



**KONVERSI SELEKTIF FURFURIL ALKOHOL MENJADI
1,5-PENTANADIOL MENGGUNAKAN KATALIS DUA LOGAM Ru-Sn
TEREMBANKAN PADA γ -Al₂O₃-ZrO₂**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi persyaratan
dalam menyelesaikan program sarjana Strata-1 Kimia**

Oleh:

**Arif Ridhoni
NIM 1911012210019**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
DESEMBER 2023**

**KONVERSI SELEKTIF FURFURIL ALKOHOL MENJADI
1,5-PENTANADIOL MENGGUNAKAN KATALIS DUA LOGAM Ru-Sn
TEREMBANKAN PADA γ -Al₂O₃-ZrO₂**

Oleh:

**Arif Ridhoni
NIM 1911012210019**

Pembimbing,



Prof. Rodiansono, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19730411 200012 1 001

Mengetahui

Koordinator Program Studi Kimia,



Utami Irawati, S.Si., M.ES., Ph.D
NIP. 19810214 200501 2 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarbaru, Desember 2023

Arif Ridhoni
NIM 1911012210019

ABSTRAK

KONVERSI SELEKTIF FURFURIL ALKOHOL MENJADI 1,5-PENTANADIOL MENGGUNAKAN KATALIS DUA LOGAM Ru-Sn TEREMBANKAN PADA γ -Al₂O₃-ZrO₂ (Oleh Arif Ridhoni; Pembimbing; Prof. Rodiansono, S. Si., M. Si., Ph. D; 2023; 28 halaman)

Katalis dua logam rutenium-timah terembankan pada campuran γ -Al₂O₃-ZrO₂ (Ru-Sn/ γ -Al₂O₃-ZrO₂) telah disintesis dengan metode kopresipitasi-hidrotermal pada suhu 150 °C selama 24 jam dan dilanjutkan aktivasi dengan gas H₂ pada suhu 400 °C selama 2 jam. Katalis Ru-Sn/ γ -Al₂O₃-ZrO₂ telah diuji kinerja katalitiknya pada konversi furfural alkohol (FFalc) menjadi 1,5-pentanadiol (1,5-PeD) dalam sistem reaktor statis *stainless-steel* (Taiatsu Techno Jepang). Hasil karakterisasi difraksi sinar-X (XRD) menunjukkan puncak difraksi pada $2\theta = 37.8^\circ, 45.7^\circ, 66.9^\circ$ yang merupakan γ -Al₂O₃ yang berturut-turut [311], [400], [440], sedangkan puncak difraksi pada $2\theta = 28.2^\circ, 31.5^\circ, 38.5^\circ, 50.1^\circ, 59.8^\circ$ yang merupakan ZrO₂ monoklinik berturut-turut [-111], [111], [120], [022], [131] yang sesuai dengan ICDD File No. 37-1484. Katalis Ru-Sn/ γ -Al₂O₃-ZrO₂ (0,5) (Ru = 5% b/b, rasio molar Ru/Sn = 3.0 dan 0,5 adalah rasio berat antara ZrO₂ dengan γ -Al₂O₃) menghasilkan produk 1,5-PeD tertinggi (75,32%) pada konversi FFalc 100% (suhu reaksi 140 °C, tekanan 1 MPa H₂, 3 mL pelarut H₂O selama 180 menit). Studi interaksi antara reaktan dan kemungkinan produk dengan padatan katalis telah dilakukan dan diamati menggunakan *Attenuated Total Reflectant-Infrared* (ATR-IR) terhadap campuran reaksi. Hasil ATR-IR menunjukkan adanya puncak yang tajam pada bilangan gelombang 1630 cm⁻¹ yang merupakan pita serapan C=C tersubstitusi dari molekul (4,5-dihidrofuran-2-il)metanol (4,5-DHFM), sehingga rute reaksi pembentukan 1,5-PeD adalah dari FFalc mengalami hidrogenasi secara parsial membentuk 4,5-DHFM dilanjutkan dengan hidrogenolisis pembukaan cincin furan dan hidrogenasi pada permukaan katalis yang bersifat asam membentuk produk akhir membentuk 1,5-PeD.

