

STUDI KASUS SUHU UMPAN DISTILASI REKOVERI METANOL PADA PRODUKSI METIL ASETAT DENGAN KOLOM SCDS MENGUNAKAN SIMULASI CHEMCAD

Muhammad Ramadhani Nurhabibi dan Agung Ari Wibowo

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
danihabibi33@gmail.com, [agung.ari.wibowo@gmail.com]

ABSTRAK

Metanol dapat digunakan pada berbagai aplikasi dan sebagai bahan kimia pada industri. Salah satu aplikasinya metanol digunakan sebagai bahan baku pada proses pembuatan metil asetat. Pada industri metil asetat, metanol direaksikan dengan asam asetat untuk menghasilkan metil asetat. Proses pembuatan metil asetat dapat menghasilkan sisa reaktan berupa metanol. Sehingga metanol perlu dimurnikan agar dapat digunakan kembali sebagai reaktan dan direaksikan dengan asam asetat. Pemurnian metanol dilakukan dengan menggunakan distilasi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh suhu umpan terhadap kemurnian metanol pada alat distilasi rekovery metanol. Simulasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan ChemCAD dengan menggunakan fitur *sensitivity study*. Fitur ini memiliki fungsi untuk mengetahui perubahan satu variabel terhadap variabel lainnya. Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah suhu umpan distilasi dan konsentrasi metanol yang dihasilkan. *Range* simulasi suhu yang digunakan adalah 44°C - 64°C.

Kata kunci: Distilasi, Metanol, Suhu umpan, Simulasi ChemCAD, Sensitivity Study

ABSTRACT

Methanol can be used in various applications and as a chemical in the industry. One of the applications is methanol used as a raw material in the process of methyl acetate. In the methyl acetate industry, methanol is reacted with acetic acid to produce methyl acetate. The process of methyl acetate can produce the remaining reactants in the form of methanol. So that methanol needs to be purified so that it can be reused as a reactant and reacted with acetic acid. Purification of methanol is carried out using distillation. The purpose of this research is to determine the effect of feed temperature on the purity of methanol in the methanol recovery distillation. The simulation used in this study uses ChemCAD using the sensitivity study. This features has a function to find out changes in one variable with other variables. The variables observed in the study were the distillation feed temperature and the resulting methanol concentration. The trial temperature used was 44 °C – 64 °C.

Keywords: Distillation, Methanol, Feed Temperature, ChemCAD Simulation, Sensitivity Study

1. PENDAHULUAN

Metanol penting dalam proses industri kimia, metanol digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Metanol dicampur dengan bensin meningkatkan efisiensi termal mesin dan mengurangi emisi gas buang. Selain itu metanol dapat digunakan dalam sel bahan bakar untuk secara langsung mengubah energi kimia menjadi energi listrik dan menawarkan energi bersih. Metanol dapat diproduksi melalui fermentasi biomassa seperti jagung, tebu, sorgum, dan mikroalga [1].

Dalam kasus ini metanol dapat digunakan sebagai reaktan dan direaksikan dengan asam asetat dengan reaksi esterifikasi untuk menghasilkan produk metil asetat [2]. Pembuatan metil asetat memerlukan distilasi ekstraktif karena pada suhu 53, 54 °C metil asetat dan metanol membentuk azeotrop [3]. Distilasi ekstraktif adalah suatu metode pemisahan beberapa komponen yang memiliki beda titik didih rendah. Metode ini melibatkan proses vaporasi parsial dengan bantuan suatu agen pemisah non-volatil yang terjadi dalam kolom rektifikasi *multiplate* [4]. Distilasi ekstraktif menggunakan *entrainer / solvent* yang mampu mengubah relatif volatilitas komponen. Komponen murni diperoleh di kolom atas tanpa ada proses penguapan pelarut / *solvent*. *Entrainer* dimasukkan dibagian atas kolom distilasi, *entrainer* yang dipilih harus dapat memecah titik azeotrop dalam campuran, selain itu *entrainer* harus memiliki sifat stabil, selektivitas tinggi dan toksisitas yang rendah [5]. Pada simulasi proses pembuatan metil asetat terdapat sisa reaktan berupa metanol dan sisa reaktan tersebut dipisahkan menggunakan distilasi agar dapat memperoleh metanol yang murni dan dapat di *recycle* ke reaktor sebagai reaktan dan direaksikan kembali dengan asam asetat untuk menghasilkan metil asetat.

