

OPTIMASI PEMURNIAN ETANOL DENGAN DISTILASI EKSTRAKTIF MENGGUNAKAN CHEMCAD

Muhammad Suharto, Agung Ari Wibowo, Profiyanti Hermien Suharti
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
muhammadsuharto9661@gmail.com , [profiyanti@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Etanol pada beberapa dekade ini menjadi suatu bahan yang banyak diproduksi karena berbagai fungsinya. Pemisahan etanol-air tidak dapat dilakukan dengan distilasi konvensional karena adanya titik azeotrop. Salah satu cara yang bisa dilakukan adalah menggunakan distilasi ekstraktif. Distilasi ekstraktif merupakan proses pemisahan campuran yang terkendala titik azeotrop dengan menambahkan zat ketiga yang bersifat *non-volatile* dan biasanya disebut sebagai *solvent* atau *entrainer*. Optimasi kolom konvensional dalam penelitian ini menggunakan kolom dengan 12 *tray bubble cap*, sedangkan untuk optimasi kolom distilasi ekstraktif menggunakan *solvent* etilen glikol : DMSO (Dimetil Sulfoksida) 1:1 dengan suhu *solvent* 77°C dan kolom beroperasi pada tekanan 1 atmosfer. Hasil optimasi kolom distilasi konvensional mendapatkan kadar distilat sebesar 79,3148% mol pada kondisi suhu preheater 50°C, reflux ratio 3, *bottom temperature* 97°C, dan konsentrasi umpan 20%v/v. Berbeda dengan hasil optimasi kolom konvensional, hasil optimasidistilasi ekstraktif menghasilkan kadar distilat terbaik sebesar 99,9632% mol pada kondisi stage pelarut 6, rasio *solvent*:umpan 3.

Kata kunci: Chemcad, Etanol-air, Kolom Konvensional, Kolom Ekstraktif, Optimasi

ABSTRACT

Ethanol in recent decades has become a material that is widely produced because of its various functions. Ethanol-water separation cannot be carried out by conventional distillation because of the presence of azeotrope. One way that can be done is to use extractive distillation. Extractive distillation is the process of separating a mixture which is constrained azeotrope point by adding a third substance which is non-volatile and is usually referred to as a solvent or entrainer. Optimization of conventional columns in this study uses a column with 12 bubble cap trays, while for optimization of extractive distillation columns use solvent ethylene glycol: DMSO (Dimethyl Sulfoxide) 1: 1 with a solvent temperature of 77 ° C and the column operates at a pressure of 1 atmosphere. The results of conventional distillation column optimization get distillate levels of 79,3148% mol at 50 ° C preheater temperature conditions, reflux ratio 3, bottom 97 ° C, and feed concentration of 20% v / v. While the extractive distillation column gets the best distillate content of 99,9632% mole at the solvent stage condition 6, solvent: feed ratio 3.

Keywords: Chemcad, Conventional Column, Ethanol-water, Optimization, , Extractive Column,

1. PENDAHULUAN

Etanol pada beberapa dekade ini menjadi suatu bahan yang banyak diproduksi karena fungsinya yang sangat beragam. Dalam dunia *oil and gas* Indonesia, Etanol dimanfaatkan karena memiliki nilai oktan yang cukup tinggi dan dapat diperoleh dengan mudah melalui fermentasi dengan proses pemurnian menggunakan distilasi [1]. Proses biasanya menggunakan jamur, *yeast*, dan bakteri karena memiliki selektivitas yang cukup

tinggi dalam menghasilkan etanol. Dalam larutan *broth* hasil fermentasi biasanya dihasilkan 12%v/v etanol [2]. Etanol yang cukup encer tersebut akan dilakukan proses distilasi untuk mendapatkan kadar etanol yang lebih tinggi. Dalam dunia pendidikan khususnya teknik kimia, etanol-air biasanya digunakan sebagai bahan untuk simulasi proses distilasi. Unit distilasi Laboratorium Pilot Plant Politeknik Negeri Malang menjadi salah satu pengguna etanol-air. Sayangnya dalam proses distilasi tidak dapat dihasilkan etanol dengan kadar yang tinggi karena terkendala titik azeotrop. Distilasi konvensional dengan *tray* dan reflux hanya efektif untuk mendapatkan distilat 10-85% v/v, konsentrasi di atasnya hanya dapat diambil dengan penambahan zat ketiga atau *entrainer* namun memerlukan proses lanjutan untuk mengambil kembali *entrainer* tersebut [3].

