

Edukasi Pemanfaatan Teknologi *Carbon Capture Storage* untuk Mitigasi Gas Rumah Kaca di SMK Migas Bumi Melayu Riau

Muhammad Ariyon^{1*}, Ellyan Sastraningsih², Fitrianti³, Thoriq Nibras⁴

^{1,3,4}Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru

²Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Islam Riau, Pekanbaru

*Correspondent email: aryonmuhammad@eng.uir.ac.id

Diterima: 20 Januari 2026 | Disetujui: 29 Juni 2026 | Diterbitkan: 30 Juni 2026

Abstract. *Mitigating greenhouse gas (GHG) emissions in the energy sector requires early capacity building through vocational education, particularly in oil and gas disciplines. Carbon Capture and Storage (CCS) is a key technology supporting the energy transition, yet its educational implementation at vocational high schools remains limited. The novelty of this Community Service Program (PKM) lies in developing a CCS educational model specifically tailored to oil and gas vocational schools, integrating industry-oriented learning, Indonesian oil and gas case studies, and climate mitigation perspectives. This program aims to improve the literacy, understanding, and environmental awareness of students and teachers at SMK Migas BMR Pekanbaru regarding CCS as a low-carbon technology. The methods include interactive lectures, applied workshops, case-based discussions, and the development of contextual vocational learning modules. The results show improved participant understanding of CCS concepts and GHG mitigation. Program outputs include a CCS vocational module, learning media, and PKM documentation, contributing to vocational education strengthening and sustainable energy transition in Indonesia.*

Keywords: *carbon capture storage; greenhouse gas mitigation; oil; gas; vocational education; energy transition*

PENDAHULUAN

SMK Migas Bumi Melayu Riau (SMK Migas BMR) adalah sekolah menengah kejuruan vokasi yang fokus pada kompetensi keahlian produksi dan pemboran migas di Kota Pekanbaru, Provinsi Riau (Herawati et al., 2025). Sekolah ini menjadi salah satu institusi pendidikan yang mempersiapkan tenaga kerja siap pakai di sektor minyak dan gas bumi (migas) melalui program pembelajaran praktik dan kunjungan industri yang rutin dilaksanakan bagi siswa dan guru. Namun, tantangan pendidikan vokasi saat ini adalah kesiapan lulusan menghadapi tuntutan industri yang semakin kompleks, termasuk isu mitigasi gas rumah kaca (GRK) di era transisi energi (Muaddab et al., 2024). Pemerintah Indonesia telah menetapkan target Net Zero Emission pada 2060 serta mempromosikan teknologi mitigasi emisi seperti *Carbon Capture and Storage (CCS)* dan *Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS)* sebagai bagian dari strategi transisi energi dan dekarbonisasi sektor migas (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022). Selain itu, pendidikan vokasi di Riau dinilai sebagai langkah strategis untuk mencetak SDM unggul yang adaptif terhadap perkembangan industri dan kebutuhan masa depan, terutama melalui kemitraan dengan industri dan dunia kerja (Muslikhah & Yuliana, 2025).

Meskipun SMK Migas BMR menyediakan kurikulum praktik industri migas, menurut Hasanuddin & Haryoko (2025) terdapat kesenjangan pemahaman siswa dan guru terhadap teknologi mitigasi emisi, khususnya *CCS/CCUS*, yang kini menjadi fokus kebijakan nasional untuk mengurangi emisi GRK dari aktivitas migas. Tanpa pemahaman teknologi tersebut, kompetensi lulusan kemungkinan tidak relevan dengan kebutuhan industri migas berkelanjutan, terutama seiring meningkatnya tuntutan terhadap upaya dekarbonisasi dan pengelolaan GRK yang efektif (Kusumaningtyas, 2024).

Untuk menjawab permasalahan tersebut, PKM ini menawarkan konsep edukasi berbasis vokasi yang aplikatif melalui pengenalan dan edukasi teknologi *Carbon Capture and Storage (CCS)* sebagai bagian dari pendidikan vokasi migas, tidak hanya teori tetapi juga konteks aplikatif pada industri migas. *CCS* merupakan teknologi yang dapat menangkap CO₂ dari sumber emisi lalu menyimpannya secara aman, sehingga membantu menurunkan emisi GRK sekaligus mendukung target Net Zero Emission (Rohid et al., 2023). Implementasi Model pembelajaran interaktif melalui workshop, studi kasus industri, serta pengembangan modul pembelajaran konteks migas–lingkungan yang ditujukan bagi guru dan siswa,

disertai dengan penyusunan media edukasi digital dan cetak yang dapat dipakai secara berkelanjutan di SMK Migas BMR untuk memperkuat literasi teknologi rendah karbon.

