

**POTENSI PEMANFAATAN TANAMAN KELAKAI (*STENOCHLAENA
PALUSTRIS*) KHAS KALIMANTAN SELATAN UNTUK
MENGHASILKAN *BIO-OIL* MELALUI *CO-PYROLYSIS* DENGAN
BATUBARA KUALITAS RENDAH (*LIGNITE*)**

HILDA NUR FADHILLAH

NIM. 2320834320001



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2025

**POTENSI PEMANFAATAN TANAMAN KELAKAI (*STENOCHLAENA
PALUSTRIS*) KHAS KALIMANTAN SELATAN UNTUK
MENGHASILKAN *BIO-OIL* MELALUI *CO-PYROLYSIS* DENGAN
BATUBARA KUALITAS RENDAH (*LIGNITE*)**

**HILDA NUR FADHILLAH
NIM. 2320834320001**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

MAGISTER TEKNIK

Program Studi S2 Teknik Kimia

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2025

LEMBAR PENGESAHAN
TESIS PROGRAM STUDI S-2 TEKNIK KIMIA

**Potensi Pemanfaatan Tanaman Kelakai (*Stenochlaena Palustris*)
Khas Kalimantan Selatan Untuk Menghasilkan *Bio-Oil* Melalui *Co-Pyrolysis* Dengan Batubara Kualitas Rendah (*Lignite*)**

Oleh:

Hilda Nur Fadhillah (2320834320001)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 30 Juni 2025 dan dinyatakan

L U L U S

Komite Penguji :

Ketua : Prof. Ir. Iryanti F. Nata, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19750113 200003 2 003

Anggota 1 : Prof. Ir. Meilana Dharma Putra, S.T., M.Sc, Ph.D.
NIP. 19820501 200604 1 014

Anggota 2 : Prof. Dr. Ir. Agus Mirwan, S.T., M.T
NIP. 19760819 200312 1 001

Pembimbing Utama : Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19800529 200501 2 003

Pembimbing Pendamping : Ir. Primata Mardina, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19810324 200604 2 002

Banjarbaru, Juli 2025
diketahui dan disahkan oleh :

**Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,**

Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 19740107 199802 1 001

**Koordinator Program Studi
S-2 Teknik Kimia,**

Prof. Dr. Ir. Agus Mirwan, S.T., M.T
NIP. 19760819 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Hilda Nur Fadhillah
NIM : 2320834320001
Program Studi : Magister Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat
Judul Tesis : Potensi Pemanfaatan Tanaman Kelakai (*Stenochlaena Palustris*) Khas Kalimantan Selatan untuk menghasilkan *Bio-Oil* melalui *Co-Pyrolysis* dengan batubara kualitas rendah (*Lignite*)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dicantumkan sebagai kutipan/acuan dalam naskah dengan disebutkan sumber kutipan/acuan dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tesis ini hasil jiplakan, plagiat maupun manipulasi, maka saya berdedia sanksi atas perbuatan tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat dan tanpa paksaan dari siapapun.

Banjarbaru, Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Hilda Nur Fadhillah

NIM. 2320834320001

RINGKASAN

Hilda Nur Fadhillah. 2025. Potensi Pemanfaatan Tanaman Kelakai (*Stenochlaena Palustris*) Khas Kalimantan Selatan untuk menghasilkan *Bio-Oil* melalui *Co-Pyrolysis* dengan batubara kualitas rendah (*Lignite*). Pembimbing : Ir. Hesti Wijayanti, ST., M.Eng., Ph.D.; Ir. Primata Mardina., ST., M.Eng., Ph.D

Tanaman kelakai banyak ditemukan di area lahan basah pulau Kalimantan dan Sumatra. Kelakai yang sering diolah oleh masyarakat yaitu batang dan daunnya yang muda sedangkan bagian tanaman kelakai yang sudah tua belum dimanfaatkan secara ekonomis. Biomassa (seperti kelakai) dapat diubah menjadi *biofuel* melalui pirolisis. Pirolisis adalah dekomposisi termal senyawa organik dalam biomassa pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen untuk menghasilkan *bio-oil*. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari studi kinetika reaksi pada proses *co-pyrolysis* kelakai dan lignit dan menganalisa pengaruh komposisi bahan baku terhadap *yield* dan kualitas *bio-oil* pada proses *co-pyrolysis* kelakai dan lignit.

Penelitian ini menggunakan metode *fast pyrolysis* dengan bahan baku kelakai dan lignit pada rasio pencampuran yang berbeda (1:0, 1:3, 1:1, 3:1 dan 0:1) selama 1 jam dengan menggunakan *flowrate* N₂ 200 ml/menit. Suhu pirolisis ditentukan dengan menggunakan data kurva analisis *thermogravimetry* (TGA) serbuk kelakai dan lignit. Analisis kinetika dilakukan dengan metode Coats–Redfern untuk menentukan energi aktivasi (E_a) dan faktor pre-eksponensial (A), sedangkan produk *bio-oil* dianalisis berdasarkan *yield*, nilai kalor, sifat fisik, dan komposisi senyawa.

