

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perubahan iklim global telah menjadi salah satu ancaman paling mendesak bagi peradaban manusia pada abad ke-21. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) melaporkan bahwa suhu permukaan global pada periode 2011–2020 telah mencapai 1,09°C di atas rata-rata era pra-industri (IPCC, 2022). Kenaikan suhu ini berdampak luas dan sistemik, mulai dari ancaman terhadap ketahanan pangan dan ketersediaan air bersih, degradasi ekosistem pesisir, hingga ketidakstabilan sosial-ekonomi yang dirasakan di seluruh penjuru dunia. Para ilmuwan memperingatkan bahwa apabila laju pemanasan tidak segera dikendalikan, dampaknya akan bersifat ireversibel dan mengancam keberlangsungan kehidupan di bumi.

Sektor energi diidentifikasi sebagai kontributor terbesar emisi gas rumah kaca global akibat ketergantungan yang masih sangat tinggi pada bahan bakar fosil. Kondisi ini memunculkan kebutuhan mendesak akan transisi energi, yaitu pergeseran sistematis dari energi berbasis fosil menuju sumber energi bersih dan terbarukan. Dalam kerangka inilah komunitas internasional menyepakati *Net Zero Emission* (NZE) sebagai target bersama (Aditya et al., 2025). NZE didefinisikan sebagai kondisi keseimbangan antara jumlah emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer dengan jumlah yang diserap atau dihilangkan, sehingga tidak terjadi penambahan emisi bersih secara keseluruhan. Pencapaian NZE mensyaratkan dekarbonisasi menyeluruh di sektor energi, yang mencakup penghentian bertahap pembangkit listrik berbasis batu bara, peningkatan

signifikan bauran energi terbarukan, serta adopsi teknologi rendah karbon di seluruh rantai pasokan energi.

Respons internasional terhadap krisis iklim ini mengkristal dalam *Paris Agreement* tahun 2015, yang mengikat seluruh negara penandatangan untuk menetapkan dan melaksanakan target penurunan emisi melalui mekanisme *Nationally Determined Contribution* (NDC). NDC merupakan instrumen kebijakan iklim nasional yang mewajibkan setiap negara untuk: (1) menetapkan target penurunan emisi gas rumah kaca yang terukur dan dapat diverifikasi; (2) menyusun rencana aksi dan kebijakan implementasi lintas sektor; (3) melaporkan kemajuan secara berkala kepada Sekretariat UNFCCC; serta (4) memperbarui dan meningkatkan ambisi target setiap lima tahun melalui mekanisme peningkatan ambisi (*ratchet mechanism*).

Dalam kerangka ini, Amerika Serikat berkomitmen menurunkan emisinya sebesar 50 hingga 52 persen dari level tahun 2005 pada tahun 2030. Sementara itu, Uni Eropa menargetkan pengurangan sebesar 55 persen dibandingkan level tahun 1990 pada periode yang sama. Seluruh komitmen nasional ini menciptakan tekanan diplomatik sekaligus membuka peluang kerja sama bagi negara-negara berkembang, termasuk Indonesia, untuk turut mempercepat transisi energinya dengan tetap berpegang pada prinsip tanggung jawab bersama namun berbeda atau *common but differentiated responsibilities* (Zhu et al., 2023).

Indonesia telah meratifikasi Perjanjian Paris melalui Undang Undang Nomor 16 Tahun 2016. Sejak saat itu, Indonesia terikat kewajiban hukum sekaligus moral untuk menurunkan emisi gas rumah kaca secara terukur dan

berkelanjutan (Wau, 2024). Dalam dokumen *Enhanced Nationally Determined Contribution* atau ENDC yang diserahkan kepada Sekretariat UNFCCC, Indonesia menetapkan target penurunan emisi sebesar 31,89 persen secara mandiri atau *unconditional*, dan 43,2 persen dengan dukungan internasional atau *conditional* dari skenario *Business as Usual* pada tahun 2030. Target ini mencakup lima sektor utama, yaitu energi, kehutanan, pertanian, industri, dan limbah, sebagaimana tercantum dalam dokumen Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2022.

Target tersebut kemudian diperbarui melalui *Second Nationally Determined Contribution* atau SNDC yang diserahkan Indonesia kepada UNFCCC pada 27 Oktober 2025, menjelang penyelenggaraan COP30 di Belém, Brasil. Berbeda dengan ENDC yang menggunakan pendekatan penurunan persentase dari skenario BAU, SNDC mengadopsi target emisi absolut dengan tahun 2019 sebagai tahun referensi. Artinya, total emisi nasional ditargetkan sebesar 1.488 MtCO₂e dalam skenario pertumbuhan ekonomi rendah, atau 1.257 MtCO₂e dalam skenario pertumbuhan ekonomi tinggi pada tahun 2035. SNDC sekaligus memajukan puncak emisi nasional menjadi tahun 2030, sebagaimana termuat dalam dokumen Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2025.

Seluruh komitmen jangka panjang ini bermuara pada pencapaian *Net Zero Emission* pada tahun 2060 atau lebih cepat, sesuai dengan yang tertuang dalam *Long Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050* atau LTS LCCR 2050. Sebagai tindak lanjut operasional, pemerintah menerbitkan Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi

Terbarukan, Peraturan Menteri ESDM Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan, serta *National Hydrogen and Ammonia Roadmap 2025–2060* yang menargetkan pemanfaatan hidrogen rendah karbon di sektor transportasi mulai tahun 2031 dan di sektor industri mulai tahun 2041, berdasarkan dokumen Kementerian ESDM tahun 2025. Dalam konteks implementasi, Indonesia mengadopsi model tata kelola berlapis di mana pemerintah bertindak sebagai regulator dan penentu kebijakan, sementara Badan Usaha Milik Negara atau BUMN berfungsi sebagai aktor implementatif utama yang mentransformasi amanat kebijakan menjadi program nyata di lapangan.

