

## Analisis Perancangan *Carbon Capture Utilization and Storage* pada PLTGU Muara Tawar Bekasi

Akhmad Junaidy<sup>1\*</sup>, Yogi Sirodz Gaos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

\*Email Corresponding Author: junaidy0101@gmail.com, yogisirodz@gmail.com

### ABSTRAK

Indonesia merupakan negara penghasil CO<sub>2</sub> yang besar, salah satunya berasal dari Pembangkit Listrik Konvensional. Indonesia berkomitmen di Paris Agreement untuk mengurangi emisi karbon sebesar 29-41% tahun 2030 dengan pengenalan energi bersih, terbarukan dan konversi energi. Skenario yang bisa dipilih adalah sustainable development scenario (SDS), khususnya teknologi *Carbon Capture, Utilization and Storage* (CCUS). Penelitian ini bertujuan untuk melihat peluang, tantangan, efek terhadap lingkungan serta pengaruh CCUS terhadap pembangunan berkelanjutan di *Power Plant* di Indonesia. Potensi Indonesia menerapkan CCUS khususnya dalam penangkapan dan penyimpanan CO<sub>2</sub> sangat baik. Penangkapan CO<sub>2</sub> bersumber dari lapangan migas dan power plant. CCUS di industri migas digunakan untuk *Enhanced Oil Recovery* yaitu metode yang digunakan untuk meningkatkan cadangan sumur gas. Tantangan yang harus dilakukan yaitu biaya yang diperlukan, infrastruktur dan lingkungan sekitar yang dijadikan penyimpanan CO<sub>2</sub>. CCUS adalah salah satu jawaban untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan industry pembangkit listrik di Indonesia, karena dapat menangkap CO<sub>2</sub> di atmosfer, disimpan ke bawah permukaan dan hasilnya dapat meningkatkan produksi migas dan mengurangi polusi di Indonesia. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan potensi CCUS lebih lanjut sehingga dapat mengurangi polusi CO<sub>2</sub> di Indonesia.

**Kata kunci:** CCUS; CO<sub>2</sub>; Emisi Karbon; HYSYS; PLTGU.

### ABSTRACT

Indonesia is a large CO<sub>2</sub> producing country, one of which comes from conventional power plants. Indonesia is committed in the Paris Agreement to reduce carbon emissions by 29-41% by 2030 with the introduction of clean, renewable energy and energy conversion. The scenario that can be chosen is the sustainable development scenario (SDS), especially the *Carbon Capture, Utilization and Storage* (CCUS) technology. This study aims to look at the opportunities, challenges, effects on the environment and the influence of CCUS on sustainable development at *Power Plants* in Indonesia. Indonesia's potential to apply CCUS, especially in the capture and storage of CO<sub>2</sub> is very good. CO<sub>2</sub> capture is sourced from oil and gas fields and power plants. CCUS in the oil and gas industry is used for *enhanced oil recovery*, which is a method used to increase gas well reserves. The challenges that must be done are the required costs, infrastructure and the surrounding environment that is used as CO<sub>2</sub> storage. CCUS is one of the answers to reduce CO<sub>2</sub> emissions produced by the power generation industry in Indonesia, because it can capture CO<sub>2</sub> in the atmosphere, stored below the surface and as a result can increase oil and gas production and reduce pollution in Indonesia. The results of this study are expected to further develop the potential of CCUS so as to reduce CO<sub>2</sub> pollution in Indonesia.

