

TESIS
REKAYASA SISTEM PENGADUKAN DALAM
PROSES PRODUKSI *GREEN CHEMICALS*
BERBASIS KALIUM KARBONAT-GLISEROL

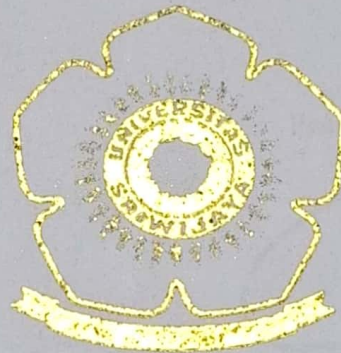


ANI RAHMI
03012682125010

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

TESIS
REKAYASA SISTEM PENGADUKAN DALAM
PROSES PRODUKSI *GREEN CHEMICALS*
BERBASIS KALIUM KARBONAT-GLISEROL

Dijadikan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



ANI RAHMI
03012652125010

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

HALAMAN PENGESAHAN

**REKAYASA SISTEM PENGADUKAN DALAM
PROSES PRODUKSI *GREEN CHEMICALS* BERBASIS
KALIUM KARBONAT-GLISEROL**

TESIS

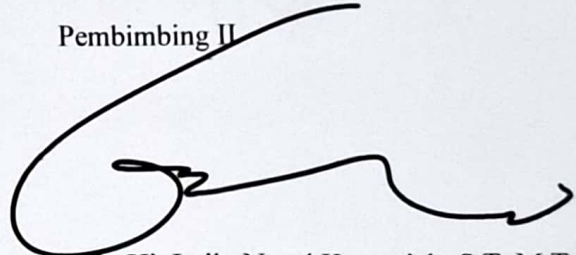
**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelara Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Palembang, Juli 2025
Menyetujui
Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP. 196010111985032002

Pembimbing II



Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 19750211 200312 1 002

✓ Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19750201 200012 2 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul "Rekayasa Sistem Pengadukan Dalam Proses Produksi *Green Chemicals* Berbasis Kalium Karbonat-Gliseryl" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Juli 2025.

Palembang, 28 Juli 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua :

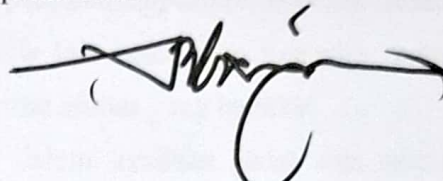
Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., Ph.D

NIP. 19600909 198703 1 004

Anggota :

Dr. Fitri Hadiyah, S.T, M.T, IPM

NIP. 19780822 200212 2 001

()
()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 19750211 200312 1 002

✓ Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19750201 200012 2 001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ani Rahmi

NIM : 03012682125010

Judul : Rekayasa Sistem Pengadukan Dalam Proses Produksi Green Chemicals
Berbasis Kalium Karbonat-Gliserol

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2025

Yang Membuat Pernyataan,

Ani Rahmi

NIM. 03012682125010

RINGKASAN

REKAYASA SISTEM PENGADUKAN DALAM PROSES PRODUKSI *GREEN CHEMICALS* BERBASIS KALIUM KARBONAT-GLISEROL

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Juli 2025

Ani Rahmi, Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA dan Dr. Ir. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.

Stirring System Engineering In The Production Process of Green Chemicals Based Potassium Carbonate-Glycerol