Komitmen ambisius tersebut berhadapan langsung dengan realitas struktural yang kompleks. Data *International Energy Agency* menunjukkan bahwa Indonesia pada tahun 2020 menempati posisi kesembilan sebagai negara penghasil emisi karbon terbesar di dunia, dengan total emisi sektor energi mencapai sekitar 590–600 MtCO₂eq. Di satu sisi, pertumbuhan ekonomi nasional yang berkelanjutan mensyaratkan peningkatan konsumsi energi secara signifikan (Zhu et al., 2023). Di sisi lain, komitmen penurunan emisi harus dipenuhi dalam kerangka waktu yang semakin ketat. Ketegangan struktural antara imperatif pembangunan dan kewajiban iklim inilah yang menjadikan percepatan transisi energi di Indonesia bukan lagi sekadar pilihan kebijakan, melainkan sebuah keniscayaan strategis.

Pelaksanaan transisi energi di Indonesia hingga saat ini masih dihadapkan pada sejumlah hambatan struktural yang tidak bisa diabaikan. Berdasarkan data tahun 2023, bauran energi baru terbarukan dalam konsumsi energi primer nasional

baru mencapai sekitar 13,1 persen, suatu angka yang masih jauh tertinggal dari target 23 persen pada tahun 2025 (IESR, 2025). Beberapa faktor penghambat yang belum teratasi antara lain terbatasnya infrastruktur jaringan transmisi listrik, sifat energi terbarukan yang intermittent atau tidak kontinu karena bergantung pada kondisi cuaca, dominasi batu bara dalam sistem pembangkitan listrik nasional, serta tingginya biaya investasi awal untuk teknologi rendah karbon (Subarkah, 2024). Selain hambatan teknis tersebut, terdapat pula kelompok sektor tertentu yang secara teknis sulit bahkan tidak memungkinkan untuk sepenuhnya beralih ke elektrifikasi langsung.

Kelompok ini dikenal dengan istilah sektor yang sulit didekarbonisasi. Sektor tersebut meliputi industri berat seperti produksi pupuk, baja, dan petrokimia, serta transportasi jarak jauh yang mencakup pelayaran internasional, penerbangan, dan angkutan truk antarkota. Menurut Jayachandran dan kolega pada tahun 2024, sektor sektor ini secara kolektif menyumbang porsi emisi yang sangat besar namun hingga kini belum memiliki solusi dekarbonisasi yang matang dan dapat diterapkan secara luas. Inilah titik kritis yang menunjukkan bahwa transisi energi Indonesia tidak dapat diselesaikan hanya melalui elektrifikasi dan pengembangan energi terbarukan konvensional. Diperlukan suatu pembawa energi bersih yang mampu menjangkau dan mendekarbonisasi sektor sektor tersebut secara menyeluruh.

Di tengah tantangan dekarbonisasi sektor yang sulit dijangkau elektrifikasi, hidrogen hijau muncul sebagai solusi strategis yang menjawab kebutuhan tersebut. Hidrogen hijau diproduksi melalui proses elektrolisis air dengan memanfaatkan

listrik yang sepenuhnya berasal dari energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, atau panas bumi, sehingga seluruh rantai produksinya bebas dari emisi karbon. Berbeda dengan sumber energi terbarukan lainnya, hidrogen hijau memiliki keunggulan sebagai pembawa energi yang dapat disimpan dalam jangka panjang, didistribusikan melintasi wilayah, serta dikonversi kembali menjadi energi di sektor-sektor yang tidak dapat langsung menggunakan listrik.

Dalam industri pupuk dan petrokimia, hidrogen hijau dapat menggantikan hidrogen abu-abu yang selama ini berbasis gas alam dan menjadi bahan baku utama. Di sektor transportasi berat, hidrogen hijau dapat diubah menjadi amonia hijau yang berfungsi sebagai bahan bakar kapal laut, atau digunakan langsung pada kendaraan bermotor dengan sistem sel bahan bakar. Karakteristik inilah yang menjadikan hidrogen hijau sebagai pelengkap strategis bagi elektrifikasi langsung dalam peta jalan dekarbonisasi nasional menuju target emisi nol bersih pada tahun 2060. Pada titik inilah relevansi strategis PT Pertamina sebagai aktor sentral menjadi sangat penting. Sebagai pemasok utama bahan bakar bagi sektor industri dan transportasi nasional, Pertamina berada pada posisi yang paling tepat untuk memimpin transisi dari rantai pasok energi berbasis fosil menuju ekosistem hidrogen hijau di Indonesia.

Indonesia memiliki potensi sumber daya yang sangat besar untuk menjadi produsen *green hydrogen* yang kompetitif. Data Dewan Energi Nasional mencatat total potensi EBT Indonesia mencapai 3.687 gigawatt (GW), terdiri atas tenaga surya 3.294 GW, angin 155 GW, hidro 95 GW, panas bumi 23 GW, bioenergi 57 GW, dan tenaga laut 63 GW. Di antara seluruh sumber tersebut, panas bumi

menjadi keunggulan komparatif Indonesia karena bersifat *baseload*, yakni stabil, kontinu, dan tidak bergantung pada kondisi cuaca, dengan 331 titik potensi yang tersebar dari Sabang hingga Merauke (Adi, 2024). Menyadari potensi strategis ini, Kementerian ESDM meluncurkan *National Hydrogen Strategy* pada tahun 2023 yang kemudian dikembangkan menjadi *National Hydrogen and Ammonia Roadmap 2025–2060* pada tahun 2025. Strategi tersebut menargetkan pemanfaatan hidrogen rendah karbon mulai tahun 2031 di sektor transportasi dan tahun 2041 di sektor industri, dengan proyeksi konsumsi mencapai 609 petajoule (PJ) pada tahun 2060 (MEMR, 2023).

Meskipun kerangka kebijakan nasional untuk hidrogen hijau telah terbentuk, implementasi di lapangan tetap membutuhkan aktor yang memiliki kapasitas teknis, finansial, dan kelembagaan yang memadai. Dalam ekosistem energi Indonesia, PT Pertamina menempati posisi yang tidak tergantikan sebagai aktor implementatif utama. Sebagai Badan Usaha Milik Negara yang menguasai rantai nilai energi dari hulu ke hilir, Pertamina adalah satu satunya entitas nasional yang memiliki skala, infrastruktur, dan jangkauan yang diperlukan untuk mengembangkan ekosistem hidrogen hijau secara menyeluruh (Subarkah, 2024). Perusahaan ini mengelola produksi minyak dan gas, pengoperasian kilang, jaringan distribusi, serta lebih dari 7.400 SPBU di seluruh Indonesia.

Di luar keunggulan infrastruktur tersebut, Pertamina juga memiliki fondasi teknis yang langsung mendukung pengembangan hidrogen hijau, yaitu kapasitas produksi panas bumi sebesar 785 megawatt melalui PT Pertamina Geothermal Energy yang beroperasi di 15 wilayah kerja dari Sabang hingga Sulawesi. Panas

bumi menjadi sumber listrik bersih yang ideal bagi proses elektrolisis air. Berbeda dengan energi surya dan angin yang bersifat tidak kontinu, panas bumi bersifat baseload, artinya tersedia sepanjang hari sepanjang minggu, sehingga mampu menjamin pasokan listrik yang stabil dan terus menerus untuk produksi hidrogen hijau dalam skala besar. Selain keunggulan teknis tersebut, Pertamina mengemban peran ganda sebagai entitas bisnis komersial sekaligus instrumen kebijakan negara berdasarkan amanat *Pasal 33 Undang Undang Dasar 1945*, termasuk melalui *program Public Service Obligation* dan program BBM Satu Harga di 583 titik wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar. Dengan demikian, pengembangan hidrogen hijau oleh Pertamina bukan sekadar inisiatif bisnis, melainkan bagian integral dari mandat kenegaraan untuk memastikan transisi energi yang adil dan merata di seluruh wilayah Indonesia.

Strategi Pertamina dalam mengembangkan hidrogen hijau dilaksanakan secara sistematis melalui anak perusahaan bernama *Pertamina New & Renewable Energy* atau PNRE, yang bertindak sebagai subholding khusus untuk pengembangan energi baru dan terbarukan. PNRE merancang pengembangan hidrogen bersih dalam tiga fase bertahap. Fase pertama berlangsung dari tahun 2022 hingga 2026 sebagai fase rintisan, yang bertujuan meluncurkan proyek percontohan hidrogen dan amonia hijau untuk pasar ekspor serta membangun kemitraan strategis internasional, dengan target kapasitas produksi mencapai 50 hingga 200 ribu ton per tahun. Fase kedua berlangsung dari tahun 2027 hingga 2030 sebagai fase pengembangan, yang berfokus pada peningkatan volume ekspor, pengembangan produksi skala penuh, dan penciptaan pasar domestik, dengan target kapasitas 500 ribu hingga 1 juta ton per tahun serta produksi 7.000 ton

hidrogen bersih per tahun pada akhir tahun 2029. Fase ketiga dimulai dari tahun 2031 ke depan sebagai fase kematangan, yang menargetkan Indonesia sebagai pemimpin ekonomi hidrogen, dengan kapasitas produksi lebih dari 2 juta ton per tahun dan kapasitas ekuivalen hidrogen mencapai 1,8 juta ton per tahun pada tahun 2040.

Di sisi lain, tren penurunan emisi nasional menunjukkan perkembangan yang positif. Berdasarkan data Kementerian ESDM yang dirilis pada tahun 2025, realisasi penurunan emisi karbon sektor energi terus meningkat secara konsisten dalam lima tahun terakhir, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Realisasi Penurunan Emisi Sektor Energi Indonesia Tahun 2020–2024

Tahun	Realisasi Penurunan Emisi (Juta Ton CO ₂)
2020	8,78
2021	10,37
2022	13,83
2023	15,32
2024	16,94

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, dikutip CNBC Indonesia (14 November 2025)

Data pada Tabel 1.1 memperlihatkan tren peningkatan yang konsisten, dengan realisasi penurunan emisi pada tahun 2024 mencapai 16,94 juta ton CO₂, melampaui target sebesar 6,07 juta ton CO₂. Secara kumulatif, capaian penurunan emisi sektor energi pada 2024 mencapai 147,61 juta ton CO₂ ekuivalen,

melampaui target 142 juta ton CO₂ ekuivalen yang telah ditetapkan (Kementerian ESDM, 2025). Capaian ini terutama didorong oleh implementasi *co-firing* biomassa di 47 PLTU dengan volume biomassa mencapai 1,8 juta ton hingga Oktober 2025, peningkatan bauran EBT dalam pembangkitan listrik, serta efisiensi energi di berbagai sektor (Setiawan, 2025). Namun, capaian tersebut belum mencerminkan kontribusi *green hydrogen* karena proyek *pilot plant* Pertamina di Ulubelu masih dalam tahap pembangunan dan belum beroperasi secara komersial. Kondisi ini justru menegaskan urgensi penelitian ini bukan untuk mengukur kontribusi yang sudah ada, melainkan untuk menganalisis strategi yang sedang dijalankan Pertamina serta mengkaji bagaimana strategi tersebut berpotensi berkorelasi dengan target penurunan emisi nasional menuju NZE 2060.