Proses distilasi merupakan suatu proses pemisahan campuran dengan menggunakan titik didih dan *relative volatility* nya [4]. Zat dengan *relative volatility* yang tinggi akan naik keatas dan akan dikondensasikan untuk mendapatkan distilat, sedangkan yang gagal menguap akan diambil sebagai residu. 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 [5].

Pada kasus pemisahan azeotrop campuran etanol-air dapat dipisahkan dengan beberapa metode yakni distilasi bertingkat, *pressure swing distillation*, destilasi ekstrakti [6]. Distilasi ekstraktif merupakan suatu metode pemisahan beberapa komponen yang memiliki beda titik didih yang rendah [7]. Pemisahan ini dilakukan dengan penambahan zat ketiga atau disebut "*solvent/entrainer*" yang biasanya memiliki titik didih yang lebih tinggi dari campuran azeotrop yang akan dipisahkan.

Beberapa penelitian terdahulu tentang distilasi dengan pelarut pernah dilakukan oleh Billal dkk (2014) dengan menggunakan alkohol kadar tinggi untuk memecah titik azeotrop dan menghasilkan 0,9515 fraksi mol etanol untuk dapat dilanjutkan dimurnikan dengan *molecular sieve* dengan proses simulasi *hysys*, Gill dkk (2014) dengan *hysys* melakukan penelitian dengan menggunakan campuran etilen glikol dan gliserol dan mendapatkan kondisi operasi khusus yang menghasilkan minimal energi yang dikonsumsi di *reboiler*, Anisuzzaman dkk (2018) melakukan penelitian menggunakan campuran etilen glikol-gliserol dan etilen glikol-CaCl₂ sebagai pelarut dan mendapatkan 99,89%mol etanol di distilat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi terhadap kolom distilasi di laboratorium Pilot Plant dengan mempertimbangkan pengaruh suhu keluar preheater, reflux ratio, dan *bottom temperature*. Hasil terbaik dari penelitian ini juga akan menjadi dasar rancangan untuk mengolah distilat dari kolom distilasi konvensional untuk diproses dalam distilasi ekstraktif menggunakan pelarut campuran etilen glikol-dimetil sulfoksida. Pemodelan menggunakan pelarut campuran etilen glikol-dimetil sulfoksida diharapkan dapat memecah titik azeotrop dan dapat menghemat penggunaan etilen glikol karena harganya yang cukup mahal.

2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan bentuk optimasi dengan menggunakan perangkat lunak CHEMCAD 7.1.2. terhadap kolom distilasi di Laboratorium Pilot Plant Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang. Kolom distilasi terdiri atas 12 *tray* dengan tipe *bubble cap*. Penelitian pada kolom konvensional ini untuk dapat mengetahui pengaruh suhu keluar *preheater*, refluks rasio, dan *bottom temperature* terhadap kadar distilat (% mol). Hasil terbaik akan

disimulasikan pada kolom kedua (distilasi ekstraktif) yang akan memurnikan distilat kolom konvensional dengan mempertimbangkan pengaruh *stage solvent*, dan *solvent : feed ratio*.

2.1. Model Termodinamika

Pada penelitian ini, untuk dapat memodelkan kesetimbangan uap cair dari bahan-bahan yang terlibat digunakan koefisien aktifitas termodinamika NRTL (*Non Random Two Liquid*) [7]

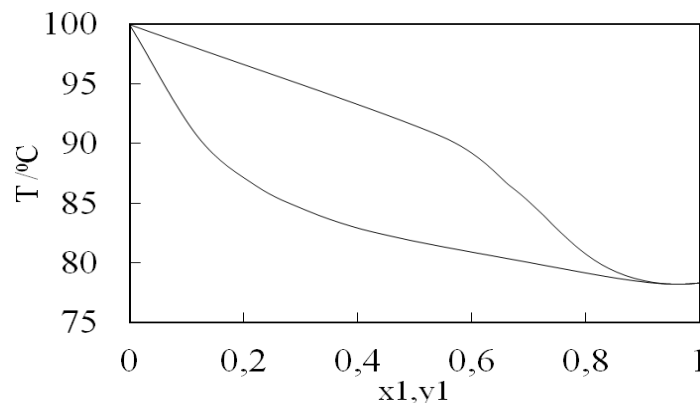
2.2. Parameter Interaksi Biner

Parameter Interaksi Biner (BIP) didapatkan dari database CHEMCAD disajikan pada tabel 1, sedangkan kurva kesetimbangan uap cair untuk etanol-air pada tekanan 1 atmosfer disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Parameter Interaksi Biner dari beberapa komponen yang terlibat dalam simulasi