xii + 56 halaman, 4 Tabel, 18 Gambar, 3 Lampiran

RINGKASAN

Deep Eutectic Solvent (DES) berbasis K_2CO_3 -Gliserol menjanjikan sebagai *green chemicals* karena sifatnya yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan. Namun, homogenitas dan titik eutektik sulit dicapai dan belum ada standar produksi skala besar. Penelitian ini bertujuan mengkaji efek rekayasa pengadukan (tipe pengaduk dan kecepatan) pada pembuatan DES K_2CO_3 -Gliserol, mengidentifikasi sifat fisika-kimia produk, dan menganalisis rancangan sistem untuk skala lebih tinggi dengan mutu konsisten. Variabel terikat meliputi warna, pH, densitas, viskositas, konduktivitas, titik beku, dan kadar air. Sintesis DES dilakukan dengan pencampuran K_2CO_3 dengan gliserol pada rasio molar 1:3,5 dan suhu 80°C dengan pengadukan menggunakan agitator *Single Pitch Blade Turbine* (SPBT), *Double Pitch Blade Turbine* (DPBT), dan *Anchor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pengaduk SPBT, DPBT, dan Anchor menunjukkan karakteristik yang berbeda pada parameter pH, densitas, viskositas, konduktivitas, titik beku, dan kadar air. Konduktivitas DES yang disintesis berkisar 352–485 $\mu S/cm$, lebih rendah dari standar karena pengujian dilakukan pada konsentrasi larutan 1%. Pengaduk *Anchor* menghasilkan nilai densitas dan viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan SPBT dan DPBT, terutama pada konfigurasi kecepatan A3 (400 $\rightarrow$ 200 $\rightarrow$ 100 rpm). Konfigurasi *Anchor*-A3 merupakan kondisi optimum untuk menghasilkan DES K_2CO_3 -Gliserol yang paling homogen, padat, dan viskos. DES DPBT-A3, *Anchor*-A1, dan *Anchor*-A3 memiliki titik beku -10°C sehingga memenuhi standar DES Kalium-Gliserol pro analysis (DES K-G pa). DES *Anchor*-A3 paling direkomendasikan sebagai katalis karena memenuhi semua parameter standar Grand Riset Sawit (GRS) dan terbukti paling efektif dalam mencapai densitas dan viskositas optimal serta pH yang stabil dan menjadi pilihan ideal untuk produksi *green chemicals* pada skala industri.

Kata Kunci : *deep eutectic solvent*, Kalium Karbonat-Gliserol, *green chemicals*, desain geometri agitator, *Mixing configuration*.

Kepustakaan : 44 (2004-2025)

SUMMARY

STIRRING SYSTEM ENGINEERING IN THE PRODUCTION PROCESS OF POTASSIUM CARBONATE-GLYCEROL-BASED GREEN CHEMICALS

Scientific paper in the form of Thesis, July 2025

Ani Rahmi, Supervised by Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA and Dr. Ir. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.

xii+ 56 pages, 4 tables, 18 figures, 3 attachments

SUMMARY

Deep Eutectic Solvent (DES) based on K_2CO_3 -Glycerol is promising as *green chemicals* due to its environmentally friendly, economical, and sustainable properties. However, homogeneity and eutectic point are difficult to achieve and there is no large-scale production standard. This study aims to assess the effect of stirring engineering (stirrer type and speed) on the preparation of K_2CO_3 -Glycerol DES, identify the physico-chemical properties of the product, and analyse the system design for higher scale with consistent quality. The dependent variables include colour, pH, density, viscosity, conductivity, freezing point, and water content. DES synthesis was carried out by mixing K_2CO_3 with glycerol at a molar ratio of 1:3.5 and a temperature of 80°C with stirring using *Single Pitch Blade Turbine* (SPBT), *Double Pitch Blade Turbine* (DPBT), and *Anchor* agitators. The results showed that SPBT, DPBT, and Anchor agitators showed different characteristics on the parameters of pH, density, viscosity, conductivity, freezing point, and water content. The conductivity of the synthesised DES ranged from 352-485 $\mu S/cm$, lower than the standard because the test was conducted at 1% solution concentration. The Anchor stirrer produced higher density and viscosity values compared to SPBT and DPBT, especially in the A3 speed configuration (400 → 200 → 100 rpm). The Anchor-A3 configuration is the optimum condition to produce the most homogeneous, dense, and viscous K_2CO_3 -Glycerol DES. DPBT-A3, Anchor-A1, and Anchor-A3 DES have a freezing point of -10°C, thus meeting the standard of Potassium-Glycerol DES pro analysis (DES K-G pa). Anchor-A3 DES is most recommended as a catalyst as it fulfils all the parameters of the Grand Research Sawit (GRS) standard and proved to be most effective in achieving optimum density and viscosity as well as stable pH and is an ideal choice for the production of *green chemicals* on an industrial scale.