Berdasarkan uraian di atas, terdapat tiga kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu diisi. Kesenjangan pertama adalah belum adanya analisis sistematis mengenai strategi PT Pertamina dalam menerapkan *green hydrogen*, baik dari aspek kebijakan internal perusahaan, pola investasi, pilihan teknologi, maupun kemitraan strategis yang dijalin. Kesenjangan kedua adalah meskipun data penurunan emisi nasional periode 2020–2024 telah tersedia, belum diketahui sejauh mana strategi *green hydrogen* Pertamina akan berkontribusi terhadap capaian penurunan emisi ke depan. Kesenjangan ketiga adalah belum adanya penelitian yang secara spesifik mengkaji korelasi antara implementasi *green hydrogen* oleh BUMN energi dengan target transisi energi nasional menuju NZE 2060.

Penelitian ini hadir untuk mengisi ketiga kesenjangan tersebut. Secara lebih terperinci, penelitian ini bertujuan menganalisis strategi PT Pertamina dalam mengembangkan green hydrogen dengan menjadikan Proyek Pilot Plant Ulubelu sebagai studi kasus, mendeskripsikan perkembangan emisi karbon Indonesia sepanjang periode 2021–2025, serta mengkaji potensi kontribusi pengembangan green hydrogen oleh PT Pertamina terhadap upaya penurunan emisi karbon nasional dalam kerangka target NZE 2060. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu memberikan sumbangan akademik dalam kajian Hubungan Internasional, khususnya di bidang tata kelola energi dan perubahan iklim, sekaligus menyediakan rekomendasi kebijakan bagi PT Pertamina, Kementerian ESDM, dan para pemangku kepentingan lainnya guna mempercepat transisi energi Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang sudah dipaparkan sebelumnya, maka peneliti merumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana strategi PT Pertamina dalam menerapkan *green hydrogen* untuk mendukung transisi energi di Indonesia?
2. Bagaimana perkembangan emisi karbon di Indonesia saat tengah upaya transisi energi nasional?
3. Bagaimana potensi pengembangan *green hydrogen* oleh PT Pertamina terhadap upaya penurunan emisi karbon di Indonesia?

1.3 Pembatasan Masalah

Sesuai dengan pemahaman akan permasalahan yang sudah disampaikan, penulis menyadari pentingnya menyusun batasan pembahasan agar studi ini tetap terfokus pada konteks yang sudah ditetapkan. Oleh karena itu, ruang lingkup

penelitian ini dibatasi pada kajian penerapan *green hydrogen* oleh PT Pertamina dalam mendukung transisi energi di Indonesia. Kajian ini menitikberatkan pada tiga aspek utama, yaitu strategi korporasi Pertamina dalam mengembangkan *green hydrogen*, perkembangan emisi karbon di Indonesia, serta korelasi antara strategi tersebut dengan upaya penurunan emisi karbon nasional.

Penelitian ini berfokus pada PT Pertamina sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di sektor energi. Dalam konteks ini, Pertamina dipandang sebagai aktor strategis yang memiliki mandat untuk menjalankan transisi energi di Indonesia, bukan semata-mata sebagai entitas bisnis yang berorientasi komersial. Oleh karena itu, aktor yang dianalisis dibatasi pada PT Pertamina, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), serta institusi terkait lainnya yang terlibat dalam perumusan dan implementasi kebijakan energi nasional.

Rentang waktu penelitian mencakup periode 2021 hingga 2025. Tahun 2021 dipilih sebagai titik awal karena pada periode tersebut Indonesia menegaskan kembali komitmennya untuk mencapai *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060, sekaligus PT Pertamina mulai mengumumkan secara resmi inisiatif proyek *green hydrogen* (misalnya *Green Hydrogen Plant* di Cilacap). Sementara itu, tahun 2025 dipilih sebagai batas akhir penelitian karena merepresentasikan fase awal implementasi kebijakan dan proyek pengembangan *green hydrogen* di Indonesia, sehingga memungkinkan analisis terhadap proses perumusan strategi, dinamika implementasi, serta dampaknya terhadap perkembangan emisi karbon.

Penelitian ini tidak membahas aspek teknis, rekayasa, maupun kelayakan ekonomi proyek *green hydrogen* secara mendalam, melainkan berfokus pada analisis strategi korporasi BUMN, perkembangan emisi karbon nasional, serta potensi kontribusi pengembangan *green hydrogen* PT Pertamina terhadap upaya penurunan emisi karbon dalam kerangka transisi energi di Indonesia.

