

ANALISIS HAMBATAN PENGADOPSIAN ENERGI TERBARUKAN SUB-SEKTOR KETENAGALISTRIKAN DI INDONESIA: STUDI KASUS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA

NAMI IRAWAN BATU BARA



**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN
LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul ‘Analisis Hambatan Pengadopsian Energi Terbarukan Sub-Sektor Ketenagalistrikan di Indonesia: Studi Kasus Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa’ adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Nami Irawan Batu Bara
P0502241001

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

NAMI IRAWAN BATU BARA. Analisis Hambatan Pengadopsian Energi Terbarukan Sub-Sektor Ketenagalistrikan di Indonesia: Studi Kasus Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa. Dibimbing oleh EDY HARTULISTIYOSO dan ARYA HADI DHARMAWAN.

Perubahan iklim telah mendorong negara-negara di dunia untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkannya, termasuk Indonesia. Sektor energi memiliki peran krusial dalam mencapai target penurunan emisi dan *Net Zero Emission* (NZE) nasional pada tahun 2060 karena merupakan sektor penyumbang emisi terbesar secara nasional. Karena alasan itu, pemerintah mendorong peningkatan penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) yang lebih bersih dan berkelanjutan, khususnya pada sub-sektor ketenagalistrikan. Namun, sejak tahun 2017–2024 target bauran EBT nasional yang ditetapkan dalam kebijakan tidak pernah tercapai. Kondisi serupa juga terjadi di daerah, khususnya Provinsi Aceh yang realisasi target bauran EBT-nya jauh dari kata tercapai. Situasi tersebut bersifat paradoks, karena Indonesia, termasuk Aceh memiliki potensi EBT yang besar.

Berbagai studi melaporkan berbagai hambatan dalam pengadopsian pembangkit listrik, khususnya berbasis energi terbarukan (ET) di Indonesia, seperti ketergantungan nasional pada bahan bakar fosil, resistensi pebisnis energi fosil, resistensi sosial, keterbatasan dukungan teknis dan infrastruktur, serta monopoli Perusahaan Listrik Negara (PT PLN). Walaupun sudah relatif banyak yang mengkaji hambatan adopsi RE, upaya-upaya tersebut masih bersifat parsial dan belum sistematis. Selain itu, penelitian terdahulu juga belum secara memadai menilai tingkat kepentingan relatif setiap hambatan, maupun memverifikasi bagaimana faktor-faktor hambatan prioritas tersebut termanifestasi pada konteks implementasi di daerah. Kesenjangan tersebut membatasi pembuat kebijakan dalam merumuskan strategi transisi energi yang efektif. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini: (1) Mengidentifikasi faktor-faktor hambatan pengadopsian ET sub-sektor ketenagalistrikan di Indonesia; (2) Menilai dan memeringkatkan kepentingan faktor-faktor hambatan pengadopsian ET sub-sektor ketenagalistrikan di Indonesia berdasarkan persepsi pemangku kepentingan; dan (3) Menganalisis pengaruh faktor-faktor hambatan prioritas terhadap pengadopsian RE, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) limbah sawit di Aceh.

Penelitian dilakukan di Indonesia yang berfokus di Daerah Khusus Ibukota Jakarta (DKI Jakarta) dan Provinsi Aceh. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi faktor-faktor hambatan adopsi ET sub-sektor ketenagalistrikan di Indonesia secara sistematis. Selanjutnya dilakukan pembagian kuesioner *analytical hierarchy process* (AHP) terhadap pemangku kepentingan nasional untuk memperoleh penilaian tingkat kepentingan hambatan adopsi ET di Indonesia yang berfokus di DKI Jakarta. Sedangkan di Aceh dilakukan wawancara mendalam terhadap pemangku kepentingan daerah untuk mengetahui bagaimana hambatan prioritas memengaruhi adopsi PLTBm di Aceh. Metode *content analysis* digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor hambatan adopsi ET dan menganalisis data hasil wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan di Aceh. Sedangkan untuk memperoleh peringkat kepentingan hambatan, metode analisis yang digunakan adalah *fuzzy AHP*.

Berdasarkan hasil penelitian diidentifikasi enam hambatan utama dan 34 sub-hambatan adopsi ET sub-sektor ketenagalistrikan di Indonesia dari 59 artikel relevan. Hambatan utama terdiri dari hambatan regulasi-kelembagaan, ekonomi-finansial, ekonomi-politik, teknis-infrastruktur, sosial-lingkungan, dan eksternal. Tiga hambatan pertama secara berurutan adalah hambatan yang paling banyak didiskusikan dalam literatur dan dimengerti sebagai hambatan yang bersifat struktural—termasuk sebagian hambatan eksternal. Sedangkan, tiga hambatan utama sisanya secara berurutan berada di urutan selanjutnya, serta cenderung mencerminkan hambatan sosio-teknis. Apabila dikelompokkan berdasarkan jenis sumber RE-nya, energi surya, air, bioenergi, dan panas bumi relatif menghadapi hambatan struktural dan sosio-teknis yang sama sama dominan. Sebaliknya, sumber energi laut relatif didominasi oleh hambatan sosio-teknis.

Hambatan yang paling penting dalam menghambat adopsi ET di Indonesia menurut pemangku kepentingan atau pakar adalah regulasi-kelembagaan, disusun ekonomi-politik, teknis-infrastruktur, ekonomi-finansial, dan eksternal. Temuan ini menyangkal anggapan umum bahwa isu pembiayaan dan teknologi ET adalah hambatan paling krusial dalam pengadopsian RE. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa percepatan adopsi ET di Indonesia membutuhkan pendekatan multi-dimensi yang berfokus pada reformasi regulasi dan tata kelola ketenagalistrikan, penataan ulang konfigurasi kepentingan aktor, serta peningkatan kapasitas teknis. Di samping itu juga perlu meningkatkan kelayakan ekonomi dan investasi RE, meningkatkan penerimaan dan kesiapan sosial, serta menyusun strategi adaptif terhadap dinamika multi-sektoral dan global.

Dalam konteks Aceh, hambatan yang diprioritaskan pada tingkat nasional secara umum memengaruhi pengembangan PLTBm limbah sawit di Aceh. Hambatan yang beroperasi pada tingkat nasional, seperti pengaturan dan tata kelola ketenagalistrikan yang tidak memadai, resistensi dan kepentingan aktor energi fosil, dan lainnya berdampak langsung terhadap implementasi PLTBm di daerah. Sementara itu, Aceh menghadapi hambatan kontekstual berupa kompleksitas birokrasi daerah, tantangan rantai pasok biomassa limbah sawit, risiko bencana, dan isu keamanan yang semakin mempersulit proses adopsi PLTBm limbah sawit. Adapun hasil perhitungan potensi energi listrik, Aceh menghadapi keterbatasan sumber daya jika hanya mengandalkan energi biomassa limbah sawit untuk mensubstitusi PLTU batu bara eksisting. Berdasarkan 15 rekomendasi solusi yang disusun, dua pertiga solusi membutuhkan waktu penyelesaian lebih dari 5 sampai 20 tahun, sementara sepertiga sisanya membutuhkan waktu penyelesaian lebih dari 1 sampai 5 tahun.

Kata kunci: Biomassa limbah sawit, energi terbarukan, *fuzzy* AHP, ketenagalistrikan, transisi energi



SUMMARY

NAMI IRAWAN BATU BARA. Analysis of Barriers to Renewable Energy Adoption in Indonesia's Power Sub-Sector: A Case Study of Biomass Power Plants. Supervised by EDY HARTULISTIYOSO and ARYA HADI DHARMAWAN.

Climate change has prompted countries around the world to reduce their carbon emissions, including Indonesia. The energy sector plays a crucial role in achieving national emission-reduction targets and Net Zero Emissions (NZE) by 2060, as it is the largest contributor to nationwide emissions. Accordingly, the Indonesian government has promoted greater use of new and renewable energy (NRE) as a cleaner, more sustainable energy source, particularly in the power sub-sector. Nevertheless, between 2017 and 2024, the national NRE mix targets established by government policies were consistently unmet. A similar situation is occurring at the regional level, particularly in Aceh Province, where achieving its NRE mix targets is far from realized. This situation is paradoxical, given that Indonesia, including Aceh, possesses significant NRE potential.

