

Submitted : 25 November 2020

Revised : 11 Maret 2021

Accepted : 14 Juni 2021

## PENGARUH JENIS PELARUT PADA DISTILASI EKSTRAKTIF ASETON-METANOL

Reynardi Risyad Raytama<sup>1</sup>, Yansen Hartanto<sup>1\*</sup>, Herry Santoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan  
Jalan Ciumbuleuit No. 94 Bandung 40141

\*Email: [yansen\\_hartanto@unpar.ac.id](mailto:yansen_hartanto@unpar.ac.id)

### Abstrak

Distilasi merupakan teknik pemisahan yang paling banyak digunakan di industri kimia. Tetapi cara ini tidak bisa digunakan untuk memisahkan campuran azeotropik. Jika dijumpai campuran azeotropik maka harus menggunakan distilasi yang termodifikasi seperti distilasi ekstraktif, distilasi azeotropik heterogen dan *pressure swing distillation*. Pada penelitian ini akan digunakan distilasi ekstraktif yang menggunakan tambahan *entrainer*/pelarut untuk melarutkan salah satu komponen sehingga titik azeotrop bisa terpecah lalu kedua komponen bisa dipisahkan. Teknik ini menggunakan 2 kolom yaitu kolom distilasi ekstraktif dan kolom pemurnian. Pada kolom distilasi ekstraktif terjadi kontak antara umpan dan *entrainer* sedangkan pada kolom pemurnian terjadi pemisahan antara umpan dan *entrainer*. Pada penelitian ini akan dipelajari bagaimana pengaruh jenis pelarut terhadap distilasi ekstraktif campuran aseton-metanol. Pelarut yang digunakan adalah DMSO (dimetil sulfoksida), klorobenzena, dan air. Variabel yang diamati adalah besarnya biaya peralatan, biaya utilitas, dan *Total Annual Cost* (TAC) untuk campuran umpan yang sama dan kemurnian produk yang dijaga konstan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, TAC untuk pelarut DMSO memiliki nilai yang paling rendah sedangkan TAC untuk pelarut klorobenzena memiliki nilai yang paling tinggi.

**Kata Kunci:** Distilasi, Ekstraktif, Pelarut, Azeotropik, TAC

### Abstract

*Distillation is the separation technique most widely used in the chemical industry. However, this method cannot be used to separate azeotropic mixtures. If an azeotropic mixture is found, it must use enhanced distillations such as extractive distillation, heterogeneous azeotropic distillation and pressure swing distillation. In this research, extractive distillation will be studied which uses an additional entrainer / solvent to dissolve one of the components the two components can be separated. This technique uses 2 columns, namely an extractive distillation column and a purification/recovery column. In the extractive distillation column there is contact between the feed and the entrainer, while in the purification column there is a separation between the feed and the entrainer. This research will study how the effect of the type of solvent on the extractive distillation of the acetone-methanol mixture. The solvents used were DMSO (dimethyl sulfoxide), chlorobenzene and water. The variables observed were the amount of equipment costs, utility costs, and Total Annual Cost (TAC) for the same feed mixture and product purity that was kept constant. From this research, it is show that TAC for the DMSO solvent has the lowest value while the TAC for the chlorobenzene solvent has the highest value.*

**Keywords:** Distillation, Extractive, Solvent, Azeotropic, TAC.

**1. PENDAHULUAN**

Distilasi merupakan teknik pemisahan untuk 2 komponen atau lebih berdasarkan perbedaan titik didih atau volatilitas relatif antar komponen. Pemisahan ini merupakan teknik yang paling banyak digunakan di industri kimia. Akan tetapi distilasi tidak bisa digunakan jika terdapat titik azeotrop pada campuran yang akan dipisahkan. Campuran azeotrop adalah campuran 2 komponen atau lebih yang memiliki komposisi fase cair dan gas dalam kesetimbangan yang identik (Luyben, 2010).

Pemisahan campuran azeotrop dengan distilasi dapat dilakukan jika dilakukan modifikasi terhadap distilasi tersebut. Beberapa modifikasi yang umum digunakan yaitu distilasi *pressure swing*, distilasi ekstraktif dan distilasi azeotropik heterogen. Distilasi *pressure swing* menggunakan 2 tekanan untuk menggeser titik azeotrop. Distilasi ekstraktif menggunakan komponen ketiga (*entrainer*/pelarut) untuk melarutkan salah satu komponen. Distilasi azeotropik heterogen menggunakan *entrainer* untuk menghasilkan titik azeotrop tersier yang berfase cair-cair dan dipisahkan dengan dekanter (Luyben, 2010).

Pada penelitian ini akan menggunakan distilasi ekstraktif untuk memisahkan campuran aseton-metanol. Sejumlah penelitian telah dilakukan mengenai distilasi ekstraktif ini. Penelitian oleh Langston dkk. (2005) dilakukan untuk menghasilkan produk aseton dan metanol dengan kemurnian tinggi (99,7%-mol). Model termodinamika yang digunakan adalah model koefisien aktivitas Wilson. Penelitian ini dikembangkan oleh Gil dkk. (2009) yang menggunakan model termodinamika UNIQUAC agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Pelarut yang digunakan adalah air dan kemurnian metanol hanya 88,2%-mol. Variabel yang ditinjau hanya biaya operasi/utilitas. Penelitian ini akan mengembangkan penelitian yang telah ada dengan menambahkan pelarut lain yang mungkin digunakan yaitu DMSO, dan klorobenzena. Variabel yang dioptimasi adalah total dari biaya operasi dan biaya peralatan yang dikenal dengan *Total Annual Cost* (TAC). Umpan yang digunakan pada setiap pelarut selalu sama yaitu campuran aseton-metanol yang ekuimolar dan kemurnian produk (aseton dan metanol) yang dihasilkan juga sama (99,6%-mol).

**2. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap, yaitu desain awal distilasi ekstraktif menggunakan ketiga pelarut dan optimasi distilasi ekstraktif. Simulator yang digunakan pada penelitian ini adalah Aspen Plus versi 8.8.

**2.1 Desain Awal Distilasi Ekstraktif**

Desain awal dilakukan dengan menggunakan data desain yang dihasilkan oleh beberapa peneliti. Dari desain awal ini akan dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu optimasi. Data desain awal disajikan dalam Tabel 1 s.d. Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 1.** Desain awal pada pelarut air (Saputra dkk., 2019)

Kolom 1	
Jumlah Tahap	57
Lokasi Umpan Masuk	40
Lokasi Pelarut Masuk	25
Rasio Refluks	3,32
Kemurnian Aseton (%mol)	99,5
Kolom 2	
Jumlah Tahap	26
Lokasi Umpan Masuk	14
Rasio Refluks	1,604
Kemurnian Metanol (%mol)	99,5
Kemurnian Air (%mol)	99,9

**Tabel 2.** Desain awal pada pelarut klorobenzena (Luyben, 2010)

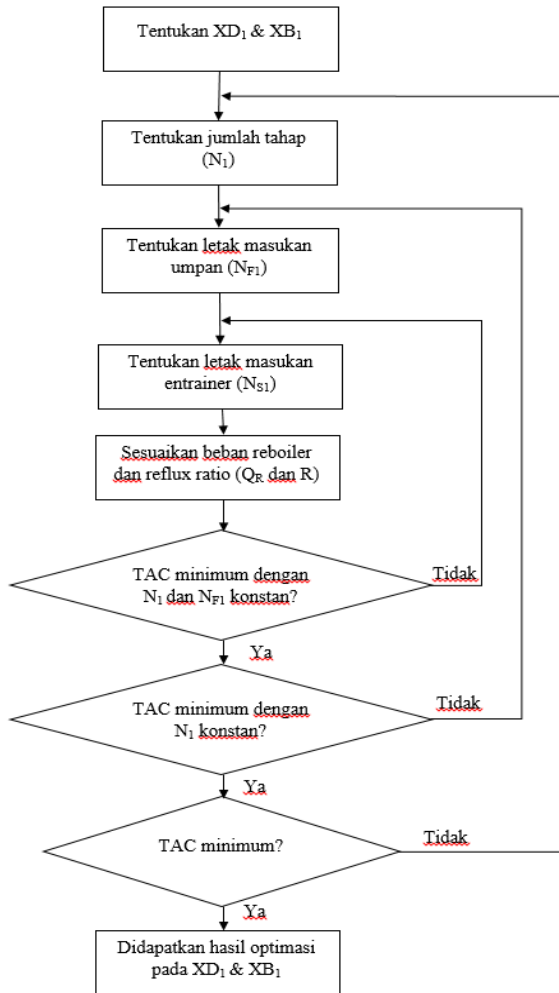
Kolom 1	
Jumlah Tahap	45
Lokasi Umpan Masuk	33
Lokasi Pelarut Masuk	17
Rasio Refluks	1,55
Kemurnian Aseton (%mol)	99,5
Kolom 2	
Jumlah Tahap	18
Lokasi Umpan Masuk	10
Rasio Refluks	3,52
Kemurnian Metanol (%mol)	99,5
Kemurnian Air (%mol)	99,9

**Tabel 3.** Desain awal pada pelarut DMSO (Luyben2010)

Kolom 1	
Jumlah Tahap	37
Lokasi Umpan Masuk	24
Lokasi Pelarut Masuk	4
Rasio Refluks	0,842
Kemurnian Aseton (%mol)	99,5
Kolom 2	
Jumlah Tahap	17
Lokasi Umpan Masuk	8
Rasio Refluks	0,5
Kemurnian Metanol (%mol)	99,5
Kemurnian Air (%mol)	99,9

## 2.2 Optimasi

Optimasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode sekuensial, di mana variabel desain diubah secara berurutan hingga diperoleh TAC yang minimum (Gambar 1). Variabel yang diteliti yaitu jumlah tahap ( $N$ ), letak masukan umpan ( $N_F$ ), letak masukan entrainer/pelarut ( $N_S$ ). Prosedur optimasi digambarkan dalam Gambar 1 berikut ini.



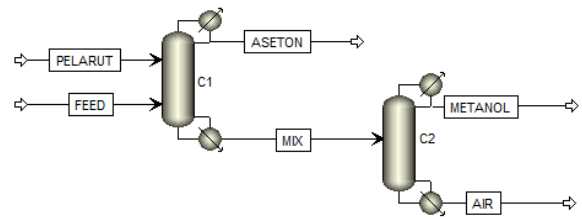
Gambar 1. Prosedur optimasi secara *sequential*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Desain Awal Distilasi Ekstraktif

Distilasi ekstraktif terdiri dari 2 kolom distilasi yaitu kolom ekstraktif (C1) dan kolom pemurnian (C2). Pada kolom ekstraktif terjadi distilasi dan juga ekstraksi di mana salah satu komponen akan terekstrak dan terbawa ke produk bawah. Produk atas kolom ekstraktif adalah komponen yang tidak terekstrak dengan kemurnian tinggi. Sedangkan pada kolom pemurnian terdapat pemisahan antara pelarut dan komponen yang terekstrak. Produk bawah kolom pemurnian adalah pelarut yang didaur ulang ke kolom ekstraktif setelah ditambahkan adanya *make-up* pelarut. Diagram aliran proses untuk distilasi ekstraktif

ini serupa untuk setiap jenis pelarut dan disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram aliran distilasi ekstraktif

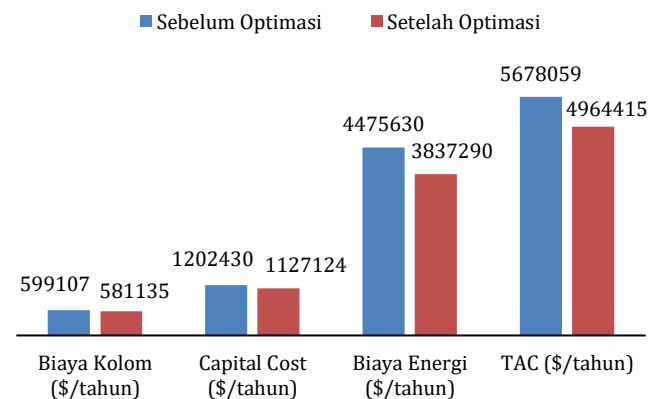
Dari setiap pelarut yang digunakan sudah bisa menghasilkan produk aseton dan metanol dengan kemurnian 99,6%-mol. Beban *reboiler* ( $Q_R$ ) diatur untuk mendapatkan kemurnian tersebut seperti disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Beban *reboiler* pada desain awal

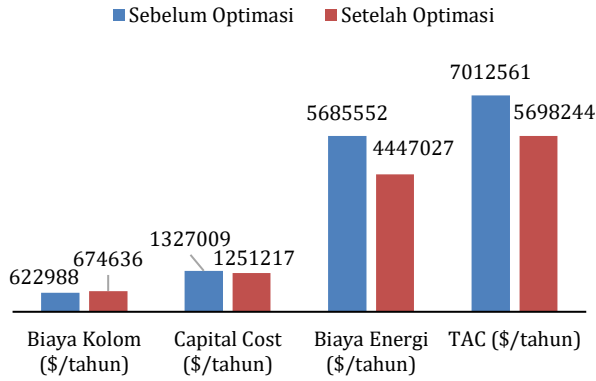
Pelarut	$Q_R$ Kolom Ekstraktif (kW)	$Q_R$ Kolom Pemurnian (kW)
Air	11630,8	6658
Klorobenzena	12623,6	10609,4
DMSO	6709,6	5370,1

### 3.2 Optimasi Distilasi Ekstraktif

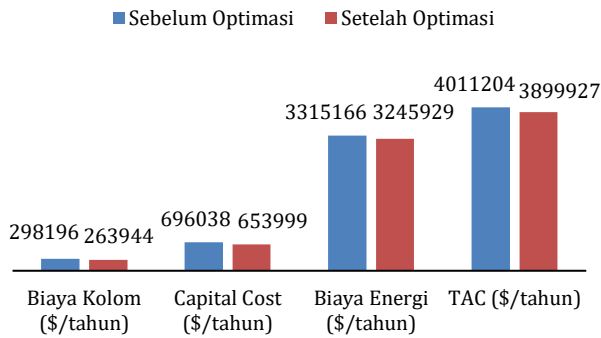
Optimasi dilakukan secara bertahap (*sequential optimization*) di mana satu variabel diubah sementara variabel lain dijaga konstan. Variabel yang dioptimasi adalah jumlah tahap setiap kolom ( $N_1$  dan  $N_2$ ), letak masukan umpan ( $N_{F1}$  dan  $N_{F2}$ ), letak masukan entrainer/pelarut ( $N_S$ ). Hasil optimasi untuk setiap pelarut disajikan dalam Gambar 3 s.d. Gambar 5.



Gambar 3. Hasil optimasi untuk pelarut air



Gambar 4. Hasil optimasi untuk pelarut klorobenzena



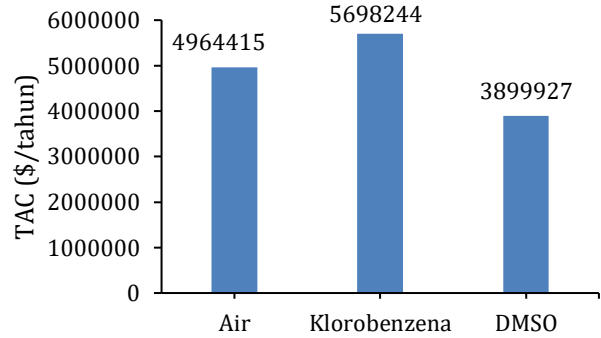
Gambar 5. Hasil optimasi untuk pelarut DMSO

Dari Gambar 3 s.d. Gambar 5 terlihat bahwa optimasi dapat menurunkan TAC maupun biaya yang lain dengan signifikan terutama untuk pelarut air dan klorobenzena. Untuk pelarut DMSO terlihat bahwa penurunan TAC tidak terlalu besar karena desain awal dari literatur sudah mendekati kondisi yang optimal. Variabel hasil optimasi disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Variabel hasil optimasi

Variabel	Pelarut		
	Air	Klorobenzena	DMSO
N <sub>1</sub>	64	47	38
N <sub>F1</sub>	55	41	21
N <sub>S</sub>	42	24	3
N <sub>2</sub>	27	31	11
N <sub>F2</sub>	18	11	5

Perbandingan TAC untuk ketiga pelarut disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan TAC pada setiap pelarut

Dari Gambar 6 terlihat bahwa pelarut DMSO memiliki TAC yang paling rendah dibandingkan dengan kedua pelarut yang lain sehingga dapat dikatakan bahwa pelarut ini memiliki nilai ekonomis yang paling baik. Dari kebutuhan utilitas di *reboiler* yang disajikan pada Tabel 4 juga terlihat bahwa untuk umpan yang sama dan produk dengan kemurnian yang sama, beban *reboiler* pada pelarut DMSO memiliki nilai yang jauh lebih kecil. Demikian juga dengan ukuran kolom distilasi seperti disajikan dalam Tabel 5. Kolom distilasi baik kolom ekstraktif maupun kolom pemurnian memiliki dimensi yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kolom distilasi pada pelarut air dan klorobenzena.

#### 4 KESIMPULAN

Studi mengenai perbandingan pelarut pada distilasi ekstraktif dilakukan pada penelitian ini. Variabel utama yang dikaji adalah TAC (*Total Annual Cost*). Dari tiga pelarut yang digunakan yaitu air, klorobenzena dan DMSO ternyata pelarut DMSO memiliki nilai TAC yang paling rendah sehingga paling murah digunakan jika ditinjau dari segi biaya kapital maupun biaya operasi/utilitas. Penelitian lebih lanjut akan dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh pelarut ini jika digunakan intensifikasi proses yaitu distilasi ekstraktif dengan *dividing-wall column* (E-DWC).

#### 5 DAFTAR PUSTAKA

- Gil, I. D., Ortiz, P., Botia, D. C., & Sanchez, O. F. (2009). Extractive Distillation of Acetone/Methanol Mixture Using Water as Entrainer. *American Chemical Society*, 4858-4865
- Langston, P., Hilal, N., Shingfield, S., & Webb, S. (2005). Simulation and optimisation of extractive distillation with water as solvent, 345-351.
- Luyben, W. L. dan Chien, I-L., (2010), *Design and Control of Distillation Systems for Separating Azeotropes*, John Wiley and Sons, Inc, New Jersey.
- Luyben, W. L. (2006). *Distillation Design and Control Using Aspen Simulation*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Luyben, W. L. (2008). Comparison of Extractive Distillation and Pressure-Swing Distillation for Acetone-Methanol Separation. American Chemical Society, 2696-2707.
- Saputra dkk., (2019), Kajian Awal Keekonomisan Penggunaan Dividing-Wall pada Distilasi Ekstraktif, Jurnal Integrasi Proses Vol. 8 No. 2, 51-56.