Proses pemisahan campuran metanol – air menggunakan metode distilasi. Distilasi merupakan suatu metode untuk memisahkan campuran dari beberapa komponen berdasarkan perbedaan titik didihnya [4] dan berdasarkan perbedaan volatilitas [6]. Berbagai operasi distilasi seperti distilasi reaktif, distilasi azeotropik, distilasi uap, distilasi ekstraktif digunakan sesuai kebutuhan [6]. Metanol dipisahkan dari larutan berair dengan distilasi secara konvensional [1]. Pada kasus ini zat dengan *relative volatility* yang tinggi akan naik ke atas dan akan dikondensasikan untuk mendapatkan distilat, sedangkan yang gagal menguap akan diambil sebagai residu [7]. Metanol akan menjadi distilat karena memiliki titik didih sebesar 64,6 °C [3] sedangkan air yang memiliki titik didih 100 °C akan menjadi residu. Distilasi metanol – air adalah sistem yang sangat umum dan penting dan juga unit yang paling banyak dipelajari [8]. Pemodelan kolom distilasi sering dibangun berdasarkan sistem seperti konversi massa, energi dan momentum [8].

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh suhu umpan terhadap kemurnian produk metanol pada alat distilasi. Sehingga dari hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar simulasi proses pemisahan metanol menggunakan alat distilasi pada proses pembuatan metil asetat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan simulasi proses pembuatan metil asetat dengan menggunakan *software* ChemCAD 7.1.5. Alat distilasi metanol pada simulasi proses tersebut menggunakan jenis kolom distilasi SCDS dan hasil dari alat tersebut akan dianalisa suhu umpan terhadap tingkat kemurnian produk berupa metanol yang dihasilkan dengan menggunakan fitur *sensitivity study* pada *software* tersebut.

2.1. Model Termodinamika

Model kesetimbangan uap – cair dari sistem yang terlibat menggunakan koefisien aktivitas model termodinamika NRTL (*Non Random Two Liquid*) [4]. Nilai parameter interaksi biner (BIP) diperoleh dari *database* ChemCAD terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter interaksi biner

Komponen 1	Komponen 2	B_{ij}^*	B_{ji}^*	α^*
Metanol	Air	-24,4933	307,166	0,3001
Metanol	Asam Asetat	-78,8397	54,4026	0,3067
Metanol	Dimetil Sulfoksida	-84,7012	-250,311	0,3079
Air	Asam Asetat	424,019	-110,568	0,2997
Air	Dimetil Sulfoksida	1.203,77	-542,822	0,6615

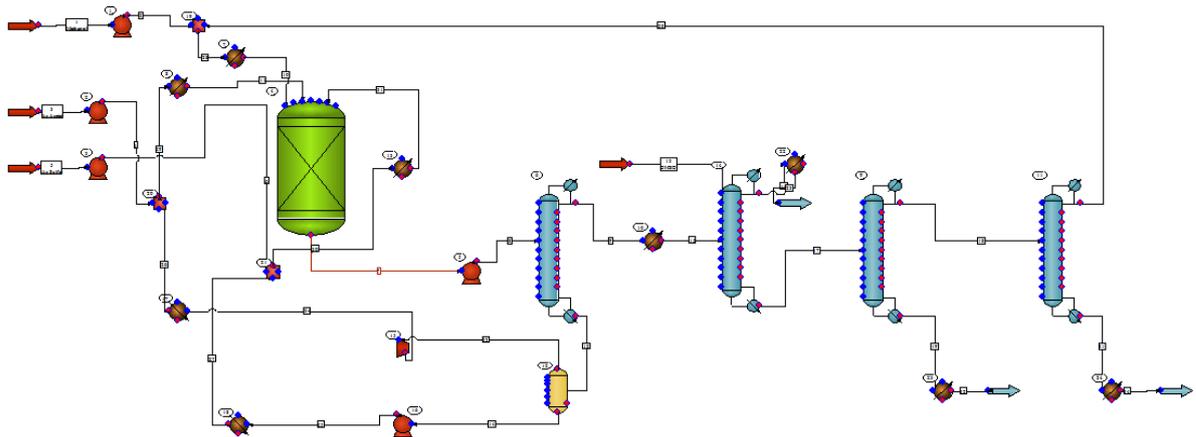
*Diperoleh dari *database* ChemCAD

2.2. Deskripsi Proses

Pada penelitian ini simulasi proses ditunjukkan pada Gambar 1. Umpan awal yang digunakan adalah metanol sebesar 6.230,2953 kg/jam dan asam asetat sebesar 2.919,8159 kg/jam. Katalis asam sulfat yang digunakan sebesar 29,2501 kg/jam. Reaksi pada pembuatan metil asetat berjenis reaksi *reversible* sehingga agar memperoleh metil asetat yang tinggi maka kesetimbangan reaksi harus digeser ke arah kanan/produk maka perbandingan mol reaktan antara asam asetat dan metanol sebesar 1:4, meskipun beberapa penelitian menggunakan perbandingan 1:6, 1:8, 1:9 [9]. Masing – masing bahan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Metanol dan asam asetat sebelum memasuki reaktor dikondisikan pada suhu 50 °C dengan cara dipanaskan. Simulasi ini menggunakan reaktor ekuilibrium dengan suhu operasi yang digunakan 50 °C dan konversi sebesar 70% [10].

