UNIVERSITAS GADJAH MADA
Kajian Pengaruh Konsentrasi Logam Dan Ultrasonikasi Dalam Sintesis Katalis Pdâ€“Ni/C Pada Upgrading Minyak Ko-Pirolisis Fraksi Kerosin Melalui Deoksigenasi Menjadi Bio-Hidrokarbon
Melisa Uvictoria, Dr. Sri Sudiono, M.Si;Dr. Nabila Aprianti, S.T
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

PRAKATA **v**
DAFTAR ISI **vi**
DAFTAR GAMBAR **viii**
DAFTAR TABEL **x**
INTISARI **xi**
ABSTRACT **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Tujuan Penelitian 3
I.3 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS **5**
II.1 Tinjauan Pustaka 5
II.1.1 Katalis bi*metal* Pd-Ni pada karbon aktif 5
II 1.2 Metode impregnasi dan perbantuan sonikasi dalam preparasi katalis 10
II.1.3 Minyak ko-pirolisis pelepah sawit dan plastik polipropilen fraksi kerosin 11
II.1.4 Reaksi deoksigenasi bio-oil ko-pirolisis fraksi kerosin 19
II.1.5 Proses katalitik dalam sistem reaktor fixed batch 25
II.2 Perumusan Hipotesis dan Rancangan Penelitian 27
II.2.1 Perumusan Hipotesis I 27
II.2.2 Perumusan Hipotesis II 28
II.2.3 Perumusan Hipotesis III 28
II.2.4 Rancangan Penelitian 29
BAB III METODE PENELITIAN **31**
III.1 Bahan 31
III.2 Peralatan 31
III.3 Prosedur 31
III.3.1 Preparasi katalis Pd-Ni/C dengan bantuan ultrasonik 31
III.3.2 Karakterisasi katalis 35
III.3.3 Uji aktivitas katalitik hydro*treatment* 35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **37**
IV.1 Karakterisasi Katalis Pd-Ni/C 37
IV.1.1 Analisis spektra FTIR katalis Pd-Ni/C 37
IV.1.2 Analisis difraktogram XRD katalis Pd-Ni/C 40
IV.1.3 Analisis morfologi SEM dan distribusi logam EDS 45

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Kajian Pengaruh Konsentrasi Logam Dan Ultrasonikasi Dalam Sintesis Katalis Pdâ€“Ni/C Pada Upgrading Minyak Ko-Pirolisis Fraksi Kerosin Melalui Deoksigenasi Menjadi Bio-Hidrokarbon
Melisa Uvictoria, Dr. Sri Sudiono, M.Si;Dr. Nabila Aprianti, S.T
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

IV.1.4 Analisis keasaman NH_3-TPD katalis Pd-Ni/C 49
IV.2 Aplikasi katalis Pd-Ni/C dalam *upgrading* minyak ko-pirolisis secara *catalytic hydrotreatment* 51
IV.2.1 Identifikasi komposisi minyak ko-pirolisis fraksi kerosene 51
IV.2.2 Uji selektivitas katalis Pd-Ni/C pada *catalytic hydrotreatment* 58
IV.2.3 Evaluasi komposisi oksigenat pada minyak hasil ko-pirolisis melalui *catalytic hydrotreatment* 70
IV.2.4 Analisis gugus fungsi pada senyawa dalam minyak ko-pirolisis hasil *catalytic hydrotreating* 77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 79
V.1 Kesimpulan 79
V.2 Saran 80
DAFTAR PUSTAKA 81
LAMPIRAN 88

