

**BENCHMARKING MODEL BISNIS CARBON CAPTURE AND STORAGE MOOMBA
CCS UNTUK PENGEMBANGAN POTENSI CARBON HUB DI KAWASAN EKONOMI
KHUSUS ARUN LHOKSEUMAWE**

Oleh

Dhahra Nafisah¹, Camelia Rizki Agrina²

^{1,2}Program Studi Bisnis Internasional, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas

Padjadjaran

Email: ¹dharnafisahh@gmail.com

Abstract

Industri beremisi tinggi menghadapi tekanan regulasi global yang ketat untuk mereduksi jejak karbon. Pengembangan teknologi Carbon Capture and Storage (CCS) menjadi salah satu strategi kunci dalam upaya dekarbonisasi industri untuk mempertahankan industri yang bersifat hard-to-abate. Pada tahap aktualisasinya, KEK Arun Lhokseumawe memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pusat CCS di Indonesia. Integrasi CCS membuka peluang partisipasi Indonesia dalam carbon trading, di mana CO₂ yang berhasil ditangkap dan disimpan dapat dikonversi menjadi carbon credit dalam sistem perdagangan emisi. Dalam rangka pengembangannya, Penelitian ini bertujuan untuk mengadaptasi model bisnis CCS melalui pendekatan benchmarking terhadap penerapan Moomba CCS di Australia, serta mengevaluasi kelayakan finansial implementasinya di KEK Arun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model bisnis Moomba CCS dapat diadaptasi pada konteks KEK Arun dengan dua syarat utama. Pertama, diperlukan penyesuaian pada aspek teknis, khususnya dalam proses pengompresian CO₂ akibat perbedaan karakteristik sumber emisi, di mana Moomba memanfaatkan CO₂ dengan tingkat kemurnian tinggi, sementara KEK Arun mengandalkan sumber CO₂ dari berbagai klaster industri dengan komposisi yang lebih heterogen. Selain itu, sistem Monitoring, Reporting, and Verification (MRV) belum sepenuhnya dapat diimplementasikan di Indonesia tanpa adanya penguatan kerangka regulasi dan kelembagaan. Kedua, dari perspektif finansial, proyek CCS di KEK Arun dinyatakan layak apabila tarif penyimpanan karbon ditetapkan sebesar USD 26,55 per ton CO₂ tanpa adanya penyesuaian harga yang bersifat kompensatif.

Keywords: *Carbon Capture and Storage (CCS), KEK Arun, Benchmarking, Model Bisnis, Kelayakan Finansial.*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global telah menjadi isu strategis yang mempengaruhi arah kebijakan ekonomi dan pembangunan di berbagai negara. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, khususnya karbon dioksida (CO₂), menyebabkan kenaikan suhu rata-rata bumi yang tidak hanya memengaruhi aspek lingkungan, tetapi juga membentuk arah kebijakan ekonomi, perdagangan internasional, dan investasi sehingga berdampak pada daya saing industri dan arus investasi. Sebagai respons, komunitas internasional menyepakati

Paris Agreement yang bertujuan membatasi kenaikan suhu global agar tetap berada jauh di bawah 2°C hingga 1,5°C dibandingkan tingkat pra-industri melalui komitmen penurunan emisi dalam mekanisme *Nationally Determined Contribution* (NDC) [1].

Indonesia Sebagai salah satu negara pihak dalam perjanjian tersebut telah meratifikasi Paris Agreement melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 dan memperkuat komitmennya melalui *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC) dengan

target penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 31,89% secara mandiri dan hingga 43,20% dengan dukungan internasional pada tahun 2030 dibandingkan skenario *business as usual* (BaU). Target tersebut menuntut transformasi signifikan, khususnya pada sektor energi yang merupakan penyumbang emisi terbesar nasional [2].

Sektor energi menyumbang sekitar 55% dari total emisi nasional atau sebesar 752,28 juta ton CO₂e [3]. Tingginya emisi tersebut dipengaruhi oleh dominasi penggunaan energi fosil pada sektor industri, pembangkitan listrik, dan transportasi. Namun, transisi energi di Indonesia masih menghadapi tantangan berupa tingginya ketergantungan pada energi fosil akibat ketersediaan sumber daya, infrastruktur yang telah mapan, serta pertimbangan biaya yang relatif lebih kompetitif dibandingkan energi terbarukan [4]. Kondisi ini menyebabkan sejumlah sektor dikategorikan sebagai *hard-to-abate sectors*, yaitu sektor yang sulit menurunkan emisi hanya melalui elektrifikasi atau substitusi energi.

