

**PENGARUH KADAR CAMPURAN BIOMASSA PADA COFIRING
BATUBARA TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DAN
REAKSI KINETIKA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Prasyarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik (S.T)

Pada Program Studi Teknik Mesin



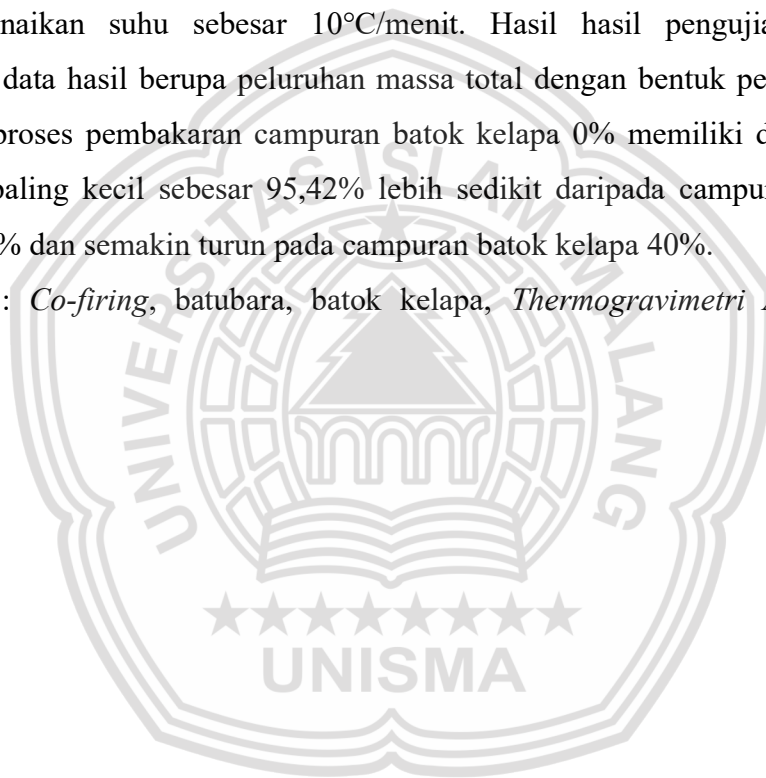
**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

2025

ABSTRAK

Studi ini mengkaji dampak proporsi campuran batok kelapa sebagai campuran dalam co-firing batu bara terhadap sifat pembakaran dan energi aktivasi. *Co-firing* merupakan pembakaran campuran antara batubara dan biomassa, proses ini diterapkan untuk mengurangi dampak negatif dari pembakaran batubara murni. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rasio campuran kadar cofiring dilihat dari proses degradasi masanya. Penelitian ini menggunakan 3 campuran batok kelapa sebesar 0%, 20%, 40%. Analisis degradasi massa menggunakan metode *Thermogravimetri Analysis (TGA)* dengan waktu 60 menit dan suhu hingga 1000°C dan juga kenaikan suhu sebesar 10°C/menit. Hasil hasil pengujian TGA mendapatkan data hasil berupa peluruhan massa total dengan bentuk persentase. menunjukkan proses pembakaran campuran batok kelapa 0% memiliki degradasi massa yang paling kecil sebesar 95,42% lebih sedikit daripada campuran 20% sebesar 96,53% dan semakin turun pada campuran batok kelapa 40%.

