E-ISSN: 3025-0994
Halaman 3043-3057
Volume 4 Nomor 3 Tahun 2026

Pengembangan Regulasi Green Hydrogen dalam Mendukung Pencapaian SDGs di Indonesia

Feby Sevina Maurian[1], Auuli Friscilla Syalomita Gultom[2], Alexa Zhafirah Rahmadhani[3], Afrilia Era Vazira[4], Zaskia Meilan Novita[5], Nayla Oktri Rahmadani[6], Novita Eka Wardhani[7]

[1,2,3,4,5,6,7] Ilmu Hukum, Universitas Negeri Semarang
e-mail: febysevina17@students.unnes.ac.id[1] , auulifriscilla15@students.unnes.ac.id[2], alexazhafirahr@students.unnes.ac.id[3], vaziraafriliaera@studens.unnes.ac.id[4], meilanzaskiameilan@students.unnes.ac.id[5], naylaoktriramadhani10@students.unnes.ac.id[6], n0v1t4eka@students.unnes.ac.id[7]

Abstrak

Perubahan iklim dan ketergantungan Indonesia terhadap energi fosil mendorong perlunya pengembangan energi bersih yang mampu mendukung transisi energi berkelanjutan. Salah satu alternatif strategis yang mulai berkembang adalah *green hydrogen*, yaitu hidrogen yang diproduksi melalui proses elektrolisis air dengan memanfaatkan energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaturan hukum lingkungan terkait pengembangan *green hydrogen* di Indonesia, mengkaji perannya dalam mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) 7 tentang energi bersih dan terjangkau serta SDGs 13 tentang penanganan perubahan iklim, dan mengidentifikasi tantangan regulasi yang dihadapi dalam pengembangannya. Penelitian ini menggunakan metode hukum normatif dengan pendekatan perundang-undangan, konseptual, dan perbandingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan *green hydrogen* di Indonesia masih tersebar dalam berbagai instrumen hukum energi dan lingkungan hidup, sehingga belum memberikan kepastian hukum yang kuat terkait definisi, standar produksi, sertifikasi, distribusi, insentif, dan pengawasan lingkungan. Padahal, *green hydrogen* memiliki potensi besar untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan, mendekarbonisasi sektor industri dan transportasi berat, mengurangi emisi gas rumah kaca, serta memperkuat ketahanan energi nasional. Tantangan utama pengembangannya meliputi kekosongan regulasi khusus, tumpang tindih kewenangan kelembagaan, tingginya biaya teknologi, keterbatasan infrastruktur, kebutuhan air dalam proses produksi, dan rendahnya daya saing ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan pembentukan regulasi khusus yang terintegrasi, harmonisasi kebijakan energi dan lingkungan, standar sertifikasi berbasis emisi, insentif investasi hijau, serta pengawasan lingkungan yang ketat agar pengembangan *green hydrogen* dapat mendukung pencapaian SDGs dan target *Net Zero Emission* Indonesia.

Kata Kunci: Green Hydrogen; Hukum Lingkungan; Energi Terbarukan; Sdgs 7; SDGs 13

Abstract

Climate change and Indonesia's dependence on fossil fuels have increased the urgency of developing clean energy to support a sustainable energy transition. One strategic alternative that has gained growing attention is green hydrogen, which is produced through water electrolysis using renewable energy sources. This study aims to analyze the environmental legal framework governing green hydrogen development in Indonesia, examine its role in supporting the achievement of Sustainable Development Goals (SDGs) 7 on affordable and clean energy and SDGs 13 on climate action, and identify the regulatory challenges surrounding its development. This research employs a normative legal method using statutory, conceptual, and comparative approaches. The findings indicate that Indonesia's regulation of green hydrogen remains fragmented across various energy and environmental legal instruments, resulting in insufficient legal certainty regarding definitions, production standards, certification, distribution, incentives, and environmental supervision. In fact, green hydrogen has significant potential to increase renewable energy utilization, decarbonize industrial sectors and heavy transportation, reduce greenhouse gas emissions, and strengthen national energy security. However, its development faces several major challenges, including the absence of specific binding regulation, overlapping institutional authority, high technological costs, limited infrastructure, water demand in the production process, and low economic competitiveness compared to fossil-based energy. Therefore, Indonesia needs an integrated legal framework specifically governing green hydrogen, supported by harmonized energy and environmental policies, emission-based certification standards, green investment incentives, and strict environmental supervision. Such regulatory strengthening is essential to ensure that green hydrogen development is not merely a technological innovation, but also a legally certain, environmentally responsible, and sustainable instrument for achieving SDGs 7, SDGs 13, and Indonesia's Net Zero Emission target.

Keywords : Green Hydrogen; Environmental Law; Renewable Energy; Sdgs 7; SDGs 13

LATAR BELAKANG

Tingginya ketergantungan terhadap energi fosil menyebabkan perubahan iklim dan krisis energi yang menjadi tantangan global. Aktivitas manusia yang menghasilkan emisi gas rumah kaca menyebabkan peningkatan suhu bumi dan menimbulkan berbagai dampak lingkungan, sosial, serta ekonomi. Kondisi tersebut mendorong masyarakat internasional untuk melakukan transformasi energi melalui berbagai kebijakan global, termasuk *Paris Agreement* dan *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama SDG 7 mengenai energi bersih dan SDG 13 mengenai aksi iklim (IPCC, 2023).

United Nations Environment Programme (UNEP) menyatakan bahwa sektor energi menjadi salah satu penyumbang terbesar emisi gas rumah kaca sehingga diperlukan percepatan penggunaan energi rendah karbon (UNEP, 2024). Oleh karena itu, transisi energi menjadi kebutuhan penting untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Sebagai

bagian dari komunitas internasional, Indonesia turut berkomitmen dalam pengendalian perubahan iklim melalui ratifikasi *Paris Agreement* melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 (Undang-Undang No. 16, 2016). Selain itu, Indonesia juga menetapkan target pengurangan emisi melalui *Enhanced Nationally Determined Contribution* (E-NDC) serta target *Net Zero Emission* pada tahun 2060 (KLHK, 2023). Namun, pengembangan energi terbarukan Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan karena realisasi bauran energi terbarukan belum mencapai target nasional (ESDM, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya percepatan inovasi energi bersih sebagai bagian dari strategi dekarbonisasi nasional.