Hasil menunjukkan bahwa nilai energi aktivasi berada pada kisaran 10,22–10,98 kJ/mol dengan nilai R^2 sebesar 0,76–0,95 yang mengindikasikan bahwa reaksi berlangsung secara efisien dan menunjukkan efek sinergis antara kelakai dan lignit. Hasil *bio-oil* dengan variasi KL10, KL13, KL11, KL31, KL01 analisis *yield*, nilai kalor pada rentang 7697,65-9005,475 cal/g *bio-oil* terbaik diperoleh pada rasio KL13 dengan nilai kalor tertinggi sebesar 9005,47 cal/g, pH pada rentang 4,16-5,67, peningkatan rasio kelakai dan lignit menghasilkan peningkatan densitas 1,1065-1,3350 kg/m³ dan viskositas 90,88-297,46 cPs yang menunjukkan tingginya kandungan senyawa aromatik dari lignin. Komposisi senyawa kimia menunjukkan bahwa rasio campuran yang tepat dapat mengoptimalkan pembentukan senyawa energi tinggi dan mengurangi kandungan senyawa asam yang bersifat korosif. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa *co-pyrolysis* limbah kelakai dan lignit memiliki potensi sebagai pemanfaatan biomassa lokal sebagai bahan baku bioenergi alternatif.

SUMMARY

Hilda Nur Fadhillah. 2025. *Potential Utilization of Kelakai Plant (Stenochlaena palustris)*, Native to South Kalimantan, for Bio-Oil Production through Co-Pyrolysis with Low-Quality Coal (Lignite). Pembimbing : Ir. Hesti Wijayanti, ST., M.Eng., Ph.D.; Ir. Primata Mardina., ST., M.Eng., Ph.D

The kelakai plant is commonly found in wetland areas of Kalimantan and Sumatra islands. The parts of kelakai typically utilized by local communities are the young stems and leaves, while the older parts of the plant have yet to be economically exploited. Biomass (such as kelakai) can be converted into biofuel through pyrolysis. Pyrolysis is the thermal decomposition of organic compounds in biomass at high temperatures in the absence of oxygen to produce bio-oil. This study aims to investigate the reaction kinetics of the co-pyrolysis process of kelakai and lignite, and to analyze the effect of feedstock composition on the yield and quality of bio-oil produced through the co-pyrolysis of kelakai and lignite.

This study employed the fast pyrolysis method using kelakai and lignite as feedstocks at different mixing ratios (1:0, 1:3, 1:1, 3:1, and 0:1) for a duration of 1 hour, with a nitrogen (N₂) flow rate of 200 mL/min. The pyrolysis temperature was determined based on thermogravimetric analysis (TGA) curves of kelakai and lignite powders. Kinetic analysis was conducted using the Coats–Redfern method to determine the activation energy (E_a) and pre-exponential factor (A), while the resulting bio-oil was analyzed in terms of yield, calorific value, physical properties, and compound composition.

The results showed that the activation energy values ranged from 10.22 to 10.98 kJ/mol with R² values between 0.76 and 0.95, indicating that the reaction proceeded efficiently and demonstrated a synergistic effect between kelakai and lignite. In the bio-oil yield analysis across the KL10, KL13, KL11, KL31, and KL01 variations, the calorific values ranged from 7697.65 to 9005.47 cal/g. The best bio-oil was obtained at the KL13 ratio, which produced the highest calorific value of 9005.47 cal/g. The pH values ranged from 4.16 to 5.67. Increasing the ratio of kelakai and lignite led to an increase in density (1.1065–1.3350 kg/m³) and viscosity (90.88–297.46 cPs), indicating a high aromatic compound content derived from lignin. The chemical composition analysis showed that the proper blend ratio can optimize the formation of high-energy compounds and reduce the content of corrosive acidic compounds. Overall, this study demonstrates that the co-pyrolysis of kelakai waste and lignite has potential as a means of utilizing local biomass for alternative bioenergy feedstock.

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Hilda Nur Fadhillah lahir dari pasangan Saifulloh dan Puspa Langgeng Sari di Tasikmalaya pada 12 Juni 1998 dan merupakan anak ke-1 dari 4 bersaudara. Jenjang pendidikan dasar penulis ditempuh di SDN 2 Tarjun (2004-2010). Pendidikan tingkat menengah dan atas penulis ditempuh di SMP Indocement Tarjun (2010-2013) dan SMAN 1 Kotabaru (2013-2016), kemudian melanjutkan pendidikan sarjana di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat (2016-2020). Penulis memiliki pengalaman kerja di PT. Majuperkasa Indonesia (2022-sekarang). Pada tahun 2023 penulis melanjutkan pendidikan Strata 2 (S2) di Universitas Lambung Mangkurat pada Program Magister Teknik Kimia.