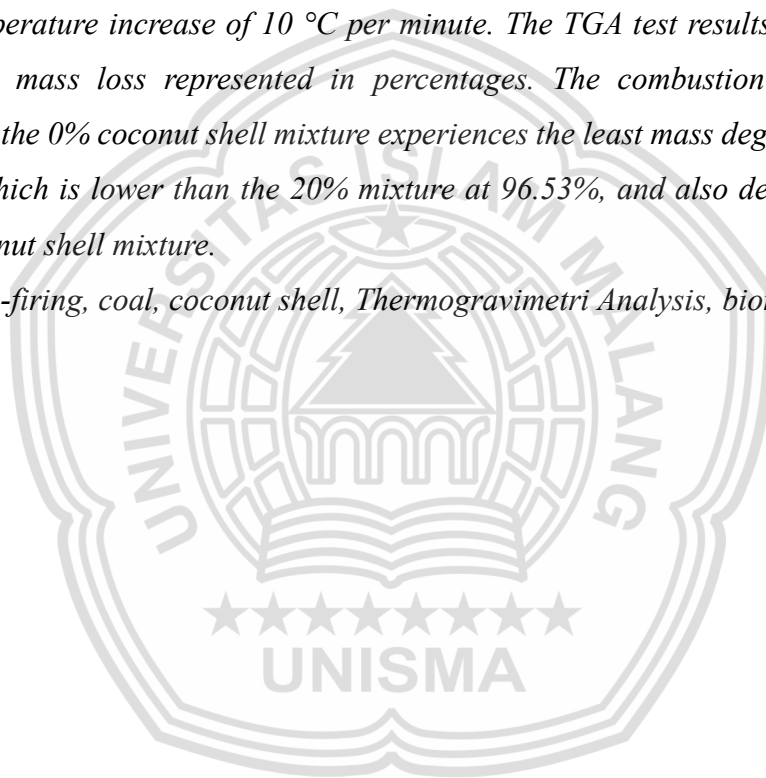
Kata kunci : *Co-firing*, batubara, batok kelapa, *Thermogravimetri Analysis*, biomassa



ABSTRACT

This research investigates how the ratio of coconut shell mixture used in coal co-firing affects combustion characteristics and activation energy. Co-firing involves burning a blend of coal and biomass, and this method is utilized to mitigate the harmful effects of burning coal alone. This research seeks to identify the mixture ratio of cofiring levels observed through the process of mass degradation. This research employed three blends of coconut shells at 0%, 20%, and 40%. The mass degradation analysis employs the Thermogravimetric Analysis (TGA) technique with a duration of 60 minutes, reaching temperatures up to 1000 °C, in addition to a rate of temperature increase of 10 °C per minute. The TGA test results provide data as total mass loss represented in percentages. The combustion process indicates that the 0% coconut shell mixture experiences the least mass degradation at 95.42%, which is lower than the 20% mixture at 96.53%, and also declines in the 40% coconut shell mixture.

Keyword : Co-firing, coal, coconut shell, Thermogravimetri Analysis, biomass



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia sejalan dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat. Sumber energi fosil, khususnya batubara, masih menjadi pilihan utama dalam penyediaan energi listrik. Namun, ketergantungan pada bahan bakar fosil ini menimbulkan masalah lingkungan yang serius, termasuk emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara. Oleh karena itu, upaya untuk mengurangi penggunaan batubara dan menggantinya dengan sumber energi terbarukan semakin mendesak. Salah satu solusi yang diusulkan adalah *co-firing*, *co-firing* batok kelapa dengan batu bara merupakan salah satu solusi yang menjanjikan dalam upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memanfaatkan limbah biomassa. Batok kelapa, yang sering kali dianggap sebagai limbah, memiliki potensi yang besar sebagai sumber energi terbarukan.

Co-firing batok kelapa dengan batu bara tidak hanya memberikan alternatif energi yang lebih ramah lingkungan, tetapi juga membuka peluang untuk pengolahan limbah yang lebih produktif. Batok kelapa, yang merupakan hasil sampingan dari industri kelapa, sering kali dianggap sebagai limbah. Namun, dengan pengolahan yang tepat, batok kelapa dapat diubah menjadi briket arang yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Proses ini melibatkan beberapa tahap, mulai dari pembersihan, pembakaran, hingga pencetakan briket. Penggunaan metode TGA (*Thermogravimetric Analysis*) dalam penelitian ini bertujuan untuk memahami karakteristik termal dan efisiensi pembakaran campuran batok kelapa dan batu bara. *Co-firing* batok kelapa dengan batu bara menggunakan metode TGA (*Thermogravimetric Analysis*) sangat penting dalam memahami karakteristik pembakaran campuran ini. TGA adalah teknik analisis yang mengukur perubahan massa suatu sampel seiring dengan peningkatan suhu, memberikan informasi tentang stabilitas termal dan komposisi bahan bakar. Dalam konteks *Co-firing*, TGA dapat digunakan untuk menentukan suhu dekomposisi, kehilangan massa, dan reaktivitas pembakaran dari campuran batok kelapa dan batu bara, yang merupakan faktor krusial

