BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar fosil, seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam, masih menjadi sumber energi utama yang menopang aktivitas industri serta sistem penyediaan energi global selama beberapa dekade terakhir (Vohra et al., 2021). Meskipun mampu memenuhi kebutuhan energi dalam skala besar, proses pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi karbon dioksida (CO_2) dalam jumlah tinggi yang berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dan menjadi salah satu penyebab utama terjadinya perubahan iklim global (Lelieveld et al., 2023).

Kondisi tersebut juga tercermin di Indonesia, dimana sektor energi masih didominasi oleh pemanfaatan bahan bakar fosil, khususnya batu bara. Pada tahun 2020, batu bara menyumbang sekitar 43% dari total bauran energi nasional sehingga menjadi sumber energi primer dengan kontribusi terbesar dibandingkan sumber energi lainnya (World Bank, 2023). Ketergantungan yang tinggi terhadap batu bara tidak hanya meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK), tetapi juga berpotensi menurunkan kualitas udara di sekitar kawasan industri serta menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan (World Bank, 2023).

Sebagai respons terhadap tingginya ketergantungan pada energi fosil, pemerintah Indonesia menetapkan arah kebijakan transisi energi melalui peningkatan pemanfaatan energi terbarukan dalam bauran energi nasional. Target yang ditetapkan mencakup penurunan pangsa batu bara dari 43% menjadi 30% dan minyak bumi dari 31% menjadi 25% selama periode 2020–2030, disertai peningkatan pangsa energi terbarukan dari 6,1% menjadi 25% (Setyono & Kiono, 2021).

Komitmen tersebut diperkuat melalui penerbitan Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik yang mulai berlaku pada 13 September 2022. Regulasi

SEKOLAH PASCASARJANA

ini menghapus batas harga energi terbarukan yang sebelumnya dikaitkan dengan biaya pokok penyediaan listrik berbasis batu bara serta menerapkan mekanisme pengadaan yang lebih kompetitif untuk mendorong investasi pada teknologi energi terbarukan (Perpres No. 112/2022, 2022). Kebijakan tersebut diharapkan mampu menciptakan iklim investasi yang lebih kondusif sekaligus mempercepat pelaksanaan transisi energi nasional (Perpres No. 112/2022, 2022).

Sektor energi merupakan salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca (GRK) di Indonesia, dengan sekitar 40% total emisi berasal dari aktivitas pembangkitan listrik yang masih didominasi oleh penggunaan batu bara sebagai sumber energi utama (Erfian et al., 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa transformasi sektor ketenagalistrikan memiliki peran penting dalam upaya menekan laju emisi nasional.

Sebagai bagian dari komitmen terhadap pengendalian perubahan iklim, Indonesia telah menyampaikan *Enhanced Nationally Determined Contribution* (NDC) sebagai implementasi Perjanjian Paris 2015 (Malahayati, 2023). Melalui komitmen tersebut, pemerintah menargetkan penurunan emisi sebesar 31,9% terhadap skenario *business as usual* (BAU) melalui upaya domestik dan hingga 43,2% dengan dukungan internasional pada tahun 2030. Selain itu, Indonesia juga telah menetapkan arah pembangunan rendah karbon melalui pencapaian target *Net Zero Emission*(NZE) pada tahun 2060 atau lebih cepat (Malahayati, 2023).

Untuk mendukung pencapaian target tersebut, pemerintah mengembangkan *Energy Transition Mechanism Country Platform* (ETM-CP) sebagai mekanisme kelembagaan dan pembiayaan yang dirancang untuk mempercepat proses transisi energi, khususnya melalui penghentian bertahap pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batu bara (Judijanto et al., 2024). Implementasi ETM-CP tidak hanya berfokus pada percepatan pensiun dini PLTU, tetapi juga mencakup penguatan model pendapatan PT PLN (Persero), peningkatan investasi pada jaringan listrik, penyesuaian kebijakan subsidi energi, serta perluasan investasi pada pengembangan energi alternatif (Judijanto et al., 2024).

SEKOLAH PASCASARJANA

Sejalan dengan kebijakan tersebut, *Country Climate and Development Report* (CCDR) menjelaskan bahwa pencapaian target iklim Indonesia memerlukan berbagai pilihan kebijakan yang mampu mengintegrasikan agenda pembangunan nasional dengan komitmen penurunan emisi berdasarkan prinsip tanggung jawab bersama namun berbeda (*common but differentiated responsibilities*) (World Bank, 2023). Laporan tersebut juga menunjukkan bahwa sekitar 40% emisi GRK nasional berasal dari sektor energi, dengan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara sebagai kontributor terbesar (World Bank, 2023).

Di sisi lain, sektor kehutanan masih memberikan kontribusi yang signifikan terhadap emisi nasional. Deforestasi dan kebakaran hutan tercatat menyumbang lebih dari 42% emisi GRK Indonesia. Sejak tahun 2000, Indonesia telah kehilangan sekitar 8,49 juta hektar tutupan hutan, meskipun laju kehilangan hutan menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Pada periode 2020–2021, luas deforestasi hanya sekitar 0,15 juta hektar per tahun, yang merupakan tingkat terendah sejak tahun 1990 (World Bank, 2023).

Meskipun upaya pengendalian deforestasi menunjukkan perkembangan positif, tantangan pada sektor energi masih cukup besar karena sekitar 93% kebutuhan energi nasional masih dipenuhi oleh bahan bakar fosil, yang terdiri atas batu bara sebesar 43%, minyak bumi sebesar 31%, dan gas alam sebesar 19% (World Bank, 2023). Dalam dua dekade terakhir, pangsa penggunaan batu bara bahkan meningkat lebih dari dua kali lipat sehingga memperkuat urgensi pelaksanaan transisi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan (World Bank, 2023).

SEKOLAH PASCASARJANA

Peningkatan kebutuhan energi listrik di Indonesia diproyeksikan terus berlanjut seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan aktivitas masyarakat. Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN Tahun 2025, permintaan listrik diperkirakan meningkat rata-rata sebesar 4,9% per tahun dalam kurun waktu sepuluh tahun mendatang, meskipun angka tersebut lebih rendah dibandingkan proyeksi sebelumnya (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PLN, 2025). Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, PLN merencanakan penambahan kapasitas pembangkit listrik sebesar 40,6 GW hingga tahun 2030,

dimana sekitar 20,9 GW atau 51,6% berasal dari pembangkit berbasis energi terbarukan (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PLN, 2025). Proyeksi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kebutuhan listrik harus diimbangi dengan penyediaan sumber energi yang lebih berkelanjutan (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PLN, 2025).

Meskipun pengembangan energi terbarukan terus didorong, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batu bara masih mendominasi sistem ketenagalistrikan nasional. Data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menunjukkan bahwa kapasitas pembangkit listrik terpasang di Indonesia mencapai 72.750,72 MW pada tahun 2020, meningkat dibandingkan 69.678,85 MW pada tahun 2019, dengan konsumsi listrik nasional mencapai 242,6 TWh(Aditya et al., 2022). Ketergantungan yang tinggi terhadap PLTU berbahan bakar batu bara berpotensi mempercepat penurunan cadangan batu bara sekaligus meningkatkan tekanan terhadap kualitas lingkungan akibat emisi yang dihasilkan (Aditya et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengurangi penggunaan batu bara melalui pemanfaatan sumber energi yang lebih ramah lingkungan (Aditya et al., 2022).

Sebagai bagian dari strategi transisi energi, pemerintah menargetkan kontribusi Energi Baru dan Terbarukan (EBT)dalam bauran energi nasional mencapai 23% pada tahun 2025 sebagaimana tercantum dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) (Peraturan Presiden RI, 2017). Namun, realisasi pemanfaatan EBT pada tahun 2020 baru mencapai 9,15%, sehingga masih terdapat selisih sebesar 13,75% yang harus dicapai dalam kurun waktu lima tahun berikutnya (Pribadi, 2020). Salah satu strategi yang dikembangkan untuk mempercepat pencapaian target tersebut adalah penerapan teknologi co-firing pada PLTU berbahan bakar batu bara yang telah beroperasi (Pribadi, 2020). Pendekatan ini dipandang sebagai *green booster* karena mampu meningkatkan pemanfaatan biomassa dengan investasi yang relatif rendah melalui penggunaan fasilitas pembangkit yang telah tersedia (PT PLN, 2021).

Teknologi co-firing merupakan metode pencampuran biomassa dengan batu bara sebagai bahan bakar pada PLTU sehingga dapat mengurangi konsumsi

SEKOLAH PASCASARJANA

batu bara tanpa memerlukan perubahan besar pada sistem pembangkit (Palupi et al., 2024). Salah satu jenis biomassa yang banyak dikembangkan adalah sawdust atau serbuk kayu karena memiliki ketersediaan yang melimpah serta kandungan energi yang memadai untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif (Palupi et al., 2024).

Sawdust merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kayu dan umumnya belum memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi biomassa (Ilham, M. F., 2021). Penelitian sebelumnya mengkaji aspek teknis dan keekonomian pemanfaatan biomassa sawdust sebagai bahan bakar padat pada PLTU dengan boiler tipe *pulverized coal* (Ilham, M. F., 2021). Dalam implementasinya, serbuk kayu yang berasal dari beberapa sentra industri kayu di Kabupaten Sukabumi dikumpulkan, kemudian dikirim ke PLTU Pelabuhan Ratu untuk melalui proses *mixing* sebelum dimasukkan ke bunker batu bara sebagai bahan bakar *co-firing* (Ilham, M. F., 2021).

Biomassa *sawdust* atau serbuk gergaji merupakan limbah hasil pengolahan kayu yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pada sektor ketenagalistrikan. Material ini dapat dipadatkan menjadi pelet berbentuk silindris dengan diameter sekitar 0,6–1 cm, panjang 1–3 cm, dan memiliki kepadatan rata-rata sekitar 650 kg/m³ (Setyawan & Paepenan, 2023). Dari sisi karakteristik energi, sawdust memiliki nilai kalor sekitar 4,7 kWh/kg atau setara dengan ±16,9 MJ/kg sehingga layak dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada sistem co-firing di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) (Herianto et al., 2021). Selain memiliki kandungan energi yang memadai, biomassa *sawdust* berpotensi mendukung pengurangan emisi karbon karena karbon yang dilepaskan selama proses pembakaran dapat diserap kembali melalui pertumbuhan biomassa baru sehingga membentuk *carbon-neutral cycle* apabila berasal dari sumber yang dikelola secara berkelanjutan (Setyawan & Paepenan, 2023).

Potensi pemanfaatan *sawdust* di Indonesia cukup besar karena industri kehutanan dan pengolahan kayu menghasilkan limbah serbuk gergaji dalam jumlah

SEKOLAH PASCASARJANA

yang signifikan. Selain berasal dari limbah penggergajian kayu, bahan baku biomassa juga dapat diperoleh dari sisa penebangan, cabang, ranting, potongan kayu, maupun limbah industri perkayuan lainnya yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal (Herianto et al., 2021). Pemanfaatan limbah tersebut sebagai bahan bakar co-firing tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah biomassa, tetapi juga berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap batu bara sebagai sumber energi utama pembangkit listrik (Ilham, M. F., 2021).

Meskipun demikian, pemanfaatan sawdust sebagai bahan bakar alternatif masih memerlukan kajian yang komprehensif. Selain mempertimbangkan karakteristik energi, aspek ketersediaan bahan baku, kontinuitas pasokan, efisiensi operasional, dan dampak lingkungan juga perlu dievaluasi agar implementasi *co-firing* dapat berlangsung secara optimal dan berkelanjutan (Herianto et al., 2021). Apabila limbah *sawdust* tidak dikelola dengan baik, material ini juga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan, seperti peningkatan partikulat, risiko kebakaran, maupun pelepasan gas metana akibat proses dekomposisi alami (Chum et al., 2011).

Implementasi pemanfaatan biomassa *sawdust* sebagai bahan bakar *co-firing* telah diterapkan pada PLTU Banten 3 Lontar yang dikelola oleh PT PLN Indonesia Power. Berdasarkan data operasional tahun 2024, konsumsi sawdust mencapai 7.490 ton per tahun dengan nilai kalor rata-rata sebesar 16,5 MJ/kg sehingga menghasilkan suplai energi sekitar 123.585 GJ selama satu tahun operasional. Nilai kalor tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang melaporkan bahwa *sawdust* memiliki nilai kalor sekitar 4,7 kWh/kg atau setara dengan ±16,9 MJ/kg (Herianto et al., 2021). Data tersebut menunjukkan bahwa biomassa *sawdus*t telah dimanfaatkan secara nyata sebagai bahan bakar substitusi batu bara pada kisaran 5–10%, sehingga diperlukan evaluasi mengenai kecukupan pasokan serta dampak lingkungan yang dihasilkan selama proses pemanfaatannya.

Dari aspek rantai pasok, ketersediaan sawdust di PLTU Lontar masih dipengaruhi oleh kapasitas produksi industri kayu di wilayah sekitar. Data

SEKOLAH PASCASARJANA

operasional menunjukkan bahwa pasokan sawdust berfluktuasi antara 480–720 ton per bulan, dengan penurunan pasokan pada bulan November akibat berkurangnya aktivitas industri kayu di wilayah Banten dan Jawa Barat. Meskipun demikian, total pasokan tahunan masih mampu memenuhi kebutuhan *co-firing* pada tingkat substitusi batu bara sebesar 5%. Apabila proporsi substitusi biomassa ditingkatkan hingga 10–15%, maka diperlukan kajian lebih lanjut mengenai keandalan rantai pasok biomassa agar keberlanjutan implementasi *co-firing* tetap terjaga.

Secara lingkungan, penggunaan biomassa *sawdust* dalam sistem co-firing berpotensi menurunkan emisi gas rumah kaca serta emisi pencemar udara dibandingkan pembakaran batu bara secara penuh. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi sawdust dan batu bara pada *boiler pulverized coal* mampu menurunkan emisi CO_2, NO_x, dan SO_2 dibandingkan penggunaan batu bara murni (Cahyo, 2021). Namun demikian, besarnya manfaat lingkungan tersebut perlu dievaluasi secara menyeluruh dengan mempertimbangkan seluruh tahapan siklus hidup biomassa, mulai dari penyediaan bahan baku hingga proses pemanfaatannya di pembangkit listrik.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan secara komprehensif adalah *Life Cycle Assessment* (LCA). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai beban lingkungan pada setiap tahapan siklus hidup suatu produk, mulai dari ekstraksi sumber daya, proses produksi, distribusi, penggunaan, hingga tahap akhir berupa penggunaan kembali, daur ulang, atau pembuangan (Bruijn et al., 2022). Dalam penelitian ini, analisis LCA dilakukan menggunakan perangkat lunak SimaPro 9.5 untuk mengevaluasi kategori dampak lingkungan, seperti Global Warming Potential (GWP), Acidification Potential (AP), dan Cumulative Energy Demand (CED) selama pemanfaatan biomassa sawdust pada PLTU Lontar (Rosmeika et al., 2022). Pendekatan tersebut mengacu pada SNI ISO 14040:2016 serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 1 Tahun 2021, sehingga hasil analisis dapat digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi *hotspot* lingkungan

SEKOLAH PASCASARJANA

sekaligus mendukung pengambilan keputusan menuju sistem pembangkitan listrik yang lebih berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Industri skala besar saat ini sangat bergantung pada bahan bakar fosil yang berdampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Sementara biomass menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan, tantangan dalam hal efisiensi energi dan emisi dari pembakaran yang tidak sempurna masih harus diatasi agar biomass dapat menjadi solusi yang efektif dalam transisi menuju penggunaan energi yang lebih berkelanjutan. Sektor energi menyumbang sekitar 40% emisi gas rumah kaca (GRK) nasional, sementara deforestasi dan perubahan tutupan lahan juga menyumbang emisi dalam jumlah besar. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang dapat menekan emisi tanpa memperburuk kerusakan lingkungan, seperti penggunaan biomassa sawdustdari limbah yang dikelola secara berkelanjutan. Penggunaan biomassa sawdustuntuk *co-firing* di PLTU masih jarang dievaluasi secara menyeluruh dari aspek keberlanjutan lingkungan. Belum banyak studi yang menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk menilai dampak lingkungan dari hulu ke hilir dalam penggunaan biomassa sawdustdi sektor pembangkitan listrik.

Permasalahan pada penelitian ini dirumuskan dalam bentuk pertanyaan penelitian (*research question*) sebagai berikut:

1. Bagaimana presentase pengaruh penggunaan biomassa sawdust terhadap dampak lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar alternatif pada pembangkit listrik tenaga uap?
2. Bagaimana siklus biomassa sawdust pada pembangkit listrik tenaga uap dengan pendekatan LCA?
3. Bagaimana dampak lingkungan pada aspek emisi dari penggunaan biomassa sawdust pada pembangkit listrik tenaga uap dalam jangka panjang?

SEKOLAH PASCASARJANA

1.3 Tujuan

1. Menganalisis presentase pengaruh penggunaan biomassa sawdust terhadap dampak lingkungan sebagai bahan bakar alternatif dibandingkan dengan bahan bakar fosil pada industri pembangkit istrik tenaga uap.
2. Menganalisis life cycle assessment dari penggunaan biomassa sawdust untuk industri pembangkit listrik.
3. Menganalisis pertimbangan penggunaan biomassa sawdust sebagai energi alternatif dan dampak lingkungan dari penggunaan biomassa sawdustdalam jangka panjang.

1.4 Rumusan Manfaat

Kajian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan pengetahuan terkait pemanfaatan biomassa sawdustsebagai bahan bakar alternatif yang berkelanjutan pada pemerintah daerah dan pemerhati lingkungan. Laporan ini juga menyediakan analisis komparatif antara biomassa sawdustdan bahan bakar fosil dalam aspek dampak lingkungan, yang dapat digunakan oleh pengambil kebijakan dalam menyusun strategi energi nasional. Hasil dari laporan ini akan mengkaji dalam pemenuhan kriteria penilaian dokumen lingkungan sesuai panduan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 1 Tahun 2021 untuk membuktikan bahwa nilai perhitungan absolut merupakan pengukuran langsung dan terintegrasi dengan perhitungan LCA serta pemenuhan SDG 7 mengenai energi bersih dan terjangkau.

SEKOLAH PASCASARJANA

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada industri pembangkit listrik yaitu di PT Pembangkit Listrik Lontar, Banten. Penelitian ini memfokuskan dalam penerapan *Life Cycle Assesment* dengan ruang lingkup *gate-to-gate* yaitu pada proses penerimaan biomassa, pembakaran biomassa, dan hasil buang biomassa sawdustserta analisis dalam penelitian ini hanya menghitung dampak lingkungan terhadap kualitas udara dan memberikan rekomendasi berdasarkan hasil laporan tahunan dampak lingkungan dengan metode AHP.

Batasan penelitian menggunakan cakupan *gate-to-gate* dipilih sebagai strategi metodologis yang relevan dengan fokus tesis, yaitu "menganalisis dampak lingkungan dari proses *co-firin*g sawdust di dalam sistem produksi PLTU". Pemilihan ini dibenarkan oleh tiga faktor yaitu keterbatasan akses data hulu dan hilir. Proses ekstraksi kayu, penggergajian, hingga distribusi awal berada di luar kendali operasional PLTU, sehingga data primer tidak tersedia secara rinci. Hal ini sesuai rekomendasi ISO 14040 bahwa batas sistem dapat disesuaikan dengan ketersediaan data valid (ISO, 2006).

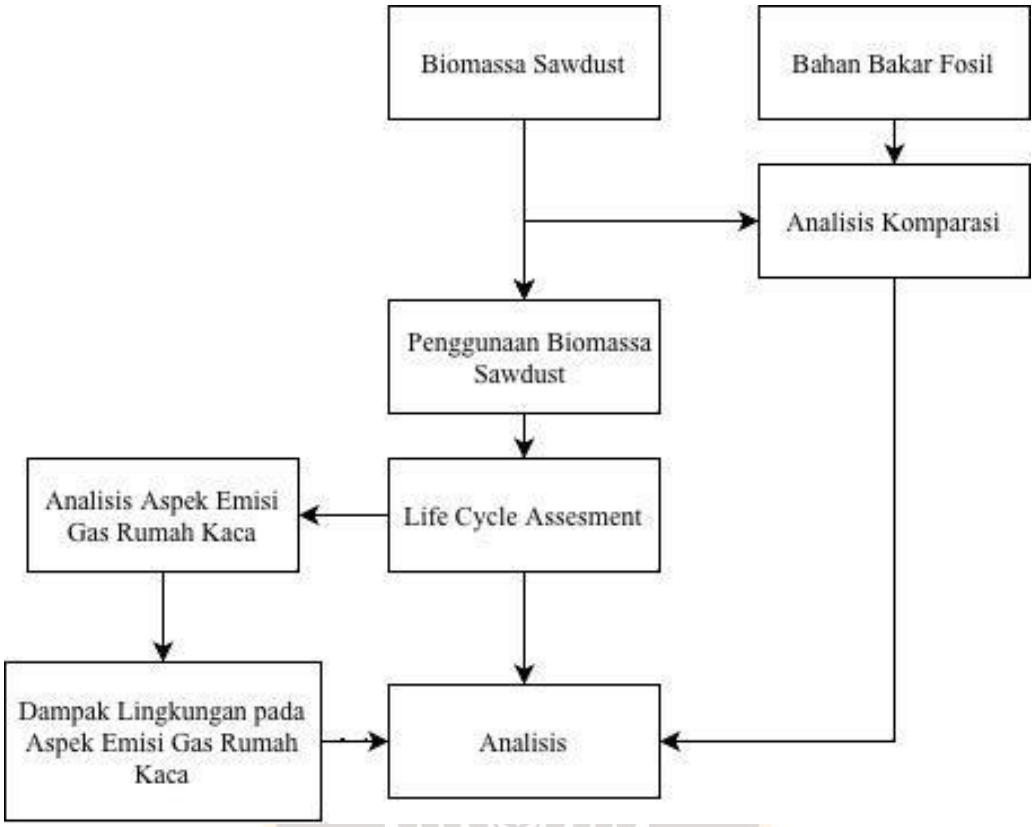
Fokus penelitian pada unit operasi boiler PLTU sesuai tujuan penelitian, mengukur dampak lingkungan yang timbul akibat substitusi batubara dengan *sawdust*, sehingga proses yang paling relevan adalah penerimaan biomassa–pembakaran–*output* emisi di dalam area PLTU Lontar saja. PROPER mengarahkan perusahaan untuk melaporkan LCA berbasis proses internal (*gate-to-gate*) sebagai indikator pemenuhan kinerja lingkungan. Dengan demikian, batasan penelitian ini sah secara metodologis dan selaras dengan kebutuhan evaluasi industri (Kesesuaian dengan pedoman PROPER KLHK). Selain itu batasan penelitian penggunaan metode LCA hanya setelah penggunaan biomassa.

1.6 Kerangka Pikir Penelitian

Penggunaan bahan bakar fosil seperti batu bara menyebabkan emisi GRK tinggi dan berdampak pada perubahan iklim serta kesehatan manusia. Pemerintah Indonesia menargetkan peningkatan energi alternatif dalam bauran energi nasional sebesar 23% pada 2025. Salah satu strategi yang digunakan adalah *co-firing* biomassa sawdustdi PLTU eksisting. Pemanfaatan biomassa sawdust (*sawdust/wood pellet*) dipandang sebagai salah satu solusi energi alternatif yang lebih ramah lingkungan, dengan potensi menjadi netral karbon, serta tersedia secara lokal dan ekonomis. Namun, keberlanjutan penggunaan biomassa sawdustharus dianalisis tidak hanya dari sisi teknis dan efisiensi energi, tetapi juga dampak lingkungannya secara menyeluruh melalui pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA). Dengan menganalisis LCA biomassa sawdust dan membandingkannya dengan bahan bakar fosil, akan diperoleh gambaran menyeluruh tentang efektivitas,

SEKOLAH PASCASARJANA

efisiensi, dan keberlanjutan penggunaan biomassa sawdustsebagai alternatif dalam industri pembangkit listrik.



Gambar I. 1 Diagram Alir Kerangka Pikir

Sumber : Analisis Penulis, 2026

SEMARANG

1.7 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan pertimbangan pada penelitian ini.

SEKOLAH PASCASARJANA

Tabel I. 1 Referensi Penelitian

No.	Judul Nama, dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Life Cycle Assessment Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Avtur di PT Pertamina Refinery Unit IV Cilacap Menggunakan Software SimaPro. (Puspita Rachmasari, 2020)	Untuk mengetahui nilai potensi dampak lingkungan dan mengetahui sumber dampak pada proses produksi avtur yang paling berkontribusi terhadap dampak lingkungan. paling berkontribusi terhadap dampak lingkungan.	Menggunakan software SimaPro 9.0 dengan metode CML IA Baseline serta ruang lingkup gate-to-gate. Kategori dampak yang dikaji adalah abiotic depletion non fossil fuels, abiotic depletion non fossil fuels, global warming, ozone layer depletion, human toxicity, fresh water ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, photochemical oxidation, acidification, dan eutrophocation.	Dalam proses produksi avtur, terdapat satu sumber dampak yang memiliki nilai terbesar pada semua kategori dampak, yaitu mesin Stripper Reboiler, kategori dampak yang memiliki nilai paling tinggi pada proses produksi avtur adalah Marine Aquatic Ecotoxicity.
2.	Penggunaan Life Cycle Assessment dalam Penililaian Resiko Dampak Lingkungan dan Pemilihan Alternatif Teknologi di Pertambangan Indonesia. (Luthfia et al., 2021)	Memberikan gambaran peranan pendekatan LCA terhadap suatu penilaian dan pengambilan keputusan mengenai pengelolaan lingkungan di pertambangan batubara	Menggunakan Microsoft Excel dengan metode CML IA Baseline dengan ruang lingkup cradle to grave. Kategori dampak yang dikaji yaitu potensi pemanasan global.	Hasil perhitungan untuk kategori dampak GRK per ton batubara, berpotensi dihasilkan 16,88 $kgCO_2eq$ CH_4. Gas methane, CH_4, merupakan salah satu gas yang berkontribusi dalam potensi pemanasan global. Dalam kegiatan penambangan, gas methane yang terkandung di dalam lapisan

SEKOLAH PASCASARJANA

No.	Judul Nama, dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
				berpotensi batubara lepas secara langsung ke udara Ketika adanya penggalian batubara.
3.	Environmental Pollution Impact Analysis On Faecal Sludge Process Using Life Cycle Assessment and Analytic Hierarchy Process (Imansyag dan Karnaningroem, 2020)	Untuk mengetahui dampak lingkungan yang ditimbukan akibat pengelolaan lumpur tinja di IPLT Kota Batu dengan metode Life Cycle Assessment kemudian memberikan alternatif dalam mengurangi dampak tersebut dengan metode Analytical Hierarchy Process	Menggunakan software SimaPro dengan metode Impact 2002+ Baseline serta ruang lingkup cradle-to-grave, Kategori dampak yang dikaji adalah Aquatic euthrophicstion, Global warming, Non-renewable energy, selanjutnya untuk penentuan alternatif dilakukan dengan pendekatan AHP dengan software Expert Choice.	Hasil dampak lingkungan pada pengelolaan lumpur tinja di IPLT Kota Batu dengan pendekatan LCA adalah Global warning dengan mengeluarkan emisi CO_2, Non-renewable energy dengan mengeluarkan emisi energi sebesar 1.100.334,84 MJ.
4.	Analisis Life Cycle Assessment (LCA) Pada Pengolahan Air Limbah di Pahu Makmur Palm Oil Mill (Alfaridho, M. I., et al, 2023)	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan pada pengolahan air limbah POME menggunakan metode LCA.	Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode LCA sebagai penilaian dan analisis dampak. PMPOM, serta sebagai bahan pertimbangan dalam bentuk rekomendasi kepada perusahaan untuk terus menjaga kelestarian lingkungan dengan	Dampak selanjutnya yaitu eutrofikasi perairan dengan nilai karakterisasi dampak sebesar 33.622,8 kg PO4eq/hari. Nilai tersebut dihasilkan dari dua kontribusi emisi yang bersumber dari parameter COD dan Total nitrogen. Dampak selanjutnya adalah

SEKOLAH PASCASARJANA

No.	Judul Nama, dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
			melakukan perbaikan berkelanjutan. Ruang lingkup dalam penelitian ini menggunakan gate to gate.	respiratory organicdengan nilai karakterisasi dampak sebesar 253.197,7 kg C2H4eq/hari.
5.	Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) Pada Proses Produksi Minyak Kayu Putih Di Desa Sawa-Namlea (Mentari Rasyid dan Rani Anggriani, 2024.)	Penelitian ini memfokuskan untuk menganalisis potensi dampak lingkungan yang diakibatkan dari proses produksi minyak kayu putih dengan lingkup *gate-to-gate*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan masukan tentang dampak lingkungan sehingga mengurangi dampak akibat aktivitas produksi.	Penelitian ini menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan ruang lingkup *gate to gate* kemudian dibantu dengan alat ukur perhitungan dan database Software SimaPro versi 8.0. berdasarkan ISO 14040 tahun 2006.	Kategori Human Health pada espiratory inorganics sebesar 4,74E-5 DALY, untuk *damage category* kualitas ekosistem (*ecosystem quality*) *ecotoxicity* sebesar 1,42 PDF*m2yr, untuk damage category sumber daya (*resources*) *fossil fuels* sebesar 76,6 MJ surplus. Rekomendasi perbaikan berdasarkan strategi 1E5R produksi bersih yaitu dengan memanfaatkan limbah daun kayu putih sebagai bahan bakar pengganti kayu atau minimal mengurangi penggunaan bahan bakar kayu.
6.	Life Cycle Assessment (LCA) Sebagai Metode Kajian Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air Bersih di Instalasi Pengolahan	Mengkaji dampak lingkungan yang dihasilkan oleh Instalasi Pengolahan Air Bersih	Metode yang digunakan adalah Impact 2002+ karena menyesuaikan kondisi lapangan. Terdapat 15 dampak yang muncul dari metode	Dampak terbesar yang muncul akibat proses pengolahan air bersih dengan lingkup gate to gate pada pengolahan konvensional dan non

SEKOLAH PASCASARJANA

No.	Judul Nama, dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
	Air (IPA) Siwalanpanji. (Nurbaiti, G. A., et al, 2022)	Siwalanpanji selama proses pengolahan air itu berlangsung serta dapat memberikan rekomendasi alternatif pengelolaan yang ramah lingkungan.	Impact 2002+, tapi peneliti hanya memfokuskan 3 dampak terbesar yang muncul.	konvensional yaitu respiratory inorganics, global warming, dan non-renewable energy
7.	Analisis Produksi Bersih Berbasis *Life Cycle Assessment* (*LCA*) Pada Industri Tahu Di Lumajang (Musyarofah, A. A. S., et al, 2024).	Menentukan tujuan dan ruang lingkup, membuat inventori data, mengelompokkan dan mengukur dampak, serta melakukan interpretasi untuk memperbaiki ekosistem dan keberlanjutan kehidupan.	Metode penelitian yang digunakan melibatkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menganalisis data yang diperoleh dari uji laboratorium, survei lapangan, dan wawancara.	Setelah melakukan kajian pada Industri X tersebut, rata rata pH adalah 5.36 sedangkan pH normal air sungai adalah 6-8. Hasil observasi *BOD* adalah 12.01 mg/L, rata-rata *TDS* 573 ppm, rata-rata EC adalah 1,156.5 µs/cm, rata rata nilai ORP nya adalah -263 mV, dan menunjukkan suhu rata rata air sungai adalah 32.50 C lebih tinggi dibanding suhu alami sungai yaitu 24-300 C.
8.	Analisis Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air Limbah Bandar Udara X Menggunakan Metode Life Cycle Assesment (Nugroho, G. G., & Murti, R. H., 2024)	Bertujuan engevaluasi *Life Cycle Assesment* dan memberikan rekomendasi saran perbaikan agar aktivitas pengolahan air	Data yang akan diolah pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara observasi langsung dan wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi pustaka.	Nilai ketiga dampak tersebut dipengaruhi oleh konsumsi listrik yang terjadi di unit Pretreatment, Aerasi 1, dan Aerasi 2. Sedangkan unit lainnya tidak memengaruhi niali damkkarena tidak

SEKOLAH PASCASARJANA

No.	Judul Nama, dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
		menjadi lebih ramah lingkungan	Data primer mencakup data penggunaan energi listrik, kondisi eksisting IPAL, dan penggunaan bahan kimia, sedangkan data sekunder mencakup data debit air limbah domestik yang masuk ke IPAL per harinya.	dibutuhkan energi listrik dalam prosesnya, hal ini dapat dilihat pada grafik yang menunjukkan nilai dampak lingkungan yang konstan di unit Maturation Pon, SterilizationBasin, dan Pond. Berdasarkan dampak lingkungan tersebut rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan adalah dengan mengganti sumber energi listrik menggunkan sumber energi yang lebih ramah lingkungan, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Sumber: artikel jurnal diolah, 2025

SEKOLAH PASCASARJANA