Pendekatan ini penting karena teknologi CCS/CCUS saat ini mulai diterapkan dalam industri migas nasional, namun belum banyak diadopsi secara sistematis dalam kurikulum SMK vokasi (Dhiahaqi, 2024). Penekanan pada aspek teknis dan relevansi industri membuat program ini potensial menjadi model edukasi baru dalam konteks vokasi migas yang berkelanjutan. Oleh karena itu, kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa dan guru terhadap konsep dan praktik dasar CCS dalam mitigasi emisi, mengembangkan modul serta media pembelajaran yang kontekstual dan integratif, serta mendorong kesiapan kompetensi lulusan agar lebih adaptif terhadap kebutuhan industri migas yang semakin menuntut perhatian pada isu lingkungan dan transisi energi.

METODE PENERAPAN

Pendekatan dan Metode Pelaksanaan

Kegiatan PKM Edukasi Pemanfaatan Teknologi Carbon Capture and Storage (CCS) di SMK Migas BMR Kota Pekanbaru dilaksanakan menggunakan pendekatan edukatif-partisipatif berbasis vokasi, yang menekankan pada peningkatan kapasitas pengetahuan, pemahaman, dan kesadaran siswa dan guru terhadap teknologi mitigasi Gas Rumah Kaca (GRK).

Metode yang digunakan meliputi:

1. **Edukasi interaktif**, melalui penyampaian materi CCS dan mitigasi GRK yang disesuaikan dengan konteks vokasi migas.
2. **Workshop aplikatif**, dengan studi kasus penerapan CCS pada industri migas nasional dan global.
3. **Diskusi partisipatif**, untuk menggali pemahaman, respon, dan kebutuhan mitra.
4. **Pengembangan modul dan media pembelajaran**, sebagai sarana keberlanjutan program.

Pendekatan ini dipilih agar materi teknologi CCS yang bersifat relatif baru dapat dipahami secara kontekstual dan aplikatif oleh peserta didik vokasi migas.

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan PKM ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur, dimulai dari tahap persiapan berupa koordinasi dengan pihak SMK Migas BMR sebagai mitra, identifikasi kebutuhan serta tingkat pemahaman awal siswa dan guru, serta penyusunan materi, modul edukasi CCS, dan instrumen evaluasi berupa pre-test dan post-test. Tahap selanjutnya adalah pelaksanaan edukasi yang mencakup pemberian materi dasar terkait perubahan iklim, gas rumah kaca, dan peran industri migas, dilanjutkan dengan pemaparan konsep serta alur teknologi Carbon Capture and Storage (CCS) beserta studi kasus penerapannya di industri migas Indonesia. Kegiatan kemudian diperkuat melalui tahap workshop dan diskusi interaktif berbasis studi kasus yang melibatkan pemateri, guru, dan siswa, dengan fokus pada pemahaman aplikatif serta keterkaitan CCS dengan kompetensi vokasi migas.

Setelah itu, dilakukan tahap evaluasi melalui pelaksanaan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta, pengumpulan umpan balik, serta penilaian efektivitas metode dan materi kegiatan. Tahap akhir berupa penyusunan luaran yang meliputi finalisasi modul dan media pembelajaran CCS, penyusunan laporan PKM, dokumentasi kegiatan, serta persiapan bahan publikasi. Adapun target sasaran kegiatan ini adalah siswa kelas XI–XII SMK Migas BMR Kota Pekanbaru serta guru mata pelajaran kejuruan migas dan lingkungan, dengan jumlah peserta sekitar 30–40 siswa dan 5–10 guru. Kegiatan berlangsung selama satu hari, yaitu pada tanggal 11 Desember 2025, bertempat di SMK Migas BMR Kota Pekanbaru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat tentang Edukasi Pemanfaatan Teknologi Carbon Capture Storage untuk Mitigasi Gas Rumah Kaca telah dilaksanakan pada hari Kamis, 11 Desember 2025, di SMK Migas Bumi Melayu Riau oleh Tim PKM Prodi Perminyakan UIR yang diketuai oleh Dr. Ir. Muhammad Ariyon, ST, MT.



