

# STUDI KASUS PENGARUH TEKANAN *FEED* PADA *PRE-PRESSURE SWING DISTILLATION* METIL ASETAT BERBASIS CHEMCAD

Lukito Krismantoro Pambudi dan Agung Ari Wibowo

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

## ABSTRAK

Metil asetat adalah senyawa gugus ester karboksilat yang terbentuk dari proses esterifikasi dengan bahan baku asam asetat, metanol, dan asam kuat sebagai katalis. Dalam produksi metil asetat, produk yang dihasilkan membentuk campuran azeotropik. Komponen azeotropik tidak dapat dipisah menggunakan distilasi sederhana, sehingga diperlukan metode pemisahan yaitu *pressure swing distillation*. Sebelum dilakukan pemisahan menggunakan metode *pressure swing distillation*, perlu adanya proses pemisahan awal yang disebut *pre-pressure swing distillation*. Dimana proses *pre-pressure swing distillation* dilakukan untuk mengurangi beban pemurnian metil asetat. *Pre-pressure swing distillation* memberikan pengaruh besar dalam pemurnian metil asetat, sehingga dalam simulasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan *feed* terhadap *pre-pressure swing distillation* dengan menggunakan proses simulasi *software*. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan didapatkan tekanan optimum *feed* sebesar 2,5 atm dengan fraksi mol 0,1244, total *mass rate* 7633,46 kg/jam, energi *reboiler* 11266200 kJ/jam, suhu aliran atas 84,7291 °C, dan *mass rate* metil asetat 1903,37 kg/jam.

**Kata kunci:** *Pre-Pressure Swing Distillation*, Metil Asetat, Tekanan *Feed*, ChemCAD

## ABSTRACT

*Methyl acetate is a carboxylic ester group compound formed from the esterification process with raw materials of acetic acid, methanol, and strong acids as catalysts. In the production of methyl acetate, the resulting product forms an azeotropic mixture. Azeotropic components cannot be separated using simple distillation, so a pressure swing distillation separation method is needed. Before separating using the pressure swing distillation method, an initial separation process called pre-pressure swing distillation is required. Where the pre-pressure swing distillation process is carried out to reduce the methyl acetate purification load. Pre-pressure swing distillation has a big influence on the purification of methyl acetate, so in this simulation the aim is to determine the effect of feed pressure on the pre-pressure swing distillation using a software simulation process. Based on the simulation, the optimal feed pressure is 2.5 atm with a mole fraction of 0.1244, a total mass rate of 7633.46 kg/h, a reboiler energy of 11266200 kJ/h, an upper flow temperature of 84.7291 °C, and a mass rate of methyl acetate 1903.37 kg/h.*

**Keywords:** *Pre-Pressure Swing*, *Methyl Acetate*, *Feed Pressure*, ChemCAD

## 1. PENDAHULUAN

*Pre-pressure swing distillation* merupakan pemurnian atau pemisahan komponen awal seperti asam asetat dan asam sulfat pada proses produksi metil asetat, guna mengurangi beban pemurnian metil asetat. Campuran antara metil asetat-metanol-air membentuk titik azeotrop, sehingga dibutuhkan pemurnian diantaranya *pressure swing distillation*; distilasi azeotropik; dan distilasi ekstraktif [1]. *Pressure swing distillation*

merupakan pemurnian dan menggunakan dua kolom yang beroperasi pada dua tekanan berbeda untuk memisahkan campuran azeotropik dengan mengambil aliran produk dengan kemurnian tinggi dari satu ujung kolom dan mendaur ulang aliran dari ujung lainnya dengan komposisi di dekat dua azeotrop [2].

Metil asetat merupakan senyawa kimia dengan rumus  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  dan termasuk dalam senyawa golongan ester karboksilat. Metil asetat banyak digunakan dalam berbagai produk industri termasuk wewangian, rasa, pelarut, *plasticizer*, obat-obatan dan zat aktif permukaan (*Coating*) [3]. Metil asetat (MeOAc), disintesis dengan esterifikasi asam asetat (HOAc) dengan metanol (MeOH) dan dikatalisis menggunakan katalis asam kuat [4]. Dengan reaksi pembentukannya yang dapat dituliskan sebagai berikut :