Kata kunci: Katalis dua logam Ru-Sn, γ -Al₂O₃-ZrO₂, furfural alkohol, 1,5-pentanadiol, (4,5-dihidrofuran-2-il)metanol.

ABSTRACT

SELECTIVE CONVERSION OF FURFURYL ALCOHOL TO 1,5-PENTANEDIOL USING BIMETALIC Ru-Sn SUPPORTED ON γ -Al₂O₃-ZrO₂ CATALYST (By: Arif Ridhoni; Supervisor; Prof. Rodiansono, S. Si., M. Si., Ph. D; 2023; 28 pages)

Bimetallic ruthenium-tin supported on γ -Al₂O₃-ZrO₂ (Ru-Sn/ γ -Al₂O₃-ZrO₂) catalyst was synthesized by using coprecipitation-hydrothermal method at 150 °C for 24 h followed by the reduction process with H₂ at 400 °C for 2 h. The catalytic performance of the synthesized catalysts was tested in the selective conversion of furfuryl alcohol (FFalc) to 1,5-pentanediol (1,5-PeD) in a stainless-steel batch reaction system (Taiatsu Techno Japan). Result of X-ray diffraction (XRD) characterization showed the typical peaks of $2\theta = 37.8^\circ, 45.7^\circ, 66.9^\circ$ which are corresponding to the structure of γ -Al₂O₃ [311], [400], [440]. The diffraction peaks at $2\theta = 28.2^\circ, 31.5^\circ, 38.5^\circ, 50.1^\circ, 59.8^\circ$ are corresponding to the monoclinic structure of ZrO₂ [-111], [111], [120], [022], [131] (ICDD # 37-1484). Ru-Sn/ γ -Al₂O₃(2,0)-ZrO₂ catalyst (Ru = 5 wt%, Ru/Sn molar ratio is 3.0 and 0.5 is the weight ratio between ZrO₂ and γ -Al₂O₃) resulted the highest yield of 1,5-PeD (75,32%) at 100% conversion of FFalc (140 °C, 1 MPa of H₂, 3 mL H₂O solvent for 3 h). A study of interaction between the reactant and possible intermediate on the solid surface of catalyst was carried out and monitored by using Attenuated Total Reflectant-Infrared spectroscopy (ATR-IR). The result indicated that a sharp peak at 1630 cm⁻¹ which can be attributed to substituted C=C band of (4,5-dihydrofuran-2-yl)methanol (4,5-DHFM) is clearly observed. Therefore, the reaction route of 1,5-PeD formation is from FFalc partially hydrogenated to form 4,5-DHFM followed by hydrogenolysis of furan ring opening and hydrogenation on the acidic catalyst surface to form the final product 1,5-PeD.

Keywords: bimetallic Ru-Sn, γ -Al₂O₃-ZrO₂, furfuryl alcohol, 1,5-pentanediol, (4,5-dihydrofuran-2-yl)methanol.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penelitian dan skripsi yang berjudul “Konversi Selektif Furfuril Alkohol Menjadi 1,5-Pentanadiol Menggunakan Katalis Dua Logam Ru-Sn Terembankan pada γ -Al₂O₃-ZrO₂” ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada:

1. Prof. Rodiansono, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing tugas akhir dan pembimbing Akademik yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada saat pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Dyah Ayu Pramoda Wardani, M.Sc dan Edi Mikrianto, S.Si., M.Si selaku dosen penguji yang telah menyediakan waktu untuk memberikan kritik dan saran agar skripsi ini menjadi lebih baik.
3. Prof. Sunardi, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis selama menempuh perkuliahan.
4. Utami Irawati, S.Si., M.ES., Ph.D selaku Koordinator Program Studi Kimia yang telah banyak membantu untuk penyelesaian tugas akhir.
5. Atina Sabila Azzahra, S.Si selaku asisten riset di Laboratorium Penelitian Material Anorganik dan Katalisis FMIPA ULM atas semua bantuan yang telah diberikan selama penulis melakukan penelitian.
6. Kedua orang tua dan seluruh anggota keluarga yang selalu memberikan dukungan dan do'a selama penulis melakukan penelitian dan menyelesaikan skripsi.
7. Teman-teman Inorganic Materials and Catalysis (IMCat) Research, teman satu angkatan (Rofthen Chemistry 19), dan sahabat-sahabat yang telah membantu dan memberikan do'a serta semangat.
8. Pihak BRIN dan LPDP yang telah memberikan dukungan pendanaan penelitian ini melalui skema Riset Inovasi Indonesia Maju dengan nomor kontrak: 79/IV/KS/11/2022 dan BPBD Sawit Skema GRS-16 dengan nomor kontrak: PRJ-49/2016.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak sempurna karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Banjarbaru, Desember 2023