**Key words:** Carbon Emission; CCUS; CO<sub>2</sub>; HYSYS; Combine Cycle.

## PENDAHULUAN

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral telah menyusun roadmap transisi energi menuju *Net Zero Emission* (NZE) tahun 2060 dengan upaya pengembangan EBT, *retirement* PLTU, pemanfaatan hidrogen, baterai, kendaraan listrik, gas kota, BBG, juga teknologi rendah karbon seperti CCS/CCUS [1]. Pembangkit Listrik di Indonesia menyumbang 14% emisi secara Nasional [2,3]. Untuk itu CCS sebagai salah satu teknologi pemanfaatan Carbon dari emisi merupakan sebuah solusi untuk mengurangi emisi terhadap udara. Carbon yang di tangkap akan di manfaatkan sebagai *Enhance Oil Recovery* (EOR) pada sumur minyak dan gas. Pengembangan teknologi CCR telah berkembang dan di gunakan di beberapa negara. Proyek CCS pertama kali di Indonesia berada di sumur minyak Gundhi sebagai proyek percontohan dalam penerapan CCS ini [3]. Diharapkan penelitian ini dapat menambah dan memperluas penelitian mengenai pengurangan emisi di Indonesia. Biaya untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di Uni Eropa sebesar 50 EUR/tCO<sub>2</sub> [4] dan trend nya akan terus meningkat sesuai dengan kebutuhan dan bertambahnya emisi CO<sub>2</sub> yang di hasilkan.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk menentukan kapasitas dan dimensi peralatan *Carbon Capture* yang sesuai dan juga menghitung potensi pemanfaatan dari CO<sub>2</sub> yang dihasilkan.

Penelitian sebelumnya oleh Prana Arisukma, Nicko Aji Purnomo, dan Kartika Udyani pada tahun 2021 dengan hasil dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dimensi, lebar, dan tinggi kolom pada alat *Absorber* dan juga efisiensi menggunakan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada penyerapan CO<sub>2</sub> yang terkandung [5].

Penelitian oleh Miqdar Zulfikar pada Mei 2016 di Bandung dengan hasil teknologi pemisahan Karbon dengan menggunakan membran dipilih dengan mengedepankan aspek biaya yang relatif murah dan mudah untuk perawatannya [6].

Penelitian selanjutnya oleh Cristian Dinca, Adrian Badea, Laurentiu Stoica dan Adrian Pascu pada tahun 2014 di Romania dengan hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan *Raschig Ceramic Ring* dapat meminimalisir penyerapan Thermal Energy dan penggunaan *Solvent* MEA juga menjadi lebih rendah [7].

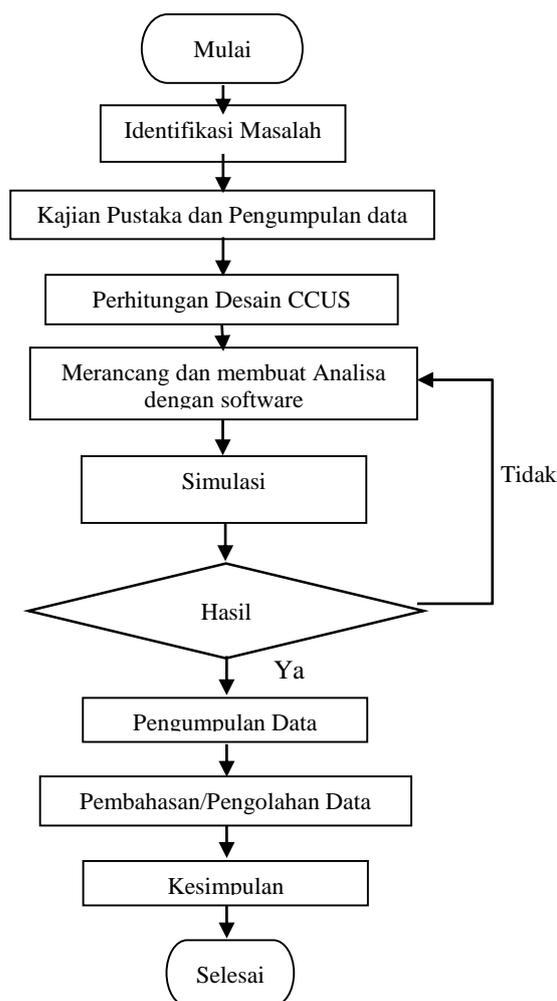
Dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi industri pembangkit listrik maupun minyak dan gas dalam pengembangan teknologi *Carbon Capture* dan potensi dari CO<sub>2</sub> yang dapat dihasilkan, serta juga dapat membantu target pencapaian nasional dalam mengurangi emisi karbon di tanah air dan pengembangan teknologi CCUS.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang di gunakan adalah dengan mengambil data input yang digunakan dari lapangan dari *Flue Gas* pada *Stack* keluaran pembakaran Gas pada PLTGU Muara Tawar Bekasi. Hasil proses menggunakan analisa menggunakan *software* Hysys dan juga melakukan optimasi dengan *variable* suhu dan tekanan.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *software* Hysys yang merupakan *software* proses produksi yang dapat melakukan analisa dan perhitungan terhadap sebuah produksi sehingga menghasilkan hasil yang optimal [8]. Hasil perhitungan dari simulasi ini kemudian dilakukan validasi dengan melakukan perhitungan secara manual.

