

**Makalah Pendek Penelitian**

Dikelola oleh Program Studi Sarjana Teknik Kimia – Institut Teknologi Bandung
Kode naskah: C2.2021.K.11/13018019/13018032

07**2022****Studi Kinetik dan Simulasi Konseptual Reaktor Produksi Bioavtur****I.G.B.N. Makertiharta*, Haryo Pandu Winoto, Hanif Muhammad D.U., Prama Pradipta A.**

Program Studi Sarjana Teknik Kimia - Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10, Bandung 40132, Telp 022-2500989

Abstrak

Produksi bioavtur dapat dilakukan dengan proses konversi minyak nabati menjadi alkana melalui reaksi hidroleoksidasi (HDO). Minyak inti kelapa sawit (PKO) berpotensi menjadi umpan karena memiliki kandungan utama asam laurat dengan panjang rantai karbon yang sesuai dengan avtur ($C_9 - C_{15}$). Kinerja proses HDO, seperti konversi dan selektivitas, dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti temperatur, waktu tinggal, dll. Oleh karena itu, simulasi reaktor HDO asam laurat dapat membantu optimasi reaksi HDO.

Permodelan reaktor dibangun berdasarkan data kinetika yang didapat dari referensi HDO asam laurat menggunakan $NiMo/Al_2O_3$. Hasil permodelan kemudian disimulasikan pada beberapa variasi konsentrasi asam laurat umpan, temperatur umpan, dan kecepatan ruang menggunakan *software* Python untuk menentukan kondisi operasi yang menghasilkan konversi asam laurat dan selektivitas HDO optimal tanpa melebihi batasan temperatur desain, yaitu 400 °C.

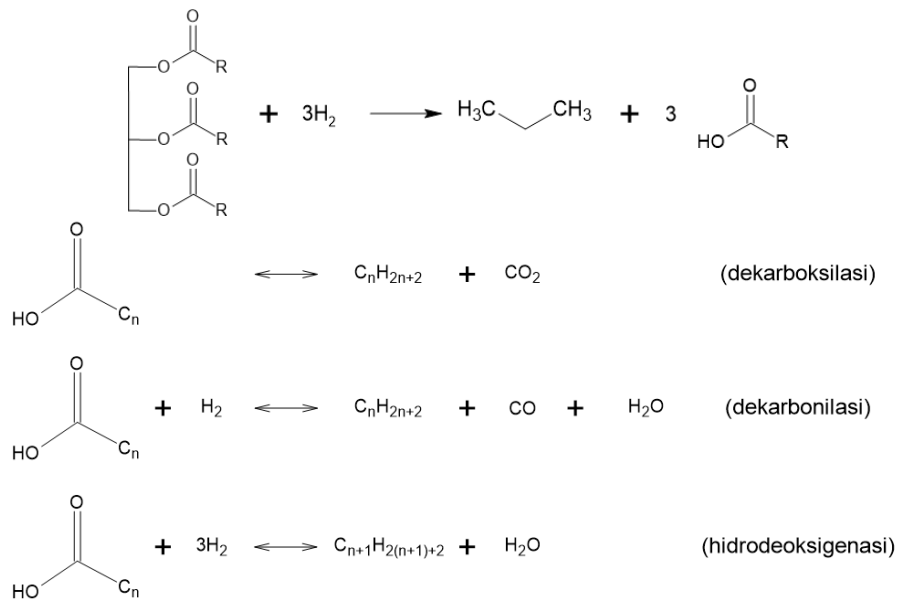
Berdasarkan simulasi yang dilakukan, ditemukan peningkatan konsentrasi asam laurat umpan menyebabkan peningkatan total produk dodekana namun konsentrasi asam laurat umpan sebanyak 30%-massa merupakan batas konsentrasi tertinggi agar temperatur reaktor tidak melebihi batas desain. Ditemukan kondisi operasi dengan temperatur umpan 300 °C dan LHSV 1 jam⁻¹ menghasilkan perolehan produk dodekana per jam yang paling tinggi.

Kata kunci: Asam laurat, dodekana, hidroleoksidasi, $NiMo/Al_2O_3$, permodelan, undekana

1. Pendahuluan

Proses hidroleoksidasi dimulai dengan pemotongan ikatan C – O pada trigliserida yang akan membentuk asam lemak. Asam lemak akan mengalami konversi menjadi hidrokarbon alkana rantai lurus melalui tiga jalur reaksi, yaitu jalur hidroleoksidasi (HDO), dekarbonilasi (DCO), dan dekarboksilasi (DCO₂). Proses HDO, DCO, atau DCO₂ akan bergantung dengan katalis yang digunakan. Selektivitas jalur reaksi akan bergantung pada keasaman penyangga katalis yang digunakan. Reaksi umum deoksidasi trigliserida menjadi alkana disajikan dalam Gambar 1.1.

* makertia@che.itb.ac.id



Gambar 1.1. Skema umum reaksi deoksigenasi trigliserida (Sotelo-Boyas dkk., 2012)

Penelitian sebelumnya (Brandão dkk., 2020) mengkaji proses HDO asam laurat menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ yang disulfidasi dalam reaktor *batch*. Kinetika reaksi penting dalam proses perancangan reaktor. Digunakan data konversi dan *yield* proses HDO asam laurat pada berbagai temperatur dan waktu reaksi untuk mendapatkan nilai parameter kinetika reaksi. Parameter kinetika reaksi digunakan untuk mensimulasikan reaktor kontinu pipa ideal adiabatik (*Adiabatic PFR*). Kinerja dari proses HDO akan bergantung pada kondisi operasi seperti konsentrasi umpan, temperatur, dan waktu tinggal. Sehingga, diperlukan simulasi reaktor proses HDO asam laurat menjadi n-dodekana menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ untuk mengetahui kondisi operasi yang akan menghasilkan hidrokarbon alifatik rentang avtur terbaik dan menjaga agar temperatur reaktor tidak melebihi batas desain reaktor *hydrotreating* lainnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat model proses dan menentukan konfigurasi parameter operasi pada reaksi HDO dari asam laurat menjadi bioavtur secara kontinu pada reaktor pipa adiabatik ideal. Sasaran penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat model matematika simulasi proses HDO asam laurat yang dilakukan dalam reaktor pipa adiabatik ideal dengan menggunakan *software* python.
2. Mengevaluasi fraksi massa asam laurat umpan maksimum agar temperatur reaktor tidak melebihi batas desain reaktor *hydrotreating* tipikal.
3. Mengevaluasi kondisi operasi untuk mencapai konversi dan selektivitas HDO optimal.

2. Metodologi

2.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini terbagi atas tahapan studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data dan permodelan, serta simulasi. Permodelan reaktor diawali dengan instalasi *software* python pada laptop/PC. Selanjutnya dilakukan studi literatur mengenai produksi bioavtur, mekanisme dan kinetika reaksi HDO. Setelah semua data literatur dikumpulkan, model reaksi HDO dibuat berdasarkan literatur yang ada. Jika pada literatur terdapat mekanisme dan data kinetika maka data tersebut dapat langsung dipakai untuk simulasi. Jika pada literatur hanya terdapat hasil reaksi seperti konversi, konsentrasi awal dan akhir, selektivitas ataupun *yield*, maka data tersebut diolah terlebih dahulu untuk memperoleh data kinetik berupa konstanta laju reaksi dan/atau energi aktivasi serta konstanta Arrhenius yang akan digunakan dalam pembuatan program. Program diuji dengan kesesuaian terhadap hasil data kinetik yang diperoleh. Jika belum sesuai, maka program diedit dan disusun ulang. Jika sudah sesuai maka dapat dilanjutkan dengan melakukan simulasi dan mengubah variabel bebas sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan pengecekan hasil simulasi untuk memastikan apakah terdapat hasil yang tidak sesuai dengan teori, jika sudah sesuai maka tahapan penelitian sudah selesai.

2.2. Dasar Permodelan

Proses deoksigenasi asam laurat melibatkan reaksi paralel yang melibatkan proses hidrideoksigenasi, dekarboksilasi dan dekarbonilasi serta senyawa asam laurat, undekana, dodekana, hidrogen, karbondioksida, dan air. Simulasi ini didasarkan pada data perolehan reaksi HDO asam laurat menjadi alkana C11 dan C12 menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ (4,5%-berat Ni 19,3%-berat Mo) pada kondisi operasi temperatur 280-340 °C, tekanan H₂ 30 bar, rasio H₂/umpan = 300-v/v, dan waktu reaksi 1-6 jam. Data mentah berupa indeks keasaman pada berbagai kondisi operasi disajikan pada Tabel 2.1. Data mentah berupa yield undekana, dodekana dan produk *cracking* disajikan pada Tabel 2.2.

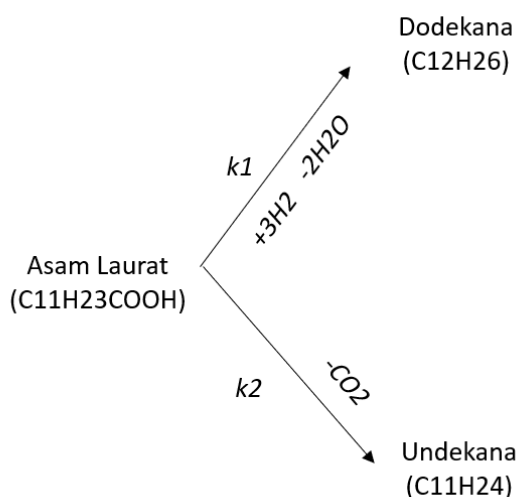
Tabel 2.1. Data indeks keasaman pada berbagai kondisi operasi (Brandão dkk., 2020)

No	Perlakuan	Indeks Keasaman
1	Asam Laurat	280,8
2	400 °C, 1 jam	0,3
3	340 °C, 1 jam	17,8
4	340 °C, 3 jam	0,3
5	280 °C, 3 jam	19,0
6	280 °C, 6 jam	0,3

Tabel 2.2. Data yield undekana, dodekana dan produk *cracking* pada berbagai kondisi operasi (Brandão dkk., 2020)

No	Perlakuan	Yield C12 (%)	Yield C11 (%)	Yield <C11 (%)
1	400 °C, 1 jam	26,9	53,6	17,8
2	340 °C, 3 jam	35,2	61,5	2,4
3	280 °C, 6 jam	41,8	54,4	2,7

Karena data produk hasil DCO dan DCO₂ tidak diberikan pada sumber jurnal yang digunakan, maka diasumsikan mekanisme reaksi HDO asam laurat hanya terdiri atas reaksi HDO dan reaksi DCO₂. Selain itu, pada hasil distribusi produk dengan FTIR hanya menunjukkan senyawa alkana, maka diasumsikan mekanisme yang terjadi konversi asam laurat langsung ke dodekana melalui rute HDO dan ke undekana melalui rute DCO₂, dengan tidak memperhitungkan senyawa intermediat yang mungkin terbentuk seperti *fatty alcohol*, *fatty ester* dan lain lain. Selain itu, produk *cracking* yang dihasilkan pada temperatur 280 – 340 C tidak signifikan jumlahnya, sehingga dalam memodelkan mekanisme reaksi tidak meninjau terbentuknya produk *cracking*. Mekanisme reaksi HDO asam laurat tertera pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Model mekanisme reaksi HDO asam laurat

2.3. Pengolahan Data Kinetika

Pengolahan data dimulai dengan mencari orde reaksi. Dalam menentukan orde reaksi, diasumsikan gas hidrogen tidak berpengaruh terhadap laju reaksi. Penentuan orde reaksi dapat dilakukan dengan cara tabulasi konstanta

laju reaksi pada berbagai orde reaksi. Orde reaksi didapat ketika nilai konstanta laju reaksi antara data pada temperatur yang sama memiliki nilai yang hampir sama. Orde laju reaksi diperkirakan tidak akan jauh dari 1 sesuai dengan mekanisme dan kinetika HDO asam lemak/TG yang sudah ada. Setelah itu, nilai konstanta laju reaksi rata-rata dapat dihitung. Selanjutnya, nilai energi aktivasi dan konstanta Arrhenius dihitung dengan cara mengkalikan nilai $\ln(k)$ terhadap $1/T$, lalu diregresikan secara linear sehingga diperoleh Persamaan 2.1

$$\ln(k) = m \cdot \frac{1}{T} + c \quad (2.1)$$

Lalu nilai energi aktivasi dan konstanta Arrhenius dapat dihitung dengan Persamaan 2.2 dan 2.3.

$$E_a = -m \times R \quad (2.2)$$

$$A = \exp(c) \quad (2.3)$$

Setelah semua data yang diperlukan terkumpul, data tersebut kemudian digunakan untuk melakukan simulasi reaktor HDO pada program Python berdasarkan persamaan neraca massa dan energi reaktor seperti pada Persamaan 2.4 dan 2.5.

$$u \left(\frac{TP_0}{T_0 P} \right) \frac{dC_i}{dz} = k_i \cdot C_i \quad (2.4)$$

$$\rho C_p u \left(\frac{TP_0}{T_0 P} \right) \frac{dT}{dz} = \sum (-\Delta H_{r_i}) |r_i| \quad (2.5)$$

2.4. Variasi Percobaan

Dalam simulasi yang dilakukan terdapat 3 jenis variabel, yaitu variabel kontrol, variabel bebas dan variabel terikat. Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat tetap selama proses simulasi. Variabel kontrol berguna untuk mendapatkan hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang dibuat berbeda untuk setiap percobaan. Variabel terikat adalah variabel yang nilainya berubah jika nilai variabel bebas diubah. Variabel kontrol pada simulasi reaksi HDO disajikan pada Tabel 3.3

Tabel 2.3. Variabel kontrol pada simulasi reaksi HDO di PFR

Variabel	Keterangan
Katalis	NiMo/Al ₂ O ₃ disulfidasi, Ni = 4,5%-berat, Mo = 19,3%-berat
Dimensi reaktor	Panjang 3 m, Volume 6 m ³ , Diameter 1,6 m
Tekanan	30 bar
Perbandingan H ₂ /umpan asam laurat	300 v/v (Nm ³ H ₂ /m ³ asam laurat)

Variabel terikat yang ditinjau pada simulasi reaksi HDO pada PFR adalah selektivitas, konversi, dan temperatur. Konversi adalah seberapa besar asam laurat bereaksi selama proses HDO yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6. Selektivitas adalah seberapa besar produk yang diinginkan dihasilkan dari reaksi terhadap total mol produk yang dihasilkan dari reaksi tersebut yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7.

$$X_{LA} = \frac{C_{LA \text{ umpan}} - C_{LA \text{ produk}}}{C_{LA \text{ umpan}}} \times 100\% \quad (2.6)$$

$$S_{HDO} = \frac{C_{DD}}{C_{LA \text{ umpan}} - C_{LA \text{ produk}}} \times 100\% \quad (2.7)$$

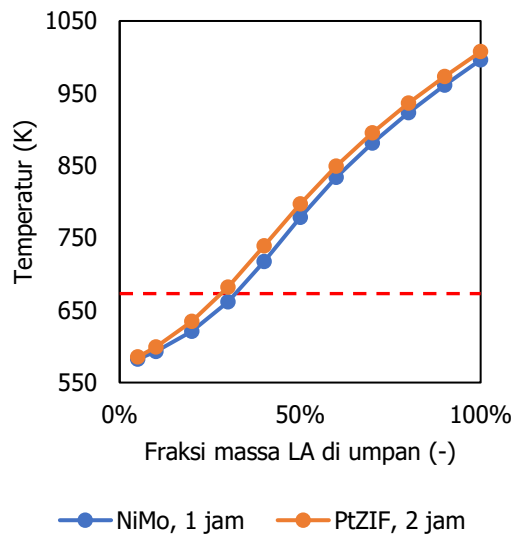
Variabel bebas yang digunakan pada simulasi reaksi HDO adalah :

1. Fraksi massa umpan asam laurat (5%-wt dan 10 – 100%-wt, dengan interval 10%-wt)
2. Temperatur umpan masuk reaktor (280 – 340 °C, dengan interval 10 °C)
3. LHSV (1/6, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 5/6 dan 1 jam⁻¹)

3. Hasil dan Pembahasan

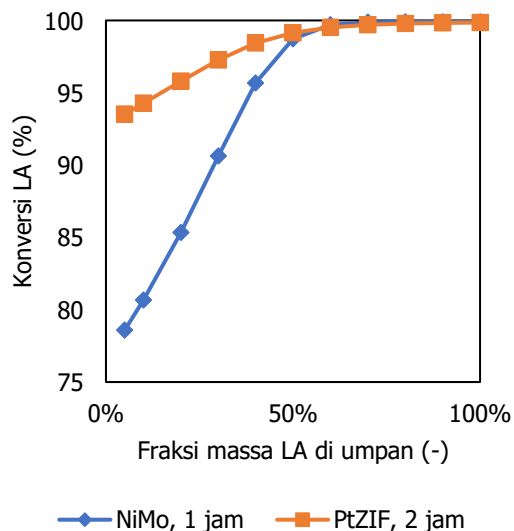
3.1. Pengaruh Fraksi Massa Asam Laurat dalam Umpan

Pengaruh fraksi massa LA dalam umpan terhadap reaksi HDO dilakukan pada kondisi operasi LHSV 1 jam^{-1} dan temperatur umpan 573 K. Hasil analisis pengaruh fraksi massa LA terhadap temperatur reaksi disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Profil temperatur di sepanjang reaktor pada berbagai variasi fraksi massa LA umpan pada temperatur umpan 300°C dan LHSV 1 jam^{-1}

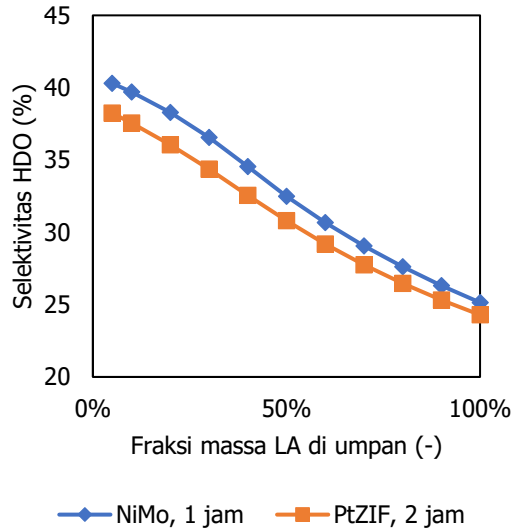
Dari Gambar 3.1, dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya fraksi massa LA dalam umpan, semakin besar pula kenaikan temperatur di sepanjang reaktor. Temperatur reaktor mencapai 996 K pada umpan reaktor berupa LA murni. Temperatur reaksi bisa sangat tinggi karena reaksi HDO asam laurat merupakan reaksi yang bersifat sangat eksotermik sehingga konsentrasi LA umpan yang tinggi akan menyebabkan peningkatan temperatur yang tinggi juga. Berdasarkan simulasi, umpan dengan fraksi massa LA sebesar 30% merupakan konsentrasi LA umpan maksimum yang diperbolehkan menggunakan NiMo/ Al_2O_3 agar tidak melebihi batas desain temperatur reaktor *hydrotreating*, yaitu 400°C atau 673 K di Pertamina RU IV Cilacap. Proses HDO menggunakan Pt/ZIF menghasilkan temperatur reaktor yang lebih tinggi sehingga batas konsentrasi LA umpan maksimum bernilai lebih rendah, yaitu sebesar 25%-berat LA. Pengaruh fraksi massa LA umpan terhadap konversi umpan disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Profil konversi LA pada berbagai variasi fraksi massa LA umpan pada temperatur umpan 300°C dan LHSV 1 jam^{-1}

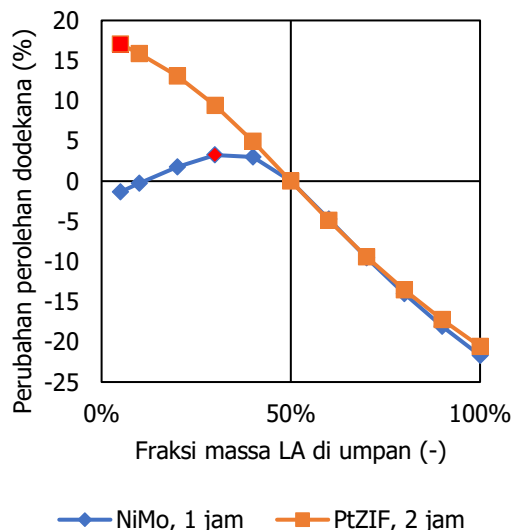
Dari Gambar 3.2, dapat dilihat bahwa peningkatan fraksi massa LA umpan akan diikuti dengan meningkatnya konversi akhir reaksi. Secara keseluruhan, konversi LA menggunakan Pt/ZIF lebih tinggi daripada NiMo/ Al_2O_3

namun hal ini bisa saja terjadi karena perbedaan waktu tinggal pada kedua operasi katalis. Peningkatan konsentrasi LA umpan akan mengakibatkan peningkatan laju reaksi (reaksi berorde satu). Peningkatan laju reaksi akan meningkatkan panas hasil reaksi sehingga temperatur akan meningkat. Peningkatan temperatur dan konsentrasi LA umpan secara bersamaan akan meningkatkan laju reaksi sehingga konversi akhir reaksi meningkat. Selanjutnya, disajikan pengaruh fraksi massa LA umpan terhadap selektivitas HDO disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Profil selektivitas HDO pada berbagai variasi fraksi massa LA umpan pada temperatur umpan 300 °C dan LHSV 1 jam⁻¹

Dari Gambar 3.3, dapat dilihat bahwa peningkatan fraksi massa LA umpan akan diikuti dengan menurunnya selektivitas HDO. Tren yang sama juga terjadi pada penggunaan katalis Pt/ZIF. Hal ini menunjukkan pada kondisi operasi yang dipilih, nilai konstanta laju reaksi DCO lebih besar daripada HDO sehingga dengan meningkatnya konsentrasi LA umpan, selektivitas HDO akan semakin menurun. Secara keseluruhan, selektivitas HDO menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ relatif lebih tinggi dibanding menggunakan katalis Pt/ZIF. Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas perubahan fraksi massa LA umpan terhadap perolehan dodekana, seperti yang disajikan pada Gambar 3.4.



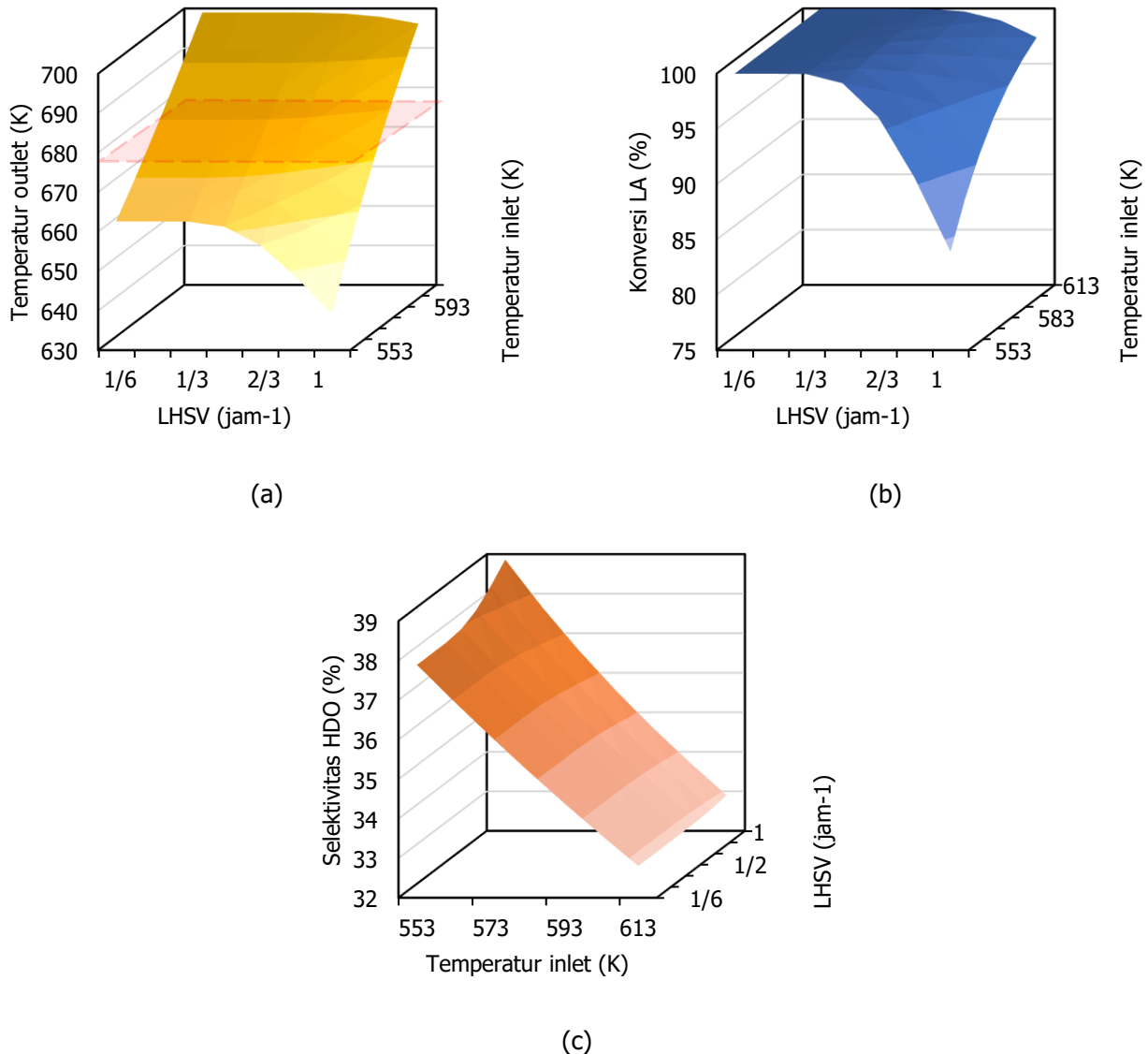
Gambar 3.4. Kurva sensitivitas total perolehan dodekana terhadap fraksi massa LA umpan pada temperatur umpan 300 °C LHSV 1 jam⁻¹

Dari Gambar 3.4, konsentrasi umpan yang menghasilkan perolehan dodekana terbesar adalah umpan dengan fraksi massa LA sebesar 30% ketika menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ dan 5% ketika menggunakan katalis Pt/ZIF. Fraksi massa LA umpan sebesar 30% sekaligus menjadi batas konsentrasi LA maksimum yang dapat diumpankan

tanpa melebihi batas temperatur desain reaktor ketika menggunakan katalis $\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Meskipun 5%-wt LA menghasilkan perolehan dodekana terbaik untuk katalis Pt/ZIF , perbedaannya hanya 6% lebih tinggi dibanding perolehan 25%-wt LA (batas LA umpan maksimum). Sehingga, total produk dodekana yang didapat ketika mengumpankan 25%-wt LA akan lebih tinggi dibanding 5%-wt LA walaupun perolehannya lebih tinggi.

3.2. Pengaruh Temperatur Umpan dan Kecepatan Ruang

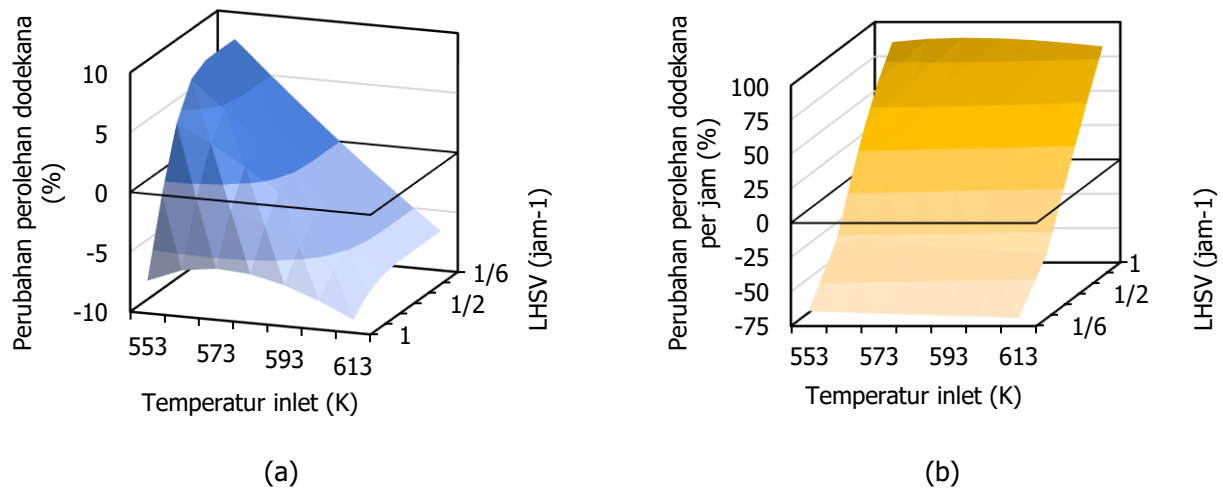
Berikutnya akan dievaluasi pengaruh temperatur umpan terhadap temperatur reaktor, konversi LA, dan selektivitas HDO menggunakan $\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ dan umpan 30%-wt. Hasil evaluasi disajikan pada Gambar 3.5 dan 3.6.



Gambar 3.5. Pengaruh variasi temperatur umpan dan LHSV terhadap (a) temperatur reaktor, (b) konversi LA, dan (c) selektivitas HDO pada fraksi massa LA umpan 30%

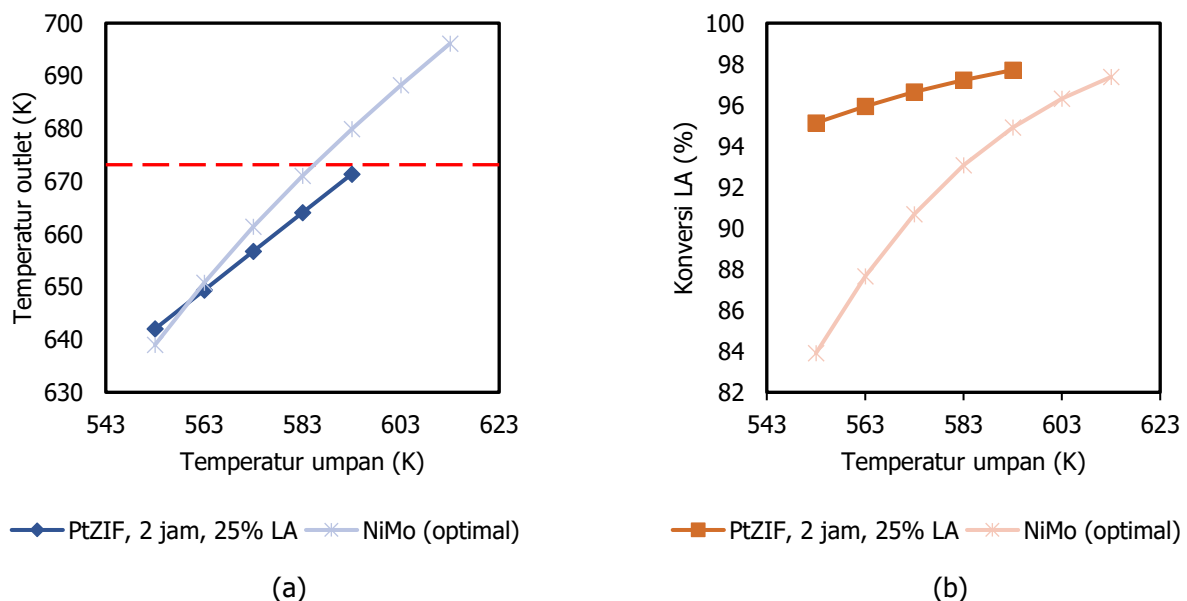
Dari Gambar 3.5 (a), dapat dilihat bahwa pada kondisi fraksi massa LA umpan yang sama, peningkatan LHSV diikuti dengan penurunan temperatur reaktor. Hal ini dihubungkan dengan hasil di Gambar 3.5 (b) yang menunjukkan peningkatan LHSV diikuti dengan penurunan konversi LA sehingga panas reaksi yang dihasilkan semakin rendah dan temperatur reaktor pun juga ikut menurun. Peningkatan temperatur umpan lebih berdampak terhadap peningkatan temperatur reaktor daripada penurunan LHSV. Temperatur umpan yang lebih tinggi mengakibatkan temperatur di reaktor yang meningkat sehingga konstanta laju reaksi pun juga ikut meningkat. Peningkatan konstanta laju reaksi akan mengakibatkan peningkatan konversi LA. Sebaliknya, penurunan LHSV mengakibatkan peningkatan konversi LA karena LHSV yang lebih rendah berarti waktu tinggal reaksi yang lebih

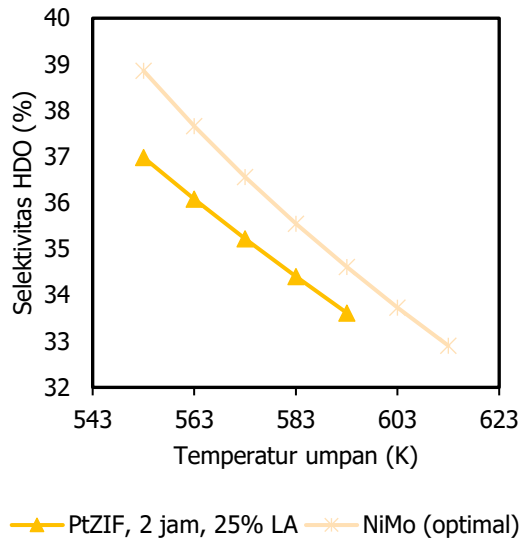
tinggi. Karena reaksi yang terjadi merupakan reaksi non-kesetimbangan, maka waktu tinggal yang lebih lama akan berakhir dengan konversi LA yang lebih tinggi. Untuk pengaruhnya terhadap selektivitas HDO, dapat merujuk kepada Gambar 3.5 (c) yang menunjukkan bahwa peningkatan LHSV diikuti dengan peningkatan selektivitas HDO. Peningkatan temperatur akan diikuti dengan menurunnya selektivitas HDO. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur reaksi yang tinggi lebih memilih jalur reaksi DCO_2 yang menghasilkan undekana, bukan jalur reaksi HDO yang menghasilkan dodekana. Tren yang dihasilkan oleh simulasi ini sesuai dengan hasil eksperimen oleh Itthibenchapong (2017) yang juga menunjukkan peningkatan temperatur akan diikuti oleh peningkatan konversi LA dan penurunan selektivitas HDO. Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas perubahan temperatur umpan dan LHSV terhadap perolehan dodekana untuk menemukan kondisi operasi yang optimal, seperti yang disajikan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Pengaruh variasi temperatur umpan dan LHSV terhadap (a) total perolehan dodekana dan (b) total perolehan dodekana per jam pada fraksi massa LA 30%

Analisis sensitivitas pada Gambar 3.6 dilakukan menggunakan kondisi operasi temperatur umpan 310 °C dan LHSV 1/2 jam⁻¹ sebagai *baseline* perolehan dodekananya. Gambar 3.6 (a) menunjukkan nilai perolehan dodekana minimum didapat pada temperatur umpan 340 °C dan LHSV 1 jam⁻¹ sedangkan perolehan maksimum didapat pada temperatur umpan 280°C dan LHSV 1/6 jam⁻¹. Namun, nilai ini hanya menunjukkan perolehan akhir reaksi, tidak memperhitungkan total perolehan dodekana per satuan waktu. Sehingga, analisis sensitivitas pada Gambar 3.6 (b) dilakukan mengingat nilai LHSV tiap kondisi operasi. Nilai perolehan dodekana per jam maksimum didapat pada kondisi operasi temperatur umpan 300 °C dan LHSV 1 jam⁻¹. Selanjutnya, dilakukan perbandingan performa HDO menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ dengan katalis lain seperti PT/ZIF. Variasi yang dilakukan adalah variasi temperatur umpan. Perbandingan perubahan variasi kondisi operasi terhadap variabel terikat disajikan pada Gambar 3.7.

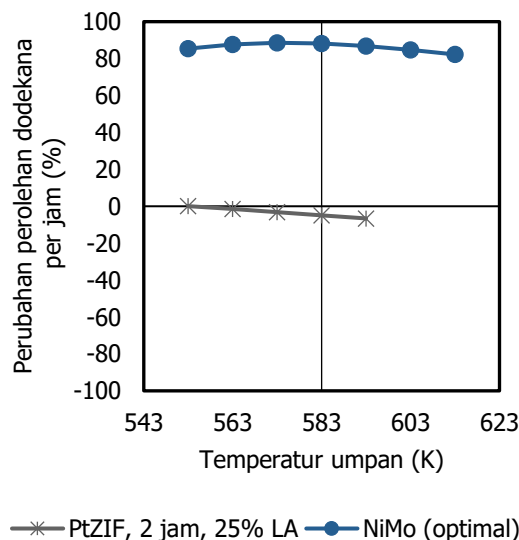




(c)

Gambar 3.7. Pengaruh variasi temperatur umpan terhadap (a) temperatur reaktor, (b) konversi LA, dan (c) selektivitas HDO

Profil temperatur, konversi LA, dan selektivitas HDO menggunakan katalis Pt/ZIF mengikuti tren yang serupa dengan katalis NiMo/ Al_2O_3 . Seperti pada analisis pengaruh fraksi massa LA umpan, konversi LA menggunakan katalis Pt/ZIF secara keseluruhan lebih tinggi dibanding menggunakan katalis NiMo/ Al_2O_3 , terutama pada temperatur umpan yang lebih rendah. Namun, selektivitas HDO menggunakan katalis NiMo/ Al_2O_3 secara keseluruhan relative lebih tinggi dibanding menggunakan katalis Pt/ZIF. Sehingga, perlu dilakukan analisis perolehan dodekana antara kedua katalis untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap mengenai performa kedua katalis ini. Analisis perolehan dodekana akan dilakukan dengan performa HDO menggunakan katalis NiMo/ Al_2O_3 , 30%-wt LA, temperatur umpan 310 °C, dan LHSV 0,5 jam^{-1} sebagai *baseline*. Kemudian, performa HDO menggunakan katalis NiMo/ Al_2O_3 pada kondisi optimalnya akan dibandingkan dengan performa katalis Pt/ZIF pada LHSV 0,5 jam^{-1} . Perbandingan performa HDO antara kedua katalis disajikan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Pengaruh variasi temperatur umpan terhadap total perolehan dodekana per jam dan perbandingannya dengan performa NiMo/ Al_2O_3 optimal

Berdasarkan Gambar 3.8, perolehan dodekana per jam terbesar menggunakan Pt/ZIF didapat pada temperatur umpan 280 °C. Namun, perolehan dodekana per jam menggunakan katalis NiMo/ Al_2O_3 pada kondisi optimal masih jauh lebih tinggi dibanding katalis Pt/ZIF, yaitu ~86% lebih tinggi. Sehingga, katalis NiMo/ Al_2O_3 dinilai memiliki performa yang lebih baik untuk menjalankan reaksi HDO.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Reaktor PFR adiabatik untuk menjalankan reaksi HDO asam laurat berhasil disimulasikan menggunakan *software* Python.
2. Fraksi massa asam laurat maksimal yang dapat diumpankan ke dalam reaktor adalah 30% untuk katalis NiMo/Al₂O₃ dan 25% untuk katalis Pt/ZIF sebelum temperatur reaktor melebihi batas desain sekaligus menghasilkan perolehan dodekana terbesar pada temperatur umpan 300 °C dan LHSV 1 jam⁻¹.
3. Kondisi operasi yang menghasilkan reaksi HDO dengan konversi dan selektivitas yang optimal adalah pada temperatur umpan 300 °C dan LHSV 1 jam⁻¹ menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃.

Saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Model reaksi dalam simulasi dapat menggunakan jalur reaksi alternatif yang melibatkan reaksi seri maupun bolak-balik apabila dapat parameter kinetika reaksi tersedia atau dapat diturunkan.
2. Data yang diolah menjadi parameter kinetika reaksi dapat mencakup retang waktu tinggal dan temperatur reaksi yang lebih besar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada Dr. I. G.B. N. Makertiharta dan Dr. Haryo Pandu Winoto selaku dosen pembimbing yang telah membantu dalam diskusi, penyusunan, dan penyelesaian penulisan laporan akhir penelitian.

Simbol

A : konstanta Arrhenius (s⁻¹)
 C : konsentrasi (mol/L)
 E_a : energi aktivasi (J/mol)
 k : konstanta kesetimbangan (h⁻¹)
 p : tekanan parsial (Pa)
 R : tetapan gas ideal (J/mol K)
 S : selektivitas (%)
 T : temperatur (K)
 X : konversi (%)
Subskrip
LA : asam laurat
HDO: hidrodeoksigenasi

Referensi

- Brandão, R. D.; Júnior, A. M. D. F.; Oliveira, S. C.; Suarez, P. A. Z.; Prauchner, M. J. (2020) "The conversion of coconut oil into hydrocarbons within the chain length range of jet fuel".
- Itthibenchapong, V., Srifa, A., Kaewmeesri, R., Kidkhunthod, P., dan Faungnawakij, K. (2017) "Deoxygenation of palm kernel oil to jet fuel-like hydrocarbons using Ni-MoS₂/γ-Al₂O₃ catalysts", *Energy Conversion and Management*, **134**, 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.12.034>
- Sotelo-Boyas, R.; Trejo-Zarraga, F.; Jesus Hernandez-Loyo, F. (2012) "Hydroconversion of Triglycerides into Green Liquid Fuels", *Hydrogenation*. <https://doi.org/10.5772/48710>