Various studies have reported a range of barriers to the adoption of power generation, particularly renewable energy (RE), in Indonesia, such as the country's dependence on fossil fuels, resistance from the fossil fuel industry, social resistance, limited technical and infrastructure support, and the monopoly held by the state electricity company (PT PLN). Although a relatively large number of studies have examined barriers to RE adoption, these efforts remain fragmented and lack a systematic approach. Furthermore, previous research has not adequately assessed the relative importance of each barrier, nor has it verified how these priority barriers manifest in the context of regional implementation. These gaps limit policymakers' ability to formulate effective energy transition strategies. Therefore, the objectives of this study are: (1) To identify the factors hindering the adoption of RE in the power sub-sector in Indonesia; (2) To assess and rank the importance of barriers to the adoption of RE in the power sub-sector in Indonesia based on stakeholder perceptions; and (3) To analyze the impact of priority barriers on the adoption of RE, specifically palm oil waste-fired biomass power plants (PLTBm) in Aceh.

The study was conducted in Indonesia, focusing on the Special Capital Region of Jakarta (DKI Jakarta) and Aceh Province. The study began by systematically identifying the factors hindering the adoption of RE in Indonesia's power sub-sector. Next, an Analytical Hierarchy Process (AHP) questionnaire was distributed to national stakeholders to assess the level of importance of barriers to RE adoption in Indonesia, with a focus on DKI Jakarta. Meanwhile, in Aceh, in-depth interviews were conducted with local stakeholders to determine how priority barriers affect the adoption of PLTBm in Aceh. Content analysis was used to identify factors hindering RE adoption and to analyze data from in-depth interviews with stakeholders in Aceh. To rank the barriers by importance, the fuzzy AHP method was used.

Based on the research findings, six major barriers and 34 sub-barriers to the adoption of RE in Indonesia's power sub-sector were identified from 59 relevant articles. The major barriers consist of regulatory-institutional, economic-financial, economic-political, technical-infrastructure, social-environmental, and external barriers. The first three barriers, in order, are the most frequently discussed in the

@Hak Cipta dan Hak Kekayaan Intelektual



literature and are understood as structural, including some external barriers. Meanwhile, the remaining three main barriers, in order, follow next and tend to reflect socio-technical barriers. When grouped by type of RE source, solar, hydro, bioenergy, and geothermal energy face relatively equal levels of structural and socio-technical barriers. In contrast, ocean energy sources are relatively dominated by socio-technical barriers.

According to stakeholders and experts, the most significant barriers hindering the adoption of RE in Indonesia are regulatory-institutional, followed by economic-political, technical-infrastructure, economic-financial, and external barriers. These findings challenge the common assumption that financing and RE technology are the most critical barriers to RE adoption. The results of this study confirm that accelerating the adoption of RE in Indonesia requires a multidimensional approach focused on regulatory and electricity governance reforms, realigning stakeholder interests, and enhancing technical capacity. In addition, it is necessary to improve the economic viability and investment potential of RE, increase social acceptance and readiness, and develop adaptive strategies to address multisectoral and global dynamics.

In Aceh, the barriers prioritized at the national level generally hinder PLTBm development. Barriers operating at the national level, such as inadequate power regulations and governance, resistance and vested interests of fossil fuel stakeholders, and others, have a direct impact on the implementation of palm oil waste-fired power plants in the region. Meanwhile, Aceh faces contextual barriers, including complex local bureaucracy, challenges in the palm oil waste biomass supply chain, disaster risks, and security issues, which further complicate the adoption of palm oil waste-based PLTBm. Furthermore, based on calculations of power generation potential, Aceh faces resource constraints if it relies solely on palm oil waste biomass energy to replace existing coal-fired power plants (PLTU). Based on the 15 recommended solutions, two-thirds require 5 to 20 years to implement, while the remaining one-third require 1 to 5 years.

Keywords: Energy transition, fuzzy AHP, palm oil waste biomass, power sub-sector, renewable energy



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ANALISIS HAMBATAN PENGADOPSIAN ENERGI TERBARUKAN SUB-SEKTOR KETENAGALISTRIKAN DI INDONESIA: STUDI KASUS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA

NAMI IRAWAN BATU BARA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN
LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si

Judul Tesis : Analisis Hambatan Pengadopsian Energi Terbarukan Sub-Sektor Ketenagalistrikan di Indonesia: Studi Kasus Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa

Nama : Nami Irawan Batu Bara

NIM : P0502241001

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Arya Hadi Dharmawan, M.Sc.Agr.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Efi Yulianti Yovi, S.Hut., M.Life.Env.Sc

NIP. 19740724 199903 2 000

Dekan Sekolah Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc

NIP. 19660728 199103 1 002

Tanggal Ujian: 3 Agustus 2026

Tanggal Pengesahan Tesis: 12 Agustus 2026



PRAKATA

Kajian mengenai hambatan pengadopsian RE, khususnya pada sub-sektor ketenagalistrikan di Indonesia relatif masih bersifat parsial dan belum komprehensif. Keterbatasan tersebut menyebabkan pembuat kebijakan sulit dalam merumuskan strategi transisi energi yang efektif. Karena alasan itu, penelitian ini dilaksanakan untuk mengkaji hambatan adopsi energi terbarukan sub-sektor ketenagalistrikan di Indonesia secara sistematis dan komprehensif dengan mengombinasikan studi skala makro (nasional) dan mikro (provinsi atau level implementasi).

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Komisi pembimbing, Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr. dan Prof. Dr. Ir. Arya Hadi Dharmawan, M.Sc.Agr. yang telah membimbing dan memberikan masukan selama proses penyusunan tesis ini;
2. Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia yang telah membiayai pendidikan magister saya melalui Beasiswa Unggulan;
3. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Keuangan, Dewan Energi Nasional, PT PLN, Dinas ESDM Aceh, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Aceh, PT PLN Unit Induk Distribusi Aceh, dan seluruh narasumber yang tidak dapat disebut yang memberikan izin penelitian dan berkenan untuk diwawancarai selama penelitian ini berlangsung;
4. Komisi Etik Penelitian yang Melibatkan Subjek Manusia IPB University yang telah memberikan Surat Keterangan Lolos Kaji Etik (*Ethical Approval*) untuk penelitian ini;
5. Teman-teman PSL-IPB angkatan 2024 dan orang-orang terdekat yang mendukung proses penyelesaian studi ini;
6. Keluarga, Ibu Erlina dan seluruh saudara atas segala doa dan dukungan selama proses penyelesaian studi magister, serta secara khusus kepada almarhum Bapak Samsul Bahri Batubara atas kasih sayang dan dukungan semasa hidup.

Penulis menerima dengan terbuka kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ilmiah pada masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya transisi energi di Aceh, Indonesia, maupun dunia.

Bogor, Agustus 2026
Nami Irawan Batu Bara



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Kerangka Pemikiran	5
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pembangunan Berkelanjutan	7
2.2 Ekonomi Sirkular	7
2.3 Transisi Energi	9
2.4 Potensi Pemanasan Global	9
2.5 Kerangka Regulasi Ketenagalistrikan dan Energi di Indonesia	10
2.6 Pemangku Kepentingan Transisi Energi Sub-Sektor Ketenagalistrikan	10
2.7 Penelitian Terdahulu	12
III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	15
3.2 Pendekatan Penelitian	15
3.3 Bahan dan Alat	15
3.4 Prosedur Kerja	16
3.5 Teknik Pengumpulan Data	16
3.6 Metode Analisis Data	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hambatan Adopsi ET di Indonesia	22
4.2 Analisis Tingkat Kepentingan Hambatan Adopsi ET di Indonesia	34
4.3 Pengaruh Hambatan Prioritas Terhadap Adopsi PLTBm Limbah Sawit di Aceh	49
V PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	75