Proses produksi atau pemisahan yang dilakukan untuk mendapatkan CO<sub>2</sub> menggunakan teknologi *Absorber* dengan menggunakan pelarut MDEA sebanyak 50 % [9] dan pemisahan kembali dengan menggunakan *Stripper* dengan menggunakan panas dari reboiler. Diagram alir yang dilakukan dapat dilihat dari Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

## II.1 Absorber

Proses penyerapan *Carbon* ini merupakan *Post Combustion Capture* yaitu metode penangkapan *Carbon* yang di peroleh dari hasil pembakaran pada Gas Turbin. Metode ini akan membutuhkan volume Flue Gas yang besar dan tekanan yang rendah [10].

*Amine package* yang dimodelkan dibangun dengan prinsip absorpsi di kolom Absorber dengan tekanan rendah dan temperatur rendah sedangkan regenerasi dilakukan di regenerator pada tekanan rendah dan temperatur tinggi. *Feed* atau masukan aliran berupa *Flue Gas* yang masuk kedalam kolom absorpsi memiliki temperatur sebesar 117,7°C dan tekanan sebesar 100 kPa. Pemilihan temperatur *Flue Gas* diambil dari rata rata beban kerja dari turbin gas PLTGU. *Lean Amine* yang digunakan sebagai *absorbent* masuk kedalam kolom absorpsi dengan temperatur 46,3°C dan tekanan 14 kPa. Proses absorpsi di *Absorber* berkerja pada tekanan rendah dan temperatur yang rendah dan terjadi perubahan temperatur pada setiap tahap *Raschig Ring Packed Bed*. Sehingga aliran *rich Amine* keluaran *bottom Absorber* memiliki temperatur sebesar 42,26°C. Dari hasil kolom *Absorber* di dapat *Sweet Gas* atau gas emisi yang sudah terbebas dari CO<sub>2</sub> [11].

Penggunaan MDEA (*Methyldiethanolamine*) sebagai pelarut di pertimbangkan karena memiliki kemampuan regenerasi yang baik sehingga dapat di gunakan berulang sebagai pelarut di kolom Absorber [12].

## II.2 Stripper

*Rich Amine* yang di dapat dari kolom *Absorber* akan di proses untuk memproduksi CO<sub>2</sub> murni pada kolom Stripper. Larutan yang mengandung CO<sub>2</sub> dan Amine akan di pisahkan dengan cara memanaskan larutan tersebut dengan menggunakan uap panas/steam dari *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). Dari hasil pemisahan pada Kolom Stripper maka diperoleh CO<sub>2</sub> murni dengan temperatur akhir sebesar 43,33 °C dan tekanan sebesar 1 atm. Proses absorpsi di Absorber berkerja pada tekanan rendah dan temperatur yang rendah dan terjadi perubahan temperatur pada setiap tahap *Raschig Ring Packed Bed* [8]. Pada stripper semakin tinggi tekanan proses maka akan semakin rendah efisisensi nya. Sehingga aliran *rich Amine* keluaran *bottom Absorber* memiliki temperatur sebesar 42,26 °C.

Proses penguraian CO<sub>2</sub> dari kolom Stripper dengan menggunakan tekanan konstan 1 atm dapat menaikkan efisiensi *recovery* gas yang terkandung [13].

## II.3 Optimasi

Desain dapat di optimasi dengan cara merubah parameter Tekanan dan Temperatur Salah satu parameter yang dapat di optimasi adalah dengan

melakukan perubahan temperatur [14]. Dari hasil simulasi di perhitungkan 5 variabel titik temperatur sebesar 40°C, 30°C, 20°C, 10°C dan 5°C. Optimasi yang lain yang dapat dilakukan adalah dengan cara menaikkan Tekanan pada input kolom *Absorber*, dengan menaikkan Tekanan maka di dapat efisiensi dan produksi hasil CO<sub>2</sub> menjadi lebih tinggi. Tekanan yang sebelumnya pada 29 Psi dinaikkan hingga menjadi 50 Psi dapat menambah produksi aliran CO<sub>2</sub>.