dalam desain dan operasional sistem pembakaran. Salah satu tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi seberapa efektif batok kelapa dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dalam campuran dengan batu bara. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa batok kelapa memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, hampir setara dengan batu bara, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran saat dicampurkan. Dengan menggunakan TGA, peneliti dapat mengidentifikasi titik awal dan akhir dekomposisi batok kelapa dalam campuran, serta mempelajari bagaimana proporsi campuran mempengaruhi karakteristik pembakaran.

Batok kelapa sering dianggap sebagai limbah industri, namun jika dimanfaatkan sebagai bahan bakar, dapat mengurangi dampak lingkungan dan memberikan nilai ekonomi tambahan. Batok kelapa merupakan salah satu jenis biomassa yang tersedia secara melimpah di Indonesia. Limbah ini umumnya dianggap sebagai limbah industri pengolahan kelapa, tetapi potensinya sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan belum sepenuhnya dimanfaatkan. Oleh karena itu, penulis ingin menginvestigasi penggunaan batok kelapa sebagai campuran *Co-firing* batubara guna meningkatkan efisiensi dan reduksi emisi gas buang yang berbahaya bagi lingkungan (Deni Dwi Rohmad 2012). Batok kelapa kaya akan kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dapat diolah menjadi arang aktif. Arang aktif ini memiliki aplikasi luas dalam berbagai industri, termasuk pengolahan air dan kimia. Selain itu, struktur fisik batok kelapa yang keras dan stabil membuatnya ideal sebagai bahan bakar yang dapat dicampur dengan batubara tanpa mengganggu proses pembakaran.

Penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia. Pemanfaatan sumber daya lokal seperti batok kelapa, diharapkan dapat menciptakan solusi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan biomassa dalam *Co-firing* dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi gas berbahaya. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya relevan secara akademis tetapi juga memiliki implikasi praktis bagi industri energi.

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, peneliti akan melakukan pencampuran batok kelapa ke dalam proses *Co-firing* batubara untuk

memanfaatkan limbah batok kelapa sekaligus mengurangi ketergantungan pada penggunaan batubara. Dengan mengintegrasikan batok kelapa yang merupakan biomassa lokal, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi gas berbahaya, serta memberikan kontribusi positif terhadap upaya pengurangan dampak lingkungan dari pembangkit listrik berbasis batubara. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi karakteristik pembakaran dan energi aktivasi pada campuran tersebut, yang dikenal efektif dalam mengelola berbagai jenis bahan bakar dengan nilai kalor yang berbeda.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, permasalahan yang dibahas dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana Pengaruh variasi campuran *Co-firing* batubara dan batok kelapa terhadap profil degradasi massa
2. Bagaimana pengaruh campuran *Co-firing* batubara dan batok kelapa terhadap karakteristik pembakaran bahan bakar?
3. Bagaimana Pengaruh variasi campuran *Co-firing* batubara dan batok kelapa terhadap energi aktivasi yang dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

1. Batu bara yang digunakan adalah batubara jenis bitumin
2. Penelitian ini tidak membahas tentang output pembakaran ke PLTU
3. Penelitian ini tidak membahas emisi gas yang dihasilkan
4. Penelitian ini tidak membahas tentang metode lain selain *Coats Redfern*
5. Penelitian ini tidak membahas metode lain selain *Tangent Method*

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui Bagaimana Pengaruh 3 variasi campuran *Co-firing* batubara dan batok kelapa terhadap profil degradasi massa
2. Mengetahui Bagaimana pengaruh batok kelapa terhadap profil pembakaran bahan bakar.
3. Mengetahui Bagaimana Pengaruh 3 variasi campuran *Co-firing* batubara

dan batok kelapa terhadap energi aktivasi yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memanfaatkan batok kelapa sebagai bahan alternatif.
2. Menambah pengetahuan tentang upaya untuk mengatasi limbah batok kelapa sebaga campuran dari proses *co-firing*



BAB I

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian pengaruh campuran biomassa pada cofiring batubara terhadap profil pembakaran dan energi aktivasi. Berdasarkan analisa yang dilakukan dapat diperoleh

1. Profil Degradasi Massa

Hasil analysis Tga menunjukkan semakin banyak biomassa yang ditambahkan maka semakin banyak juga massa yang hilang pada saat terjadinya reaksi pembakaran

2. Profil Pembakaran

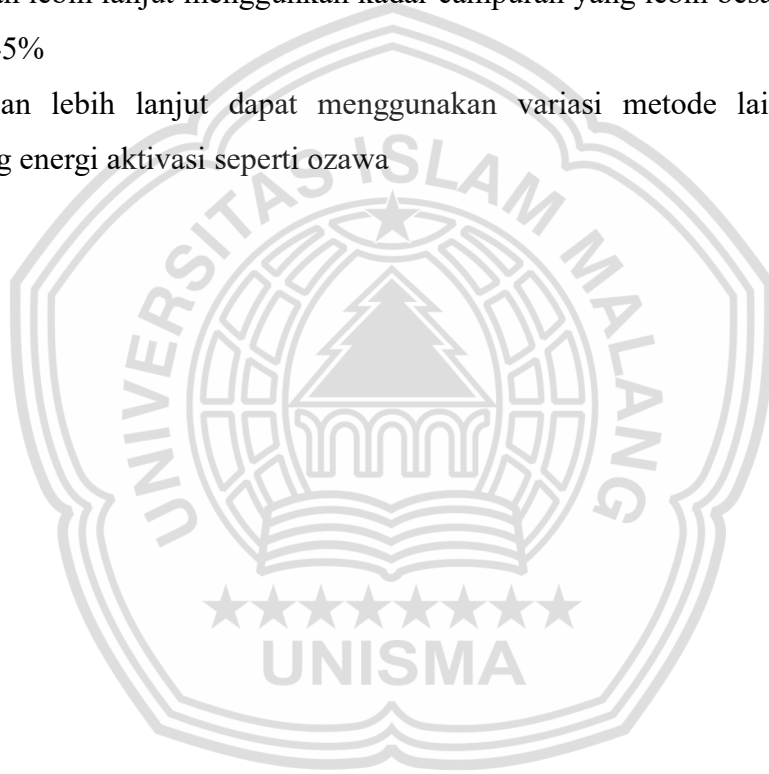
- Pada *Temperature Ignition*, dapat disimpulkan bahwa penambahan biomassa semakin banyak akan mempercepat reaksi pembakaran.
- Pada *Temperature Peak* campuran biomassa biomassa yang lebih sedikit sebesar 20% dapat meningkat *Temperature Peak* namun pada campuran biomassa yang lebih banyak sebesar 40% *Temperature Peak* turun drastis
- Pada *temperature burnout* campuran biomassa dengan kadar lebih sedikit sebesar 20% berpengaruh untuk menurunkan nilai *Temperature Burnout*. Namun pada campuran lebih banyak nilai *tempeature burnout* meningkat
- Pada *Ignition index* campuran biomassa dalam kada yng lebih sedikit sebesar 20% berpengaruh meningkatkan nilai *ignition index* namun pada campurn yang lebih banyak sebesar 40% justru nilai *Combustion Index* menurun drastis
- Pada *Combustion Index* campuran biomaasa yang lebih sedikit juga menugkatkan nilai *combustion index*. Dan campuran biomassa yang lebih banyak menurunkan nilai *combustion index*

3. Energi aktivasi

Campuran Batok kelapa berpengaruh menurunkan nilai Energi Aktivasi stage 1. Penambahan biomassa dalam kadar lebih sedikit akan meningkatkan energi aktivasi, namun penambahan batubara dengan jumlah berlebihan akan mengurangi nilai energi aktivasinya