Dalam konteks tersebut, *Carbon Capture and Storage* (CCS) menjadi salah satu solusi strategis untuk mendukung dekarbonisasi melalui penangkapan, pengangkutan, dan penyimpanan permanen CO₂ pada formasi geologi. Teknologi ini dinilai penting bagi sektor industri berat dan energi berbasis fosil yang sulit menurunkan emisi, dengan perkembangan global yang telah mencapai lebih dari 65 fasilitas komersial dan ratusan proyek dalam tahap pengembangan [5]. Namun, implementasi CCS masih menghadapi tantangan berupa tingginya kebutuhan investasi awal serta ketidakpastian model pendapatan yang sangat bergantung pada *carbon pricing* dan mekanisme *carbon market*. Oleh karena itu, keberhasilan implementasi CCS tidak hanya ditentukan oleh kelayakan teknis, tetapi juga oleh model bisnis yang mampu menciptakan nilai ekonomi.

Di Indonesia, pengembangan CCS mulai memperoleh perhatian melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2023 yang kemudian diperkuat oleh Peraturan Presiden Nomor 14 Tahun 2024 dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 16 Tahun 2024. Regulasi tersebut membuka peluang pengembangan CCS lintas sektor serta pemanfaatan kapasitas penyimpanan karbon untuk emisi dari dalam maupun luar negeri.

Sejalan dengan perkembangan regulasi tersebut, Indonesia mulai mengembangkan berbagai proyek CCS dengan memanfaatkan reservoir minyak dan gas bumi yang telah terdepleksi sebagai lokasi penyimpanan karbon. Salah satu proyek yang sedang dikembangkan adalah CCS di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Arun Lhokseumawe melalui kolaborasi PT Energi Mega Persada Tbk, PT Pema Global Energi, dan PT Pembangunan Aceh. Lapangan Gas Arun dinilai memiliki potensi penyimpanan karbon yang besar karena didukung oleh data geologi bawah permukaan, integritas *cap rock*, serta infrastruktur migas eksisting yang dapat menekan biaya pengembangan proyek [6].

Meskipun memiliki potensi teknis yang kuat, pengembangan CCS Arun masih menghadapi tantangan dalam menentukan model bisnis yang tepat. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan *benchmarking* terhadap Moomba CCS Project di Australia yang dikembangkan oleh Santos Limited [5]. Kedua proyek memiliki karakteristik yang serupa karena sama-sama menerapkan pendekatan *retrofit* pada fasilitas migas eksisting dengan memanfaatkan reservoir gas terdepleksi, sumur, jaringan pipa, dan fasilitas pengolahan yang telah tersedia [5], [7], [8].

Pendekatan *retrofit* memungkinkan peningkatan efisiensi waktu dan investasi melalui pemanfaatan kembali aset yang telah ada sehingga meningkatkan viabilitas proyek CCS yang pada dasarnya tidak memiliki

profitabilitas alami. Selain itu, viabilitas proyek juga dapat diperkuat melalui mekanisme *carbon trading* yang memungkinkan terciptanya nilai ekonomi dari aktivitas pengurangan emisi. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan *Business Model Canvas* (BMC) untuk mengidentifikasi elemen-elemen model bisnis Moomba CCS dan mengadaptasinya ke dalam konteks pengembangan CCS di KEK Arun Lhokseumawe.

LANDASAN TEORI

Perubahan Iklim, Emisi Gas Rumah Kaca, dan Transisi Energi Nasional

Perubahan iklim didefinisikan sebagai perubahan jangka panjang pada rata-rata kondisi cuaca bumi yang dipicu oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer akibat aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, perubahan penggunaan lahan hijau, dan industrialisasi [1]. Peningkatan konsentrasi CO₂, CH₄, dan N₂O memperkuat efek rumah kaca sehingga menyebabkan kenaikan suhu rata-rata permukaan bumi, perubahan pola presipitasi, kenaikan muka air laut, serta peningkatan frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrem.

Melalui Paris Agreement, negara-negara di dunia sepakat untuk menahan kenaikan suhu rata-rata global “jauh di bawah 2°C” dan berupaya membatasinya hingga 1,5°C dibandingkan level pra-industri. Komitmen ini diwujudkan melalui Nationally Determined Contributions (NDC) yang menegaskan target penurunan emisi masing-masing negara [9]. Laporan AR6 IPCC menyatakan bahwa untuk menjaga peluang 1,5–2°C, emisi global CO₂ harus diturunkan secara signifikan dan mencapai net zero sekitar pertengahan abad [10].