Hasil reaksi akan dijadikan sebagai umpan pada kolom distilasi untuk memisahkan produk berupa metil asetat dengan katalis asam sulfat. Produk atas dari distilasi ini berupa campuran metil asetat/ metanol/ air akan diumpankan pada distilasi ekstraktif, sedangkan produk bawah berupa asam sulfat dan asam asetat akan dipisahkan menggunakan *flash tank* untuk memisahkan asam sulfat dan asam asetat yang akan di *recycle*.

Campuran metil asetat/ metanol/ air akan dijadikan umpan pada kolom distilasi ekstraktif dengan bantuan pelarut dimetil sulfoksida (DMSO) dengan jumlah 58.171,07 kg/jam. Pada kolom distilasi ekstraktif produk atas diperoleh metil asetat dengan kemurnian (98,4 mol%). Sedangkan produk bawah terdiri dari campuran DMSO, metanol dan air akan diumpankan ke kolom distilasi untuk memisahkan pelarut DMSO dan pelarut tersebut akan di *recycle* ke kolom distilasi ekstraktif.

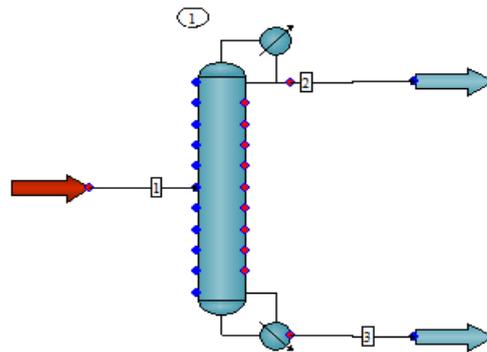


Gambar 1. Simulasi proses pembuatan metil asetat

Pada kolom distilasi yang memisahkan pelarut diperoleh produk atas berupa campuran metanol – air, dan produk bawah diperoleh pelarut DMSO dengan kemurnian (99 mol%). Sedangkan produk atas akan dipisahkan kembali dengan distilasi untuk memperoleh metanol dan metanol tersebut akan di *recycle* menuju reaktor dan direaksikan dengan asam asetat untuk menghasilkan metil asetat.

2.3. Studi Kasus

Distilasi metanol - air pada proses pembuatan metil asetat terdapat pada proses pemisahan terakhir yaitu *equipment 11* dan aliran 18 sebagai *feed*, aliran 20 sebagai produk atas dan aliran 21 sebagai produk bawah. Simulasi distilasi metanol – air dapat dilihat pada Gambar 2. Komposisi umpan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2 dan spesifikasi kolom distilasi SCDS dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 2. Simulasi *sensitivity study* distilasi pemisahan metanol – air

Tabel 2. Komposisi umpan

Aliran 18		
Suhu	66,67	°C
Tekanan	1	Atm
Metanol	5112,92	kg/jam
Asam Asetat	0,037	kg/jam
Air	514,78	kg/jam
DMSO	0,0028	kg/jam
Total Flow	5628,75	kg/jam

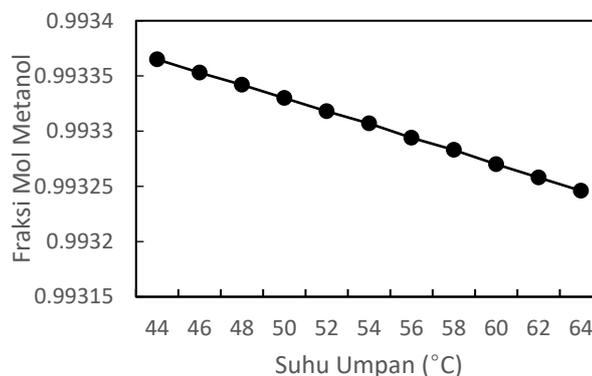
Tabel 3. Spesifikasi kolom distilasi metanol – air

