

IMPLEMENTASI CARBON CAPTURE AND STORAGE UNTUK MENGURANGI EMISI GAS RUMAH KACA DI INDONESIA TAHUN 2021-2023

Thadeus Cengkar¹

Program Studi Ilmu Hubungan Internasional, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik,
Universitas Mulawarman

Abstrak

Penelitian ini menganalisis implementasi Carbon Capture and Storage (CCS) di Indonesia selama periode 2021–2023 serta kontribusinya terhadap pencapaian target Net Zero Emission (NZE) 2060. Penelitian berangkat dari persoalan bahwa Indonesia menghadapi kebutuhan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sekaligus mempertahankan ketahanan energi dan aktivitas ekonomi yang masih bergantung pada bahan bakar fosil. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif-analitik dengan data sekunder berupa regulasi, dokumen pemerintah, literatur akademik, laporan lembaga internasional, dan informasi mengenai perkembangan proyek CCS. Analisis menggunakan perspektif environmentalisme, teori rezim internasional Stephen D. Krasner, dan model implementasi kebijakan George C. Edwards III. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 2021–2023 merupakan fase institusionalisasi dan persiapan implementasi CCS, bukan fase komersialisasi penuh. Perkembangan ditandai oleh penguatan kerangka regulasi melalui Perpres Nomor 98 Tahun 2021 dan Permen ESDM Nomor 2 Tahun 2023, perkembangan studi dan proyek percontohan Pertamina, pengembangan Tangguh CCUS, serta peningkatan kerja sama dengan aktor internasional seperti ExxonMobil dan mitra dalam JETP. Meskipun Indonesia memiliki potensi penyimpanan karbon yang besar, kontribusi aktual CCS terhadap penurunan emisi nasional pada periode penelitian masih terbatas karena sebagian besar proyek berada pada tahap studi, pilot, dan persiapan. Dari perspektif rezim internasional, Paris Agreement berperan membentuk norma dan ekspektasi pengurangan emisi sekaligus membuka akses terhadap pengetahuan, teknologi, pembiayaan, dan standar tata kelola.

Kata Kunci: Carbon Capture and Storage; Indonesia; perubahan iklim; rezim internasional; implementasi kebijakan; Net Zero Emission.

Abstract

This study examines the implementation of Carbon Capture and Storage (CCS) in Indonesia during 2021–2023 and its contribution to the country's Net Zero Emission (NZE) 2060 target. The study addresses the tension between greenhouse gas mitigation and Indonesia's continued reliance on fossil-based energy for economic development and energy security. A qualitative descriptive-analytical approach is employed using secondary data from regulations, government documents, academic literature, international reports, and project information. The analysis combines environmentalism, Stephen D. Krasner's international regime theory, and George C. Edwards III's policy implementation model. The findings indicate that 2021–2023 represented a phase of institutionalization and project preparation rather than full-scale commercial CCS deployment. Key developments included the strengthening of the regulatory framework through Presidential Regulation No. 98/2021 and Ministerial Regulation of Energy and Mineral Resources No. 2/2023, Pertamina's pilot and feasibility initiatives, the development of Tangguh CCUS, and increasing cooperation with international actors such as ExxonMobil and partners in the Just Energy Transition Partnership. Although Indonesia has substantial geological storage potential, the direct contribution of CCS to national emission reductions during the study period remained limited because most initiatives were still at the study, pilot, or preparation stage. From an international regime perspective, the Paris Agreement shaped norms and expectations while facilitating access to knowledge, technology, finance, and governance standards.

Keywords: Carbon Capture and Storage; Indonesia; climate change; international regime; policy implementation; Net Zero Emission.

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan persoalan global yang mempertemukan kepentingan lingkungan, pembangunan ekonomi, keamanan energi, dan hubungan antarnegara. Peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK), terutama karbon dioksida (CO₂), berkaitan erat dengan pembakaran bahan bakar fosil, industrialisasi, transportasi, serta perubahan penggunaan lahan. Dalam dokumen penelitian, kondisi Indonesia menunjukkan bahwa tekanan emisi tidak hanya berasal dari kehutanan dan penggunaan lahan, tetapi juga dari sektor energi dan industri. Emisi sektor industri pada 2022, misalnya, dicatat mencapai 238,1 juta ton CO₂ dan sebagian besar dikaitkan dengan konsumsi energi industri.