Dalam konteks Indonesia, kerangka utama dari komitmen ENDC direfleksikan dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) pada PP No.79 Tahun 2014 [11] dan dijabarkan dalam

Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) pada Perpres 22 Tahun 2017 terkait arah dan besaran target bauran energi serta peran gas bumi dalam jangka panjang [12]. Hasil akhir kebijakan yang dibuat adalah untuk mewujudkan transisi energi, yaitu fase awal yang harus dilewati untuk mencapai titik net zero emission. Proses transisi menargetkan volume bauran EBT 23% pada 2025 dan 31% pada 2050. Hal ini diperkuat oleh Perpres 112 Tahun 2022 tentang pergeseran bauran listrik dari PLTU batubara ke pembangkit EBT. Meskipun demikian, adanya kesenjangan antara target penurunan emisi dan kebutuhan pemanfaatan energi fosil menunjukkan perlunya kebijakan yang mampu mengintegrasikan aspek lingkungan ke dalam pertimbangan ekonomi secara lebih konkret.

Sebagai tindak lanjut atas kesenjangan antara target penurunan emisi dengan optimasi energi fosil tertentu di Indonesia, pemerintah menetapkan Perpres 98 Tahun 2021 tentang kerangka Nilai Ekonomi Karbon (NEK) yaitu imbalan ekonomi bagi perusahaan atau masyarakat atas upaya pengurangan emisi karbon yang terlepas ke atmosfer [13]. NEK memungkinkan pengurangan emisi diperlakukan sebagai aset bernilai finansial. Kerangka ini membuka peluang pendanaan dan insentif baru bagi proyek-proyek dekarbonisasi yang tidak hanya mendorong penetrasi EBT, tetapi juga membuka ruang ekonomi bagi teknologi dekarbonisasi pada energi fosil yang masih dipertahankan, seperti penerapan CCS pada subsektor gas bumi dan industri terkait. Dengan demikian, NEK tidak hanya berfungsi sebagai instrumen regulatif, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kelayakan ekonomi proyek dekarbonisasi di Indonesia.

Carbon Capture and Storage (CCS)

Carbon Capture Storage (CCS) adalah seperangkat teknologi untuk memisahkan dan menangkap CO₂ dari sumber emisi, kemudian mengalirkannya untuk disimpan secara aman dalam formasi geologi guna menekan pelepasan emisi ke atmosfer [14]. Secara

umum, rantai nilai CCS terdiri atas tiga tahap utama [15].

Dalam penelitian ini, CCS dipandang sebagai salah satu opsi kunci dalam memitigasi eskalasi emisi karbon di sektor energi. Laporan IPCC AR6 Working Group III menempatkan CCS sebagai komponen penting yang optimis dengan target pembatasan kenaikan suhu global sebesar 1,5–2°C pertahun, terutama pada sektor hard-to-abate yang sulit dialihkan ke energi terbarukan [1]. International Energy Agency (IEA) menegaskan bahwa tanpa kontribusi *Carbon Capture and Storage* (CCS), biaya keseluruhan transisi menuju sistem energi global *net zero* berpotensi meningkat secara signifikan dibandingkan dengan alternatif dekarbonisasi lainnya [16]. Tanpa CCS, portofolio dekarbonisasi menjadi lebih sempit dan harus bergantung pada teknologi alternatif yang pada kondisi tertentu membutuhkan biaya lebih tinggi serta belum mencapai tingkat kematangan yang memadai.

Carbon Trading

Carbon trading merupakan mekanisme pasar untuk memperdagangkan hak emisi gas rumah kaca, di mana satu kredit karbon setara dengan pengurangan 1 ton CO₂e [17]. Skema ini memungkinkan transaksi antara pihak yang melebihi batas emisi dan pihak yang memiliki kelebihan kuota melalui sistem seperti Emission Trading System (ETS), yang mencakup cap and trade serta baseline and credit, serta carbon tax sebagai mekanisme penetapan harga emisi. *Carbon pricing* berfungsi sebagai instrumen ekonomi untuk menginternalisasi biaya eksternal emisi gas rumah kaca, mendorong investasi rendah karbon, serta meningkatkan kelayakan ekonomi teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS) [16], [18]

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif-analitis untuk memahami secara mendalam konteks implementasi CCS di

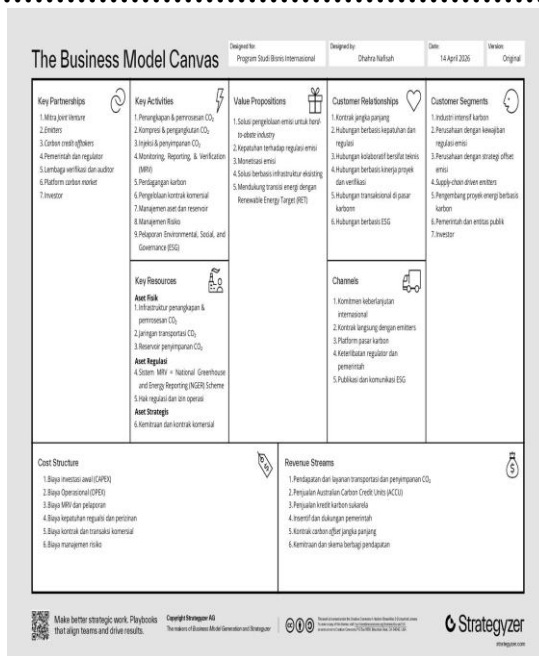
Moomba dan KEK Arun. Pendekatan ini menghasilkan narasi yang menjelaskan urgensi dekarbonisasi sektor energi serta perancangan model bisnis CCS berbasis benchmarking sebagai solusi jangka menengah. Selain itu, penelitian juga mengevaluasi kelayakan finansial model bisnis sebagai dasar pengambilan keputusan investasi.

