SINTESIS DAN KARAKTERISASI *DEEP EUTECTIC SOLVENT* (DES) BERBASIS GLUKOSA DAN ASAM SITRAT

AFRILITA HAUDRIGA WANDARI
NIM H1031211041

SKRIPSI

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

SINTESIS DAN KARAKTERISASI *DEEP EUTECTIC SOLVENT* (DES) BERBASIS GLUKOSA DAN ASAM SITRAT

AFRILITA HAUDRIGA WANDARI
NIM H1031211041

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada program Studi Kimia

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Sintesis dan Karakterisasi *Deep Eutectic Solvent* (DES) Berbasis Glukosa dan Asam Sitrat
Nama	: Afrilita Haudriga Wandari
NIM	: H1031211041
Jurusan/Program Studi	: Kimia/S-1-Kimia
Tanggal Lulus	: 9 September 2025
SK. Pembimbing	: No. 5699/UN22.8/TD.06/2024/31 Desember 2024
SK. Penguji	: No. 2836/UN22.8/TD.06/2025/26 Agustus 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Winda Rahmalia, S.Si., M.Si.	Risya Sasri, S.Si., M.Sc.
NIP. 198402272008122004	NIP. 199003102023212041

Dosen Penguji

Penguji I	Penguji II
Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si., M.Si.	Adhitiyawarman, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197109202000121001	NIP. 198409192008121001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Winda Rahmalia, S.Si., M.Si.	Risya Sasri, S.Si., M.Sc.
NIP. 198402272008122004	NIP. 199003102023212041

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP. 192108022000031001

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Afrilita Haudriga Wandari
NIM	: H1031211041
Program Studi/Jurusan	: Kimia/S1-Kimia
Fakultas	: MIPA

Dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 9 September 2025



Afrilita Haudriga Wandari

H1031211041

Sintesis dan Karakterisasi *Deep Eutectic Solvent* (DES) Berbasis Glukosa dan Asam Sitrat

Abstrak

Deep eutectic solvent (DES) atau pelarut eutektik merupakan jenis campuran biner atau terner yang terjadi karena adanya interaksi dengan ikatan hidrogen antara *hydrogen bond donor* (HBD) dan *hydrogen bond acceptor* (HBA). Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan menganalisis sifat fisikokimia DES berbasis glukosa sebagai HBD dan asam sitrat sebagai HBA. DES yang berhasil disintesis menggunakan fraksi mol asam sitrat 0,5 menunjukkan karakteristik cairan kental berwarna kuning kecoklatan dan homogen yang stabil pada suhu ruang. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa DES memiliki pH asam sebesar 3, densitas 1,51 ± 0,00 g/mL, viskositas tinggi sebesar 1,71 x 10^5 cP.s, dan konduktivitas sebesar 4,11 ± 0,02 mS/cm. Analisis FTIR menunjukkan terjadinya interaksi ikatan hidrogen antara gugus hidroksil glukosa dan gugus karboksilat asam sitrat, sedangkan analisis DSC mengindikasikan stabilitas termal DES hingga suhu dekomposisi sebesar 172,28°C dengan titik leleh yang lebih rendah dibandingkan komponen murninya, yaitu berada pada 24,67°C. Pengujian polaritas menggunakan *nile red* menghasilkan nilai E_{NR} sebesar 44,67 ± 0,14 kkal/mol, menandakan bahwa DES yang disintesis memiliki polaritas sangat tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, DES berbasis glukosa-asam sitrat berpotensi sebagai pelarut hijau yang ramah lingkungan dengan kestabilan termal dan karakteristik fisikokimia yang mendukung berbagai aplikasi kimia.