Gambar 1. Penyajian Materi oleh Tim PKM Teknik Perminyakan UIR

Kegiatan pengabdian masyarakat dimulai dengan sesi edukasi tentang pemanfaatan teknologi carbon capture storage untuk mitigasi dampak gas rumah kaca yang dihasilkan industri migas. Teknologi ini pada prinsipnya menangkap kembali karbondioksida (CO_2) yang terlepas dari berbagai aktivitas penggunaan bahan bakar fosil untuk kemudian disimpan kembali ke dalam perut bumi pada sumur migas yang sudah kering (Prasetyo & Windarta, 2020). Selanjutnya dilakukan sosialisasi terkait Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun (2023) tentang Penyelenggaraan Penangkapan dan Penyimpanan Karbon, serta Penangkapan, Pemanfaatan dan Penyimpanan Karbon pada Kegiatan Usaha Hulu Migas. Sosialisasi Peraturan ini dilakukan untuk memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang peraturan dan ketentuan terkait CCS dalam kegiatan usaha migas (Adiwardhana, 2023). Adapun metode yang digunakan dalam penyelenggaraan kegiatan penyuluhan ini adalah: Ceramah bervariasi.

Metode ini dipilih untuk menyampaikan konsep-konsep yang penting untuk dimengerti dan dikuasai oleh peserta penyuluhan. Penggunaan metode ini dengan pertimbangan bahwa metode ceramah dapat memberikan materi yang relatif banyak secara padat, cepat dan mudah (Nidhom et al., 2025). Materi yang diberikan meliputi :

- Memberikan sosialisasi dan edukasi kepada siswa/siswi tentang apa itu Carbon Capture Storage (CCS)
- Memberikan edukasi tentang bagaimana CCS bekerja.
- Memberikan edukasi tentang kelebihan CCS dan resiko CCS
- Memberikan edukasi tentang contoh penerapan CCS di Industri Migas Indonesia dan di Dunia

Materi yang disampaikan disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami sehingga siswa antusias mengikuti sesi tanya jawab. Kegiatan Edukasi berjalan tertib dan lancar dan diikuti dengan penuh antusias oleh siswa/i SMK Migas BMR. Hal ini terlihat dari antusiasnya peserta untuk bertanya dan menjawab berdiskusi tentang efisiensi pemanfaatan energi fosil. Ibu Winda Oktavia, ST, MT Kepala Sekolah SMK Migas BMR, dalam sambutannya mengucapkan terima kasih kepada tim pengabdian masyarakat UIR yang telah berbagi ilmu dan pengalaman berharga kepada para siswa. "Kami berharap kerja sama ini terus berlanjut untuk mendukung pendidikan yang lebih baik di bidang energi," ungkapnya Kegiatan ini ditutup dengan penyerahan kenang-kenangan dari Tim PKM UIR kepada SMKN Migas BMR dan foto bersama.

Kegiatan ini menghasilkan adanya peningkatan pengetahuan dan wawasan civitas akademika SMK Migas BMR Kota Pekanbaru. Civitas akademika memahami tentang efek gas rumah kaca dan bagaimana upaya mitigasi emisi yang dapat dilakukan oleh Industri Migas (Sugihardjo, 2022). Kegiatan PKM Edukasi Pemanfaatan Teknologi Carbon Capture and Storage (CCS) untuk mitigasi Gas Rumah Kaca di SMK Migas BMR Kota Pekanbaru ini menghasilkan luaran yang nyata, terukur, dan relevan dengan kebutuhan pendidikan vokasi migas serta agenda transisi energi, yaitu:

Peningkatan Pengetahuan dan Literasi Iklim

Kegiatan ini diharapkan mampu meningkatkan pemahaman siswa dan guru terkait konsep dasar Carbon Capture and Storage (CCS), mulai dari sumber emisi CO_2 , proses penangkapan (capture), transportasi, hingga penyimpanan (storage). Selain itu, terjadi peningkatan literasi mengenai Gas Rumah Kaca (GRK), perubahan iklim, serta peran industri migas dalam mitigasi emisi, sehingga terbentuk

pemahaman bahwa CCS merupakan teknologi transisi menuju industri migas rendah karbon. Keberhasilan capaian ini diukur melalui indikator bahwa $\geq 75\%$ peserta mengalami peningkatan nilai pre-test ke post-test minimal 20%, $\geq 80\%$ peserta mampu menjelaskan konsep dasar CCS dan mitigasi GRK secara lisan maupun tertulis, serta tersusunnya hasil evaluasi pemahaman peserta melalui instrumen tes.