Penelitian ini dilakukan dalam empat tahap. Tahap pertama adalah benchmarking Proyek Moomba CCS menggunakan kerangka Business Model Canvas (BMC) yang terdiri dari sembilan elemen melalui studi literatur dari laporan, dokumen pemerintah, dan artikel ilmiah. Tahap kedua adalah adaptasi model ke konteks KEK Arun melalui wawancara mendalam dengan empat informan terpilih menggunakan purposive sampling, yang kemudian divalidasi melalui triangulasi sumber. Tahap ketiga adalah penyusunan model bisnis CCS KEK Arun berdasarkan sintesis hasil benchmarking dan wawancara dengan menyesuaikan setiap elemen BMC terhadap kondisi regulasi dan pasar karbon Indonesia. Tahap terakhir adalah evaluasi kelayakan finansial menggunakan skema PSC dengan cost recovery dan pendekatan DCF pada tiga skenario (low, base, high) untuk menghasilkan indikator NPV, IRR, dan Payback Period sebagai alat pendukung analisis kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Model Bisnis Moomba CCS

Pada tahapan awal, dilakukan identifikasi terhadap 9 elemen model bisnis yang diterapkan pada Moomba CCS sebagai dasar dalam memahami gambaran komprehensif mengenai bagaimana proyek Moomba CCS dirancang dan diimplementasikan.



Gambar 1. Lembar Kerja Business Model Canvas Moomba CCS

Sumber: Diolah oleh penulis (2026)

Kesembilan blok utama dalam kerangka kerja ini diklasifikasikan ke dalam empat kategori, diantaranya:

Infrastruktur:

Key activities

Aktivitas utama dalam proyek Moomba CCS berfokus pada integrasi rantai nilai karbon yang kompleks dari hulu hingga hilir. mulai dari pengangkapan CO₂ yang berasal dari aliran gas alam di fasilitas pemrosesan gas di Coper Basin dan diproses menggunakan teknologi *acid gas removal*, kemudian dikompresi menjadi fase superkritis untuk mengurangi volume Co₂ sehingga meningkatkan efisiensi logistik melalui jaringan pipa khusus (IEA, 2022).

Tahap berikutnya adalah injeksi dan penyimpanan CO₂, yang merupakan inti dari keseluruhan sistem CCS. Pada proyek Moomba, CO₂ diinjeksikan ke dalam reservoir gas yang telah terdepleksi, yang secara geologis telah terbukti mampu menahan hidrokarbon selama jutaan tahun yang memanfaatkan mekanisme

structural trapping, residual trapping, dan solubility trapping.

Untuk memastikan keamanan dan permanensi penyimpanan CO₂, proyek ini juga mengimplementasikan sistem *Monitoring, Reporting, and Verification* (MRV) yang ketat. Sistem ini mencakup pemantauan seismik (*4D seismic monitoring*), pengukuran tekanan dan temperatur reservoir, serta deteksi kebocoran melalui sensor permukaan dan teknologi satelit. MRV tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme pengendalian risiko teknis, tetapi juga menjadi dasar dalam proses akuntansi karbon dan penerbitan kredit karbon yang diakui secara regulatif, seperti Australian Carbon Credit Units (ACCU) (Clean Energy Regulator, 2023). Melalui pengurangan emisi yang terverifikasi, proyek ini menghasilkan ACCU yang dapat diperjualbelikan di pasar karbon Australia, khususnya dalam kerangka *Safeguard Mechanism*.

Key resources

Elemen *key resources* merupakan sumber daya utama yang menopang proyek dan menunjukkan karakteristik yang kompleks dan multidimensional karena melibatkan integrasi antara aset fisik, regulasi, dan strategis. Aset fisik mencakup infrastruktur penangkapan dan pemrosesan CO₂, jaringan transportasi, serta reservoir penyimpanan karbon yang menjadi fondasi utama operasional proyek. Di sisi lain, aset regulasi berperan dalam menciptakan kepastian hukum dan kelayakan proyek melalui sistem *Monitoring, Reporting, and Verification* (MRV), mekanisme pelaporan emisi, serta perizinan yang mendukung proses penyimpanan dan monetisasi karbon. Sementara itu, aset strategis diwujudkan melalui kemitraan dan kontrak komersial yang memungkinkan pembagian risiko, penguatan kapabilitas teknis, perluasan akses pendanaan, serta pengembangan model bisnis penyimpanan karbon yang berkelanjutan. Integrasi ketiga kelompok aset tersebut menjadi faktor penting yang menentukan keberhasilan

implementasi dan daya saing proyek CCS dalam jangka panjang.

Key partnerships

Key partnerships Moomba CCS terdiri dari beberapa aktor utama yang saling mendukung. Kemitraan inti adalah joint venture antara Santos Ltd sebagai operator dan Beach Energy sebagai mitra non-operasional untuk berbagi risiko dan memaksimalkan aset reservoir terdepleksi. Emitters menjadi sumber CO₂ utama, baik dari fasilitas internal maupun pengembangan menuju open-access CCS hub.

Selain itu, carbon credit offtakers berperan dalam monetisasi melalui ACCU, meski sebagian besar digunakan untuk kepatuhan internal. Pemerintah dan regulator membentuk pasar melalui kebijakan, insentif, dan kerangka seperti Safeguard Mechanism. Lembaga verifikasi memastikan keabsahan melalui sistem MRV, sementara platform pasar karbon memfasilitasi perdagangan kredit. Investor melengkapi ekosistem sebagai penyedia modal dengan sensitivitas tinggi terhadap risiko kebijakan dan pasar karbon.

Penawaran:

Value proposition

Value proposition Moomba CCS mencakup integrasi solusi teknis, kepatuhan regulasi, peluang ekonomi, efisiensi infrastruktur, dan dukungan transisi energi. Proyek ini menangkap CO₂ dari industri hard-to-abate untuk disimpan secara permanen di formasi geologi, sehingga efektif menurunkan emisi dengan biaya relatif efisien. Selain itu, Moomba CCS mendukung kepatuhan terhadap regulasi emisi melalui sistem MRV dalam kebijakan karbon Australia, sekaligus mengurangi risiko finansial akibat penalti atau kewajiban kredit karbon.

Dari sisi ekonomi, proyek ini menghasilkan nilai melalui Australian Carbon Credit Units (ACCU) yang dapat diperdagangkan, mengubah emisi menjadi sumber pendapatan. Pemanfaatan reservoir terdepleksi dan

infrastruktur eksisting juga menekan biaya dan risiko implementasi. Secara strategis, Moomba CCS berfungsi sebagai teknologi transisi yang mendukung target energi terbarukan dengan tetap menjaga stabilitas sistem energi dalam proses dekarbonisasi.

Pelanggan:

Customer segments

Segmen pelanggan Moomba CCS meliputi industri intensif karbon seperti minyak dan gas yang membutuhkan solusi pengurangan emisi skala besar, serta perusahaan dengan kewajiban regulasi emisi yang menggunakan CCS untuk kepatuhan melalui mekanisme seperti Safeguard Mechanism dan ACCU. Selain itu, terdapat perusahaan yang berfokus pada offset emisi di pasar karbon sukarela untuk mendukung target net-zero dan ESG.

Segmen lain mencakup supply-chain driven emitters yang terdorong oleh tekanan rantai pasok global, serta pengembang proyek energi berbasis karbon yang memanfaatkan CCS untuk menurunkan emisi dan mempertahankan operasional aset hidrokarbon. Pemerintah berperan sebagai regulator sekaligus pembentuk pasar karbon, sementara investor melihat CCS sebagai aset strategis berbasis infrastruktur dan keberlanjutan.

Channels

Channels Moomba CCS berfungsi sebagai mekanisme multi-dimensi yang mencakup aspek komersial, regulasi, pasar, dan reputasi. Proyek ini terhubung dengan komitmen keberlanjutan internasional sebagai bagian dari agenda net-zero global, sekaligus menjadi instrumen legitimasi bagi investor dan pemangku kepentingan. Secara komersial, Moomba CCS menjalankan kontrak langsung dengan industri emitters dalam model B2B carbon storage service berbasis infrastruktur terintegrasi yang memungkinkan sistem hub-and-spoke.

Di sisi lain, proyek ini terhubung dengan platform pasar karbon melalui skema ACCU,

yang mengonversi penyimpanan CO₂ menjadi aset karbon yang dapat diperdagangkan dan menciptakan jalur monetisasi. Channel penting lainnya adalah keterlibatan regulator dan pemerintah yang berperan dalam perizinan, validasi, serta pembentukan mekanisme insentif yang memberikan kepastian hukum dan ekonomi bagi proyek. Selain itu, publikasi dan komunikasi ESG menjadi saluran reputasional utama untuk membangun transparansi, kepercayaan investor, serta penerimaan publik terhadap CCS sebagai solusi dekarbonisasi.

