

Kebijakan Co-firing Hidrogen Hijau: Solusi Dekarbonisasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Indonesia

Christhoper Kristian Darmawan*

*Fakultas Hukum Universitas Pelita Harapan, Tangerang Indonesia,
christhoperkristian@gmail.com*

Ezra Sebastian

*Fakultas Hukum Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia,
ezraeca99@gmail.com*

Abstract. *The purpose of this study is to analyze the urgency of implementing green hydrogen co-firing as a more sustainable alternative to biomass, both from the legal and implementation aspects, and to formulate the optimization steps needed to support the implementation of green hydrogen co-firing in order to achieve the NZE 2060. This study uses a normative-empirical method, with a legislative approach to review and evaluate the applicable regulatory framework and energy policies, linked to the empirical conditions of co-firing implementation in Indonesia. The results show that green hydrogen has significant potential as a blended fuel that is more environmentally friendly and sustainable than biomass. However, its implementation still faces various challenges, especially related to regulatory readiness, the availability of hydrogen infrastructure, the need for economic incentives, and investment support. This study also concludes that the implementation of green hydrogen co-firing is not only relevant to support the achievement of the NZE 2060, but also contributes to strengthening environmental sustainability and national energy security, as long as it is supported by comprehensive and integrated policies.*

Keywords: *Net Zero Emission, Renewable Energy, Steam Power Plant, Green Hydrogen*

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis urgensi penerapan co-firing hidrogen hijau sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan dibandingkan biomassa, baik dari aspek pengaturan hukum maupun implementasinya, serta merumuskan langkah-langkah optimalisasi yang diperlukan untuk mendukung penerapan co-firing hidrogen hijau dalam rangka pencapaian NZE 2060. Penelitian ini menggunakan metode normatif-empiris, dengan pendekatan peraturan perundang-undangan untuk mengkaji dan mengevaluasi kerangka regulasi serta kebijakan energi yang berlaku, dikaitkan dengan kondisi empiris pelaksanaan co-firing di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidrogen hijau memiliki potensi signifikan sebagai bahan bakar campuran yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dibandingkan biomassa. Namun, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait kesiapan regulasi, ketersediaan infrastruktur hidrogen, kebutuhan insentif ekonomi, serta dukungan investasi. Penelitian ini juga menyimpulkan bahwa penerapan co-firing hidrogen hijau tidak hanya relevan untuk mendukung pencapaian NZE 2060, tetapi juga berkontribusi pada penguatan keberlanjutan lingkungan dan ketahanan energi nasional, sepanjang didukung oleh kebijakan yang komprehensif dan terintegrasi.

Kata Kunci: *Net Zero Emission, Energi Baru Terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Co Firing, Hidrogen Hijau*

Submitted: 18 November 2024 | Reviewed: 22 February 2025 | Revised: 21 December 2025 | Accepted: 30 December 2025

PENDAHULUAN

Transisi energi merupakan langkah penting dalam mencapai ketahanan energi trilemma, yang mencakup ketahanan energi, aksesibilitas biaya energi, dan keberlanjutan lingkungan. Energi yang paling banyak digunakan untuk memenuhi hajat hidup masyarakat luas adalah energi listrik. Saat ini, Indonesia memiliki ketergantungan pada batubara sebagai bahan baku primer bagi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada tahun 2023, proporsi bauran energi di Indonesia terdiri dari 40,46% batu bara, 30,18% minyak bumi, 16,28% gas bumi, dan hanya 13,09% energi baru terbarukan (EBT). Pembangkit listrik berbasis energi fosil, seperti batu bara, merupakan sumber emisi GRK terbesar kedua di Indonesia setelah deforestasi lahan, dengan kontribusi sebesar 35% dari 1.262 gigaton karbondioksida (CO₂) per tahun.¹ Ketergantungan pada bahan bakar fosil, terutama batubara, dapat menghasilkan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK), dengan konsumsi batubara meningkat sebesar 33% dalam beberapa tahun terakhir.² Berdasarkan hal ini, maka upaya transisi menuju EBT merupakan suatu langkah konkret dalam menyelesaikan permasalahan emisi karbon di Indonesia. Langkah ini sesuai dengan amanat Pasal 28H ayat (1) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 (UUD 1945), yang menyatakan bahwa setiap orang berhak untuk hidup sejahtera lahir dan batin, bertempat tinggal, dan mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat, serta berhak memperoleh pelayanan kesehatan.³ Meninjau pada amanat dalam pasal tersebut, pemanfaatan EBT sudah seyogyanya mampu menjadi langkah bagi pemerintah dalam melaksanakan pengelolaan sumber daya alam dengan tetap memperhatikan lingkungan hidup dan kesejahteraan masyarakat. Pemanfaatan EBT juga sekiranya diwujudkan untuk menciptakan lingkungan hidup yang baik dan sehat bagi masyarakat Indonesia, sebagaimana dinyatakan dalam Pasal 9 ayat (3)

¹ “Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Cadangan Batubara Masih 38,84 Miliar Ton, Teknologi Bersih Pengelolaannya Terus Didorong,” accessed February 6, 2025, <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/cadangan-batubara-masih-3884-miliar-ton-teknologi-bersih-pengelolaannya-terus-didorong>.

² “Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Pemerintah Kejar Target Tingkatkan Bauran EBT,” accessed February 6, 2025, <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-kejar-tingkatkan-bauran-ebt>.

³ Pasal 28H ayat (1) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945

Undang-Undang Nomor 39 Tahun 1999 tentang Hak Asasi Manusia (UU HAM).⁴ Dalam hal ini, pemanfaatan EBT seyogyanya dilaksanakan semata-mata demi hak masyarakat Indonesia itu sendiri, yaitu hak untuk mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat.

Pelaksanaan *co-firing* biomassa merupakan salah satu langkah konkret yang telah diambil pemerintah dalam upaya mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Secara singkat, *co-firing* biomassa merupakan pencampuran biomassa dengan batubara pada proporsi tertentu sebagai bahan bakar PLTU. Sejatinya, *co-firing* biomassa memang memiliki tujuan yang baik demi mengurangi emisi karbondioksida di udara, sekaligus untuk memberikan ‘kesempatan kedua’ bagi PLTU batubara dalam hal menjaga nilai keekonomian untuk kegunaan batubara itu sendiri sebagai energi primer, disamping upaya pemensiunan dini PLTU. Akan tetapi, penerapan *co-firing* biomassa pada PLTU cenderung menimbulkan dampak kerugian lingkungan yang signifikan dalam jangka panjang. Dalam melaksanakan *co-firing* biomassa, pemerintah membutuhkan pasokan biomassa sebanyak 4-9 Juta ton per tahunnya untuk mencapai target yang optimal.

Pemenuhan pasokan biomassa tersebut mendorong terjadinya praktik deforestasi yang masif dalam jangka Panjang. *Co-Firing* biomassa juga cenderung tidak efektif dalam mengurangi emisi karbon dari PLTU, dengan persentase pengurangan karbon yang sangat kecil dalam jangka pendek. Berdasarkan hal ini, *co-firing* biomassa cenderung tidak efektif karena menghasilkan persentase pengurangan karbon yang kecil dan menghasilkan emisi GRK dalam proses pemenuhan pasokannya akibat praktik deforestasi. Hal ini cenderung berkontradiksi atau menyeleweng dari tujuan utamanya, yaitu memenuhi tercapai *Net Zero Emission 2060* (NZE 2060).⁵

Menilik pada berbagai permasalahan dan kekurangan yang telah diuraikan di atas, maka sudah cukup menjadi suatu urgensi bagi pemerintah untuk mencari alternatif lain sebagai pengganti biomassa dalam proses *co-firing*. Kami mengusulkan hidrogen

⁴ Pasal 9 ayat (3) Undang-Undang Nomor 39 Tahun 1999 tentang Hak Asasi Manusia

⁵ “Co-Firing Biomassa PLTU: Solusi Palsu Dan Inkonsistensi Komitmen Pemerintah Soal Transisi Energi – WALHI Jawa Barat,” accessed February 6, 2025, <https://walhijabar.id/co-firing-biomassa-pltu-solusi-palsu-dan-inkonsistensi-komitmen-pemerintah-soal-transisi-energi>.

hijau atau *green hydrogen* sebagai alternatif pengganti yang kompatibel untuk pelaksanaan *co-firing* PLTU batubara di Indonesia.⁶ Hidrogen hijau memiliki beberapa keuntungan seperti bersih, ramah lingkungan, pembawa energi serbaguna, densitas energi yang tinggi, penyimpanan energi, skalabilitas dan potensi terbarukan.⁷ Hidrogen hijau memiliki potensi dalam menurunkan jumlah emisi Indonesia 11,6 juta ton CO₂ per tahun.⁸ *Green hydrogen* merupakan alternatif terbaik, ditinjau dari aspek keramahan lingkungannya. *Green hydrogen* dihasilkan dari proses elektrolisis antara air dan listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik EBT yang hanya mengeluarkan uap air sehingga tidak menimbulkan residu yang dapat mencemari lingkungan sekitarnya.⁹ Meninjau pada proses produksinya, maka dapat disimpulkan bahwa *green hydrogen* adalah hidrogen yang dihasilkan dari energi terbarukan. Selain itu, Indonesia memiliki potensi ketersediaan pasokan hidrogen hijau yang melimpah. Hal ini ditinjau dari potensi panas bumi terbesar kedua di dunia dan kapasitas tenaga surya lebih dari 200 GW untuk hidrogen hijau.¹⁰

Penerapan hidrogen hijau sebagai bahan campuran *co-firing* di Indonesia sudah mulai dilaksanakan melalui beberapa *pilot project*, yaitu di Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Tanjung Priok dengan kapasitas 301 MW dan PLTG Pesanggrahan dengan kapasitas 16 MW menggunakan *Low Carbon Hidrogen*. Akan tetapi, pengimplementasian *co-firing green hydrogen* masih belum dapat terlaksana dengan baik apabila ingin diterapkan secara komersial. Hal ini dapat ditinjau dari kekosongan aspek hukum atau regulasi yang secara khusus mengatur tentang pemanfaatan hidrogen hijau. Undang-undang atau peraturan yang mengatur tentang EBT masih sekilas mencantumkan hidrogen hijau sebagai salah satu alternatif energi menuju

⁶ Aulia Sabila Syarifa Qalbie and Rahmaniah Rahmaniah, "The Opportunity to Achieve Net Zero Emissions in Indonesia Through the Implementation of a Green Economy to Address Climate Change," *Global South Review* 5, no. 1 (September 15, 2023): 80–102, <https://doi.org/10.22146/globalsouth.86381>.

⁷ "INDONESIA HYDROGEN ROADMAP Diterbitkan Atas Kerjasama Dengan: Indonesia Fuel Cell and Hydrogen Energy (IFHE)," n.d., accessed February 6, 2025.

⁸ "Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Dorong Percepatan Pengembangan Hidrogen, Kementerian ESDM Bentuk KBLI Khusus."

⁹ "Direktorat Jenderal EBTKE - ELIBRARY.HTML," accessed February 6, 2025, <https://ebtke.esdm.go.id/flippdf/elibrary.html#pdfflip-PDFF-41>.

