



**PERHITUNGAN *MASS* DAN *HEAT BALANCE* SERTA
SPESIFIKASI ALAT *PROPYLENE OXIDE PURIFICATION*
COLUMN PADA PRA RANCANG PABRIK *PROPYLENE*
OXIDE DENGAN PROSES HPPO (*HYDROGEN PEROXIDE TO*
PROPYLENE OXIDE) KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN**

Skripsi

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

Oleh

Muhammad Fahrul Rahman Alim

5213415060

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

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Muhammad Fahrul Rahman Alim

NIM : 5213415060

Program Studi : Teknik Kimia

Skripsi dengan Judul “Prarancangan Pabrik *Propylene Oxide* Dari *Propylene* dan *Hydrogen Peroxide* Dengan Proses *Hydrogen Peroxide To Propylene Oxide* (HPPO) Kapasitas 32.000 Ton/Tahun” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Agustus 2019

Pembimbing



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

NIP. 198711192014042202

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Perhitungan Mass dan Heat Balance serta Spesifikasi Alat *Propylene Oxide Purification Column* pada Pra Rancang Pabrik *Propylene Oxide* dengan Proses HPPO (*Hydogen Peroxide to Propylene Oxide*) Kapasitas 32.000 ton/tahun” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 29 bulan Oktober tahun 2019.

Oleh:

Nama : Muhammad Fahrul Rahman Alim
NIM : 5213415060
Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Panitia

Ketua



Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.
NIP. 197103161999032002

Sekretaris



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

Penguji II



Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 198711112015041003

Penguji I



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

Pembimbing



Rr. Dewi Artanti Putri, S.T., M.T.
NIP. 198711192014042202

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



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


PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

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

Semarang, 28 Oktober 2019

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Fahrul Rahman A.

NIM. 5213415060

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“My Life is My Dream” ,Muhammad Fahrul Rahman Alim

“Whatever the mind can conceive and believe, the mind can achieve” ,Napoleon Hill

“Kepunyaan Allah-lah segala apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi.” ,(Q.S Al-Baqarah : 284)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.” ,(Q.S Al-Baqarah : 286)

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT.
2. Kedua Orang Tua.
3. Dosen-dosenku.
4. Kawan-kawanku
5. Almamaterku.

ABSTRAK

Alim, Muhammad Fahrul Rahman. 2019. “Perhitungan *Mass* dan *Heat Balance* serta Spesifikasi Alat *Propylene Oxide Purification Column* pada Pra Rancang Pabrik *Propylene Oxide* dengan Proses HPPO (*Hydrogen Peroxide to Propylene Oxide*) kapasitas 32.000 ton/tahun”. Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Pembimbing Rr. Dewi Artanti Putri, S.T., M.T

Industri kimia merupakan salah satu sektor industri yang mengalami perkembangan yang cukup signifikan di Indonesia. Saat ini Indonesia masih banyak melakukan impor bahan baku maupun bahan setengah jadi dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan industri kimia dalam negeri. Salah satu bahan baku yang masih diimpor adalah bahan kimia *Propylene Oxide*. Produk *Propylene Oxide*. Pada proses pembuatan *Propylene Oxide* dengan menggunakan proses *Hydrogen Peroxide to Propylene Oxide* (HPPO) membutuhkan beberapa alat utama, salah satu alat utama yang digunakan untuk proses pemurnian *Propylene Oxide* adalah menara distilasi. Menara distilasi pada pabrik *Propylene Oxide* menggunakan *sieve tray distillation*. Hasil perancangan menara distilasi yang menggunakan bahan *carbon steel SA-283 Grade C* dengan jumlah *plate* 48 buah, *tray spacing* 0,3 m, tinggi menara 14,697 m, diameter menara 1,441 m, tebal *head* 0,00476 m dan tebal *shell* sebesar 0,00635 m dengan kemurnian *Propylene Oxide* 95%.

Kata kunci: Industri, *Propylene Oxide*, Menara Distilasi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Karena dengan rahmat dan hidayah-Nya serta partisipasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Perhitungan *Mass* dan *Heat Balance* serta Spesifikasi Alat *Propylene Oxide Purification Column* pada Pra Rancang Pabrik *Propylene Oxide* dengan Proses HPPO (*Hydrogen Peroxide to Propylene Oxide*) kapasitas 32.000 ton/tahun”. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Dewi Selvia Fardhyant, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
2. Rr. Dewi Artanti Putri, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan arahan yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Dr. Ratna Dewi Kusumaningtyas., S.T.,M.T., selaku dosen penguji 1 yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
4. Dhoni Hartanto,S.T., M.T.,M.Sc., selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
5. Kedua Orang tua dan keluarga atas dukungan doa, materi, dan semangat yang senantiasa diberikan tanpa kenal lelah.
6. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2015

Penulis juga menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan tugas akhir ini.

