Katalis Nikel Terimpregnasi pada Alumina Mesopori dari Limbah Aluminium Foil Tercetak Ekstrak Biji
Lerak untuk Hydrotreating Minyak Nyamplung menjadi Bioavtur Berbantuan Microwave
Putri Ardiana Dwi Rahmawati, Dr. Sri Sudiono, S.Si., M.Si. ; Prof. Dr.rer.nat. Drs. Karna Wijaya, M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

SKRIPSI **i**
HALAMAN PENGESAHAN **ii**
PERNYATAAN **iii**
HALAMAN PERSEMBAHAN **iv**
PRAKATA **v**
DAFTAR ISI **vi**
DAFTAR GAMBAR **viii**
DAFTAR TABEL **x**
DAFTAR LAMPIRAN **xi**
INTISARI **xii**
ABSTRACT **xiii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Tujuan Penelitian 6
I.3 Manfaat Penelitian 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS **8**
II.1 Tinjauan Pustaka 8
II.1.1 Minyak nyamplung sebagai bahan baku pembuatan bioavtur 8
II.1.2 Proses *hydrotreating* untuk konversi minyak nyamplung menjadi bioavtur 10
II.1.3 Alumina mesopori sebagai material pengemban katalis 13
II.1.4 Logam nikel sebagai katalis *hydrotreating* 18
II.1.5 Pemanasan dengan bantuan *microwave* 20
II.2 Perumusan Hipotesis dan Rancangan Penelitian 23
II.2.1 Perumusan hipotesis I 23
II.2.2 Perumusan hipotesis II 24
II.2.3 Perumusan hipotesis III 24
II.2.4 Rancangan penelitian 25
BAB III METODE PENELITIAN **27**
III.1 Bahan Penelitian 27
III.2 Alat Penelitian 27
III.3 Prosedur Penelitian 28
III.3.1 Sintesis alumina mesopori menggunakan ekstrak biji lerak 28
III.3.2 Impregnasi logam nikel pada alumina mesopori 28
III.3.3 Aplikasi katalis untuk produksi bioavtur 29
III.3.4 Uji *reusability* katalis terbaik 30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **31**
IV.1 Karakterisasi Material Pengemban 31
IV.1.1 Analisis kandungan senyawa dalam ekstrak biji lerak dengan uji fitokimia 32

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Katalis Nikel Terimpregnasi pada Alumina Mesopori dari Limbah Aluminium Foil Tercetak Ekstrak Biji Lerak untuk Hydrotreating Minyak Nyamplung menjadi Bioavtur Berbantuan Microwave
Putri Ardiana Dwi Rahmawati, Dr. Sri Sudiono, S.Si., M.Si. ; Prof. Dr.rer.nat. Drs. Karna Wijaya, M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

IV.1.2 Analisis gugus fungsional ekstrak biji lerak menggunakan FTIR 33
IV.1.3 Analisis persentase senyawa menggunakan XRF 34
IV.1.4 Analisis gugus fungsional material pengemban menggunakan FTIR 35
IV.1.5 Analisis kristalinitas material pengemban menggunakan XRD 35
IV.1.6 Analisis sifat tekstural material pengemban menggunakan SAA 37
IV.1.7 Analisis keasaman material pengemban dengan NH_3–TPD 39
IV.1.8 Analisis morfologi material pengemban dengan FESEM–EDX *mapping* dan TEM–SAED 41
IV.2 Karakterisasi Katalis 44
IV.2.1 Analisis gugus fungsional katalis menggunakan FTIR 45
IV.2.2 Analisis kristalinitas katalis menggunakan XRD 46
IV.2.3 Analisis sifat tekstural katalis menggunakan SAA 48
IV.2.4 Analisis keasaman katalis dengan NH_3–TPD 51
IV.2.5 Analisis morfologi katalis dengan FESEM–EDX *mapping* dan TEM–SAED 53
IV.3 Aplikasi Material Pengemban dan Katalis untuk *Hydrotreating* Minyak Nyamplung menjadi Bioavtur 57
IV.3.1 Uji aktivitas dan selektivitas material pengemban 57
IV.3.2 Uji aktivitas dan selektivitas material katalis 61
IV.3.3 Uji *reusability* katalis 69
IV.3.4 Evaluasi produk bioavtur 77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 88
V.1 Kesimpulan 88
V.2 Saran 88
DAFTAR PUSTAKA 90
LAMPIRAN 101