1.4 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis strategi PT Pertamina dalam menerapkan *green hydrogen* guna mendukung transisi energi di Indonesia pada periode 2021–2025.
2. Untuk mendeskripsikan perkembangan emisi karbon di Indonesia dalam periode 2021–2025 di tengah upaya transisi energi nasional.
3. Untuk menganalisis potensi pengembangan *green hydrogen* oleh PT Pertamina terhadap upaya penurunan emisi karbon di Indonesia.

1.4.2 Kegunaan Penelitian

1. Kegunaan Teoritis : penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian Hubungan Internasional, khususnya dalam bidang transisi energi, tata kelola energi, dan isu perubahan iklim.
2. Kegunaan Praktis : penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi PT Pertamina, Kementerian ESDM, serta para pemangku kepentingan dalam merumuskan strategi pengembangan *green hydrogen* yang lebih efektif untuk mendukung transisi energi dan penurunan emisi karbon di Indonesia.
3. Kegunaan Akademis : penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi tugas akhir (skripsi) dalam Program Studi Ilmu Hubungan Internasional, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Pasundan.

1.5 Kerangka Teoritis-Konseptual

1.5.1 Global Governance

Teori *Global Governance* digunakan untuk menjelaskan bagaimana, selain negara sebagai aktor utama, berbagai aktor non-negara dalam sistem tata kelola multi-level turut terlibat dalam pelaksanaan komitmen perubahan iklim. Dalam literatur klasik, James N. Rosenau (1992) mendefinisikan *global governance* sebagai suatu mekanisme pengelolaan isu-isu internasional yang melibatkan interaksi antara aktor negara dan non-negara tanpa adanya satu otoritas hierarkis

tunggal (Rosenau, 1992). Namun demikian, dalam literatur kontemporer, *global governance* dipahami sebagai jaringan institusional yang kompleks, di mana kerja sama domestik, nasional, dan internasional digunakan untuk mengimplementasikan kebijakan serta mendistribusikan kewenangan (Zurn, 2018). Dalam konteks perubahan iklim, *global governance* mencakup peran badan usaha milik negara, korporasi multinasional, organisasi internasional, serta lembaga keuangan dalam merealisasikan komitmen yang ditetapkan dalam rezim iklim global. Dalam konteks Indonesia, PT Pertamina sebagai perusahaan milik negara tidak sepenuhnya dikategorikan sebagai aktor non-negara yang independen, melainkan aktor hibrida yang beroperasi di antara mekanisme pasar dan kepentingan negara. Sebagai korporasi energi nasional, Pertamina memiliki kapasitas institusional, finansial, dan teknis yang diperlukan untuk menerjemahkan tujuan transisi energi ke dalam inisiatif konkret, seperti pengembangan *green hydrogen*. Dapat dipahami pengembangan *green hydrogen* oleh PT Pertamina sebagai manifestasi praktik *global governance*, di mana pelaksanaan komitmen iklim tidak dilakukan oleh negara secara tunggal, melainkan keterlibatan aktor hibrida yang berfungsi sebagai instrumen kebijakan.

1.5.2 Transisi Energi

Transisi energi dapat dipahami sebagai sebuah pergeseran fundamental atas sistem energi dari ketergantungan pada bahan bakar fosil menuju sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Konsep ini muncul melalui hadirnya tuntutan atas kondisi bumi yang sudah semakin buruk berkat hadirnya polusi terus menerus. Saat ini Indonesia menjadi salah satu negara yang juga mengalami dampak dari perubahan iklim dan kondisi global. Untuk mengatasi masalah tersebut, Indonesia melakukan upaya transisi energi dari energi yang sangat bergantung pada bahan bakar fosil ke sumber energi yang lebih bersih untuk mencapai target *Net Zero Emission* pada tahun 2060. Proses transisi ini tidak hanya mencakup perubahan teknologi, namun juga melibatkan beberapa upaya seperti transformasi kebijakan, struktur pasar, serta aspek sosial dan ekonomi yang menyertainya.

Indonesia sendiri merupakan sebuah negara yang mengalami urgensi transisi energi semakin mendesak. Hal ini tentunya dapat terjadi mengingat hadirnya permintaan energi final sebesar 70% dalam dekade mendatang, dengan listrik diperkirakan akan menyumbang 30% dari total permintaan tersebut. Pada tahun 2018, sekitar 86% listrik Indonesia masih dihasilkan dari bahan bakar fosil, yang berkontribusi terhadap 50% emisi CO₂ nasional. Melalui *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC), pemerintah Indonesia menargetkan pengurangan emisi secara mandiri sebesar 31,89% dan hingga 43,2% dengan dukungan internasional pada tahun 2030, serta mencapai Net Zero Emission pada tahun 2060 (Zahari & Mclellan, 2023).

Keberadaan transisi energi yang ada di Indonesia kerap mengalami sejumlah tantangan struktural, termasuk mengenai ketergantungan yang tinggi pada industri bahan bakar fosil, subsidi energi yang masih besar, serta kompleksitas regulasi yang menghambat percepatan adopsi energi terbarukan. Karena seringkali masalah seperti regulasi menghambat penerapan atau upaya transisi energi di Indonesia. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Zahari & Mclellan (2023), ditemukan bahwa anggaran fiskal menjadi hambatan utama bagi adopsi energi terbarukan di sektor ketenagalistrikan Indonesia. Studi tersebut juga mengusulkan kebijakan fossil fuel depletion premium sebagai instrumen potensial untuk mendukung penghentian bertahap penggunaan bahan bakar fosil secara lancar.

Dalam konteks penelitian ini, konsep transisi energi digunakan sebagai kerangka besar untuk memahami posisi *green hydrogen* sebagai salah satu solusi dekarbonisasi di Indonesia. Sebagaimana dijelaskan oleh Yudha et al. (2022), keberhasilan transisi energi bergantung pada interaksi antara faktor eksogen seperti regulasi energi, kesadaran lingkungan, dan terobosan potensi energi terbarukan, serta faktor endogen seperti struktur rantai pasok energi nasional. Dengan demikian, penerapan green hydrogen oleh PT Pertamina dapat dipahami sebagai salah satu bentuk inovasi yang mendorong destabilisasi rezim energi fosil dan membuka jalur bagi terbentuknya rezim energi baru yang lebih berkelanjutan.

1.5.3 Green Hydrogen

Dalam literatur akademik, *green hydrogen* didefinisikan sebagai hidrogen yang diproduksi melalui proses elektrolisis air dengan menggunakan listrik yang bersumber dari energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, panas bumi, atau hidro, sehingga proses produksinya tidak menghasilkan emisi karbon (Dewi et al., 2024). Berbeda dengan *grey hydrogen* yang dihasilkan dari gas alam melalui *steam methane reforming* (SMR) tanpa penyerapan karbon, serta *blue hydrogen* yang juga berasal dari gas alam tetapi dilengkapi dengan teknologi *carbon capture utilization and storage* (CCUS), *green hydrogen* merupakan satu-satunya jenis hidrogen yang sepenuhnya bersih dan ramah lingkungan karena seluruh rantai produksinya berbasis energi terbarukan (Aditya et al., 2025).

Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan *green hydrogen* karena ketersediaan energi baru terbarukan (EBT) yang melimpah. Berdasarkan data dari *National Energy Board* (2024), total potensi energi terbarukan Indonesia mencapai 3.687 GW, yang terdiri dari tenaga surya 3.294 GW, hidro 95 GW, angin 155 GW, bioenergi 57 GW, panas bumi 23 GW, dan tenaga laut 63 GW. Namun demikian, pemanfaatan energi terbarukan untuk produksi *green hydrogen* masih sangat rendah, baru mencapai sekitar 0,3% dari total potensi yang tersedia. Prasetyo et al. (2025) dalam studinya mengevaluasi potensi produksi *green hydrogen* skala besar di lima kota strategis Indonesia, yakni Banyuwangi, Kupang, Bau-Bau, Banjarmasin, dan Ambon dengan memanfaatkan panel surya 50 MW, turbin angin 35 MW, dan sistem hibrida 40 MW. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bau-Bau mencatat produksi hidrogen tertinggi, mencapai lebih dari 1,9 juta kilogram per tahun, dengan biaya produksi terendah (*levelized cost of hydrogen / LCOH*) sebesar 0,65 USD/kg pada skema turbin angin *on-grid*.

Meskipun potensinya besar, pengembangan *green hydrogen* di Indonesia masih menghadapi sejumlah hambatan struktural. Pangestu & Ayuningsasi (2024) mengidentifikasi bahwa biaya produksi yang masih tinggi menjadi tantangan utama, karena sekitar 70% harga *green hydrogen* ditentukan oleh harga listrik dari sumber terbarukan selain investasi awal teknologi elektroliser. Bonaraja Purba et al., (2025) menambahkan bahwa keterbatasan infrastruktur penyimpanan,

transportasi, dan distribusi hidrogen, serta belum adanya regulasi komprehensif yang mengatur sertifikasi dan standar keselamatan *green hydrogen*, menjadi kendala serius dalam proses komersialisasi. Selain itu, ketersediaan sumber daya manusia yang terampil dan rantai pasok domestik yang belum matang turut memperlambat laju implementasi (Budiono et al., 2025).

1.5.4 Peran *State-Owned Enterprises* (SOEs) dalam Transisi Energi

Dalam literatur akademik, *State-Owned Enterprises* atau Badan Usaha Milik Negara dipahami tidak hanya sebagai entitas bisnis komersial tetapi juga sebagai instrumen kebijakan negara dan entitas politik yang terintegrasi secara mendalam dalam lanskap sosial-politik domestik bahkan internasional (Zhu et al., 2023). SOEs dapat digunakan oleh pemerintah pemegang sahamnya untuk mencapai berbagai tujuan non-finansial sekaligus berpotensi menjaga jarak dari intervensi politik langsung. Di sektor energi, SOEs memegang peranan yang sangat signifikan. Berdasarkan data *International Energy Agency* (IEA, 2022), Badan Usaha Milik Negara (SOEs) menyumbang lebih dari 40 persen dari total investasi energi global. Porsi ini sangat tinggi dalam investasi energi fosil, mencapai 41 persen di sektor pasokan minyak dan gas serta 50 persen di pembangkit listrik fosil pada tahun 2022. Selain itu, IEA (2022) juga mencatat bahwa sebagian besar infrastruktur jaringan transmisi dan distribusi listrik global dimiliki dan dioperasikan oleh SOEs.

PT Pertamina merupakan contoh utama BUMN yang memegang peran sentral dalam tata kelola energi nasional. Subarkah (2024) menjelaskan bahwa Pertamina bertindak sebagai instrumen kebijakan *Public Service Obligation* yang dibebankan pemerintah untuk menjamin ketersediaan, aksesibilitas, keterjangkauan, dan keberterimaan energi bagi seluruh masyarakat Indonesia. Melalui program *Public Service Obligation*, Pertamina menyalurkan BBM subsidi, LPG tiga kilogram, dan mengoperasikan program "BBM Satu Harga" di wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar yang secara komersial tidak menguntungkan. Kebijakan ini mencerminkan peran ganda Pertamina sebagai entitas bisnis yang harus mencari laba sekaligus sebagai agen pembangunan yang menjalankan amanat konstitusional Pasal 33 UUD 1945 (Subarkah, 2024). Pada tahun 2024,

Pertamina menyalurkan 39,7 juta kiloliter BBM *Public Service Obligation* dari target 48,6 juta kiloliter, serta mengelola lebih dari 15.000 ritel BBM dan 260.000 titik LPG.

Namun, peran SOEs dalam transisi energi tidak terlepas dari perdebatan dan tantangan. Zhu et al. (2023) mengidentifikasi tiga isu utama yang sering dikritik. Pertama, inefisiensi ekonomi akibat *soft budget constraint*. Kedua, persaingan tidak adil karena SOEs mendapat perlakuan istimewa dari pemerintah seperti suku bunga pinjaman lebih rendah dan akses sumber daya yang lebih besar. Ketiga, kekhawatiran tentang *state capitalism* di mana SOEs digunakan sebagai alat politik negara di pasar global. Di Indonesia, reformasi struktural BUMN sedang berlangsung dengan dihapuskannya Kementerian BUMN dan dibentuknya badan *super holding* BPI Danantara berdasarkan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2025 (Islami, 2025). Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan profesionalisme BUMN, namun juga menimbulkan risiko tata kelola baru termasuk ambiguitas hukum terkait status aset dan akuntabilitas manajerial yang berpotensi melemahkan upaya antikorupsi.

Dalam konteks transisi energi, komitmen Pertamina terhadap energi bersih mulai terlihat. Subarkah (2024) mencatat bahwa Pertamina telah mengintegrasikan sumber energi terbarukan seperti panas bumi dengan potensi 1.877 MW dan produksi nasional mencapai 785 MW. Pertamina juga meluncurkan program *Green Refinery* di Kilang Cilacap dan Balongan untuk memproduksi biodiesel. Melalui anak perusahaan Pertamina *New & Renewable Energy*, Pertamina melakukan percepatan energi bersih seperti biofuel, tenaga surya, dan energi terbarukan lainnya. Selain itu, Pertamina melakukan uji coba *Carbon Capture, Utilization, and Storage* sebagai langkah nyata dekarbonasi nasional sejalan dengan target Net Zero Emission pemerintah pada 2060 (Subarkah, 2024). Dengan demikian, peran SOEs seperti Pertamina dalam transisi energi bersifat strategis dan multidimensi yaitu sebagai penjamin ketahanan energi berbasis fosil sekaligus sebagai pelopor inovasi energi hijau.

1.5.5 Emisi Karbon dan Penurunan Emisi di Indonesia

Emisi karbon dioksida merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global dan perubahan iklim. Evitasari dan Komarulzaman (2023) menjelaskan bahwa pemicu utama perubahan iklim adalah pemanasan global yang berasal dari aktivitas intensif energi fosil yang berpotensi meningkatkan emisi karbon dioksida. Indonesia sebagai negara berkembang yang rentan terhadap perubahan iklim memiliki posisi yang penting karena pada tahun 2020 Indonesia menempati posisi kesembilan sebagai negara penghasil emisi karbon terbanyak di dunia, yaitu sebesar 590 MtCO₂ eq. Sektor energi merupakan target utama penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Indonesia, dengan pendanaan mitigasi yang diproyeksikan mencapai 87,5 persen dari total kebutuhan pendanaan iklim, sebagian besar untuk pengembangan pembangkit listrik energi baru terbarukan yang diharapkan menghasilkan 48,9 GW dan mengurangi emisi hingga 314 persen (Evitasari et al., 2023).

Penelitian lebih lanjut oleh Pangestu & Ayuningsasi (2024) menganalisis pengaruh konsumsi energi di sektor industri, rumah tangga, dan transportasi terhadap emisi karbon Indonesia selama periode 1990 hingga 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara simultan konsumsi energi ketiga sektor tersebut berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon Indonesia. Secara parsial, konsumsi energi sektor industri dan transportasi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon, artinya peningkatan konsumsi energi di kedua sektor tersebut akan meningkatkan emisi karbon karena keduanya masih bergantung pada energi fosil atau sumber daya alam tak terbarukan (Pangestu & Ayuningsasi, 2024). Sementara itu, konsumsi energi sektor rumah tangga justru berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon, yang berarti peningkatan konsumsi energi rumah tangga diikuti oleh penurunan emisi karbon. Hal ini disebabkan oleh peralihan rumah tangga dari penggunaan biomassa (kayu bakar) ke energi LPG dan listrik yang lebih efisien serta penerapan teknologi hemat energi seperti panel surya dan lampu LED.

Dalam perkembangan terbaru, Indonesia berhasil mencatatkan penurunan emisi karbon yang melampaui target. Kementerian ESDM menyebutkan bahwa

penurunan emisi karbon pada tahun 2024 mencapai 16,94 juta ton CO₂, melampaui target yang ditetapkan (Pristiandaru, 2025). Capaian ini menunjukkan tren positif dalam upaya dekarbonasi nasional. Lebih lanjut, berdasarkan laporan Kementerian ESDM yang dikutip oleh CNBC Indonesia (2025), emisi karbon Indonesia terus mengalami penurunan dari tahun ke tahun dengan rincian emisi sebesar 17,64 juta ton pada tahun 2022, kemudian turun menjadi 15,32 juta ton pada tahun 2023, dan kembali turun menjadi 14,39 juta ton pada tahun 2024. Penurunan ini menunjukkan efektivitas kebijakan transisi energi dan program-program pengurangan emisi yang dijalankan oleh pemerintah serta BUMN seperti PT Pertamina, sejalan dengan target nasional untuk mencapai *Net Zero Emission* pada tahun 2060.