Arif Ridhoni
NIM 1911012210019

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDULi
HALAMAN PENGESAHANii
PERNYATAANiii
ABSTRAKiv
ABSTRACTv
PRAKATAvi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABELx
DAFTAR GAMBARxi
BAB I PENDAHULUAN1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA4
2.1 Katalis Heterogen.....	4
2.2 Katalis Dua Logam (<i>Bimetalic Catalyst</i>).....	5
2.3 Sinergi Katalis Dua Logam.....	5
2.4 Modifikasi Pengembangan γ -Al ₂ O ₃ pada Sistem Katalis dalam Perolehan Produk 1,5-Pentanadiol.....	6
2.5 Rute Reaksi Hidrogenasi Furfuril Alkohol menjadi 1,5-Pentanadiol.....	7
BAB III METODE PENELITIAN9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat.....	9
3.3 Bahan.....	9
3.4 Prosedur Kerja.....	10

3.4.1	Sintesis pengemban γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	10
3.4.2	Sintesis katalis Ru-Sn/ γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	10
3.4.3	Pemurnian furfuril alkohol	11
3.4.4	Reaksi katalitik terhadap furfuril alkohol.....	11
3.4.5	Karakterisasi XRD	11
3.4.6	Analisis GC	12
3.4.7	Analisis ATR-IR	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		13
4.1	Karakterisasi XRD	13
4.2	Reaksi Katalitik.....	15
4.2.1	Skrining katalis untuk konversi furfuril alkohol	15
4.2.2	Efek komposisi pengemban γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	17
4.2.3	Efek tekanan awal H ₂	18
4.2.4	Efek suhu reaksi	19
4.2.5	Efek waktu reaksi.....	20
4.2.6	Uji pemakaian ulang (<i>reusability test</i>)	21
4.3	Analisis IR.....	22
BAB V PENUTUP.....		24
5.1	Kesimpulan	24
5.2	Saran.....	24
5.3	Ucapan Terima Kasih.....	24
DAFTAR PUSTAKA		26
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel kondisi pengukuran GC	12
2. Data konversi FFalc dan distribusi produk menggunakan katalis yang Reaksi p bervariasi	15
3. Data konversi dan <i>yield</i> menggunakan katalis Ru-Sn yang rasio pengembannya bervariasi.....	17
4. Data konversi dan <i>yield</i> menggunakan katalis Ru-Sn/ γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂ (0,5) dengan variasi tekanan.	19
5. Data konversi dan <i>yield</i> menggunakan katalis Ru-Sn/ γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂ (0,5) dengan variasi suhu.	20
6. Data konversi dan <i>yield</i> menggunakan katalis Ru-Sn/ γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂ (0,5) dengan variasi waktu	21
7. Data konversi dan <i>yield</i> menggunakan katalis Ru-Sn/ γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂ (0,5) dan dengan reaks pemakaian ulang katalis.....	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema reaksi umum pembentukan 1,5-PeD dari FFalc (Tomishige <i>et al.</i> , 2017)	7
2. Difraktrogram analisis XRD γ -Al ₂ O ₃ dan ZrO ₂	13
3. Difraktrogram analisis XRD katalis Ru-Sn/ γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	14
4. Skema reaksi konversi furfuril alkohol (FFalc) menjadi 1,5-pentanadiol (Mustari (2022) dan Nurfitriani (2023)).....	15
5. Kromatogram GC reaksi FFalc menjadi 1,5-PeD pada suhu 140 °C, tekanan H ₂ awal 1 MPa selama 180 menit.....	16
6. Spektra hasil analisis IR serapan pada permukaan katalis Ru-Sn / γ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂ dengan sedikit pelarut H ₂ O selama 30, 60, 90 dan 180 menit.....	23