Keywords: *deep eutectic solvent, potassium carbonate-glycerol, green chemicals, agitator geometry design, mixing configuration.*

Citations: 44 (2004-2025)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis yang berjudul “Rekayasa Sistem Pengadukan dalam Proses Produksi *Green Chemicals* Berbasis Kalium Karbonat-Gliseryl”. Laporan tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengikuti ujian tesis di Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan proposal ini, terdapat banyak pihak yang memberikan dukungan, bantuan, dan bimbingan yang sangat berarti. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua, suami dan keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan, doa dan motivasi yang bijaksana sehingga laporan tesis ini dapat diselesaikan.
2. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Selpiana, S.T, M.T selaku Koordinator Prodi Magister Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
4. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA. selaku dosen pembimbing I.
5. Dr. Hj. Leily Nurul Khomariah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II.
6. Kepala UPT, Subkoordinator dan seluruh staff UPT. Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya.
7. Teman-teman seperjuangan di Magister Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Palembang, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Hipotesa.....	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Green Chemical.....	6
2.2. Potassium Carbonate (K_2CO_3)	7
2.3. Gliserol	7
2.5. Deep Eutectic Solvent (DES)	9
2.6. Sintesis DES	11
2.7. Sifat dan Karakteristik DES K_2CO_3 -Gliserol.....	13
2.8. Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2. Variabel Penelitian	17
3.2.1. Variabel Tetap	17
3.2.2. Variabel Bebas.....	17
3.2.3. Variabel Terikat	18
3.3. Alat dan Bahan.....	18
3.3.1. Alat	17
3.3.2. Bahan	18
3.4. Rancangan Penelitian	19

3.5. Prosedur Penelitian.....	20
3.5.1. Sintesis DES K ₂ CO ₃ -Gliserol	20
3.5.2. Diagram Alir Tahapan Sintesis DES K ₂ CO ₃ -Gliserol.....	20
3.6. Pengujian Karakteristik DES K ₂ CO ₃ -Gliserol.....	21
3.6.1. pH	21
3.6.2. Konduktivitas	21
3.6.3. Densitas	21
3.6.4. Viskositas	22
3.6.5. Kadar Air	22
3.7. Uji Titik Beku	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Rancangan Sistem Pengadukan DES Berbasis Kalium Karbonat-Gliserol	24
4.2. Karakteristik DES Berbasis Kalium Karbonat-Gliserol	25
4.2.1. Karakteristik Fisik DES	26
4.2.2. Analisis pH	26
4.2.3. Densitas	28
4.2.4. Konduktivitas	29
4.2.5. Viskositas.....	30
4.2.6. Kadar Air	32
4.3. Efek Pengadukan Tipe Agitator <i>Single Pitch Blade Turbine</i> (SPBT) Terhadap Viskositas dan Densitas DES	35
4.4. Efek Pengadukan Tipe Agitator <i>Double Pitch Blade Turbine</i> (DPBT) Terhadap Viskositas dan Densitas DES	37
4.5. Efek Pengadukan Tipe Agitator <i>Anchor</i> Terhadap Viskositas dan Densitas DES.....	38
4.6. Kondisi Optimum Sintesis DES Dengan Variasi Tipe Pengaduk	39
4.7. Uji Laju Alir Beku dengan Variasi Tipe Pengaduk	40
BAB V PENUTUP.....	42
5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema titik eutektik pada diagram fasa dua komponen.....	10
Gambar 2.2. Pola Aliran Impeler (a) 1-PBT, (b) 2- PBT, (c) Maxblend (Paddle)	12
Gambar 3.1. Rancangan Penelitian	19
Gambar 3.2. Diagram Alir Tahapan Sintesis DES.....	20
Gambar 4.1. Variasi Tipe Pengaduk.	24
Gambar 4.2. Skema Alat Sintesis DES	25
Gambar 4.3. Foto DES Berbasis Kalium Karbonat-Gliserol.....	26
Gambar 4.4. Persamaan Reaksi Kalium Karbonat-Gliserol.	26
Gambar 4.5. Hasil Analisis pH DES (Kalium Karbonat-Gliserol).....	27
Gambar 4.6. Hasil Analisis Densitas DES (Kalium Karbonat-Gliserol)	29
Gambar 4.7. Hasil Analisis Konduktivitas DES (Kalium Karbonat-Gliserol)	31
Gambar 4.8. Hasil Analisis Viskositas DES (Kalium Karbonat-Gliserol)	33
Gambar 4.9. Hasil Analisis Kadar Air DES (Kalium Karbonat-Gliserol).....	35
Gambar 4.10. Analisis Densitas dan Viskositas Pengaduk SPBT	36
Gambar 4.11. Analisis Densitas dan Viskositas Pengaduk D-PBT	37
Gambar 4.12. Analisis Densitas dan Viskositas Pengaduk <i>Anchor</i>	39
Gambar 4.13. Kondisi Optimum Sintesis Dengan Variasi Tipe Pengaduk	39
Gambar 4.14. Laju Alir Beku DES	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Analisis Proksimat Abu Tandan Kosong Sawit	8
Tabel 2.2. Klasifikasi DES.....	11
Tabel 3.1. Konfigurasi Kecepatan Pengadukan dan Waktu Sintesis	17
Tabel 4.1. Desain Geometri Pengadukan.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	DATA PENGAMATAN.....	46
LAMPIRAN B	PERHITUNGAN.....	53
LAMPIRAN C	DOKUMENTASI PENELITIAN	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Pendahuluan