Semarang, 28 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
PERSETUJUAN PEMIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Propylene Oxide</i>	7
2.2 Neraca Massa.....	9
2.3 Neraca Panas.....	10
2.4 Distilasi.....	12
2.5 Prinsip Distilasi.....	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16

3.3	Prosedur Kerja.....	16
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1	Neraca Massa.....	19
4.2	Neraca Panas.....	24
4.3	Perancangan <i>Propylene Oxide Purification Column</i> (T-101)	38
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		89
V.1	Simpulan.....	89
V.1	Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....		90

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Komponen.....	19
Tabel 4.2	Neraca Massa Total Mixer (M-101).....	20
Tabel 4.3	Neraca Massa Total Mixer (M-102).....	20
Tabel 4.4	Neraca Massa Total Reaktor (R-101).....	21
Tabel 4.5	Neraca Massa Total Flash Drum 1 (D-101).....	21
Tabel 4.6	Neraca Massa Total Flash Drum 2 (D-102).....	22
Tabel 4.7	Neraca Massa Total (T-101).....	22
Tabel 4.8	Neraca Massa Total Mixer 3 (M-103).....	23
Tabel 4.9	Neraca Massa Total Flash Drum 3 (D-103).....	23
Tabel 4.10	Tabel 4.10 Neraca Massa Total Distilasi 2 (T-102).....	23
Tabel 4.11	Neraca Massa Total Flash Drum (D-104).....	24
Tabel 4.12	Tabel 4.12 Neraca Panas <i>Mixer 1</i> (M-101).....	24
Tabel 4.13	Neraca Panas <i>Compressor</i> (JC-101).....	25
Tabel 4.14	Neraca Panas <i>Cooler 1</i> (E-101).....	25
Tabel 4.15	Neraca Panas <i>Pump 1</i> (J-101).....	26
Tabel 4.16	Neraca Panas <i>Cooler 2</i> (E-102).....	26
Tabel 4.17	Neraca Panas <i>Pump 2</i> (J-102).....	26
Tabel 4.18	Neraca Panas <i>Cooler 3</i> (E-103).....	27
Tabel 4.19	Neraca Panas <i>Mixer 2</i> (M-102).....	27
Tabel 4.20	Neraca Panas <i>Reactor</i> (R-101).....	28
Tabel 4.21	Neraca Panas <i>Expansion Valve 1</i> (EV-101).....	28
Tabel 4.22	Neraca Panas <i>Flash Drum 1</i> (D-101).....	29
Tabel 4.23	Neraca Panas <i>Compressor 2</i> (JC-102).....	29
Tabel 4.24	Neraca Panas <i>Condenser 3</i> (E-114).....	29
Tabel 4.25	Neraca Panas <i>Expansion Valve 5</i> (EV-105).....	30

Tabel 4.26	Neraca Panas <i>Flash Drum</i> 6 (D-106).....	30
Tabel 4.27	Neraca Panas <i>Expansion Valve</i> 6 (EV-106).....	31
Tabel 4.28	Neraca Panas <i>Heater</i> 5 (E-115).....	31
Tabel 4.29	Neraca Panas <i>Expansion Valve</i> 2 (EV-102).....	32
Tabel 4.30	Neraca Panas <i>Heater</i> 1 (E-104).....	32
Tabel 4.31	Neraca Panas <i>Flash Drum</i> 2 (D-102).....	32
Tabel 4.32	Neraca Panas <i>Expansion Valve</i> 3 (EV-103).....	33
Tabel 4.33	Neraca Panas <i>Heater</i> 2 (E-105).....	33
Tabel 4.34	Neraca Panas Menara Distilasi 1 (T-101).....	34
Tabel 4.35	Neraca Panas <i>Cooler</i> 4 (E-109).....	34
Tabel 4.36	Neraca Panas <i>Expansion Valve</i> 4 (EV-104).....	35
Tabel 4.37	Neraca Panas <i>Heater</i> 3 (E-106).....	35
Tabel 4.38	Neraca Panas <i>Mixer</i> 3 (M-103).....	35
Tabel 4.39	Neraca Panas <i>Flash Drum</i> 4 (D-104).....	36
Tabel 4.40	Neraca Panas <i>Heater</i> 4 (E-110).....	36
Tabel 4.41	Neraca Panas Menara Distilasi 2 (T-102).....	37
Tabel 4.42	Neraca Panas <i>Cooler</i> 5 (E-113).....	37
Tabel 4.43	Komposisi Umpan <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	39
Tabel 4.44	Hasil Perhitungan T_{Dew} umpan pada <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	43
Tabel 4.45	Hasil Perhitungan T_{Bubble} umpan pada <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	44
Tabel 4.46	Hasil Perhitungan T_{Dew} distilat pada <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	45
Tabel 4.47	Hasil Perhitungan T_{Bubble} Bottom pada <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	46
Tabel 4.48	Hasil Perhitungan <i>Relatif Volatility</i> pada <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	47
Tabel 4.49	Hasil Perhitungan Trial θ	48

Tabel 4.50	Hasil Perhitungan R_{min}	49
Tabel 4.51	Hasil Perhitungan Viskositas Distilat.....	51
Tabel 4.52	Hasil Perhitungan Viskositas Bottom.....	51
Tabel 4.53	Hasil Perhitungan Neraca Massa <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	55
Tabel 4.54	Hasil Perhitungan Neraca Massa <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	55
Tabel 4.55	Hasil Perhitungan Densitas Cairan.....	57
Tabel 4.56	Hasil Perhitungan Tegangan Permukaan.....	58
Tabel 4.57	Hasil Perhitungan Neraca Massa <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	63
Tabel 4.58	Hasil Perhitungan Neraca Massa <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	63
Tabel 4.59	Hasil Perhitungan Densitas Cairan.....	64
Tabel 4.60	Hasil Perhitungan Tegangan Permukaan.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Neraca Massa	9
Gambar 2.2	Proses Perpindahan Energi Pada Sistem.....	10
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 4.1	Diagram Alir Perhitungan Neraca Massa.....	20
Gambar 4.2	Diagram Alir Perhitungan Neraca Panas.....	24
Gambar 4.3	Skema <i>Propylene Oxide Purification Column</i>	38
Gambar 4.4	Pemilihan <i>Liquid Flow Arrangement</i>	69
Gambar 4.5	Hubungan Antara <i>Downcomer Area</i> dan <i>Weir Length</i>	70
Gambar 4.6	Koefisien <i>Discharge Sieve Tray</i>	74
Gambar 4.7	Hubungan θ , <i>chord length</i> , dan <i>chord height</i>	78
Gambar 4.8	Korelasi <i>entrainment</i> untuk <i>sieve tray</i>	81
Gambar 4.9	Desain <i>Head Vessel</i>	86

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri kimia merupakan salah satu sektor industri yang mengalami perkembangan yang cukup signifikan di Indonesia. Industri kimia merupakan bagian penting dalam sektor industri yang melakukan pengolahan dan produksi bahan baku (*raw materials*) menjadi bahan setengah jadi (*intermediate products*) maupun bahan jadi (*finished product*) yang memiliki nilai ekonomis lebih tinggi dengan melalui serangkaian proses kimia. Saat ini Indonesia masih banyak melakukan impor bahan baku maupun bahan setengah jadi dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan industri kimia dalam negeri. Sebagai Negara yang memiliki kekayaan alam yang melimpah, Indonesia memiliki banyak potensi sumber daya alam yang apabila dilakukan proses pengolahan secara optimal akan menghasilkan produk bahan baku, bahan setengah jadi maupun bahan jadi yang dapat mencukupi kebutuhan industri kimia dalam negeri.

Salah satu industri kimia yang memiliki prospek menjanjikan yaitu pembuatan *Propylene Oxide*. Pada tahun 2010 permintaan pasar dunia untuk produk *Propylene Oxide* mencapai 7 Juta Ton/tahun dan pada tahun 2012 mengalami peningkatan hingga 9,69 Juta Ton/tahun serta diperkirakan akan terus mengalami peningkatan permintaan sebesar 5% setiap tahunnya (Schmidt et al., 2014)(Liu et al., 2015). Kebutuhan *Propylene Oxide* di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir cukup tinggi dan mengalami peningkatan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), kebutuhan *Propylene Oxide* di Indonesia dari

tahun 2007 – 2012 memiliki tren peningkatan dari sebesar 16.100 hingga titik tertinggi sebesar 27.100 ton/tahun. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa tingkat konsumsi *Propylene Oxide* di Indonesia cukup besar akan tetapi untuk mencukupi kebutuhan *Propylene Oxide* ini masih didatangkan dari negara lain. Untuk menghilangkan ketergantungan terhadap impor dan menciptakan kemandirian industri kimia di Indonesia, maka diperlukan usaha untuk memproduksi *Propylene Oxide* dengan melakukan pendirian pabrik baru. Diharapkan dengan pendirian pabrik *Propylene Oxide* di Indonesia dapat membantu memenuhi kebutuhan *Propylene Oxide* dalam negeri.

Propylene Oxide merupakan salah satu produk kimia penting turunan minyak bumi yang diproduksi melalui proses sintesis dengan senyawa organik. Dalam dunia industri *Propylene Oxide* berperan sebagai produk *intermediate* yang banyak digunakan sebagai senyawa antibeku, pelarut dan lebih dari 80% digunakan dalam proses pembuatan *Polyurethanes* (Danov et al., 2013). *Propylene Oxide* merupakan produk bahan kimia *intermediate* penting yang digunakan dalam proses sintesis *Polyether Polyols*, *Propylene Glycols*, and *Propylene Glycols Ethers* yang menjadi semakin penting dalam dunia industri kimia sejak tahun 1950. Selain itu, *Propylene Oxide* merupakan salah satu produk olahan turunan *propylene* terbesar kedua setelah *polypropylene* (Wu et al., 2013).

Propylene Oxide dikenal dengan nama lain *Methyloxirane* dan *1,2-Epoxypropane* yang memiliki rumus molekul C_3H_6O serta. *Propylene Oxide* berupa cairan bening dengan titik didih rendah, yang memiliki volatilitas cair tinggi terhadap ether. Selain itu, *Propylene Oxide* mudah terbakar dan sangat

reaktif (Russo et al., 2014). *Propylene Oxide* memiliki kegunaan yang sangat luas antara lain sebagai bahan baku pembuatan *Polyether Polyols*, *Monopropylene Glycol*, *Dipropylene Glycol*, *Tripropylene Glycol*, *Propylene Glycol Ethers*, *Isopropanolamine*, *Propylene Carbonate*, *Allyl Alcohol*, *Acetone*, *Propanal*, *Polyurethane* dan lainnya (Aer et al., 2012).

Propylene Oxide pertama kali ditemukan pada tahun 1860 oleh Oser dengan menggunakan *Chlorohydrin Process*. Sampai saat ini terdapat 3 proses yang digunakan dalam memproduksi *Propylene Oxide* antara lain *Chlorohydrin Process*, *Indirect Oxidation*, dan *Direct Oxidation*. Dalam perancangan ini dipilih proses *Indirect Oxidation* dengan mereaksikan *Propylene* dengan *Hydrogen Peroxide* dalam proses *Epoxidation* dengan bantuan katalis *Titanium Silicate* (TS-1) atau biasa disebut dengan *Hydrogen Peroxide to Propylene Oxide* (HPPO) yang merupakan proses paling ramah terhadap lingkungan dengan produk samping berupa *Water*. Proses HPPO merupakan proses terbaru yang dikembangkan oleh Dow/BASF dan Evonik-Uhde yang sudah diterapkan dalam skala industri di Belgia, Korea dan Thailand (Wu et al., 2013)(Zuo et al., n.d.) (Nijhuis et al., 2006). Proses HPPO memiliki tingkat konversi H_2O_2 dan selektifitas *Propylene Oxide* yang tinggi dengan bantuan katalis *Titanium Silicate* (TS-1) dan pelarut *Methanol / Water* (Wang et al., 2014).

Dalam proses pendirian pabrik *Propylene Oxide* diperlukan perhitungan neraca massa dan neraca panas serta dalam proses pembuatan *Propylene Oxide* dengan proses *Hydrogen Peroxide to Propylene Oxide* (HPPO) membutuhkan beberapa alat utama yakni reaktor, flash drum, dan menara distilasi.

Perhitungan neraca massa dan neraca panas diperlukan untuk menentukan kebutuhan bahan baku dan aspek penunjang lain yang diperlukan sesuai dengan kapasitas pabrik yang akan didirikan serta berkaitan dengan dimensi atau perancangan alat proses yang ada di pabrik yang akan dibangun. Distilasi merupakan alat yang sangat penting dalam proses pemurnian *Propylene Oxide* yang memiliki kemurnian rendah setelah keluar dari reaktor dan melewati proses pemisahan dengan flash drum. Oleh karena itu, diperlukan alat pemisah yang dapat memurnikan produk *Propylene Oxide* yang masih memiliki kandungan senyawa lain sehingga dapat diperoleh produk *Propylene Oxide* dengan kemurnian sebesar 95% dan perlu diketahui hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas pabrik *Propylene Oxide* yang akan dibangun.

Ada beberapa jenis plate distilasi yang digunakan dalam industri kimia diantaranya sieve plate, bubble cap, valve plates. Dengan berbagai pertimbangan pada penelitian perhitungan distilasi pada pabrik *Propylene Oxide* ini digunakan distilasi dengan plate jenis sieve plate. Hal ini dikarenakan sieve plate memiliki beberapa kelebihan yakni memiliki harga konstruksi yang paling murah, kapasitas yang besar, dan efisiensi yang tinggi (Sinnott, 2005).

1.2. Identifikasi Masalah

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

1. *Propylene Oxide* merupakan bahan baku kimia penting, tetapi di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi dan produknya masih impor.
2. Hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas sangat penting dalam prarancang pabrik *Propylene Oxide*.

3. Distilasi merupakan alat penting pada pembuatan *Propylene Oxide* dalam hal pemurnian produk.

4. *Sieve plate distillation* adalah jenis pate distilasi yang memiliki harga paling murah, efisiensi dan kapasitas tinggi.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar permasalahan tidak meluas dan dapat dibahas secara mendalam pada penelitian ini, meliputi:

1. Ditampilkan hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas secara sederhana.
2. *Propylene Oxide* merupakan produk yang akan dimurnikan untuk diperoleh produk akhir *Propylene Oxide* dengan kemurnian 95%.
3. Distilasi adalah alat yang akan dirancang untuk penelitian ini.
4. *Sieve plate distillation* adalah distilasi dengan *plate* menggunakan *sieve tray* yang digunakan dalam penelitian ini.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dikemukakan rumusan masalah yang tepat sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas dalam prarancang pabrik *Propylene Oxide*?
2. Bagaimana proses perancangan menara distilasi untuk memisahkan produk *Propylene Oxide* ?
3. Bagaimana hasil perancangan menara distilasi dengan *plate* menggunakan *sieve tray* ?

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas dalam prarancang pabrik *Propylene Oxide*.
2. Mengetahui proses perancangan menara distilasi untuk memperoleh produk akhir *Propylene Oxide* dengan kemurnian 95%.
3. Mengetahui hasil perancangan menara distilasi dengan *plate* menggunakan *sieve tray*.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Bagi lingkungan dan masyarakat
Memberi kontribusi dan wawasan dibidang perancangan alat menara distilasi untuk memurnikan produk-produk dalam industri kimia.
2. Bagi IPTEK
Memberikan informasi bahwa distilasi dengan *plate* menggunakan *sieve tray* memiliki harga yang lebih murah serta suhu dan efisiensinya tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Propylene Oxide*

Propylene Oxide merupakan salah satu produk kimia penting turunan minyak bumi yang diproduksi melalui proses sintesis dengan senyawa organik. Dalam dunia industri *Propylene Oxide* berperan sebagai produk *intermediate* yang banyak digunakan sebagai senyawa antibeku, pelarut dan lebih dari 80% digunakan dalam proses pembuatan *Polyurethanes* (Danov et al., 2013). *Propylene Oxide* merupakan produk bahan kimia *intermediate* penting yang digunakan dalam proses sintesis *Polyether Polyols*, *Propylene Glycols*, and *Propylene Glycols Ethers* yang menjadi semakin penting dalam dunia industri kimia sejak tahun 1950. Selain itu, *Propylene Oxide* merupakan salah satu produk olahan turunan *propylene* terbesar kedua setelah *polypropylene* (Wu et al., 2013). Di beberapa proses produksi, *Propylene Oxide* digunakan untuk menggantikan *Ethylene Oxide* karena lebih ramah lingkungan. Beberapa diantaranya digunakan dalam proses produksi *Propylene Glycol Methyl Ether*, *Methyl Propanol* yang digunakan dalam teknik produksi cair yang tidak beracun (Sulimov et al., 2016).

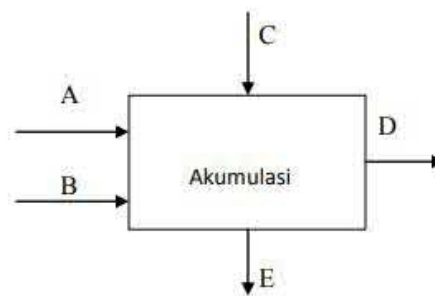
Propylene Oxide dikenal dengan nama lain *Methyloxirane* dan *1,2-Epoxypropane* yang memiliki rumus molekul C_3H_6O serta. *Propylene Oxide* berupa cairan bening dengan titik didih rendah, yang memiliki volatilitas cair tinggi terhadap ether. Selain itu, *Propylene Oxide* mudah terbakar dan sangat reaktif (Russo et al., 2014). *Propylene Oxide* memiliki kegunaan yang sangat luas antara lain sebagai bahan baku pembuatan *Polyether Polyols*, *Monopropylene Glycol*, *Dipropylene Glycol*, *Tripropylene Glycol*, *Propylene Glycol Ethers*, *Isopropanolamine*, *Propylene Carbonate*, *Allyl Alcohol*, *Acetone*, *Propanal*, *Polyurethane* dan lainnya (Aer et al., 2012).

Propylene Oxide pertama kali ditemukan pada tahun 1860 oleh Oser dengan menggunakan *Chlorohydrin Process*. Proses ini sampai sekarang masih digunakan dan merupakan proses dasar dan pertama yang diaplikasikan dalam

skala industri untuk memproduksi *Propylene Oxide*. Selain itu terdapat proses lain seperti *Indirect Oxidation* dengan menggunakan *Hydrogen Peroxide* dan *Direct Oxidation* dengan mengontakkan *Propylene* dengan *Oxygen* secara langsung melalui bantuan katalis (Aer et al., 2012). *Chlorohydrin Process* merupakan proses paling tua yang menggunakan *Chlorine* dan *Propylene* untuk memproduksi *Propylene Oxide*. *Chlorohydrin Process* banyak memiliki kerugian terutama dalam hal pencemaran lingkungan. *Chlorohydrin Process* menghasilkan produk samping *Clorine* dan *Organic Chlorinated* yang berbahaya bagi lingkungan. Selain melalui *Chlorohydrin Process*, *Propylene Oxide* bisa diproduksi melalui proses *Epoxidation Propylene* dengan *Hydrogen Peroxide* dengan bantuan katalis *Titanium Silicate* (TS-1) atau biasa disebut dengan *Hydrogen Peroxide to Propylene Oxide* (HPPO) yang merupakan proses paling ramah terhadap lingkungan dengan produk samping berupa *Water*. Proses HPPO merupakan proses terbaru yang dikembangkan oleh Dow/BASF dan Evonik-Uhde yang sudah diterapkan dalam skala indutri di Belgia, Korea dan Thailand (Wu et al., 2013)(Zuo et al., n.d.) (Nijhuis et al., 2006). Proses HPPO memiliki tingkat konversi H_2O_2 dan selektifitas *Propylene Oxide* yang tinggi dengan bantuan katalis *Titanium Silicate* (TS-1) dan pelarut *Methanol / Water* (Wang et al., 2014). Proses lainnya yaitu proses *Direct Oxidation* dimana *Propylene*, *Oxygen* dan asam asetat membentuk *Propylene Glycol Monoacetate* kemudian produk tersebut melalui proses *cracking* dihasilkan *Propylene Oxide* dan asam asetat untuk *recycle* (Aer et al., 2012).

2.2 Neraca Massa

Neraca massa merupakan suatu perhitungan dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yaitu: massa tidak dapat dijelmakan atau dimusnahkan. Prinsip umum neraca massa adalah membuat sejumlah persamaan-persamaan yang saling tidak tergantung satu sama lain, dimana persamaan-persamaan tersebut jumlahnya sama dengan jumlah komposisi massa yang tidak diketahui. Persamaan neraca massa secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Diagram Neraca Massa

Persamaan neraca massa :

Massa masuk = massa keluar + massa yang terakumulasi

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E + M_{\text{akumulasi}}$$

Bila tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamaan menjadi:

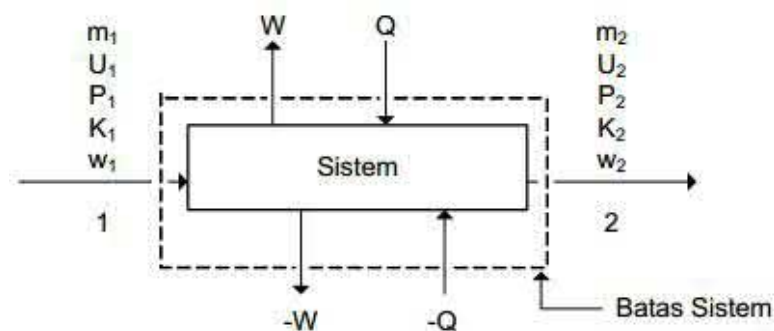
Massa masuk = massa yang keluar

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E$$

2.3 Neraca Panas

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

Secara umum proses perpindahan energi pada sistem digambarkan pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Proses Perpindahan Energi Pada Sistem

Persamaan neraca energi secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

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

(Himmelblau, 1996)

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

Gambar 2.2 menunjukkan 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 :

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

$$(U_1 + K_1 + P_1)m_1 - (U_2 + K_2 + P_2)m_2 + Q + W + (p_1v_1)m_1$$

$$- (p_2v_2)m_2 = \Delta E$$

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 :

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

$$\{\Delta U + \Delta E_k + \Delta P + \Delta p_v\}m = Q + W$$

Apabila sistem berada pada tekanan tetap sehingga terdapat hubungan ΔH ,

$$\Delta H = \Delta U + \Delta p_v$$

(Smith, 2001)

$$\{\Delta H + \Delta E_k + \Delta P\}m = Q + W$$

(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,

$$Q = -W$$

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,

$$\Delta H \cdot m = Q$$

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}}$$

$$Q = n \int_{T_{\text{ref}}}^{T_2} C_p dT_{\text{produk}} - n \int_{T_{\text{ref}}}^{T_2} C_P dT_{\text{reaktan}}$$

Keterangan :

ΔH = Perubahan Energi (kJ/kmol)

Q = Energi panas (kJ)

m = Kuantitas Materi (kmol)

C_p = Kapasitas panas (KJ/mol.K)

2.4 Distilasi

Distilasi merupakan proses pemisahan yang paling banyak digunakan dalam industri kimia. Proses pemisahan ini berdasarkan perbedaan kemudahan menguap relatif antara komponen yang akan dipisahkan (Hartanto dkk, 2017). Menurut Wahyudi dkk (2017), distilasi sederhana merupakan suatu teknik pemisahan untuk memisahkan dua atau lebih komponen zat cair yang memiliki perbedaan titik didih, juga perbedaan kecenderungan sebuah zat untuk berubah fase menjadi gas (*volatile*). Distilasi menjadi metode yang paling umum digunakan dalam proses pemisahan campuran homogen dengan metode pemisahan menggunakan perbedaan titik didih dan jagan volatilitas antar komponen dalam suatu campuran,

tetapi distilasi pada prosesnya memerlukan energi yang tinggi meskipun demikian terdapat banyak keuntungan jika proses pemisahan menggunakan distilasi diantaranya:

1. Distilasi memiliki kemampuan untuk mengatasi berbagai aliran umpan masuk, tidak hanya cocok untuk aliran yang rendah tetapi distilasi juga cocok untuk aliran yang sangat tinggi. Sehingga dapat menyesuaikan dengan rancangan pengguna.

2. Distilasi memiliki kemampuan untuk memisahkan jenis campuran dengan berbagai macam konsentrasi dan juga produk hasil pemisahan relatif murni.

3. Memiliki kemampuan untuk memisahkan produk dengan kemurnian yang tinggi, jika menggunakan alternatif pemisahan selain distilasi biasanya hanya melakukan sebagian pemisahan saja dan tidak dapat menghasilkan produk dengan kemurnian tinggi (Smith dan Jobson, 2000).

2.5 Prinsip Distilasi

Dalam suatu campuran terdapat beberapa komponen yang memiliki karakteristik titik didih yang berbeda, oleh karena itu proses pemisahan dengan distilasi sangat bergantung pada tekanan uap campuran. Berikut adalah hal-hal yang berkaitan dengan tekanan uap:

- a. Input energi akan menaikkan tekanan uap
- b. Tekanan uap berkaitan dengan proses mendidih
- c. Mudah atau tidaknya cairan untuk mendidih bergantung pada volatilitasnya.
- d. Komponen dengan tekanan uap tinggi (mudah menguap) akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah.

- e. Tekanan uap dan titik didih suatu campuran berkaitan dengan jumlah relatif komponen-komponen dalam campuran.
- f. Proses distilasi terjadi karena perbedaan volatilitas (kemudahan suatu zat berybah fase menjadi gas) komponen-komponen dalam campuran.

Untuk dapat menyelesaikan kasus perancangan distilasi harus tersedia data-data kesetimbangan uap-cair sistem. Data kesetimbangan uap cair dapat berupa tabel atau diagram. Tiga macam diagram keseimbangan yang diperlukan dalam perancangan yakni:

a. Diagram Titik Didih

Diagram titik didih merupakan diagram yang menyatakan hubungan antara temperatur dengan komposisi uap dan cairan yang berkesetimbangan. Di dalam diagram titik didih tersebut terdapat kurva cair jenuh dan uap jenuh. Kedua kurva ini membagi daerah didalam diagram menjadi 3 bagian, yakni:

1. Daerah satu fase yaitu daerah cairan yang terletak dibawah kurva cair jenuh.
2. Daerah satu fase yaitu daerah uap yang terletak diatas kurva uap jenuh.
3. Daerah dua fase yaitu daerah uap jenuh dan cair jenuh yang terletak diantara kurva cair jenuh dan kurva uap jenuh.

b. Diagram Kesetimbangan Uap-Cair

Diagram kesetimbangan uap-cair adalah diagram yang menyatakan hubungan keseimbangan antara komposisi uap dengan komposisi cairan. Diagram keseimbangan uap-cair dengan mudah digambar jika tersedia titik didih komponen.

c. Diagram Entalpi Komposisi

Diagram entalpi komposisi adalah diagram yang menyatakan hubungan antara entalpi dengan komposisi suatu sistem pada tekanan tertentu. Didalam diagram tersebut terdapat dua buah kurva yaitu kurva cair jenuh dan kurva uap jenuh. Setiap titik pada kurva cair jenuh dihubungkan dengan garis hubungan *tie line* dengan titik tertentu pada kurva uap jenuh, dimana titik-titik tersebut dalam keadaan keseimbangan. Dengan adanya kedua kurva tersebut daerah didalam diagram terbagi menjadi tiga daerah yakni:

1. Daerah cairan yang terletak dibawah kurva cair jenuh.
2. Daerah uap yang terletak diatas kurva uap jenuh.
3. Daerah cairan dengan uap yang terletak diantara kurva cair jenuh dengan kurva uap jenuh.
4. Dibawah kurva cair jenuh terdapat isotherm – isotherm yang menunjukkan entalpi cairan pada berbagai macam komposisi pada berbagai temperatur (Komariah dkk, 2009).

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Diperoleh hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas prarancang pabrik *Propylene Oxide* yang telah dimuat dalam pembahasan.
2. Dari hasil perancangan distilasi diketahui tinggi menara distilasi 14,697 m, dengan diameter 1,441 m.
3. Diketahui jumlah plate hasil rancangan sebanyak 48 buah, lokasi umpan di plate ke 25 dari bawah kolom distilasi.

5.2 Saran

1. Perlu diperhatikan data *properties* komponen yang digunakan dalam perhitungan.
2. Perlu variasi perhitungan berbagai plate untuk mengetahui hasil rancangan menara distilasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aer, H. O. B., Deutschland, D., Ergamo, M. A. B., Deutschland, D., Orlin, A. N. N. A. F., Srl, D. I., ... Deutschland, D. (2012). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry - Propylene Oxide.
- Aries, Robert S, Newton Robert D. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Austin, G.T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries*. 5th ed. U.S.A.: Mc.Graw Hill Book Co.,Inc.
- Alibaba. 2018. Informasi Harga Bahan Baku. www.alibaba.com
- Brown, George G. 1950. *Unit Operation*. CBS Publisher. New Delhi.
- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Danov, S. M., Sulimov, A. V, Kolesnikov, V. A., & Ovcharov, A. A. (2013). Kinetics of Propylene Epoxidation with Hydrogen Peroxide, *54(2)*, 202–207. <https://doi.org/10.1134/S0023158413020031>
- Geankoplis, Christine J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed. Prentice-Hall International, Inc. USA.
- Hartanto Yansen, Herry Santoso, Sandy Wijaya, Sandy Wijaya, Andrew Mardone. 2017. *Distilasi Ekstraktif pada Pemisahan Aseton dan Metanol*. Jurnal Integrasi Proses Vol. 6, No. 4, 168 – 175.
- Kern, Donald Q. 1983. *Process Heat Transfer*. The McGraw-Hill Companies, Inc. Tokyo.
- Kirk-Othmer. 1998. *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 1 4th ed. John Wiley & Sons Inc
- Komariah, L. N. Ramdja, A. F. Nicky, Leonard. 2009. *Tinjauan Teoritis Perancangan Kolom Distilasi untuk Pra-Rencana Pabrik Skala Industri*. Jurnal Teknik Kimia, Vol. 16, No.4.

- Liu, M., Ye, X., Liu, Y., Wang, X., Wen, Y., Sun, H., & Li, B. (2015). Highly Selective Epoxidation of Propylene in a Low-Pressure Continuous Slurry Reactor and the Regeneration of Catalyst. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b00410>
- McCabe, W.L., J.C. Smith, P. Harriott. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering*. 5th ed. Singapore: McGraw-Hill Book.co.
- McKetta, J.J. 1976. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design Volume 3*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- McKetta, John J. 1993. *Chemical Processing Handbook*. Marcell Dekker, Inc. New York.
- Nijhuis, T. A., Makkee, M., Moulijn, J. A., & Weckhuysen, B. M. (2006). The Production of Propene Oxide : Catalytic Processes and Recent Developments, 3447–3459.
- Perry, R.H and Green, D.W. 1999. *Perry's Chemical Engineer's HandBook*, 7th edition. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
- Perry, Robert H, Green, Don W. 1997. *Perry's Chemical Engineers'*, 7th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Peters, Max. S, Timmerhaus, Klaus D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Russo, V., Tesser, R., Santacesaria, E., & Serio, M. Di. (2014). Kinetics of Propene Oxide Production via Hydrogen Peroxide with TS - 1.
- Schmidt, F., Bernhard, M., Morell, H., & Pascaly, M. (2014). HPPO Process Technology A novel route to propylene oxide without coproducts, (March).
- Science Lab. 2018. www.sciencelab.com. Diakses pada 5 desember 2018.
- Silla, Harry. 2003. *Chemical Process Engineering: Design and Economics*. Marcell Dekker, Inc. New York.
- Sinnot, R.K. 2005. *Coulson and Richardson's: Chemical Engineering Design, Vol 6* 4th ed. Elsevier Ltd. Oxford.

- Smith, J.M, Van Ness, H.C, Abbott, M.M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Smith dan Jobson. 2000. *Distillation.* Department of Process Integration. Manchester, UK.
- Sulimov, A. V, Danov, S. M., Ovcharova, A. V, Ovcharov, A. A., & Flid, V. R. (2016). Kinetics of Propylene Epoxidation with Hydrogen Peroxide Catalyzed by Extruded Titanium Silicalite in Methanol, *57(4)*, 466–473.
<https://doi.org/10.1134/S0023158416040121>
- Towler, Gavin, Sinnott, Ray. 2013. *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design, 2rd ed.* Elsevier Ltd. Waltham
- Treybal, R.E. 1981. *Mass Transfer Operations.* 3rd ed, New York: Mc Graw Hill Book Co.
- Turton, R., R.C. Bailie, W.B. Whiting, J.A. Shaeiwitz. 1955. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes.* United States: Prentice Hall PTR.
- Ullman's. 2012. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* Germany: VCH Verlagsgesell Scahf, Wanheim.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics.* New York: John Wiley dan Sons Inc.
- Wahyudi, N.T. Faris, F. I. Irwan Kurniawan. Ari, S. S. 2017. *Rancangan Alat Distilasi untuk Menghasilkan Kondensat dengan Metode Distilasi Satu Tingkat.* Jurnal Chemurgy, Vol. 01, No. 2.
- Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design.* Butterworth-Heinemann. Washington.
- Wang, Lina, etal. (2014). Epoxidation of Propylene Over Titanosilicate-1 in Fixed-bed Reactor: Experiments and Kinetics *LINA, 26(4)*, 943–950.
- White, Frank M. 2009. *Fluid Mechanics, 4th ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.

- Wu, G., Wang, Y., Wang, L., Feng, W., Shi, H., Lin, Y., ... Yao, P. (2013). Epoxidation of propylene with H₂O₂ catalyzed by supported TS-1 catalyst in a fixed-bed reactor: Experiments and kinetics. *Chemical Engineering Journal*, 215–216, 306–314. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.11.055>
- Yaws, C. L. 2008. *Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Zuo, Y., Wang, M., Song, W., Wang, X., & Guo, X. (n.d.). Characterization and Catalytic Performance of Deactivated and Regenerated TS - 1 Extrudates in a Pilot Plant of Propene Epoxidation