5.2 Saran

1. Penelitian lebih lanjut dapat menggunakan biomassa jenis lain seperti Tongkol jagung
2. Penelitian lebih lanjut menggunakan kadar campuran yang lebih besar seperti biomassa 45%
3. Penelitian lebih lanjut dapat menggunakan variasi metode lain untuk menghitung energi aktivasi seperti ozawa



DAFTAR PUSTAKA

- Xinjie, Liao, et al. "A thermogravimetric assessment of the tri-combustion process for coal, biomass and polyethylene." *Fuel* 287 (2021): 119355.
- Garcia, Eduardo, Ikechukwu F. Ejim, and Hao Liu. "Thermogravimetric Analysis of co-combustion of a bituminous coal and coffee industry by-products." *Thermochimica acta* 715 (2022): 179296.
- Rohmad, Deni Dwi, and S. T. Nur Akli. *Pengaruh Komposisi Biomassa Batok Kelapa dan Batubara Terhadap Performa Co-Gasifikasi Reaktor Bubbling Fluidized Bed Gasifier*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- Suarga, Rangga Hatta, MSK Tony Suryo Utomo, and Muchammad Muchammad. "ANALISIS CFD CO-FIRING BIOMASSA BATOK KELAPA PADA STOKER BOILER." *JURNAL TEKNIK MESIN* 11.4 (2023): 159-168.
- Chaeruni, Wiwie, Hadiyanto Hadiyanto, and Cahyadi Cahyadi. "Karakteristik pembakaran campuran batubara dan tandan kosong kelapa sawit (tkks) menggunakan analisis termogravimetri deferensial temperatur (TG-DTA)." *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan* 8.3 (2024): 1629-1638.
- Aufi, Irwan, Joko Wintoko, and Nur Aini Masrurroh. "Evaluasi pemilihan teknologi Co-firing Biomassa pada PLTU batu bara dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus: PLTU XYZ)." *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi* 15.1 (2023): 105-114.
- Steven, Soen, et al. "An appropriate acid leaching sequence in rice husk ash extraction to enhance the produced green silica quality for sustainable industrial silica gel purpose." *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 122 (2021): 51-57.
- Perdana, Haninditya Heru Prawira, and Sukamdi Sukamdi. "Penyerapan Tenaga Kerja Pertambangan Batubara Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2018 Dan 2019." *Jurnal Bumi Indonesia* 10.1 (2021).
- HERLAMBAH, SUSILA, S. U. S. A. N. T. I. RINA N, and HERU TRI SUTIONO. "Petunjuk Teknis Pembuatan Biochar dengan Sistem Selongsong Putar." (2017).
- Prihandy, Bastian Lutfi. *Kinetika Microwave Co-Pyrolysis Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Plastik Low Density Polyethelene Terephthalate (LDPE) menggunakan Daya 450 Watt*. Diss. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2021.
- Seo, Dong Kyun, et al. "Study of the pyrolysis of biomass using thermogravimetric analysis (TGA) and concentration measurements of the

evolved species." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 89.1 (2010): 66-73.

Diamantis, D. J., E. Mastorakos, and D. A. Goussis. "Simulations of premixed combustion in porous media." *Combustion Theory and Modelling* 6.3 (2002): 383.

Widhiasto, Rony. "Pengaruh tekanan udara terhadap sifat pembakaran minyak jelantah menggunakan vaporizing burner untuk peleburan aluminium." (2010).

Carter, Ro E. "Kinetic model for solid-state reactions." *The Journal of Chemical Physics* 34.6 (1961): 2010-2015.

Lu, Youjun, et al. "Thermodynamic modeling and analysis of biomass gasification for hydrogen production in supercritical water." *Chemical Engineering Journal* 131.1-3 (2007): 233-244.

Bhattacharyya, Munmi, et al. "Co-pyrolysis of coal-biomass: study on reaction kinetics and thermodynamics." *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 16.3 (2022): 725-742.

