

## **PENENTUAN TEKANAN *FEED* OPTIMUM DALAM PEMURNIAN METANOL BERBASIS CHEMCAD**

Felix Angestine dan Agung Ari Wibowo

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
[felixangestine16@gmail.com](mailto:felixangestine16@gmail.com), [[agung.ari@polinema.ac.id](mailto:agung.ari@polinema.ac.id)]

### **ABSTRAK**

Dalam proses produksi metil asetat, masih terdapat metanol yang tersisa (tidak ikut bereaksi) di bagian produk. Hal ini dikarenakan jumlah metanol yang diumpankan berlebih agar kesetimbangan bergeser ke arah produk. Sehingga metanol ini dapat *direcycle* kembali untuk direaksikan dimana sebelum itu harus dilakukan distilasi agar diperoleh metanol dengan kemurnian yang lebih tinggi. Proses distilasi digunakan untuk memisahkan komponen-komponen penyusun dari suatu campuran berdasarkan titik didihnya. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tekanan *feed* optimum dengan melakukan *trial* tekanan dari 0,2 atm. Simulasi dilakukan menggunakan *software* ChemCAD dengan model termodinamika NRTL. Dari simulasi yang dilakukan, didapatkan tekanan *feed* optimum pada 0,9 atm dengan kemurnian produk 99,3987% (b/b), jumlah yang dihasilkan 5.133,75 kg/jam dan konsumsi energi *reboiler* 6.413.140 kJ/jam.

**Kata kunci:** Distilasi, Simulasi ChemCAD, Tekanan *feed*, Metanol

### **ABSTRACT**

*In the process of producing methyl acetate, methanol still remains (does not react) in the product section. This is because the amount of excess methanol is fed so that the equilibrium shifts toward the product. So that this methanol can be recycled again before distillation must be carried out in order to obtain methanol with higher purity. The distillation process is used to separate the constituent components of a mixture based on their boiling points. In this study aims to determine the optimum feed pressure by conducting a trial pressure of 0.2 atm. Simulations were performed using ChemCAD software with NRTL thermodynamic model. From the simulation, optimum feed pressure is obtained at 0.9 atm with 99.33987% (w/w) product purity, the amount produced is 5.133,75 kg/h and reboiler energy consumption is 6.413.140 kJ/hour.*

**Keywords:** Distillation, ChemCAD simulation, Feed pressure, Methanol

### **1. PENDAHULUAN**

Saat ini perkembangan industri kimia di Indonesia cukup pesat. Seiring dengan perkembangan ini mengakibatkan kebutuhan akan metanol sebagai bahan baku serta bahan penunjang industri kimia mengalami peningkatan. Beberapa industri yang bergantung pada metanol yaitu industri cat, industri farmasi, dan industri plastik. Selain itu, semakin melambungnya harga serta terbatasnya bahan bakar berbasis minyak, metanol muncul sebagai bahan bakar alternatif. Pencampuran metanol dengan bensin dapat meningkatkan efisiensi termal mesin dan mengurangi emisi gas buang [1]. Aplikasi lain dari metanol dalam sel bahan bakar yaitu secara langsung dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik [2]

Dalam proses produksi metil asetat, masih terdapat metanol yang tersisa (tidak ikut bereaksi) di bagian produk. Hal ini dikarenakan jumlah metanol yang diumpankan berlebih

agar kesetimbangan bergeser ke arah produk. Sehingga metanol ini dapat *direcycle* kembali dimana sebelum itu harus dilakukan distilasi agar diperoleh metanol dengan kemurnian yang lebih tinggi. Proses distilasi digunakan untuk memisahkan komponen – komponen penyusun dari suatu campuran berdasarkan titik didihnya [3] atau perbedaan kemudahan menguap relatif antara komponen yang akan dipisahkan [4]. Zat dengan *relative volatility* yang tinggi akan naik ke atas dan akan dikondensasikan untuk mendapatkan distilat, sedangkan yang gagal menguap akan diambil sebagai residu [5]. Distilasi biasanya menggunakan dua tahapan, yakni menguapkan dan mengembunkan tanpa adanya *refluks* dan tahapan kedua yakni mengembalikan sebagian uap yang dikondensasi untuk menjaga suhu *tray* atas dan menaikkan konsentrasi distilat [6].