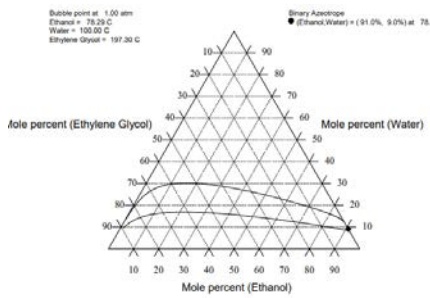
| Komponen 1 | Komponen 2 | B_{ij}^* | B_{ji}^* | α^* |
|---------------|--------------------|------------|------------|------------|
| Etanol | Air | -55,1681 | 670,441 | 0,3031 |
| Etanol | Etilen Glikol | 827,319 | -102,541 | 0,3704 |
| Air | Etilen Glikol | 405,263 | -338,073 | 0,2977 |
| Air | Dimetil sulfoksida | 1203,77 | -524,822 | 0,6615 |
| Etilen Glikol | Dimetil Sulfoksida | -635,765 | 429,427 | 0,3024 |

* Tersedia dalam database Chemcad

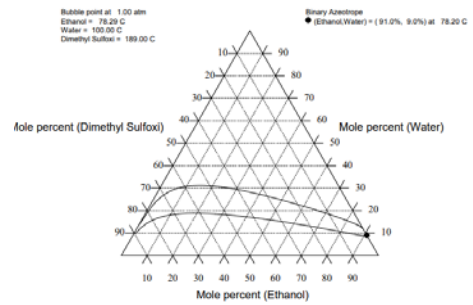


Gambar 1. Data *Vapor Liquid Equilibrium* untuk sistem biner etanol-air

Hubungan sistem terner dari etanol-air-etilen glikol dan untuk sistem etanol-air-dimetil sulfoksida digambarkan dalam peta kurva residu seperti pada gambar 2 dan 3. Pada kurva terner tersebut tidak ditemukan titik azeotrop terner. Kurva residu merupakan komponen penting yang berguna untuk memahami perilaku campuran yang akan berkaitan dengan desain sistem distilasi. Selain itu susunan kurva residu juga dapat digunakan untuk memungkinkan azeotrop yang stabil dan tidak stabil [8].



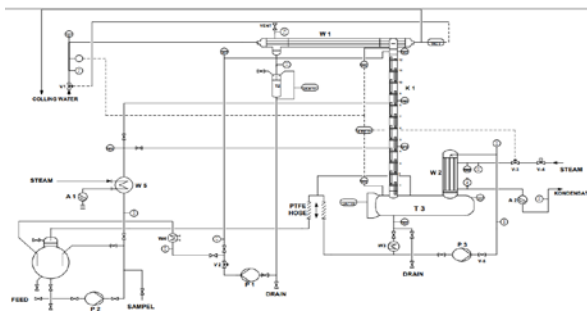
Gambar 2. Kurva residu campuran etanol-air-etilen glikol



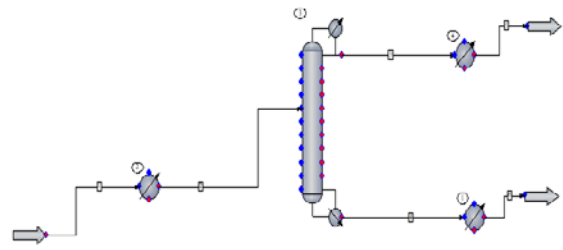
Gambar 3. Kurva residu campuran etanol-air-dimetil sulfoksida