Peningkatan Kompetensi Guru dan Siswa

Program ini juga bertujuan untuk meningkatkan kompetensi guru dan siswa, di mana guru memperoleh referensi teknologi migas terkini yang dapat mendukung pengayaan materi pembelajaran, sementara siswa memiliki kompetensi awal (awareness level) terkait teknologi CCS sebagai bekal kesiapan kerja di industri migas masa depan. Selain itu, diharapkan terbentuk pola pikir siswa yang lebih terbuka terhadap konsep green jobs dan migas berkelanjutan. Indikator keberhasilan meliputi $\geq 70\%$ guru menyatakan bahwa materi CCS relevan dan aplikatif untuk pembelajaran, $\geq 75\%$ siswa menunjukkan peningkatan pemahaman terkait teknologi migas rendah karbon, serta terlaksananya sesi diskusi atau pendalaman materi bersama guru dan siswa.

Implementasi Edukasi Berbasis Praktik dan Diskusi

Pelaksanaan kegiatan difokuskan pada pendekatan berbasis praktik dan diskusi melalui penyelenggaraan workshop, diskusi interaktif, serta studi kasus terkait penerapan CCS di industri migas. Melalui kegiatan ini, siswa diharapkan mampu mengaitkan teknologi CCS dengan operasi lapangan migas, seperti produksi, pengolahan gas, dan fasilitas CO₂, sekaligus meningkatkan partisipasi aktif serta minat belajar. Keberhasilan tahap ini ditunjukkan dengan terlaksananya minimal satu kegiatan workshop atau diskusi interaktif, $\geq 70\%$ peserta berpartisipasi aktif dalam kegiatan (bertanya, berdiskusi, atau menganalisis studi kasus), serta tersusunnya ringkasan hasil diskusi atau studi kasus CCS.

Produk Luaran (Output) PKM

Output dari kegiatan ini mencakup tersusunnya laporan kegiatan PKM yang terdokumentasi secara sistematis serta publikasi artikel populer atau ilmiah mengenai edukasi CCS yang diajukan ke Jurnal PKM Canang terakreditasi Sinta. Indikator pencapaian meliputi tersedianya satu laporan PKM lengkap dan terdokumentasi, satu artikel populer atau ilmiah yang dipublikasikan atau diajukan, serta dokumentasi kegiatan dalam bentuk foto atau video yang tersimpan dengan baik dan layak untuk publikasi.

Dampak Jangka Panjang

Dalam jangka panjang, kegiatan ini diharapkan mampu membentuk kesadaran lingkungan dan budaya rendah karbon di lingkungan SMK Migas, sekaligus memperkuat peran sekolah sebagai pencetak sumber daya manusia migas yang adaptif terhadap transisi energi. Program ini juga diharapkan memberikan kontribusi terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya tujuan 4, 7, 9, dan 13, serta mendukung agenda Astacita terkait ketahanan energi dan pembangunan berkelanjutan.



Gambar 2. Foto Bersama Peserta PKM

Kegiatan edukasi dan penyuluhan ini memberikan dampak yang positif bagi peningkatan wawasan civitas akademika SMK Migas Bumi Melayu Riau tentang Edukasi Pemanfaatan Teknologi Carbon Capture Storage untuk mitigasi Gas Rumah Kaca. Peran teknologi CCS adalah sebagai alat yang efektif dalam menangkap dan menyimpan karbon dioksida, serta kontribusinya terhadap penurunan emisi di sektor energi yang diharapkan dapat mengakomodasi target pengurangan emisi karbon (Puspitasari et al., 2024). Kegiatan pengabdian ini merupakan kegiatan kolaboratif dan integratif dalam bidang Teknik, ekonomi dan lingkungan. Integratif keilmuan ini akan memberikan kontribusi yang dinamis dan memberikan pengembangan kesadaran terhadap pentingnya pemanfaatan sumber daya alam minyak dan gas bumi yang ramah lingkungan sehingga sumber daya migas ini dapat dikelola untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat (Faoziyah, 2023).



Gambar 3. Foto Siswa-siswi SMK Migas BMR

KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) Edukasi Pemanfaatan Teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS) di SMK Migas BMR Kota Pekanbaru merupakan upaya strategis dalam meningkatkan literasi, pemahaman, dan kesadaran siswa serta guru terhadap teknologi mitigasi Gas Rumah Kaca (GRK) di sektor migas. Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan, metode edukasi interaktif, workshop aplikatif, dan diskusi studi kasus terbukti efektif dalam menjembatani kesenjangan pengetahuan mitra terkait teknologi CCS yang masih relatif baru dalam konteks pendidikan vokasi. Secara keseluruhan, PKM ini berkontribusi pada penguatan kapasitas pendidikan vokasi migas yang adaptif terhadap tuntutan industri rendah karbon, sekaligus mendukung agenda pembangunan berkelanjutan dan ketahanan energi nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Islam Riau (DPPM UIR) yang telah memberikan bantuan dana untuk kegiatan pengabdian masyarakat ini. Terima kasih kepada SMK Migas BMR Kota Pekanbaru sebagai mitra dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini atas dukungan, kerja sama, serta kesempatan yang telah diberikan sehingga seluruh rangkaian kegiatan dapat terlaksana dengan baik dan lancar. Apresiasi juga disampaikan kepada kepala sekolah, guru, serta siswa yang telah berpartisipasi aktif dan memberikan kontribusi positif selama pelaksanaan kegiatan. Dukungan dan keterlibatan seluruh pihak sangat berarti dalam keberhasilan program ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwardhana, A. (2023). Penggunaan Teknologi Ccs/Ccus Untuk Mendukung Penurunan Emisi Grk Sektor Energi. *Buletin Pertamina*, 9(2), 125.
- Dhiahaqi, T. F. (2024). *Studi Literatur Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) di Indonesia*. Universitas Islam Indonesia.

- Faoziyah, S. (2023). *Pembangunan Kawasan Industri Migas Berkonsep Sustainability*. Pusaka Media.
- Hasanuddin, H., & Haryoko, S. (2025). *Filsafat Ilmu dan Pendidikan Vokasi: Pendekatan Kritis terhadap Pengembangan Bioenergi di Era Revolusi Industri 4.0*. PT. Star Digital Publishing.
- Herawati, I., Melyssa, R., Napitupulu, L., Islami, N., Medoza, N. A., Pratama, G., & Arrosyq, A. F. (2025). Edukasi Kesiapan Mental dan Budaya Kerja di Industri Migas untuk Siswa SMK Migas BMR Pekanbaru. *BERDAYA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2 (Oktober)), 53–60.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022). *Teknologi CCS-CCUS Jadi Tren Baru Hadapi Transisi Energi*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/teknologi-ccs-ccus-jadi-tren-baru-hadapi-transisi-energi>.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2023*. 219.
- Kusumaningtyas, A. N. (2024). Upaya Mitigasi Emisi Karbon: Seberapa Seriuskah Indonesia? *Prosiding Seminar Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi Dan Teknik*, 6, 28–40.
- Muaddab, H., Zunitasari, I., & Martha, J. A. (2024). Problematika Green Skill Terhadap Kesiapan Kerja Lulusan Smk Di Sektor Industri Hijau. *Research and Development Journal Of Education*, 10(1), 460–470.
- Muslikhah, R. I., & Yuliana, L. (2025). *Menara Siber: Strategi Baru Kemitraan Smk dan Industri Yang Strategis dan Berkelanjutan*. Star Digital Publishing, Yogyakarta-Indonesia.
- Nidhom, M. Z. B., El Islami, M. F., & Mustamir, A. K. (2025). Efektivitas Metode Ceramah Bervariasi Dalam Pembelajaran. *SIGARUDA JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi Dan Pendidikan*, 1(1), 192–202.
- Prasetyo, A. W., & Windarta, J. (2020). *Pemanfaatan Teknologi Carbon Capture Storage (CCS) dalam Upaya Mendukung Produksi Energi yang Berkelanjutan*. September 2022. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14509>.
- Puspitasari, A., Maylani, S., Cindy, C. N., & Putri, R. K. (2024). Peran Carbon Capture and Storage dalam Kebijakan Cap and Tax: Analisis Strategi untuk Pengurangan Emisi dan Transisi Energi. *Prosiding Seminar Nasional Ekonomi Dan Perpajakan*, 4(1), 115–126.
- Rohid, A., Rahman, D. R., Darmawan, T. R., & Mujiyanti, S. F. (2023). Pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik berbasis elektrokimia sebagai inovasi industri untuk mencapai net zero emissions. *Lomba Karya Tulis Ilmiah*, 4(1), 19–33.
- Sugihardjo, S. (2022). CCUS-Aksi Mitigasi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Pengurusan Minyak CO2-EOR. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 56(1), 21–35.