1.6 Asumsi Penelitian

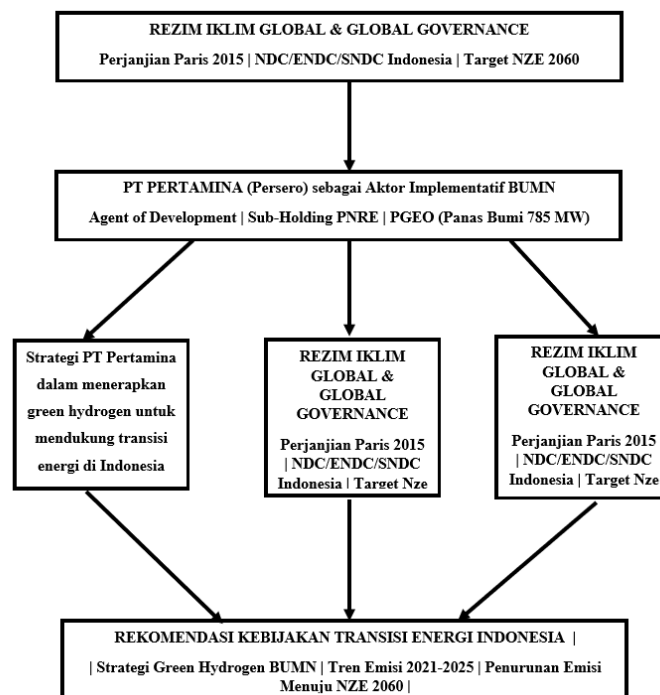
Penelitian ini didasarkan pada sejumlah asumsi dasar yang menjadi landasan berpikir dalam menganalisis penerapan *green hydrogen* oleh PT Pertamina dalam mendukung transisi energi di Indonesia. Pertama, penulis mengasumsikan bahwa komitmen internasional Indonesia dalam kerangka *Paris Agreement* yang diwujudkan melalui *Nationally Determined Contribution* (NDC) serta berbagai kebijakan nasional terkait transisi energi telah mendorong perubahan arah pembangunan energi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan dan rendah karbon. Dalam perspektif *Global Governance*, komitmen internasional tersebut tidak hanya memengaruhi kebijakan negara, tetapi juga mendorong keterlibatan berbagai aktor domestik dalam implementasinya, termasuk Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki peran strategis dalam sektor energi.

Kedua, penulis mengasumsikan bahwa perkembangan emisi karbon di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai kebijakan dan program transisi energi yang dilaksanakan pemerintah, seperti peningkatan pemanfaatan energi baru terbarukan, penguatan efisiensi energi, pengembangan teknologi rendah karbon, serta penerapan berbagai instrumen pengendalian emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, perubahan tren emisi karbon yang terjadi di Indonesia dapat digunakan untuk

menggambarkan sejauh mana upaya transisi energi nasional mulai memberikan dampak terhadap pengurangan emisi dan pencapaian target iklim nasional.

Ketiga, penulis mengasumsikan bahwa pengembangan *green hydrogen* oleh PT Pertamina memiliki potensi untuk mendukung upaya penurunan emisi karbon di Indonesia karena *green hydrogen* merupakan salah satu sumber energi rendah karbon yang dapat dimanfaatkan pada sektor-sektor yang sulit didekarbonisasi melalui elektrifikasi secara langsung. Dengan dukungan sumber energi terbarukan, pengembangan teknologi, serta kebijakan transisi energi yang semakin berkembang, *green hydrogen* dipandang sebagai salah satu alternatif energi yang berpotensi mendukung pencapaian target *Net Zero Emission* Indonesia pada tahun 2060 atau lebih cepat.

1.7 Kerangka Analisis



Gambar 1.1 Kerangka Analisis

Kerangka analisis penelitian ini berangkat dari perspektif *Global Governance* yang mencakup rezim iklim global, *Paris Agreement* 2015, dan komitmen NDC Indonesia sebagai bingkai utama. Tekanan normatif yang

ditimbulkan oleh rezim iklim global tersebut mendorong Indonesia untuk mendelegasikan amanat transisi energinya kepada aktor implementatif, dalam hal ini PT Pertamina selaku BUMN energi strategis nasional. Dari posisi Pertamina sebagai aktor sentral tersebut, analisis kemudian diarahkan pada tiga komponen yang menjawab ketiga pertanyaan penelitian secara sejajar: (1) strategi PT Pertamina dalam menerapkan *green hydrogen* untuk mendukung transisi energi di Indonesia; (2) perkembangan emisi karbon Indonesia dalam periode 2021–2025 di tengah upaya transisi energi nasional; dan (3) potensi kontribusi pengembangan *green hydrogen* oleh PT Pertamina terhadap upaya penurunan emisi karbon Indonesia. Ketiga komponen ini dianalisis menggunakan pendekatan studi kasus kualitatif dengan model analisis interaktif Miles, Huberman, dan Saldana (2014), kemudian disintesis untuk menghasilkan peta kontribusi penelitian yang mencakup strategi *green hydrogen* Pertamina, tren emisi karbon 2021–2025, dan relevansinya terhadap target NZE 2060.