2.3. Deskripsi Proses

Simulasi proses dalam penelitian ini didasarkan pada *flowsheet* aktual yang ada di dalam laboratorium Pilot Plant Unit Destilasi Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang. Proses disajikan dalam gambar 4 dan disimulasikan untuk optimasi kolom distilasi konvensional pada gambar 5. Sedangkan perancangan dan optimasi kolom distilasi ekstraktif sebagai solusi penanganan dan pemurnian distilat hasil optimas kolom distilasi konvensional disajikan oleh simulasi pada gambar 6. Pada gambar 4 dan 5 umpan campuran etanol-air dengan kadar (10-20% v/v) dialirkan dengan laju 75L/h masuk kedalam *preheater*. Didalam *preheater* tipe multi-bayonet ini umpan dipanaskan hingga bersuhu 60-70°C dan masuk kedalam kolom distilasi yang terdiri dari 12 *tray* dengan tipe *buble cap*. Distilat akan keluar memenuhi *accumulator tank* sebelum disirkulasikan sebagai refluks, sedangkan bagian residu akan mengalami pemanasan ulang oleh *reboiler*. Residu yang tidak teruapkan akan diambil sebagai produk bawah.

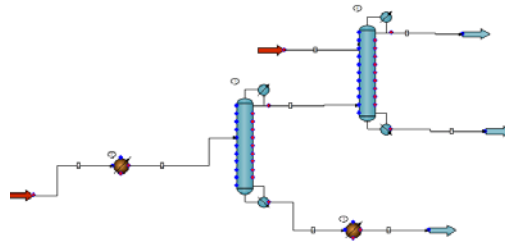


Gambar 4. Flowsheet Unit Distilasi Laboratorium Pilot Plant [9]



Gambar 5. Simulasi Optimasi kolom distilasi konvensional

Distilat hasil kolom distilasi konvensional yang terkendala adanya titik azeotrop selanjutnya akan diimurnikan pada kolom distilasi ekstraktif yang terdiri dari 13 *tray* tipe *buble cap*. Distilat dari kolom sebelumnya yang bersuhu 78,3599°C masuk pada *tray* ke 11 sedangkan solvent dengan komposisi penyusun 50% etilen glikol dan 50% dimetil sulfoksida dipanaskan hingga suhu 77°C. solvent akan dilakukan optimasi dengan dimasukkan dari stage ke 3 hingga ke 10. Hasil terbaik akan dijadikan dasar untuk optimasi rasio solvent/feed sehingga didapatkan kadar distilat akhir setelah keluar dari kolom distilasi ekstraktif.



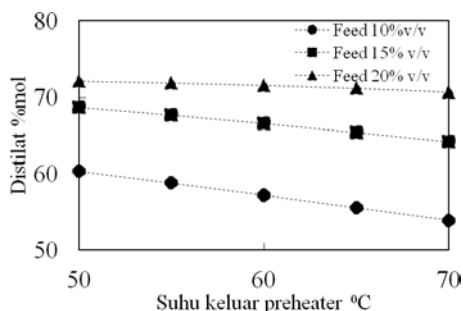
Gambar 6. Simulasi distilasi ekstraktif

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

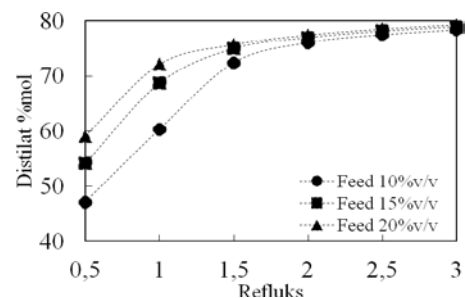
Hasil simulasi proses pemisahan etanol air dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7 pada kolom konvensional menggunakan refluks rasio 1 dan *reboiler mode* 3 dengan nilai 95°C umpan masuk pada stage 8 dari 12 stage. Umpan dipanaskan terlebih dahulu dalam *preheater* dengan suhu keluar *preheater* divariasi mulai $50\text{-}70^{\circ}\text{C}$ untuk mengetahui efek pemanasan awal terhadap kadar distilat yang dihasilkan. Pemanasan awal dapat meningkatkan biaya proses, namun meningkatnya efisiensi proses akan dapat ditingkatkan dengan mempertimbangkan integrasi penukar panas dalam sebuah sistem. Sehingga cara ini dapat meningkatkan produk tanpa meningkatkan biaya proses [7, 8].

Gambar 7 menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi umpan mengakibatkan perbedaan kadar distilat yang didapatkan karena kenaikan kadar etanol dalam umpan akan dapat menurunkan titik didih campuran mendekati titik didih etanol. Semakin tinggi suhu keluar *preheater* akan menurunkan kadar distilat karena kenaikan suhu akan mengubah nilai "q line" pada garis umpan [10, 11] sehingga ketika ditarik pada garis dew point akan menurunkan fraksi mol etanol.

