

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis & Tahun	Judul Penelitian	Fokus dan Ruang Lingkup Penelitian	Temuan Utama	Persamaan dengan Penelitian Ini	Perbedaan dengan Penelitian Ini
1	Staffell et al. (2019)	<i>The Role of Hydrogen and Fuel cells in the Global Energy System</i>	Menganalisis peran hydrogen dalam sistem energi global.	<i>Hydrogen</i> penting untuk dekarbonisasi sektor industri dan transportasi.	Membahas hydrogen sebagai solusi transisi energi.	Penelitian ini tidak membahas konteks Indonesia dan tidak fokus pada aktor seperti PT Pertamina.
2	Algburi et al. (2025)	<i>The Green Hydrogen Role in the Global Energy Transformations</i>	Mengkaji peran green hydrogen dalam transisi energi global serta perkembangan teknologi produksi	Potensi besar green hydrogen dalam menurunkan emisi karbon, terutama di sektor industri dan	Menempatkan green hydrogen sebagai instrument strategis dalam transisi energi dan penurunan	Penelitian ini tidak membahas konteks Indonesia secara spesifik serta tidak mengkaji peran aktor

			hydrogen berbasis energi terbarukan.	energi namun terdapat tantangan biaya tinggi, infrastruktur, dan ketergantungan pada energi terbarukan.	emisi karbon.	seperti PT Pertamina maupun hubungan dengan dinamika emisi karbon nasional.
3	Jayachandran et al. (2024)	<i>Challenges and Opportunities Green Hydrogen Adoption for Decarbonizing Hard-to-Abate Industries: A Comprehensive Review</i>	Menganalisis tantangan dan peluang adopsi green hydrogen dalam sektor industri berat serta aspek-aspek seperti teknis, ekonomi, dan infrastruktur.	Green hydrogen berpotensi besar menurunkan emisi karbon, namun terkendala biaya tinggi, keterbatasan infrastruktur, standar teknis, dan kebutuhan investasi besar.	Menetapkan green hydrogen sebagai solusi dekarbonisasi dan bagian dari transisi energi.	Penelitian ini tidak fokus pada aktor seperti PT Pertamina.
4	Ampah et al. (2024)	<i>Race Towards Net Zero Emissions (NZE) by 2050: Reviewing a Decade of</i>	Mengkaji perkembangan penggunaan hydrogen sebagai bahan bakar dalam mesin	Menunjukkan bahwa Hydrogen-fuelled ICE berpotensi mengurangi emisi karbon namun masih	Membahas hydrogen sebagai solusi dalam mendukung net zero emission dan transisi energi	Penelitian ini tidak membahas green hydrogen secara spesifik dan tidak mengkaji peran aktor

		<i>Research on Hydrogen-Fuelled ICE</i>	pembakaran internal untuk mendukung dekarbonisasi	menghadapi tantangan efisiensi.		seperti PT Pertamina maupun hubungan dengan data emisi karbon.
5	Nayebossadri et al. (2025)	<i>An Overview of the Green Hydrogen Value Chain Technologies and Their Challenges for a Net Zero Future</i>	Mengkaji rantai nilai green hydrogen yaitu, produksi, penyimpanan, distribusi, dan penggunaan serta tantangan teknologi dan infrastruktur.	Menunjukkan green hydrogen berpotensi besar dalam dekarbonisasi, namun menghadapi tantangan pada setiap tahapan valuechain seperti biaya produksi, infrastruktur, dan distribusi.	Membahas green hydrogen sebagai isolusi transisi energi dan penurunan emisi karbon.	Penelitian ini tidak membahas konteks Indonesia, tidak fokus pada aktor.
6	Elegbeleye et al. (2025)	<i>Green Hydrogen: Pathway to Net Zero Greenhouse gas emission and Global Climate</i>	Menganalisis peran green hydrogen dalam mitigasi perubahan iklim dan pencapaian net zero emission	Menunjukkan bahwa green hydrogen mampu menurunkan emisi karbon secara	Membahas green hydrogen sebagai solusi transisi energi dan penurunan emisi karbon.	Penelitian ini tidak mengkajisecaraspesi fikaspek implementasi di tingkat Perusahaan

		<i>Change Mitigation</i>	secara global.	signifikan dan dapat digunakan di berbagai sektor, namun menghadapi tantangan biaya, teknologi, dan infrastruktur,		maupun strategi operasional aktor tertentu dalam pengembangan green hydrogen.
7	Qin et al. (2020)	<i>Process Design and Analysis of a Net-Zero Carbon Emissions Hydrocracking Unit Integrating Co-Processing Technique with Green Hydrogen and Electricity</i>	Mengkaji desain proses hydrocracking berbasis green hydrogen dan co-processing untuk mencapai net zero emission di sektor kilang minyak.	Green hydrogen mampu menghilangkan emisi dari konsumsi hidrogen, dan co-processing menurunkan emisi hingga 23,9% serta penggunaan bioamassa mengurangi emisi secara signifikan.	Menempatkan green hydrogen sebagai solusi nyata dalam menurunkan emisi karbon pada sektor energi.	Penelitian ini mengfokuskan analisis teknis dan simulasi industri kilang, tidak membahas strategi perusahaan, kebijakan, dan hubungan tren emisi karbon nasional.

8	Permana et al. (2025)	<i>Hydrogen's Potential and Policy Pathways for Indonesia's Energy Transition: The Actor-Network Analysis</i>	Menganalisis peran dan interaksi antar aktor dalam pengembangan hydrogen di Indonesia menggunakan actor-network analysis.	Menunjukkan pengemabangan hydrogen didominasi oleh pemerintah dan industri, terdapat tantangan utama meliputi infrastruktur, dan rendah nya pemahaman publik.	Membahas peran hydrogen dalam transisi energi Indonesia.	Penelitian ini tidak mengkaji peran spesifik Perusahaan seperti PT Pertamina.
---	-----------------------	---	---	---	--	---

Penelitian yang dilakukan tak luput dari beberapa sumber yang didapat oleh penulis. Penulis memanfaatkan delapan jurnal sebagai pembandingan pada studinya. Setiap jurnal itu dipelajari untuk menemukan kesamaan serta perbedaan dengan studi yang sedang dijalankan. Berikut ialah daftar jurnal yang dipergunakan oleh penulis pada studi ini.

Literatur pertama berjudul “*The Role of Hydrogen And Fuel Cells in the Global Energy System*” oleh Staffell et al pada tahun 2019 menganalisis kontribusi *hydrogen* dalam peta energi global dengan sudut pandang transisi struktural menuju sistem energi yang rendah karbon. Keunikan penelitian tersebut terletak pada pendekatannya yang tidak sekedar melihat dari kacamata sektoral atau peran aktor, melainkan menyoroti *hydrogen* dari perspektif sistem energi yang menyeluruh (*whole energy system perspective*). Hasil temuan penelitian tersebut memaparkan bahwa *hydrogen* memiliki posisi vital sebagai *energy carrier* yang mampu mempertemukan sektor-sektor energi yang selama ini berjalan sendiri-sendiri, seperti transportasi, industri berat, dan kelistrikan. *Hydrogen* bukan lagi dipandang sebagai opsi energi alternatif biasa, melainkan sebagai perekat yang mendorong terjadinya *sector coupling*, sebuah proses integrasi yang menghubungkan produksi energi bersih dengan kebutuhan konsumsi di sektor-sektor lain. Penelitian Staffell et al. menjelaskan bahwa *hydrogen* dapat menjadi jawaban atas kelemahan structural pasokan energi terbarukan, terutama dalam menyeimbangkan fluktuasi produksi dan konsumsi. Kemampuan *hydrogen* sebagai wadah penyimpanan energi jangka panjang membuat surplus daya dari pembangkit Listrik angin dan surya bisa disimpan, lalu dialirkan kembali ketika dibutuhkan. Karakteristik ini sangat membantu dalam meningkatkan stabilitas serta fleksibilitas sistem energi makro secara keseluruhan. Penelitian tersebut menggarisbawahi tantangan efisiensi yang membayangi adopsi *hydrogen*. Proses pengubahan energi dari listrik menjadi *hydrogen* hingga kemudian diubah kembali menjadi daya (*power-to-gas-to-power*) menyisakan susut energi yang lumayan tinggi. Hal ini menciptakan *trade-off* yang rumit antara fleksibilitas sistem dan efisiensi energi bersih itu sendiri. Maka dari itu, penempatan *hydrogen* harus dikelola dengan sangat strategis, terutama diarahkan pada sektor-sektor yang mustahil dialiri Listrik secara langsung (*hard-to-*

electrify). Pada akhirnya, keberhasilan *hydrogen* dalam mempercepat transisi energi tidak hanya digerakkan oleh faktor kesiapan alat, melainkan oleh rekonstruksi total ekosistem energi global demi menampung integrasi tersebut. Dalam konteks penelitian ini, temuan Staffell et al. menggeser cara pandang terhadap *green hydrogen* dari sekedar teknologi menjadi komponen sistematis dalam transisi energi. Artinya, mengukur keberhasilan *green hydrogen* di Indonesia tidak cukup hanya dari seberapa canggih teknologi yang diadopsi, tetapi harus dilihat dari seberapa kuat penerapannya menyatu dengan sistem energi nasional. Dengan demikian, penting untuk melihat bagaimana strategi yang dilakukan oleh PT Pertamina tidak hanya berfokus pada produksi atau penggunaan *hydrogen*, tetapi menguji bagaimana peran Badan Usaha Milik Negara (BUMN) energi tersebut dalam mendukung keterpaduan ekosistem energi di Indonesia, serta dampaknya terhadap tren penurunan emisi karbon secara nyata di lapangan.

Literatur kedua berjudul ***“Transitioning to sustainable Economic Resilience through Renewable Energy and Green Hydrogen”*** yang ditulis oleh Algburi et al. pada tahun 2025 membahas bagaimana energi terbarukan dan *green hydrogen* dapat memperkuat ketahanan ekonomi yang berkelanjutan. Penelitian tersebut menyoroti pemanfaatan energi bersih berskala global dalam menekan laju emisi karbon guna mewujudkan sistem energi masa depan yang lebih ramah lingkungan. Temuan dari penelitian ini menegaskan kemampuan *green hydrogen* sebagai Solusi dekarbonisasi pada sektor-sektor industri berat yang sulit beralih ke energi bersih. Selain meminimalkan ketergantungan pada energi fosil untuk mempercepat pemenuhan target *net zero emission*, studi ini juga menggarisbawahi tantangan struktural yang nyata. Beberapa diantaranya adalah tingginya biaya produksi, keterbatasan fasilitas pendukung, serta besarnya modal yang dibutuhkan guna mengembangkan ekosistem *hydrogen* tersebut. Peneliti juga menekankan bahwa integrasi *green hydrogen* memerlukan lebih dari sekedar kesiapan teknis, melainkan keterlibatan pemerintah dan kolaborasi multi-aktor. Keberhasilan solusi ini pada akhirnya ditentukan oleh hubungan timbal balik antara regulasi energi, pembaruan teknologi, dan dinamika transisi energi. Penelitian Algburi et al. relevan bagi penelitian ini dalam mengukuhkan peran strategis *green hydrogen*

untuk menekan emisi. Namun, studi terdahulu berfokus pada level global, terdapat kekosongan analisis mengenai praktik nyatanya di tingkat aktor domestik seperti PT Pertamina. Hubungan spesifik antara penerapan *green hydrogen* dan dinamika emisi karbon nasional dalam kurun waktu tertentu pun belum tersentuh. Penelitian ini hadir untuk menutup celah tersebut dengan meyoroti langkah strategis PT Pertamina dalam mengadopsi teknologi *green hydrogen*, sekaligus menguji pengaruhnya terhadap emisi karbon di Indonesia dari tahun 2021 hingga 2025. Dengan begitu, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan membawa perspektif berbasis aktor ke dalam lanskap transisi energi nasional.

