

BAB V

KESIMPULAN

V.1. Kesimpulan

1. Model inovasi untuk meminimalisir penggunaan alat proses dengan cara penggunaan reaksi simultan (penggunaan reaktor katalitik, dan penggunaan katalis bifungsional) secara teori dapat diaplikasikan. Disamping itu produk MTHF memiliki kemurnian yang cukup tinggi yaitu 95% dan dapat menggantikan bahan bakar bensin dengan kualitas oktan yang setara sehingga mengatasi krisis energi pada masa yang akan datang.
2. Inovasi ini juga telah tervalidasi oleh program ASPEN PLUS V10.0 digunakan untuk membandingkan hasil simulasi proses aktual industri (setiap alat pada ASPEN PLUS V10.0 di desain seminimal mungkin mendekati proses yang terjadi di Industri dengan metode NRTL sehingga proses terjadi dengan dasar senyawa non-ideal – ditunjukkan pada gambar 9 dengan proses yang dibuat berdasarkan prinsip kerja alat yang ditunjukkan pada bagian *flowsheet*. Hasil menunjukkan bahwa proses yang dibuat berdasarkan prinsip kerja alat dan teori memiliki beberapa perbedaan dengan proses simulasi ASPEN PLUS V10.0 aktual industri sebagaimana dijelaskan sebagai berikut :
 - A. Untuk alat proses penekanan gas hidrogen perlu digunakan *multiphase compressor*. Penambahan *multiphase compressor* disertai dengan penambahan *cooling system* yang bertujuan untuk menurunkan kerja yang dibutuhkan kompresor.
 - B. Proses pemisahan pada dekanter tidak dapat dilakukan secara actual, seperti tertera pada simulasi ASPEN PLUS V10.0. Hal ini dikarenakan kandungan air yang jauh lebih tinggi dibandingkan MTHF, di mana menyebabkan kelarutan MTHF di dalam air akan semakin meningkat. Oleh karena itu, dalam simulasi ASPEN, alat dekanter tidak digunakan sebagai alat pemisahan.
 - C. Karena tidak adanya dekanter pada simulasi ASPEN, maka proses pemisahan distilasi I digunakan untuk memisahkan komponen air-MTHF sebagai fasa distilat dan komponen 1,4-pentenediol dan GVL sebagai fasa bagian bawah.

Proses distilasi III yang tertera pada simulasi teoritis tidak dapat dilakukan dalam simulasi ASPEN karena tidak efisien dan membutuhkan jumlah *plate* yang sangat banyak untuk

memisahkan komponen 1,4 – Pentanediol (fasa distilat) dan GVL (fasa *bottom*). Hal ini disebabkan oleh perbedaan titik didih yang sangat kecil, sehingga pada simulasi ASPEN, fasa organik yang berisi 1,4-Pentanediol dan GVL dialirkan sebagai *waste stream* atau dapat dijadikan sebagai produk samping dengan konsentrasi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Ullah, L. Dong, A. Bano, Q. Peng, and J. Huang, "Current advances in catalysis toward sustainable biodiesel production," *J. Energy Inst.*, vol. 89, no. 2, pp. 282–292, May 2016, doi: 10.1016/j.joei.2015.01.018.
- [2] T. Mizugaki, K. Togo, Z. Maeno, T. Mitsudome, K. Jitsukawa, and K. Kaneda, "One-Pot Transformation of Levulinic Acid to 2-Methyltetrahydrofuran Catalyzed by Pt-Mo/H- β in Water," *ACS Sustain. Chem. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 682–685, Mar. 2016, doi: 10.1021/acssuschemeng.6b00181.
- [3] J. Cui, J. Tan, Y. Zhu, and F. Cheng, "Aqueous Hydrogenation of Levulinic Acid to 1,4-Pentanediol over Mo-Modified Ru/Activated Carbon Catalyst," *ChemSusChem*, vol. 11, no. 8, pp. 1316–1320, Apr. 2018, doi: 10.1002/cssc.201800038.
- [4] K. Kon, W. Onodera, and K. I. Shimizu, "Selective hydrogenation of levulinic acid to valeric acid and valeric biofuels by a Pt/HMFI catalyst," *Catal. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 9, pp. 3227–3234, Aug. 2014, doi: 10.1039/c4cy00504j.
- [5] Y. W. Tiong, C. L. Yap, S. Gan, and W. S. P. Yap, "Conversion of Biomass and Its Derivatives to Levulinic Acid and Levulinate Esters via Ionic Liquids," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 57, no. 14, pp. 4749–4766, Apr. 2018, doi: 10.1021/acs.iecr.8b00273.
- [6] Z. Liu *et al.*, "Co-catalyzed Hydrogenation of Levulinic Acid to γ -Valerolactone under Atmospheric Pressure," *ACS Sustain. Chem. Eng.*, vol. 7, no. 22, pp. 18236–18241, Nov. 2019, doi: 10.1021/acssuschemeng.9b04803.
- [7] D. Wei, C. Netkaew, and C. Darcel, "Iron-Catalysed Switchable Synthesis of Pyrrolidines vs Pyrrolidinones by Reductive Amination of Levulinic Acid Derivatives via Hydrosilylation," *Adv. Synth. Catal.*, vol. 361, no. 8, pp. 1781–1786, Apr. 2019, doi: 10.1002/adsc.201801656.
- [8] Z. Xie *et al.*, "Highly efficient hydrogenation of levulinic acid into 2-methyltetrahydrofuran over Ni-Cu/Al₂O₃-ZrO₂ bifunctional catalysts," *Green Chem.*, vol. 21, no. 3, pp. 606–613, Feb. 2019, doi: 10.1039/c8gc02914h.
- [9] V. Pace, P. Hoyos, L. Castoldi, P. Domínguez De María, and A. R. Alcántara, "2-Methyltetrahydrofuran (2-MeTHF): A biomass-derived solvent with broad application in organic chemistry," *ChemSusChem*, vol. 5, no. 8, Wiley-VCH Verlag, pp. 1369–1379, Aug. 01, 2012, doi: 10.1002/cssc.201100780.

- [10] A. Malinowski and D. WARDZIŃSKA-Automotive, “Catalytic conversion of furfural towards fuel biocomponents,” 2012.
- [11] G. Novodárszki *et al.*, “Selective hydroconversion of levulinic *acid* to γ -valerolactone or 2-methyltetrahydrofuran over silica-supported cobalt catalysts,” *Catal. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 9, pp. 2291–2304, May 2019, doi: 10.1039/c9cy00168a.
- [12] I. Obregón, I. Gandarias, N. Miletic, A. Ocio, and P. L. Arias, “One-Pot 2-Methyltetrahydrofuran Production from Levulinic *Acid* in Green Solvents Using Ni-Cu/Al₂O₃ Catalysts,” *ChemSusChem*, vol. 8, no. 20, pp. 3483–3488, Oct. 2015, doi: 10.1002/cssc.201500671.
- [13] D. M. Alonso, S. G. Wettstein, and J. A. Dumesic, “Gamma-valerolactone, a sustainable platform molecule derived from lignocellulosic biomass,” *Green Chemistry*, vol. 15, no. 3. Royal Society of Chemistry, pp. 584–595, Feb. 25, 2013, doi: 10.1039/c3gc37065h.
- [14] M. Chalid, “Levulinic *acid* as a renewable source for novel polymers | News articles | University of Groningen.” https://www.rug.nl/news/2012/06/24_chalid?lang=en (accessed Dec. 02, 2020).
- [15] J. Yanowitz, E. Christensen, and R. L. McCormick, “Utilization of Renewable Oxygenates as Gasoline Blending Components,” Golden, CO (United States), Aug. 2011. doi: 10.2172/1024518.