



PEMODELAN PROSES PRODUKSI BIODIESEL MENGUNAKAN APLIKASI HYSYS

Tasya Ulfa, Nasrul ZA*, Wiza Ulfa Fibarzi, Rizka Nurlaila, Raudhatul Ulfa,
Leni Maulinda

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Kampus Utama
Cot Teungku Nie Releut, Muara Batu, Aceh Utara-24355

*Korespondensi: e-mail : nasrulza@unimal.ac.id

Abstrak

Kebutuhan bahan bakar minyak bumi terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsumsi energi dunia. Namun peningkatan tersebut tidak diimbangi dengan pasokan minyak bumi yang memadai. Hal ini dikarenakan minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak terbarukan karena proses pembentukannya memerlukan waktu yang cukup lama. Dibutuhkan sumber energi alternatif seperti biodiesel. Salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi proses dalam produksi biodiesel adalah software HYSYS. **Penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya menggunakan reactive distillation, yang belum pernah dilakukan adalah menggunakan reaktor CSTR dan Separator.** Pemisahan yang terjadi pada Separator menghasilkan biodiesel dengan tingkat kemurnian sebesar 99,74%. Tingkat kemurnian biodiesel tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan metode reactive distillation yang hanya menghasilkan kemurnian biodiesel sebesar 98%. Dengan memanfaatkan CSTR dan Separator meningkatkan efisiensi dalam menghasilkan tingkat kemurnian biodiesel yang lebih tinggi. Hal ini terbukti dengan perbandingan hasil yang menunjukkan bahwa penggunaan CSTR dan Separator lebih baik dibandingkan reactive distillation. CSTR memiliki kelebihan yaitu operasi secara kontinu, pengontrolan temperatur yang mudah dan biaya operasi relatif murah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa simulasi pada proses produksi biodiesel menggunakan CSTR dan Separator pengganti reactive distillation. Penggunaan CSTR dan Separator dalam produksi biodiesel dapat memberikan manfaat yaitu penghematan energi dimana energi yang keluar dari CSTR sebesar 307,6°C dapat digunakan kembali pada heat exchanger sebesar 192°C sehingga tidak ada energi yang terbuang sia-sia sehingga biaya produksi akan menjadi lebih efisien. Pemisahan yang terjadi pada Separator menghasilkan biodiesel dengan tingkat kemurnian sebesar 99,74% lebih tinggi dibandingkan dengan metode reactive distillation yang hanya menghasilkan kemurnian biodiesel sebesar 98%.

Kata Kunci: Asam Oleat, Biodiesel, CSTR, Esterifikasi, HYSYS, Kemurnian.

DOI : <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i2.14892>

1. Pendahuluan

Kebutuhan bahan bakar minyak bumi terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsumsi energi dunia. Namun peningkatan tersebut tidak diimbangi dengan pasokan minyak bumi yang memadai. Hal ini dikarenakan minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak terbarukan karena proses pembentukannya memerlukan waktu yang cukup lama. Diperkirakan bahan bakar ini akan habis jika dieksploitasi sehingga diperlukan suatu alternatif sumber energi yang dapat diperbaharui. Salah satu sumber energi yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif adalah biodiesel (Hindryawati et al., 2014). Biodiesel merupakan mono-alkilester yang berasal dari asam lemak minyak nabati atau lemak hewani sehingga ramah lingkungan, tidak mencemari udara, mudah terbiodegradasi, dan dapat diperbaharui. Oleh karena itu, biodiesel sangat prospektif untuk dikembangkan dalam mengatasi permasalahan terbatasnya produksi minyak bumi (Dimawarnita et al., 2021).

Biodiesel dapat diproduksi melalui sintesis dari asam lemak yang berasal dari minyak nabati seperti minyak kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, kacang tanah, jarak pagar, dan beberapa jenis minyak tumbuhan lainnya. Komponen utama minyak nabati adalah trigliserida yang merupakan ikatan rangkap asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Tiap jenis minyak nabati memiliki komposisi asam lemak yang berbeda-beda. Sebagai contoh minyak kelapa sawit yang mengandung asam lemak jenuh dan tak jenuh jumlah yang sama. Kandungan yang terdapat pada canola oil berupa asam oleat 62%, asam palmitat 4%, asam stearat 2%, asam linoleat 21% (Adinda, 2021). Namun, berdasarkan SNI 7182:2015 kemurnian biodiesel minimal yang ditetapkan adalah sebesar 96,6%.

Tingginya standar kemurnian yang ditetapkan menjadi tantangan dalam melakukan rekayasa prancangan proses produksi biodiesel agar diperoleh tingkat kemurnian biodiesel yang optimal dengan energi yang digunakan sedikit. Oleh karena itu, diperlukan suatu pemilihan proses produksi biodiesel serta simulasi prosesnya dengan memperhatikan komposisi bahan, jenis reaksi, jenis reaktor yang digunakan serta aliran bahan yang dapat

mempengaruhi hasil produksi biodiesel pemilihan proses akan menjadi dasar untuk melakukan simulasi proses.

Penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya menggunakan *reactive distillation*, yang belum pernah dilakukan adalah menggunakan reaktor CSTR dan Separator. HYSYS merupakan perangkat lunak buatan *Aspen Technologies Inc* yang sangat berguna dalam *process sizing* dan simulasi. HYSYS mampu memodelkan suatu sistem proses secara detail. Dengan menggunakan program tersebut, maka perhitungan yang kompleks mampu diselesaikan secara efisien (Soputra et al., 2015). Dari sejumlah simulasi proses yang akan dilakukan diharapkan diperoleh suatu rancangan rekayasa proses produksi biodiesel yang memiliki *output* yang optimal. Model simulasi menggunakan aspen HYSYS mampu mempresentasikan proses dengan sangat baik (Giwa et al., 2018).

1. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian dapat dilihat pada proses dibawah ini:

1.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah asam oleat dengan tekanan 35 Mpa dan molar *flowrate* 138 kmol/h serta methanol dengan tekanan 5 Mpa dan molar *flowrate* 138 kmol/h. Sedangkan alat-alat yang digunakan berupa satu unit laptop HP, *Software Aspen Hysys V.10*, *Software Microsoft Word 2016 Plus*.

1.2 Prosedur Penelitian

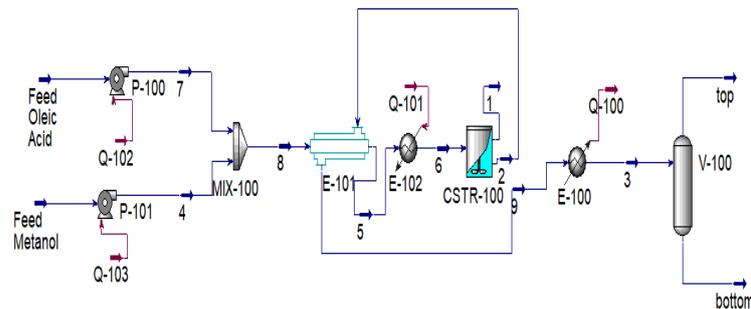
Dilakukan studi literatur dan pengumpulan data untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam simulasi. Selanjutnya menginput komponen *Oleic acid*, Methanol, M-oleat, H₂O. Setelah itu, dilakukan pemilihan *fluid package* NRTL yang sesuai dengan kondisi simulasi. Kemudian dilakukan pemilihan komponen reaksi yang terdiri dari *Oleic acid*, Methanol, M-oleat, H₂O. Terakhir, dilakukan penginputan reaksi yang telah diformulasikan dengan detail.

Dilakukan penambahan dan penetapan aliran yang akan digunakan dalam simulasi. Selanjutnya dilakukan penambahan dan penetapan unit operasi yang sesuai dengan kondisi simulasi. Terakhir, menginput kondisi operasi kedalam unit operasi dengan detail. Menjalankan simulasi hingga status pada Aspen Hysys V.10 menjadi *converged*. Proses simulasi harus dilakukan dengan detail agar hasil yang diperoleh

akurat dan sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Kemudian hasil yang diperoleh harus dianalisis dengan seksama.

2. Hasil Penelitian

Adapun Hasil Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Simulasi Produksi Biodiesel

Keterangan

P-100	: Pompa I
P-101	: Pompa II
MIX-100	: Mixer
E-101	: Shell and Tube Heat Exchanger
E-102	: Heater
CSTR-100	: Continuous flow stirred-tank reactor
E-100	: Cooler
V-100	: Separator

Produksi biodiesel dengan menggunakan asam oleat (*oleic acid*) yang berasal dari tanaman kanola yang diproses hingga menjadi minyak kanola. Dalam minyak kanola mengandung asam oleat 62%, asam palmitat 4%, asam stearat 2%, asam linoleat 21% (Adinda, 2021). Tingginya kandungan asam oleat inilah yang akan digunakan sebagai bahan baku utama dalam produksi biodiesel. Asam oleat merupakan salah satu dari asam lemak yang dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif karena memiliki harga yang jauh lebih murah jika dibandingkan dengan minyak nabati. Alternatif proses ini akan mengurangi biaya produksi pembuatan biodiesel dibandingkan minyak nabati, selain itu dapat menggunakan asam oleat

dapat meningkatkan nilai guna dari asam oleat itu sendiri (Kusmiyati, 2008). Reaksi yang digunakan yaitu reaksi esterifikasi. Reaksi ini merupakan reaksi yang bersifat

reversible dari asam lemak dengan alkohol membentuk ester dan air (Kusmiyati, 2008).



Data yang diperlukan untuk *feed* asam oleat meliputi suhu 25°C , tekanan 1 atm dan molar flow sebesar 138 kgmole/h. Selanjutnya, data dimasukkan ke P-100 untuk menaikkan tekanan menjadi 3,5 mPa. Hal yang sama berlaku untuk *feed* methanol, dengan data yang sama seperti suhu 25°C , tekanan 1 atm dan molar flow sebesar 138 kgmole/h kemudian dimasukkan ke P-101 untuk menaikkan tekanan menjadi 5 Mpa. Kemudian keluaran dari P-100 dan P-101 akan di campur pada MIX-100 untuk membuat campuran menjadi homogen. Campuran tersebut kemudian melewati beberapa alat perpindahan panas seperti *heat exchanger* dan *heater*.

Heat Exchanger (E-101)		
Conditions		
Name	8	5
Vapour	0,000	0,000
Temperature (C)	47,33	192,0
Pressure(kPa)	5000	4990

Gambar 2. Heat Exchanger (E-100)

Pada Gambar 2 aliran 5 dengan memanfaatkan energi keluaran dari CSTR-100 untuk digunakan pada alat E-100. Energi yang digunakan untuk alat E-101 untuk terjadinya pertukaran panas antara dua fluida, selanjutnya keluaran dari E-101 dimasukkan ke E-102 untuk dipanaskan hingga mencapai suhu 300°C dapat dilihat pada Gambar 3 pada aliran 6. Sebelum masuk ke dalam reaktor CSTR-100 dimana didalam reaktor inilah terjadinya reaksi esterifikasi sehingga suhu mencapai 307,6°C dapat dilihat pada Gambar 3 pada aliran 2. Dengan memanfaatkan kembali energi keluaran dalam suatu alat, sehingga dapat mengurangi konsumsi dan meminimalkan konsumsi energi dan menghemat sumber daya alam. Hal ini dapat dicapai proses produksi yang lebih efisien dikarenakan pengurangi

penggunaan energi yang dianggap sebagai solusi untuk mengurangi masalah emisi berlebih.

Cont.Stirred Tank Reactor (CSTR-100)			
Conditions			
Name	6	2	1
Vapour	0,3290	0,000	1,000
Temperature (C)	300,0	307,6	307,6
Pressure(kPa)	4980	4980	4980

Gambar 3. Continuous flow stirred-tank reactor (CSTR-100)

Maka diperlukan pemisahan yang akan terjadi pada V-100 dimana produk biodiesel terdapat di *bottom* dan air terdapat di *top* sesuai dengan densitas dari biodiesel sendiri. Terlihat bahwa pemisahan yang terjadi pada V-100 menghasilkan biodiesel dengan tingkat kemurnian sebesar 99,74%.

Mass Fractions	
OleicAcid	0,0003
Methanol	0,0000
M-Oleate	0,9974
H ₂ O	0,0022

Gambar 4. Kandungan yang terdapat pada Separator V-100

Tingkat kemurnian biodiesel tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan metode *reactive distillation* yang hanya menghasilkan kemurnian biodiesel sebesar 98% (Karacan dkk, 2015). Dengan memanfaatkan CSTR dan Separator meningkatkan efisien dalam menghasilkan tingkat kemurnian biodiesel yang lebih tinggi. Hal ini terbukti dengan perbandingan hasil yang menunjukkan bahwa penggunaan CSTR dan Separator *reactive distillation*. CSTR memiliki kelebihan yaitu operasi secara kontinyu, pengontrolan temperatur yang mudah dan biaya operasi relatif murah. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan CSTR sebagai tempat terjadinya reaksi dan pemisahan pada Separator lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan *reactive distillation* karena dapat menghasilkan biodiesel dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi, melebihi standar kemurnian minimal yang ditetapkan serta pemanfaat

kembali energi yang terbuang yang dihasilkan pada CSTR untuk digunakan pada *heat exchanger* sehingga penggunaan energi menjadi lebih efisien. Dengan demikian penggunaan CSTR dan Separator dalam produksi biodiesel dapat memberikan manfaat ganda yaitu penghematan energi dan meningkatkan kualitas produk. Hal ini sejalan dengan upaya dalam proses produksi biodiesel yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

4. Kesimpulan dan Saran

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan simulasi atau pemodelan produksi biodiesel menggunakan HYSYS dengan menggunakan CSTR dan Separator pengganti *reactive distillation*. Penggunaan CSTR dan Separator dalam produksi biodiesel dapat memberikan manfaat yaitu penghematan energi dimana energi yang keluar dari CSTR sebesar 307,6°C dapat digunakan kembali pada *heat exchanger* sebesar 192°C sehingga tidak ada energi yang terbuang sia-sia sehingga biaya produksi akan menjadi lebih efisien. Pemisahan yang terjadi pada Separator menghasilkan biodiesel dengan tingkat kemurnian sebesar 99,74% lebih tinggi dibandingkan dengan metode *reactive distillation* yang hanya menghasilkan kemurnian biodiesel sebesar 98%.

Diperlukan analisis lebih lanjut terkait proses produksi biodiesel seperti mencoba menggunakan bahan baku lain, penggunaan metode lain untuk menentukan parameter dan mekanisme proses produksi biodiesel. Pengembangan industri biodiesel diperlukan pertimbangan termasuk pada hal lain seperti, insentif bagi industri, pemasaran, dll. Produksi biodiesel menggunakan aplikasi hysys memberikan kontribusi yang signifikan namun perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait penggunaan bahan baku alternative dan optimasi proses produksi.

5. Daftar Pustaka

- Arita, S., Rifqi, M., Nugoroho, T., Agustina, T. E., & Hadiah, F. (2020). Pembuatan Biodiesel dari Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Variasi Katalis Asam Sulfat pada Proses Esterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(1), 1–11.
- Aryoga, R., Mirzayanti, Y. W., & Maisarah, S. (2020). Studi Desain Reaktor In-Situ Transesterifikasi untuk Proses dan Produksi Teknologi Biodiesel dari

Microalgae *Chlorella* sp. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VIII*, 331–338.

- Azhari, A., Mulyawan, R., ZA, N., Hakim, L., & Lubis, N. A. (2023). Pembuatan Biodiesel Dari Campuran Minyak Jarak Keyar (*Ricinus Communis*) Dengan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Cao Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(1), 122. <https://doi.org/10.29103/jtku.v12i1.11797>
- Bayuaji, R., Biyanto, T. R., & Irawan, S. (2015). Design of cement plant waste heat recovery generation. *2015 Australasian Universities Power Engineering Conference: Challenges for Future Grids, AUPEC 2015, October 2016*. <https://doi.org/10.1109/AUPEC.2015.7324816>
- Dimawarnita, F., Arfiana, A. N., Mursidah, S., Maghfiroh, S. R., & Suryadarma, P. (2021). Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Nabati Menggunakan Aspen Hysys. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(1), 98–109. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.1.98>
- Giwa, A. W., Giwa, S. O., & Olugbade, E. A. (2018). Application of Aspen HYSYS process simulator in green energy revolution: A case study of biodiesel production. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(2), 569–581.
- Hindryawati, N., Maniam, G. P., Karim, M. R., & Chong, K. F. (2014). Transesterification of used cooking oil over alkali metal (Li, Na, K) supported rice husk silica as potential solid base catalyst. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 17(2), 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2014.04.002>
- Karacan, S., & Karacan, F. (2015). Steady-state optimization for biodiesel production in a reactive distillation column. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(5), 1207–1215. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-0964-3>
- Kusmiyati, K. (2008). Reaksi Katalitis Esterifikasi Asam Oleat Dan Metanol Menjadi Biodiesel Dengan Metode Distilasi Reaktif. *Reaktor*, 12(2), 78. <https://doi.org/10.14710/reaktor.12.2.78-82>
- O., R. (2011). Improving the Cold Flow Properties of Biodiesel by Fractionation. *Soybean - Applications and Technology*, 975(2). <https://doi.org/10.5772/14624>
- Rossa, Y., S, G. R., & Musadi, M. R. (n.d.). *Simulasi Menggunakan Aspen Hysys Untuk Pembuatan Biodiesel Dari Asam Palmitat Melalui Reactive Distillation*. 5–11.
- Soputra, A., Siregar, P. I., & Ekawati, E. (2015). Perancangan Sistem Simulasi

HYSYS & Integrasi dengan Programmable Logic Controller-Human Machine Interface: Studi Kasus pada Plant Kolom Distilasi Etanol-Air. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.5614/joki.2014.6.1.1>

Susanti, T., Mas'udah, M., & Santosa, S. (2023). Studi Penggunaan Katalis Cao-Naoh Pada Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(2), 294–300. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i2.361>