Persoalan tersebut menempatkan Indonesia pada posisi yang kompleks. Di satu sisi, Indonesia terikat pada norma dan komitmen perubahan iklim global melalui ratifikasi Paris Agreement dalam Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016. Di sisi lain, pembangunan nasional masih membutuhkan energi yang relatif murah dan stabil, sementara struktur energi masih memperlihatkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Paris Agreement mengarahkan negara-negara untuk menjaga peningkatan temperatur global jauh di bawah 2°C dan melanjutkan upaya membatasi kenaikan temperatur hingga 1,5°C, dengan kontribusi masing-masing negara melalui NDC. Indonesia kemudian mengembangkan kebijakan penurunan emisi dan menetapkan target NZE 2060.

Tekanan untuk mengurangi emisi mendorong pencarian teknologi yang dapat diterapkan pada sektor yang tidak mudah didekarbonisasi melalui elektrifikasi atau energi terbarukan. Carbon Capture and Storage (CCS) menjadi salah satu pilihan karena memungkinkan CO₂ ditangkap dari sumber emisi, dipisahkan, diangkut, dan disimpan pada formasi geologi. Dengan karakter tersebut, CCS sering ditempatkan sebagai salah satu instrumen mitigasi bagi sektor energi dan industri yang emisinya sulit dihilangkan secara langsung.

Perkembangan CCS Indonesia tidak dapat dilepaskan dari aktor internasional. Global CCS Institute dan IEA mencatat peningkatan perhatian global terhadap CCS dan pentingnya kebijakan, pembiayaan, infrastruktur, serta kolaborasi lintas negara. Dalam konteks Indonesia, keterlibatan perusahaan multinasional dan lembaga internasional berhubungan dengan transfer teknologi, studi geologi, pembiayaan, pengembangan standar MRV, dan pembentukan model bisnis. Dengan demikian, CCS merupakan isu yang sesuai dikaji dalam perspektif Hubungan Internasional karena

implementasinya berada pada persimpangan antara kebijakan domestik dan tata kelola iklim global.

Periode 2021–2023 dipilih karena menjadi fase penting dalam pembentukan fondasi kebijakan CCS. Perpres Nomor 98 Tahun 2021 memberikan kerangka Nilai Ekonomi Karbon, sementara Permen ESDM Nomor 2 Tahun 2023 menjadi regulasi khusus mengenai penyelenggaraan CCS/CCUS pada kegiatan usaha hulu minyak dan gas bumi. Regulasi tersebut mengatur aspek teknis, bisnis, legal, ekonomi, serta monitoring, measurement, reporting and verification. Pemerintah juga mengembangkan kerja sama dengan aktor internasional dan mendorong sejumlah proyek yang pada saat itu masih berada pada tahap studi, pilot, dan persiapan.

Penelitian terdahulu telah membahas CCS Indonesia dari berbagai sisi. Ramadhan et al. membahas kapasitas penyimpanan, status, keekonomian, dan kebijakan CCS; Pratama dan Mac Dowell menekankan persoalan investasi dan daya tarik ekonomi; sedangkan Cherdasa et al. meneliti karakterisasi reservoir dan kapasitas penyimpanan East Natuna. Ketiga kelompok studi tersebut memberikan dasar penting, tetapi penelitian ini memusatkan perhatian pada hubungan antara implementasi kebijakan, kerja sama internasional, dan posisi CCS sebagai instrumen mitigasi Indonesia pada 2021–2023. Dengan demikian, kebaruan artikel terletak pada penggabungan dimensi kebijakan domestik, rezim internasional, dan evaluasi implementasi CCS pada fase institusionalisasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pertanyaan penelitian artikel ini adalah: bagaimana implementasi CCS di Indonesia pada 2021–2023 dan sejauh mana perkembangannya mendukung target NZE 2060? Artikel berargumen bahwa CCS pada periode tersebut telah menjadi bagian dari institusionalisasi kebijakan dekarbonisasi dan integrasi Indonesia ke dalam tata kelola iklim global, tetapi kontribusi langsungnya terhadap pengurangan emisi masih terbatas karena proyek-proyek utama belum mencapai operasi komersial berskala luas.