Kajian Pengaruh Konsentrasi Logam Dan Ultrasonikasi Dalam Sintesis Katalis Pdâ€“Ni/C Pada Upgrading
Minyak Ko-Pirolisis Fraksi Kerosin Melalui Deoksigenasi Menjadi Bio-Hidrokarbon
Melisa Uvictoria, Dr. Sri Sudiono, M.Si;Dr. Nabila Aprianti, S.T
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur grafena yang beresonansi dan susunan ikatan π dan sigma pada cincin aromatik grafena (Burkholder et al., 2022).	6
Gambar II.2	Konfigurasi elektron nikel	7
Gambar II.3	Konfigurasi elektron palladium	9
Gambar II.4	Situs asam pada support karbon dan interaksinya pada gugus oksigenat (Lowe et al., 2022)	10
Gambar II.5	Mekanisme depolimerisasi dan dehidrasi polimer selulosa (X. Zhang et al., 2013) &(Shen & Gu, 2009)	12
Gambar II.6	Mekanisme *cracking* polipropilen selama pirolisis (Cullis et al., 1972)	13
Gambar II.7	Proses radikal selulosa dengan polipropilen (Singh et al., 2023)	14
Gambar II.8	Mekanisme hydro*treatment* alifatik oksigenat (Hočevar et al., 2017)	20
Gambar II.9	Skema jalur reaksi konversi levoglukan, komponen utama penyusun selulosa (Op De Beeck et al., 2015)	21
Gambar II.10	Skema proses *hydrotreating* pada minyak pirolisis biomassa (Huber & Corma, 2007)	23
Gambar II.11	Mekanisme hidrodeoksigenasi selulosa menjadi n-heksana (Op De Beeck et al., 2015)	24
Gambar II.12	Reaksi dalam proses *hydrotreating* (Op De Beeck et al., 2015)	25
Gambar II.13	Aliran gas (G) dan cairan (L) dalam reaksi yang dikatalisis oleh katalis padat (Levenspiel, 1999)	27
Gambar III.1	Skema reaktor *hydrotreating* mengunakan heater hot plate	34
Gambar III.2	Reaktor *hydrotreating* tipe in-situ autoklaf	35
Gambar IV.1	Spektra FTIR katalis Pd-Ni/C dengan variasi *metal loading* 1%, 2%,dan 3% sebagai fungsi adsorbansi	38
Gambar IV.2	Skema pengikatan logam palladium dan nikel pada permukaan material karbon dan interaksi dengan gas H_2	39
Gambar IV.3	Difraktogram katalis (a) Pd-Ni/C 1%, (b) Pd-Ni/C 2%, dan (c) Pd-Ni/C 3%	41
Gambar IV.4	Citra SEM katalis Pd-Ni/C variasi *metal loading* (a) 1%, (b) 2%, dan (c) 3%	45
Gambar IV.5	EDX-Mapping untuk material katalis Pd-Ni/C variasi *metal loading* (a) 1%, (b) 2%, dan (c) 3%	46
Gambar IV.6	Grafik NH_3-TPD katalis Pd-Ni/C	49
Gambar IV.7	Skema situs asam dan *alloying* katalis Pd-Ni/C	51
Gambar IV.8	Distribusi jumlah atom pada hydrotreated bio-oil ko-pirolisis	52
Gambar IV.9	Mekanisme *cracking* pada situs asam katalis (Sie, 1992)	53
Gambar IV.10	Distribusi kelompok senyawa pada minyak catalytic *hydrotreating*	55
Gambar IV.11	Selektivitas komponen senyawa oksigenat, hidrokarbon, dan data *yield* minyak ko-pirolisis fraksi kerosene dalam *catalytic hydrotreatment*	56
Gambar IV.12	Histogram komposisi senyawa hidrokarbon pada minyak hasil *catalytic hydrotreatment* dengan katalis Pd-Ni/C 1%	59
Gambar IV.13	Proposal mekanisme reaksi konversi 2-butil oktanol menjadi 2-metil-2-hepten-4-on.	59

