

**MENYALAKAN MASA DEPAN HIJAU DARI ABU SEKAM: INOVASI
BECCS UNTUK TRANSISI ENERGI BERSIH INDONESIA**



Diajukan untuk Lomba Esai Nasional

CLEANOVACTION

“Youth Action for a Sustainable Energy Future”

Nama Ketua : Rizka Fitria Utami
Nama Anggota : -
Instansi Asal : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email & Nomor WA : rizkafitriautamii@gmail.com dan (+62)89671088021
Subtema Esai : Teknologi Energi Terbarukan dan Inovasi Digital

Tahun 2025

Menyalakan Masa Depan Hijau dari Abu Sekam: Inovasi BECCS untuk Transisi Energi Bersih Indonesia

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis iklim global menempatkan dunia pada titik kritis yang menuntut transformasi sistem energi secara radikal. Indonesia, sebagai negara dengan pertumbuhan kebutuhan energi tertinggi di Asia Tenggara, menghadapi tantangan besar untuk mengurangi ketergantungan terhadap batu bara dan bahan bakar fosil penyebab utama gas rumah kaca sebesar 630 juta ton CO₂ per tahun dari sektor energi (IEA, 2021). Ironisnya, potensi biomassa seperti sekam padi yang melimpah masih belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi bersih.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana potensi sekam padi dapat dimanfaatkan secara optimal dalam mendukung transisi energi bersih di Indonesia?
2. Bagaimana integrasi teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS) pada pembangkit dapat berkontribusi dalam penurunan emisi gas rumah kaca?
3. Apa saja tantangan teknis, regulatif, dan pendanaan dalam penerapan BECCS (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*) berbasis sekam padi di Indonesia?

2. Pembahasan

2.1 Analisis: Urgensi Pengembangan Teknologi BECCS Berbasis Sekam Padi di Indonesia

Krisis iklim global yang dipicu oleh akumulasi karbon dioksida (CO₂) menuntut transformasi sistem energi yang lebih radikal dan terintegrasi. Meskipun transisi menuju energi rendah karbon terus mengalami kemajuan, pendekatan konvensional terbukti belum cukup untuk mencapai target karbon netral secara tepat waktu. Di sinilah peran teknologi BECCS menjadi strategis. Berbeda dari teknologi rendah karbon lainnya tetapi juga berpotensi menghasilkan emisi negatif.

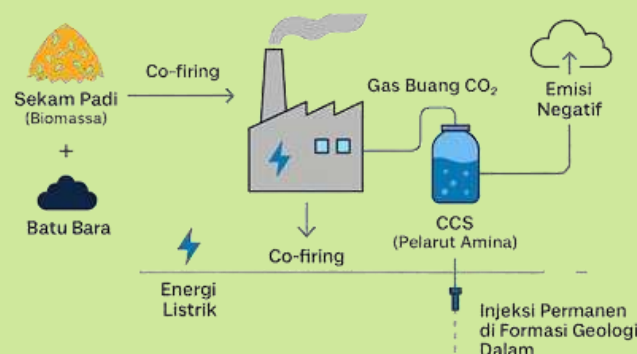
Terdapat proyek pengimplementasian BECCS dalam skala global, diantaranya ialah proyek Drax Power Station di Inggris, yang sejak 2020 mengintegrasikan BECCS dengan pembangkit berbasis biomassa kayu, menargetkan penangkapan lebih dari 8 juta ton CO₂ per tahun pada dekade mendatang (Drax Group, 2022).

2.2 Argumentasi: BECCS Sekam Padi sebagai Strategi Dekarbonisasi Nasional

Sebagai negara agraris dengan dominasi pertanian padi, Indonesia memiliki potensi besar untuk menerapkan BECCS sebagai solusi energi dan lingkungan yang saling menguatkan. Indonesia juga tengah mendorong *co-firing* biomassa untuk menurunkan emisi PLTU batubara tanpa membangun infrastruktur baru dan membuka peluang untuk mengintegrasikan teknologi penangkapan karbon dalam skema yang sudah ada.