2. METODE

Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain deskriptif-analitik. Fokus temporal dibatasi pada 2021–2023, sedangkan beberapa perkembangan setelah 2023 hanya digunakan sebagai konteks untuk menunjukkan arah kelanjutan institusionalisasi kebijakan. Data yang dianalisis merupakan data sekunder yang terdiri atas peraturan pemerintah, dokumen kebijakan, jurnal ilmiah, buku, laporan lembaga

internasional, informasi perusahaan, dan publikasi yang relevan.

KERANGKA TEORI

Teori Environmentalisme

Penelitian ini menggunakan teori Environmentalisme untuk memahami bahwa persoalan lingkungan merupakan konsekuensi dari hubungan antara aktivitas manusia, struktur ekonomi, dan sistem politik. Dalam kajian Hubungan Internasional, masalah lingkungan bersifat lintas batas dan mendorong negara serta aktor non-negara membangun mekanisme kerja sama. Kerangka ini relevan bagi CCS karena teknologi tersebut berusaha mempertemukan perlindungan lingkungan dengan keberlanjutan kegiatan ekonomi.

Dalam penelitian ini, environmentalisme tidak digunakan untuk menganggap CCS otomatis sebagai teknologi yang ramah lingkungan. Sebaliknya, perspektif ini digunakan secara kritis untuk menguji apakah CCS benar-benar menjadi instrumen pengurangan tekanan ekologis atau justru berfungsi mempertahankan struktur energi fosil. Dengan demikian, penggunaan CCS melalui EOR/EGR menimbulkan pertanyaan mengenai carbon lock-in dan potensi keterlambatan transformasi energi.

Teori Rezim Internasional

Krasner (1982) mendefinisikan rezim internasional sebagai seperangkat prinsip, norma, aturan, dan prosedur pengambilan keputusan yang menjadi tempat bertemunya ekspektasi para aktor dalam suatu bidang isu. Dalam isu perubahan iklim, UNFCCC dan Paris Agreement membentuk kerangka norma yang mendorong negara melakukan mitigasi, pelaporan, dan kerja sama.

Teori rezim internasional digunakan untuk menjelaskan dua hal. Pertama, bagaimana komitmen internasional memengaruhi arah kebijakan CCS Indonesia. Kedua, bagaimana kerja sama dengan perusahaan, negara mitra, dan organisasi internasional menyediakan sumber daya yang dibutuhkan untuk implementasi. Dengan perspektif ini, kebijakan CCS tidak dilihat sebagai keputusan teknis yang berdiri sendiri, tetapi sebagai bentuk respons negara terhadap ekspektasi dan norma global.

Model Implementasi Kebijakan Edwards III

Edwards III menjelaskan bahwa keberhasilan implementasi kebijakan dipengaruhi oleh komunikasi, sumber daya, disposisi pelaksana, dan struktur birokrasi. Komunikasi berkaitan dengan transmisi, kejelasan, dan konsistensi kebijakan. Sumber

daya mencakup manusia, teknologi, informasi, dan finansial. Disposisi menunjukkan komitmen aktor pelaksana. Struktur birokrasi berkaitan dengan pembagian kewenangan, prosedur, dan koordinasi.

Keempat variabel tersebut digunakan untuk menguji mengapa fondasi regulasi CCS belum otomatis menghasilkan implementasi komersial. Kerangka ini memungkinkan penelitian membedakan antara keberadaan kebijakan dan kapasitas nyata untuk menjalankannya.