¹⁰ Adin Anugerah S, "ESDM Siapkan Regulasi Insentif untuk Pengembangan Hidrogen Hijau di Indonesia – Masyarakat Energi Terbarukan Indonesia," June 20, 2024, <https://metiures.or.id/berita/esdm-siapkan-regulasi-insentif-untuk-pengembangan-hidrogen-hijau-di-indonesia/>.

NZE 2060, tanpa menjelaskan secara lebih lanjut terkait tata cara dan proses penggunaannya. Dalam kata lain, masih belum terdapat peraturan khusus atau *lex specialis* dan peraturan pelaksana yang mengatur tentang pemanfaatan hidrogen hijau secara lebih rinci, meskipun sudah terdapat rencana regulasi terkait insentif dan keringanan pajak untuk mempercepat pengemabngan hidrogen hijau di Indonesia oleh Kementerian Energi Sumber Daya dan Mineral (Kementerian ESDM). Hal ini sebenarnya dapat dimaklumi mengingat hidrogen hijau sendiri merupakan komoditas energi yang terbilang masih sangat baru sehingga belum ada regulasi khusus yang mengaturnya.

Beberapa peraturan perundang-undangan atau peraturan pemerintah yang sekilas menjelaskan terkait hidrogen hijau, antara lain Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang RUEN (Perpres 22/2017) dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan (Permen ESDM 10/2025) yang mengatur transisi energi sektor ketenagalistrikan dilakukan melalui produksi *green hydrogen* (H₂) atau *green ammonia* (NH₃). Namun, Permen ESDM 10/2025 tidak dilengkapi dengan pengaturan teknis ,standar mengenai *green hydrogen* maupun mengenai teknologi.¹¹ Meskipun, penerapan *green hydrogen* ini akan dilakukan setelah PLTU telah abis masa konsensi dengan pemerintah.¹² Dalam kedua peraturan tersebut, tidak ada pengaturan teknis tentang rantai produksi hidrogen hijau, formula harga, tata cara pemanfataan, dan berbagai hal lainnya yang berkaitan dengan penggunaan hidrogen hijau. Hal ini tentunya perlu diperhatikan karena *green hydrogen* sendiri merupakan komoditas energi yang terbilang sangat baru di Indonesia. Dengan demikian, dibutuhkan pengaturan yang komprehensif apabila ingin diterapkan secara komersial, sebagaimana semangat Hukum Pembangunan yang menyatakan bahwa hukum harus menjadi alat untuk mengakselerasi pembangunan menuju ke arah yang lebih baik.

Berdasarkan penjelasan diatas, Tim penulis akan mengkaji pentingnya penerapan *green hydrogen* sebagai bahan bakar campuran *co-firing* di Indonesia dan langkah

¹¹ *Ibid*

¹² Wawancara dengan Staf Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM

konkret yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan *co-firing green hydrogen* dalam rangka mencapai NZE 2060 berdasarkan dua permasalahan utama, yaitu; *pertama*, urgensi penerapan hidrogen hijau sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing*, yang dijabarkan berdasarkan dua sub-permasalahan, yaitu dampak buruk *co-firing* biomassa bagi lingkungan sekitar dan keuntungan penerapan hidrogen hijau sebagai bahan campuran proses *co-firing*. *Kedua*, optimalisasi pengaturan *green hydrogen* untuk mengakomodasi penggunaan *green hydrogen*. Penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan membahas pemanfaatan *green hydrogen* sebagai bahan bakar campuran dalam *co-firing* di PLTU, yang belum banyak dibahas dalam konteks pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia. Fokus pada integrasi hidrogen hijau untuk menggantikan biomassa memberikan nilai tambah karena dapat mengatasi risiko pengrusakan lingkungan, seperti deforestasi dan ketergantungan pada biomassa sehingga memiliki aspek berkelanjutan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas *green hydrogen*, baik dari aspek kemanfaatan, regulasi atau perundang-undangan, dan investasi. Penelitian yang dilakukan oleh (Al-Basith et al) menyoroti pemanfaatan *green hydrogen* sebagai *fuel cell electric vehicle*.¹³ Sementara itu, dalam konteks pengaturan (Hasan et al) telah menggarisbawahi bahwa RUU EBT harus segera disahkan sehingga terdapat regulasi atau peraturan perundang-undangan yang memayungi penggunaan hidrogen, termasuk *green hydrogen* di Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga membahas aspek produksi *green hydrogen* yang menggunakan sumber energi terbarukan, seperti angin dan surya melalui proses elektrolisis.¹⁴ Dalam hal peningkatan investasi terkait *green hydrogen*, (Puji Agustin) telah menyajikan studi terkait penanaman modal asing untuk pengembangan hidrogen di Indonesia.¹⁵ Namun, hingga saat ini belum banyak penelitian atau kajian yang mengupas tentang penggunaan *green hydrogen* sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing* PLTU. Penelitian yang sudah dilakukan juga terbatas

¹³ Adam Fadillah Al-Basith and Resti Chairunnisa Devara, "Optimalisasi Pemanfaatan Green Hydrogen Dalam Menunjang Pengadaan Fuel Cell Electric Vehicle Melalui Pembaharuan RUU EBT," *Jurnal Al Aqbar Indonesia Seri Ilmu Sosial* 5, no. 2 (July 9, 2024): 91, <https://doi.org/10.36722/jaiss.v5i2.3043>.

¹⁴ *Ibid*

¹⁵ Yuda Puji Agustin, "Penanaman Modal Asing Dalam Bidang Pengembangan Hidrogen ...-2533," *JIGE* 5, no. 4 (2024): 2533–45, <https://doi.org/10.55681/jige.v5i4.3457>.

pada pembahasan tentang penggunaan dan pemanfaatan hidrogen, tanpa memberikan analisis atau solusi pengaturan yang sekiranya dibutuhkan untuk menunjang penggunaan hidrogen di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini akan mengisi kesenjangan tersebut dengan tujuan memberikan wawasan yang lebih luas tentang pemanfaatan hidrogen di Indonesia, sebagai salah satu upaya menuju NZE 2060.

Penelitian ini akan membahas urgensi dari penerapan *co-firing green hydrogen* dan langkah optimalisasi yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan pelaksanaan *co-firing green hydrogen*. Adapun batasan dalam penelitian ini mencakup beberapa aspek yang dapat mempengaruhi hasil dan generalisasi temuan. Pertama, penelitian ini terbatas pada ketersediaan data dari tahun 2020-2025 mengenai teknologi *green hydrogen* di Indonesia yang masih dalam tahap pengembangan dengan menggunakan teknologi elektrolisis. Kedua, aspek infrastruktur hanya dianalisis pada tingkat potensi tanpa menyelami detail pembangunan fisik atau spesifikasi yang dibutuhkan. Ketiga, dari segi hukum, penelitian ini memberikan rekomendasi kebijakan hukum tanpa analisis *economic analysis of law* terhadap dampak-dampak yang diberikan kepada para pemangku kepentingan (*shareholder*). Keempat, penelitian ini hanya berfokus kepada permasalahan lingkungan terkait penggunaan *co-firing* biomassa, berupa cangkang kelapa sawit. Kelima, penelitian ini difokuskan pada penerapan di Indonesia dengan memasukan studi kasus penerapan hidrogen hijau di dua negara yang sudah berhasil dalam menerapkan *co-firing* hidrogen hijau, yaitu Amerika Serikat dan Uni Eropa.

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini akan membahas dan menganalisis urgensi penerapan *co-firing green hydrogen* sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing* PLTU di Indonesia sebagai salah satu upaya dekarbonisasi menuju NZE 2060. Pembahasan terkait urgensi penerapan hidrogen hijau akan dilaksanakan dengan menjabarkan dampak buruk dari penggunaan biomassa sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing* dan menganalisisnya berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan yang ada. Selain itu, untuk memperkuat urgensi penggunaan hidrogen hijau sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing* maka penelitian ini akan menjabarkan juga keunggulan atau keuntungan dari penerapan *co-firing* hidrogen hijau. Terakhir, penelitian ini juga akan

mengevaluasi tantangan teknis, regulasi, dan ekonomi dalam mengimplementasikan pelaksanaan *co-firing green hydrogen*, serta memberikan rekomendasi kebijakan strategis untuk mendukung percepatan transisi energi bersih di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode normatif-empiris, yaitu penggabungan antara pendekatan hukum normatif dengan adanya penambahan berbagai unsur empiris. Penelitian hukum normatif-empiris mengenai implementasi ketentuan hukum normatif (undang-undang) dalam aksinya pada setiap peristiwa hukum tertentu yang terjadi dalam suatu masyarakat. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perundang-undangan (*statute approach*). Pendekatan ini mengkaji norma-norma yang ada dalam peraturan hukum terkait EBT, pengelolaan lingkungan, pengurangan emisi, dan kebijakan *co-firing*. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data sekunder, yang terdiri dari bahan hukum primer dan bahan hukum sekunder. Bahan hukum primer terdiri dari Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik, Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional, Peraturan Menteri dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2023 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Biomassa Sebagai Campuran Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap, dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan (*Road Map*) Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan. Bahan hukum sekunder yang digunakan terdiri dari literatur ilmiah, jurnal, dan artikel terkait energi hidrogen dan biomassa. Terakhir, bahan hukum tersier yang digunakan terdiri dari ensiklopedia dan kamus hukum. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur untuk menelaah peraturan perundang-undangan yang relevan, serta kajian terhadap penelitian sebelumnya yang membahas penerapan hidrogen hijau dalam sektor energi. Selain itu, dilakukan juga studi kasus terkait dampak dari penggunaan biomassa sebagai

bahan campuran *co-firing* bagi lingkungan sekitar dan pengalaman negara lain yang telah mengimplementasikan hidrogen hijau.

Objek penelitian ini adalah urgensi penerapan *co-firing green hydrogen* di Indonesia, yang dijabarkan melalui dua sub rumusan masalah, yaitu urgensi penerapan *co-firing* hidrogen hijau dan optimalisasi kebijakan nasional dalam rangka mendukung penggunaan *green hydrogen* di Indonesia menuju NZE 2060. Sementara itu, subjek penelitian ini meliputi pemerintah Indonesia, penyedia energi, dan pelaku industri energi yang terlibat dalam kebijakan energi terbarukan. Penelitian ini berfokus pada urgensi penggunaan hidrogen hijau sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing* PLTU dan langkah optimalisasi yang sekiranya dapat mendukung implementasi penggunaan hidrogen hijau sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing*. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis kualitatif, dengan memadukan teori hukum yang relevan dengan isu pembangunan berkelanjutan, yaitu Teori Hukum Pembangunan oleh Mochtar Kusumaatmadja yang menekankan pada hukum sebagai instrumen untuk menuju pembaharuan atau pembangunan ke arah yang lebih baik.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Urgensi Penerapan *Co-firing* Hidrogen Hijau

A. Analisis Dampak Buruk *Co-firing* Biomassa Terhadap Asas Keberlanjutan dan Berwawasan Lingkungan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat emisi karbon yang tinggi dengan jumlah 609 juta ton *metric CO₂* yang sebagian besar berasal dari PLTU pada tahun 2019.¹⁶ Emisi karbon yang dihasilkan dari PLTU ini beresiko menimbulkan berbagai penyakit berbahaya, seperti asma, infeksi pernafasan akut dan sebagainya.¹⁷ Salah satu langkah untuk mereduksi atau mengurangi emisi karbon

¹⁶ Noviani Evitasari and Ahmad Komarulzaman, "Pengaruh Pendanaan Iklim Terhadap Penurunan Emisi Karbon Pengaruh Pendanaan Iklim Terhadap Penurunan Emisi Karbon Melalui Energi Terbarukan Di Indonesia Melalui Energi Terbarukan Di Indonesia," *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia* 23, no. 2, accessed February 6, 2025, <https://doi.org/10.21002/jepi.2023.12>.

¹⁷ "View of Pengaturan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara Di Indonesia Prespektif Hak Atas Lingkungan Yang Baik Dan Sehat," accessed March 2, 2025, <https://journal.uui.ac.id/Lex-Renaissance/article/view/16810/pdf>.

tersebut adalah melalui dekarbonisasi karbon sebagaimana amanat yang disampaikan dalam Pasal 3 ayat (1) Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik (Perpres 112/2022). Pasal ini menyatakan bahwa salah satu bentuk dekarbonisasi adalah pengakhiran atau pemensiunan dini masa operasional PLTU. Program pemensiunan dini PLTU telah dilaksanakan oleh pemerintah, salah satunya melalui pemensiunan PLTU Cirebon 1 dengan kapasitas 600 MW yang akan dipensiunkan pada tahun 2035.¹⁸ Selain itu, terdapat juga pemensiunan PLTU Pelabuhan Ratu dengan kapasitas 1.050 MW yang akan dipensiunkan pada tahun 2037.¹⁹ Dalam rangka melaksanakan pemensiunan dini PLTU, tidak dipungkiri bahwa pemerintah harus tetap memperhatikan aspek keekonomian dari PLTU itu sendiri. Hal ini dilakukan dengan melaksanakan program pencampuran bahan bakar biomassa dalam operasional PLTU yang disebut sebagai *co-firing* biomassa. Berbagai langkah atau usaha dekarbonisasi yang dilakukan oleh pemerintah sudah seyogyanya dapat dilaksanakan sesuai dengan Teori Hukum Pembangunan oleh Mochtar Kusumaatmadja yang menyatakan bahwa hukum sebagai sarana pembaharuan masyarakat. Dalam kata lain, teori ini menegaskan bahwa hukum harus dijadikan sebagai sarana dalam mengakselerasi pembangunan menuju ke arah yang lebih baik. Pembangunan atau perkembangan modernisasi tersebut mencakup segenap bidang pembangunan sehingga dibutuhkan kebijaksanaan dalam melaksanakannya.²⁰ Selain itu, pelaksanaan *co-firing* PLTU batubara pun sudah sewajibnya memenuhi prinsip-prinsip berwawasan lingkungan yang tertuang dalam berbagai peraturan perundang-undang terkait pengelolaan lingkungan hidup.

¹⁸ Katherine Hasan, "Manfaat Kesehatan Dan Ekonomi Dari Pensiun Dini Pembangkit Listrik Batubara Pertama Di Bawah JETP Indonesia," https://Energyandcleanair.Org/Wp/Content/uploads/2024/06/ID-ID-Early-Retirement-Cirebon-1_Pelabuhan-Ratu_Suralaya-1-4.Pdf (Banten, June 20, 2024).

¹⁹ *Ibid*

²⁰ Wiman Wibisana, "PERSPEKTIF POLITIK HUKUM DAN TEORI HUKUM PEMBANGUNAN TANGGUNG JAWAB SOSIAL DAN LINGKUNGAN TERBATAS," *Jurnal Komunikasi Hukum*, February 1, 2018, <https://www.bing.com/ck/a?!&p=822906be1c8769eeef405cc44f4adc52459ecc84ab453bb3443bb78470f653ddJmltdHM9MTc0OTQyNzIwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=3c12fc18-69c3-67ef-3439-e9bd6801667a&xpsq=PERSPEKTIF+POLITIK+HUKUM+DAN+TEORI+HUKUM+PEMBANGUNAN+TE RHADAP+TANGGUNG+JAWAB+SOSIAL+DAN+LINGKUNGAN+PERSEROAN+TERBATAS&u=a1aHR0cHM6Ly9lam91cm5hbC51bmRpa3NoYS5hYy5pZC9pbmRleC5waHAvamtoL2FydGlibGUvZG93bmXvYWQvMTM2NjMvODUxNS8xNjgxNA&ntb=1>.

Secara singkat, *co-firing* biomassa adalah pencampuran biomassa dengan batubara pada proporsi tertentu sebagai bahan bakar PLTU dengan tujuan mereduksi emisi karbon yang dilepaskan. Terlepas dari tujuan baik program atau langkah yang diterapkan pemerintah untuk menuju pembangunan yang berkelanjutan, tidak menutup kemungkinan bahwa salah satu program tersebut justru bertentangan dengan maksud atau tujuan sejatinya. Hal ini dapat ditinjau pada implementasi *co-firing* biomassa di Indonesia. Dalam pelaksanaannya, *co-firing* biomassa yang telah diterapkan PLN pada 52 PLTU, justru menghasilkan masalah jangka panjang terkait minimnya pasokan biomassa itu sendiri dengan kebutuhan 4-9 Juta ton biomassa.²¹ Untuk memenuhi kebutuhan pasokan yang sangat banyak, Indonesia membutuhkan setidaknya 2,3 juta hektar Hutan Tanaman Industri (HTI) untuk memenuhi kebutuhan *co-firing* biomassa. Hal ini akan mendorong terjadinya praktik deforestasi masif demi memenuhi pasokan biomassa tersebut.²² Selain itu, *co-firing* biomassa hanya dapat mengurangi emisi dari PLTU sebesar 5,4% dalam jangka pendek.²³ Sementara itu, dengan dilakukannya aktivitas deforestasi yang masif, maka dalam jangka panjang penerapan *co-firing* menggunakan biomassa cenderung tidak efisien karena memiliki persentase pengurangan karbon yang kecil dan menghasilkan emisi GRK tinggi dari praktik deforestasi. Emisi karbon yang dihasilkan dari proses pemenuhan pasokan biomassa, diperkirakan 653 juta karbon. Hal ini sudah sepatutnya menjadi *concern* bagi pemerintah mengingat kegiatan deforestasi sendiri merupakan salah satu permasalahan yang menjadi perhatian pemerintah Indonesia, bahkan dunia. Berdasarkan data dari Forest Declaration Center, luas lahan hutan yang terdampak oleh aktivitas deforestasi sepanjang tahun 2023 sudah mencapai 1,18 juta hektar. Hal ini patut menjadi perhatian bagi pemerintah mengingat luas lahan yang terdampak tersebut empat kali lebih besar dari luas daratan Ibu Kota Nusantara

²¹ “Co-Firing with Biomass in Indonesia: Debunking Emission Reduction Claims | Environmental Paper Network,” accessed February 6, 2025, <https://environmentalpaper.org/2023/11/co-firing-with-biomass-in-indonesia-debunking-emission-reduction-claims/>.

²² *Ibid.*

²³ Mann M., “A Life Cycle Assessment Of Biomass Cofiring In A Coal-Fired Power Plant,” *Link.Springer.Com* 3 (June 30, 2001): 81–91.

(IKN), yakni 252.600 hektar.²⁴ Hal ini membuat pelaksanaan *co-firing* biomassa justru menyeleweng atau berkontradiksi dari tujuan awalnya, yaitu untuk dekarbonisasi menuju NZE 2060 yang malah menambah emisi gas rumah kaca.²⁵

Dampak buruk yang ditimbulkan dari *co-firing* biomassa, justru membuat langkah ini bertentangan dengan prinsip atau asas pembangunan berkelanjutan, sebagaimana tertuang dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU 32/2009) dan Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (Perpres 22/2017). Seharusnya, berdasarkan Pasal 3 Peraturan Menteri dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2023 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Biomassa Sebagai Campuran Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Permen ESDM 12/2023), pelaksanaan *co-firing* biomassa dilaksanakan berdasarkan aspek keberlanjutan dan kelestarian lingkungan sebagaimana tertuang dalam Pasal 2 UU 32/2009.²⁶ Selain itu, Pasal 21 ayat (1) huruf c Permen ESDM 12/2023 menegaskan kembali bahwa pelaksana *co-firing* biomassa wajib memperhatikan kaidah perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Akan tetapi, dalam pelaksanaannya *co-firing* biomassa justru bertentangan dengan asas atau prinsip keberlanjutan sebagaimana tertuang dalam peraturan perundang-undangan tersebut.

Praktik deforestasi yang dilakukan untuk mencukupi kebutuhan pasokan biomassa, berupa cangkang kelapa sawit, justru menimbulkan kerusakan hutan yang signifikan.²⁷ Hal ini tentunya bertentangan dengan prinsip atau asas yang tertuang dalam Pasal 2 huruf a dan c UU 32/2009, yaitu asas tanggung jawab negara, serta asas keserasian dan keseimbangan. Berdasarkan penjelasan bunyi Pasal 2 huruf a UU 32/2009, maka pemanfaatan sumber daya alam sudah sewajibnya menghindari

²⁴ “Deforestasi RI Terburuk Kedua Di Dunia, 1,18 Juta Hektare Hutan Rusak,” accessed February 6, 2025, https://lestari.kompas.com/read/2024/10/14/150000086/deforestasi-ri-terburuk-kedua-di-dunia-1-18-juta-hektare-hutan-rusak#google_vignette.

²⁵ “Riset Terbaru: Beda Dengan Klaim Pemerintah, Co-Firing Biomassa Di Indonesia Menambah Emisi Gas Rumah Kaca - Trend Asia,” accessed February 6, 2025, <https://trendasia.org/riset-terbaru-beda-dengan-klaim-pemerintah-co-firing-biomassa-di-indonesia-menambah-emisi-gas-rumah-kaca/>.

²⁶ Pasal 3 Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan

²⁷ Pasal 21 ayat (1) huruf c Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 23 Tahun 2021 Pengelolaan Wilayah Kerja Minyak dan Gas Bumi Untuk Kontrak Kerja Sama Yang Akan Berakhir

pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup. Selain itu, dinyatakan juga bahwa kegiatan pemanfaatan sumber daya alam harus menjamin hak warga negara atas lingkungan hidup yang baik dan sehat. Dengan demikian, pelaksanaan *co-firing* biomassa yang justru menimbulkan kerusakan hutan dan menghasilkan emisi karbon yang besar, akan bertentangan dengan asas ini. Kemudian, asas keserasian dan keseimbangan menekankan kepada pelaksanaan kegiatan pemanfaatan lingkungan yang sudah sewajibnya memperhatikan berbagai aspek, seperti kepentingan ekonomi, sosial, budaya, dan perlindungan, serta pelestarian ekosistem. Hal ini juga bertentangan dengan kenyataan bahwa pelaksanaan *co-firing* biomassa justru menimbulkan kerusakan hutan melalui praktik deforestasi untuk mencukupi kebutuhan pasokan biomasanya. Dalam hal ini, kegiatan *co-firing* biomassa tidak memperhatikan aspek pelestarian ekosistem.²⁸

Pelaksanaan *co-firing* biomassa juga sudah sewajibnya dilaksanakan berdasarkan visi dan misi pengelolaan energi nasional yang tertuang dalam bagian Lampiran I Perpres 22/2017. Dalam bagian Lampiran I telah dinyatakan bahwa visi pengelolaan energi nasional adalah *“Terwujudkan Pengelolaan Energi yang Berkeadilan, Berkelanjutan, Dan Berwawasan Lingkungan Dengan Memprioritaskan Pengembangan Energi Terbarukan Dan Konservasi Energi Dalam Rangka Mewujudkan Kemandirian Dan Ketahanan Energi Nasional”*. Selain itu, dinyatakan juga misi untuk mencapai visi tersebut yang salah satunya adalah dengan mendorong pengelolaan energi yang berwawasan lingkungan. Kendati demikian, meninjau kepada pelaksanaan *co-firing* biomassa yang justru menghasilkan emisi karbon yang besar dan merusak hutan, maka terlihat bahwa visi dan misi tampaknya tidak terpenuhi atau dilaksanakan dengan konkret oleh pemerintah.²⁹ Pasokan biomassa berupa cangkang kelapa sawit pun juga bertentangan dengan sifat berkelanjutan mengingat jumlahnya yang terbatas.

Melihat permasalahan yang telah diuraikan, sudah sepatutnya pemerintah mencari alternatif lain untuk menggantikan biomassa sebagai bahan campuran dalam proses

²⁸ Pasal 2 huruf a dan c Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup

²⁹ Lampiran I Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional

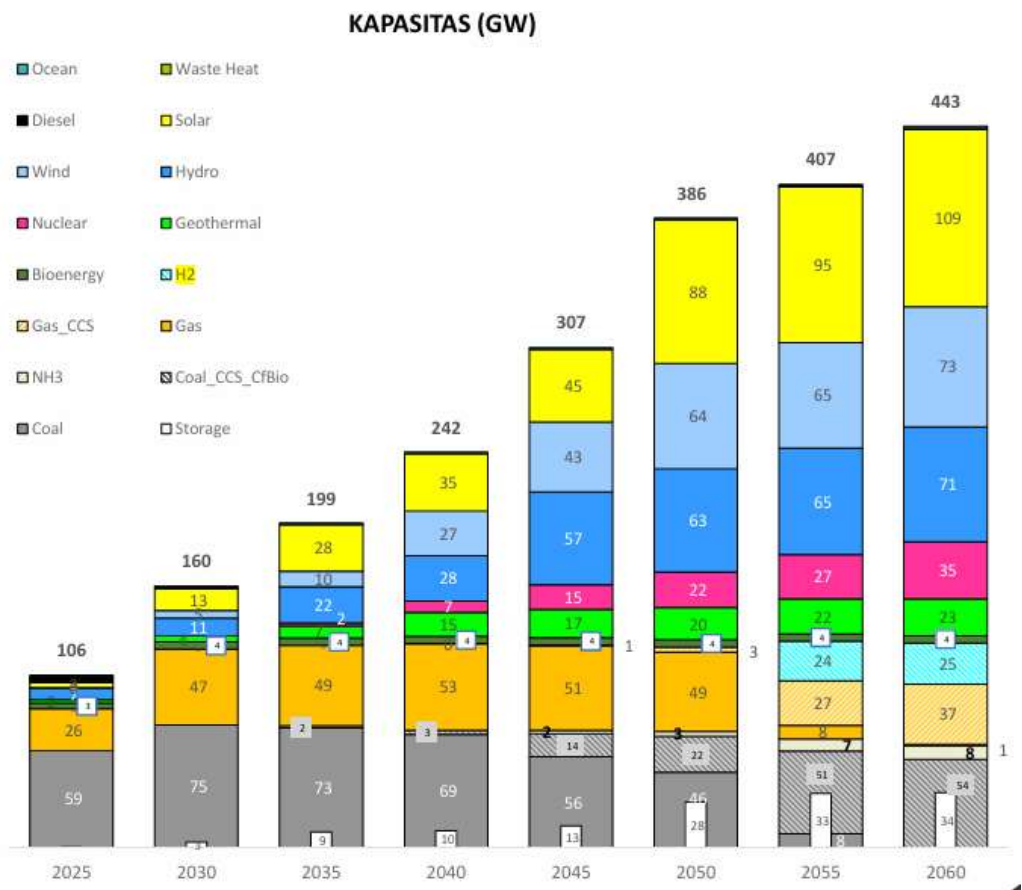
co-firing PLTU. Dalam hal ini, *green hydrogen* merupakan pilihan terbaik bila ditinjau dari aspek keramahan lingkungan. Hal ini sejalan dengan tujuan dari *co-firing* itu sendiri, yaitu sebagai salah satu upaya dalam mencapai transisi menuju EBT atau jembatan dalam dekarbonisasi dengan menggunakan PLTU *existing*. Secara singkat, *co-firing* hidrogen adalah proses pencampuran hidrogen dengan bahan bakar gas alam atau batubara, dalam rangka mengurangi emisi GRK yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Penggunaan hidrogen dalam proses *co-firing* di sektor pembangkit listrik diharapkan mampu memberikan kepastian pasokan bahan campuran, sekaligus sebagai upaya dekarbonisasi dari PLTU.

B. Urgensi dan Keuntungan Penerapan Co-Firing Green Hydrogen

Keunggulan utama dari *green hydrogen* adalah proses produksinya yang ramah lingkungan. Dalam rantai produksinya, *green hydrogen* diproduksi melalui proses elektrolisis antara air dengan listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik EBT sehingga hanya mengeluarkan emisi berupa uap air (H₂O), tanpa adanya kandungan karbon. Berdasarkan hal ini, maka produksi *green hydrogen* terbebas dari emisi karbon di sepanjang rantai produksinya dan tidak memiliki ketergantungan pada lahan perkebunan ataupun lahan gambut. Selain itu, ketersediaan pasokannya memiliki kepastian karena proses produksi *green hydrogen* hanya bergantung pada air dan listrik dari EBT serta geothermal yang jumlahnya melimpah dan tidak akan habis.³⁰ Disamping keunggulan dalam aspek produksi dan ketersediaan pasokannya, potensi atau prospek yang dimiliki hidrogen hijau juga tidak dapat diabaikan. Penggunaan *green hydrogen* sebagai bahan bakar dalam proses *co-firing* hidrogen dapat mengurangi emisi CO₂ tahunan mencapai 0,734 juta ton.³¹ Selain itu, Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) mengatur bahwa penerapan *co-firing* hidrogen tidak hanya ditujukan sebagai bauran, tetapi juga untuk penerapan *retrofitting* atau *fuel switching* sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.1.

³⁰ Irawanekop, loc. cit.

³¹ Qiaopeng Yao et al., "Feasibility Analysis of Coupling Hydrogen-Derived Fuel on a Coal-Fired Boiler for Power Generation," *Energy and Fuels* 37, no. 1 (January 5, 2023): 477–91, https://doi.org/10.1021/ACS.ENERGYFUELS.2C03079/ASSET/IMAGES/MEDIUM/EF2C03079_0011.GIF.



Gambar: 3.1 Perencanaan Pembangkit menurut RUKN

Sumber: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM

Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan aset dan mengurangi dampak penutupan pembangkit listrik, serta mendukung transisi menuju pembangkit listrik bertenaga hidrogen secara keseluruhan.³² Secara ringkas keunggulan hydrogen u sebagai bahan bakar campuran dalam proses *co-firing* dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.1 Perbedaan *Co-Firing Biomassa* dengan *Co-Firing Green Hydrogen*

No	Aspek	Co-Firing Biomassa	Co-Firing Green Hydrogen
----	-------	--------------------	--------------------------

³² “Draft RUKN 2023-2060 | PDF,” accessed February 6, 2025, <https://id.scribd.com/document/700536565/Draft-RUKN-2023-2060>.

1	Harga Rata-Rata	Berpotensi meningkatkan BPP Listrik dengan <i>energy density</i> yang tidak cukup baik dengan subsidi	Berpotensi meningkatkan BPP Listrik namun dengan <i>energy density</i> yang baik
2.	Lingkungan	Berpotensi merusak lingkungan dengan peningkatan produksi biomassa bukan sebagai solusi dari limbah sisa	Produksi <i>Green Hydrogen</i> memiliki 100% bersih
3.	Dekarbonisasi	Langkah dekarbonisasi cenderung semu karena dalam proses produksinya masih bergantung pada ketersediaan pasokan cangkang kelapa sawit dan pelet kayu sehingga seringkali menyebabkan praktik deforestasi untuk mencukupi kebutuhan pasokannya.	Dekarbonisasi nyata karena tidak menghasilkan emisi karbon dalam proses produksinya. <i>Green hydrogen</i> dihasilkan melalui proses elektrolisis antara air dengan Listrik yang bersumber dari EBT sehingga tidak menghasilkan jejak karbon sedikit pun dalam proses produksinya.
4.	Ketersediaan	Biomassa terbatas pada lahan dan jarak. Selain itu, <i>co-firing</i> biomassa juga masih bergantung pada pasokan pellet kayu dan cangka kelapa sawit yang ketersediannya terbatas.	Hidrogen dapat diproduksi langsung di PLTU dan ketersediaannya lebih berkelanjutan karena dihasilkan melalui proses elektrolisis antara air dengan EBT

Sumber: Dikelola oleh Penulis

International Renewable Energy Agency (IRENA) atau Badan Energi Terbarukan Internasional juga memprediksi bahwa pengembangan hidrogen hijau yang mencakup rantai pasok hidrogen dari produksi hingga aplikasi akan menciptakan hingga 5,3 juta pekerjaan baru di tahun 2050.³³ Penciptaan lapangan pekerjaan baru ini sejatinya juga

³³ “Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Dorong Percepatan Pengembangan Hidrogen, Kementerian ESDM Bentuk KBLI Khusus,” accessed February 6, 2025, <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/dorong-percepatan-pengembangan-hidrogen-kementerian-esdm-bentuk-kbli-khusus>.

telah dilakukan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Kementerian ESDM). Hal ini didasarkan pada data dari Kementerian ESDM yang merencanakan produksi 50.000 ton di Aceh.³⁴ Kendati demikian, perlu diingat bahwa hidrogen hijau merupakan komoditas yang sangat baru sehingga masih diproduksi secara terbatas di Indonesia. Dalam kata lain, pelaksanaan produksi *green hydrogen* masih dalam tahap *pilot project*. Pada tahun 2024, PLN telah memiliki 22 Hydrogen Plant yang tersebar di seluruh Indonesia dengan kapasitas 203 kiloton per tahun (ktpa). Tidak hanya itu, PLN telah merencanakan 3 proyek hidrogen hijau, yaitu Batam Bintan *Green Hydrogen Cluster* dengan kapasitas yang direncanakan 25 - 100 ktpa, beroperasi pada kuartal 1 2027, (2) Sumatra *Clean Hydrogen Cluster* dengan kapasitas yang direncanakan 25 - 100 ktpa, beroperasi pada kuartal 1 2027, dan (3) Cilegon *Clean Hydrogen Cluster* dengan kapasitas yang direncanakan, beroperasi pada kuartal III 2027.³⁵ Pada 2024 sendiri sudah *green hydrogen plant* pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Kamojang yang telah beroperasi pada 15 Januari 2024 dengan kapasitas 4,3 ton/tahun.³⁶ Dengan demikian, penyebaran produksi *green hydrogen* diharapkan dapat berlanjut agar implementasi *co-firing green hydrogen* dapat terealisasi demi menggantikan cangkang kelapa sawit sebagai bahan baku untuk *co-firing* biomassa.³⁷ Pelaksanaan *co-firing* hidrogen telah dilaksanakan oleh Pemerintah Indonesia melalui dua proyek pilot, yaitu di PLTG Tanjung Priok dengan kapasitas 301 MW dan PLTG Pesanggrahan dengan kapasitas 16 MW menggunakan *Low Carbon Hydrogen*.

Menilik dunia internasional, pelaksanaan *co-firing* hidrogen hijau sudah diterapkan oleh negara-negara Uni Eropa, dimana hal ini dilakukan untuk memenuhi program dekarbonisasi. Dalam melaksanakan, Pembangkit Listrik Tenaga Gas (“PLTG”) tidak

³⁴ “Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Kementerian ESDM Dukung Pengembangan Hidrogen Hijau,” accessed February 6, 2025, <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kementerian-esdm-dukung-pengembangan-hidrogen-hijau>.

³⁵ “Kemenko Marves Kejar Target Pembangunan Lima Proyek Hidrogen | Tempo.Co,” accessed February 6, 2025, <https://www.tempo.co/ekonomi/kemenko-marves-kejar-target-pembangunan-lima-proyek-hidrogen-46526>.

³⁶ Eniya Listiani Dewi, “Fostering Collaboration for a Green Economy in Indonesia: The Role of Geothermal Energy in Sustainable Growth” (Jakarta, 17-19 September 2025).

³⁷ “PLTU ”Co-Firing” Terkendala Bahan Baku - Kompas.Id,” accessed February 6, 2025, <https://www.kompas.id/baca/ekonomi/2021/10/18/pltu-co-firing-terkendala-bahan-baku>.

diizinkan untuk menghasilkan emisi CO₂ lebih dari 270g CO₂e/KWh.³⁸ Selain Uni Eropa, beberapa negara lain telah berhasil mengimplementasikan *co-firing* hidrogen hijau, terkhususnya melalui kolaborasi atau kerja sama dengan European Green Deal dan *European Clean Hydrogen Alliance*.³⁹ Hal ini dilaksanakan oleh Perusahaan Kawasaki di Jepang yang berhasil menurunkan emisi CO₂ sebesar 15%.⁴⁰ Hal ini didukung dengan Japanese Hydrogen Strategy of 2017 yang berfokus pada kendaraan dan energi pada jangka panjang 2030.⁴¹ Selain itu, Amerika Serikat juga mencatat kesuksesan dalam pengimplementasian *co-firing* hidrogen hijau. Pemerintah AS menerbitkan kebijakan *hydrogen shot* yang berupaya mengurangi biaya hidrogen bersih sebesar 80% menjadi USD 1 per 1 kilogram dalam 1 dekade.⁴² Melalui perusahaan Constellation Energy, Amerika berhasil mencatat rekor pengurangan emisi karbon sebesar 270.000 ton metrik, atau setara dengan dengan mengeluarkan sekitar 60.000 mobil dari jalan. Pelaksanaan *co-firing* hidrogen ini dilakukan di pembangkit listrik Hillabee, Alabama, yang mencampurkan 38,8% hidrogen dengan gas alam menggunakan teknologi Siemens Energy.⁴³ Dalam jangka panjang, penggunaan hidrogen diharapkan dapat menggantikan peran batubara sebagai bahan bakar primer PLTU dan PLTG secara keseluruhan. Contohnya, Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) di Pulau Sebir, Kepulauan Seribu, telah melakukan *fuel switching* menjadi tenaga hidrogen.⁴⁴

³⁸ “Greenhouse Gas Emission Intensity of Electricity Generation | European Environment Agency’s Home Page,” accessed February 6, 2025, https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/co2-emission-intensity-15#tab-chart_7.

³⁹ Florin Bonciu, “The European Union Hydrogen Strategy as a Significant Step towards a Circular Economy,” *ROMANIAN JOURNAL OF EUROPEAN AFFAIRS*, vol. 20, 2020.

⁴⁰ Zainul Abidin, “Bridging the Energy Future: The Role and Potential of Hydrogen Co-Firing with Natural Gas,” *Journal of Cleaner Production* 436 (January 10, 2024): 140724, <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.140724>.

⁴¹ International Renewable Energy Agency, “Green Hydrogen Strategy: A Guide to Design,” 2024, www.irena.org.

⁴² “Empowering by Knowledge & Experience Executive Report,” n.d., accessed February 6, 2025.

⁴³ Dena Adler, Matthew Lifson, and New York, “March 2024 Hydrogen Co-Firing and the EPA’s Greenhouse Gas Limits for Power Plants Policy Strategies for Meaningful Emission Reductions,” 2024.

⁴⁴ “Hydrogen News Indonesia - PLN, HDF to Launch Indonesia’s First Hydrogen Power Plant next Year,” accessed February 6, 2025, <https://indonesia-ihs.com/news-3.php>.

Optimalisasi Kebijakan Nasional Dalam Rangka Mendukung Penggunaan *Green Hydrogen* di Indonesia menuju NZE

Pelaksanaan *co-firing green hydrogen* di Indonesia wajib dibarengi dengan regulasi atau peraturan komprehensif dalam mengaturnya. Saat ini, peraturan pelaksana yang mengatur atau membahas terkait hidrogen hijau hanya bersifat peta jalan pengembangan semata. Hal ini dapat ditinjau dari dua pasal dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan (Permen ESDM 10/2025) yang secara garis besar mengatur *roadmap* atau peta jalan menuju NZE 2060. Pasal 2 ayat (2) huruf f Permen ESDM 10/2025 hanya sekilas menyatakan bahwa salah satu langkah dalam melaksanakan program penurunan emisi gas rumah kaca di sektor ketenagalistrikan adalah dengan memproduksi *green hydrogen*.⁴⁵ Selain itu, Pasal 8 Permen ESDM 10/2025 sekilas menyatakan bahwa proses produksi *green hydrogen* dilaksanakan dengan pemanfaatan potensi EBT.⁴⁶ Meninjau kepada kedua pasal tersebut, maka dapat dikatakan bahwa Permen ESDM 10/2025 tidak mengatur secara rinci terkait pemanfaatan *green hydrogen* di Indonesia, terkhususnya sebagai bahan bakar campuran dalam proses *co-firing*. Untuk mendukung pelaksanaan *co-firing* hidrogen, optimalisasi regulasi nasional yang sejalan dengan teori hukum pembangunan Mochtar Kusumaatmadja sangat penting. Teori ini menyatakan bahwa hukum adalah alat untuk memperbaiki masyarakat guna mencapai keamanan dan kesejahteraan. Sesuai dengan teori tersebut, penerapan *co-firing* hidrogen diharapkan dapat mewujudkan pembaharuan dan pengembangan EBT yang lebih optimal demi mewujudkan kesejahteraan rakyat seperti yang diamanatkan oleh Pembukaan UUD 1945 terkhususnya dalam akses terhadap energi yang berkelanjutan. Langkah optimalisasi tersebut sekiranya dapat diwujudkan melalui lima langkah solutif sebagai berikut:

⁴⁵ Pasal 2 ayat (2) Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan

⁴⁶ Pasal 8 Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan

Pertama, perancangan peraturan pemerintah tentang *hydrogen* hijau. Adapun, pemerintah telah merencanakan pembuatan naskah akademik peraturan pemerintah tentang hidrogen.⁴⁷ Pembuatan peraturan ini memberikan payung hukum yang jelas terhadap peraturan di bawahnya, seperti Permen ESDM 10/2025 yang telah menyatakan bahwa salah satu program penurunan emisi karbon adalah melalui produksi hidrogen hijau dengan memanfaatkan potensi EBT yang tersedia, Peraturan Kementerian Energi dan Sumber Daya Alam (Peraturan ESDM), Peraturan Kementerian Perindustrian (Peraturan Kemenperin), Peraturan Kementerian Keuangan (Peraturan Menkeu), dan peraturan lainnya yang berfungsi sebagai *master regulation* atau *lex superior* dalam memberikan kepastian hukum terhadap seluruh pemangku kepentingan bagi pemerintah maupun investor. Adapun garis besar peraturannya adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Garis Besar Bentuk Peraturan Pemerintah Untuk Pemanfaatan Hidrogen di Indonesia

No	Pembuatan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tentang Pemanfaatan Hidrogen di Indonesia	Penjelasan
1	Ketentuan Umum	Definisi-definisi serta parameter dari istilah yang digunakan pada ketentuan produksi dan ekspor hidrogen.
2	Standar Hidrogen	Adapun dari kualitas hidrogen, Transportasi, SNI, dan infrastruktur seperti pipa yang selanjutnya dapat diatur dari Peraturan Menteri Perindustrian.
3	Penyediaan Hidrogen (Jenis-jenis hidrogen)	Definisi dari jenis-jenis hidrogen yang ada, serta penetapan regulasi standarisasi spesifik terhadap masing-masing tipe hidrogen.

⁴⁷ Lana Saria and M Si, “DIRECTORATE OF VARIOUS OF NEW AND RENEWABLE ENERGY DIRECTORATE GENERAL OF NEW RENEWABLE ENERGY AND ENERGY CONSERVATION MINISTRY OF ENERGY AND MINERAL RESOURCES Indonesia’s National Hydrogen Strategy,” accessed February 6, 2025, <https://bit.ly/StrategiHidrogenNasional>.

4	Penentuan harga <i>ceiling price</i> dan <i>floor price</i> berdasarkan patokan harga pasar internasional	Standarisasi harga bagi penjualan hidrogen hijau agar harga tetap dapat bersaing dengan pasar internasional.
5	Penggunaan Hidrogen (<i>co-firing</i> , baterai, dll.)	Penjabaran mengenai berbagai manfaat yang dapat diberikan hidrogen untuk keperluan berbagai bidang dan industri dalam negeri.
6	Pengaturan Ekspor Hidrogen	Penggunaan sistem INATRADE dari Kementrian Perdagangan dan pengaturan diatur melalui Peraturan Menteri Perdagangan
7	Standar Keselamatan	Mengatur ketentuan tentang keselamatan mengenai produksi, transportasi, penyimpanan, dan utilisasi hidrogen hijau dan penerapan standar K3 atau Keselamatan dan Kesehatan Kerja
8	Penghargaan	Pemberian penghargaan berupa sertifikat terhadap BUMN atau <i>Independent Power Producer</i> (IPP) yang mampu menerapkan penggunaan hidrogen untuk berbagai bidang industri sesuai dengan standar dan ketentuan yang sudah ditetapkan negara.
9	Pelaporan	Mekanisme pelaporan menggunakan sistem <i>Monitoring, Report, and Verification</i> ("MRV") dengan pendekatan terhadap Teori Matriks Perubahan.
10	Pembinaan dan Pengawasan	Pembinaan melalui lembaga independen yang sudah tersertifikasi secara internasional dalam pengawasan produksi, transportasi, penyimpanan, dan penggunaan hidrogen hijau.
11	Ketentuan Kemudahan Investasi	Keuntungan bagi investor-investor yang akan menanam modal secara spesifik pada pengembangan hidrogen hijau, seperti kemudahan pada birokrasi, pemotongan pajak, dan lainnya yang terkait. Hal ini diatur lebih lanjut melalui Peraturan Menteri Keuangan.
12	Sanksi	Pencabutan sertifikat, izin, hingga hukuman pidana bagi yang melanggar ketentuan yang telah ditetapkan.

Kedua, perancangan Peraturan ESDM mengenai penerapan hidrogen sebagai campuran bahan bakar di PLTU dan PLTG. Pembuatan regulasi ini dapat berkaca

pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2023 Tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Biomassa Sebagai Campuran Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (“**Permen ESDM 12/2023**”). Adapun garis besarnya adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Garis Besar Bentuk Peraturan Perundang-Undangan “Pemanfaatan Hidrogen sebagai Campuran Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap

No	Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2023 Tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Biomassa Sebagai Campuran Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap	Pembuatan Peraturan Menteri ESDM Pemanfaatan Hidrogen sebagai Campuran Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan Gas
1	Ketentuan Umum	Ketentuan Umum
2	Standar Biomassa	Standar Hidrogen dari Transportasi, SNI/ISO, dan Infrastruktur seperti pipa.
3	Pelaksanaan <i>Co-firing</i> Biomassa	Pelaksanaan <i>Co-firing</i> Hidrogen
4	Penyediaan Biomassa	Penyediaan Hidrogen
5	Harga berdasarkan Harga Patokan tertinggi atau harga kesepakatan	Harga berdasarkan Harga Patokan Tertinggi atau harga kesepakatan
6	Standar Keselamatan	Standar Keselamatan
7	Penghargaan	Penghargaan
8	Pelaporan	Pelaporan
9	Pembinaan dan Pengawasan	Pembinaan dan Pengawasan

Sumber: Disusun oleh penulis

Ketiga, menambahkan pengaturan tentang harga *green hydrogen* dalam mengakomodasi tarif pembangkit listrik. Saat ini, tidak ada regulasi atau peraturan yang mengatur tentang harga atau biaya pembelian *green hydrogen*. Dengan demikian,

dibutuhkan suatu regulasi yang mengatur tentang harga *green hydrogen* yang berfungsi sebagai landasan hukum untuk proses pembelian *green hydrogen*. Penetapan harga *green hydrogen* dapat berkaca kepada Keputusan Menteri ESDM Nomor 3.K/EK.05/DJE/2024 tentang Harga Indeks Pasar Bahan Bakar Nabati sebagai berikut:

Tabel 3.4 Komponen Harga Indeks Pasar (HIP) Hidrogen
Komponen HIP ditetapkan dalam Keputusan ESDM yang dihitung setiap bulannya.

No	Aspek	Penjelasan
1	Harga Rata-Rata <i>Green Hydrogen</i>	Penghitungan digunakan dengan menggunakan rata-rata periode 1 (satu bulan) sebelumnya dengan mengacu kepada Indeks Green Hydrogen oleh European Energy Exchange (“EEX”) atau standar perdagangan internasional tidak termasuk Pajak Pertambahan Nilai
2.	Biaya Pelelangan Terbalik	Perhitungan menggunakan standar pembelian listrik menggunakan pelelangan terbalik
2	Konversi Nilai kurs Dollar Amerika (USD) ke Rupiah (IDR)	Nilai kurs USD ke IDR menggunakan rata-rata kurs tengah (median) dari <i>website</i> Bank Indonesia setiap bulannya.
3	Biaya Transportasi	Untuk penerapan biaya ongkos angkut dikenakan biaya maksimum sesuai dengan daerah pemasok/suplai green dan titik serah/penerimaan dengan pengaturan melalui kapal, truk, dan kereta api dengan penghitungan didasarkan pada per kilogram hidrogen.

Sumber: dikelola oleh penulis

Keempat, penerapan mekanisme lelang terbalik (*reverse auction*) sebagai mekanisme penetapan harga beli listrik EBT untuk mengurangi biaya produksi *green hydrogen*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh lembaga berbasis lingkungan dan teknik, Ricardo PLC, proporsi biaya hidrogen rendah karbon sebagian besar dipengaruhi

harga listrik dari sumber EBT, dengan persentase mencapai 70%.⁴⁸ Berdasarkan prediksi tahun 2040, PLTS merupakan jenis pembangkit listrik EBT yang paling banyak digunakan untuk memproduksi *green hydrogen*. Berdasarkan riset oleh PWC, *green hydrogen* memiliki harga sekitar Rp 62.457,51 - Rp 166.553,36 per kilogram.⁴⁹ Berdasarkan hal ini, dibutuhkan mekanisme penetapan harga yang dapat meminimalkan harga produksi listrik EBT dalam rangka menurunkan harga *green hydrogen*. Mekanisme yang kompatibel untuk penentuan harga listrik dari PLTS adalah mekanisme lelang terbalik (*reverse auction*).⁵⁰ Melalui mekanisme pelelangan terbalik, penjual (*bidder*) akan menawarkan harga yang terus menurun dari harga awal yang ditetapkan. Sementara itu, pembeli akan menetapkan spesifikasi proyek yang dibutuhkan. Harga tenaga listrik EBT akan ditetapkan berdasarkan penawaran harga terendah dari *Independent Power Producer* (“IPP”).⁵¹ Fleksibilitas harga dalam mekanisme lelang terbalik ini mendorong terciptanya nilai keekonomian sehingga memungkinkan IPP untuk menawarkan harga yang sesuai dengan biaya pembangkitan EBT mereka dan sekaligus menurunkan harga produksi *green hydrogen*.

Penerapan mekanisme lelang terbalik membutuhkan langkah konkret dalam mengimplementasikannya. Langkah konkret ini dilaksanakan melalui revisi regulasi yang mengatur tentang perjanjian jual beli listrik dari EBT, yaitu Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik (“**Perpres 112/2022**”) dan pembentukan lembaga atau badan pengawas untuk mengawasi pelaksanaan mekanisme pelelangan terbalik di

⁴⁸ ICCT, “E-Truck Virtual Teardown Study Final Report Ricardo Has Leveraged Its Internal Cost Databases, Supplier Quotes, Industry Inputs, and Public Domain Information to Provide Validated Data for the Study Background and Project Objectives,” 2021, <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/01/Final-Report-eTruck-Virtual-Teardown-Public-Version.pdf>.

⁴⁹ “Green Hydrogen Economy - Predicted Development of Tomorrow: PwC,” accessed February 6, 2025, <https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/future-energy/green-hydrogen-cost.html>.

⁵⁰ “Lelang Terbalik Untuk Pengembangan Proyek PLTS Di Indonesia | by Resya Ariyani | Medium,” accessed February 6, 2025, <https://medium.com/@resyaariyani.19024/lelang-terbalik-untuk-pengembangan-proyek-plts-di-indonesia-a200960163c5>.

⁵¹ “What Is a Reverse Auction? How It Works, Example, and Risks,” accessed February 6, 2025, <https://www.investopedia.com/terms/r/reverse-auction.asp>.

Indonesia. Rincian revisi tersebut dipaparkan dalam tabel dalam memastikan terciptanya harga penawaran yang kompetitif sebagai berikut:

Tabel 3.5 Perubahan Pasal Perpres 112/2022

Pasal	Sebelum	Sesudah
Pasal 5 ayat (1) huruf a	“harga patokan tertinggi sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Presiden ini.”	“Harga patokan terendah sebagaimana yang telah ditetapkan pemerintah atau PT PLN untuk dijadikan batas minimum (<i>floor price</i>) dalam proses mekanisme lelang terbalik.”
Pasal 6 ayat (1) huruf a	“Negosiasi dengan batas atas berdasarkan harga patokan tertinggi sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Presiden ini;”	“Negosiasi dengan batas bawah berdasarkan harga patokan terendah sebagaimana harga batas minimum yang telah ditetapkan pemerintah atau PT PLN (Persero).”
Pasal 14 ayat (1)	“Pembelian Tenaga Listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (2) dilakukan melalui: a. penunjukan langsung; atau b. pemilihan langsung.”	“Pembelian Tenaga Listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (2) akan dilakukan melalui mekanisme lelang terbalik.”

Penerapan mekanisme pelelangan terbalik atau *reverse auction* tidak luput dari potensi terjadinya praktik *underbidding*. *Underbidding* merupakan suatu kondisi dimana pihak pengembang (*developer*) mematok harga penawaran yang jauh lebih rendah dibandingkan harga patokan terendah yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Praktik ini dilakukan oleh *developer* yang ingin meningkatkan peluang kemenangannya dalam proses tender pelelangan terbalik.⁵² Hal ini berpotensi menimbulkan kerugian baik, baik bagi pihak pemerintah maupun penjual (*developer*)

⁵² “The 8 Biggest Risks of Underbidding on a Construction Project,” accessed February 6, 2025, <https://www.levelset.com/blog/biggest-risks-of-underbidding/>.

yang mengajukan penawaran tersebut. Potensi risiko yang timbul dari praktik *underbidding* adalah pelaksanaan proyek yang tidak dikerjakan dengan kualitas baik atau di bawah standar yang telah ditentukan.⁵³ Selain itu, ada beberapa risiko lain yang berpotensi ditimbulkan dari praktik *underbidding*, seperti perselisihan pembayaran, deflasi, dan terancamnya reputasi atau nama baik pihak pengembang (*developer*).⁵⁴ Oleh karena itu, dibutuhkan suatu badan pengawas untuk mencegah terjadinya praktik *underbidding*.

Berdasarkan studi komparasi yang telah kami lakukan, India merupakan salah satu negara yang membentuk suatu badan pengawas dalam mengimplementasikan mekanisme pelelangan terbalik. Badan pengawas ini bernama Solar Energy Corporation of India (“SECI”). SECI memiliki tugas untuk menentukan lokasi dan ukuran proyek yang akan dilelang. Dengan penentuan lokasi dan ukuran proyek yang sudah diperkirakan secara finansial, maka hal ini akan mengurangi potensi terjadinya praktik *underbidding*. Dalam menerapkan mekanisme pelelangan terbalik, ukuran proyek skala besar akan menarik para investor atau pengembang asing yang sudah memiliki banyak pengalaman dalam pengembangan proyek EBT. Para pengembang (*developer*) yang sudah berpengalaman mampu memberikan biaya pembangkitan yang kompetitif berdasarkan *supply chain* yang sudah terintegrasi dan akses ke lembaga pinjaman internasional.

Merujuk pada studi komparasi tersebut, Indonesia dapat membentuk suatu badan pengawas khusus yang berkecimpung di bidang pelelangan proyek EBT. Badan Khusus tersebut berada di bawah naungan Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (“Ditjen EBTKE”). Penyelenggaraan pengurusan pemerintahan dalam bidang EBT dilakukan oleh 6 (enam) bagian organ yang berada di bawah naungan Ditjen EBTKE. Akan tetapi, sampai saat ini belum ada Badan atau Direktorat khusus yang bertugas dalam melaksanakan pengawasan terhadap pelelangan proyek EBT, terutama pelelangan terbalik. Sehingga

⁵³ “Lelang Terbalik Untuk Pengembangan Proyek PLTS Di Indonesia | by Resya Ariyani | Medium,” accessed February 6, 2025, <https://medium.com/@resyaariyani.19024/lelang-terbalik-untuk-pengembangan-proyek-plts-di-indonesia-a200960163c5>.

⁵⁴ *Ibid*

pembentukan Direktorat khusus dibawah Ditjen EBTKE sebagai pengawas dalam pelaksanaan mekanisme lelang terbalik merupakan langkah faktual yang seyogyanya dapat diterapkan pemerintah.

Direktorat khusus ini memiliki tugas atau fungsi sebagai pengawas dalam proses pelaksanaan mekanisme lelang terbalik. Dalam melaksanakan tugasnya sebagai pengawas lelang, badan pengawas tersebut akan menjamin transparansi mekanisme pelelangan, menyusun proses *bidding* yang dapat dipahami dengan baik, serta mempersiapkan dokumen *bidding* dengan sebaik-baiknya. Badan pengawas ini akan menentukan terlebih dahulu spesifikasi proyek dengan memperhatikan faktor lokasi. Selain itu, Badan pengawas tersebut wajib melakukan seleksi atau klasifikasi terhadap pihak pengembang (*developer*) melalui proses tender, dalam hal ini adalah pihak *developer*, yang telah mendaftarkan diri untuk ikut serta dalam pelaksanaan mekanisme lelang terbalik. Terakhir, untuk meningkatkan efektivitas dari sistem pelelangan, maka dibutuhkan juga tahap evaluasi terhadap proses lelang agar dapat menjadi bahan diskusi yang akan digunakan sebagai sarana perbaikan untuk kedepannya dan memastikan bahwa harga yang ditetapkan dalam penawaran merupakan harga yang kompetitif.

Kelima, penerapan investasi dapat didukung oleh pemerintah melalui penerapan insentif pajak industri dengan standarisasi Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI) khusus selain dari KBLI 20112 untuk industri *hydrogen*.⁵⁵ Pengubahan Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik yang dilakukan dalam mengakomodasi pembelian listrik dari energi baru untuk mengakomodasi pembelian listrik dari pembangkit listrik tenaga hidrogen⁵⁶, penerapan ekspsor hidrogen⁵⁷, pembebasan bea masuk pada mesin

⁵⁵ “Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Dorong Percepatan Pengembangan Hidrogen, Kementerian ESDM Bentuk KBLI Khusus,” accessed February 6, 2025, <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/dorong-percepatan-pengembangan-hidrogen-kementerian-esdm-bentuk-kbli-khusus>.

⁵⁶ “Pasar Hidrogen Prospektif, ESDM Perbarui Aturan Berusaha,” accessed February 6, 2025, <https://pro.hukumonline.com/legal-intelligence/a/pasar-hidrogen-prospektif--esdm-perbarui-aturan-berusaha-lt660cfee39a2c0/>.

⁵⁷ “ESDM Siapkan Regulasi Insentif Untuk Pengembangan Hidrogen Hijau Di Indonesia – Masyarakat Energi Terbarukan Indonesia,” accessed February 6, 2025, <https://metiires.or.id/berita/esdm-siapkan-regulasi-insentif-untuk-pengembangan-hidrogen-hijau-di-indonesia/>.

dan suku cadang elektrolisis yang masih belum dapat dimanufaktur di Indonesia, dan infrastruktur pipa gas, penerapan *Tax Holiday*, dan *Tax Allowance* yang diatur oleh Peraturan Menteri Keuangan serta kemudahan dalam pengaturan Tingkat Komponen Dalam Negeri yang terintegrasi dengan SNI/ISO dengan penerapan standar ISO 22734:2019 *Hydrogen generators using water electrolysis – Industrial, commercial, and residential applications* yang dapat diatur oleh Peraturan Menteri Perindustrian dan didukung melalui pengembangan Kode KBLI yang telah dikembangkan oleh Kementerian ESDM dengan UK Mentari dalam pengusulan KBLI Bidang Hidrogen.⁵⁸

Berdasarkan uraian pembahasan yang telah dipaparkan, penerapan *co-firing* hidrogen hijau merupakan suatu urgensi bagi pemerintah dalam melaksanakan langkah dekarbonisasi menuju NZE 2060. Hal ini didasarkan pada kelemahan dari penerapan *co-firing* biomassa yang selama ini telah diterapkan, namun penerapannya justru menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Hal ini berbeda dengan hidrogen hijau yang memiliki keunggulan dalam aspek produksinya yang tidak menimbulkan emisi karbon dan ketersediaan pasokannya yang berkelanjutan. Dalam menerapkan atau mengimplementasikan *co-firing* hidrogen hijau, dibutuhkan beberapa langkah optimalisasi kebijakan untuk mendukung pelaksanaannya. Penelitian ini merekomendasikan lima langkah solutif yang sekiranya dapat dipertimbangkan oleh pemerintah. Tiga langkah pertama berupa pembentukan peraturan utama dan peraturan teknis dalam rangka mendukung penerapan *co-firing* hidrogen hijau dalam aspek pengaturannya. Peraturan utama ini berupa peraturan pemerintah yang sudah dicanangkan atau direncanakan dalam strategi hidrogen nasional. Sementara itu, peraturan teknisnya terdiri dari peraturan menteri yang mengatur tentang teknis pelaksanaan *co-firing* hidrogen hijau, serta keputusan menteri yang mengatur tentang harga indeks pasar hidrogen hijau. Dua langkah solutif lainnya bertujuan untuk dapat menciptakan iklim investasi yang lebih baik, berserta harga hidrogen hijau yang lebih ekonomis. Dengan demikian, melalui penerapan *co-firing* hidrogen hijau diharapkan Indonesia dapat menuju

⁵⁸ “Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Dorong Percepatan Pengembangan Hidrogen, Kementerian ESDM Bentuk KBLI Khusus.”

pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan sesuai dengan Teori Hukum Pembangunan yang digagas oleh Mochtar Kusumaatmadja.⁵⁹

PENUTUP

Penggunaan *green hydrogen* sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing* PLTU dan PLTG merupakan suatu urgensi bagi pemerintah untuk menerapkannya demi mewujudkan NZE 2060. Urgensi penggunaan hidrogen hijau sebagai bahan campuran dalam proses *co-firing* didasarkan pada penerapan *co-firing* biomassa yang justru menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sehingga bertentangan dengan nilai atau prinsip pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Berdasarkan hal ini, maka dibutuhkan alternatif bahan campuran untuk *proses co-firing* yang lebih ramah lingkungan dan memenuhi prinsip berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Selain itu, urgensi penerapan *co-firing green hydrogen* juga didasarkan pada keunggulan atau keuntungan dari hidrogen hijau yang pada dasarnya terbentuk atau tercipta dari proses elektrolisis antara air dengan listrik yang bersumber dari EBT sehingga dalam rantai produksinya sama sekali tidak menghasilkan emisi karbon. Keuntungan lainnya dari hidrogen hijau adalah ketersediaan pasokannya yang berkelanjutan sehingga tidak memerlukan proses atau aktivitas pengrusakan alam untuk mencukupi pasokannya.

Penerapan *co-firing* hidrogen hijau sudah selayaknya didukung oleh beberapa langkah optimalisasi sehingga dapat terlaksana secara optimal. Berdasarkan hal ini, tim penulis merekomendasikan lima langkah optimalisasi, yang terbagi dalam aspek pengaturan dan aspek teknisnya. Tiga langkah solutif pertama terdiri dari perancangan dan pengesahan peraturan pemerintah tentang hidrogen, pembuatan peraturan Kementerian ESDM tentang penerapan hidrogen hijau sebagai campuran bahan bakar di PLTU dan PLTG, dan pengaturan mekanisme harga *green hydrogen* yang didasarkan Harga Indeks Pasar melalui Keputusan Menteri ESDM. Sementara itu, dua langkah lainnya bersifat teknis untuk menunjang pelaksanaan proses

⁵⁹ *Ibid.*

pemanfaatan *co-firing* hidrogen hijau di Indonesia. Dalam hal ini, pemerintah Indonesia dapat mengimplementasikan lelang terbalik (*reverse auction*) sebagai mekanisme penentuan harga jual beli listrik dari pembangkit listrik EBT, dan mendorong investasi melalui penerapan insentif pajak industri dengan standarisasi Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI) khusus untuk hidrogen. Melalui lima langkah solutif tersebut, pemerintah diharapkan dapat memberikan landasan hukum yang jelas, serta mekanisme yang optimal dalam menggunakan *green hydrogen* sebagai bahan bakar campuran dalam proses *co-firing* PLTU. Terakhir, tim penulis memberikan rekomendasi terhadap penelitian selanjutnya terhadap permasalahan kebijakan hukum dan ekonomi terhadap hidrogen hijau, kerangka kebijakan hukum dan *roadmap* dalam menunjang investasi terhadap hidrogen hijau, potensi daerah untuk penerapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdin, Zainul. "Bridging the Energy Future: The Role and Potential of Hydrogen Co-Firing with Natural Gas." *Journal of Cleaner Production* 436 (January 10, 2024): 140724. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.140724>.
- Adler, Dena, Matthew Lifson, and New York. "March 2024 Hydrogen Co-Firing and the EPA's Greenhouse Gas Limits for Power Plants Policy Strategies for Meaningful Emission Reductions," 2024.
- Al-Basith, Adam Fadillah, and Resti Chairunnisa Devara. "Optimalisasi Pemanfaatan Green Hydrogen Dalam Menunjang Pengadaan Fuel Cell Electric Vehicle Melalui Pembaharuan RUU EBT." *Jurnal Al Azhar Indonesia Seri Ilmu Sosial* 5, no. 2 (July 9, 2024): 91. <https://doi.org/10.36722/jaiss.v5i2.3043>.
- Anugerah S, Adin. "ESDM Siapkan Regulasi Insentif untuk Pengembangan Hidrogen Hijau di Indonesia – Masyarakat Energi Terbarukan Indonesia," June 20, 2024. <https://metiires.or.id/berita/esdm-siapkan-regulasi-insentif-untuk-pengembangan-hidrogen-hijau-di-indonesia/>.
- Bonciu, Florin. "The European Union Hydrogen Strategy as a Significant Step towards a Circular Economy." *ROMANIAN JOURNAL OF EUROPEAN AFFAIRS*. Vol. 20, 2020.
- "Co-Firing Biomassa PLTU: Solusi Palsu Dan Inkonsistensi Komitmen Pemerintah Soal Transisi Energi – WALHI Jawa Barat." Accessed February 6, 2025. <https://walhijabar.id/co-firing-biomassa-pltu-solusi-palsu-dan-inkonsistensi-komitmen-pemerintah-soal-transisi-energi/>.

- "Co-Firing with Biomass in Indonesia: Debunking Emission Reduction Claims | Environmental Paper Network." Accessed February 6, 2025. <https://environmentalpaper.org/2023/11/co-firing-with-biomass-in-indonesia-debunking-emission-reduction-claims/>.
- "Deforestasi RI Terburuk Kedua Di Dunia, 1,18 Juta Hektare Hutan Rusak." Accessed February 6, 2025. https://lestari.kompas.com/read/2024/10/14/150000086/deforestasi-ri-terburuk-kedua-di-dunia-1-18-juta-hektare-hutan-rusak#google_vignette.
- "Direktorat Jenderal EBTKE - ELIBRARY.HTML." Accessed February 6, 2025. <https://ebtke.esdm.go.id/flippdf/elibrary.html#pdfflip-PDFF-41>.
- "Draft RUKN 2023-2060 | PDF." Accessed February 6, 2025. <https://id.scribd.com/document/700536565/Draft-RUKN-2023-2060>.
- "Empowering by Knowledge & Experience Executive Report," n.d. Accessed February 6, 2025.
- "ESDM Siapkan Regulasi Insentif Untuk Pengembangan Hidrogen Hijau Di Indonesia – Masyarakat Energi Terbarukan Indonesia." Accessed February 6, 2025. <https://metiires.or.id/berita/esdm-siapkan-regulasi-insentif-untuk-pengembangan-hidrogen-hijau-di-indonesia/>.
- ICCT. "E-Truck Virtual Teardown Study Final Report Ricardo Has Leveraged Its Internal Cost Databases, Supplier Quotes, Industry Inputs, and Public Domain Information to Provide Validated Data for the Study Background and Project Objectives," 2021. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/01/Final-Report-eTruck-Virtual-Teardown-Public-Version.pdf>.
- Evitasari, Noviani, and Ahmad Komarulzaman. "Pengaruh Pendanaan Iklim Terhadap Penurunan Emisi Karbon Pengaruh Pendanaan Iklim Terhadap Penurunan Emisi Karbon Melalui Energi Terbarukan Di Indonesia Melalui Energi Terbarukan Di Indonesia." *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia* 23, no. 2. Accessed February 6, 2025. <https://doi.org/10.21002/jepi.2023.12>.
- Irawanekop. "FGD Green Hydrogen Sebagai Masa Depan Energi Terbarukan Di Indonesia – Pusat Studi Energi." Accessed February 6, 2025. <https://pse.ugm.ac.id/fgd-green-hydrogen-sebagai-masa-depan-energi-terbarukan-di-indonesia/>.
- "Green Hydrogen Economy - Predicted Development of Tomorrow: PwC." Accessed February 6, 2025. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/future-energy/green-hydrogen-cost.html>.
- "Greenhouse Gas Emission Intensity of Electricity Generation | European Environment Agency's Home Page." Accessed February 6, 2025. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/co2-emission-intensity-15#tab-chart_7.
- Hasan, Katherine. "Manfaat Kesehatan Dan Ekonomi Dari Pensiun Dini Pembangkit

- Listrik Batubara Pertama Di Bawah JETP Indonesia." *https://Energyandcleanair.Org/Wp/Wp-Content/Uploads/2024/06/ID-ID-Early-Retirement-Cirebon-1_Pelabuhan-Ratu_Suralaya-1-4.Pdf*, Banten, June 20, 2024.
- "Hydrogen News Indonesia - PLN, HDF to Launch Indonesia's First Hydrogen Power Plant next Year." Accessed February 6, 2025. <https://indonesia-ihs.com/news-3.php>.
- "INDONESIA HYDROGEN ROADMAP Diterbitkan Atas Kerjasama Dengan: Indonesia Fuel Cell and Hydrogen Energy (IFHE)," n.d. Accessed February 6, 2025.
- "Kemenko Marves Kejar Target Pembangunan Lima Proyek Hidrogen | Tempo.Co." Accessed February 6, 2025. <https://www.tempo.co/ekonomi/kemenko-marves-kejar-target-pembangunan-lima-proyek-hidrogen-46526>.
- "Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Cadangan Batubara Masih 38,84 Miliar Ton, Teknologi Bersih Pengelolaannya Terus Didorong." Accessed February 6, 2025. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/cadangan-batubara-masih-3884-miliar-ton-teknologi-bersih-pengelolaannya-terus-didorong>.
- "Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Dorong Percepatan Pengembangan Hidrogen, Kementerian ESDM Bentuk KBLI Khusus." Accessed February 6, 2025. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/dorong-percepatan-pengembangan-hidrogen-kementerian-esdm-bentuk-kbli-khusus>.
- "Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Dorong Percepatan Pengembangan Hidrogen, Kementerian ESDM Bentuk KBLI Khusus." Accessed February 6, 2025. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/dorong-percepatan-pengembangan-hidrogen-kementerian-esdm-bentuk-kbli-khusus>.
- "Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Dorong Percepatan Pengembangan Hidrogen, Kementerian ESDM Bentuk KBLI Khusus." Accessed February 6, 2025. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/dorong-percepatan-pengembangan-hidrogen-kementerian-esdm-bentuk-kbli-khusus>.
- "Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Kementerian ESDM Dukung Pengembangan Hidrogen Hijau." Accessed February 6, 2025. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kementerian-esdm-dukung-pengembangan-hidrogen-hijau>.
- "Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Pemerintah Kejar Target Tingkatkan Bauran EBT." Accessed February 6, 2025. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-kejar-tingkatkan-bauran-ebt>.
- "Lelang Terbalik Untuk Pengembangan Proyek PLTS Di Indonesia | by Resya Ariyani

- | Medium." Accessed February 6, 2025. <https://medium.com/@resyaariyani.19024/lelang-terbalik-untuk-pengembangan-proyek-plts-di-indonesia-a200960163c5>.
- "Lelang Terbalik Untuk Pengembangan Proyek PLTS Di Indonesia | by Resya Ariyani | Medium." Accessed February 6, 2025. <https://medium.com/@resyaariyani.19024/lelang-terbalik-untuk-pengembangan-proyek-plts-di-indonesia-a200960163c5>.
- Mann M. "A Life Cycle Assessment Of Biomass Cofiring In A Coal-Fired Power Plant." *Link.Springer.Com* 3 (June 30, 2001): 81-91.
- "Pasar Hidrogen Prospektif, ESDM Perbarui Aturan Berusaha." Accessed February 6, 2025. <https://pro.hukumonline.com/legal-intelligence/a/pasar-hidrogen-prospektif-esdm-perbarui-aturan-berusaha-lt660cfee39a2c0/>.
- "Pemerintah Dorong PLN Terus Kembangkan Produksi Hidrogen Sebagai Bahan Bakar Alternatif Ramah Lingkungan." Accessed February 7, 2025. <https://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2023/11/pemerintah-dorong-pln-terus-kembangkan-produksi-hidrogen-sebagai-bahan-bakar-alternatif-ramah-lingkungan>.
- "PLTU "Co-Firing" Terkendala Bahan Baku - Kompas.Id." Accessed February 6, 2025. <https://www.kompas.id/baca/ekonomi/2021/10/18/pltu-co-firing-terkendala-bahan-baku>.
- Puji Agustin, Yuda. "Penanaman Modal Asing Dalam Bidang Pengembangan Hidrogen ...-2533." *JIGE* 5, no. 4 (2024): 2533-45. <https://doi.org/10.55681/jige.v5i4.3457>.
- Qalbie, Aulia Sabila Syarifa, and Rahmaniah Rahmaniah. "The Opportunity to Achieve Net Zero Emissions in Indonesia Through the Implementation of a Green Economy to Address Climate Change." *Global South Review* 5, no. 1 (September 15, 2023): 80-102. <https://doi.org/10.22146/globalsouth.86381>.
- Renewable Energy Agency, International. "Green Hydrogen Strategy: A Guide to Design," 2024. www.irena.org.
- "Riset Terbaru: Beda Dengan Klaim Pemerintah, Co-Firing Biomassa Di Indonesia Menambah Emisi Gas Rumah Kaca - Trend Asia." Accessed February 6, 2025. <https://trendasia.org/riset-terbaru-beda-dengan-klaim-pemerintah-co-firing-biomassa-di-indonesia-menambah-emisi-gas-rumah-kaca/>.
- Saria, Lana, and M Si. "DIRECTORATE OF VARIOUS OF NEW AND RENEWABLE ENERGY DIRECTORATE GENERAL OF NEW RENEWABLE ENERGY AND ENERGY CONSERVATION MINISTRY OF ENERGY AND MINERAL RESOURCES Indonesia's National Hydrogen Strategy." Accessed February 6, 2025. <https://bit.ly/StrategiHidrogenNasional>.
- "The 8 Biggest Risks of Underbidding on a Construction Project." Accessed February 6, 2025. <https://www.levelset.com/blog/biggest-risks-of-underbidding/>.

“View of Pengaturan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara Di Indonesia Prespektif Hak Atas Lingkungan Yang Baik Dan Sehat.” Accessed March 2, 2025. <https://journal.uui.ac.id/Lex-Renaissance/article/view/16810/pdf>.

“What Is a Reverse Auction? How It Works, Example, and Risks.” Accessed February 6, 2025. <https://www.investopedia.com/terms/r/reverse-auction.asp>.

Wibisana, Wiman. “PERSPEKTIF POLITIK HUKUM DAN TEORI HUKUM PEMBANGUNAN TANGGUNG JAWAB SOSIAL DAN LINGKUNGAN TERBATAS.” *Jurnal Komunikasi Hukum*, February 1, 2018. <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=822906be1c8769eeef405cc44f4adc52459ecc84ab453bb3443bb78470f653ddJmltdHM9MTc0OTQyNzIwMA&pptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=3c12fc18-69c3-67ef-3439-e9bd6801667a&psq=PERSPEKTIF+POLITIK+HUKUM+DAN+TEORI+HUKUM+PEMBANGUNAN+TERHADAP+TANGGUNG+JAWAB+SOSIAL+DAN+LINGKUNGAN+PERSEROAN+TERBATAS&u=a1aHR0cHM6Ly9la m91cm5hbC51bmRpa3NoYS5hYy5pZC9pbmRleC5waHAvamtoL2FydGljb GUvZG93bmxxvYWQvMTM2NjMvODUxNS8xNjgxNA&ntb=1>.

Yao, Qiaopeng, Ruiyu Li, Yikun Wang, Yuhang Li, Lei Zhang, Lei Deng, and Defu Che. “Feasibility Analysis of Coupling Hydrogen-Derived Fuel on a Coal-Fired Boiler for Power Generation.” *Energy and Fuels* 37, no. 1 (January 5, 2023): 477–91. https://doi.org/10.1021/ACS.ENERGYFUELS.2C03079/ASSET/IMAGES/MEDIUM/EF2C03079_0011.GIF.