Customer relationship

Customer relationship Moomba CCS bersifat jangka panjang, berbasis kepatuhan, kolaboratif, dan terverifikasi. Hubungan dengan pelanggan dibangun melalui kontrak jangka panjang seperti skema take-or-pay yang memberikan kepastian pendapatan dan keberlanjutan proyek. Selain itu, permintaan juga didorong oleh kewajiban regulasi emisi seperti Safeguard Mechanism dan NGER, yang menjadikan CCS sebagai instrumen kepatuhan.

Secara operasional, hubungan bersifat teknis melalui kolaborasi co-engineering untuk mengintegrasikan sistem penangkapan, transportasi, dan penyimpanan CO₂. Kredibilitas hubungan ini diperkuat oleh sistem MRV yang memastikan verifikasi kinerja penyimpanan karbon secara akurat dan transparan.

Keuangan:

Cost structure

Cost structure Moomba CCS didominasi oleh biaya investasi awal (CAPEX) yang mencakup pembangunan fasilitas penangkapan, kompresi, jaringan pipa, dan konversi reservoir terdepleksi untuk penyimpanan CO₂, serta memiliki porsi terbesar dalam total biaya proyek. Biaya operasional (OPEX) meliputi konsumsi energi tinggi untuk proses penangkapan dan kompresi (energy penalty), serta pemeliharaan infrastruktur bertekanan tinggi seperti sumur dan pipa.

Selain itu, terdapat biaya MRV dan pelaporan yang mencakup pemantauan teknis, verifikasi independen, dan pelaporan regulasi untuk memastikan kredibilitas penyimpanan karbon. Biaya kepatuhan regulasi juga signifikan, termasuk perizinan, studi lingkungan, dan kewajiban tanggung jawab jangka panjang terhadap risiko kebocoran. Struktur biaya dilengkapi dengan biaya kontrak dan transaksi komersial yang kompleks serta biaya manajemen risiko seperti asuransi dan mitigasi risiko teknis maupun regulasi, yang semuanya mendukung keberlanjutan dan kelayakan finansial proyek CCS.

Revenue streams

Pendapatan utama diperoleh dari layanan transportasi dan penyimpanan CO₂ berbasis kontrak jangka panjang. Selain itu, proyek ini menghasilkan pendapatan dari penjualan Australian Carbon Credit Units (ACCU) serta kredit karbon sukarela di pasar karbon.

Pendapatan juga diperkuat oleh insentif dan dukungan kebijakan pemerintah yang meningkatkan kelayakan ekonomi CCS. Stabilitas arus kas dijaga melalui kontrak carbon offset jangka panjang, sementara skema kemitraan dan joint venture memungkinkan pembagian risiko sekaligus pembagian keuntungan antar pemangku kepentingan.

Adaptasi Model Bisnis Moomba CCS Project untuk Pengembangan CCS Arun

Key Partners

Pengembangan CCS di KEK Arun sangat bergantung pada kolaborasi multipihak yang melibatkan pemerintah, regulator energi dan lingkungan, BUMN, operator migas, investor, serta industri penghasil emisi. Berbeda dengan Moomba yang sudah berada pada pasar karbon matang, kemitraan di Indonesia berperan sebagai mekanisme pembentuk pasar. Pemerintah tidak hanya berfungsi sebagai regulator, tetapi juga sebagai fasilitator utama dalam menciptakan kepastian investasi dan permintaan layanan CCS. Dengan demikian, *key partners* membentuk *ecosystem-based*

.....

partnership untuk menurunkan risiko investasi dan mempercepat terbentuknya industri CCS.

Key Activities

Aktivitas CCS di KEK Arun mencakup penangkapan, transportasi, dan penyimpanan karbon, serta aktivitas pendukung seperti MRV dan integrasi dengan sistem perdagangan karbon. Aktivitas tersebut tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga menciptakan nilai ekonomi melalui konversi karbon menjadi aset yang dapat diperdagangkan. Sistem MRV menjadi elemen penting dalam menjamin kredibilitas dan validitas pengurangan emisi. Dengan demikian, seluruh aktivitas membentuk rantai nilai yang menghubungkan proses teknis dengan penciptaan nilai ekonomi.

Key Resources

KEK Arun memiliki keunggulan melalui pemanfaatan infrastruktur migas eksisting seperti reservoir gas Arun yang telah terdepleksi, jaringan pipa, dan fasilitas LNG. Selain aset fisik, sumber daya penting lainnya mencakup izin operasi, kapasitas kelembagaan, dan sistem MRV sebagai aset tidak berwujud. Kombinasi sumber daya ini menciptakan efisiensi biaya sekaligus keunggulan kompetitif. Hal tersebut menjadikan KEK Arun memiliki *barrier to entry* yang relatif tinggi dalam pengembangan CCS.

Value Proposition

CCS di KEK Arun menawarkan nilai berupa layanan penyimpanan karbon, kepatuhan terhadap regulasi emisi, serta peningkatan daya saing industri melalui produk rendah karbon. Selain itu, proyek ini berpotensi menjadi pusat penyimpanan karbon regional yang melayani kebutuhan domestik dan negara tetangga seperti Singapura. Nilai yang ditawarkan tidak hanya bersifat lingkungan, tetapi juga ekonomi dan strategis. Dengan demikian, CCS diposisikan sebagai penyedia layanan dekarbonisasi yang terintegrasi.

Customer Relationships

Hubungan pelanggan bersifat jangka panjang dan berbasis kontrak untuk

memberikan kepastian permintaan dan mendukung investasi jangka panjang. Relasi ini mencakup integrasi teknis melalui *co-engineering* serta kepatuhan terhadap regulasi dan standar ESG. Sistem MRV juga memperkuat kepercayaan melalui transparansi dan validasi pengurangan emisi. Dengan demikian, hubungan pelanggan menjadi instrumen strategis dalam menjaga keberlanjutan proyek.

Channels

Saluran distribusi nilai mencakup infrastruktur fisik transportasi CO₂, mekanisme kelembagaan seperti regulator dan sistem perdagangan karbon, serta komunikasi berbasis ESG. Saluran ini tidak hanya berfungsi sebagai penghubung teknis, tetapi juga sebagai legitimasi proyek di mata pasar dan investor. Sistem pelaporan dan transparansi menjadi bagian penting dalam memperkuat kepercayaan. Dengan demikian, *channels* berperan dalam menghubungkan layanan CCS dengan pasar dan pemangku kepentingan.

Customer Segments

Segmen pelanggan utama berasal dari industri beremisi tinggi seperti LNG, pembangkit listrik, semen, pupuk, dan petrokimia. Selain pasar domestik, terdapat potensi layanan penyimpanan karbon lintas negara. Namun, permintaan di Indonesia masih bersifat *latent demand* karena pasar karbon belum matang seperti di Australia. Oleh karena itu, perkembangan segmen pelanggan sangat bergantung pada regulasi dan insentif kebijakan.

Cost Structure

Struktur biaya didominasi oleh investasi awal yang tinggi untuk fasilitas penangkapan, transportasi, dan penyimpanan karbon. Selain CAPEX, biaya juga mencakup MRV, kepatuhan regulasi, serta manajemen risiko dan pemeliharaan infrastruktur. Karakteristik ini menunjukkan bahwa CCS merupakan bisnis berbasis infrastruktur dengan siklus investasi jangka panjang. Efisiensi penggunaan aset

eksisting menjadi faktor penting dalam meningkatkan kelayakan ekonomi.

Revenue Streams

Pendapatan CCS di KEK Arun bersifat multidimensi, mencakup jasa penyimpanan karbon, kredit karbon, insentif pemerintah, serta kontrak jangka panjang dengan industri emisi. Selain itu, terdapat potensi pendapatan dari perdagangan karbon internasional dan kerja sama lintas negara. Diversifikasi ini diperlukan untuk mengurangi risiko ketergantungan pada satu sumber pendapatan. Dengan demikian, model pendapatan CCS merupakan kombinasi mekanisme pasar, kebijakan, dan kontraktual.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, model bisnis *Moomba CCS Project* dapat diadaptasi untuk pengembangan *Carbon Capture and Storage* (CCS) di KEK Arun Lhokseumawe melalui pendekatan *Business Model Canvas* (BMC) dengan beberapa penyesuaian. Perbedaan karakteristik sumber CO₂ mengharuskan adanya penyesuaian pada sistem pemurnian dan pengompresian karena CO₂ di KEK Arun berasal dari berbagai klaster industri dengan komposisi yang lebih beragam dibandingkan Moomba.

Dari sisi kelembagaan, sistem *Monitoring, Reporting, and Verification* (MRV) yang diterapkan pada Moomba berpotensi diadopsi di Indonesia. Namun, implementasinya masih memerlukan penguatan regulasi, standardisasi, serta koordinasi antarlembaga agar dapat mendukung transparansi dan akuntabilitas pengelolaan CCS.

