.
- Chao, J.C. and Huibers, D.T.A. 1982. *Catalytic Hydrogenation of Glucose to Produce Sorbitol*. New York: United States Patent 4322569.
- Dechamp, N., Gamez, A., Perrard, A., and Gallezot, P. 1995. *Kinetics of Glucose Hydrogenation in Trickle Bed Reactor*. Elsevier, Villeurbanne.
- Indonesia. 2002. *Sorini Boosts Sorbitol Production to Increase Exports. (Industry)*. Indonesia: P.T. Sorini, Indonesian Commercial Newsletter. ISSN: 0853-2036.
- Chabib, Lutfi, dkk. 2013. Pengaruh Pemberian Variasi Campuran Sorbitol Dan Glukosa Cair Sebagai Pemanis Pada Sediaan Gummy Candy Parasetamol. Yogyakarta: *Jurnal Ilmiah Farmasi* Vol. 10 No. 2 Universitas Gajah Mada.
- Pospisilova, Marie, et.al. 2007. Determination of Mannitol and Sorbitol In Infusion Solutions By Capillary Zone Electrophoresis Using On-Column

- Complexation With Borate and Indirect Spectrophotometric Detection. Czech Republik: *Journal of Chromatography A*, 1143. Faculty of Pharmacy, Charles University 258–263.
- Fisher Scientific. 2014. *Safety Data Sheet: Sorbitol*. Part of Thermo Fisher Scientific.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. United States: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Praptiningsih, Yulia. 1999. *Buku Ajar Teknologi Pengolahan*. FTP UNEJ: Jember.
- Mc Cabe, W.L.Smith, J.C., and Harriot, P., 1990. "Operasi Teknik Kimia", Jilid 2. Edisi 4, Erlangga, Jakarta
- Masyithah, Z dan Haryanto, B. 2006. *Perpindahan Panas*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Gaman, P. M. 1994. *Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi*. Yogyakarta: UGM Press.