Pada pemisahan metanol air dapat dilakukan dengan metode distilasi konvensional. Namun jika campuran ini membentuk titik *azeotrope* maka dilakukan beberapa modifikasi pada sistem distilasi seperti *pressure swing distillation*, *azeotropic distillation*, dan *extractive distillation*. *Pressure swing distillation* menggunakan 2 kolom dengan tekanan berbeda untuk memisahkan titik *azeotrope*. *Azeotropic distillation*, dan *extractive distillation* menggunakan komponen ketiga yang disebut dengan *entrainer*. Pada *extractive distillation* digunakan *heavy entrainer* untuk mengubah *relative volatility* dari komponen. Dimana *entrainer* ini diumpungkan pada bagian atas kolom distilasi [7].

Diperlukan kondisi operasi yang tepat pada proses distilasi yang salah satunya yaitu tekanan *feed* agar diperoleh produk dengan kemurnian yang tinggi. Untuk mengetahuinya maka dilakukan simulasi menggunakan ChemCAD dengan melakukan *trial* pada tekanan *feed*. Berdasarkan tujuan pemurnian metanol maka komponen yang berperan sebagai *light key* adalah metanol yang memiliki titik didih 64,7°C dan air sebagai *heavy key* dengan titik didih 100°C.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penentuan tekanan *feed* optimum pada pemisahan metanol dengan air diawali dengan melakukan simulasi proses produksi metil asetat *over all* untuk mendapatkan kondisi operasi dan komposisi aliran masuk kolom distilasi dengan menggunakan ChemCAD. Tekanan *feed* pada kolom distilasi dilakukan dari 0,2 sampai didapatkan kemurnian produk minimal 98% (b/b) dengan selisih 0,1 untuk setiap variabelnya.

### 2.1. Model Termodinamika

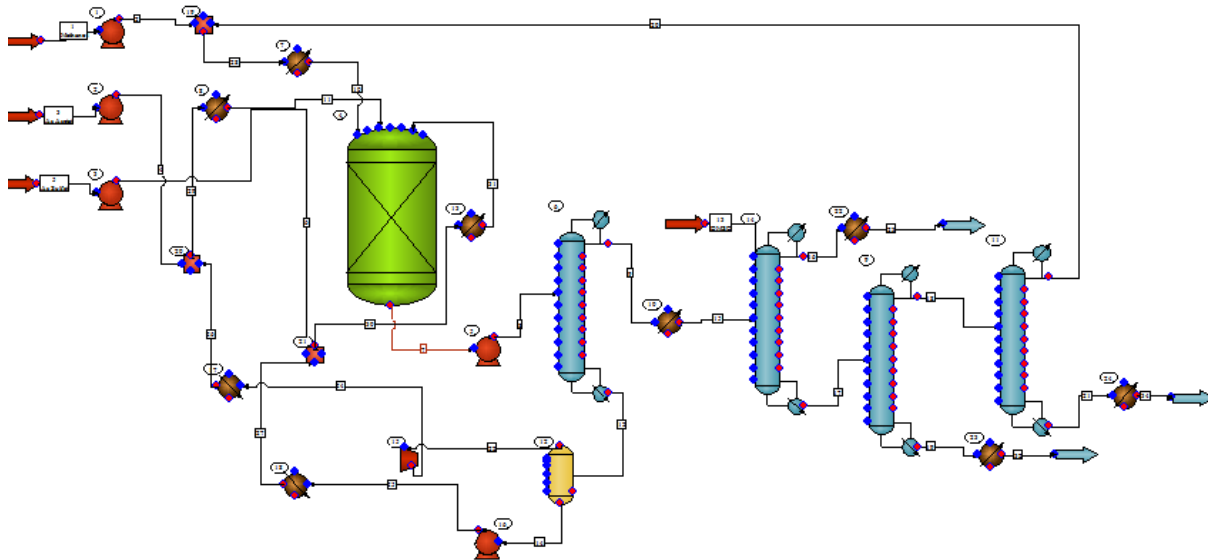
Pada penelitian ini, untuk memodelkan kesetimbangan uap-cair dari sistem yang terlibat digunakan koefisien aktivitas model termodinamika NRTL (*Non Random Two Liquid*) [3].