Pada hasil penelitian tentang pembentukan metil asetat, konversi reaksi yang didapatkan sebesar 70% dengan waktu reaksi 2 jam, suhu  $50^\circ\text{C}$ , dan tekanan 1 atm [3]. Hasil reaksi masih terdapat produk samping berupa air, dan sisa reaksi yaitu asam asetat; asam sulfat; dan metanol, sehingga perlu dilakukan pemisahan menggunakan distilasi. Distilasi merupakan suatu metode untuk memisahkan campuran dari beberapa komponen berdasarkan perbedaan titik didihnya [5]. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tekanan *feed* terhadap *pre-pressure swing distillation* dengan menggunakan proses simulasi *software*. Proses simulasi *software* yang digunakan adalah ChemCAD 7.1.2. Tujuan dari simulasi proses adalah untuk menemukan kondisi optimal untuk proses yang diperiksa [6].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Simulasi proses *pre-pressure swing distillation* dengan studi kasus pengaruh tekanan akan disimulasikan menggunakan fitur *sensitivity study* yang terdapat pada ChemCAD 7.1.2, dengan variasi tekanan 1-6 atm dan interval 0,25 atm.

### 2.1. Model Termodinamika

Pada penelitian ini, untuk memodelkan kesetimbangan uap-cair dari sistem yang terlibat digunakan koefisien aktifitas model termodinamika NRTL [5].

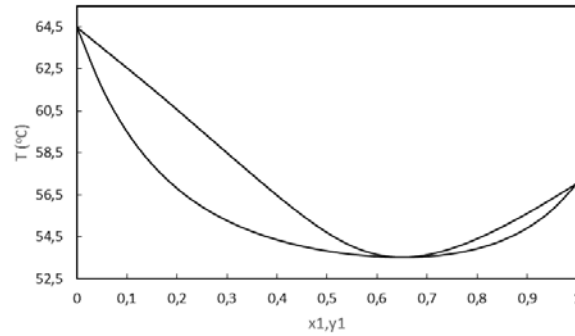
### 2.2. Parameter Interaksi Biner (BIP)

Parameter interaksi biner (BIP) didapatkan dari *database* ChemCAD yang disajikan pada Tabel 1, berisi komponen yang terlibat dalam simulasi. Kurva kesetimbangan untuk metil asetat-metanol pada tekanan 1 atm dapat dilihat pada Gambar 1.

**Tabel 1.** Parameter Interaksi Biner dari *database* ChemCAD

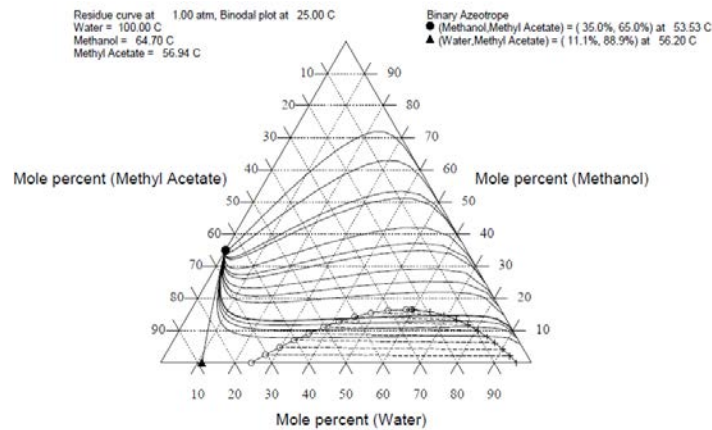
Komponen 1	Komponen 2	$B_{ij}^*$	$B_{ji}^*$	$\alpha_{ij}^*$
Asam Asetat	Metanol	54,4026	-78,8397	0,3067
Asam Asetat	Metil Asetat	-398,462	733,375	0,3026
Asam Asetat	Air	-110,568	424,019	0,2997
Metanol	Metil Asetat	223,376	146,111	0,296
Metanol	Air	-24,4933	307,166	0,3001
Metil Asetat	Air	442,401	860,256	0,383
Air	Sulfuric Acid	-1228,66	-1894,25	0,243

\*Tersedia dalam *database* ChemCAD



**Gambar 1.** Data *Vapor Liquid Equilibrium* untuk sistem biner metil asetat-metanol

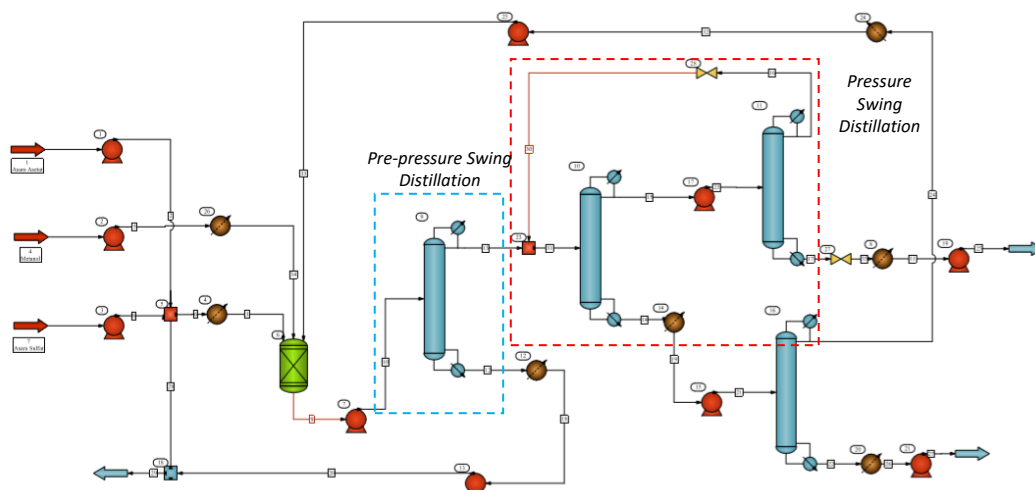
Hubungan antara metil asetat-metanol-air digambarkan dalam kurva residu yang didapatkan dari proses simulasi ChemCAD dan disajikan pada Gambar 2. Kurva residu merupakan komponen penting yang berguna untuk memahami perilaku campuran yang akan berkaitan dengan desain sistem distilasi. Selain itu susunan kurva residu juga dapat digunakan untuk memungkinkan azeotrop yang stabil dan tidak stabil [7].



**Gambar 2.** Kurva residu campuran metil asetat-metanol-air

### 2.3. Deskripsi Proses

Penentuan kondisi operasi optimum pada pemisahan metil asetat diawali dengan melakukan simulasi proses produksi metil asetat *overall* untuk mendapatkan kondisi operasi dan komposisi aliran dengan menggunakan ChemCAD 7.1.2. Kondisi operasi dari simulasi konvergen digunakan untuk memulai studi kasus untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik [8]. Simulasi *overall* pembuatan metil asetat dapat dilihat pada Gambar 3.

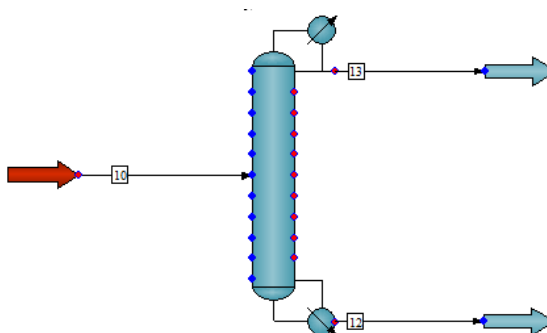


**Gambar 3.** Diagram alir pembuatan metil asetat dengan metode *pressure swing distillation* menggunakan ChemCAD 7.1.2

Bahan baku terdiri dari asam asetat dan metanol dengan perbandingan mol 1 : 6 dengan asam sulfat sebesar 2% dari berat asam asetat. Asam asetat, metanol, dan asam sulfat dengan suhu 25°C dipanaskan hingga 50°C. Selanjutnya, *feed* tersebut diumpungkan ke reaktor. Reaktor yang digunakan adalah reaktor equilibrium, dengan kondisi operasi: konversi 70% dengan suhu 50°C pada tekanan 1 atm. Hasil reaksi yang ditampilkan pada Tabel 2, akan diumpungkan ke *pre-pressure swing distillation* seperti pada Gambar 4. Kondisi operasi untuk *pre-pressure swing distillation* yaitu menggunakan SCDS *distillation column* pada ChemCAD, dengan jumlah *stage* sebanyak 17 ; umpan masuk pada *stage* ke-9 ; *Reflux ratio* sebesar 0,5 ; dan *bottom temperature* sebesar 118,082°C.

**Tabel 2.** Kondisi *feed pre-pressure swing distillation* metil asetat

Aliran 10		
Tekanan	1	atm
Suhu	50	°C
Laju Alir total	8838,828	kg/jam
Asam Asetat	623,7786	kg/jam
Metanol	5802,2	kg/jam
Asam Sulfat	41,6667	kg/jam
Metil Asetat	1903,373	kg/jam
Air	467,8092	kg/jam



**Gambar 4.** Simulasi *pre-pressure swing distillation* metil asetat.

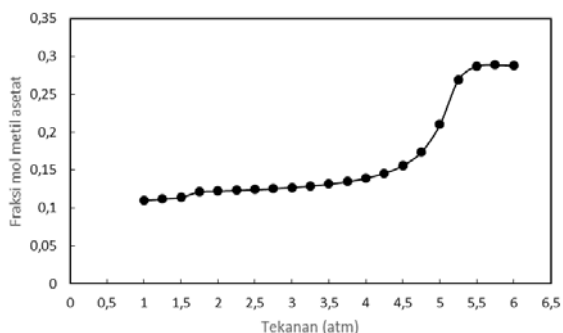
Setelah didapatkan kondisi operasi, simulasi akan dilanjutkan dengan menggunakan fitur *sensitivity study*. Dengan kondisi yang diamati adalah pengaruh tekanan pada aliran 10 terhadap fraksi mol metil asetat; *mass rate* metil asetat; energi *reboiler*; total *mass rate*; suhu aliran atas dan suhu aliran bawah.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

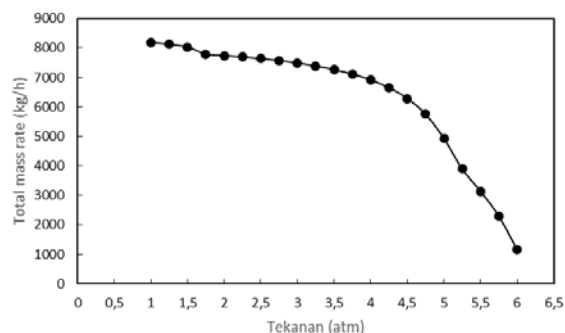
Hasil simulasi menggunakan *sensitivity study* pada ChemCAD dengan variasi tekanan *feed*, didapatkan hasil yang disajikan dalam Tabel 3. Perubahan tekanan yang terjadi membuat titik azeotropik bergeser [9]. Ketika titik azeotropik bergeser maka titik didih dari komponen akan ikut bergeser menjadi lebih besar seiring dengan tekanan yang meningkat.

**Tabel 3.** Hasil simulasi *pre-pressure swing distillation* menggunakan fitur *sensitivity study* pada ChemCAD

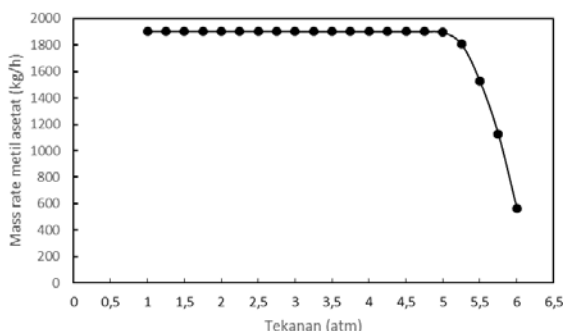
Tekanan (atm)	Fraksi Mol MeOAc	Total Mass Rate (kg/jam)	Energi Reboiler (kJ/jam)	Mass Rate MeOAc (kg/)	Suhu Top (°C)	Suhu Bottom (°C)
1	0,1105	8180,33	12876800	1903,37	60,058	118,082
1,25	0,1119	8121,53	12678000	1903,37	65,8534	118,082
1,5	0,1144	8026,77	12349100	1903,37	70,6168	118,082
1,75	0,1216	7786,87	11524500	1903,37	74,2487	118,082
2	0,1225	7739,44	11436200	1903,37	78,0881	118,082
2,25	0,1233	7690,52	11357000	1903,37	81,5631	118,082
2,5	0,1244	7633,46	11266200	1903,37	84,7291	118,082
2,75	0,1256	7565,9	11159800	1903,36	87,6377	118,082
3	0,1272	7484,99	11034900	1903,36	90,3277	118,082
3,25	0,1291	7386,52	10883000	1903,34	92,8274	118,082
3,5	0,1316	7264,79	10696900	1903,33	95,1577	118,082
3,75	0,1350	7111,27	10462400	1903,29	97,3325	118,082
4	0,1395	6912,95	10163000	1903,23	99,358	118,082
4,25	0,1461	6648,96	9765960	1903,11	101,231	118,082
4,5	0,1563	6283,77	9218730	1902,8	102,932	118,082
4,75	0,1740	5751,68	8424680	1901,72	104,403	118,082
5	0,2100	4931,38	7207680	1894,83	105,509	118,082
5,25	0,2690	3894,27	5749280	1805,58	106,391	118,082
5,5	0,2870	3137,26	4893780	1525,5	107,849	118,082
5,75	0,2890	2298,29	4034570	1123,2	109,431	118,082
6	0,2878	1157,18	2878310	563,911	110,99	118,082



**Gambar 5.** Pengaruh tekanan terhadap fraksi mol metil asetat

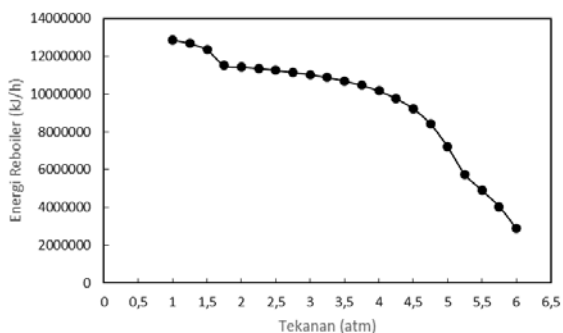


**Gambar 6.** Pengaruh tekanan terhadap total mass rate

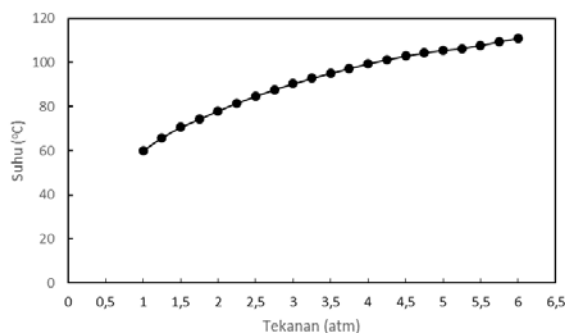


**Gambar 7.** Pengaruh tekanan terhadap mass rate metil asetat

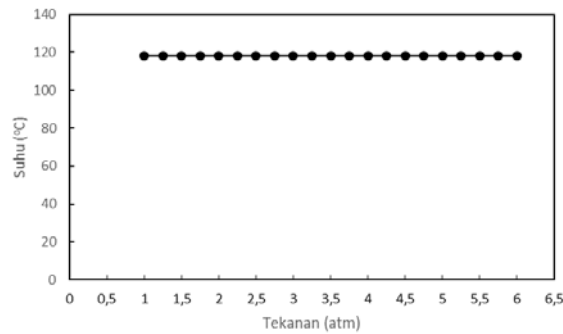
Gambar 5 menunjukkan bahwa kenaikan tekanan mempengaruhi fraksi mol metil asetat, dimana semakin besar tekanan maka semakin besar fraksi mol metil asetat. Nilai tertinggi fraksi mol 0,2890 pada tekanan 5,75 atm. Sedangkan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa total *mass rate* akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan tekanan. Nilai tertinggi dari total *mass rate* sebesar 8180,33 kg/jam pada tekanan 1 atm, dan akan mengalami penurunan hingga total *mass rate* terendah sebesar 1157,18 kg/jam pada tekanan 6 atm. Sama halnya dengan Gambar 6, Gambar 7 menunjukkan bahwa *mass rate* metil asetat tetap konstan pada tekanan tekanan 2,5 atm dan akan mulai menurun pada tekanan 2,75 atm, hingga nilai terendah sebesar 563,911 kg/jam pada tekanan 6. Apabila *mass rate* mengalami penurunan dapat menimbulkan pengurangan dari produk akhir yang dihasilkan, sehingga target produksi tidak tercapai.



**Gambar 8.** Pengaruh tekanan terhadap energi reboiler



**Gambar 9.** Pengaruh tekanan terhadap suhu aliran atas



**Gambar 10.** Pengaruh tekanan terhadap suhu aliran bawah

Gambar 8 menunjukkan bahwa kenaikan tekanan mempengaruhi energi yang digunakan oleh *reboiler*, dimana semakin besar tekanan maka semakin kecil energi yang dibutuhkan *reboiler*. Dengan semakin kecil energi yang dibutuhkan oleh *reboiler* maka biaya penggunaan energi akan berkurang [10]. Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa kenaikan tekanan akan mempengaruhi suhu aliran atas, dimana semakin besar tekanan maka akan semakin besar suhu keluaran aliran atas. Hal ini disebabkan oleh titik azeotropik yang bergeser sehingga titik didih ikut bergeser, sehingga mengurangi beban *reboiler* dalam menguapkan kembali. Hal ini dikarenakan pada proses simulasi distilasi, *reboiler* diatur dengan kondisi *bottom product temperature* sebesar 118,082 °C. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10, dimana semakin besar tekanan tidak akan mempengaruhi suhu aliran bawah. Akan tetapi semakin besar titik didih akan mengurangi *mass rate* komponen terutama metil asetat.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil simulasi studi kasus pengaruh tekanan pada *feed pre-pressure swing distillation* metil asetat menggunakan ChemCAD. Dapat diketahui tekanan optimum *feed* sebesar 2,5 atm dengan fraksi mol 0,1244, total *mass rate* 7633,46 kg/jam, energi *reboiler* 11266200 kJ/jam, suhu aliran atas 84,7291 °C, dan *mass rate* metil asetat 1903,37 kg/jam. Tekanan optimum *feed* dipilih pada 2,5 atm dengan mempertimbangkan *mass rate* metil asetat yang didapatkan.

#### REFERENSI

- [1] Hartanto, D., 2020, *Extractive distillation simulation of tert-butanol/water using TRIS as entrainer*, *J. Phys. Conf. Ser.*, Vol. 1444, No. 1, 0–7.
- [2] Luyben, W. L., 2012, *Pressure-swing distillation for minimum- and maximum-boiling homogeneous azeotropes*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 51, No. 33, 10881–10886.
- [3] Perosa, A., Selva, M., Lucchini, V., Fabris, M., and Noè, M., 2011, *Kinetic parameter estimation of solvent-free reactions monitored by <sup>13</sup>C NMR spectroscopy, a case study: Mono- and di-(hydroxy)ethylation of aniline with ethylene carbonate*, *Int. J. Chem. Kinet.*, Vol. 43, No. 3, 154–160.
- [4] Sandesh, K., Jagadeeshbabu, P. E., Math, S., and Saidutta, M. B., 2013, *Reactive distillation using an ion-exchange catalyst: Experimental and simulation studies for the production of methyl acetate*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 52, No. 21, 6984–6990.
- [5] Wibowo, A. A., Lusiani, C. E., Ginting, R. R., and Hartanto, D., 2018, *Simulasi ChemCAD: Studi Kasus Distilasi Ekstraktif pada Campuran Terner n-Propil Asetat/n-Propanol/Air*, *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, Vol. 2, No. 2, 75-838.
- [6] Burrows, V., 2018, *Introduction to ChemCAD*.

- [7] Suharto, M., Wibowo, A. A., dan Suharti, P. H., 2020, *Optimasi Pemurnian Etanol Dengan Distilasi Ekstraktif Menggunakan ChemCAD*, Vol. 6, No. 9, 1–7.
- [8] Wibowo, A. A., Mustain, A., Lusiani, C. E., Hartanto, D., and Ginting, R. R., 2020, *Green Diesel Production from Waste Vegetable Oil: A Simulation Study*, in International Energy Conference ASTECHNOVA 2019, AIP Conf. Proc, Vol. 2223, No. 020008, pp. 020008–1–020008–6.
- [9] Wang, K., Li, J., Liu, P., Lian, M., and Du, T., 2019, *Pressure Swing Distillation For The Separation Of Methyl Acetate-Methanol Azeotrope*, Asia-Pacific J. Chem. Eng., Vol. 14, No. 3, 1–12.
- [10] Alhajji, M., and Demirel, Y., 2016, *Energy Intensity And Environmental Impact Metrics Of The Back-End Separation Of Ethylene Plant By Thermodynamic Analysis*, Int. J. Energy Environ. Eng., Vol. 7, No. 1, 45–59.