3. PEMBAHASAN

Rezim Internasional sebagai Pendorong Implementasi CCS

Implementasi CCS Indonesia berkembang dalam lingkungan rezim perubahan iklim yang dibangun melalui UNFCCC dan Paris Agreement. Ratifikasi Paris Agreement melalui UU No. 16 Tahun 2016 menjadi dasar normatif bagi Indonesia untuk mengembangkan kebijakan mitigasi. Dalam proposal penelitian, NDC ditempatkan sebagai instrumen yang menghubungkan norma global dengan kebijakan domestik, termasuk target penurunan emisi 29% dengan kemampuan sendiri dan hingga 41% dengan dukungan internasional.

Pengaruh rezim internasional tidak hanya berbentuk kewajiban normatif. Rezim tersebut menciptakan ruang bagi pertukaran pengetahuan, teknologi, pendanaan, dan praktik tata kelola. Perkembangan global CCS menunjukkan bahwa peningkatan proyek membutuhkan kombinasi kebijakan, investasi, infrastruktur, dan kolaborasi. Dalam konteks Indonesia, hal ini terlihat dari keterlibatan IEA, Global CCS Institute, perusahaan multinasional, dan negara mitra dalam pengembangan kapasitas serta studi CCS.

JETP yang diluncurkan pada November 2022 memperkuat posisi Indonesia dalam jaringan tata kelola transisi energi. Komitmen awal JETP sebesar USD 20 miliar diarahkan untuk mendukung transisi energi, dengan CIPP sebagai dokumen perencanaan investasi dan kebijakan. JETP tidak dapat disamakan dengan program pendanaan CCS secara langsung, sehingga artikel ini tidak mengklaim seluruh dana JETP membiayai CCS. Relevansinya terletak pada pembentukan ekosistem kebijakan, pembiayaan, dan kerja sama yang mendukung agenda dekarbonisasi Indonesia.

Kerja sama internasional juga membawa standar teknis. Pengalaman Norwegia, Jepang, Amerika Serikat, dan negara lain menjadi referensi dalam pengembangan MRV, keselamatan penyimpanan, dan desain rantai nilai CCS. Pada tahap ini, rezim internasional berfungsi sebagai kanal policy learning. Namun, proses tersebut juga bersifat asimetris karena teknologi dan modal sebagian besar berasal dari negara dan perusahaan yang lebih maju. Indonesia perlu memastikan agar kerja sama tidak berhenti pada transfer perangkat, tetapi menghasilkan peningkatan kapasitas nasional.

Institusionalisasi Regulasi CCS 2021–2023

Perpres No. 98 Tahun 2021 mengenai Nilai Ekonomi Karbon merupakan salah satu fondasi penting dalam perkembangan kebijakan karbon Indonesia. Regulasi tersebut membangun kerangka ekonomi yang menghubungkan emisi dengan instrumen nilai ekonomi karbon. Dalam konteks CCS, keberadaan kerangka tersebut penting karena pengurangan emisi perlu memiliki mekanisme pengakuan, pengukuran, dan potensi monetisasi.

Tonggak yang lebih spesifik adalah Permen ESDM No. 2 Tahun 2023. Regulasi ini mengatur penyelenggaraan CCS dan CCUS pada kegiatan usaha hulu minyak dan gas bumi. Pemerintah menjelaskan bahwa aturan tersebut mencakup aspek teknis, skenario bisnis, aspek legal, dan aspek ekonomi. Aspek teknis mencakup capture, transport, injection, storage, serta monitoring, measurement, reporting and verification; aspek legal antara lain mengatur kegiatan sebagai bagian dari Plan of Development serta monitoring setelah penutupan; sedangkan aspek ekonomi membuka ruang monetisasi kredit karbon berdasarkan kerangka nilai ekonomi karbon.

Regulasi tersebut menunjukkan bahwa negara mulai membangun policy infrastructure untuk CCS. Namun, keberadaan regulasi belum berarti seluruh persoalan implementasi terselesaikan. Pada 2021–2023, masih terdapat kebutuhan untuk memperjelas koordinasi lintas sektor, model bisnis, pembiayaan, alokasi kapasitas penyimpanan, serta pertanggungjawaban jangka panjang. Perkembangan Perpres No. 14 Tahun 2024 yang memperluas kerangka CCS menunjukkan bahwa fondasi 2021–2023 kemudian dikembangkan lebih lanjut. Dalam artikel ini, regulasi 2024 diperlakukan sebagai konteks lanjutan, bukan bukti implementasi pada periode penelitian.