Kata Kunci: *Deep eutectic solvent*, glukosa, asam sitrat, ikatan hidrogen

Synthesis and Characterization of Glucose-Citric Acid Based Deep Eutectic Solvent (DES)

Abstract

Deep eutectic solvents (DESs) are a type of binary or ternary mixture formed through hydrogen bonding interactions between a hydrogen bond donor (HBD) and a hydrogen bond acceptor (HBA). This study aims to synthesize and analyze the physicochemical properties of a DES based on glucose as the HBD and citric acid as the HBA. DES was successfully synthesized using a mole fraction of citric acid of 0.5 exhibited a thick, homogeneous, yellow-brown liquid that remained stable at room temperature. The characterization results revealed that the DES had an acidic pH of 3, a density of 1.51 ± 0.00 g/mL, high viscosity of 1.71×10^5 cP·s, and conductivity of 4.11 ± 0.02 mS/cm. FTIR analysis confirmed the formation of hydrogen bonding interactions between the hydroxyl groups of glucose and the carboxyl groups of citric acid, while DSC analysis indicated thermal stability up to a decomposition temperature of 172.28°C and a melting point of 24.67°C, which is lower than that of the individual components. Polarity testing using nile red yielded an E_{NR} value of 44.67 ± 0.14 kcal/mol, indicating that the synthesized DES possessed very high polarity. Based on these findings, the glucose–citric acid DES has promising potential as an environmentally friendly green solvent with thermal stability and physicochemical properties suitable for various chemical applications.

Keywords: *Deep eutectic solvent, glucose, citric acid, hydrogen bonding*

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi *Deep Eutectic Solvent* (DES) Berbasis Glukosa dan Asam Sitrat" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan motivasi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ibu Netta Suryani dan Bapak M. Suparman Hadi, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moril dan materil, serta kasih sayang yang tidak pernah terputus sepanjang perjalanan studi penulis.
2. Dr. Winda Rahmalia, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing pertama dan pembimbing akademik, yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dari awal masa studi hingga akhir.
3. Risya Sasri, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing kedua, yang telah dengan sabar memberikan arahan, waktu, serta bimbingan selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si., M.Si. dan Bapak Adhitiyawarman, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, masukan dan saran konstruktif untuk penyempurnaan skripsi ini.
5. Prof. Rudiansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Tanjungpura, beserta seluruh staf laboratorium yang telah membantu dan mendukung kelancaran selama proses penelitian.
6. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas dalam penyelesaian studi ini.

7. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.
8. Seluruh dosen dan staf akademik Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, atas segala ilmu, bimbingan, serta dukungan akademik yang telah diberikan selama masa studi penulis.
9. Keluarga besar penulis, atas semangat, doa dan perhatian yang diberikan sepanjang proses penyusunan skripsi ini.
10. Rekan-rekan Scandium 21 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, penulis ucapkan terimakasih atas kenangan dan pengalaman yang sangat berharga dari awal perkuliahan hingga akhir.
11. Sahabat penulis, Jelita Aprilia, Alya Putri, Intan, Anisatul, Jusanto Buja, Mia Anggraini, Fahrunisa Aulia. Penulis ucapkan terima kasih untuk setiap kebersamaan, dukungan, bantuan dan motivasi yang turut menguatkan penulis hingga akhir penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dalam penyempurnaan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi sumbangsih kecil dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang kimia dan teknologi pemurnian minyak nabati.

Pontianak, 9 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 *Deep Eutectic Solvent* (DES) 4
2.2 Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) 6
2.3 Asam Sitrat ($C_6O_8H_7$) 7
2.4 Karakterisasi DES 8
2.4.1 pH 8
2.4.2 Densitas 8
2.4.3 Viskositas 9
2.4.4 Konduktivitas 10
2.4.5 Polaritas 11
2.4.6 Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) 12
2.4.7 Analisis Termal dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) 13
BAB III METODOLOGI 15
3.1 Waktu dan Tempat 15
3.2 Alat dan Bahan 15
3.3 Prosedur Kerja 15
3.3.1 Preparasi *Deep Eutectic Solvent* (DES) 15
3.3.2 Uji Titik Leleh 16