### 2.2. Deskripsi Proses

Simulasi proses pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. *Feed* yang digunakan adalah asam asetat (2919,8159 kg/jam), metanol (6230,2953 kg/jam) dan asam sulfat (29,2501 kg/jam) sebagai katalis. Reaksi pembuatan metil asetat bersifat *reversible*, sehingga untuk memperoleh randemen tinggi, kesetimbangan harus digeser ke arah produk. Salah satu teknik untuk mencapai ini adalah menggunakan salah satu zat pereaksi yang murah secara berlebihan [8]. Sehingga jumlah metanol diatur berlebih. Sebelum masuk ke dalam reaktor, ketiga bahan tersebut dipanaskan sampai 50°C. Reaktor yang digunakan adalah reaktor *equilibrium* dengan suhu operasi 50°C dan tekanan 1 atm yang menghasilkan konversi metil

asetat sebesar 70% [9]. Hasil reaksi selanjutnya diumpangkan ke kolom distilasi untuk memisahkan asam sulfat dan asam asetat sebagai produk bawah dari campuran metil asetat, metanol dan air. Produk atas yang terdiri dari campuran *azeotrope* metil asetat/metanol/air diumpangkan ke kolom distilasi ekstraktif. Dimana pemisahan metil asetat-metanol membutuhkan penggunaan pelarut yang tepat yang memungkinkan pemecahan *azeotrop* [10]. Pelarut yang digunakan yaitu Dimetil Sulfoksida (DMSO) dimana untuk DMSO diumpangkan pada *stage* atas dan untuk metil asetat-metanol diumpangkan pada *stage* bawah.

Jarak antara dua umpan harus sebesar mungkin, sehingga pelarut hadir di sebagian besar kolom pada konsentrasi untuk memecah *azeotrope* [11]. Selanjutnya produk metil asetat akan menjadi produk atas dan metanol yang memiliki kemurnian rendah karena mengandung banyak air akan menjadi produk bawah. Produk bawah ini selanjutnya akan diumpangkan ke dalam kolom distilasi agar didapatkan produk atas berupa metanol yang memiliki kemurnian lebih tinggi sehingga dapat *directcycle* kembali.



**Gambar 1.** Simulasi proses pembuatan metil asetat

**2.3. Penentuan Kondisi Optimum pada Kolom Distilasi Metanol-Air**

Proses pemisahan metanol dan air berlangsung pada kolom distilasi yaitu *equipment* 11. Aliran 18 merupakan aliran masuk kolom yang memiliki komposisi seperti pada Tabel 1. Dimana pada tekanan aliran ini dilakukan *trial* tekanan dari 0,2 atm dengan selisih 0,1 sampai 2 atm. *Trial* tekanan umpan ini akan berpengaruh terhadap kemurnian dari metanol. Sedangkan data untuk kolom distilasi seperti pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Kondisi operasi dan komposisi aliran masuk kolom distilasi

| Aliran 18          |              |        |
|--------------------|--------------|--------|
| Suhu               | 66.6764      | C      |
| Tekanan (variabel) | 0.2 sampai 2 | atm    |
| Total flow         | 5628.752     | kg/jam |
| Methanol           | 5112.928     | kg/jam |

|                    |             |        |
|--------------------|-------------|--------|
| Acetic acid        | 0.02791679  | kg/jam |
| Water              | 515.7825    | kg/jam |
| Dimethyl Sulfoxide | 0.002871277 | kg/jam |

**Tabel 2.** Data simulasi kolom distilasi

| <b>SCDS Distillation Column</b> |    |                            |         |
|---------------------------------|----|----------------------------|---------|
| <i>General</i>                  |    | <i>Specification</i>       |         |
| Number of stage                 | 14 | Reflux Ratio               | 1.2     |
| Feed stage                      | 8  | Bottom product temperature | 95.1324 |

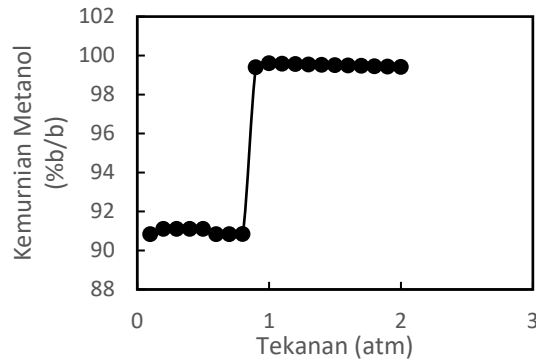
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari simulasi proses pada pemisahan metanol air dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3. Dimana metanol sebagai produk atas karena memiliki titik didih yang lebih kecil dibandingkan dengan air. Beberapa bahan organik tidak dapat didistilasi secara memuaskan pada tekanan atmosfer, sebab akan mengalami penguraian atau dekomposisi sempurna sebelum titik didih normal tercapai. Dengan mengurangi tekanan eksternal 0,1-30 mmHg, titik didih dapat diturunkan dan distilasi dapat berlangsung tanpa mengakibatkan terjadinya dekomposisi [12].

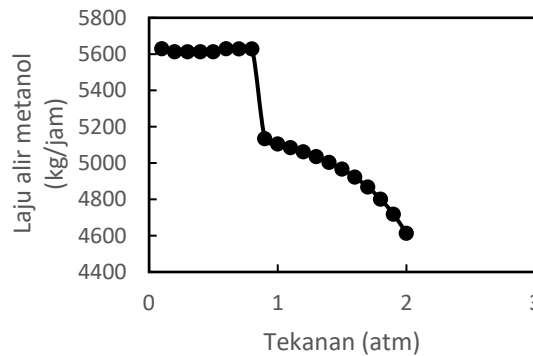
**Tabel 3.** Hasil simulasi kolom distilasi dengan variabel tekanan *feed*

| Tekanan (atm) | Kemurnian metanol (%b/b) | Laju alir metanol (kg/jam) |
|---------------|--------------------------|----------------------------|
| 0.1           | 90.836                   | 5628.75                    |
| 0.2           | 91.1023                  | 5612.29                    |
| 0.3           | 91.1017                  | 5612.33                    |
| 0.4           | 91.1022                  | 5612.3                     |
| 0.5           | 91.1027                  | 5612.27                    |
| 0.6           | 90.8363                  | 5628.73                    |
| 0.7           | 90.8366                  | 5628.7                     |
| 0.8           | 90.8382                  | 5628.61                    |
| 0.9           | 99.3987                  | 5133.75                    |
| 1             | 99.5985                  | 5104.62                    |
| 1.1           | 99.5797                  | 5084.55                    |
| 1.2           | 99.5599                  | 5061.56                    |
| 1.3           | 99.5406                  | 5034.86                    |
| 1.4           | 99.5216                  | 5003.56                    |
| 1.5           | 99.503                   | 4966.45                    |
| 1.6           | 99.4849                  | 4921.89                    |
| 1.7           | 99.4672                  | 4867.74                    |
| 1.8           | 99.45                    | 4801.02                    |
| 1.9           | 99.433                   | 4717.78                    |
| 2             | 99.4162                  | 4612.54                    |

Gambar 2. menunjukkan bahwa pada tekanan *feed* 0,9 atm hingga 2 atm didapatkan kemurnian metanol diatas 99,39%b/b. Namun pada Gambar 3. pada tekanan tersebut mengalami penurunan laju alir dari metanol. Hal ini disebabkan semakin tinggi kemurniannya maka jumlah yang didapatkan akan semakin sedikit karena kemurnian yang tinggi akan mengandung sedikit air.

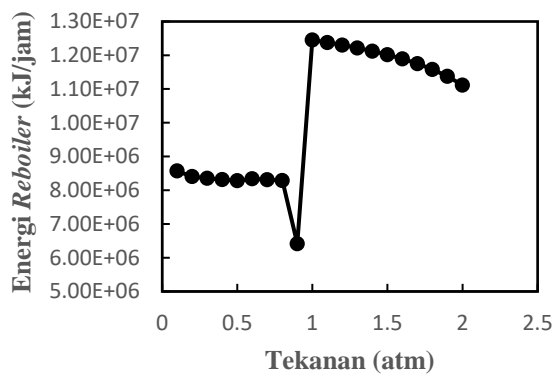


**Gambar 2.** Grafik pengaruh tekanan *feed* terhadap kemurnian metanol



**Gambar 3.** Grafik pengaruh tekanan *feed* terhadap laju alir metanol

Gambar 4. menunjukkan hasil untuk konsumsi energi dalam *reboiler* dimana pada tekanan *feed* 0,9 atm, energi yang dibutuhkan *reboiler* paling kecil. Sedangkan pada tekanan 1 atm membutuhkan energi *reboiler* paling besar. Hal ini dikarenakan pada tekanan 0,9 atm titik didih dari metanol akan menurun sehingga mengurangi beban dari *reboiler* untuk menguapkan komponen dalam produk campuran.