Salah satu teknologi yang berkembang dalam agenda transisi energi global adalah *green hydrogen*. *Green Hydrogen* merupakan hidrogen yang diproduksi melalui proses elektrolisis air menggunakan energi yang berasal dari sumber energi terbarukan sehingga menghasilkan emisi karbon yang rendah (IEA, 2024). Teknologi ini memiliki potensi besar dalam mendukung dekarbonisasi sektor yang sulit dikurangi emisinya (*hard-to-abate sectors*) seperti industri berat, transportasi, dan energi (IRENA, 2024). Indonesia yang memiliki potensi energi terbarukan yang melimpah, seperti tenaga surya, tenaga air, panas bumi, dan energi laut, berpeluang besar dalam pengembangan *green hydrogen (World Commission on Environment and Development, 1987)*. Potensi tersebut menjadi modal strategis bagi Indonesia untuk mengembangkan industri *green hydrogen* serta berperan dalam rantai pasok energi bersih kawasan Asia Pasifik.

Meskipun demikian, pengembangan *green hydrogen* di Indonesia masih menghadapi tantangan dari aspek hukum dan regulasi. Hingga saat ini belum terdapat regulasi khusus yang mengatur secara komprehensif mengenai standar, sertifikasi, produksi, distribusi, serta pengawasan lingkungan dalam pengembangan hidrogen hijau (Undang-Undang No. 30, 2007; Peraturan Presiden No. 112, 2022). Kondisi tersebut menunjukkan adanya *regulatory gap* yang dapat menimbulkan ketidakpastian hukum bagi investor dan pelaku usaha. Selain itu, diperlukan harmonisasi antara regulasi energi, lingkungan hidup, investasi, dan kebijakan perubahan iklim agar pengembangan *green hydrogen* dapat berjalan sesuai prinsip pembangunan berkelanjutan (Peraturan Presiden No. 98, 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain: Pertama**,** Bagaimana dinamika regulasi pengembangan *green hydrogen* di Indonesia; Kedua**,** Bagaimana peran pengembangan regulasi *green hydrogen* dalam mendukung pencapaian Sdgs 7 Dan Sdgs 13, Ketiga, Apa tantangan pengembangan regulasi *green hydrogen* di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian hukum normatif dengan pendekatan perundang-undangan (*statute approach*), pendekatan konseptual (*conceptual approach*), dan pendekatan perbandingan (*comparative approach*). Bahan hukum yang digunakan terdiri atas bahan hukum primer, sekunder, dan tersier yang diperoleh melalui studi kepustakaan (*library research*). Analisis bahan hukum dilakukan secara kualitatif dengan metode deskriptif-analitis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaturan Hukum Lingkungan Terkait Pengembangan *Green Hydrogen* di Indonesia

1. Konsep Hukum Lingkungan

Hukum lingkungan merupakan seperangkat norma hukum yang mengatur hubungan antara manusia dengan lingkungan hidup dalam rangka perlindungan, pengelolaan, pemanfaatan, dan pelestarian lingkungan secara berkelanjutan (Hardjasoemantri, 2022). Hukum ini berfungsi sebagai instrumen untuk mengendalikan aktivitas manusia agar pemanfaatan sumber daya alam tetap memperhatikan daya dukung dan daya tampung lingkungan.

Dalam perkembangannya, hukum lingkungan tidak hanya berfokus pada perlindungan lingkungan semata, tetapi juga mencakup aspek perizinan, pengawasan, penegakan hukum, serta pertanggungjawaban atas kerusakan lingkungan (Subekti et al., 2023). Dengan demikian, hukum lingkungan memiliki fungsi yang bersifat administratif, perdata, dan pidana dalam menjaga keseimbangan ekologi. Perkembangan hukum lingkungan modern menunjukkan adanya pergeseran paradigma dari eksploitasi sumber daya alam menuju konsep pembangunan berkelanjutan *(sustainable development),* yaitu keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan sosial (Widodo, 2023). Di Indonesia, prinsip ini telah diadopsi dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Dalam konteks tersebut, hukum lingkungan juga bertumpu pada beberapa prinsip utama. Salah satunya adalah prinsip pembangunan berkelanjutan yang menekankan bahwa pembangunan harus memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengorbankan generasi mendatang. Prinsip ini relevan dalam pengembangan energi baru seperti *green hydrogen* karena mendorong transisi energi rendah karbon (Rahmadi, 2021). Selain itu, terdapat prinsip kehati-hatian yang mengharuskan setiap kegiatan yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan dilakukan dengan antisipasi sejak awal meskipun belum terdapat kepastian ilmiah (Rahmadi, 2021). Prinsip ini penting mengingat teknologi energi baru masih memiliki risiko yang belum sepenuhnya terukur.

Prinsip lain yang tidak kalah penting adalah prinsip pencegahan, yaitu bahwa kerusakan lingkungan lebih baik dicegah daripada diperbaiki setelah terjadi (Hardjasoemantri, 2022). Prinsip ini menekankan pentingnya regulasi yang bersifat preventif dalam setiap kegiatan pembangunan, termasuk dalam pengembangan energi hidrogen.

2. Konsep *Green Hydrogen*

Hidrogen merupakan unsur kimia paling ringan yang berfungsi sebagai *energy carrier* atau pembawa energi, bukan sumber energi primer. Hidrogen tidak ditemukan dalam bentuk bebas di alam, melainkan dalam bentuk senyawa seperti air (H_2O) atau hidrokarbon, sehingga memerlukan proses teknologi untuk memisahkannya.