Kolom Distilasi SCDS	
Jumlah stage	14
Feed stage	8
Reflux ratio	1,2

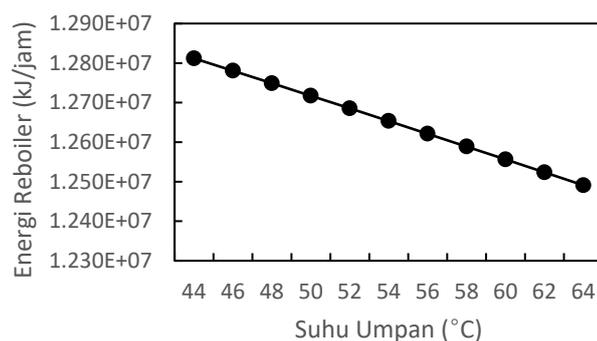
Fitur *sensitivity study* memiliki fungsi untuk mengetahui efek parameter *input* dalam *flowsheet* terhadap parameter *ouput* pada sistem [11]. Pada penelitian ini variabel yang diamati adalah perubahan suhu umpan pada distilasi metanol – air terhadap tingkat kemurnian metanol. Nilai *trial* suhu yang digunakan pada penelitian ini yaitu 44°C - 64°C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada simulasi proses pembuatan metil asetat, pada kolom distilasi metanol – air suhu umpan yaitu 64,6 °C suhu tersebut merupakan titik didih metanol. Metanol yang dihasilkan memiliki kemurnian (99,32% mol). Hasil studi kasus menggunakan fitur *sensitivity study* dilihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa suhu umpan sangat berpengaruh terhadap tingkat kemurnian dari metanol, ketika suhu umpan mencapai titik didih dari metanol maka tingkat kemurniannya semakin rendah, ketika suhu umpan dibawah titik didih dari metanol maka kemurnian metanol akan semakin tinggi walaupun perbedaannya sedikit. Hal ini terjadi karena pada saat umpan masuk dengan suhu dibawah titik didih maka metanol tidak menguap terlebih dahulu atau tidak terjadi *losses*.



Gambar 3. Pengaruh suhu umpan terhadap konsentrasi metanol



Gambar 4. Pengaruh suhu umpan terhadap konsumsi energi *reboiler*

Akan tetapi dengan menggunakan suhu umpan yang rendah energi konsumsi *reboiler* besar. Gambar 4 merupakan hasil analisa energi konsumsi *reboiler* dengan menggunakan fitur yang sama. Pada penelitian ini diperoleh kemurnian metanol pada suhu 44 °C sebesar (99,34 mol%) dan energi konsumsi *reboiler* sebesar 12.811.900 kJ/jam, sedangkan pada suhu 64 °C kemurnian metanol sebesar (99,32 mol%) dan energi konsumsi *reboiler* sebesar 12.490.800 kJ/jam.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan metanol dengan kemurnian yang tinggi maka suhu umpan berada dibawah titik didih metanol tetapi energi konsumsi *reboiler* juga besar. Kondisi optimum diperoleh pada suhu 64 °C dengan energi *reboiler* yang rendah dan tingkat kemurnian tidak beda jauh. Fitur *sensitivity study* dapat dijadikan pertimbangan untuk mencari hasil yang terbaik dari optimasi pada simulasi tanpa melakukan *trial* manual suatu variabel, sehingga mempersingkat waktu konvergensi.

REFERENSI

- [1] Winarto., Takaiwa, D., Yamamoto, E., dan Yasuoka, K., 2015, *Water-Methanol Separation with Carbon Nanotubes and Electric Fields*, *Nanoscale*, Vol.7, 12659-12665.
- [2] Graczova, E., Sulgan, B., Barabas, S., dan Steltenpohl, P., 2018, Methyl acetate – methanol mixture separation by extractive distillation : Economic aspect, Institute of Chemical and Environmental Engineering, Slovak University of Technology (Slovakia), Vol. 12, No. 4, 670-682.
- [3] Jing, L., Keliang, W., Mingelei, L., Zhi, L., dan Tingzhao, D., 2018, *Extractive Distillation of Methyl Acetate-Methanol Azeotrope Using [DMIM]DMP as solvent*, *China Petroleum Processing and Petrochemical Technology*, Vol.20, No. 4, 109-116.
- [4] 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.
- [5] Hartanto, D., Sammadikum, 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*, No.2, 1-7.
- [6] Kulkarni, S. J., 2017, Various Aspect of Distillation with Emphasis on Modeling, Optimization and Simulation, Chemical Engineering Department, Datta Meghe College of Engineering (India), Vol. 2, No. 1, 1-4.

- [7] Suharto, M., Wibowo, A. A., dan Suharti, P. H., 2020, *Optimasi Pemurnian Etanol dengan Distilasi Ekstraktif Menggunakan ChemCAD*, Jurnal Teknologi Separasi, Vol. 6, No.1, 1-7.
- [8] Rasheed, A. M., 2013, Nonlinear Dynamic Modelling of Methanol-Water Continuous Distillation Column, Electrical & Electronics Eng Dept, University of Kerbala, Vol. 11, No. 2, 154-166.
- [9] Hernowo, W., dan Maesaroh, E., 2016, Studi Kinetika Reaksi Metil Asetat Dari Asam Asetat Dan Methanol Dengan Variabel Waktu, Konsentrasi Katalis Dan Perbandingan Reaktan, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara (Jakarta), Vol. 3, No.4, 28-34.
- [10] 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.
- [11] Silverstein, J. L., 2007, *Estimating Emissions While Charging Solvents to an Empty Vessel*, Vol. 2, 1-30.