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Kajian Pengaruh Konsentrasi Logam Dan Ultrasonikasi Dalam Sintesis Katalis Pdâ€“Ni/C Pada Upgrading
Minyak Ko-Pirolisis Fraksi Kerosin Melalui Deoksigenasi Menjadi Bio-Hidrokarbon**
Melisa Uvictoria, Dr. Sri Sudiono, M.Si;Dr. Nabila Aprianti, S.T
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar IV.14	Proposal mekanisme konversi 2,4-dimetil-1-heptena (C9) menjadi dodekana (C12)	60
Gambar IV.15	Histogram komposisi senyawa hidrokarbon pada minyak hasil *catalytic hydrotreatment*dengan katalis Pd-Ni/C 2% dan distribusi atom karbon	61
Gambar IV.16	Konversi 2-butiloktan-1-ol (C12) menjadi parafin	62
Gambar IV.17	Proposal mekanisme deoksigenasi tipe hidrodeoksigenasi pada golongan alkohol menjadi parafin	63
Gambar IV.18	Histogram komposisi senyawa hidrokarbon pada minyak hasil *catalytic hydrotreatment*dengan katalis Pd-Ni/C 2%_US	64
Gambar IV.19	Proposal mekanisme konversi 2,4-dimetil-1-heptena (C9) menjadi p-xilena (C8)	65
Gambar IV.20	Histogram komposisi senyawa hidrokarbon pada minyak hasil *catalytic hydrotreatment*dengan katalis Pd-Ni/C 3% dan distribusi atom karbon	66
Gambar IV.21	Proposal mekanisme konversi 2,4-dimetil-1-heptena (C9) menjadi 1,3,5-trimetilsikloheksana (C9)	68
Gambar IV.22	Selektivitas senyawa oksigenat pada minyak ko-pirolisis fraksi kerosin hasil *catalytic hydrotreatment*	70
Gambar IV.23	Jalur reaksi dan skema situs asam dalam deoksigenasi dan catalytic *hydrocracking* pada katalis Pd-Ni/C	76
Gambar IV.24	Spektra FT-IR produk cair *catalytic hydrotreatment*	77

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Kajian Pengaruh Konsentrasi Logam Dan Ultrasonikasi Dalam Sintesis Katalis Pdâ€“Ni/C Pada Upgrading Minyak Ko-Pirolisis Fraksi Kerosin Melalui Deoksigenasi Menjadi Bio-Hidrokarbon
Melisa Uvictoria, Dr. Sri Sudiono, M.Si;Dr. Nabila Aprianti, S.T
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Kelompok senyawa hidrokarbon dan oksigenat pada minyak ko-pirolisis mentah, terdistilasi fraksi kerosin, dan standar aviasi	15
Tabel II.2	Komparasi kompatibilitas properti fraksi minyak terhadap standar bahan bakar aviasi	18
Tabel II.3	Pemetaan hipotesis, variabel, data pembuktian, dan indikator keberhasilan penelitian	30
Tabel IV.1	Hasil interpretasi spektra FT-IR katalis Pd-Ni/C dengan variasi *metal loading* 1%, 2%, dan 3%	39
Tabel IV.2	2 theta dan d-spacing pada fase kristal katalis Pd-Ni/C	41
Tabel IV.3	Kristalinitas dari katalis Pd-Ni/C	44
Tabel IV.4	Distribusi massa unsur dari katalis Pd-Ni/C	47
Tabel IV.5	Distribusi keasaman katalis dengan NH_3-TPD	50
Tabel IV.6	Komposisi senyawa dalam minyak ko-pirolisis fraksi kerosene	57
Tabel IV.7	Komposisi senyawa pada minyak hasil *catalytic hydrotreatment* menggunakan katalis Pd-Ni/C 1%	61
Tabel IV.8	Komposisi senyawa pada minyak hasil *catalytic hydrotreatment* menggunakan katalis Pd-Ni/C 2%	63
Tabel IV.9	Komposisi senyawa pada produk cair upgraded melalui catalytic *hydrotreating* menggunakan katalis Pd-Ni/C 2% dengan variasi ultrasonifikasi	66
Tabel IV.10	Komposisi senyawa pada produk cair upgraded melalui catalytic *hydrotreating* menggunakan katalis Pd-Ni/C 3%	67
Tabel IV.11	Komposisi senyawa oksigenat minyak ko-pirolisis pelepah sawit dan polipropilen fraksi kerosin	71
Tabel IV.12	Komposisi senyawa oksigenat pada minyak hasil *catalytic hydrotreatment* menggunakan katalis Pd-Ni/C 1%	71
Tabel IV.13	Komposisi senyawa oksigenat pada minyak hasil *catalytic hydrotreatment* menggunakan katalis Pd-Ni/C 2%	72
Tabel IV.14	Komposisi senyawa oksigenat pada minyak hasil catalytic *hydrotreating* dengan katalis Pd-Ni/C 3%	73
Tabel IV.15	Komposisi senyawa oksigenat pada minyak hasil catalytic *hydrotreating* dengan katalis Pd-Ni/C 2%_US	74
Tabel IV.16	Komposisi senyawa oksigenat bahan bakar aviasi konvensional	75