Integrasi sekam padi sebagai biomassa dalam sistem BECCS menawarkan pendekatan dual-fungsi dalam penyediaan energi hijau sekaligus mitigasi emisi karbon. Rantai proses dimulai dari pemanfaatan limbah sekam padi, yang dikeringkan dan dimasukkan dalam proses *co-firing* bahkan untuk mendapatkan nilai energi yang lebih tinggi dilakukan pemrosesan seperti terofaksi dan pembentukan palet. Proses pembakaran menghasilkan energi listrik dan emisi CO_2 , yang kemudian dialirkan ke sistem penangkapan karbon berbasis pelarut amina (*amine-based solvent*) memungkinkan penyerapan CO_2 melalui reaksi kimia dan dapat diregenerasi secara termal untuk memisahkan CO_2 murni dari pelarutnya.

CO_2 hasil pemisahan ini selanjutnya dipadatkan dan diinjeksikan ke dalam formasi geologi dalam, seperti *akuifer* asin atau *reservoir hidrokarbon* yang telah habis, untuk penyimpanan jangka panjang secara permanen seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Sistem ini dapat menghasilkan emisi karbon negatif, karena jumlah CO_2 yang diserap dan disimpan melebihi total emisi yang dilepaskan dari seluruh siklus energi. Potensi teknologi ini sangat besar, mengingat kapasitas penyimpanan geologis global diperkirakan mencapai 600 gigaton CO_2 hingga tahun 2100 (IEA, 2023).



Gambar 1: Transformasi PLTU Batu Bara Menjadi BECCS Hibrida.

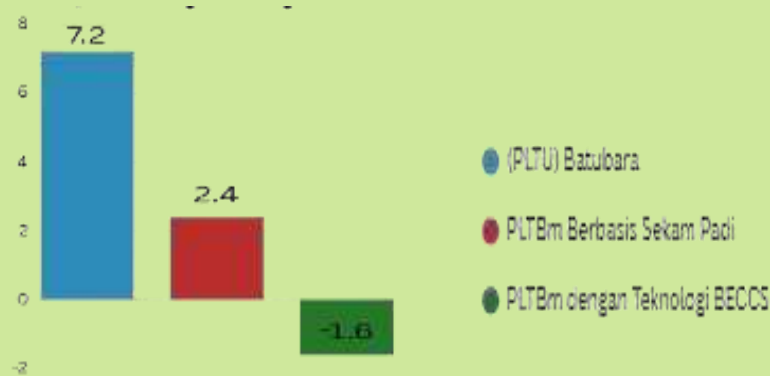
2.3 Data: Potensi Sekam Padi dan Efektivitas Reduksi Emisi CO₂

Di balik hasil panen padi yang menjadi tulang punggung pangan nasional, terdapat limbah sekam padi yang selama ini kurang mendapat perhatian serius. Salah satunya Jawa Timur, sebagai salah satu lumbung padi terbesar di Indonesia, pada 2023 memproduksi gabah diperkirakan sebesar 9,59 juta ton GKG (Badan Pusat Statistik [BPS], 2023). Akan tetapi, banyak limbah ini masih dibakar secara terbuka, bahkan meningkatkan polusi udara dan jejak karbon yang sangat kontraproduktif terhadap target dekarbonisasi nasional. Di sisi lain, sekam padi menyimpan potensi energi yang sangat besar. Dengan nilai kalor berkisar 13,44 MJ/kg (Sutrisno & Hidayat, 2020).

Beberapa wilayah di Jawa Timur seperti Kabupaten Madiun, Ngawi, dan Bojonegoro menjadi lokasi potensial untuk pengembangan proyek BECCS berbasis sekam padi. Wilayah tersebut dikenal dengan produksi padi yang tinggi dan akses yang relatif baik ke infrastruktur energy. Sebagai contoh, PLTU Paiton di Probolinggo menjadi salah satu pembangkit listrik terbesar dan dapat menjadi lokasi strategis untuk integrasi co-firing sekam padi dan teknologi CCS dan sangat potensial dalam mendukung pilot proyek BECCS Hybrid. Diperkuat dengan regulasi saat ini yang mendukung co-firing biomassa hingga 10% untuk PLTU eksisting dan lebih tinggi untuk PLTU yang dimodifikasi khusus berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8676:2018 yang mengatur konteks penggunaan biomassa untuk Pembangkit (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2018).

Pengurangan emisi CO₂ dari integrasi BECCS berbasis sekam padi menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan. Dimana pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara secara historis menjadi penyumbang utama emisi karbon dioksida (CO₂), dengan rata-rata emisi mencapai 900 gram CO₂ per kilowatt-jam (kWh), akibat kandungan karbon tinggi dan efisiensi energi yang rendah (AJI, 2024). Sebagai pilihan, pembangkit berbasis biomassa seperti sekam padi tanpa teknologi penangkapan karbon (CCS) menghasilkan sekitar 300 gram CO₂ per kWh, dengan emisi yang lebih netral secara karbon karena berasal dari siklus karbon pendek (Lestari, 2020). Inovasi BECCS memungkinkan emisi negatif sekitar -200 gram CO₂ per kWh melalui penggunaan pelarut berbasis amina untuk menangkap CO₂, menjadikannya solusi penting untuk mencapai Net Zero Emission (American University, 2023).

Dalam simulasi tahunan, pembangkit 100 MW yang beroperasi 8.000 jam per tahun akan menghasilkan 7,2 juta ton CO₂ dengan batubara, 2,4 juta ton dengan sekam padi tanpa CCS, dan justru menyerap 1,6 juta ton CO₂ dengan teknologi BECCS, memberikan potensi besar bagi Indonesia untuk memperoleh kredit karbon internasional dan mempercepat transisi energi bersih seperti **gambar 2** di bawah.

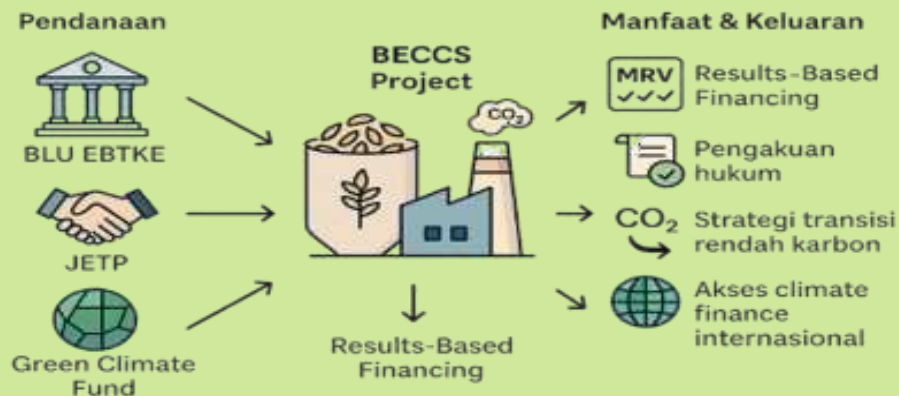


Gambar 2: Pengurangan Emisi CO₂ pada Kapasitas 100 MW

2.4 Solusi: Strategi Implementasi BECCS Berbasis Sekam Padi

Pengembangan teknologi BECCS membutuhkan kerja sama lintas sektor. Pendekatan ini harus terstruktur dan berorientasi jangka panjang. Pertama, dari sisi regulasi, pemerintah perlu segera menyusun peta jalan resmi pengembangan teknologi carbon removal, termasuk BECCS, sebagai bagian dari strategi dekarbonisasi nasional. Hal ini perlu diperkuat melalui revisi Perpres No. 112/2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan, dengan memasukkan BECCS sebagai kategori energi negatif karbon yang layak mendapatkan insentif. Selain itu, Instrumen utama seperti Perpres No. 98/2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon dan UU No. 16/2016 tentang Paris Agreement menjadi dasar legal transisi menuju ekonomi hijau (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan [KLHK], 2021; Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2016).

Kedua, dari sisi pendanaan, BECCS dapat didukung melalui BLU EBTKE, program JETP, dan dana internasional seperti Green Climate Fund (GCF), menjadikannya bagian dari strategi nasional rendah karbon yang legal dan layak secara ekonomi (EBTKE, 2023; JETP Indonesia Sekretariat, 2023; GCF, 2022). Pendekatan results-based financing dengan kriteria MRV (Measurable, Reportable, Verifiable) juga memperkuat akses Indonesia terhadap pendanaan iklim berstandar internasional (UNFCCC, 2014).