Analisis *Production Sharing Contract* (PSC) menunjukkan bahwa skenario *Low* belum memberikan manfaat ekonomi yang optimal, sedangkan skenario *Mid* dan *High* menghasilkan surplus yang dapat dibagikan kepada pemerintah dan kontraktor. Selanjutnya, analisis *Discounted Cash Flow* (DCF) menunjukkan bahwa proyek CCS di

KEK Arun layak dikembangkan dengan tarif penyimpanan karbon sebesar **USD 26,55 per ton CO₂**, sementara perbedaan hasil NPV, IRR, dan *Payback Period* merupakan konsekuensi dari karakteristik masing-masing metode penilaian investasi.

Saran

Pengembangan CCS di KEK Arun perlu didukung oleh peningkatan teknologi pengolahan dan pengompresian CO₂ yang mampu menangani sumber emisi yang beragam, serta penguatan sistem MRV melalui regulasi dan infrastruktur yang terintegrasi.

Selain itu, diperlukan kepastian kebijakan mengenai harga karbon dan skema insentif agar proyek CCS lebih menarik bagi investor. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis sensitivitas terhadap harga karbon, tingkat utilisasi, serta biaya investasi dan operasional untuk memperoleh gambaran risiko yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom; New York, NY, United States: Cambridge University Press, 2022.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Perpres CCS/CCUS Resmi Disahkan, Atur Skema Penyelenggaraan, Alokasi Domestik hingga Transportasi Karbon Lintas Negara," Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2024. [Online]. Available: <https://www.migas.esdm.go.id/post/Perpres-CCS-CCUS-Resmi-Disahkan-Atur-Skema-Penyelenggaraan-Alokasi-Domestik-Hingga-Transportasi-Karbon-Lintas-Negara>

- [3] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, “Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV) 2023,” Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Jakarta, 2023. [Online]. Available: <https://signsmart.kemenvh.go.id/v2.1/app/frontend/pedoman/detail/104>
- [4] Institute for Essential Services Reform, “Indonesia Energy Transition Outlook (IETO) 2025: Menavigasi Transisi Energi Indonesia di Persimpangan Jalan,” Institute for Essential Services Reform (IESR), Jakarta, 2024. [Online]. Available: <https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2024/12/Indonesia-Energy-Transition-Outlook-IETO-2025.pdf>
- [5] Global CCS Institute, “Global Status of CCS 2023,” Global CCS Institute, Melbourne, Australia, 2023. [Online]. Available: <https://www.globalccsinstitute.com/resources/global-status-of-ccs-2023/>
- [6] Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, “CCS/CCUS Makin Menjanjikan, MoU Proyek Lapangan Gas Arun Diteken,” 2022, *Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia*. [Online]. Available: <https://migas.esdm.go.id/post/ccs-ccus-makin-menjanjikan-mou-proyek-lapangan-gas-arun-diteken>
- [7] B. Permanahadi, D. A. Nugroho, M. Cahyono, and A. N. Fadhillah, “Decarbonizing the Future through CCS: An Overview of the Development of Indonesia’s Presidential and Ministerial Regulations on Carbon Capture and Storage,” in *Proceedings of the 49th Indonesian Petroleum Association Annual Convention*, Indonesian Petroleum Association, 2025. [Online]. Available: <https://www.ipa.or.id/id/publications/deca>
- arbonizing-the-future-through-ccs-an-overview-of-the-development-of-indonesia-s-presidential-and-ministerial-regulations-on-carbon-capture-and-storage
- [8] Carbon Aceh, “Arun CCS Project Overview,” Carbon Aceh, 2024. [Online]. Available: <https://carbonstorage.io/storage/arun-ccs>
- [9] United Nations Framework Convention on Climate Change, “Paris Agreement,” United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, Germany, 2015.
- [10] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2023 Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.
- [11] Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*. Jakarta, Indonesia: Pemerintah Republik Indonesia, 2014.
- [12] Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional*. Jakarta, Indonesia: Pemerintah Republik Indonesia, 2017.
- [13] Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Republik Indonesia 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*. Jakarta, Indonesia: Pemerintah Republik Indonesia, 2021. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/187122/perpres-no-98-tahun-2021>
- [14] Intergovernmental Panel on Climate Change, *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. Cambridge,

- United Kingdom: Cambridge University Press, 2005. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/report/carbon-dioxide-capture-and-storage/>
- [15] Intergovernmental Panel on Climate Change, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.
- [16] International Energy Agency, *CCUS in Clean Energy Transitions*. Paris, France: International Energy Agency, 2020.
- [17] Indonesia Commodity and Derivatives Exchange, “Mengenai Perdagangan Karbon (Carbon Trading),” Indonesia Commodity and Derivatives Exchange, 2021. [Online]. Available: <https://www.icdx.co.id/>
- [18] World Bank, “State and Trends of Carbon Pricing 2024,” World Bank, Washington, DC, 2024. doi: 10.1596/978-1-4648-2127-1.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN