

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
Bab I. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.5 Kegunaan	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	3
2.1 Reaksi dan Kinetika Sintesis GVL	3
2.2 Reaktor Trickle Bed	3
2.3 Pemodelan Reaktor Trickle Bed	4
2.3.1. Neraca Momentum	4
2.3.2. Neraca Massa	5
2.3.3. Neraca Energi	5
2.4 State of the Art Penelitian	6
Bab 3. Metode Penelitian	7
3.1 Tahapan Penelitian	7
3.2 Indikator Capaian	7
3.3 Teknik Pengambilan Data	7
3.4 Analisis dan Pengolahan Data	9
Bab 4. Biaya dan Jadwal Kegiatan	9
4.1 Anggaran Biaya	9
4.2 Jadwal Kegiatan	9
Lampiran	11
Lampiran 1. Biodata Ketua, Anggota, dan Dosen Pendamping	11
Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan	17
Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas	18
Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Tim Pelaksana	19

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Model Kinetika Pembentukan GVL	3
Tabel 2. 2 <i>State of Art</i> Penelitian	6

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konfigurasi reaktor <i>trickle bed</i> : (a) aliran searah ke bawah, (b) aliran berlawanan arah, (c) aliran searah ke atas.....	4
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	7

Bab I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Biomassa merupakan sumber karbon terbarukan yang banyak tersedia di alam. Indonesia memiliki potensi biomassa sebesar 146,7 juta ton per tahun yang dapat dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi bahan kimia dan bahan bakar (Parinduri & Parinduri, 2020). Komposisi biomassa sangat beragam bergantung pada jenis dan asalnya. Berdasarkan kandungannya, terdapat biomassa non-lignoselulosa dan biomassa lignoselulosa. Biomassa non-lignoselulosa memiliki kandungan lemak, protein, pati, zat anorganik dan mineral, misalnya adalah kotoran hewan dan alga. Biomassa lignoselulosa merupakan biomassa yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, contohnya adalah biomassa yang berasal dari tumbuhan (Anukam&Berghel, 2020). Kandungan selulosa pada biomassa lignoselulosa dapat dikonversi menjadi glukosa dan dapat digunakan untuk memproduksi etanol, bahan bakar cair, asam levulinat, dan senyawa turunan asam levulinat seperti Gamma Valerolactone (GVL) (Alonso et al., 2013).

Contoh aplikasi GVL adalah sebagai oksigenat dalam bahan bakar transportasi, sebagai prekursor untuk alkana rantai panjang yang digunakan sebagai bahan bakar hidrokarbon, dan sebagai bahan awal untuk sintesis asam adipat dan turunannya (Piskun et al., 2016). Dalam aplikasinya sebagai aditif pada bahan bakar, studi evaluasi perbandingan antara GVL dan etanol dilakukan dengan campuran 10 v/v% GVL atau etanol dalam 90 v/v% 95-octane gasolin yang menunjukkan sifat yang sangat mirip pada kedua campuran tersebut (Horvath et al., 2007). Aditif ini berfungsi untuk memperkaya kandungan oksigen dalam bahan bakar sehingga dapat meningkatkan kinerja pembakaran dan dapat menurunkan emisi gas buang serta menurunkan volume penggunaan bahan bakar (Alfian et al., 2020). Penurunan volume penggunaan bahan bakar akibat adanya aditif dapat menurunkan impor bensin di Indonesia yang pada tahun 2018 besarnya impor mencapai 16,52 ribu kiloliter (Sekjen DEN, 2019).

Karena aplikasinya yang beragam, beberapa penelitian dilakukan untuk mendapatkan produk GVL yang optimum. Dalam mengoptimasi produksi GVL, kinetika reaksi merupakan hal yang penting untuk mendapatkan kondisi proses yang efisien. Oleh karena itu, terdapat berbagai penelitian untuk mendapatkan parameter kinetika sintesis GVL melalui eksperimen di laboratorium menggunakan model reaktor *batch* atau reaktor alir sumbat. Selain dengan eksperimen, untuk mendapat parameter kinetika reaksi sintesis GVL melalui hidrogenasi asam levulinat juga dapat dilakukan dengan melakukan pemodelan. Manfaat dari dilakukannya pemodelan ini adalah dapat meminimalkan biaya operasi dan dapat mengoptimalkan konversi produk pada suatu reaktor. Selain itu, model reaktor yang diperoleh dapat digunakan untuk perancangan reaktor pada skala industri.