Gambar 3: Pendanaan BECCS Berbasis Sekam Padi

Ketiga, pada aspek teknologi, sebagai solusi konkret, kolaborasi erat antara universitas, industri, dan pemerintah harus menjadi prioritas utama. Pengembangan pilot project di daerah yang memiliki surplus sekam padi, seperti di Jawa Timur dan Banten, dapat menjadi model awal yang mampu memperlihatkan manfaat nyata secara teknis dan ekonomi. Transfer teknologi dari negara-negara maju yang sudah lebih dahulu mengimplementasikan BECCS, seperti Inggris dan Jepang, menjadi sumber pembelajaran penting agar Indonesia tidak hanya mengadopsi teknologi, tetapi juga mengembangkannya secara mandiri.



Gambar 4: Kolaborasi Teknologi BECCS

Keempat, edukasi dan literasi publik menjadi elemen kunci dalam membangun pemahaman masyarakat tentang manfaat ekonomi dan lingkungan dari pengelolaan sekam padi berbasis BECCS. Program pelatihan bagi petani, pelaku UMKM energi, dan operator PLTBm harus diintegrasikan dalam program transisi energi nasional, khususnya di kawasan desa penghasil padi dan kelima, integrasi lembaga dan tata kelola lintas sektor sangat penting untuk menghindari tumpang tindih kebijakan.

3. PENUTUP

3.1 Simpulan

Penerapan teknologi BECCS berbasis sekam padi di Indonesia menawarkan solusi strategis dalam mewujudkan transisi energi bersih sekaligus mitigasi gas CO₂ secara simultan. Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki potensi biomassa yang besar, termasuk sekam padi, yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Integrasi teknologi CCS dalam sistem pembakaran biomassa dapat menghasilkan emisi negatif.

3.2 Rekomendasi Kebijakan

1. Pilot Proyek Regional: Pemerintah dan PLN perlu mendorong pengembangan proyek percontohan BECCS berbasis sekam padi di daerah dengan produksi dan infrastruktur memadai.
2. Regulasi Insentif Khusus: Diperlukan skema insentif fiskal untuk pengembang proyek energi berbasis limbah biomassa dan teknologi penangkapan karbon.
3. Sinergi Riset dan Industri: Kolaborasi antara perguruan tinggi, lembaga riset, dan sektor swasta harus diperkuat.
4. Pemerintah dapat memasukkan BECCS berbasis sekam sebagai bagian dari peta jalan transisi energi dan kontribusi dalam dokumen NDCs Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- AJI. (2024). *Panduan Meliput untuk Mengawasi Transisi Energi di Indonesia*. Aliansi Jurnalis Independen. https://aji.or.id/system/files/2024-07/panduanmeliputuntukmengawasitransisienergididiindonesia_5.pdf
- American University. (2023). *Fact Sheet: Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS)*. School of International Service. <https://www.american.edu/sis/centers/carbon-removal/fact-sheet-bioenergy-with-carbon-capture-and-storage-beccs.cfm>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Produksi padi Jawa Timur pada 2023 sekitar 9,59 juta ton gabah kering giling (GKG)*. <https://jatim.bps.go.id/id/pressrelease/2023/10/16/1385/produksi-padi-jawa-timur-pada-2023-sekitar-9-59-juta-ton-gabah-kering-giling--gkg-.html>
- Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian. (2016). *Potensi arang sekam padi sebagai sumber hara untuk meningkatkan produksi pertanian*. <https://bppjambi.bppsdp.pertanian.go.id/berita/detail/potensi-arang-sekam-padi-sebagai-sumber-hara-untuk-meningkatkan-produksi-pertanian>
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 8676:2018 - Kinerja kompor bioetanol*. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/12530-86762018>
- Drax Group. (2022). *Drax submits plans to build world's largest carbon capture and storage project*. https://www.drax.com/press_release/drax-submits-plans-to-build-worlds-largest-carbon-capture-and-storage-project/Drax Global
- EBTKE. (2023). *Skema Pembiayaan BLU untuk Energi Terbarukan*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. <https://ebtke.esdm.go.id/>
- Green Climate Fund (GCF). (2022). *About the Fund*. <https://www.greenclimate.fund/about>
- International Energy Agency. (2021). *An Energy Sector Roadmap to Net Zero Emissions in Indonesia*. <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-net-zero-emissions-in-indonesia>
- International Energy Agency. (2023). *Carbon capture utilisation and storage*. <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage>
- JETP Indonesia Secretariat. (2023). *JETP Indonesia Comprehensive Investment and Policy Plan (CIPP)*. <https://jetp-id.org/>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional*. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/187915/perpres-no-98-tahun-2021>

- Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2016). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/41704/uu-no-16-tahun-2016>
- Lestari, S. R. (2020). *Studi Potensi Biomassa Sebagai Energi Alternatif: Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Pembangkit*. Universitas Diponegoro Repository.
<https://eprints2.undip.ac.id/12236/2/BAB%201.pdf>
- Sutrisno, E., & Hidayat, M. (2020). *Potensi sekam padi sebagai bahan bakar alternatif PLTBm di Sumatera Barat*. Jurnal Energi, 6(2), 45–52.
<https://jurnal.polban.ac.id/energi/article/view/3499/2426>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2014). *MRV Framework: Measurement, Reporting and Verification of Emissions*.
<https://unfccc.int/topics/mitigation/the-big-picture/mrv>

LAMPIRAN 1 : Biodata

RIZKA FITRIA UTAMI

Rizka Fitria Utami, yang terpilih sebagai Future Energy Ambassador 2024 dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), juga menjadi delegasi resmi Indonesia untuk *Regional Conference of Youth (RCOY)* di Sri Lanka. RCOY merupakan forum tahunan yang mempertemukan pemuda dari negara-negara Asia Pasifik untuk membahas isu-isu terkait perubahan iklim dan transisi energi.

Forum ini memberikan platform bagi generasi muda untuk menyuarakan pandangan mereka, berbagi solusi, dan berkolaborasi menghadapi tantangan global, menjadikannya bagian penting dalam proses menuju *Conference of the Parties (COP)*, yang pada 2024 akan diadakan di Baku, Azerbaijan.

Di acara RCOY, Rizka berkesempatan untuk mempromosikan teknologi Penangkapan Karbon (*Carbon Capture Technology*) sebagai invited speaker dari Indonesia. Selain itu, Rizka juga terpilih sebagai delegasi dari Provinsi Banten untuk program *Just Energy Transition* dalam *Local Conference of Youth (LCOY)* 2024.

Saat ini, Rizka menjabat sebagai *Junior Process Engineer* di sektor petrokimia di Cilegon, Banten, dan merupakan lulusan terbaik dari Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Dalam lima tahun terakhir, Rizka telah meraih lebih dari 50 penghargaan dalam bidang penulisan ilmiah, esai, dan *public speaking*, dengan fokus utama pada transisi energi dan keadilan iklim. Karya-karya ilmiahnya, yang diterbitkan sebagai penulis utama di jurnal internasional bergengsi, semakin memperlihatkan dedikasinya dalam isu-isu energi bersih dan keberlanjutan. Selain itu, pada tahun 2021, Rizka juga terpilih menjadi Mahasiswa Berprestasi Banten-Jawa Barat (LLDiikti Wilayah 4). Rizka turut berkontribusi dalam lebih dari 20 seminar sebagai pembicara, berbagi pengetahuan dan pengalaman mengenai penulisan karya ilmiah.

Rizka Fitria Utami_Universitas
Sultan Ageng
Tirtayasa_Menyalakan Masa
Depan Hijau dari Abu Sekam
Inova-1.pdf

by Cek Turnitin

Submission date: 31-May-2025 02:38AM (UTC-0500)

Submission ID: 2688968308

File name:

Rizka_Fitria_Utami_Universitas_Sultan_Ageng_Tirtayasa_Menyalakan_Masa_Depan_Hijau_dari_Abu_Sekam_Inova-1.pdf (432.41K)

Word count: 1488

Character count: 9570

Menyalakan Masa Depan Hijau dari Abu Sekam: Inovasi BECCS untuk Transisi Energi Bersih Indonesia

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis iklim global menempatkan dunia pada titik kritis yang menuntut transformasi sistem energi secara radikal. Indonesia, sebagai negara dengan pertumbuhan kebutuhan energi tertinggi di Asia Tenggara, menghadapi tantangan besar untuk mengurangi ketergantungan terhadap batu bara dan bahan bakar fosil penyebab utama gas rumah kaca sebesar 630 juta ton CO₂ per tahun dari sektor energi (IEA, 2021). Ironisnya, potensi biomassa seperti sekam padi yang melimpah masih belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi bersih.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana potensi sekam padi dapat dimanfaatkan secara optimal dalam mendukung transisi energi bersih di Indonesia?
2. Bagaimana integrasi teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS) pada pembangkit dapat berkontribusi dalam penurunan emisi gas rumah kaca?
3. Apa saja tantangan teknis, regulatif, dan pendanaan dalam penerapan BECCS (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*) berbasis sekam padi di Indonesia?

2 Pembahasan

2.1 Analisis: Urgensi Pengembangan Teknologi BECCS Berbasis Sekam Padi di Indonesia

Krisis iklim global yang dipicu oleh akumulasi karbon dioksida (CO₂) menuntut transformasi sistem energi yang lebih radikal dan terintegrasi. Meskipun transisi menuju energi rendah karbon terus mengalami kemajuan, pendekatan konvensional terbukti belum cukup untuk mencapai target karbon netral secara tepat waktu. Di sinilah peran teknologi BECCS menjadi strategis. Berbeda dari teknologi rendah karbon lainnya tetapi juga berpotensi menghasilkan emisi negatif.

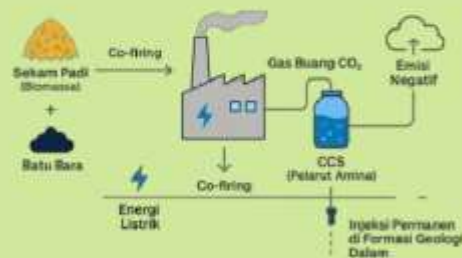
Terdapat proyek pengimplementasian BECCS dalam skala global, diantaranya ialah proyek Drax Power Station di Inggris, yang sejak 2020 mengintegrasikan BECCS dengan pembangkit berbasis biomassa kayu, menargetkan penangkapan lebih dari 8 juta ton CO₂ per tahun pada dekade mendatang (Drax Group, 2022).

2.2 Argumentasi: BECCS Sekam Padi sebagai Strategi Dekarbonisasi Nasional

Sebagai negara agraris dengan dominasi pertanian padi, Indonesia memiliki potensi besar untuk menerapkan BECCS sebagai solusi energi dan lingkungan yang saling menguatkan. Indonesia juga tengah mendorong *co-firing* biomassa untuk menurunkan emisi PLTU batubara tanpa membangun infrastruktur baru dan membuka peluang untuk mengintegrasikan teknologi penangkapan karbon dalam skema yang sudah ada.

Integrasi sekam padi sebagai biomassa dalam sistem BECCS menawarkan pendekatan dual-fungsi dalam penyediaan energi hijau sekaligus mitigasi emisi karbon. Rantai proses dimulai dari pemanfaatan limbah sekam padi, yang dikeringkan dan dimasukkan dalam proses *co-firing* bahkan untuk mendapatkan nilai energi yang lebih tinggi dilakukan pemrosesan seperti terofaksi dan pembentukan palet. Proses pembakaran menghasilkan energi listrik dan emisi CO_2 , yang kemudian dialirkan ke sistem penangkapan karbon berbasis pelarut amina (*amine-based solvent*) memungkinkan penyerapan CO_2 melalui reaksi kimia dan dapat diregenerasi secara termal untuk memisahkan CO_2 murni dari pelarutnya.

CO_2 hasil pemisahan ini selanjutnya dipadatkan dan diinjeksikan ke dalam formasi geologi dalam, seperti *akifer* asin atau *reservoir hidrokarbon* yang telah habis, untuk penyimpanan jangka panjang secara permanen seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Sistem ini dapat menghasilkan emisi karbon negatif, karena jumlah CO_2 yang diserap dan disimpan melebihi total emisi yang dilepaskan dari seluruh siklus energi. Potensi teknologi ini sangat besar, mengingat kapasitas penyimpanan geologis global diperkirakan mencapai 600 gigaton CO_2 hingga tahun 2100 (IEA, 2023).



Gambar 1: Transformasi PLTU Batu Bara Menjadi BECCS Hibrida.

2.3 Data: Potensi Sekam Padi dan Efektivitas Reduksi Emisi CO₂

Di balik hasil panen padi yang menjadi tulang punggung pangan nasional, terdapat limbah sekam padi yang selama ini kurang mendapat perhatian serius. Salah satunya Jawa Timur, sebagai salah satu lumbung padi terbesar di Indonesia, pada 2023 memproduksi gabah diperkirakan sebesar 9,59 juta ton GKG (Badan Pusat Statistik [BPS], 2023). Akan tetapi, banyak limbah ini masih dibakar secara terbuka, bahkan meningkatkan polusi udara dan jejak karbon yang sangat kontraproduktif terhadap target dekarbonisasi nasional. Di sisi lain, sekam padi menyimpan potensi energi yang sangat besar. Dengan nilai kalor berkisar 13,44 MJ/kg (Sutrisno & Hidayat, 2020).

Beberapa wilayah di Jawa Timur seperti Kabupaten Madiun, Ngawi, dan Bojonegoro menjadi lokasi potensial untuk pengembangan proyek BECCS berbasis sekam padi. Wilayah tersebut dikenal dengan produksi padi yang tinggi dan akses yang relatif baik ke infrastruktur energy. Sebagai contoh, PLTU Paiton di Probolinggo menjadi salah satu pembangkit listrik terbesar dan dapat menjadi lokasi strategis untuk integrasi co-firing sekam padi dan teknologi CCS dan sangat potensial dalam mendukung pilot proyek BECCS Hybrid. Diperkuat dengan regulasi saat ini yang mendukung co-firing biomassa hingga 10% untuk PLTU eksisting dan lebih tinggi untuk PLTU yang dimodifikasi khusus berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8676:2018 yang mengatur konteks penggunaan biomassa untuk Pembangkit (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2018).

Pengurangan emisi CO₂ dari integrasi BECCS berbasis sekam padi menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan. Dimana pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara secara historis menjadi penyumbang utama emisi karbon dioksida (CO₂), dengan rata-rata emisi mencapai 900 gram CO₂ per kilowatt-jam (kWh), akibat kandungan karbon tinggi dan efisiensi energi yang rendah (AJI, 2024). Sebagai pilihan, pembangkit berbasis biomassa seperti sekam padi tanpa teknologi penangkapan karbon (CCS) menghasilkan sekitar 300 gram CO₂ per kWh, dengan emisi yang lebih netral secara karbon karena berasal dari siklus karbon pendek (Lestari, 2020). Inovasi BECCS memungkinkan emisi negatif sekitar -200 gram CO₂ per kWh melalui penggunaan pelarut berbasis amina untuk menangkap CO₂, menjadikannya solusi penting untuk mencapai Net Zero Emission (American University, 2023).

Dalam simulasi tahunan, pembangkit 100 MW yang beroperasi 8.000 jam per tahun akan menghasilkan 7,2 juta ton CO₂ dengan batubara, 2,4 juta ton dengan sekam padi tanpa CCS, dan justru menyerap 1,6 juta ton CO₂ dengan teknologi BECCS, memberikan potensi besar bagi Indonesia untuk memperoleh kredit karbon internasional dan mempercepat transisi energi bersih seperti gambar 2 di bawah.



Gambar 2: Pengurangan Emisi CO₂ pada Kapasitas 100 MW

2.4 Solusi: Strategi Implementasi BECCS Berbasis Sekam Padi

Pengembangan teknologi BECCS membutuhkan kerja sama lintas sektor. Pendekatan ini harus terstruktur dan berorientasi jangka panjang. Pertama, dari sisi regulasi, pemerintah perlu segera menyusun peta jalan resmi pengembangan teknologi carbon removal, termasuk BECCS, sebagai bagian dari strategi dekarbonisasi nasional. Hal ini perlu diperkuat melalui revisi Perpres No. 112/2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan, dengan memasukkan BECCS sebagai kategori energi negatif karbon yang layak mendapatkan insentif. Selain itu, Instrumen utama seperti Perpres No. 98/2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon dan UU No. 16/2016 tentang Paris Agreement menjadi dasar legal transisi menuju ekonomi hijau (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan [KLHK], 2021; Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2016).

Kedua, dari sisi pendanaan, BECCS dapat didukung melalui BLU EBTKE, program JETP, dan dana internasional seperti Green Climate Fund (GCF), menjadikannya bagian dari strategi nasional rendah karbon yang legal dan layak secara ekonomi (EBTKE, 2023; JETP Indonesia Sekretariat, 2023; GCF, 2022). Pendekatan results-based financing dengan kriteria MRV (Measurable, Reportable, Verifiable) juga memperkuat akses Indonesia terhadap pendanaan iklim berstandar internasional (UNFCCC, 2014).



Gambar 3: Pendanaan BECCS Berbasis Sekam Padi

Ketiga, pada aspek teknologi, sebagai solusi konkret, kolaborasi erat antara universitas, industri, dan pemerintah harus menjadi prioritas utama. Pengembangan pilot project di daerah yang memiliki surplus sekam padi, seperti di Jawa Timur dan Banten, dapat menjadi model awal yang mampu memperlihatkan manfaat nyata secara teknis dan ekonomi. Transfer teknologi dari negara-negara maju yang sudah lebih dahulu mengimplementasikan BECCS, seperti Inggris dan Jepang, menjadi sumber pembelajaran penting agar Indonesia tidak hanya mengadopsi teknologi, tetapi juga mengembangkannya secara mandiri.



Gambar 4: Kolaborasi Teknologi BECCS

Keempat, edukasi dan literasi publik menjadi elemen kunci dalam membangun pemahaman masyarakat tentang manfaat ekonomi dan lingkungan dari pengelolaan sekam padi berbasis BECCS. Program pelatihan bagi petani, pelaku UMKM energi, dan operator PLTBm harus diintegrasikan dalam program transisi energi nasional, khususnya di kawasan desa penghasil padi dan kelima, integrasi lembaga dan tata kelola lintas sektor sangat penting untuk menghindari tumpang tindih kebijakan.

3. PENUTUP

3.1 Simpulan

Penerapan teknologi BECCS berbasis sekam padi di Indonesia menawarkan solusi strategis dalam mewujudkan transisi energi bersih sekaligus mitigasi gas CO₂ secara simultan. Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki potensi biomassa yang besar, termasuk sekam padi, yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Integrasi teknologi CCS dalam sistem pembakaran biomassa dapat menghasilkan emisi negatif.

3.2 Rekomendasi Kebijakan

1. Pilot Proyek Regional: Pemerintah dan PLN perlu mendorong pengembangan proyek percontohan BECCS berbasis sekam padi di daerah dengan produksi dan infrastruktur memadai.
2. Regulasi Insentif Khusus: Diperlukan skema insentif fiskal untuk pengembang proyek energi berbasis limbah biomassa dan teknologi penangkapan karbon.
3. Sinergi Riset dan Industri: Kolaborasi antara perguruan tinggi, lembaga riset, dan sektor swasta harus diperkuat.
4. Pemerintah dapat memasukkan BECCS berbasis sekam sebagai bagian dari peta jalan transisi energi dan kontribusi dalam dokumen NDCs Indonesia.

Rizka Fitria Utami_Universitas Sultan Ageng
Tirtayasa_Menyalakan Masa Depan Hijau dari Abu Sekam
Inova-1.pdf

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	dinaspendidikan.blogspot.com	2%
	Internet Source	
2	aspek.id	1%
	Internet Source	
3	blog.ub.ac.id	1%
	Internet Source	
4	lestari.kompas.com	1%
	Internet Source	
5	melilea-jakarta.blogspot.com	1%
	Internet Source	
6	warsindonews.wordpress.com	1%
	Internet Source	
7	www.rbgbau.cz	1%
	Internet Source	
8	Rohmat Junarto. "Mitigasi Perubahan Iklim dan Dampak Pengelolaan Sumber Daya Agraria: Wawasan dari Indonesia", Tunas Agraria, 2023	<1%
	Publication	

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On