Literatur ketiga berjudul ***“Challenges and opportunities in Green Hydrogen Adoption for Decarbonizing Hard-to-abate Industries : A Comprehensive Review”*** yang ditulis oleh Jayachandran et al. pada tahun 2024 yang menggunakan metode tinjauan menyeluruh terhadap data empiris dan inovasi teknologi, studi ini membedah potensi serta hambatan nyata dalam mengadopsi *green hydrogen* pada industri-industri yang sulit beralih dari energi fosil. Temuan dari penelitian ini menegaskan bahwa *green hydrogen* memegang peran penting dalam menekan emisi pada sektor dengan intensitas karbon tinggi, seperti transportasi berat. Mengganti bahan bakar konvensional dengan *green hydrogen* dalam proses produksi terbukti dapat memangkas jejak karbon secara langsung demi mendukung agenda dekarbonisasi jangka panjang. Namun, terdapat tantangan biaya produksi *green hydrogen* yang tergolong mahal membuatnya kurang kompetitif di pasar. Masalah ini diperparah oleh minimnya infrastruktur pasokan, seperti tanki penyimpanan dan jalur distribusi, serta isu teknis terkait efisiensi konversi dan aspek keamanan yang belum matang. Penelitian ini menggarisbawahi bahwa kunci sukses pemanfaatan *green hydrogen* berada pada kombinasi antara kebijakan yang suportif, insentif finansial, dan kolaborasi erat antara sektor privat dan pemerintah. Literatur dari Jayachandran et al. bertindak sebagai pijakan teoretis yang kuat mengenai efisiensi *green hydrogen* di sektor industri. Letak perbedaan atau *gap* penelitian ini adalah bahwa Jayachandran et al. menyajikan analisis makro di tingkat global dan sektoral, tanpa menguji peran aktor korporasi tertentu. Penelitian ini hadir untuk

menjembatani ruang kosong dengan memperluas Khazanah penelitian terdahulu melalui sudut pandang berbasis aktor dalam kerangka transisi energi nasional.

Literatur keempat berjudul ***“Race towards Net Zero Emissions (NZE) by 2050 : Reviewing a Decade of Research on Hydrogen-Fuelled Internal Combustion Engines (ICE)”*** yang ditulis oleh Ampah et al. pada tahun 2024 menyajikan evaluasi komprehensif mengenai pemanfaatan *hydrogen* pada mesin pembakaran internal selama dekade terakhir. Fokus utama penelitian tersebut adalah menilai sejauh mana teknologi mesin konvensional bertenaga *hydrogen* dapat berkontribusi dalam percepatan target *net zero emission*. Temuan penelitian tersebut membuktikan bahwa *hydrogen* berpotensi besar memotong emisi karbon secara signifikan karena sifat pembakarannya yang bebas dari gas CO₂. Menariknya, peralihan ke *hydrogen* pada sektor transportasi dipandang sebagai solusi transisi jangka pendek yang sangat praktis, namun Ampah et al. juga menyoroti sisi kelemahan teknisnya. Pembakaran *hydrogen* pada suhu tinggi justru memicu timbulnya emisi nitrogen oksida (NO_x), yang berarti masih ada dampak lingkungan lain yang tertinggal. Di samping itu, tingkat efisiensi energinya pun masih berada di bawah teknologi *fuel cells*, sehingga memerlukan riset lebih lanjut agar kinerjanya bisa optimal. Keberhasilan pemanfaatan *hydrogen* harus dikombinasikan dengan ekosistem teknologi bersih lainnya yang lebih terintegrasi. Bagi penelitian ini, penelitian Ampah et al. sangat penting dalam memperkuat argumen teoretis bahwa *hydrogen* efektif mengurangi emisi. Namun fokus yang sangat teknis di bidang mesin menyisakan celah yang belum dibahas, yaitu bagaimana aspek kebijakan dan strategi dari aktor yang menjalankan transisi tersebut di tingkat negara. Celah inilah yang diisi oleh penelitian ini, dengan pendekatan kontekstual dan berbasis aktor ini, penelitian ini berhasil memperluas cakupan kajian teknologi *hydrogen* ke ranah implementasi kebijakan berskala nasional.

Literatur kelima berjudul ***“An Overview of the Green Hydrogen Value Chain Technologies and Their Challenges for a Net-Zero Future”*** oleh Nayebossadri et al. pada tahun 2025 menganalisis secara menyeluruh rantai nilai *gren hydrogen* dengan menekankan bahwa tantangan utama pengembangannya tidak hanya terletak pada teknologi produksi namun, juga pada kompleksitas

sistem distribusi dan pemanfaatannya dalam skala besar. Dalam konteks penelitian tersebut, temuan Nayeboossadri et al. menunjukkan bahwa pengembangan *green hydrogen* bukan hanya persoalan adopsi teknologi, melainkan berkaitan dengan efisiensi sistem energi secara menyeluruh memegang peranan yang sangat penting. Hambatan yang sering muncul di setiap lini rantai nilai, khususnya pada tahap konversi dan distribusi menunjukkan bahwa teknologi *hydrogen* bukanlah jawaban mutlak bagi seluruh sektor, melainkan solusi alternatif yang lebih tepat guna bagi sektor-sektor yang sulit dialiri listrik secara langsung. Oleh karena itu berhasil atau tidaknya *green hydrogen* sangat dipengaruhi oleh bagaimana dan di mana teknologi ini ditempatkan di lapangan. Namun, penelitian tersebut menyisakan ruang kosong karena belum menjabarkan cara kerumitan tersebut diterjemahkan ke dalam kebijakan konkret oleh pelaku industri energi nasional saat menghadapi keterbatasan sarana penunjang. Penelitian tersebut tidak berasumsi secara pasif bahwa *green hydrogen* otomatis mempercepat transisi energi. Sebaliknya, fokus penelitian ini adalah manuver strategis PT Pertamina dalam merespons tantangan rantai nilai tersebut, serta mengukur seberapa besar dampak nyata dari implementasi tersebut terhadap dinamika emisi karbon di Indonesia.

Literatur keenam berjudul ***“Green Hydrogen : Pathway to Net Zero Emission and Global Climate Change Mitigation”*** yang ditulis oleh Elegbeleye et al. pada tahun 2025 menganalisis bagaimana *green hydrogen* dapat digunakan untuk memitigasi perubahan iklim global melalui pengurangan emisi gas rumah kaca. Riset tersebut didorong oleh tuntutan global untuk memangkas jejak karbon demi mempercepat pencapaian *net zero emission*. Temuan penelitian tersebut membuktikan bahwa *green hydrogen* jauh lebih unggul daripada energi konvensional karena proses produksinya bebas emisi karbon jika memanfaatkan sumber energi terbarukan. Kemampuan *green hydrogen* menggantikan posisi bahan bakar fosil di sektor-sektor kritis yang menyumbang emisi tinggi, seperti transportasi dan industri berat. Emisi dapat ditekan langsung secara masif, menjadikan *hydrogen* sebagai solusi mitigasi iklim yang berdampak luas di berbagai sektor. Elegbeleye et al. mengingatkan bahwa dampak positif *green hydrogen* ini tidak berjalan dengan sendirinya. Kuncinya ada pada sumber energi

pembuatnya, apabila proses produksinya masih menggunakan bahan bakar fosil, maka kontribusinya dalam menurunkan emisi akan sangat terbatas. Terdapat tantangan biaya produksi yang masih mahal dan minimnya infrastruktur pendukung. Oleh sebab itu, keberhasilan transisi ini pada akhirnya ditentukan oleh komitmen dan arah kebijakan energi yang menyinergikan aspek teknologi, modal investasi, dan regulasi pemerintah di tiap-tiap negara. Bagi penelitian ini, temuan dari Elegbeleye et al. menjadi penegas penting bahwa *green hydrogen* efektif sebagai alat mitigasi karbon, meskipun realisasinya sangat tergantung pada ekosistem energi spesifik tempat teknologi itu diterapkan. Ruang kosong dari studi tersebut adalah belum adanya analisis mengenai bagaimana manuver dari aktor tertentu memengaruhi dinamika perubahan emisi dalam konteks satu negara secara spesifik. Di sinilah penelitian ini mengambil peran untuk membuktikan apakah potensi mitigasi iklim yang berskala global tersebut benar-benar mewujudkan secara nyata dalam kondisi empiris di Indonesia.

Literatur ketujuh berjudul ***“Process Design and Analysis of a Net-Zero Carbon Emission Hydrocracking Unit Integrating Co-Processing Technique with Green Hydrogen and Electricity”*** yang ditulis oleh Qin, Ye, dan Wu melalui pendekatan kuantitatif, peneliti mengevaluasi bagaimana pemanfaatan green hydrogen dapat memangkas emisi karbon di sektor pengolahan minyak (*refinery*), khususnya lewat pemodelan sistem *hydrocracking* rendah karbon. Penelitian tersebut menegaskan bahwa penggunaan *green hydrogen* mampu menghapus jejak karbon yang biasanya timbul dari konsumsi berbasis fosil dalam proses *hydrocracking*. Mengingat industri kilang konvensional sangat bertumpu pada hydrogen fosil, beralih ke varian hijau berhasil menekan emisi hingga mendekati nol pada fase operasional tersebut. Keunggulan dari penelitian tersebut adalah penerapan teknik *co-processing* yang sukses menurunkan emisi karbon sebesar 209.44 ton per jam (turun sekitar 23.9%). Angka penurunan ini makin besar berkat pemanfaatan bahan baku biomassa yang mampu memotong emisi tambahan hingga 140 ton per jam, sekaligus mengurangi bahwa perpaduan *green hydrogen* dan pembaruan proses industri memicu efek dekarbonisasi yang substansial. Di sisi lain Qin et al. secara tersirat mengingatkan bahwa agenda *net zero emission* di sektor industri tidak bisa diselesaikan oleh satu teknologi saja.

Green hydrogen harus diletakkan dalam ekosistem dekarbonisasi yang lebih luas, yang terintegrasi dengan jaringan Listrik bersih, manajemen bahan baku, serta optimalisasi sistem proses secara keseluruhan. Bagi penelitian ini, penelitian Qin et al. memberikan informasi bahwa *green hydrogen* bekerja efektif pada industri energi makro. Namun, karena keterbatasan studi terdahulu yang baru sebatas simulasi teknis skala kilang, aspek kebijakan nyata dan arah strategis Perusahaan di Tingkat nasional belum terpotret. Di sinilah letak kontribusi penelitian ini, yaitu menguji apakah efisiensi teknis tersebut benar-benar diimplementasikan dalam manuver nyata PT Pertamina sebagai aktor energi nasional, sekaligus melihat dampaknya terhadap fluktuasi emisi karbon di Indonesia.

Literatur kedelapan berjudul ***“Hydrogen’s Potential and Policy Pathways for Indonesia’s Energy Transition : The Actor-Network Analysis”*** yang ditulis oleh Permana et al. menganalisis *actor-network analysis*, penelitian ini menyoroti bahwa laju transisi energi di Indonesia tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, melainkan oleh dinamika hubungan dan pembagian peran di antara para aktor yang terlibat di dalamnya. Penelitian tersebut membongkar fakta bahwa struktur kekuasaan dalam pengembangan *hydrogen* di dalam negeri masih jauh dari kata merata. Pemerintah dan sektor industri sangat mendominasi proses pengambilan keputusan berkat kepemilikan modal, akses teknologi, dan kewenangan regulasi. Di sisi lain, masyarakat umum dan NGO justru terpinggirkan ke posisi yang pasif akibat minimnya informasi dan jaranganya mereka dilibatkan dalam perumusan kebijakan. Ketimpangan ini memunculkan pola pendekatan yang bersifat *top-down*, di mana arah kebijakan strategis didominasi oleh negara dan korporasi besar. Konsekuensinya, partisipasi public menjadi sangat terbatas, yang pada gilirannya bisa mengurangi dukungan atau legitimasi sosial terhadap proyek energi bersih ini. Kendala lain yang muncul adalah rendahnya pemahaman masyarakat mengenai manfaat dan keamanan hydrogen, yang berisiko memperlambat penerimaan teknologi ini di masa depan. Meskipun NGO berpotensi menjadi aktor perantara (*intermediary actor*) yang menjembatani pemerintah dengan warga, peran tersebut belum berjalan optimal karena keterbatasan kapasitas dan akses ke meja kebijakan. Keberhasilan transisi energi nasional pada dasarnya ditentukan oleh bagaimana tata kelola kekuasaan

dan relasi antar-aktor ini dikelola. Relevansi temuan penelitian Permana et al. dengan penelitian ini terletak pada pentingnya melihat lebih dekat bagaimana PT Pertamina, sebagai salah satu aktor dominan, menempatkannya dirinya dalam jaringan tersebut. PT Pertamina bukan lagi sekedar pelaksana tugas dari pemerintah, melainkan pemain kunci yang ikut membentuk masa depan *green hydrogen* di tanah air. Penelitian ini melangkah lebih jauh untuk menguji apakah dominasi aktor besar seperti ini benar-benar menjamin efektivitas implementasi *green hydrogen* dalam menurunkan emisi karbon secara nyata di lapangan. Lewat sudut pandang ini, *green hydrogen* tidak lagi dipandang sebagai entitas teknis semata, melainkan produk dari interaksi sosial-politik antar aktor yang mengarahkan jalannya transisi energi di Indonesia.