Industri kimia telah lama menghadapi tantangan serius terkait ketergantungan pada penggunaan pelarut konvensional dalam volume besar. Pelarut ini dikenal berbahaya, mudah terbakar, dan merusak lingkungan. Akibatnya, muncul tekanan signifikan dari berbagai aspek sosial, ekonomi, lingkungan, dan politik untuk mengurangi serta mengganti penggunaan pelarut konvensional dengan yang lebih ramah lingkungan. Inovasi dalam rekayasa kimia ini untuk mengurangi dampak lingkungan dan menghasilkan pelarut yang lebih ekonomis dan lebih ramah lingkungan (Ritonga dkk, 2013). Perkembangan teknologi kimia hijau (*green chemistry*) mendorong pencarian bahan kimia alternatif yang ramah lingkungan, ekonomis dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah penggunaan *Deep Eutectic Solvent* (DES) sebagai alternatif pelarut konvensional yang lebih baik karena memiliki sifat fisik pelarut yang sebanding dengan cairan ionik, seperti densitas, viskositas, indeks bias, konduktivitas, dan tegangan permukaan. Akan tetapi DES berbeda dari cairan ionik karena memiliki jenis ion dan non-ionik yang terikat oleh jaringan ikatan hidrogen.. Sifat fisikokimia DES dikarakterisasikan sebagai "*Green Chemistry*" karena memiliki volatilitas rendah, tidak mudah terbakar, tekanan uap rendah dan stabilitas kimia dan termal (Singh dkk., 2021). DES memiliki banyak keunggulan karena mudah disintesis, biaya produksi yang lebih murah, toksisitas yang rendah dan keberlanjutan dalam hal manfaat lingkungan dan ekonomi (Alomar dkk., 2016 ; Lomba dkk, 2021). DES didefinisikan sebagai campuran dua atau lebih senyawa yang menghasilkan cairan jernih dan homogen dengan titik leleh (titik beku) yang jauh lebih rendah daripada senyawa penyusunnya (titik eutektik) (Abbott dkk., 2003; Q. Zhang dkk., 2012).

Salah satu sistem DES yang menjanjikan adalah campuran kalium karbonat (K_2CO_3) dan gliserol. Sistem ini bersifat basa, tidak mudah menguap, biodegradable dan relatif tidak beracun. Selain itu bahan penyusunnya mudah diperoleh dan murah, sehingga sangat cocok digunakan dalam industri kimia ramah

lingkungan seperti pemurnian biodiesel (Hui Min dkk., 2015), pelarut katalitik (Piryaei dkk., 2022), pretreatment biomassa lignoselulosa (Saratale dkk., 2023) dan reaksi-reaksi berbasis ionik-hidrogen. Namun demikian, performa DES tidak hanya ditentukan oleh komposisi kimianya, tetapi juga oleh kondisi operasional selama proses sintesis, terutama pada sistem pengadukan (*agitation system*) yang digunakan. Pengadukan berperan penting dalam mempercepat proses homogenisasi, memecah aglomerasi padatan, meningkatkan kontak antar molekul, mempercepat pembentukan ikatan hidrogen serta meningkatkan efisiensi perpindahan massa dan panas selama sintesis DES (Torotwa dkk., 2018). Berbagai jenis impeller seperti *anchor*, *pitch blade turbine* (PBT) memiliki karakteristik aliran berbeda (radial, aksial) yang secara langsung mempengaruhi distribusi gaya geser, turbulensi lokal, dan daya larut komponen. Dalam sistem padat-cair seperti K_2CO_3 -gliserol, jenis dan desain impeller yang digunakan dapat menentukan seberapa cepat sistem mencapai kondisi eutektik stabil dan homogen. Pengaduk *anchor* lebih cocok untuk cairan kental karena menghasilkan aliran radial yang efisien, sedangkan PBT menghasilkan aliran aksial yang kuat dan cocok untuk pencampuran cepat. Selain itu, kecepatan pengadukan (rpm) dan rasio diameter impeller terhadap diameter tangki turut memengaruhi performa sistem (Kalyniukovad dkk., 2024). Jika agitasi terlalu lemah maka pembentukan DES menjadi lambat dan tidak merata dan jika terlalu kuat dapat menyebabkan degradasi termal atau konsumsi energi berlebih. Oleh karena itu, penting dilakukan rekayasa sistem pengadukan yang mempertimbangkan jenis impeller, kecepatan putar, dan karakteristik viskositas campuran untuk mengoptimalkan sintesis DES. Beberapa penelitian mengenai proses sintesis DES telah dilakukan. Naser, dkk. (2013) melakukan pembuatan DES dengan mencampurkan kalium karbonat gliserol dengan perbandingan molar yang berbeda. Proses pencampuran dilakukan dalam *shaker incubator* selama 2 jam pada suhu 353,15 K dan kecepatan 400 rpm sampai terbentuk cairan bening dan homogen di bawah kontrol kadar air yang ketat. DES dengan rasio molar 1:4, 1:5 dan 1:6 dipilih untuk diukur sifat fisiknya. Densitas DES berturut-turut adalah 1,46; 1,44 dan 1,38 g/cm³ untuk masing-masing rasio molar DES. Konduktivitas maksimum 3500 μ S/cm pada suhu 80°C dan 7,89 μ S/cm pada suhu 20°C. Nilai pH DES antara 11,5–13,5. DES memungkinkan

diaplikasikan sebagai pelarut, media reaksi, katalis, agen pengarah geometri, dan elektrolit. Lim dkk. (2019) membuat sampel DES K_2CO_3 -Gliserol dengan rasio molar 1:5 (DES-G5); 1:6 (DES-G6) dan 1:7 (DES-G5). K_2CO_3 dan gliserol dicampur secara homogen pada suhu $80^\circ C$ selama 120 menit sampai terbentuk campuran transparan yang tidak berwarna. DES disintesis pada tekanan atmosfer dan di bawah kontrol kadar air yang ketat. Nilai pH sampel DES adalah 12,9; 12,6 dan 12,3. Nilai viskositas DES adalah 17613; 7838 dan 6638 cP. Omar & Sadeghi, (2023) menghadirkan basis data DES yang berisi informasi sifat fisikokimia dari berbagai kombinasi *hydrogen bond acceptor* (HBA) dan *hydrogen bond donor* (HBD) pada rasio molar dan metode sintesis yang berbeda dari tahun 2003 hingga 2021. Sifat fisikokimia yang dilaporkan adalah titik leleh, densitas, viskositas, konduktivitas, tegangan permukaan, dan indeks bias. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan DES disintesis dengan berbagai senyawa dan metode sintesis yang berbeda yang menghasilkan kombinasi HBA dan HBD. Hal ini menyebabkan sifat fisikokimia dan karakteristik DES yang dihasilkan tidak konsisten. Pengukuran sifat DES ini sangat penting untuk penggunaan dalam proses kimia dan rekayasa. Permasalahan dalam proses sintesis DES adalah kondisi homogenisasi dan pencapaian titik eutektiknya yang sulit diukur secara langsung setelah disintesis dan belum ada standar produksi DES pada skala yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan sistem pengadukan agar menghasilkan DES dengan karakteristik dan sifat fisikokimia yang sesuai untuk aplikasi industri berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, diantaranya :

- 1) Bagaimana identifikasi sifat fisik DES K_2CO_3 -gliserol dan sifatnya sebagai produk dari proses produksi pada sistem reaktor berpengaduk?.
- 2) Bagaimana prototipe/purwarupa sistem pembuatan DES K_2CO_3 -gliserol untuk skala yang lebih tinggi dan mutu produk yang konsisten?.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, diantaranya :

- 1) Mengkaji dan menganalisis efek rekayasa pengadukan dengan variasi tipe pengaduk dan konfigurasi kecepatan pada proses pembuatan DES K_2CO_3 -gliserol sebagai *green chemicals*.
- 2) Mengkaji dan mengidentifikasi sifat fisika-kimia DES K_2CO_3 -gliserol dan sifatnya sebagai produk dari proses produksi pada sistem reaktor berpengaduk.
- 3) Menguji dan menganalisis rancangan sistem pembuatan DES K_2CO_3 -gliserol untuk skala yang lebih tinggi dan mutu produk yang konsisten.

1.4. Hipotesa

Adapun hipotesa dari penelitian ini adalah :

- 1) Pengadukan dan pemanasan merupakan faktor penentu keberhasilan sintesis DES (Qui. 2020).
- 2) Pengaduk yang baik adalah desain pengaduk yang disesuaikan dengan sifat fisik bahan yang akan diaduk sehingga selama pengadukan bahan dapat saling berinteraksi hingga mencapai homogenitas tertentu pada waktu tertentu. (Mc Cabe. 2004).
- 3) Sifat Fisika Kimia DES K_2CO_3 -gliserol dinyatakan dalam interval pada setiap parameter.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

- 1) Penelitian ini berskala laboratorium.
- 2) Bahan baku yang digunakan adalah kalium karbonat mutu industri dan gliserol grade komersil.
- 3) Rekayasa sintesis DES K_2CO_3 -gliserol dengan variasi tipe pengaduk dan variasi kecepatan pengadukan.
- 4) Parameter kualitas DES K_2CO_3 -gliserol sebagai *green chemicals* adalah pH, densitas, viskositas, konduktivitas, laju alir beku, kadar air.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, diantaranya :