**Gambar 4.** Grafik pengaruh tekanan *feed* terhadap konsumsi energi dalam *reboiler*

Sehingga dengan mempertimbangkan kemurnian metanol, jumlah metanol yang didapatkan dan konsumsi energi *reboiler* maka tekanan *feed* 0,9 atm merupakan tekanan optimum pada simulasi kolom distilasi dalam pemurnian metanol. Untuk tekanan 1 atm tidak dipilih dikarenakan walaupun kemurnian yang didapatkan lebih tinggi 0.1998%b/b namun jumlah metanol yang didapatkan lebih sedikit dan konsumsi energi *reboilernya* sangat besar.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penentuan kondisi optimum dalam pemurnian metanol menggunakan kolom distilasi dengan bantuan simulasi ChemCAD 7 dapat disimpulkan bahwa kondisi tekanan *feed* optimum sebesar 0,9 atm dengan kemurnian produk 99,3987% (b/b), jumlah yang dihasilkan 5.133,75 kg/jam dan konsumsi energi *reboiler* 6.413.140 kJ/jam.

#### REFERENSI

- [1] Tiegang, H., Wei, Y., Liu, S, 2007, *Improvement of Spark Ignition (SI) Engine Combustion and Emission during Cold Start, Fueled with Methanol/Gasoline Blends*, Energy Fuels, 21, 171–175.
- [2] Winarto., Takaiwa, D., Yamamoto, E., dan Yasuoka, K, 2015, *Water-Methanol Separation with Carbon Nanotubes and Electric Fields*, Nanoscale. Vol 7. 12659-12665
- [3] Wibowo, A. A., Lusiani, C. E., Ginting, R. R., dan Hartanto, D, 2018, *Simulasi ChemCAD: Studi Kasus Distilasi Ekstraktif pada Campuran Terner n-Propil Asetat / n-Propanol / Air*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 2, No.2, 75-83.
- [4] Perry, R. H., & Green, D. W, 2008, *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*, New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [5] Suharto, M., Wibowo, A. A., dan Suharti, P. H, 2020, *Optimasi Pemurnian Etanol dengan Distilasi Ekstraktif Menggunakan ChemCAD*, Jurnal Teknologi Separasi, Vol. 6, No1, 1-7
- [6] McCabe. W.L, 1993, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 5th Edition, McGraw Hill Book Company, New York
- [7] Hartanto, D., Sammadikun, W., Astuti, W., Mustain, A., Wibowo, A. A., Khoiroh, I., Chafid, A, 2019, *Extractive distillation simulation of tert-butanol/water using TRIS as entrainer*, Journal of Physics : Conference Series
- [8] Fessenden, J. R., 1999, *Kimia Organik*, Erlangga, Jakarta
- [9] Ganesh B., Yamuna R., Satyavathi B., Venkateswarlu C.H, 2011, *Development of Kinetic Models for Acid-Catalyzed Methyl Acetate Formation Reaction : Effect of Catalyst Concentration and Water Inhibitor*, Chemical Engineering Science, Indian Institute of Chemical Technology, India
- [10] Berg L., Yeh A.-I., 1984, *The separation of methyl acetate from methanol by extractive distillation*, Chemical Engineering Communication, 30, 113–117.
- [11] Laroche, L., Bekiaris, N., Andersen, H. W., Morari, M, *The Curious Behavior of Homogeneous Azeotropic Distillation– Implications for Entrainer Selection*, AIChE J., vol. 38, no. 9, hal. 1309–1328, 1992.
- [12] Fahmi, D., Susilo, B., Nugroho, Wahyunanto A, *Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Nanas (Ananas comosus L. Merr) dengan Menggunakan Distilasi Vakum*, Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, Vol 2, No. 2, 131-137