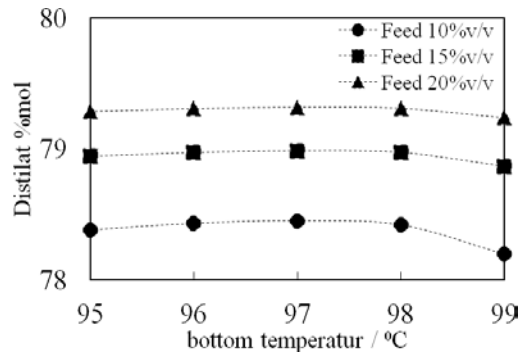
Gambar 8 dan 9 menjelaskan bahwa kenaikan suhu bawah yang disuplai oleh *reboiler* harus dikendalikan dengan meningkatkan nilai refluks. Meningkatnya suhu bawah mengakibatkan kenaikan terhadap jumlah air yang ikut terlucuti hal ini dapat mengakibatkan penurunan kadar distilat. Penurunan kadar distilat yang tidak diinginkan dapat diimbangi dengan kenaikan nilai refluks untuk menjaga suhu *tray* teratas sehingga efisiensi *tray* tetap maksimal. Shafeeq dkk [12] menambahkan perlu juga dilakukan pengendalian suhu *tray* teratas karena kenaikan suplai energi yang diberikan *reboiler* dapat meningkatkan beban kondenser.



Gambar 7. Pengaruh suhu keluar preheater terhadap kadar distilat %v/v pada berbagai konsentrasi umpan



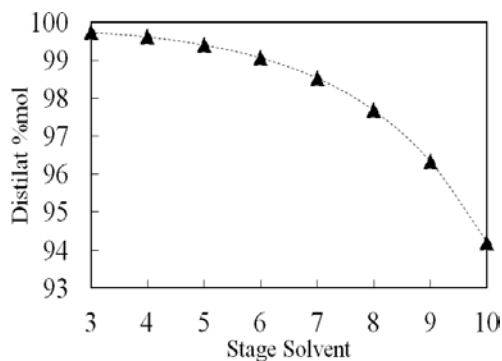
Gambar 8. Pengaruh refluks rasio terhadap kadar distilat %v/v pada berbagai konsentrasi umpan



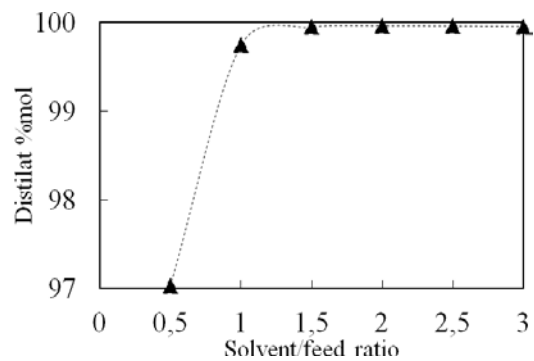
Gambar 9. Pengaruh *bottom temperature* terhadap kadar distilat %v/v pada berbagai konsentrasi umpan

Kadar distilat yang terkendala titik azeotrop pada nilai 91% mol etanol dapat diatasi dengan kolom ekstraktif. Penginjeksian *entrainer* yang berguna untuk memecah titik azeotrop diperlukan sehingga dapat meningkatkan kadar distilat. Namun penggunaan etilen glikol terkendala harga solvent yang mahal sehingga pada penelitian ini menggunakan campuran etilen glikol dan dimetil sulfoksida untuk mengurangi konsumsi etilen glikol.

Gambar 10 menunjukkan pengaruh semakin dekatnya stage solvent dan umpan terhadap kadar distilat. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin dekat stage solvent dapat menurunkan kadar distilat kolom ekstraktif. Nilai tertinggi distilat 99,74317% mol dicapai pada stage solvent 3 dan turun menjadi 94,20559% mol pada stage ke 10. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat dengan stage umpan maka efisiensi pemisahan menurun. Pernyataan tersebut didukung oleh Laroche dkk [13] bahwa jarak antara kedua umpan harus sebesar mungkin sehingga pelarut hadir di sebagian kolom pada konsentrasi untuk memecah azeotrop.



