

# PRARANCANGAN PABRIK AKROLEIN DARI GLISEROL DENGAN DISAIN ALAT UTAMA ABSORBER AKROLEIN (AB-101) PADA PROSES REAKSI DEHIDRASI GLISEROL

Ilman Azhari

Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam  
Pekanbaru, 28293  
E-mail : [ilman.azhari1664@student.unri.ac.id](mailto:ilman.azhari1664@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Acrolein ( $C_3H_4O$ ) is the simplest unsaturated aldehyde compound which can be used as a protective liquid fuel from microorganisms, essential amino acid methionine-making material and as a good separator and dispersing agent, widely used in the ceramic, paper and electroplating industries. The establishment of an acrolein factory made from crude glycerol with a capacity of 36,000,000 kg/year is planned in the city of Dumai, Riau Province, Indonesia. Geographical location is at  $1^{\circ}39.21''S$   $101^{\circ}38'56''E$ . Acrolein production process uses glycerol as a raw material with a dehydration reaction to produce acrolein products. The reaction process is carried out at a temperature of  $410^{\circ}C$  and a pressure of 1 bar. The reactor used is a fixed bed multitube reactor with isothermal reactor conditions using  $ZrO_2$  catalyst. The main design tool is the acrolein absorber (AB-101) which is used as an acrolein absorber which is evaporated on the flush drum (V-101). The type of absorber column used is a packed bed column with a rasching ring type with ceramic material.*

**Keywords:** , Absorber, Acrolein, fixedbed multitube reactor

## 1. PENDAHULUAN

Akrolein ( $C_3H_4O$ ) adalah senyawa aldehid tidak jenuh yang paling sederhana. Karakteristik utama akrolein adalah reaktivitasnya yang tinggi karena konjugasi gugus karbonil dengan gugus vinil. Akrolein merupakan senyawa yang sangat beracun, mudah terbakar, dapat menimbulkan air mata. Pada suhu ruang, akrolein berfase cair dengan volatilitas tinggi dan sifat mudah terbakar mirip dengan aseton, tetapi akrolein sedikit larut dalam air. Kegunaan akrolein antara lain adalah sebagai pelindung bahan bakar cair dari mikroorganisme, bahan pembuatan asam amino metionin esensial dan sebagai

bahan pemisah dan pendispersi yang baik, banyak digunakan dalam industri keramik, kertas, dan electroplating (Kirk & Othmer, 1997).

Saat ini akrolein diproduksi secara komersial terutama menggunakan metode oksidasi propilena. Namun, memproduksi akrolein menggunakan gliserol sebagai bahan baku lebih menjanjikan dalam hal biaya dan keterbaruan. Penelitian tentang dehidrasi gliserol menjadi akrolein dimulai sekitar 100 tahun yang lalu dan telah menarik banyak perhatian selama sekitar 20 tahun karena perkembangan industri biodiesel. Pemanfaatan gliserol hasil samping dari produksi biodiesel yang

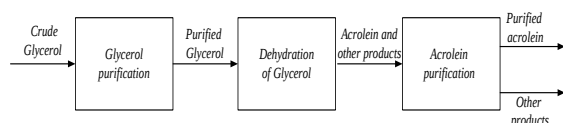
efektif dapat mengurangi biaya produksi biodiesel dan karenanya meningkatkan pengembangan industri biodiesel.

Proses produksi akrolein dari gliserol menggunakan *fixedbed multitube reactor* dengan menggunakan katalis zirconium  $ZrO_2$  reaksi yang terjadi dalam reaktor yaitu reaksi dehidrasi. Pada proses reaksi dehidrasi gliserol untuk membentuk produk akrolein akan menghasilkan produk samping seperti karbon monoksida, hidrogen, etilen dan acetaldehid sehingga perlu dilakukan proses pemisahan akrolein dari produk samping tersebut agar dapat meningkatkan kualitas kemurnian produk akrolein yang didapatkan. Jenis kolom absorpsi yang dirancang yaitu *packed tower*, didalam kolom berisi packing yang berfungsi sebagai pendistribusi aliran liquid agar memperluas bidang kontak dan waktu kontak antara liquid dan gas akrolein yang akan diserap sehingga transfer massa diharapkan menjadi lebih tinggi.

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Produksi Akrolein

Produksi akrolein komersial dari *crude glycerol*, diperlukan pemurnian bahan baku gliserol yang di dapat dan proses dehidrasi, proses ini terdiri dari dua operasi utama yaitu pemurnian dan dehidrasi. Kemudian melibatkan serangkaian proses pemisahan untuk mendapatkan akrolein yang sangat murni. Diagram alir sederhana proses produksi akrolein dari gliserol dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Blok Flow Diagram Proses Produksi Akrolein dari Gliserol.

Adapun kelebihan dari proses dehidrasi Gliserol dibandingkan dari proses lain yaitu :

1. Harga bahan baku yang terjangkau karena merupakan hasil samping dari proses pembuatan biodiesel.
2. Temperatur dan tekanan operasi yang rendah dibandingkan dengan proses Degussa dan shell sehingga lebih hemat energi

Sedangkan kekurangannya yaitu :

1. Proses reaksi menghasilkan coke sehingga lebih baik menggunakan katalis yang berkualitas tinggi dan akan membutuhkan biaya yang mahal untuk katalis
2. Sifat gliserol yang larut baik dalam air akan mempersulit pada tahapan reaksi
3. Membutuhkan proses *treatment* awal bahan baku dikarenakan bahan baku merupakan hasil samping pembuatan biodiesel.

## 2.2 Proses Produksi Akrolein

### 2.2.1 Pemurnian Gliserol

Proses pemurnian gliserol dilakukan karena *crude glycerol* mengandung serangkaian pengotor sisa dari produksi biodiesel, seperti air, NaOH, *crude palm oil*, biodiesel dan metanol. Masing-masing dari pengotor ini memerlukan operasi unit khusus untuk menghilangkannya. Tahapan pertama dalam pemurnian gliserol terlebih dahulu dilakukan proses dekantasi menggunakan dekanter (D-101) untuk memisahkan Gliserol dari pengotor berupa *crude palm oil* dan Biodiesel kondisi operasi pada tekanan 1 atm, temperatur 25°C dan waktu tinggal selama 10 menit.

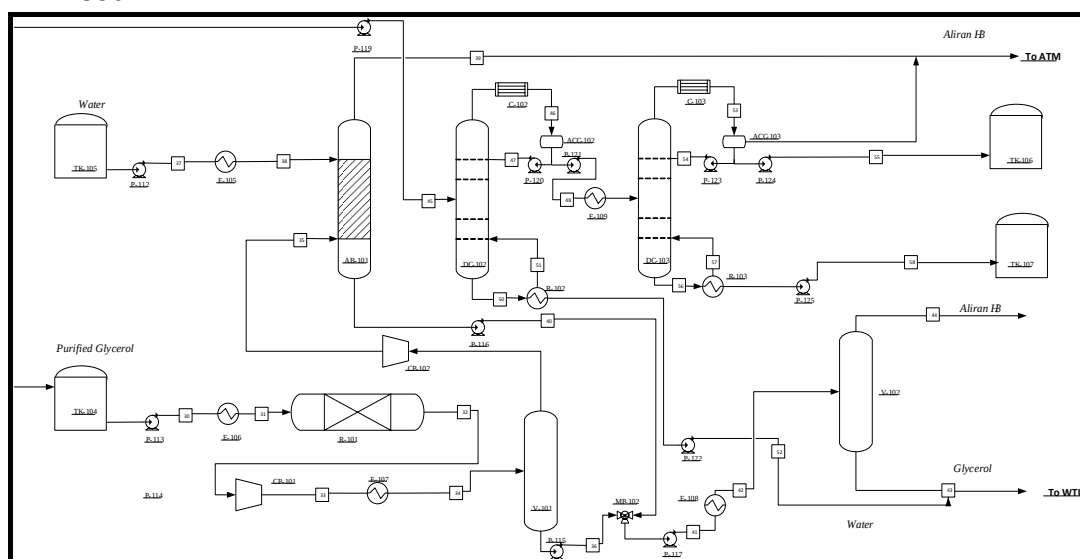
Gliserol kemudian dilakukan proses netralisasi menggunakan HCl dengan mencampurkannya pada alat Mixer (M-101) dengan kondisi operasi 25°C dan

tekanan 1 atm. Gliserol yang telah dilakukan proses netralisasi maka dipisahkan pengotor berupa *methanol* menggunakan kolom destilasi (D-101) dengan kondisi operasi 90°C dan 1 atm.

*Bottom product* kolom destilasi yaitu gliserol masi terkandung kadar air yang banyak sehingga belum sesuai untuk

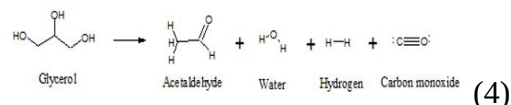
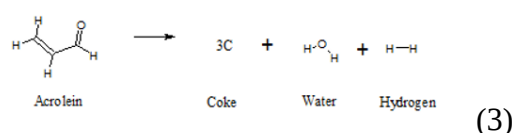
### 2.2.2 Proses Reaksi dan Pemurnian Produk

spesifikasi umpan masuk reaktor perlu dilakukan proses evaporasi menggunakan evaporator (EV-101) pada kondisi operasi 107°C tekanan 1 atm dengan demikian akan didapatkan gliserol yang telah memenuhi komposisi umpan masuk reaktor.



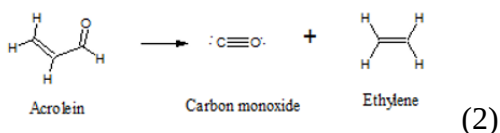
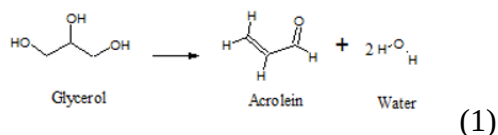
**Gambar 2.** *Process flow diagram* Reaksi dan Pemurnian Akrolein

Pada gambar 2 merupakan proses reaksi dan pemurnian produk, gliserol terlebih dahulu dilakukan Pemanasan yang menyebabkan dekomposisi menjadi akrolein dan air sebagai produk samping. katalis yang sesuai diperlukan untuk meningkatkan hasil reaksi dalam kondisi operasi. Reaksi utama yang terjadi pada proses produksi akrolein dari gliserol adalah sebagai berikut.



Proses reaksi dehidrasi terjadi pada reaktor dehidrasi (R-101) dengan kondisi operasi 410 °C dan tekanan 1 bar reaktor yang digunakan jenis *fixed bed* multi tube reaktor dengan kondisi reaktor isothermal, reaksi berlangsung pada keadaan eksotermis sehingga dibutuhkan aliran pendingin untuk menjaga kondisi reaktor berada pada keadaan isothermal.

Pemurnian produk hasil reaksi (akrolein) dari pengotornya yang



merupakan reaksi samping proses dehidrasi pada reaktor (R-10) berupa *hydrogen*, *carbon monoxide*, *ethylene*, *water* dan *acetaldehyde*, produk keluaran reaktor dipisahkan menggunakan flush drum (V-101) untuk memisahkan gas-gas yang mudah menguap seperti *hydrogen ethylene* dan *carbon monoxide*. Pemisahan pada flush drum tentunya tidak akan terjadi pemisahan secara sempurna akrolein yang merupakan produk utama juga sebagian ikut menguap sehingga perlu dilakukan proses absorpsi gas akrolein yang menguap menggunakan kolom absorpsi dengan menggunakan *solvent water* kondisi operasi 34 °C dan tekanan 11 bar. Hasil absorpsi dan bottom product flush drum (V-101) dipisahkan menggunakan flush drum (V-102) sehingga akan terpisah produk utama akrolein dan acetaldehid pada *top product* dan gliserol yang tidak bereaksi pada reaktor pada *bottom product*. *Top product* flush drum (V-101) dilakukan proses destilasi (D-102) untuk memisahkan acetaldehyde dan akrolein dari air dengan kondisi operasi 120 °C dan tekanan 11 bar selanjutnya dipisahkan antara acetaldehyde dengan akrolein menggunakan kolom destilasi (D-103).

### 3. Metodologi

Adapun langkah-langkah dalam mendesain kolom absorber ini adalah sebagai berikut :

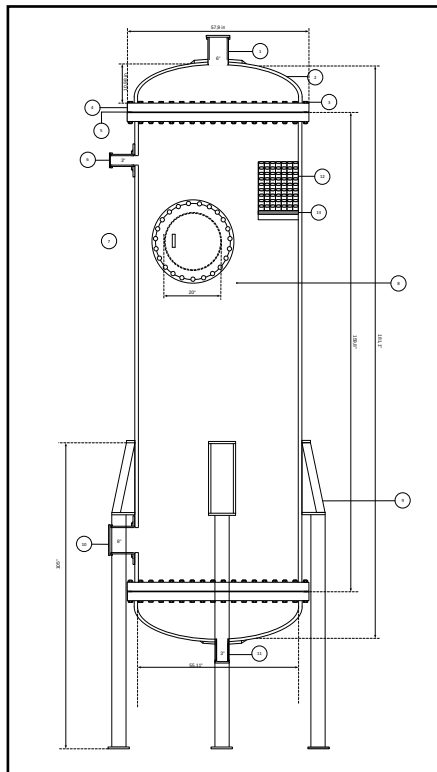
1. Pengumpulan sumber data pendukung pendirian pabrik dan proses produksi yang akan dilakukan serta data-data untuk disain kolom absorber dari sumber : (Kirk & Othmer, 1997), (Kiakalaieh, 2014), (Aprobi, 2019), (BPS, 2018), (Yaws, 1999).
2. Perhitungan neraca massa dan energi pada kolom absorber (Reklaitis, 1983).
3. Perhitungan jaringan alat penukar panas dan massa (Seider, dkk, 2009)
4. Analisa dan disain kolom absorber dan aksesoris pendukung (Brownel & Young, 1959), (Coulson & Richardson, 2005), (Megyesy, 1972), (Peters & Timmerhaus, 2003), (Treybal, 1981).

### 4. Rancangan Disain Alat Utama Absorber Akrolein (AB-101) Spesifikasi Absorber

**Tabel 1.** Spesifikasi Absorber *Design*

| LEMBAR SPESIFIKASI                      |                                                                                                                |                          |        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|
| Nama Alat                               | Akrolein Absorber                                                                                              | Kode Alat                | AB-101 |
| Fungsi                                  | Menyerap gas akrolein yang menguap dari Flash Drum 1 menggunakan Air (H <sub>2</sub> O) sebagai <i>solvent</i> |                          |        |
| Jenis                                   | <i>Packed Bed Column</i>                                                                                       |                          |        |
| KONDISI OPERASI                         |                                                                                                                |                          |        |
| Tekanan Operasi (Bar)                   |                                                                                                                | 11                       |        |
| Temperatur Operasi (°C)                 |                                                                                                                | 34                       |        |
| Laju Alir <i>Solvent input</i> (Kg/jam) |                                                                                                                | 1219,22                  |        |
| Laju Alir <i>Gas input</i> (Kg/jam)     |                                                                                                                | 6086,12                  |        |
| Laju Alir <i>Liquid output</i> (Kg/jam) |                                                                                                                | 1943,66                  |        |
| Laju Alir <i>Gas output</i> (Kg/jam)    |                                                                                                                | 5359,68                  |        |
| SIFAT FISIK                             |                                                                                                                |                          |        |
| Fluida                                  | <i>Gas:<br/>Akrolein<br/>with other<br/>component</i>                                                          | <i>Liquid:<br/>Water</i> |        |
| Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )           | 10,769                                                                                                         | 999,3                    |        |
| Viskositas (Ns/m <sup>2</sup> )         | 0,0000146                                                                                                      | 0,0001                   |        |
| Diffusitas (m <sup>2</sup> /s)          | 1,41E-07                                                                                                       | 1,51E-6                  |        |
| <i>Schmidt number (Sc)</i>              | 9,63                                                                                                           | 5,69E-1                  |        |

| MATERIAL AND DESIGN AKROLEIN ABSORBER           |               |
|-------------------------------------------------|---------------|
| Bahan                                           | SS A-283 G-C  |
| Tebal Shell, $t_s$ (in)                         | 0,625         |
| Inside Diameter, ID (m)                         | 1,4           |
| Outside Diameter, OD (m)                        | 1,418         |
| Luas Permukaan Stripper, A ( $m^2$ )            | 1,538         |
| Height of Transfer Unit, $H_{toL}$ (m)          | 1             |
| Number of Transfer Unit, $N_{toL}$              | 2,322         |
| Tinggi Packed, Z (m)                            | 2,322         |
| Pressure Drop Packing, $\Delta P/Z$ ( $N/m^2$ ) | 1744,331      |
| Tinggi Kolom Stripper (m)                       | 3,375         |
| Jenis Packing                                   | Rasching ring |
| Material Packing                                | Ceramic       |
| Ukuran Packing (in)                             | 2             |
| Wall thickness (in)                             | 0,236         |
| Diameter partikel packing, $d_s$ (in)           | 0,0725        |
| Void space, $\epsilon$                          | 0,74          |
| Packing Factor, $A_p$ ( $m^{-1}$ )              | 92            |

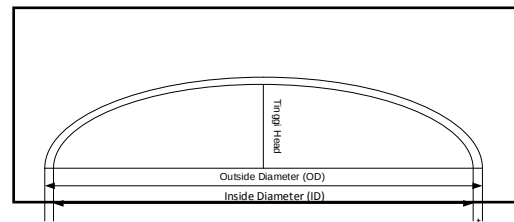


**Gambar 3.** Disain Alat Utama Absorber Akrolein (AB-101)

### Spesifikasi Design Mekanis

**Tabel 2.** Spesifikasi Design Head Absorber

| MATERIAL AND DESIGN HEAD ABSORBER       |                                             |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| Bahan                                   | Stainless steel A-283 Grade C               |
| Jenis Sambungan                         | Single welded butt joint with backing strip |
| Efisiensi Sambungan                     | 0,85                                        |
| Inside Diameter (in)                    | 55,118                                      |
| Outside Diameter (in)                   | 56,368                                      |
| Tebal Head (in)                         | 1,125                                       |
| Tinggi Head (in)                        | 10,98                                       |
| Allowable Corrosion (in)                | 0,125                                       |
| Allowable Stress (lbf/in <sup>2</sup> ) | 12650                                       |
| Tekanan Design (Psia)                   | 175,48                                      |



**Gambar 4.** Design Head Absorber Akrolein

**Tabel 3.** Spesifikasi Alat pendukung

| MATERIAL AND DESIGN MANHOLE                   |                   |
|-----------------------------------------------|-------------------|
| Bahan                                         | CS SA-285 Grade C |
| Size Manhole (in)                             | 20                |
| Inside Diameter (in)                          | 20                |
| Cover Plate Thickness (in)                    | 0,3125            |
| Bolting Flange Thickness After Finishing (in) | 0,25              |
| Approx. Radius, R (in)                        | 0,5               |
| Length of Side, L (in)                        | 45                |
| Width of Reinforcing Plate, W (in)            | 53,5              |
| Max Diameter Hole in Shell, $D_p$ (in)        | 24,25             |
| Diameter of Bolt Circle, $D_s$ (in)           | 26,25             |
| Diameter of Cover Plate, $D_c$ (in)           | 28,75             |

| MATERIAL AND DESIGN LUG SUPPORT                                       |                                     |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Tinggi <i>lug support</i> (in)                                        | 105,321                             |
| Tebal <i>plate</i> , $t_b$ (in)                                       | 0,375                               |
| Panjang <i>plate</i> , $b$ (in)                                       | 6                                   |
| Tebal <i>gusset</i> , $t_g$ (in)                                      | 0,375                               |
| Lebar <i>gusset</i> , $c$ (in)                                        | 2,598                               |
| Panjang <i>gusset</i> , $m$ (in)                                      | 6,92                                |
| Jarak antar <i>gusset</i> , $x$ (in)                                  | 6                                   |
| Jumlah <i>gusset</i> , $n$                                            | 4                                   |
| Tinggi <i>gusset</i> , $h$ (in)                                       | 6                                   |
| Lebar <i>plate</i> yang menghubungkan <i>double gusset</i> , $l$ (in) | 6,5                                 |
| Lebar lubang baut (in)                                                | 1,375                               |
| Sudut <i>lug design</i>                                               | 60°                                 |
| Section modulus, $Z$ (in <sup>3</sup> )                               | 0,421                               |
| Luas permukaan <i>gusset</i> , $A$ (in <sup>2</sup> )                 | 0,9742                              |
| MATERIAL AND DESIGN FLANGE, GASKET DAN BOLT                           |                                     |
| Bahan Material <i>Gasket</i>                                          | <i>Soft Steel</i>                   |
| Bahan Material <i>Flange</i>                                          | <i>Carbon Steel SA-240 Grade A</i>  |
| Bahan Material <i>Bolt</i>                                            | <i>Carbon Steel SA-193 Grade B6</i> |
| Diameter <i>Gasket</i> (in)                                           | 56,065                              |
| Tebal <i>Flange</i> (in)                                              | 3                                   |
| <i>Outside Diameter Flange</i> , OD (in)                              | 57,947                              |
| Tebal <i>Gasket</i> (in)                                              | 0,051                               |
| <i>Bolt size</i> (in)                                                 | 1                                   |
| <i>Minimum Radial Distance</i> , $R$ (in)                             | 1,375                               |
| <i>Edge Distance</i> , $E$ (in)                                       | 1,0625                              |
| Jumlah Baut                                                           | 38                                  |
| Jarak Radial Bolt Circle (in)                                         | 0,686                               |

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Hasil Prarancangan Pabrik akrolein dari gliserol dengan Disain Alat Utama absorber akrolein (AB-101) dapat disimpulkan bahwa :

1. Disain alat utama berupa Absorber Akrolein (AB-101) yang berfungsi

untuk menyerap gas akrolein dari keluaran flush drum (V-101), memiliki dimensi tinggi kolom absorber 3,375 meter dengan diameter kolom 1,4 meter dengan kapasitas laju alir 6086 kg/jam gas.

2. Jenis kolom absorber yang digunakan yaitu kolom *packed* dengan jenis menggunakan *resching ring* berbahan *ceramic*.

### 5.2 Saran

Perancangan selanjutnya baiknya dilakukan dengan menggunakan aplikasi simulasi perancangan seperti aspen plus agar mendapatkan perhitungan yang lebih akurat dan juga dapat dibandingkan hasil perhitungan manual dan hasil simulasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia. <https://aprobi.or.id/project/>. diakses tanggal 04 januari 2021.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Perdagangan Luar Negeri*. bps.go.id.
- Bednar, H., H. (1986). *Pressure Vessel Design Handbook, Second Edition*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Brownell, L., E., and Young, E., H. (1959). *Process Equipment Design*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Kiakalaieh, A., T. Amin, N., A., S. and Hezaveh, H. (2014). Glycerol for renewable acrolein production by catalytic dehydration. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 40.
- Kirk, R.,E. and Othmer, D., F. (1997). *Encyclopedia of Chemical Technology, 4<sup>nd</sup> edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Megyesy, E., F. (2001). *Pressure Vessel Handbook, Twelfth Edition*. United

- States: Pressure Vessel Publishing, Inc.
- Moss, D., R. (2004). *Pressure Vessel Design Manual, Third Edition*. USA: Elsevier.
- Peter, M.S., dan K.D. Timmerhaus. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fourth Edition*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Peter, M.S., K.D. Timmerhaus., dan R.E. West. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fifth Edition*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Seider, W. D., Seader, J. D., & Lewin, D. R. (2009). *Product & Process Design Principles: Synthesis, Analysis And Evaluation*. John Wiley & Sons.
- Sinnott. R., K. (2005). *Chemical Engineering Design, Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series, Volume 6, Fourth Edition*. Elsevier.
- Treybal, R., E. (1981). *Mass Transfer Operation, Third Edition*. Singapura: McGraw-Hill Book Company.
- Yaws, C.L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. USA: McGraw-Hill, Inc.