Berdasarkan proses produksinya, hidrogen dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu *green, blue, grey, brown, dan pink hydrogen. Green hydrogen* dihasilkan melalui elektrolisis air menggunakan energi terbarukan sehingga hampir tidak menghasilkan emisi karbon. *Blue hydrogen* berasal dari gas alam dengan teknologi penangkapan karbon, sedangkan *grey*

hydrogen tidak menggunakan teknologi tersebut sehingga menghasilkan emisi tinggi. *Brown hydrogen* berasal dari batu bara dan memiliki dampak lingkungan paling besar, sedangkan *pink hydrogen* menggunakan energi nuklir sebagai sumber listriknya (United Nations, 2015).

Di antara seluruh jenis tersebut, *green hydrogen* dianggap paling ramah lingkungan dan menjadi fokus utama dalam transisi energi global. Secara teknis, *green hydrogen* diproduksi melalui proses elektrolisis air, yaitu pemisahan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen menggunakan energi listrik. Apabila listrik yang digunakan berasal dari energi terbarukan seperti surya, angin, air, atau panas bumi, maka hasilnya disebut *green hydrogen (Undang-Undang No. 32, 2009)*. Teknologi ini memiliki potensi besar dalam mendukung pengurangan emisi karbon karena tidak menghasilkan gas rumah kaca pada saat produksi maupun pemanfaatannya.

Dalam praktiknya, terdapat beberapa teknologi utama elektrolisis, seperti *Alkaline Water Electrolysis* (AWE), *Proton Exchange Membrane* (PEM), *Solid Oxide Electrolysis Cell* (SOEC), dan *Anion Exchange Membrane* (AEM). AWE merupakan teknologi paling matang dan ekonomis, PEM memiliki efisiensi tinggi dan fleksibel terhadap energi terbarukan, SOEC memiliki efisiensi sangat tinggi dengan potensi besar di Indonesia karena dukungan panas bumi, sedangkan AEM masih dalam tahap pengembangan (Pratama & Sani, 2025). Dalam konteks Indonesia, pengembangan *green hydrogen* memiliki prospek yang besar karena didukung oleh potensi energi terbarukan yang melimpah. Namun demikian, terdapat tantangan yang perlu diperhatikan, seperti kebutuhan air dalam jumlah besar, aspek keselamatan industri, serta kebutuhan regulasi yang ketat melalui AMDAL dan standar keamanan.

Dari perspektif hukum lingkungan, *green hydrogen* memiliki keunggulan karena mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dan prinsip pencegahan pencemaran. Namun, tanpa regulasi yang kuat, terdapat risiko seperti ketidaksesuaian klaim “hijau” *(greenwashing)* serta potensi dampak ekologis dari infrastruktur produksinya. Oleh karena itu, diperlukan kerangka hukum yang terintegrasi antara hukum lingkungan, energi, dan keselamatan industri.

3. Regulasi *Green Hydrogen* dalam Perspektif Hukum Lingkungan Indonesia

Pengembangan *green hydrogen* memperoleh landasan konstitusional dari Pasal 28H ayat (1) dan Pasal 33 ayat (4) UUD NRI 1945 yang menjamin hak atas lingkungan hidup baik dan sehat serta mengamanatkan perekonomian berwawasan lingkungan, namun landasan ini bersifat normatif umum dan belum diturunkan ke pengaturan teknis hidrogen. UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup memuat asas kehati-hatian dan keadilan antargenerasi yang relevan dengan karakter *green hydrogen* sebagai energi rendah emisi, tetapi belum mengatur secara spesifik produksi, distribusi, penyimpanan, dan standar keselamatannya menimbulkan kekosongan norma (*legal gap*). Demikian pula UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi menegaskan pentingnya diversifikasi energi dan mengakui relevansi hidrogen sebagai sarana penyimpanan energi (*energy storage*), namun belum mengatur definisi hukum, klasifikasi, maupun tata niaga *green hydrogen*, sehingga pengembangannya lebih banyak bersandar pada dokumen kebijakan non-mengikat seperti Strategi Hidrogen Nasional (SHN) 2023 (Undang-Undang No. 30,

2007). UU No. 6 Tahun 2023 tentang Cipta Kerja melalui sistem perizinan berbasis risiko memberi prospek positif bagi investasi hidrogen, tetapi penyederhanaan tersebut tetap harus diimbangi pengawasan lingkungan yang efektif (Undang-Undang No. 6, 2023).

Pada level kebijakan, Kebijakan Energi Nasional (PP No. 79 Tahun 2014) (Peraturan Pemerintah No. 79, 2014) dan Rencana Umum Energi Nasional (Perpres No. 22 Tahun 2017) bersifat generik karena disusun sebelum diskursus hidrogen hijau signifikan secara global (pasca 2019–2020), sehingga tidak memuat proyeksi, klasifikasi, maupun insentif khusus *green hydrogen*. Revisi target EBT oleh Dewan Energi Nasional dari 23% menjadi 17-19% pada Januari 2024 mencerminkan kesenjangan antara ambisi regulasi dan kapasitas implementasi. SHN 2023 dan Peta Jalan Hidrogen dan Amonia Nasional 2025 mengisi kekosongan tersebut secara substansial, namun statusnya masih sektoral dan belum terintegrasi formal ke RUEN, menimbulkan persoalan hierarki norma dan risiko disharmonisasi dengan perencanaan energi daerah (Nurtjahjo, 2022). Strategi *Net Zero Emission* (NZE) 2060 menempatkan *green hydrogen* sebagai solusi kunci dekarbonisasi, tetapi RUKN 2024 - 2060 memuat inkoherensi internal: target bauran EBT 73,6% pada 2060 berjalan berdampingan dengan proyeksi emisi ketenagalistrikan yang justru meningkat hingga puncak 598 $MTCO_2$. Regulasi green hydrogen yang ideal semestinya memuat definisi dan klasifikasi berbasis intensitas emisi, insentif fiskal terkoordinasi, ketentuan AMDAL yang mempertimbangkan kekhususan elektrolisis, serta sistem monitoring, pelaporan, dan verifikasi (MRV) emisi yang terintegrasi dengan registri karbon nasional empat elemen yang hingga kini belum terpenuhi secara komprehensif, sehingga penyusunan RPP Pengembangan Hidrogen oleh Kementerian ESDM menjadi langkah maju yang krusial.