HILDA NUR FADHILLAH

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah ta'ala berkat anugerah ilmu, kesempatan, hidayah, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis penulis dengan judul sebagai berikut.

POTENSI PEMANFAATAN TANAMAN KELAKAI (STENOCHLAENA PALUSTRIS) KHAS KALIMANTAN SELATAN UNTUK MENGHASILKAN BIO-OIL MELALUI CO-PYROLYSIS DENGAN BATUBARA KUALITAS RENDAH (LIGNITE)

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Program Studi Magister Teknik Kimia FT – ULM Banjarbaru. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuannya dalam pengerjaan tesis ini, kepada :

1. Ibu Ir. Hesti Wijayanti, ST., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing pertama penulis dan Ibu Ir. Primata Mardina., ST., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing kedua penulis ang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama penelitian dan penyusunan tesis hingga tesis ini dapat diselesaikan
2. Ibu Prof. Ir. Iryanti Fatyasari Nata, Ph.D, Bapak Prof. Ir. Meilana Dharma Putra, Bapak Prof. Dr. Ir. Agus Mirwan selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan tesis ini.

3. Ketua Program Studi Magister Teknik Kimia, Bapak Prof. Dr. Ir. Agus Mirwan yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tesis ini.
4. Seluruh Seluruh dosen pengajar di Program Studi Magister Teknik Kimia yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama menempuh pendidikan..
5. Kedua orang tua penulis dan keluarga yang telah banyak memberikan dukungan.
6. Teman-teman seangkatan S-2 Teknik Kimia angkatan 2023 yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari tesis ini masih jauh daripada sempurna, masih banyak kekurangan dan perlu perbaikan, untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Banjarbaru, Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SERTIFIKAT UJI PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
RIWAYAT HIDUP PENULIS	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Luaran yang diharapkan	4
1.7 Hipotesis Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kelakai.....	5
2.2 Lignit	6
2.3 Pirolisis	7
2.4 <i>Co-pyrolysis</i>	11
2.5 Studi Kinetika Reaksi	12
2.6 <i>State of The Art</i>	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Alat	16

3.2 Bahan	17
3.3 Rancangan Penelitian	17
3.4 Variabel Penelitian	18
3.4.1 Variabel Tetap	18
3.4.2 Variabel Bebas	18
3.4.3 Variabel Terikat	18
3.5 Prosedur Penelitian	20
3.5.1 Persiapan Bahan Baku	20
3.5.2 Studi Kinetika Reaksi	20
3.5.3 Proses Pirolisis	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Karakteristik Kelakai dan Lignit	24
4.2 Analisis TGA	26
4.3 Pengaruh Penambahan Lignit terhadap pirolisis Kelakai	28
4.4 Studi Kinetika	31
4.5 Pengujian Sifat Fisik dan Nilai Kalor	35
4.6 Analisis GC-MS	41
BAB V PENUTUP	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik kimia dan <i>biochar</i> Kelakai	6
Tabel 2.2	Hasil Analisis Ultimat dan Proksimat Lignit	7
Tabel 2.3	Proses pirolisis dan produk sasaran.....	10
Tabel 2.4	Penelitian <i>co-pyrolysis</i> biomassa dan lignit	12
Tabel 2.5	<i>State of the art</i>	15
Tabel 3.1	Rancangan Penelitian	17
Tabel 3.2	Bentuk Persamaan linear Coats–Redfern.....	22
Tabel 4.1	Hasil Analisa sampel ultimat, proksimat pada kelakai (K) dan Lignit (L).....	24
Tabel 4.2	Hasil analisis lignoselulosa (wt%, dry basis) pada kelakai	25
Tabel 4.3	Parameter studi kinetika <i>co-pyrolysis</i> kelakai dan lignit	34
Tabel 4.4	Hasil analisis sifat-sifat fisik dari produk liquid (fase organik).....	36
Tabel 4.5	Karakterisasi GC-MS produk <i>bio-oil co-pyrolysis</i> pada rasio pencampuran kelakai dan lignit	42

DAFTAR NOTASI

GC-MS	: <i>Gas Chromatography – Mass Spectrometry</i>
HC	: Hidrokarbon
HHV	: <i>Heating Heat Value</i>
KL10	: Kelakai dan Lignit, rasio 1:0
KL31	: Kelakai dan Lignit, rasio 3:1
KL11	: Kelakai dan Lignit, rasio 1:1
KL13	: Kelakai dan Lignit, rasio 1:3
KL01	: Kelakai dan Lignit, rasio 0:1
NC	: <i>Nitrogen Coumpound</i>
TGA	: <i>Thermogravimetry</i>