3.3.3 Uji pH 16
3.3.4 Densitas 16
3.3.5 Viskositas 16
3.3.6 Konduktivitas 16
3.3.7 Polaritas 17
3.3.8 Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) 18
3.3.9 Analisis *Differential Scanning Calorimetry* (DES) 18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Preparasi dan Karakterisasi Fisik *Deep Eutectic Solvent* (DES) 19
4.2 Analisis FTIR 30
4.3 Analisis DSC 32
BAB V PENUTUP 35
5.1 Simpulan 35
5.2 Saran 35
DAFTAR PUSTAKA 36
LAMPIRAN 42

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2. 1 Formulasi Umum dari Klasifikasi DES 5
Tabel 4. 1 Data Nilai E_{NR} Berbagai Pelarut 28

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2. 1 Skematik Diagram Fasa Eutektik Sistem Biner (Smith *et al*., 2014) 5
Gambar 2. 2 Struktur Molekul Glukosa 6
Gambar 2. 3 Struktur Molekul Asam Sitrat 7
Gambar 2. 4 Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis 12
Gambar 2. 5 Skema Alat Spektroskopi FTIR 13
Gambar 2. 6 Skema Alat DSC14
Gambar 4. 1 Hasil Sintesis DES Glukosa-Asam Sitrat Menggunakan $X_{as.sitrat}$ (0,1-0,9) 19
Gambar 4. 2 Diagram Fasa DES Glukosa-Asam Sitrat pada $X_{as.sitrat}$ (0,1-0,9) 21
Gambar 4. 3 Struktur Molekul *Nile Red* 26
Gambar 4. 4 Larutan *Nile Red* (5 mM) dalam Pelarut (a) N-Heksana, (b) Etanol, (c) Air dan (d) DES 27
Gambar 4. 5 Spektrum Absorbansi dari Pewarna *Nile Red* dalam (a) N-Heksana, (b) Etanol, (c) Air dan (d) DES 28
Gambar 4. 6 Spektrum Analisis FTIR Asam Sitrat (a), Glukosa (b) dan (c) DES 31
Gambar 4. 7 Kemungkinan Mekanisme Pembentukan Ikatan Hidrogen pada DES Glukosa:Asam Sitrat 32
Gambar 4. 8 Termogram DSC dari DES Berbasis Glukosa-Asam Sitrat ... 33

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian 42
Lampiran 2. Perhitungan 42
Lampiran 3. Foto Dokumentasi 49
Lampiran 4. Hasil Analisis Spektrum Absorbansi *Nile Red* 53
Lampiran 5. Hasil Analisis Spektrum FTIR 55
Lampiran 6. Hasil Analisis DSC 57

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Deep eutectic solvent (DES) atau pelarut eutektik merupakan jenis campuran biner atau terner yang terjadi karena adanya ikatan hidrogen yang terbentuk. Komponen yang pertama akan bertindak sebagai *hydrogen bond donor* (HBD) dan komponen lainnya bertindak sebagai *hydrogen bond acceptor* (HBA) (Janicka *et al*., 2022). Kombinasi dari HBD dan HBA dengan rasio molar yang tepat dapat memperoleh campuran eutektik dengan titik leleh yang lebih rendah dibandingkan komponen murni penyusunnya (Adhitya *et al*., 2023). Senyawa HBA yang sering digunakan dalam sintesis DES yaitu kolin klorida (ChCl), asam karboksilat, $ZnCl_2$ dan $FeCl_3$, sedangkan HBD yang sering digunakan yaitu urea, asam suksinat, glukosa dan gliserol (Li & Row, 2016).

DES digolongkan juga sebagai cairan ionik, karena memiliki kemiripan sifat yaitu rentang cairan yang luas, kompatibilitas air, tekanan uap rendah dan non-volatilitas (Azmi *et al*., 2022). Sebagai cairan ionik, DES memiliki konduktivitas listrik yang cukup tinggi (Adhitya *et al*., 2023). Hal ini dikarenakan adanya paparan medan listrik yang dapat memicu pergerakan ion atau transfer muatan melalui ruang kosong di dalam DES. Kemampuan pergerakan ion inilah yang dapat menentukan besarnya konduktivitas listrik suatu cairan (Rodrigues *et al*., 2019). DES memiliki harga yang relatif lebih murah dibandingkan dengan cairan ionik sehingga banyak digunakan dalam berbagai aplikasi perangkat elektrokimia (Dong *et al*., 2022).