Perkembangan Proyek dan Aktor Domestik

Pada 2021–2023, implementasi CCS Indonesia berada pada fase awal atau pre-commercial. Fokusnya mencakup studi kelayakan, pemetaan potensi geologi, uji lapangan, pengembangan model bisnis, dan penyusunan regulasi. Dokumen penelitian mencatat bahwa Pertamina melakukan implementasi studi CCS/CCUS pada 2022, termasuk sistem CCS pada dua sumur di Lapangan Jatibarang pada Oktober dan Desember 2022, serta pengembangan di Pertamina EP Sukowati pada Desember 2023.

Pertamina menjadi aktor domestik penting karena memiliki infrastruktur hulu migas dan kapasitas kelembagaan yang dapat digunakan untuk pengembangan CCS/CCUS. Inisiatif di Lapangan Gundih, Cepu, misalnya, diproyeksikan mampu mengurangi sekitar 3 juta ton CO₂ selama sepuluh tahun dan direncanakan beroperasi pada 2026. Pertamina juga memperkirakan potensi pengurangan emisi dari sejumlah proyek CCUS sektor hulu sekitar 18 juta ton CO₂. Namun, angka tersebut merupakan potensi proyek, bukan realisasi pengurangan emisi selama 2021–2023.

Karakter proyek Pertamina memperlihatkan hubungan antara mitigasi dan kepentingan ekonomi. Integrasi CCUS dengan EOR/EGR memungkinkan karbon dikelola sekaligus mendukung produksi migas. Dari perspektif ecological modernization, pola tersebut

menunjukkan bahwa teknologi digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan tanpa menghentikan aktivitas ekonomi. Namun, dari perspektif kritis environmentalisme, integrasi tersebut juga menimbulkan risiko bahwa CCS menjadi mekanisme memperpanjang umur industri fosil.

Tanggung CCUS dan Kerja Sama Perusahaan Multinasional

Tanggung di Papua Barat menjadi salah satu inisiatif CCUS penting yang berkembang pada periode penelitian. Pada 2021–2023, proyek tersebut berada pada tahap pengembangan dan studi yang menggabungkan Enhanced Gas Recovery dan penyimpanan CO₂ dari kegiatan LNG. Proyek UCC mencakup pengembangan lapangan Ubadari, EGR/CCUS, dan fasilitas kompresi di darat. Dokumen penelitian menyebutkan proyeksi penyerapan sekitar 15 juta ton CO₂ pada tahap awal. Karena sejumlah keputusan final dan operasi berada di luar periode penelitian, angka tersebut harus dipahami sebagai kapasitas/proyeksi proyek, bukan realisasi penyimpanan 2021–2023.

Kerja sama Pertamina dan ExxonMobil menunjukkan dimensi internasional yang lebih jelas. Kolaborasi diarahkan pada pengembangan teknologi rendah karbon, studi geologi, evaluasi formasi penyimpanan, dan kemungkinan pemanfaatan infrastruktur. Bagi Indonesia, kerja sama ini dapat mempercepat pembelajaran teknologi dan mengurangi ketidakpastian teknis. Bagi perusahaan internasional, Indonesia menawarkan potensi storage hub yang didukung cadangan geologi dan infrastruktur migas.

Hubungan tersebut sekaligus memperlihatkan asimetri kapasitas. FEED, teknologi capture dan injection, pemodelan bawah permukaan, serta praktik monitoring membutuhkan pengetahuan yang belum seluruhnya tersedia secara domestik. Karena itu, kerja sama internasional perlu diarahkan pada capacity building agar Indonesia tidak hanya menjadi lokasi penyimpanan atau pasar teknologi, tetapi mampu mengembangkan kompetensi teknis dan kelembagaan sendiri.

Analisis Implementasi Berdasarkan Edwards III

Komunikasi

Komunikasi CCS berlangsung secara vertikal, horizontal, dan transnasional. Secara vertikal, pemerintah menyampaikan arah kebijakan kepada perusahaan dan lembaga pelaksana. Secara horizontal, koordinasi diperlukan antara ESDM, KLHK, Bappenas, Kementerian Keuangan, dan aktor terkait. Secara transnasional, MoU, joint study, workshop, dan kerja sama teknis menjadi kanal pertukaran pengetahuan. Kerja sama Pertamina–ExxonMobil memperlihatkan bahwa komunikasi tidak hanya berupa pertukaran data teknis, tetapi juga penyelarasan model bisnis dan strategi penyimpanan.

Masalah komunikasi muncul ketika kebijakan lintas sektor belum diterjemahkan menjadi prosedur operasional yang seragam. Isu MRV, nilai ekonomi karbon, liability, perizinan, dan pembagian kewenangan membutuhkan pemahaman yang konsisten. Komunikasi internasional yang kuat juga belum otomatis menjamin sosialisasi yang sama kuat

kepada industri non-migas dan masyarakat. Dengan demikian, komunikasi pada periode 2021–2023 dapat dinilai cukup berkembang tetapi belum sepenuhnya konsisten dan terintegrasi.

Sumber Daya

CCS membutuhkan modal, teknologi, infrastruktur, informasi geologi, tenaga ahli, dan kapasitas monitoring. Indonesia memiliki potensi geologis, tetapi potensi tersebut harus dikonversi menjadi storage yang dapat digunakan dengan karakterisasi, desain sumur, transportasi, kompresi, dan monitoring yang memenuhi standar keselamatan. Besarnya kebutuhan sumber daya menjelaskan mengapa kerja sama internasional menjadi bagian penting dari perkembangan CCS.

Dari sisi finansial, ketidakpastian model bisnis menjadi salah satu hambatan. Investor memerlukan kepastian harga karbon, perizinan, kontrak jangka panjang, alokasi kapasitas, dan liability. Pada 2021–2023, banyak proyek masih berada pada tahap studi atau MoU sehingga keputusan investasi final belum terbentuk secara luas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sumber daya tidak hanya berarti tersedianya uang dan teknologi, tetapi juga tersedianya institusi yang mengurangi risiko investasi.

Disposisi Pelaksana

Disposisi pemerintah dan perusahaan terhadap CCS dapat dikategorikan mendukung. Pemerintah membangun regulasi, sementara Pertamina dan perusahaan multinasional mengembangkan studi serta proyek. Dukungan tersebut menunjukkan bahwa CCS diterima sebagai salah satu instrumen dekarbonisasi. Namun, motivasi pelaksana bersifat campuran. Pemerintah berkepentingan mencapai target emisi tanpa mengganggu ketahanan energi, sedangkan perusahaan migas memiliki kepentingan mempertahankan keberlanjutan bisnis. Karena itu, dukungan terhadap CCS tidak selalu identik dengan transformasi struktural energi.

Struktur Birokrasi

CCS berada di persimpangan kebijakan energi, lingkungan, investasi, tata ruang, ekonomi karbon, dan pembangunan. Fragmentasi kewenangan dapat memperpanjang proses perizinan dan menimbulkan ketidakpastian. Kementerian ESDM memiliki posisi penting dalam aspek teknis dan kegiatan hulu migas, KLHK berkaitan dengan aspek lingkungan dan inventarisasi emisi, sedangkan Bappenas berperan dalam penyelarasan perencanaan pembangunan. Karena tidak hanya satu sektor yang terlibat, koordinasi menjadi prasyarat utama.

Dalam konteks Edwards III, struktur birokrasi Indonesia pada periode penelitian menunjukkan kemajuan melalui regulasi khusus, tetapi belum sepenuhnya mencapai struktur implementasi yang sederhana dan terpadu. Kebutuhan forum koordinasi formal, perizinan terpadu, dan pembagian tanggung jawab jangka panjang menjadi penting agar proyek dapat bergerak dari studi ke konstruksi dan operasi.

CCS dalam Perspektif Environmentalisme

Temuan penelitian menunjukkan bahwa kebijakan CCS Indonesia merefleksikan pendekatan ecological modernization. Negara dan korporasi mencoba menggunakan inovasi teknologi untuk mengurangi emisi tanpa menghentikan aktivitas ekonomi berbasis energi. Pendekatan ini memiliki rasionalitas pragmatis karena dekarbonisasi sektor tertentu memang sulit dilakukan secara cepat. CCS dapat menjadi instrumen untuk mengurangi residual emissions ketika alternatif lain belum tersedia atau belum ekonomis.

Namun, environmentalisme juga mengharuskan analisis terhadap konsekuensi yang lebih luas. Jika CCS dikembangkan terutama untuk mempertahankan produksi minyak dan gas, terdapat risiko carbon lock-in. Selain itu, CCS membutuhkan energi tambahan, infrastruktur baru, dan sistem monitoring jangka panjang. Karena itu, keberhasilan teknologi tidak cukup dinilai dari jumlah CO₂ yang ditangkap, tetapi dari apakah teknologi tersebut benar-benar mendukung perubahan menuju sistem energi rendah karbon.

Dalam kerangka tersebut, CCS paling tepat ditempatkan sebagai teknologi transisi dan pelengkap. Sektor hard-to-abate seperti semen, baja, dan petrokimia berpotensi menjadi prioritas karena memiliki emisi proses yang tidak mudah dihilangkan melalui elektrifikasi. Pada saat yang sama, sektor yang telah memiliki alternatif energi terbarukan harus tetap diarahkan pada pengurangan penggunaan fosil. Dengan demikian, CCS seharusnya berjalan bersama energi terbarukan, efisiensi energi, elektrifikasi, dan kebijakan pengurangan konsumsi fosil.

Kontribusi CCS terhadap NZE 2060: Evaluasi Kritis

Pertanyaan mengenai kontribusi CCS terhadap NZE 2060 harus dibedakan menjadi kontribusi potensial dan kontribusi aktual. Secara potensial, CCS dapat menyediakan kapasitas mitigasi bagi sektor yang sulit didekarbonisasi. Namun, secara aktual pada 2021–2023, proyek-proyek Indonesia masih berada pada tahap studi, pilot, dan persiapan. Oleh sebab itu, belum tepat menyatakan bahwa CCS telah menjadi penyumbang utama penurunan emisi nasional pada periode tersebut.

Data penurunan emisi yang tercantum dalam dokumen penelitian menunjukkan bahwa realisasi penurunan emisi sektor energi meningkat dari 54,8 juta ton CO₂ pada 2019 menjadi 70 juta ton pada 2021 dan 91,5 juta ton pada 2022. Namun, data tersebut merupakan capaian pengurangan emisi sektor energi secara keseluruhan dan tidak dapat diatribusikan secara langsung kepada CCS. Perbedaan ini penting secara metodologis karena sebagian besar kegiatan CCS pada periode penelitian belum beroperasi secara komersial.

Dengan demikian, kontribusi CCS pada 2021–2023 lebih tepat diukur melalui indikator kesiapan kebijakan dan kelembagaan: keberadaan regulasi, pengembangan pilot, studi storage, pembentukan kerja sama internasional, transfer teknologi, dan penyusunan model bisnis. Kontribusi tersebut bersifat enabling contribution, yaitu membangun kapasitas yang memungkinkan pengurangan emisi lebih besar pada periode berikutnya. Efektivitas jangka panjang tetap bergantung pada apakah kapasitas tersebut berhasil dikonversi menjadi proyek yang beroperasi dan dapat diverifikasi.

Hal ini memperlihatkan bahwa keberhasilan CCS tidak boleh diukur hanya dari banyaknya proyek yang diumumkan. Indikator yang lebih relevan mencakup kapasitas CO₂ yang benar-benar ditangkap dan disimpan, integritas penyimpanan, biaya per ton CO₂, tingkat pemanfaatan infrastruktur, transparansi MRV, dan pengaruhnya terhadap pengurangan emisi bersih. Tanpa indikator tersebut, CCS mudah menjadi kebijakan simbolik atau greenwashing kebijakan energi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi CCS di Indonesia pada 2021–2023 merupakan fase institutional preparation yang ditandai oleh penguatan regulasi, pembangunan kapasitas, studi geologi, proyek percontohan, dan perluasan kerja sama internasional. Perpres No. 98 Tahun 2021 dan Permen ESDM No. 2 Tahun 2023 menjadi tonggak penting dalam membentuk dasar kebijakan, sementara Pertamina, bp, ExxonMobil, dan mitra internasional memperlihatkan semakin luasnya aktor yang terlibat.

Dari perspektif rezim internasional, Paris Agreement membentuk norma dan ekspektasi yang mendorong Indonesia mengembangkan instrumen mitigasi. Kerja sama internasional memperkuat akses terhadap teknologi, pengetahuan, pendanaan, dan standar tata kelola. Namun, hubungan tersebut juga menunjukkan asimetri kapasitas dan potensi ketergantungan. Karena itu, keberhasilan kerja sama harus diukur dari peningkatan kapasitas domestik, bukan hanya jumlah investasi atau proyek.

Berdasarkan Edwards III, hambatan implementasi terutama terdapat pada kebutuhan penguatan komunikasi kebijakan, sumber daya, kepastian disposisi, dan koordinasi birokrasi. Dari perspektif environmentalisme, CCS menunjukkan karakter ambivalen: dapat menjadi teknologi penting bagi dekarbonisasi sektor hard-to-abate, tetapi juga berpotensi mempertahankan struktur energi fosil melalui EOR/EGR. Dengan demikian, CCS harus diposisikan sebagai teknologi transisi dan bukan legitimasi untuk memperpanjang ketergantungan pada energi fosil.

Kesimpulan utama artikel adalah bahwa CCS memiliki relevansi strategis terhadap NZE 2060, tetapi kontribusinya pada periode 2021–2023 lebih kuat sebagai pembangunan fondasi kebijakan dan kapasitas daripada sebagai pengurangan emisi aktual berskala besar. Agar dapat berkontribusi secara substantif, Indonesia perlu mengintegrasikan CCS dengan energi terbarukan, efisiensi energi, pengurangan konsumsi fosil, MRV yang ketat, mekanisme pembiayaan, serta liability jangka panjang.

REFERENSI

- Andayani, A. R. D., Marthen, A. A., Imelda, H., & Setiadi, K. (2022). Just Energy Transition Partnership (JETP) Indonesia. Indonesia Research Institute for Decarbonization.
- Aryanto, Y. H. (2023). CCS hub: Tren global dan tantangan regional. *Buletin Pertamina*, 9(3), 159.
- Budiman, A. (2024). CCUS (Carbon Capture, Utilization, and Storage): Teknologi penangkapan, utilisasi, dan penyimpanan CO₂. UGM Press.
- Cherdasa, J. R., Prabowo, K., Ariadji, T., Sapiie, B., & Syihab, Z. (2018). Formation evaluation and contingent storage capacity estimation for carbon capture storage and utilization: A case study from East Natuna. *Modern Applied Science*, 12(4), 151. <https://doi.org/10.5539/mas.v12n4p151>
- Chrysolite, H., Utami, A. F., Mahardika, D., & Wijaya, A. (2019). Looking past the horizon: The case for Indonesia's long-term strategy for climate action.
- Dryzek, J. S. (2021). *The politics of the earth*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/HEPL/9780198851745.001.0001>
- Edwards, G. C. (1980). *Implementing public policy*.
- Global CCS Institute. (2023). *Global status of CCS 2023*. <https://doi.org/10.1111/cod.14723>
- International Energy Agency. (2023). *Carbon capture, utilisation and storage in Indonesia*. <https://www.iea.org/reports/carbon-capture-utilisation-and-storage-in-indonesia>
- Krasner, S. D. (1982). Structural causes and regime consequences: Regimes as intervening variables. *International Organization*, 36(2), 185–205.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2 Tahun 2023 tentang Penyelenggaraan Penangkapan dan*