4. Perbandingan Regulasi Lintas Negara

Perbandingan dengan negara maju menegaskan bahwa keberhasilan ekosistem *green hydrogen* ditentukan oleh regulasi komprehensif, bukan sekadar dokumen kebijakan. Jerman mengintegrasikan hidrogen ke sistem hukum energi nasional melalui National Hydrogen Strategy dan Hydrogen Acceleration Act, dengan target kapasitas elektroliser 10 GW pada 2030 dan penyederhanaan perizinan. Jepang menerapkan model *state-led regulation* melalui Basic Hydrogen Strategy dan Hydrogen Society Promotion Act 2024 yang dilengkapi skema subsidi dan sertifikasi rendah karbon, sementara Australia menempuh model *market-driven regulation* melalui National Hydrogen Strategy dengan instrumen insentif pajak dan program investasi untuk mendorong ekspor. Korea Selatan memperkuat kepastian hukum melalui Hydrogen Economy Promotion and Hydrogen Safety Management Act yang mencakup seluruh rantai nilai industri hidrogen. Dibandingkan keempat negara tersebut, regulasi Indonesia masih pada tahap awal: belum memiliki strategi nasional yang mengikat secara hukum, pengaturan masih tersebar, infrastruktur baru berupa proyek percontohan, dan dukungan investasi masih dalam tahap pengembangan menunjukkan perlunya kombinasi kepastian regulasi, dukungan fiskal, sertifikasi lingkungan, dan integrasi kebijakan energi nasional (Wicaksono & Rahman, 2023).

Peran Regulasi *Green Hydrogen* dalam Mendukung Pencapaian SDGs 7 dan SDGs 13

1. SDGs 7: Energi Bersih dan Terjangkau serta Relevansinya terhadap Pengembangan Regulasi Green Hydrogen di Indonesia

Sustainable Development Goals (SDGs) merupakan agenda pembangunan global yang diadopsi oleh negara-negara anggota PBB melalui *The 2030 Agenda for Sustainable Development* (Hakim et al., 2024). Salah satu tujuan utamanya adalah SDGs 7, yaitu memastikan akses terhadap energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan modern bagi seluruh masyarakat. SDGs 7 lahir dari permasalahan ketergantungan global terhadap energi fosil yang berdampak pada krisis lingkungan dan perubahan iklim. Oleh karena itu, tujuan ini mendorong peningkatan penggunaan energi terbarukan, efisiensi energi, dan pengembangan teknologi energi bersih.

Di Indonesia, implementasi SDGs 7 tercermin dalam berbagai regulasi seperti Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), serta Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan. Kebijakan tersebut menunjukkan komitmen Indonesia dalam transisi energi bersih dan berkelanjutan. Dalam konteks ini, *green hydrogen* memiliki peran strategis sebagai salah satu teknologi pendukung pencapaian SDGs 7. Teknologi ini memungkinkan diversifikasi sumber energi, penurunan emisi karbon, serta penguatan ketahanan energi nasional. Indonesia sendiri memiliki potensi besar untuk pengembangan *green hydrogen* karena ketersediaan sumber energi terbarukan yang melimpah seperti panas bumi, tenaga air, angin, dan surya.

Meskipun demikian, hingga saat ini Indonesia belum memiliki regulasi khusus yang secara komprehensif mengatur *green hydrogen*. Pengaturan yang ada masih tersebar dalam kebijakan sektor energi, sehingga belum memberikan kepastian hukum yang optimal. Oleh karena itu, diperlukan regulasi yang lebih terintegrasi yang mencakup standar produksi, sertifikasi, investasi, serta tata kelola hidrogen hijau agar pengembangannya dapat berjalan secara berkelanjutan dan mendukung pencapaian SDGs 7 secara optimal.

2. SDGs 13 dan Relevansinya terhadap Regulasi Green Hydrogen di Indonesia

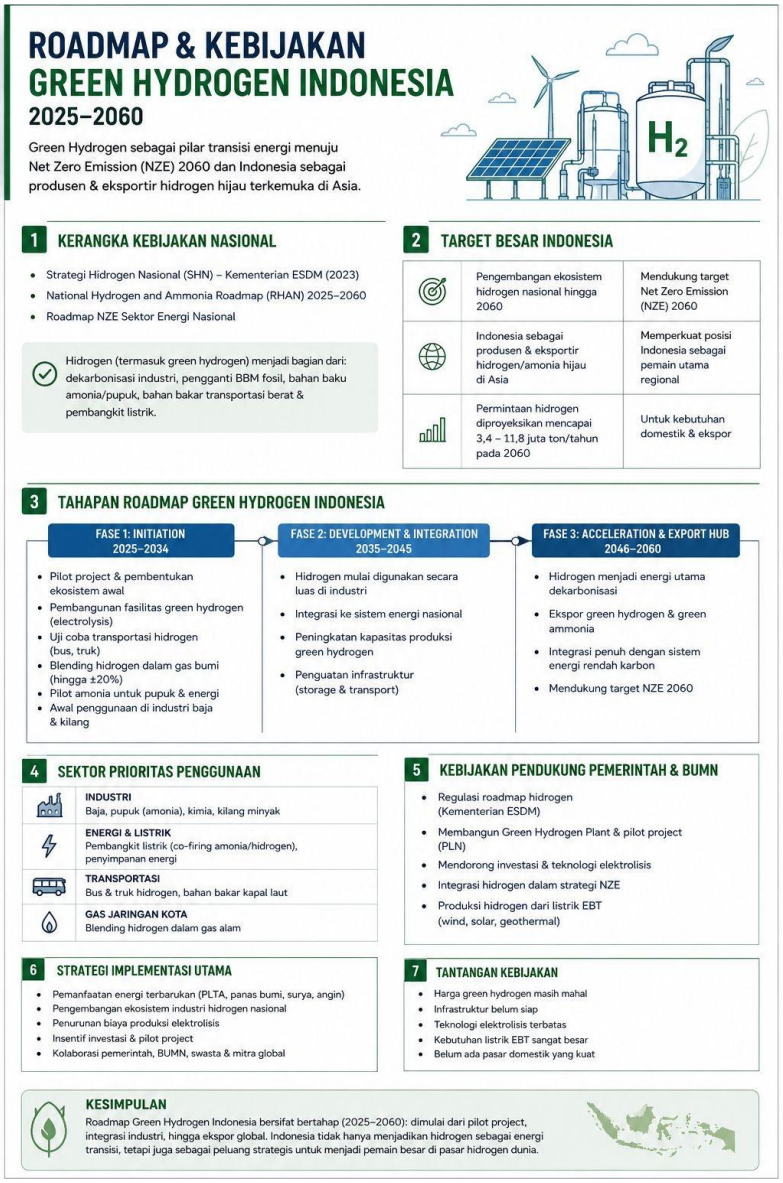
SDGs 13 (Climate Action), sebagai bagian dari agenda 2030 PBB, menekankan integrasi kebijakan perubahan iklim ke dalam strategi pembangunan nasional sekaligus pelaksanaan komitmen UNFCCC dan Paris Agreement (United Nations, 2015). Indonesia mewujudkan komitmen tersebut melalui UU No. 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement, yang mengikat Indonesia secara hukum untuk menurunkan emisi melalui target Nationally Determined Contribution (NDC) (Undang-Undang No. 16, 2016), serta Perpres No. 111 Tahun 2022 yang menempatkan aksi iklim sebagai prioritas pembangunan nasional (Peraturan Presiden No. 111, 2022). Mengingat sektor energi merupakan penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar akibat ketergantungan pada bahan bakar fosil, transisi menuju energi rendah karbon menjadi langkah strategis pencapaian SDGs 13, dan *green hydrogen* yang diproduksi melalui elektrolisis air berbasis energi terbarukan diposisikan sebagai instrumen dekarbonisasi yang sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dalam UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Undang-Undang No. 32, 2009).

Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan *green hydrogen* didukung sumber daya energi terbarukan yang melimpah, dan pemerintah telah menyusun National Hydrogen and Ammonia Roadmap sebagai langkah awal integrasi hidrogen ke dalam strategi transisi energi guna mendukung target *Net Zero Emission* 2060 dan SDGs 13. Namun, hingga kini Indonesia belum memiliki regulasi khusus yang komprehensif mengatur *green hydrogen*; pengaturan yang ada masih tersebar dalam berbagai kebijakan energi dan lingkungan sehingga belum memberikan kepastian hukum yang optimal, khususnya terkait standar produksi, sertifikasi emisi, mekanisme insentif, dan tata kelola investasi (Wibisana & Khairandy, 2022). Kondisi ini menegaskan urgensi pembentukan regulasi khusus agar *green hydrogen* dapat berfungsi efektif sebagai instrumen hukum yang menjembatani kebutuhan energi bersih dengan kewajiban mitigasi perubahan iklim, sekaligus mendukung pencapaian SDGs 13 secara nyata.

3. Kontribusi Green Hydrogen terhadap SDGs 7 dan SDGs 13

Dalam kerangka SDGs 7, *green hydrogen* berperan mendiversifikasi bauran energi dan mengatasi intermitensi energi terbarukan melalui fungsinya sebagai medium penyimpanan energi, sebagaimana diamanatkan UU No. 30 Tahun 2007 dan PP No. 79 Tahun 2014 meskipun potensi energi terbarukan Indonesia yang melebihi 3.600 GW baru termanfaatkan sekitar 3,4%. Pada dimensi ketahanan energi, ketergantungan impor minyak domestik di atas 40% menjadikan *green hydrogen* domestik sebagai solusi strategis, namun UU Energi belum secara eksplisit mengaturnya sebagai instrumen ketahanan energi sehingga diperlukan regulasi *lex specialis* yang juga mengatur tarif, standar teknis, dan kewajiban *social obligation* bagi klaster produksi yang berkembang di berbagai daerah idealnya melalui RUU EBT yang masih dalam proses legislasi. Pada dimensi keadilan akses energi, hak atas energi bersih sejalan dengan Resolusi Majelis Umum PBB No. 76/300 Tahun 2022 dan Pasal 28H ayat (1) UUD NRI 1945; meski rasio elektrifikasi nasional tinggi, disparitas kualitas pasokan di daerah 3T tetap signifikan, sementara biaya produksi green hydrogen yang jauh lebih tinggi dibandingkan hidrogen fosil memerlukan intervensi regulasi berupa subsidi, insentif pajak, atau pembiayaan publik dan skema *blended finance* (Rangkuti, 2023).

Terhadap SDGs 13, *green hydrogen* berkontribusi mendekarbonisasi sektor *hard-to-abate* seperti industri baja, semen, pupuk, dan transportasi berat, sekaligus mendukung pencapaian NDC dan agenda NZE 2060 dengan IRENA memproyeksikan hidrogen bersih dapat menyumbang sekitar 10% dari total pengurangan emisi global yang diperlukan untuk membatasi kenaikan suhu 1,5°C (IRENA, 2023). Potensi energi terbarukan Indonesia memungkinkan posisinya sebagai produsen dan eksportir hidrogen hijau di Asia-Pasifik, namun tanpa regulasi yang selaras dan spesifik mencakup definisi hidrogen hijau, standar keberlanjutan produksi, sertifikasi emisi, mekanisme pengawasan, dan insentif ekonomi kontribusi tersebut tidak akan optimal, mengingat pengaturan yang ada saat ini masih tersebar dan menimbulkan ketidakpastian hukum bagi investor. Regulasi yang komprehensif pada akhirnya berfungsi ganda: sebagai instrumen tata kelola lingkungan yang menegakkan prinsip kehati-hatian dan pembangunan berkelanjutan, serta sebagai alat hukum lintas-SDGs yang menentukan sejauh mana *green hydrogen* dapat berkontribusi nyata pada agenda iklim dan pembangunan berkelanjutan Indonesia (Rahmadi, 2022).