DES menjadi alternatif lain yang dapat digunakan sebagai *green solvent* karena bersifat ramah lingkungan serta memiliki sifat fisikokimia yang unik seperti titik leleh lebih rendah dibandingkan komponen penyusunya, non-volatil, tidak mudah terbakar, kapasitas penyerapan yang tinggi, tidak beracun serta stabilitas termal yang tinggi (Słupek *et al*., 2020). Umumnya, DES berupa cairan bening dan kental yang berwarna putih hingga kuning kecoklatan. DES berbeda dengan kebanyakan material standar, karena DES memiliki karakteristik transisi termal

yang beragam. Banyak senyawa DES mudah mengalami kristalisasi yang sangat dipengaruhi oleh susunan kimianya dan seberapa cepat proses pendinginannya (Hansen *et al*., 2021).

Pada penelitian ini, DES akan disintesis menggunakan glukosa sebagai HBA dan asam sitrat sebagai HBD. Pemilihan DES berbasis glukosa dan asam sitrat dikarenakan kedua komponen ini relatif murah, mudah didapatkan dan tidak bersifat toksik sehingga dapat dijadikan sebagai *green solvent* (Yusuf *et al*., 2021). Selain itu, glukosa dan asam sitrat dapat membentuk ikatan hidrogen (Syafira, 2023) dikarenakan glukosa mengandung banyak gugus hidroksil (-OH) serta asam sitrat mengandung gugus satu hidroksil dan tiga gugus karboksil (-COOH) (Ahdiyati, 2020). DES berbasis glukosa dan asam sitrat memiliki potensi yang tinggi sebagai *green solvent* dalam ekstraksi senyawa bioaktif seperti antosianin, menggantikan pelarut konvensional seperti etanol. Penelitian yang telah dilakukan oleh Meganingtyas & Alauhdin (2021), menunjukkan bahwa campuran asam sitrat dan etanol efektif digunakan dalam proses ekstraksi antosianin dari kulit buah naga, menghasilkan stabilitas ekstrak yang baik.

Saat ini, DES banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi seperti pemurnian air (Janicka *et al*., 2022), sebagai pelarut ekstraksi dalam industri (Dai *et al*., 2013; Paradiso *et al*., 2016), untuk proses pemisahan gas atau pemurnian gas (Atilhan & Aparicio, 2021), sintesis (Qin *et al*., 2020) katalisis (Ünlü *et al*., 2019), pelapisan logam, elektrokimia, sintesis material, bioteknologi (Gurkan *et al*., 2020) dan untuk memodifikasi adsorben (Lawal *et al*., 2019).

DES yang terbentuk kemudian dikarakterisasi dengan berbagai parameter penting untuk mengetahui sifat fisikokimia dan stabilitas termalnya. Parameter yang dianalisis meliputi titik leleh, pH, densitas, viskositas, konduktivitas, polaritas, identifikasi gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), serta analisis termal dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik fisikokimia DES berbasis glukosa dan asam sitrat berdasarkan hasil pengukuran pH, densitas, viskositas, polaritas dan konduktivitas?
2. Bagaimana interaksi antara glukosa dan asam sitrat dalam membentuk DES berdasarkan analisis FTIR?
3. Bagaimana profil stabilitas termal DES yang dihasilkan berdasarkan analisis DSC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis sifat fisikokimia DES yang terbentuk melalui pengukuran pH, densitas, viskositas, polaritas dan konduktivitas.
2. Mengetahui interaksi antara glukosa dan asam sitrat dalam membentuk DES berdasarkan analisis FTIR.
3. Menentukan profil stabilitas termal DES melalui analisis DSC.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam menentukan kelayakan DES berbasis glukosa dan asam sitrat untuk berbagai aplikasi, terutama digunakan sebagai pelarut alternatif pengganti pelarut konvensional dalam proses ekstraksi senyawa bioaktif seperti polifenol, antosianin, dan lain sebagainya.