- 1) Masyarakat mendapatkan pengetahuan dan informasi sifat dan karakteristik DES K_2CO_3 -gliserol sebagai komoditi *green chemicals* berbasis eksperimen yang dapat dikomersialkan.
- 2) Dapat menjadi bahan rekomendasi rancangan sistem produksi *green chemicals* yang optimum dan konsisten dalam pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK).
- 3) Memberikan informasi proses sintesis yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik pada skala produksi yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abhishek, M. S., Choudhari, S., & Muller, F. (2012). Observations of solid-liquid systems in anchor agitated vessels. *Chemical Engineering Research and Design*, 90(6), 750–756. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2011.09.018>
- Alomar, M. K., Hayyan, M., Alsaadi, M. A., Akib, S., Hayyan, A., & Hashim, M. A. (2016). Glycerol-based deep eutectic solvents: Physical properties. *Journal of Molecular Liquids*, 215, 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.11.032>
- Ananda, R. . D. P., Komariah, L. N., Putri, N. P., & Arita, S. (2023). Potensi dan karakteristik abu tandan kosong kelapa sawit sebagai katalis heterogen untuk produksi biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia*, 29(1), 36–45. <https://doi.org/10.36706/jtk.v29i1.1551>
- Chandran, K., Kait, C. F., Wilfred, C. D., & Zaid, H. F. M. (2021). A review on deep eutectic solvents: Physiochemical properties and its application as an absorbent for sulfur dioxide. *Journal of Molecular Liquids*, 338, 117021. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117021>
- Chen, C. W., Lee, H. L., Yeh, K. L., & Lee, T. (2021). Effects of Scale-Up and Impeller Types on Spherical Agglomeration of Dimethyl Fumarate. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 60(30), 11555–11567. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c02006>
- Cheng, N. S. (2008). Formula for the viscosity of a glycerol-water mixture. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 47(9), 3285–3288. <https://doi.org/10.1021/ie071349z>
- El Achkar, T., Greige-Gerges, H., & Fourmentin, S. (2021). Basics and properties of deep eutectic solvents: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(4), 3397–3408. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01225-8>
- Ghaedi, H., Ayoub, M., Sufian, S., Shariff, A. M., & Lal, B. (2017). Densities and Refractive Indices of Potassium Carbonate-Based Deep Eutectic Solvents with Dual Hydrogen Bond Donors at Several Temperatures (293.15 to 343.15 K). *Preprints, May*, 2017050148. <https://doi.org/10.20944/preprints201705.0148.v1>
- Ghaedi, H., Ayoub, M., Sufian, S., Shariff, A. M., Lal, B., & Wilfred, C. D. (2018). Density and refractive index measurements of transition-temperature mixture (deep eutectic analogues) based on potassium carbonate with dual hydrogen bond donors for CO₂ capture. *Journal of Chemical Thermodynamics*, 118, 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2017.11.008>
- Hampton Research., (2025). Safety Data Sheet . قَم سلا تانايب قَرشن Safety Data Sheet. *Material Safety Data Sheet*, 4(2), 1–6. <https://shrinkwrapcontainments.com/Images/media/SDS%0AShrink%0AFilm.pdf>
- Häkkinen, R., & Abbott, A. P. (2021). Deep eutectic solvents—Teaching nature lessons that it knew already. *Advances in Botanical Research*, 97, 1–16. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2020.09.013>
- Hemrajani, R. R., & Tatterson, G. B. (2004). Mechanically Stirred Vessels. In *Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice*. <https://doi.org/10.1002/0471451452.ch6>

- Hui Min, P., Shahbaz, K., Rashmi, W., Mjalli, F. S., Hashim, M. A., & Alnashef, I. M. (2015). Removal of residual catalyst from palm oil-based biodiesel using new ionic liquids analogous. *Journal of Engineering Science and Technology*, 10(Special Issue 2), 35–49.
- Kalyniukova, A., Várfalvyová, A., Płotka-Wasyłka, J., Majchrzak, T., Makoś-Chelstowska, P., Tomášková, I., Pešková, V., Pastierovič, F., Jirošová, A., & Andruch, V. (2024). Deep eutectic solvent-based shaking-assisted extraction for determination of bioactive compounds from Norway spruce roots. *Frontiers in Chemistry*, 12(April), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1385844>
- Khalid, M., Hayyan, M., Abdulhakim, M., & Akib, S. (2016). Glycerol-based deep eutectic solvents: Physical properties. *Journal of Molecular Liquids*, 215, 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.11.032>
- Kovács, A., Neyts, E. C., Cornet, I., Wijnants, M., & Billen, P. (2020). Modeling the Physicochemical Properties of Natural Deep Eutectic Solvents. *ChemSusChem*, 13(15), 3789–3804. <https://doi.org/10.1002/cssc.202000286>
- Lim, W. L., Gunny, A. A. N., Kasim, F. H., AlNashef, I. M., & Arbain, D. (2019). Alkaline deep eutectic solvent: a novel green solvent for lignocellulose pulping. *Cellulose*, 26(6), 4085–4098. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02346-8>
- Lomba, L., Ribate, M. P., Sangüesa, E., Concha, J., Garralaga, M. P., Errazquin, D., Garc, C. B., & Giner, B. (2021). applied sciences Deep Eutectic Solvents: Are They Safe? *Applied Sciences MDPI*.
- Madhiyanon, T., Sathitruangsak, P., Sungworagarn, S., Fukuda, S., & Tia, S. (2013). Ash and deposit characteristics from oil-palm empty-fruit-bunch (EFB) firing with kaolin additive in a pilot-scale grate-fired combustor. *Fuel Processing Technology*, 115, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2013.05.018>
- Manurung, R., Hutaaruk, G. R., & Arief, A. (2018). *Vitamin E extraction from red palm biodiesel by using K 2 CO 3 based deep eutectic solvent with glycerol as hydrogen bond donor Vitamin E Extraction from Red Palm Biodiesel by Using K 2 CO 3 Based Deep Eutectic Solvent with Glycerol as Hydrogen Bond Donor*. 020011(June).
- Martín, M. I., García-Díaz, I., Rodríguez, M. L., Gutiérrez, M. C., del Monte, F., & López, F. A. (2024). Synthesis and Properties of Hydrophilic and Hydrophobic Deep Eutectic Solvents via Heating-Stirring and Ultrasound. *Molecules*, 29(13), 1–20. <https://doi.org/10.3390/molecules29133089>
- Naser, J., Mjalli, F., Jibril, B., Al-Hatmi, S., & Gano, Z. (2013). Potassium Carbonate as a Salt for Deep Eutectic Solvents. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, January 2017, 114–118. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2013.v4.275>
- Negi, T., Kumar, A., Sharma, S. K., Rawat, N., Saini, D., Sirohi, R., Prakash, O., Dubey, A., Dutta, A., & Shahi, N. C. (2024). Deep eutectic solvents: Preparation, properties, and food applications. *Heliyon*, 10(7), e28784. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28784>
- Omar, K. A., & Sadeghi, R. (2023). Database of deep eutectic solvents and their physical properties: A review. *Journal of Molecular Liquids*, 384(April), 121899. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.121899>
- Pena-Pereira, F., & De La Calle, I. (2019). Solvents and eutectic solvents. In *Encyclopedia of Analytical Science* (3rd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12->

409547-2.14020-X

- Piryaei, M., & Behrooz, M. (2022). Deep Eutectic Solvent as a Green Solvent for Fast Analysis of the Volatile Components of *Satureja Hortensis* L. *Physical Chemistry Research*, 10(3), 421–428. <https://doi.org/10.22036/PCR.2022.312969.1979>
- Prashik Patekar, M., Sunil Jamadade, M., & Mutalik, M. P. (2021). CFD Analysis of Agitated Vessels of Different Geometric Parameters: A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology*, June, 6–9. www.irjet.net
- Rizwanul Fattah, I. M., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Mofijur, M., Silitonga, A. S., Ashrafur Rahman, S. M., & Ahmad, A. (2020). State of the Art of Catalysts for Biodiesel Production. *Frontiers in Energy Research*, 8, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00101>
- Sani, N. F. A., Ramadhan, R., Yahaya, N., Ghadzi, S. M. S., Mohamed, A. H., Kamaruzaman, S., Ibrahim, W. N. W., Hanapi, N. S. M., & Zain, N. N. M. (2025). Advancements in deep eutectic solvent-based membranes for the extraction, separation, and preconcentration of organic compounds. *Advances in Sample Preparation*, 14(April), 100181. <https://doi.org/10.1016/j.sampre.2025.100181>
- Saratale, R. G., Ponnusamy, V., Piechota, G., Iglński, B., Shobana, S., Park, J. H., Saratale, G. D., Shin, H. S., Banu, J. R., Kumar, V., & Kumar, G. (2023). Green chemical and hybrid enzymatic pretreatments for lignocellulosic biorefineries: Mechanism and challenges. *Bioresource Technology*, 387(June). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129560>
- Seguí, M. del M., Cabrero-García, J., Crespo, A., Verdú, J., & Ronda, E. (2015). *Naskah Diterima Naskah Diterima*. 010, 1–22.
- Torotwa, I., & Ji, C. (2018). A study of the mixing performance of different impeller designs in stirred vessels using computational fluid dynamics. *Designs*, 2(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/designs2010010>
- Zhang, Q., De Oliveira Vigier, K., Royer, S., & Jérôme, F. (2012). Deep eutectic solvents: Syntheses, properties and applications. *Chemical Society Reviews*, 41(21), 7108–7146. <https://doi.org/10.1039/c2cs35178a>