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Katalis Nikel Terimpregnasi pada Alumina Mesopori dari Limbah Aluminium Foil Tercetak Ekstrak Biji Lerak untuk Hydrotreating Minyak Nyamplung menjadi Bioavtur Berbantuan Microwave
Putri Ardiana Dwi Rahmawati, Dr. Sri Sudiono, S.Si., M.Si. ; Prof. Dr.rer.nat. Drs. Karna Wijaya, M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Mekanisme reaksi *hydrocracking* melalui pembentukan ion karbenium	12
Gambar II.2	Mekanisme reaksi *hydrocracking* melalui pembentukan ion karbonium terkoordinasi penta	12
Gambar II.3	Struktur kristalografi material γ-Al_2O_3 (Gu *et al.*, 2018)	14
Gambar II.4	Usulan mekanisme sintesis γ-alumina mesopori menggunakan CTAB sebagai template dan sodium tartrat sebagai ko-templat	17
Gambar II.5	Ilustrasi gugus hidrofilik dan hidrofobik pada saponin (a) struktur molekul saponin pada ekstrak biji lerak dan (b) struktur surfaktan	18
Gambar II.6	Komponen medan listrik (E) dan medan magnetik (H) yang terdapat pada gelombang mikro	21
Gambar II.7	Ilustrasi perbedaan pemanasan konvensional dengan pemanasan berbantuan gelombang mikro	22
Gambar III.1	Skema reaktor *hydrotreating* atmosferik dengan pemanasan berbantuan *microwave*	29
Gambar IV.1	Spektrum FTIR ekstrak biji lerak	34
Gambar IV.2	Spektra FTIR dari (a) MA 5, (b) MA 10, dan (c) MA 15	35
Gambar IV.3	Difraktrogram sinar-X dari (a) MA 5, (b) MA 10, dan (c) MA 15	36
Gambar IV.4	Kurva isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 material pengemban	38
Gambar IV.5	Kurva distribusi diameter pori material pengemban	39
Gambar IV.6	Kurva analisis NH_3-TPD material pengemban	40
Gambar IV.7	Citra FESEM pada perbesaran 5000× dari (a) MA 5, (b) MA 10, dan (c) MA 15	42
Gambar IV.8	Citra TEM skala (a) 100 nm, (b) 20 nm, dan (c) pola SAED dari MA 10	43
Gambar IV.9	Kurva distribusi ukuran partikel MA 10	44
Gambar IV.10	Spektra FTIR dari (a) MA 10, (b) Ni 2,5/MA, (c) Ni 5/MA, dan (d) Ni 7,5/MA	45
Gambar IV.11	Difraktogram sinar–X (a) MA 10 (b) Ni 2,5/MA (c) Ni 5/MA (d) Ni 7,5/MA	46
Gambar IV.12	Kurva isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 material katalis	48
Gambar IV.13	Ilustrasi permukaan dan pori pada material (a) MA dan (b) Ni 5/MA	50
Gambar IV.14	Kurva distribusi diameter pori material katalis	51
Gambar IV.15	Kurva analisis NH_3-TPD material katalis	51
Gambar IV.16	Citra FESEM material katalis (a) MA 10, (b) Ni 2,5/MA, (c) Ni 5/MA, (d) Ni 7,5/MA	54
Gambar IV.17	*Mapping* unsur Al, O, dan Ni pada (a) Ni 2,5/MA, (b) Ni 5/MA, dan (c) Ni 7,5/MA	55

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Katalis Nikel Terimpregnasi pada Alumina Mesopori dari Limbah Aluminium Foil Tercetak Ekstrak Biji Lerak untuk Hydrotreating Minyak Nyamplung menjadi Bioavtur Berbantuan Microwave
Putri Ardiana Dwi Rahmawati, Dr. Sri Sudiono, S.Si., M.Si. ; Prof. Dr.rer.nat. Drs. Karna Wijaya, M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar IV.18 Citra TEM skala (a) 100 nm, (b) 20 nm, dan (c) pola SAED dari Ni 5/MA 56
Gambar IV.19 Kurva distribusi ukuran partikel Ni 5/MA 57
Gambar IV.20 Selektivitas material pengemban terhadap hidrokarbon fraksi avtur 60
Gambar IV.21 *Yield* bioavtur dari *hydrotreating* minyak nyamplung dengan variasi pengemban 61
Gambar IV.22 Selektivitas katalis terhadap hidrokarbon fraksi avtur 64
Gambar IV.23 *Yield* bioavtur hasil *hydrotreating* minyak nyamplung dengan variasi katalis 65
Gambar IV.24 Usulan mekanisme reaksi konversi minyak nyamplung menjadi bioavtur menggunakan katalis Ni 5/MA 67
Gambar IV.25 Selektivitas katalis Ni 5/MA terhadap hidrokarbon fraksi avtur pada uji *reusability* 70
Gambar IV.26 *Yield* bioavtur hasil uji *reusability* katalis Ni 5/MA 70
Gambar IV.27 Spektra katalis Ni 5/MA (a) *fresh* dan (b) *spent* 71
Gambar IV.28 Difraktogram XRD katalis Ni 5/MA (a) *fresh* dan (b) *spent* 72
Gambar IV.29 Citra FESEM (a) Ni 5/MA *fresh* (b) Ni 5/MA *spent* 74
Gambar IV.30 *Mapping* unsur Al, O, C, dan Ni pada katalis Ni 5/MA *spent* 75
Gambar IV.31 Kurva isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 katalis Ni 5/MA *fresh* dan *spent* 76
Gambar IV.32 Kurva distribusi diameter pori katalis Ni 5/MA *fresh* dan *spent* 76
Gambar IV.33 Histogram distribusi jumlah atom karbon dalam produk cair hasil *hydrotreating* minyak nyamplung menggunakan material pengemban 77
Gambar IV.34 Histogram distribusi kelompok senyawa hidrokarbon dalam produk cair hasil *hydrotreating* minyak nyamplung menggunakan material pengemban 78
Gambar IV.35 Histogram distribusi jumlah atom karbon dalam produk cair hasil *hydrotreating* minyak nyamplung menggunakan material katalis 79
Gambar IV.36 Histogram distribusi kelompok senyawa hidrokarbon dalam produk cair hasil *hydrotreating* minyak nyamplung menggunakan material katalis 80
Gambar IV.37 Histogram distribusi jumlah atom karbon dalam produk cair hasil uji *reusability* katalis Ni 5/MA 81
Gambar IV.38 Histogram distribusi kelompok senyawa hidrokarbon dalam produk cair hasil uji *reusability* katalis Ni 5/MA 82
Gambar IV.39 Histogram distribusi jumlah atom karbon dalam produk bioavtur terbaik dan Jet A-1 83
Gambar IV.40 Histogram distribusi kelompok senyawa hidrokarbon dalam produk bioavtur terbaik dan Jet A-1 84
Gambar IV.41 Spektra FTIR dari (a) umpan minyak nyamplung, (b) produk cair hasil *hydrotreating*, dan (c) avtur komersial Jet A-1 85

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Katalis Nikel Terimpregnasi pada Alumina Mesopori dari Limbah Aluminium Foil Tercetak Ekstrak Biji
Lerak untuk Hydrotreating Minyak Nyamplung menjadi Bioavtur Berbantuan Microwave**
Putri Ardiana Dwi Rahmawati, Dr. Sri Sudiono, S.Si., M.Si. ; Prof. Dr.rer.nat. Drs. Karna Wijaya, M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Distribusi komposisi senyawa avtur	9
Tabel II.2	Komposisi asam lemak dalam minyak nyamplung	10
Tabel IV.1	Hasil uji fitokimia	33
Tabel IV.2	Komposisi oksida logam dalam sampel MA 10	35
Tabel IV.3	Ukuran kristalit rata-rata material pengemban	37
Tabel IV.4	Karakteristik permukaan dan pori-pori material pengemban	38
Tabel IV.5	Hasil uji keasaman material pengemban dengan NH_3-TPD	41
Tabel IV.6	Persentase unsur pada permukaan material pengemban	43
Tabel IV.7	Ukuran kristalit rata-rata material katalis	48
Tabel IV.8	Karakteristik permukaan dan pori-pori material katalis	49
Tabel IV.9	Hasil uji keasaman material katalis dengan NH_3-TPD	53
Tabel IV.10	Persentase unsur yang terdapat pada permukaan material katalis	54
Tabel IV.11	Komposisi asam lemak dalam minyak nyamplung	58
Tabel IV.12	Distribusi produk hasil *hydrotreating* minyak nyamplung menggunakan variasi material pengemban	59
Tabel IV.13	Distribusi produk hasil *hydrotreating* minyak nyamplung menggunakan variasi katalis	62
Tabel IV.14	Distribusi produk hasil *reusability* katalis Ni 5/MA	69
Tabel IV.15	Ukuran kristalit rata-rata pada katalis Ni 5/MA *fresh* dan *spent*	73
Tabel IV.16	Persentase unsur yang terdapat pada permukaan katalis Ni 5/MA *fresh* dan *spent*	74
Tabel IV.17	Karakteristik permukaan dan pori-pori katalis Ni 5/MA *fresh* dan *spent*	76
Tabel IV.18	Perbandingan hasil penelitian ini dengan beberapa penelitian sebelumnya	87

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Katalis Nikel Terimpregnasi pada Alumina Mesopori dari Limbah Aluminium Foil Tercetak Ekstrak Biji
Lerak untuk Hydrotreating Minyak Nyamplung menjadi Bioavtur Berbantuan Microwave**
Putri Ardiana Dwi Rahmawati, Dr. Sri Sudiono, S.Si., M.Si. ; Prof. Dr.rer.nat. Drs. Karna Wijaya, M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Difraktogram sinar X 101
Lampiran 2 Spektra FTIR 105
Lampiran 3 Kromatogram GC 109
Lampiran 4 Citra FESEM dan Spektra EDX 113
Lampiran 5 Kurva isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 118
Lampiran 6 Spektrum XRF 122