Pemodelan yang telah dilakukan sebagian besar hanya menggunakan model reaktor *batch* dan aliran sumbat yang tidak mempertimbangkan aliran fluida dan jatuh tekan sehingga parameter kinetika yang didapat berbeda dengan nilai sebenarnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan parameter kinetika reaksi pembentukan GVL dari proses hidrogenasi asam levulinat dengan model reaktor unggun diam heterogen aksisimetri 2D yang mempertimbangkan neraca massa, energi, dan momentum. Validasi parameter kinetika dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi model dengan hasil eksperimen yang dilakukan oleh Piskun et al., (2016). Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter proses seperti temperatur, tekanan, kecepatan superfisial, dan laju alir umpan serta parameter geometri seperti ukuran katalis dan ukuran reaktor terhadap kinerja dari reaktor.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana model reaktor unggun diam 2D aksisimetri yang valid untuk hidrogenasi asam levulinat menjadi gamma valerolactone (GVL).
2. Bagaimana kinetika reaksi hidrogenasi asam levulinat menjadi GVL pada katalis Ru/C.
3. Bagaimana pengaruh parameter proses dan parameter geometri terhadap kinerja reaktor.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan model reaktor unggun diam 2D aksisimetri yang valid untuk reaksi hidrogenasi asam levulinat menjadi GVL.
2. Mendapatkan parameter kinetika dari reaksi hidrogenasi asam levulinat menjadi GVL pada katalis Ru/C.
3. Mengetahui pengaruh parameter proses dan parameter geometri terhadap kinerja reaktor.

1.4 Luaran yang Diharapkan

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Publikasi ilmiah berupa jurnal internasional/jurnal nasional
2. Model reaktor unggun diam 2D aksisimetri dan parameter kinetika sintesis GVL melalui hidrogenasi asam levulinat.
3. Laporan kemajuan dan laporan akhir PKM.

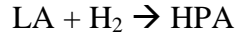
1.5 Kegunaan

Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan model reaktor unggun diam yang dapat digunakan untuk mendesain reaktor skala industri untuk sintesis GVL melalui hidrogenasi asam levulinat. Selain itu, dengan adanya penelitian ini, proses sintesis GVL dari asam levulinat dapat dioptimasi untuk mendapatkan produk yang optimum dengan ukuran reaktor yang minimum.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Reaksi dan Kinetika Sintesis GVL

Reaksi pembentukan GVL melibatkan dua proses yaitu hidrogenasi asam levulinat menjadi 4-Hydroxypentanoic acid (HPA) yang diikuti oleh esterifikasi intramolekular menjadi GVL yang dapat dilihat pada persamaan berikut.



Reaksi hidrogenasi asam levulinat menjadi HPA terjadi di partikel katalis, sedangkan reaksi esterifikasi HPA menjadi GVL berlangsung pada fasa cair. Mekanisme reaksi pembentukan GVL bergantung pada tipe adsorpsi hidrogen. Terdapat dua mekanisme yang dipertimbangkan yaitu adsorpsi hidrogen secara molekular dan disosiatif.

Pada tahap adsorpsi dan desorpsi diasumsikan berlangsung dengan cepat, oleh karena itu, laju reaksi hidrogenasi ditetapkan oleh laju dari reaksi permukaan. Kinetika reaksi disusun berdasarkan model Langmuir-Hinshelwood-Hougen-Watson (LHHW). Model dari kinetika intrinsik dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

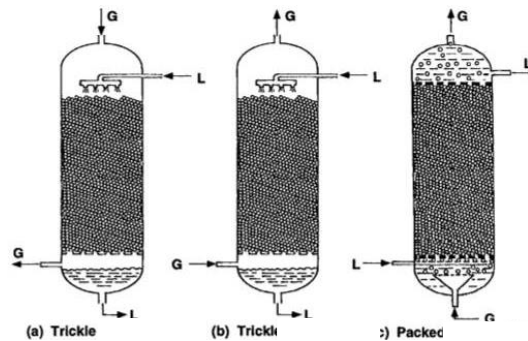
Tabel 2. 1 Model Kinetika Pembentukan GVL

Model Persamaan	Sumber
$r_1 = \frac{k_r C_{LA} C_{H_2}}{(1 + K_{LA} C_{LA} + K_{GVL} C_{GVL})^2}$	Piskun et al., 2016
$r_2 = k_2 C_{H+} C_{HPA} - k_{-2} C_{H+} C_{GVL}$	
$C_{H+} = \sqrt{C_{LA} K_{a,LA} + C_{HPA} K_{a,HPA}}$	
$r = k_4 K_2^{1/2} C_{H_2}^{1/2}$	Abdelrahman et al., 2014
$-r = \frac{k_3 K_{LA} LA_0 K_{H_2} H_{2o}}{(1 + K_{LA} LA_0 + \sqrt{K_{H_2} H_{2o}})^3}$	Kasar et al., 2019

2.2 Reaktor *Trickle Bed*

Reaktor *Trickle bed* merupakan jenis reaktor unggun dian yang biasa digunakan untuk reaksi berfasa gas-padat-cair. Fasa cair pada reaktor ini akan mengalir melewati kolom dan mengisi ruang antara partikel katalis dengan arah menurun karena pengaruh gravitasi, sedangkan fasa gas akan mengalir dengan skema ke atas atau ke bawah (*upflow* atau *downflow*). Biasanya, skema *co-current* dengan aliran ke bawah lebih banyak digunakan karena akan menghasilkan

distribusi yang merata dari fasa cair sepanjang kolom katalis (Slamet & Purwanto, 2019). Berikut adalah skema konfigurasi reaktor *trickle bed*.



Gambar 2. 1 Konfigurasi reaktor *trickle bed*: (a) aliran searah ke bawah, (b) aliran berlawanan arah, (c) aliran searah ke atas

Sumber: Dudukovic et al., 2002

Kelebihan dari reaktor jenis ini adalah aliran yang mendekati *plugflow* menyebabkan konversi akan lebih tinggi, rasio katalis/liquid tinggi sehingga meminimalkan reaksi samping yang tidak diinginkan, *pressure drop* kecil, dan tahanan perpindahan massa antara gas-padat kecil karena fasa cair cenderung membentuk film. Sementara itu, kelemahan dari reaktor *trickle bed* diantaranya adalah pencampuran panas pada arah radial kurang baik dan memungkinkan terjadinya distribusi yang tidak merata pada laju alir fasa cair yang rendah (Slamet & Purwanto, 2019).

2.3 Pemodelan Reaktor *Trickle Bed*

Reaktor jenis *trickle bed* merupakan jenis reaktor unggun diam tiga fasa (gas-cair-padat) sehingga pemodelan untuk sistem reaktor ini mirip dengan reaktor unggun diam secara umum. Model yang digunakan akan melibatkan persamaan neraca massa, energi, dan momentum.

2.3.1. Neraca Momentum

Persamaan neraca momentum diambil dari penelitian Muharam et al., 2017 yang merupakan kombinasi hukum Darcy untuk dua fasa dan persamaan kontinuitas yang dapat dilihat pada persamaan 2.1 di bawah ini. Persamaan kontinuitas fasa cair:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial (rc_1 u_r)}{\partial r} + \frac{\partial (c_1 u_z)}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_c \frac{\partial c_1}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_c \frac{\partial c_1}{\partial z} \right) \quad 2.1$$

Persamaan kontinuitas fasa gas:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial (rc_2 u_r)}{\partial r} + \frac{\partial (c_1 u_z)}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_c \frac{\partial c_2}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_c \frac{\partial c_2}{\partial z} \right) \quad 2.2$$

$$c_1 = \rho_1 s_1 \quad 2.3$$

$$c_2 = \rho_2 s_2 \quad 2.4$$

$$s_1 = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_b} \quad 2.5$$

$$s_1 + s_2 = 1 \quad 2.6$$

2.3.2. Neraca Massa

Neraca massa fasa gas dapat dilihat pada persamaan 2.7

$$\varepsilon_g \left(- \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_{Gr} \frac{\partial C_{G,i}}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{Gz} \frac{\partial C_{G,i}}{\partial z} \right) \right) + \left(u_{Gr} \frac{\partial C_{G,i}}{\partial r} + u_{Gz} \frac{\partial C_{G,i}}{\partial z} \right) \right) = -R_{GL,i}$$

Neraca massa fasa cair dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\varepsilon_l \left(- \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_{Lr} \frac{\partial C_{G,i}}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{Lz} \frac{\partial C_{G,i}}{\partial z} \right) \right) + \left(u_{Lr} \frac{\partial C_{G,i}}{\partial r} + u_{Lz} \frac{\partial C_{G,i}}{\partial z} \right) \right) = R_{GL,i} - R_{LS,i} \quad 2.8$$

Neraca massa pada pelet katalis dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\frac{1}{r_{pe}^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(-r_{pe}^2 D_{pe,i} \frac{\partial C_{pe,i}}{\partial r} \right) \varepsilon_p = R_{pe,i} (1 - \varepsilon_p) \quad 2.9$$

2.3.3. Neraca Energi

$$(\varepsilon_g + \varepsilon_l) \left((\rho C_p)_{eff} \left(u_r \frac{\partial T}{\partial r} + u_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right) - \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r k_{eff} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_{eff} \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right) = Q_{bed} (1 - \varepsilon_p) \quad 2.10$$

2.4 State of the Art Penelitian

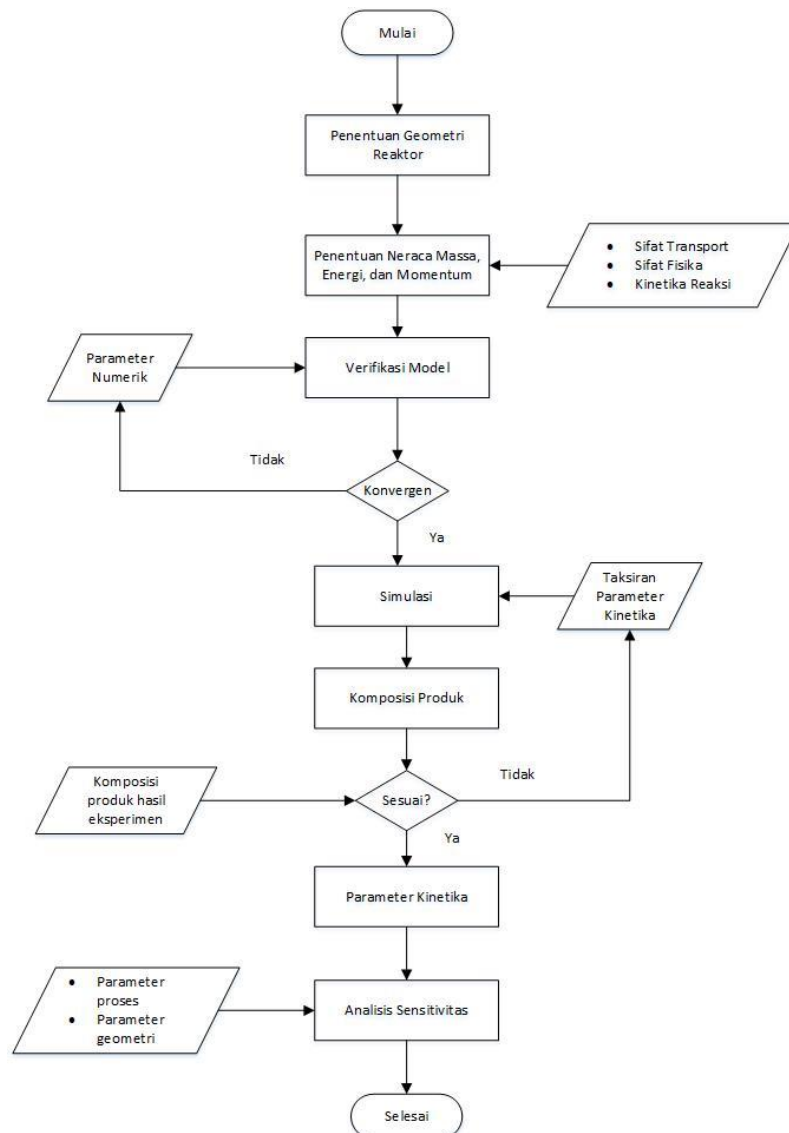
Tabel 2. 2 *State of the Art* Penelitian

Peneliti	Hasil Penelitian
A.S. Piskun, H.H. van de Bovenkampa, C.B. Rasrendra b, J.G.M. Winkelmana, H.J. Heeres, (2016)	Pada model persamaan kinetika didapat bahwa batasan difusi intrapartikel baik asam levulinat maupun hidrogen berefek pada laju reaksi keseluruhan.
M. Chalid, A.A. Broekhuis, H.J. Heeres, (2011)	Penelitian ini menunjukkan bahwa reaksi pembentukan GVL merupakan reaksi orde pertama terhadap asam levulinat dan bergantung pada tekanan hidrogen jika tekanan di bawah 15 bar
Omar Ali Abdelrahman, Andreas Heyden,dan Jesse Q. Bond, (2014)	Penggunaan katalis <i>bifungtnional</i> Ru/C dan Amberlyst dapatmeningkatkan selektivitas pembentukan GVL hingga 80% pada temperatur mendekati ambient (323 K)
Gayatri B. Kasar, Rucha S. Medhekar, P. N. Bhosale,dan Chandrashekhar V. Rode, (2019)	Komposisi optimal dari 0,5 wt% Ru dan 5 wt% Ni pada MMT ditemukan tercapai 91% konversi asam levulinat dengan selektivitas GVL 100% dalam pada 220 ° C dan tekanan hidrogen 250 psig.
Alon Davidy (2019)	Pada temperatur reaktan 200°C menunjukkan bahwa konversi asam levulinat mendekati 100% dan mendapatkan pengaruh suhu input terhadap kinerja dari reaktor hidrogenasi.

Bab 3. Metode Penelitian

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian akan dilakukan menurut diagram alir pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.2 Indikator Capaian

Pada akhir penelitian diharapkan program yang dibuat mencapai konvergensi untuk mendapatkan parameter kinetika reaksi sintesis GVL melalui hidrogenasi asam levulinat.

3.3 Teknik Pengambilan Data

Tujuan penelitian dapat dicapai melalui prosedur berikut.

- **Penentuan geometri reaktor**

Bentuk unggun reaktor yang direpresentasikan oleh geometri didasarkan pada reaktor eksperimen yang dilakukan oleh Piskun *et al.*, (2016). Unggun reaktor berbentuk silinder dengan diameter dalam sebesar 6 mm dan panjang reaktor 135 mm.

- **Penentuan neraca massa, energi, dan momentum**

Neraca massa yang dimodelkan adalah neraca massa fasa gas, cair, dan neraca massa di pellet katalis. Pada Comsol Multiphysics, neraca massa fasa cair dan di pellet katalis dapat digunakan dalam satu *physics*, sehingga akan digunakan dua *physics* yaitu untuk neraca massa fasa gas dan neraca massa fasa cair dan pellet. Neraca massa akan menggunakan modul *transport dilutes species (tds)* untuk fasa gas dan fasa cair, sementara itu neraca energi dan momentum akan menggunakan modul *heat transfer (ht)*, dan *Darcy's law (dl)*.

- **Penentuan parameter kinetika**

Untuk menentukan laju generasi dan konsumsi massa dari setiap variabel terikat pada neraca massa dibutuhkan parameter kinetika yang diambil dari paper rujukan sebagai nilai awal. Parameter kinetika yang digunakan merupakan parameter yang diajukan oleh Piskun *et al.*, 2016.

- **Verifikasi model**

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap model yang telah dikembangkan dengan melakukan *running* pada software. Jika model berhasil dijalankan tanpa error dengan menghasilkan peristiwa perpindahan atau gradien pada variabel yang ditentukan seperti kecepatan, tekanan, dan konsentrasi, maka model tersebut sudah konvergen. Untuk mencapai konvergensi model dapat dilakukan dengan mengubah parameter numerik seperti *meshing grid* dan *allowed error* pada *solver*.

- **Simulasi**

Terdapat dua solver yang digunakan untuk mendapatkan parameter kinetika yaitu *study solver stationary* dan *optimization solver*. *Study solver stationary* digunakan untuk memprediksi variabel terikat pada setiap modul terhadap parameter proses dalam keadaan tunak. Sementara itu, *optimization solver* digunakan untuk memprediksi parameter kinetika dengan cara menyocokkan hasil keluaran reaktor dengan paper rujukan dengan mengubah nilai parameter kinetika.

- **Hasil Simulasi**

Simulasi yang telah dijalankan kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan hasil eksperimen yang diuji pada laboratorium dengan data lab hasil eksperimen Piskun *et al.*, (2016). Perbandingan terhadap hasil simulasi dengan hasil eksperimen dilakukan dengan pendekatan AARD (*average absolute relative deviation*) untuk mengetahui kesalahan rata-rata pada setiap variasi percobaan.

- **Analisis Sensitivitas**

Setelah parameter kinetika didapatkan, selanjutnya akan dilakukan analisis sensitivitas dengan cara mengubah parameter proses dan parameter geometri yaitu suhu masuk, tekanan masuk, kecepatan superfisial, komposisi umpan, diameter katalis, dan panjang reaktor untuk kemudian dianalisis pengaruhnya terhadap performa reaktor seperti konversi dan yield.

3.4 Analisis dan Pengolahan Data

Pada penelitian ini terdapat variabel bebas yaitu posisi arah radial dan arah aksial sepanjang reaktor, serta variabel terikat berupa konsentrasi, temperatur, dan kecepatan sepanjang reaktor.

Bab 4. Biaya dan Jadwal Kegiatan

4.1 Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp)
1	Perlengkapan yang diperlukan	Rp8.350.000,00
2	Bahan Habis Pakai	-
3	Perjalanan dalam Kota	-
4	Lain-lain	Rp1.175.000,00
Jumlah		Rp9.525.000,00

4.2 Jadwal Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Bulan				Person Penanggung-Jawab
		1	2	3	4	
1	Studi Literatur					Melati dan Rizal
2	Persiapan Perangkat Lunak					Ervina
3	Proses Pengujian					Melati dan Rizal
4	Pengolahan Data dan Analisis					Melati
5	Pembuatan Laporan Akhir					Ervina

Daftar Pustaka

- Abdelrahman, O., Heyden, A., Bond, J.Q. (2014). Analysis of Kinetics and Reaction Pathways in the Aqueous-Phase Hydrogenation of Levulinic Acid To Form γ -Valerolactone over Ru/C. *ACS Catalysis*, 1171-1181.
- Alfian, D.G.C., Prahmana, R.A., Silitongan, D.J., Muhyl, A., Supriyadi, D. (2020). Uji performa mesin bensin menggunakan bioaditif cengkeh dengan bensin berkadar oktan 90. *Journal of Science and Applicative Technology vol.4*, 49-53.

- Alonso, D M., Wettstein, S.G., Dumesic, J.A. (2013). Gamma-valerolactone, a sustainable platform molecule derived from lignocellulosic biomass. *Green Chemistry*, 584-595.
- Anukam A., Berghel, J. (2020). Biomass Pretreatment and Characterization: A Review. 1-18.
- Chalid, M., Broekhuis, A.A., Heeres, H.J. (2011). Experimental and kinetic modeling studies on the biphasic hydrogenation of levulinic acid to γ -valerolactone using a homogeneous water-soluble Ru-(TPPTS) catalyst. *Journal of Molecular Catalyst*, 14-21.
- Davidy, A. (2019). CFD Design of Hydrogenation Reactor for Transformation of Levulinic Acid to γ -Valerolactone (GVL) by using High Boiling Point Organic Fluids. *Chemical Engineering*, 1-14.
- Dudukovic, M.P., Larachi, F., Mills, P.L. (2002). Multiphase Catalytic Reactors: A Perspective on Current Knowledge and Future Trends. *Catalysis Review*, 123-246.
- Horvath, I.T., Mehdi, H., Fabos, V., Boda, L., Mika, L.T. (2007). γ -Valerolactone—a sustainable liquid for energy and carbon-based chemicals. *Green Chemistry*, 238-242.
- Kasar, G.B., Medhekar, R.S., Bhosale, P.N., Rode, C.V. (2019). Kinetics of Hydrogenation of Aqueous Levulinic Acid over Bimetallic Ru-Ni/MMT Catalyst. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 19803-19817.
- Muharam, Y., Nugraha, O.A., Leonardi, D. (2017). Modelling of a Hydrotreating Reactor to Produce Renewable Diesel from Non-Edible Vegetable Oils. *Chemical Engineering Transactions Vol.56*, 1561-1566.
- Parinduri, L., Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal of Electrical Technology vol.5*, 88-92.
- Piskun, A.S., de Haan, J.E., Wilbers, E., van de Bovenkamp, H.H., Tang, Z., Heeres, H.J. (2016). Hydrogenation of Levulinic Acid to γ -Valerolactone in Water Using Millimeter Sized Supported Ru Catalysts in a Packed Bed Reactor. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2939-2956.
- Piskun, A.S., van de Bovenkamp, H.H., Rasrendra, C.B., Winkelman, J.G.M., Heeres, H.J. (2016). Kinetic modeling of levulinic acid hydrogenation to γ -valerolactone in water using a carbon supported Ru catalyst. *Applied Catalyst*, 158-167.
- Sekjen DEN. (2019). *Neraca Energi Nasional 2019*. Jakarta.
- Slamet., Purwanto, W.W. (2019). *Teknik Reaksi Kimia: Teori dan Soal Penyelesaian*. Depok: UI Publishing.

Lampiran

Lampiran 1. Biodata Ketua, Anggota, dan Dosen Pendamping

A. Biodata Ketua

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Muhamad Rizaldi Azra
2.	Jenis Kelamin	Laki-Laki
3.	Program Studi	Teknik Kimia
4.	NIM	1806199291
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Palembang, 30 Juli 2000
6.	Alamat e-mail	Rizaldiazra62@gmail.com
7.	No. Telepon/HP	089676949138

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Technique Informal School	Staff Penelitian dan Pengembangan	FTUI, 2019
2	Ikatan Mahasiswa Teknik Kimia	Staff Kajian dan Aksi Strategis	Departemen Teknik Kimia, 2019
3	Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia	Staff Event	Universitas Indonesia, 2019
4	Technique Informal School	Kepala Bidang Penelitian dan Pengembangan	FTUI, 2020

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Juara 3 Nasional Lomba Paper CONCEPT	Universitas Parahyangan	2020

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-RE.

Depok, 15 Februari 2021
Ketua,



(Muhammad Rizaldi Azra)

B. Biodata Anggota ke-1

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Ervina Kalinda
2.	Jenis Kelamin	Perempuan
3.	Program Studi	Teknik Kimia
4.	NIM	1806199253
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Jakarta, 29 Maret 1999
6.	Alamat e-mail	Ervina.kalinda@ui.ac.id
7.	No. Telepon/HP	087787050224

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Kemahasiswaan	Staff	Tahun 2019, Fakultas Teknik UI
2	Pemberdayaan Masyarakat TIS FTUI	Wakil Kepala Bidang	Tahun 2020, Fakultas Teknik UI
3	Teknika FTUI	Wakil Ketua Umum	Tahun 2021, Fakultas Teknik UI

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-RE.

Depok, 15 Februari 2021

Anggota Tim,



(Ervina Kalinda)

B. Biodata Anggota ke-2

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Melati Permata Sari
2.	Jenis Kelamin	Perempuan
3.	Program Studi	Teknik Kimia
4.	NIM	1706038241
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Jakarta, 20 September 1999
6.	Alamat e-mail	melati.permata@ui.ac.id
7.	No. Telepon/HP	081808387605

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Organisasi IMTK	Staff bidang Akademis dan Keprofesian	Tahun 2018, Fakultas Teknik UI
2	Organisasi Technique Informal School	Staff bidang Pengajaran	Tahun 2018, Fakultas Teknik UI
3	Organisasi Technique Informal School	Wakil kepala bidang Pengajaran	Tahun 2019, Fakultas Teknik UI

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-RE.

Depok, 15 Februari 2021
Anggota Tim,



(Melati Permata Sari)

C. Biodata Dosen Pendamping

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr.rer.nat.Ir. Yuswan Muharam, M.T
2.	Jenis Kelamin	Laki-Laki
3.	Program Studi	Teknik Kimia
4.	NIP/NIDN	196405131995121001/0001076714
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Makassar, 13 Mei 1964
6.	Alamat E-mail	yuswan.muharam@ui.ac.id
7.	No. Telepon/HP	081294634399

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Institusi	Universitas Indonesia	Universitas Indonesia	Heidelberg Universitaet
Jurusan / Prodi	Teknik Gas dan Petrokimia	Teknologi Gas	Chemistry
Tahun masuk-lulus	1991	1995	2005

C. Rekam Jejak Tri Dharma PT

C.1. Pendidikan / Pengajaran

No	Nama Mata Kuliah	Wajib / Pilihan	SKS
1.	Peristiwa Perpindahan	Wajib	1,5
2.	Komputasi Numerik	Wajib	3
3.	Pemodelan Teknik Kimia	Wajib	3
4.	Rekayasa Bioreaktor	Wajib	1,5
5.	Perancangan Alat Bioproses	Wajib	1,5
6.	Perancangan Produk	Wajib	4
7.	Perancangan Pabrik	Wajib	4
8.	Teknik Pembakaran	Pilihan	3
9.	Pemodelan Teknik Kimia Lanjut	Wajib S2	1,5

C.2. Penelitian

No	Judul Penelitian	Penyandang Dana	Tahun
1.	Computational Fluid Dynamic Application in Scale-up of a Stirred-Batch Reactor for Degumming Crude palm Oil	UI	2016
2.	Pemodelan dan Simulasi Reaktor Unggun Fluidisasi untuk Produksi Carbon Nanotube	UI	2016
3.	Perancangan Reaktor	UI	2016

	Hydrotreating Skala Besar untuk Produksi Renewable Diesel dari Minyak Nabati Non-Pangan		
4.	Pemodelan dan Simulasi Reaktor-reaktor Tiga Fasa untuk Produksi Bahan Bakar Alternatif	UI	2017
5.	Perancangan Sistem Adsorbed Natural Gas untuk Memenuhi Kebutuhan Gas Bumi Sektor Pengguna di Sekitar Lapangan Gas	UI	2017
6.	Produksi Biodiesel Dan Diesel Terbarukan Dari Mikroalga	Dikti	2017
7.	Simulasi Hidrogenasi Parsial Fatty Acid Methyl Ester di dalam Reaktor Trickle Bed untuk Meningkatkan Kualitas Biodiesel	UI	2018
8.	Hidrogenasi CO ₂ menjadi Metanol pada Katalis Cu/ZnO/Al ₂ O ₃ untuk Memanfaatkan CO ₂ dari Unit Pemisahan Gas Asam di Kilang Gas	UI	2018
9.	Produksi Biodiesel Dan Diesel Terbarukan Dari Mikroalga	Dikti	2018
10.	Investigasi Eksperimen dan Pemodelan Upgrading Biodiesel di dalam Reaktor Trickle-Bed	UI	2019
11.	Investigasi Eksperimen dan Pemodelan Produksi Diesel Terbarukan di dalam Reaktor Trickle-Bed dan Kultivasi Mikroalga di dalam Fotobioreaktor Kolom Gelembung	UI	2019
12.	Produksi Biodiesel Dan Diesel Terbarukan Dari Mikroalga	Dikti	2019
13.	Synthesis of Bio-Jet Fuel from Lauric Acid via	UI	2020

14.	Kinetika Hidrodeoksigenasi Trigliserida Menjadi Renewable Diesel pada Katalis NiMoP/Al ₂ O ₃	UI	2020
15.	Green Gasoline from Vegetable Oil through Cracking and Dehydrogenation Process	UI	2020
16.	Optimasi Proses Ekstraksi dan Isolasi Senyawa Bioaktif Novel dari Daun Keji Beling (<i>Strobilanthes crispus</i>)	UI	2020

C.1. Pengabdian Kepada Masyarakat


No	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Penyandang Dana	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-RE.

Depok, 15 Februari 2021

Dosen Pendamping,



(Dr. rer. nat. Ir. Yuswan Muharam, M.T)

Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan

1. Jenis Perlengkapan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Lisensi Software COMSOL	1	8.000.000	8.000.000
RAM	1	350.000	350.000
SUBTOTAL (Rp)			8.350.000
2. Barang Habis Pakai	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
-	-	-	-
-	-	-	-
SUBTOTAL (Rp)			
3. Perjalanan dalam Kota	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
-	-	-	-
-	-	-	-
SUBTOTAL (Rp)			
4. Lain-lain	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Pemakaian pulsa	-	600.000	600.000
Publikasi	1	575.000	575.000
SUBTOTAL (Rp)			1.175.000
TOTAL 1+2+3+4 (Rp)			9.525.000
(Terbilang Sembilan Juta Lima Ratus Dua Puluh Lima Ribu Rupiah)			

Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas

No	Nama / NIM	Program Studi	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam / minggu)	Uraian Tugas
1.	Muhammad Rizaldi Azra/ 1806199291	Teknik Kimia	Teknik	25 jam / minggu	<ul style="list-style-type: none"> • Pengumpulan data • Verifikasi model
2.	Ervina Kalinda/ 1806199253	Teknik Kimia	Teknik	20 jam / minggu	<ul style="list-style-type: none"> • Persiapan perangkat simulasi • Pembuatan laporan
3.	Melati Permata Sari/ 1706038241	Teknik Kimia	Teknik	25 jam / minggu	<ul style="list-style-type: none"> • Studi literatur • Mengembangkan model dan menjalankan simulasi.

Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Tim Pelaksana**SURAT PERNYATAAN KETUA TIM PELAKSANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Rizaldi Azra

NIM : 1806199291

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa proposal PKM-RE saya dengan judul **Kinetika Hidrogenasi Asam Levulinat menjadi *Gamma Valerolactone* pada Katalis Ru/C** yang diusulkan untuk tahun anggaran 2021 adalah asli karya kami dan belum pernah dibiayai oleh lembaga atau sumber lain.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penelitian yang sudah diterima ke kas negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Depok, 15 Februari 2021

Yang menyatakan,



(Muhamad Rizaldi Azra)
NIM. 1806199291