Gambar 10. Pengaruh *stage solvent* terhadap kadar distilat %v/v kolom ekstraktif



Gambar 11. Pengaruh *solvent : feed* rasio terhadap kadar distilat %v/v kolom ekstraktif

Gambar 11 menunjukkan bahwa kenaikan perbandingan rasio solvent : umpan akan meningkatkan kadar distilat karena kenaikan pelarut dapat mengikat fraksi air sehingga kenaikan suhu bottom tidak mudah melucuti fraksi airnya. Akibatnya fraksi air akan terjaga tetap selama proses distilasi dan meningkatkan kadar distilat. Kadar distilat tertinggi dicapai pada rasio 2 dimana %mol etanol didapatkan sebesar 99,9632%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemisahan etanol air pada kolom distilasi di Laboratorium Pilot Plant Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang terhambat titik azeotrop. Namun optimasi pada kolom ini menghasilkan kadar distilat terbaik sebesar 92,4911 %volume tercapai pada kondisi operasi : suhu keluar preheater 50°C, nilai refluks rasio 3, dan *bottom temperature* 97°C. Kendala titik azeotrop dapat ditangani dengan kolom ekstraktif 13 tray tipe *bubble cap* dengan kadar distilat terbaik sebesar 99,9956%v/v pada kondisi operasi : etilen glikol/dimetil sulfoksida 0,5, solvet/feed 3, dan stage solvent 6.

REFERENSI

- [1] Kunnakorn, D., Rirkosombon T., dkk, 2003, *Techno-economic Comparison of Energy Usage Between Azeotropic Distillation and Hybrid System for Etanol-Water Separation*, Jurnal Renewable Energy, Vol 51, Hal 310-316.
- [2] Afriani, M., Gusnedi., Ratnawulan, 2015, *Pengaruh Tinggi Kolom pada Distilasi Terhadap Kadar Bioetanol dari Tebu (Saccharum Officinarum)*, Jurnal Pillar of Physics, Vol 5, Hal 25-32.
- [3] Huang. S., Lin. W., Liaw dkk, 2008, *Characterization, transport and sorption properties of poly(thiol ester amide) thin film composite pervaporation membranes*, Jurnal Membrane Science, 322(1), Hal 139-145.
- [4] Muhammad. D.R.A, Darmaji. P, dan Pranoto. Y, 2011, *Pengaruh Suhu Distilasi dan Tingkat Kondensor terhadap Sifat Sensoris Distilat Asap Cair*, Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, Vol IV, No 2, Hal 104-112.
- [5] McCabe. W.L, 1993, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 5th Edition, McGraw Hill Book Company, New York
- [6] Erawati. Emi, 2008, *Pemurnian Etanol dengan Metode Saline Extractive Distillation*, Laporan Penelitian Dosen Muda Progam Pendanaan DP2M, Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7] Wibowo, Agung Ari, Lusiani, C.E., dkk, 2018, *Simulasi Chemcad : Studi Kasus Distilasi Ekstraktif pada Campuran Terner n-Propil Asetat/n-Propanol/Air*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, 2 (2), Hal 75-83.
- [8] L.D Gill., G.C. Garcia., G.Rodriguez, 2014, *Simulation of Ethanol Extractive Distillation with Mixed Glycols as Separating Agent*, Jurnal of Chemical Engineering, Vol 31, No 1, hal 259-270
- [9] Suharti. P.H.,Chumaidi.A.,Ariani.,Hardjono, 2018, *Modul Ajar Praktikum Pilot Plant*, Malang, Teknik Kimia
- [10] Geankoplis. Christie J, 1993, *Transport Process and Unit Operation*, 4th edition, Prentice Hall
- [11] Elldirderi. M.A, 2014, *The Separation of Binary Water/Etanol Solution via a Continous Feed Distillation Coloumn as a Function of Feed Stage Location and Reflux Ratio*, Jurnal of Science and Research International (IJSR), Vol 4, Issue 12, hal 807-812
- [12] Shafeeq. Amir., Daood. S.S., dkk, 2010, *Effect of variable reflux ratio on binary distillation in a laboratory scale distillation coloumn*, Prosiding 2nd International Conference on Chemical, Biological, and Environmental Engineering (ICBEE).
- [13] L. Laroche, N. Bekiaris dkk, 1992, *The Curious Behavior of Homogeneous Azeotropic Distillation- Implication for Entrainer selection*, Jurnal AIChE, vol 34, no 9, hal 1309-1328