Tantangan Pengembangan Regulasi *Green Hydrogen* di Indonesia

Pengembangan *green hydrogen* di Indonesia menghadapi empat klaster tantangan yang saling terkait: regulasi, teknologi, lingkungan, serta ekonomi dan investasi. Pada aspek regulasi, persoalan paling mendasar adalah belum adanya peraturan hukum khusus yang mengatur *green hydrogen* secara komprehensif. Strategi Hidrogen Nasional (SHN) Tahun 2023 baru berstatus kebijakan strategis dan belum memiliki daya ikat hukum sebagaimana undang-undang, peraturan pemerintah, atau peraturan menteri, sehingga definisi hukum

hidrogen hijau, standar produksi, mekanisme sertifikasi, prosedur distribusi, dan sistem pengawasan masih tanpa dasar hukum yang jelas. Dalam perspektif teori sistem hukum Lawrence M. Friedman, kondisi ini mencerminkan kelemahan substansi hukum (*legal substance*), padahal ketegasan norma merupakan prasyarat kepastian investasi dan pedoman operasional bagi pelaku usaha.

Kekosongan regulasi tersebut diperparah potensi tumpang tindih kewenangan antarlembaga, karena pengelolaan *green hydrogen* melibatkan sektor energi, lingkungan hidup, sumber daya air, investasi, industri, transportasi, dan perdagangan internasional mencerminkan lemahnya struktur hukum (*legal structure*) dalam teori Friedman dan berdampak pada proses perizinan yang lebih panjang serta biaya transaksi yang meningkat. Implikasinya adalah ketidakpastian hukum investasi: karakter industri yang padat modal dan berjangka panjang menuntut kestabilan kebijakan, sementara standar produksi, mekanisme perdagangan, dan arah kebijakan energi jangka panjang masih belum jelas, sehingga berisiko mendorong investor menunda investasi dan menghambat pemenuhan komitmen internasional Indonesia atas penurunan emisi dan pencapaian SDGs.

Pada aspek teknologi, keterbatasan infrastruktur mulai dari pembangkit energi terbarukan, fasilitas elektrolisis, sistem penyimpanan, hingga jaringan distribusi membuat sebagian besar proyek hidrogen masih berhenti pada tahap uji coba meskipun potensi energi terbarukan Indonesia besar, sehingga biaya distribusi dan penyimpanan tetap tinggi. Hal ini berkelindan dengan tingginya biaya produksi akibat mahalnya teknologi elektroliser, kebutuhan energi yang besar, dan investasi awal yang signifikan, sehingga *green hydrogen* belum kompetitif dibandingkan hidrogen berbasis fosil dan memerlukan penguatan riset dalam negeri yang didukung insentif fiskal (Syarif & Wibisana, 2021).

Dari sisi lingkungan, proses elektrolisis membutuhkan air dalam volume besar yang berpotensi menimbulkan persaingan pemanfaatan air antara industri dan masyarakat, khususnya di wilayah dengan akses air terbatas, sementara pembangunan infrastruktur pendukung berpotensi mengubah tata guna lahan dan mengganggu ekosistem apabila tidak disertai prinsip kehati-hatian dan AMDAL yang memadai. Tantangan ekonomi dan investasi turut menyertai ketiga klaster di atas: kebutuhan pendanaan besar belum diimbangi insentif fiskal yang spesifik maupun daya saing pasar yang memadai, sehingga harga *green hydrogen* tetap sulit menyaingi energi fosil selama permintaan domestik masih rendah.

1. Penguatan Regulasi *Green Hydrogen*

Langkah paling mendasar adalah pembentukan regulasi khusus *green hydrogen* melalui instrumen hukum yang mengikat Peraturan Pemerintah, Peraturan Presiden, atau pengaturan tersendiri dalam Undang-Undang Energi Baru dan Terbarukan yang sedang disusun untuk menggantikan kedudukan SHN yang masih bersifat kebijakan non-mengikat. Regulasi tersebut perlu memuat: (a) definisi dan klasifikasi hidrogen berdasarkan sumber produksinya (*green, blue, grey, brown hydrogen*) untuk mencegah *greenwashing*; (b) standar emisi karbon sebagai dasar kategorisasi hidrogen hijau; (c) standar keselamatan produksi, penyimpanan, transportasi, dan distribusi; (d) insentif fiskal dan nonfiskal; serta (e) mekanisme pengawasan dan penegakan hukum lingkungan. Pengaturan ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan, kehati-hatian, pencegahan, dan keadilan antargenerasi,

serta merujuk praktik negara seperti Jerman, Jepang, Australia, dan Korea Selatan yang telah memiliki standar sertifikasi dan tata kelola hidrogen yang memberi kepastian hukum bagi investor.

2. Harmonisasi Regulasi Energi dan Lingkungan

Pembentukan regulasi khusus perlu dibarengi harmonisasi regulasi energi dan lingkungan, mengingat kewenangan terkait *green hydrogen* tersebar pada berbagai kementerian sehingga berisiko menimbulkan tumpang tindih kewenangan dan lemahnya pengawasan. Harmonisasi tersebut diwujudkan melalui integrasi sistem perizinan berbasis risiko (OSS) yang secara spesifik mengklasifikasikan kegiatan produksi, penyimpanan, distribusi, dan pemanfaatan *green hydrogen*; pembentukan standar nasional sertifikasi yang selaras dengan kebutuhan pasar global akan jaminan asal-usul energi (*guarantee of origin*); penyesuaian mekanisme AMDAL dengan karakteristik khusus proyek hidrogen; serta integrasi dengan kebijakan Nilai Ekonomi Karbon dan mekanisme perdagangan karbon, didukung koordinasi lintas sektor untuk mencegah fragmentasi regulasi (Akib, 2023).

3. Pemberian Insentif Investasi Hijau

Untuk mengatasi tantangan ekonomi dan investasi, diperlukan instrumen ekonomi lingkungan sebagaimana dimungkinkan Pasal 42 dan 43 UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, berupa insentif perpajakan (*tax holiday, tax allowance*, pembebasan bea masuk teknologi elektroliser, pengurangan PPh), dukungan pembiayaan melalui kredit hijau, dana transisi energi, dan jaminan pemerintah, serta instrumen pembiayaan berkelanjutan seperti *green bonds* dan *blended finance*. Insentif berbasis karbon melalui mekanisme perdagangan karbon turut relevan untuk meningkatkan kelayakan ekonomi proyek, sejalan dengan target Enhanced NDC dan *Net Zero Emission* 2060.

4. Penguatan Pengawasan Lingkungan

Kepastian hukum dan insentif investasi perlu diimbangi sistem pengawasan lingkungan berbasis *life cycle assessment*, mengingat elektrolisis tetap membutuhkan air dan lahan dalam jumlah besar meski emisi karbonnya rendah. Pengawasan dimulai sejak tahap perencanaan melalui Persetujuan Lingkungan dan AMDAL, dilanjutkan sistem pemantauan emisi dan jejak karbon yang transparan dan terverifikasi sebagaimana ditegaskan IEA dalam Global Hydrogen Review 2024 (IEA, 2024) serta sertifikasi independen mengacu standar internasional seperti ISO. Pengawasan pemanfaatan air diperkuat melalui standar penggunaan, kewajiban konservasi, dan audit berkala, didukung teknologi digital (IoT, *remote sensing*) untuk pemantauan *real-time*, serta partisipasi masyarakat dan penegakan hukum yang tegas sesuai UUPPLH.

5. Integrasi Green Hydrogen dalam Strategi SDGs Nasional

Sebagai langkah penutup, *green hydrogen* perlu diposisikan secara terstruktur dalam strategi SDGs nasional, khususnya SDGs 7 (Affordable and Clean Energy) dan SDGs 13 (Climate Action), mengingat perannya dalam mendekarbonisasi sektor *hard-to-abate* seperti

industri baja, petrokimia, pupuk, dan transportasi berat. Dokumen perencanaan nasional seperti RPJMN, RUEN, Enhanced NDC, dan peta jalan *Net Zero Emission* 2060 perlu memuat target pengembangan yang terukur dan mengikat, ditopang penguatan tata kelola kelembagaan misalnya forum koordinasi nasional atau National Hydrogen Council sistem pelaporan akuntabel, keterkaitan dengan kebijakan ekonomi karbon, serta prinsip keadilan lingkungan (*environmental justice*) dan transisi berkeadilan (*just transition*) agar industri ini memberi manfaat ekonomi dan sosial yang proporsional bagi masyarakat lokal (Arrsa, 2023). Kelima rekomendasi tersebut saling melengkapi dan tidak berdiri sendiri: regulasi khusus memberi dasar hukum, harmonisasi memastikan koherensi antarlembaga, insentif investasi mengatasi keterbatasan ekonomi, pengawasan lingkungan menjamin integritas keberlanjutan, dan integrasi SDGs menempatkan kebijakan dalam kerangka komitmen iklim nasional prasyarat ekosistem *green hydrogen* Indonesia yang berkepastian hukum, kompetitif, dan berkelanjutan.

SIMPULAN

Pengaturan hukum lingkungan mengenai pengembangan *green hydrogen* di Indonesia masih belum bersifat komprehensif karena pengaturannya tersebar pada berbagai instrumen hukum di bidang energi dan lingkungan serta belum tersedia regulasi khusus yang mengatur definisi, standar produksi, sertifikasi, distribusi, hingga pengawasan *green hydrogen*. Kondisi ini menyebabkan kekosongan norma dan berpotensi menurunkan kepastian hukum terhadap pelaksanaan maupun investasi pada sektor tersebut. Oleh sebab itu, pemerintah perlu segera menyusun regulasi khusus yang terintegrasi dengan hukum energi dan lingkungan, serta memperkuat mekanisme perizinan, standar keselamatan, sistem sertifikasi, dan pengawasan lingkungan agar pengembangan *green hydrogen* memiliki landasan hukum yang jelas serta mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan.

Peran regulasi *green hydrogen* dalam mendukung pencapaian SDGs 7 dan SDGs 13 memperlihatkan bahwa keberadaan regulasi memiliki fungsi strategis sebagai instrumen transisi energi dan pengendalian perubahan iklim melalui diversifikasi energi, penurunan emisi karbon, serta penguatan ketahanan energi nasional. Namun, kontribusi tersebut masih belum optimal karena belum terdapat pengaturan yang terintegrasi terkait standar keberlanjutan, insentif ekonomi, dan tata kelola implementasinya. Oleh karena itu, diperlukan harmonisasi regulasi dan integrasi *green hydrogen* ke dalam kebijakan nasional seperti RUEN, RPJMN, target NDC, dan strategi *Net Zero Emission* agar implementasinya dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pencapaian SDGs 7 (*Affordable and Clean Energy*) dan SDGs 13 (*Climate Action*).

Tantangan pengembangan regulasi *green hydrogen* di Indonesia mencakup aspek regulasi, kelembagaan, teknologi, lingkungan, serta ekonomi dan investasi yang saling berkaitan. Belum adanya kepastian hukum, tingginya biaya teknologi, keterbatasan infrastruktur, potensi dampak terhadap sumber daya air, serta rendahnya daya saing ekonomi menjadi hambatan utama dalam pengembangannya. Oleh karena itu, diperlukan penguatan koordinasi lintas sektor, pemberian insentif investasi hijau, pengembangan riset dan teknologi dalam negeri, penerapan pengawasan lingkungan berdasarkan prinsip kehati-

hatian, serta pelibatan masyarakat agar pengembangan *green hydrogen* dapat berjalan secara berkelanjutan, kompetitif, dan berkeadilan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan YME atas segala kemudahan serta kelancaran hingga penelitian ini dapat terselesaikan. Kami ucapkan terimakasih kepada dosen kami bapak Ubaidillah Kamal S.Pd., M.H. yang telah membimbing kami dalam proses penelitian artikel ini dengan penuh kesabaran. Kami juga ucapkan banyak terimakasih kepada anggota tim penelitian yang telah ikut berkontribusi dalam setiap langkah proses penyelesaian artikel ini. Adapun anggota tim tersebut adalah:

1. Machaini Bintang Buayoma, bintangbuayoma@students.unnes.ac.id
2. Alicia Angelica Asmara Putri, aliciasmaraa@students.unnes.ac.id
3. Davina Fitri Rahmania, davinafitri643@students.unnes.ac.id
4. Nafis Khairina, nafiskhairina@students.unnes.ac.id
5. Nina Handayani, ninahandayani17@students.unnes.ac.id
6. Rania Humayra, rania0311@students.unnes.ac.id
7. Citra Bethari Ratih, citrabethari30@students.unnes.ac.id
8. Nabila Aufa Shofiana, nabilaufash@students.unnes.ac.id
9. Fadhil Citra Kusuma, fadhilkusuma@students.unnes.ac.id
10. Rafie Zuhairi Ahmad, rafiezuhairi44@students.unnes.ac.id
11. Ahmad Haikal Manggabarani, haikalmga@students.unnes.ac.id
12. Raffelino Wastu Sebastian, sebastianwastu@students.unnes.ac.id
13. Raja Huwaidi Kamil, huwaidikamil13@students.unnes.ac.id
14. Ubaidillah Kamal, ubaidillahkamal@mail.unnes.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Abudureyimu, A., dkk. (2025). A comprehensive review of green hydrogen technology: Electrolysis methods, topologies and control strategies, applications. *Materials, 18*(21).

Akib, M. (2023). Harmonisasi regulasi energi dan lingkungan hidup dalam mendukung transisi energi berkelanjutan. *Jurnal Hukum IUS QUIA IUSTUM, 30*(2), 277–302.

Arrsa, R. C. (2023). Keadilan lingkungan dan just transition dalam kerangka hukum transisi energi Indonesia. *Jurnal Rechts Vinding, 12*(1), 55–78.

Hakim, M. D., dkk. (2024). Penerapan hukum lingkungan dalam menghadapi krisis perubahan iklim global. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik, 1*(3), 236–240.

Hardjasoemantri, K. (2022). *Hukum tata lingkungan*. Gadjah Mada University Press.

Nurtjahjo, H. (2022). Hierarkhi norma dan disharmonisasi regulasi energi terbarukan di Indonesia. *Jurnal Konstitusi, 19*(3), 520–544.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report – Summary for policymakers*. IPCC.

International Energy Agency. (2024). *Global hydrogen review 2024*. IEA.

International Renewable Energy Agency. (2023). *World energy transitions outlook 2023: 1.5°C pathway*. IRENA.

International Renewable Energy Agency. (2024). *World energy transitions outlook 2024*. IRENA.
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024). *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*. ESDM.
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Enhanced nationally determined contribution Indonesia*. KLHK.
Manik, I., & Rambe, M. I. I. (2024). Implementasi prinsip-prinsip hukum lingkungan dalam pengelolaan sumber daya alam di Indonesia. *Innovative: Journal of Social Science Research, 4*(4), 8222–8230.
Pratama, Y. Z., & Sani, T. (2025). Clean energy, just laws: Unpacking the legal backbone of SDG 7 in Indonesia. *Annual Review of Legal Studies.*
Rahmadi, T. (2021). *Hukum lingkungan di Indonesia* (Edisi ke-3). RajaGrafindo Persada.
Rahmadi, T. (2022). Asas kehati-hatian dalam hukum lingkungan Indonesia dan implikasinya terhadap regulasi energi bersih. *Jurnal Hukum dan Peradilan, 11*(2), 189–210.
Rangkuti, S. S. (2023). Keadilan antargenerasi dalam hukum lingkungan: Relevansi terhadap kebijakan hidrogen hijau Indonesia. *Yuridika, 38*(1), 1–26.
Rasyid, F. M., dkk. (2025). Urgensi pengaturan hukum green hydrogen dalam mendukung transisi energi berkelanjutan di Indonesia perspektif SDGs.
Risqi, D. M. (2022). Penegakan hukum lingkungan. *JHP17: Jurnal Hasil Penelitian, 6*(2), 40–48.
Subekti, R., dkk. (2023). *Hukum lingkungan*. Widina Media Utama.
Syarif, L. M., & Wibisana, A. G. (2021). Instrumen ekonomi lingkungan dalam UU PPLH dan implikasinya terhadap insentif investasi hijau. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia, 8*(2), 143–170.
Tuysuz, H. (2023). Alkaline water electrolysis for green hydrogen production. *Accounts of Chemical Research, 56*, 882–893.
United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations.
United Nations Environment Programme. (2024). *Emissions gap report 2024*. UNEP.
Wibisana, A. G., & Khairandy, R. (2022). Kepastian hukum dalam regulasi transisi energi di Indonesia: Suatu tinjauan kritis. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia, 9*(1), 45–68.
Wicaksono, D. A., & Rahman, F. (2023). Pembentukan regulasi khusus hidrogen hijau di Indonesia dalam perspektif teori sistem hukum Lawrence M. Friedman. *Mimbar Hukum, 35*(1), 1–22.
Widodo. (2023). *Hukum lingkungan*. Pena Persada.
World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.
Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi.
Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan *Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change*.

Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang.
Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional.
Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional.
Peraturan Presiden Nomor 111 Tahun 2022 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan.
Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik.