

PENGARUH SUHU *BOTTOM COLUMN* DAN *RATE SOLVENT* DMSO TERHADAP PEMURNIAN PROPIL ASETAT PADA DISTILASI EKSTRAKTIF MENGGUNAKAN SIMULASI CHEMCAD

Cut Ariska Nur Layliyah, Christyfani Sindhuwati
Jurusan Teknik Kimia
cutariska10@gmail.com, [c.sindhuwati@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan industri yang semakin pesat khususnya industri kimia maka terjadi pula peningkatan kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang. Bahan-bahan penunjang yang digunakan dalam industri kimia sangatlah beragam salah satunya adalah propil asetat. Kemurnian propil asetat yang ada dipasaran adalah sebesar 99%, maka dari itu pemurnian propil asetat menjadi salah satu proses yang sangat penting dalam proses produksi. Pemurnian propil asetat tidak dapat dilakukan dengan distilasi konvensional karena adanya titik azeotrop, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan distilasi ekstraktif. Distilasi ekstraktif merupakan pemisahan campuran yang terkendala titik azeotrop dengan menambahkan zat ketiga yang bersifat *non-volatile* dan biasanya disebut sebagai *solvent* atau *entrainer*. Maka dari itu untuk mengoptimalkan pemurnian propil asetat melalui distilasi ekstraktif dilakukan simulasi proses produksi propil asetat menggunakan ChemCAD. Simulasi difokuskan pada penentuan suhu optimum pada *bottom product* dan *rate solvent* pada kolom distilasi ekstraktif. Trial suhu dilakukan dari suhu 120°C dan trial solvent dilakukan dari *rate* 70 kmol/h. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan suhu optimum *bottom product* dalam proses pemurnian propil asetat sebesar 140°C dengan kemurnian 99,6% dan *rate solvent* sebesar 95 kmol/h dengan kemurnian 99,52%.

Kata kunci: *Bottom Product, ChemCAD, Distilasi Ekstraktif, Propil Asetat, Solvent*

ABSTRACT

Along with the rapid development of the industry, especially the chemical industry, there has also been an increase in the need for raw materials and supporting materials. Supporting materials used in the chemical industry are very diverse, one of which is propyl acetate. The purity of propyl acetate in the market is 99%, therefore purification of propyl acetate is one of the most important processes in the production process. Purification of propyl acetate cannot be carried out by conventional distillation because of the azeotropic point, one of the ways that can be done is by extractive distillation. Extractive distillation is the separation of the mixture which is constrained by the azeotropic point by adding a third substance that is non-volatile and is usually referred to as a solvent or entrainer. Therefore to optimize the purification of propyl acetate through extractive distillation, a simulation of the production process of propyl acetate using ChemCAD is simulated. The simulation is focused on determining the optimum temperature in the bottom product and the rate of solvent in the extractive distillation column. The temperature trial was carried out from 120 °C and the trial solvent was carried out at a rate of 70 kmol / h. From the simulation results, the optimum bottom product temperature in the purification process of propyl acetate was 140 °C with a purity of 99.6% and a solvent rate of 95 kmol / h with a purity of 99.52%.

Keywords: *Bottom Product, ChemCAD, Extractive Distillation, Propyl Acetate, Solvent*

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya bidang ilmu pengetahuan dan teknologi membuat manusia menjadi lebih kreatif dan inovatif dalam memenuhi kebutuhan hidup di bidang industri. Pola inipun diterapkan dalam dunia perindustrian khususnya industri kimia. Banyak industri kimia yang telah dibangun untuk memenuhi kebutuhan primer dan sekunder baik didalam negeri maupun luar negeri. Seiring dengan perkembangan industri yang semakin pesat terjadi pula peningkatan kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang. Bahan-bahan penunjang yang digunakan dalam industri kimia sangatlah beragam salah satunya adalah propil asetat.

Senyawa propil asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7$) merupakan bahan yang banyak digunakan sebagai bahan mentah untuk kosmetik, bahan mentah untuk aditif plastik, serta bahan pelarut seperti pelarut cat *acrylic* dan *nitro cellulose*, pelarut resin sintesis pada industri tiner, pelarut selulosa dan lemak pada industri lem karet, dan pelarut *coating* serta tinta cetak (*printing ink*). Pembuatan propil asetat dapat dihasilkan dari reaksi esterifikasi n-propanol dan asam asetat yang dipanaskan dengan katalis asam kuat (asam sulfat). Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Hasil reaksi esterifikasi selain menghasilkan produk utama berupa propil asetat juga akan menghasilkan produk samping dan sisa reaktan berupa asam asetat, asam sulfat, propanol, dan air. Maka dari itu proses pemurnian dalam pembuatan propil asetat sangat berperan penting dalam menentukan kemurnian dari produk propil asetat. Propil asetat tidak dapat dipisahkan secara sempurna dengan distilasi sederhana dari campurannya. Hal ini disebabkan adanya titik *azeotrope* dari propil asetat dengan campurannya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memisahkan propil asetat dari campuran propanol dan air adalah dengan distilasi ekstraktif dengan penambahan *solvent* DMSO (*Dimethyl Sulfoxide*) [1].

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-volatile* yang terjadi dalam kolom rektifikasi *multiple*. *Liquid* atau campuran *liquid* yang ditambahkan ke dalam proses distilasi ekstraktif disebut sebagai "*solvent* atau *entrainer*". Komponen *solvent* tersebut memiliki titik didih lebih tinggi dari komponen yang akan dipisahkan [2-4].

Proses distilasi ekstraktif dipilih dalam pemurnian produk propil asetat dari sisa reaktan maupun produk sampingnya karena masing-masing komponen memiliki tingkat volatilitas yang berbeda-beda. Kondisi operasi dan penambahan *solvent* yang tepat dalam proses distilasi akan memberikan hasil yang baik terhadap produk.

Penelitian terdahulu mengenai distilasi ekstraktif dengan simulasi ChemCAD telah banyak dilakukan diantaranya percobaan distilasi ekstraktif untuk campuran isobutanol/isobutil asetat dengan hasil bahwa ketika laju aliran *recycle* meningkat, energi reboiler meningkat dan begitu juga energi kondensor tetapi jumlah plate menurun [5]. Penelitian lainnya dengan menggunakan ChemCAD yaitu pemurnian limbah farmasi tetrahydrofuran [6]. Penelitian lain yang juga mendukung penggunaan ChemCAD dalam simulasi distilasi ekstraktif adalah Wang [7] dan Wyczesany [8], Wyczesany mengusulkan penggunaan model *Non Random Two Liquid* (NRTL) sebagai model yang sesuai untuk sistem

n-propanol/n-propil asetat. Model *Non Random Two Liquid* (NRTL) dapat digunakan untuk sistem yang larut sebagian maupun untuk sistem yang larut sempurna. Persamaan *Non Random Two Liquid* (NRTL) dapat dipakai secara luas dalam VLE, LLE, dan VLE untuk berbagai jenis zat, misalnya campuran hidrokarbon jenuh dan spesies polar, campuran senyawa non polar, campuran spesies non-polar dan polar, campuran air dan spesies polar, dan campuran alcohol dengan campuran spesies non-polar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencapai efisiensi proses pemurnian produk propil asetat sehingga dilakukan simulasi proses pembuatan propil asetat dengan menggunakan ChemCAD untuk menentukan kondisi operasi optimum dengan melakukan trial suhu *bottom product* dan trial *rate solvent* dari proses distilasi ekstraktif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penentuan kondisi operasi optimum dan *rate solvent* pada pemurnian produk propil asetat dari sisa reaktan dan produk sampingnya diawali dengan melakukan simulasi proses produksi propil asetat untuk mendapatkan kondisi operasi dan jumlah *solvent* yang optimum dengan menggunakan ChemCAD. Kondisi operasi dan jumlah *solvent* yang optimum pada proses pemurnian didapatkan dengan trial suhu *bottom product* dan *rate solvent* pada alat distilasi ekstraktif. Trial suhu dilakukan dari suhu 120°C sedangkan untuk trial *solvent* dilakukan dari *rate* 70 kmol/h.

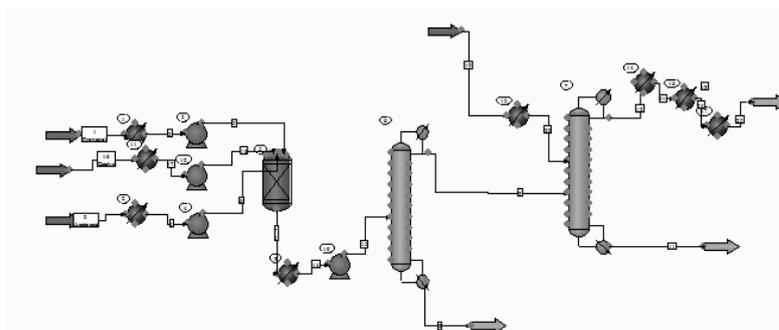
2.1. Model Termodinamika

Pada penelitian ini untuk dapat memodelkan kesetimbangan uap cair dari bahan-bahan yang terlibat digunakan koefisien aktifitas termodinamika NRTL (Non Random Two Liquid) [9].

2.2. Desain Proses Over All

Rangkaian simulasi proses pada produksi propil asetat dapat dilakukan dengan menggunakan ChemCAD. Langkah awal dalam simulasi adalah membuka perangkat lunak ChemCAD untuk membuka lembar kerja baru, dilanjutkan dengan pemilihan komponen dan properti termodinamika. Komponen dipilih melalui "select component" yang berupa propanol, asam asetat, asam sulfat, propil asetat, DMSO, dan air. Setelah semua komponen diinputkan maka dipilih NRTL sebagai properti termodinamika, kemudian dipilih "ok".

Langkah selanjutnya adalah membuat aliran proses pada lembar kerja ChemCAD yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Rangkaian pembuatan propil asetat menggunakan simulasi ChemCAD

Reaktan yang berupa propanol dan asam asetat dengan katalis asam sulfat di umpangkan menuju ke masing-masing *preheater* untuk dinaikan suhunya sesuai suhu reaksi sebesar 60°C komponen keluaran *preheater* kemudian di pompa kedalam reaktor untuk selanjutnya dilakukan reaksi esterifikasi. Produk keluar reaktor berupa produk utama propil asetat, produk samping dan sisa reaktan berupa propanol, asam asetat, asam sulfat serta air. Komponen-komponen tersebut kemudian dilakukan pemisahan dengan menggunakan distilasi. Komponen yang berasal dari reaktor diumpangkan menuju kolom distilasi konvensional untuk dilakukan pemisahan asam asetat sedangkan distilat dari kolom distilasi konvensional yang terkendala titik *azeotrope* akan di umpangkan menuju kolom distilasi ekstraktif untuk dilakukan pemurnian propil asetat hingga didapatkan kemurnian minimum sebesar 99%.

Proses pemurnian propil asetat terjadi pada kolom distilasi ke 2 atau kolom distilasi ekstraktif yaitu *equipment 7* sedangkan pada aliran 9 merupakan aliran masuk kolom. Aliran 9 memiliki komposisi yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kondisi Operasi dan Komposisi Aliran Masuk Kolom Distilasi Ekstraktif

Aliran 9		
Suhu	81.048	°C
Total Flow	83.3898	kmol/h
Asam asetat	0.04500674	kmol/h
Propanol	6.88594	kmol/h
Air	30.14334	kmol/h
Propil asetat	46.31554	kmol/h
DMSO	0	kmol/h
Asam sulfat	0	kmol/h

Berdasarkan komposisi aliran yang masuk menuju kolom distilasi ekstraktif masih terdapat propanol dan air yang terikat sehingga perlu ditambahkan *solvent* atau *entrainer* berupa DMSO dari aliran yang berbeda untuk mengikat dan mempermudah pemisahan propanol dan air dari produk propil asetat. Jumlah DMSO dan suhu *bottom product* yang digunakan dalam proses pemurnian propil asetat akan di simulasikan dengan menggunakan ChemCAD untuk mendapatkan suhu *bottom product* dan *rate solvent* yang optimum. Trial suhu *bottom product* di mulai dari suhu 120°C sedangkan trial *solvent* dilakukan mulai dari *rate* 70 kmol/h. Trial suhu *bottom product* dan *solvent* terbaik nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam optimasi pemurnian propil asetat sehingga produk propil asetat yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

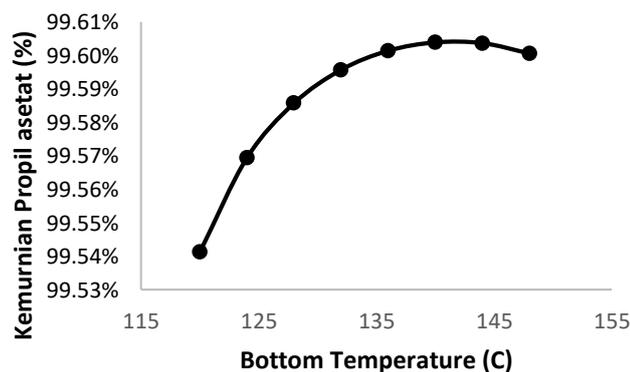
Hasil simulasi kolom distilasi ekstraktif menggunakan ChemCAD dengan variabel suhu *bottom product* dapat dilihat pada **Tabel 2**. Simulasi untuk variabel suhu dilakukan mulai dari suhu 120°C sampai suhu 148°C. Titik trial suhu *bottom product* diperoleh pada suhu 140°C dikarenakan, ketika suhu *bottom product* sebesar 140°C kemurnian produk propil asetat yang didapatkan sebesar 99,6%. Jika trial dilakukan lebih dari suhu 140°C kemurnian propil asetat yang didapatkan akan mengalami penurunan, sehingga dapat diketahui bahwa suhu

optimum yang dapat digunakan dalam simulasi ChemCAD dengan kondisi operasi dan komposisi aliran masuk kolom distilasi ekstraktif seperti pada **Tabel 1**. adalah sebesar 140°C.

Tabel 2. Hasil Simulasi Distilasi Ekstraktif dengan Variabel Suhu *Bottom Product*

No	Suhu Bottom (°C)	Kemurnian (%)	Mass Fraction Top Product					
			Propanol	Asam asetat	Propil asetat	DMSO	Asam sulfat	Air
1	120	99.5414	6.7417×10^{-12}	1.5369×10^{-16}	0.9954	0.0037	0	0.0004
2	124	99.5695	1.7814×10^{-14}	1.6016×10^{-12}	0.9957	0.0043	0	0.0000
3	128	99.5858	3.7641×10^{-14}	9.7577×10^{-11}	0.9959	0.0041	0	0.0000
4	132	99.5958	1.1788×10^{-13}	1.1559×10^{-12}	0.9960	0.0040	0	0.0000
5	136	99.6015	1.1788×10^{-13}	1.1559×10^{-12}	0.9960	0.0039	0	0.0001
6	140	99.6040	1.1788×10^{-13}	1.1559×10^{-12}	0.9960	0.0039	0	0.0001
7	144	99.6038	1.1788×10^{-13}	1.1559×10^{-12}	0.9960	0.0038	0	0.0002
8	148	99.6007	1.1788×10^{-13}	1.1559×10^{-12}	0.9960	0.0037	0	0.0004

Gambar 2. Menunjukkan hubungan antara perubahan suhu *bottom product* terhadap kemurnian produk propil asetat. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu *bottom product* maka kemurnian propil asetat yang dihasilkan lama-lama akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan ketika suhu meningkat maka energi yang disuplai juga akan meningkat yang mengakibatkan kenaikan penguapan komponen yang mudah menguap pada reboiler [10,11]. Maka dari itu semakin tinggi suhu *bottom product* menyebabkan komponen selain propil asetat ikut teruapkan dan mengakibatkan kemurnian propil asetat yang di hasilkan mengalami penurunan karena dalam distilasi ekstraktif propil asetat merupakan komponen yang berperan sebagai *light key component* atau komponen yang mudah dipisahkan dengan titik didih sebesar 102°C.



Gambar 2. Pengaruh Perubahan Suhu *Bottom Product* terhadap Kemurnian Produk Propil Asetat

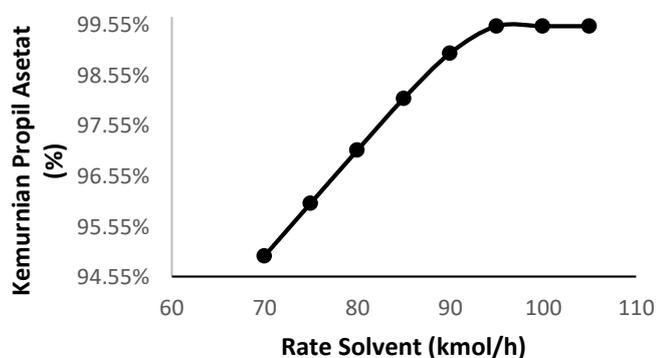
Hasil simulasi variabel *rate solvent* pada kolom distilasi ekstraktif dengan menggunakan ChemCAD dapat dilihat pada **Tabel 3**. Simulasi dilakukan dari *rate solvent* 70

kmol/h sampai *rate* 110 kmol/h. Pada trial *solvent* dengan *rate* 95 kmol/h kemurnian propil asetat yang dihasilkan telah mencapai sebesar 99,52%. *Rate solvent* tersebut merupakan *rate solvent* yang paling optimum ketika simulasi dilakukan dengan kondisi operasi dan komposisi aliran masuk seperti pada **Tabel 1**. Hal ini dikarenakan jika *rate solvent* dinaikkan maka kemurnian propil asetat yang dihasilkan akan memiliki hasil yang sama dengan *rate* 95 kmol/h atau konstan.

Tabel 3. Hasil Simulasi Distilasi Ekstraktif dengan Variabel *Rate Solvent* pada suhu 81°C

No	Rate Solvent (kmol/h)	Kemurnian (%)	Mass Fraction Top Product					
			Propanol	Asam asetat	Propil asetat	DMSO	Asam sulfat	Air
1	70	94.9655	1.018×10^{-11}	2.6631×10^{-8}	0.9497	0.0028	0	0.0060
2	75	96.0159	5.0692×10^{-12}	2.0142×10^{-9}	0.9602	0.0031	0	0.0038
3	80	97.0618	2.7146×10^{-12}	3.1208×10^{-8}	0.9706	0.0033	0	0.0023
4	85	98.0909	1.5148×10^{-12}	2.2969×10^{-10}	0.9809	0.0034	0	0.0014
5	90	98.9902	8.6866×10^{-13}	2.2582×10^{-8}	0.9899	0.0036	0	0.0008
6	95	99.5237	5.0995×10^{-13}	2.7211×10^{-10}	0.9952	0.0037	0	0.0004
7	100	99.5237	5.0995×10^{-13}	2.7211×10^{-10}	0.9952	0.0037	0	0.0004
8	105	99.5237	5.0995×10^{-13}	2.7211×10^{-10}	0.9952	0.0037	0	0.0004
9	110	99.5237	5.0995×10^{-13}	2.7211×10^{-10}	0.9952	0.0037	0	0.0004
10	115	99.5237	5.0995×10^{-13}	2.7211×10^{-10}	0.9952	0.0037	0	0.0004
11	120	99.5237	5.0995×10^{-13}	2.7211×10^{-10}	0.9952	0.0037	0	0.0004

Gambar 3. Menunjukkan hubungan antara perubahan *rate solvent* terhadap kemurnian produk propil asetat. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa hubungan antara *rate solvent* dan kemurnian produk propil asetat berbanding lurus, semakin tinggi *rate solvent* maka kemurnian produk propil asetat juga semakin tinggi tetapi lama-lama menjadi konstan. Hal ini dikarenakan seiring dengan bertambahnya rasio pelarut maka kemurnian produk yang di hasilkan juga semakin meningkat, karena semakin banyak rasio pelarut maka akan semakin banyak komponen yang terikat [12].



Gambar 3. Pengaruh Perubahan *Rate Solvent* terhadap Kemurnian Produk Propil Asetat

Sehingga, dari hasil trial suhu *bottom product* dan *rate solvent* yang dilkauan dengan simulasi menggunakan ChemCAD dapat diketahui suhu optimum *bottom product* sebesar 140°C dengan kemurnian propil asetat 99,6% dan *rate solvent* optimum sebesar 95 kmol/h dengan kemurnian propil asetat 99,52%. Hal ini dikarenakan ketika suhu *bottom product* dan *rate solvent* dinaikan kemurnian dari propil asetat yang di dihasilkan sudah tidak dapat meningkat dan berada pada keadaan konstan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penentuan kondisi optimum dalam pemurnian produk propil asetat menggunakan proses distilasi ekstraktif dengan bantuan simulasi ChemCAD dapat disimpulkan bahwa kondisi suhu *bottom product* optimum sebesar 140°C dengan kemurnian propil asetat 99,6% dan *rate solvent* optimum sebesar 95 kmol/h dengan kemurnian propil asetat 99,52%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Ibu Christyfani Sindhuwati S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Pra-perancangan Pabrik Kimia produksi Propil Asetat dari Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang yang telah membimbing dan mengarahkan saya dalam melaksanakan penelitian.

REFERENSI

- [1] Berg, L., Yeh, A.I., 1987, *Separation of N-Propylacetate from N-Propanol and Water by Extractive Distillation*, 4676874.
- [2] Lei, Z. Li, C., Chen, B., 2003, *Extractive distillation: A review*, Sep Purif. Rev, Vol. 32, No. 2, 121-213.
- [3] Galli, F., Previtali, D., Casagrande, S., Pirola, C., Manenti, F., Boffito, D.C., 2017, *Simulation of the Water-Acetic Acid Separation via Distillation Using Different Entrainers: an Economic Comparasion*, Chemical Engineering Transaction, Vol. 57, 1159-1164.
- [4] Chalim, A., Wibowo, A.A., Suryandari, A.S., Syarifuddin, M.M., Tohir, M., 2017, *Studi Kinetika Reaksi Metanolisis Pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES) Menggunakan Reaktor Batch Berpengaduk*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 1, No. 1, 28-34.
- [5] Dube, V.D., Bagwan, M.R.M.S., Kondawar, S.S., 2016, *Simulation of Extractive Distillation Using CHEMCAD*, Int. J. Sci. Eng. Res., Vol. 4, No. 11, 43-48.
- [6] Wang, X., Yang, Y., 2013, *Simulation of Extractive Distillation for Recycling Tetrahydrofuran from Pharmaceutical Wastewater with Chem CAD Software*, Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol., Vol. 5, No. 19, 4769-4774.
- [7] Wang, X., Yang, Y., 2011, *Simulation of Reactive Distillation Process with Chem CAD Software*, Adv. Mater. Res., Vol. 347-353, 3706-3709.
- [8] Wyczesany, A., 2017, *Simulation Of n-Propanol Dehydration Process via Heterogeneous Azeotropic Distillation using the NRTL Equation*, Chemical and Process Engineering, Vol. 38, No. 1, 163-175.
- [9] Wibowo, A.A., Lusiani, C.E., Ginting, R.R., Hartanto, D., 2018, *Simulasi CHEMCAD :*

- Studi Kasus Distilasi Ekstraktif pada Campuran Ternern n-Propil Asetat / n-Propanol / Air*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 2, No. 2, 75–83.
- [10] Ahmed, D.F. and Nawaf, M.Y., 2018, *Simulation Study in Control System Configuration of a Distillation Column*, Journal of Chemical Engineering & Process Technology, Vol. 9, No.4, 1-12.
- [11] Fitriyani, N., Nahdliyah, S.D.N., Biyanto, B.R., 2016, *Operational Optimization of Binary Distillation Column to Achieve Product Quality using Imperialist Competitive Algorithm (ICA)*, International Annual Engineering Seminar (InAES), Yogyakarta, Indonesia.
- [12] Hunsom, M. and Autthanit, C., 2013, *Adsorptive Purification of Crude Glycerol by Sewage Sludge-Derived Activated Carbon Prepared by Chemical Activation with H_3PO_4 , K_2CO_3 and KOH* , Chemical Engineering Journal, Vol. 229, 334-343.