Pengurangan emisi pada CO<sub>2</sub> *Capture* yang di hitung akan memberi dampak pada pemakaian energi pada pembangkit. Energi yang di gunakan sebesar 24% dari 90% ke atas CO<sub>2</sub> *Capture* yang dilakukan [13]. Simulasi dengan menggunakan 4 langkah VSA (*Vacuum Swing Absorbition*) dapat memperkecil pemakaian energi dalam proses pemisahan [15]. Penggunaan media membran pada Kolom *Stripper* untuk memisahkan CO<sub>2</sub> juga dapat mempengaruhi efektifitas dan konsumsi energi pada pemisahan ini [16].

## II.4 Analisa Ekonomi

Pemanfaatan atau *Utilization* CO<sub>2</sub> yang di peroleh salah satunya dapat di gunakan sebagai EOR (*Enhanced Oil Recovery*). Salah satu metode dari EOR adalah dengan Injeksi CO<sub>2</sub>. Injeksi CO<sub>2</sub> EOR telah dilakukan di USA sejak tahun 1990an [17]. Metode ini memiliki nilai ekonomi yang baik dan dapat meningkatkan produksi minyak secara berkesinambungan. Tantangan dari metode ini adalah jarak sumber CO<sub>2</sub> dan sumber ladang minyak yang jauh sehingga transportasi menjadi biaya bertambah besar [18].

Perhitungan secara ekonomi dilakukan sebagai analisa perhitungan untuk menentukan bahwasanya investasi pada teknologi ini layak dilakukan. Pemanfaatan hasil produksi di gunakan sebagai *Enhance Oil Recovery* dengan menggunakan system *gas flooding* CO<sub>2</sub> pada ladang minyak dan gas di sekitar wilayah Bekasi.

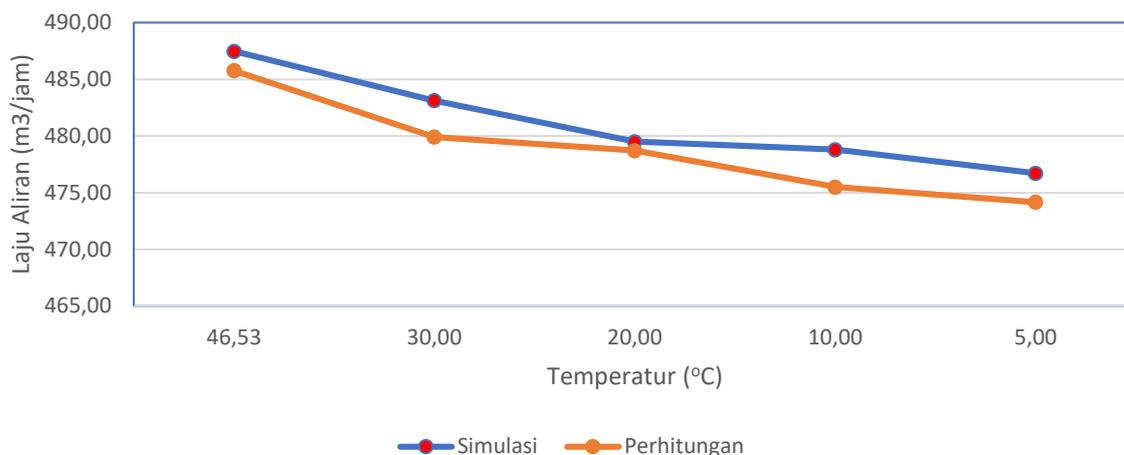
Perhitungan menggunakan metode OPEX dan APEX dengan menggunakan analisa harga pada CEPCII [19] Nilai tukar dolar terhadap rupiah dan juga nilai jual harga minyak sangat mempengaruhi kelayakan investasi ini dilakukan jika dipalikesikan pada EOR untuk ladang minyak dan gas [20].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini data hasil simulasi dengan menggunakan software Hysys dengan menggunakan parameter produksi *Stack Flue Gas* di PLTGU muara tawar di hasilkan produksi karbon sebesar Dari hasil simulasi diperoleh dari CO<sub>2</sub> yang di hasilkan sebesar 62,62 ton/jam dengan faktor beban sebesar 60%, maka diperoleh produksi CO<sub>2</sub> sebesar 329.356,00 ton dalam 1 tahun.

Dengan menggunakan simulasi perhitungan optimasi proses ini dilakukan dengan mengubah

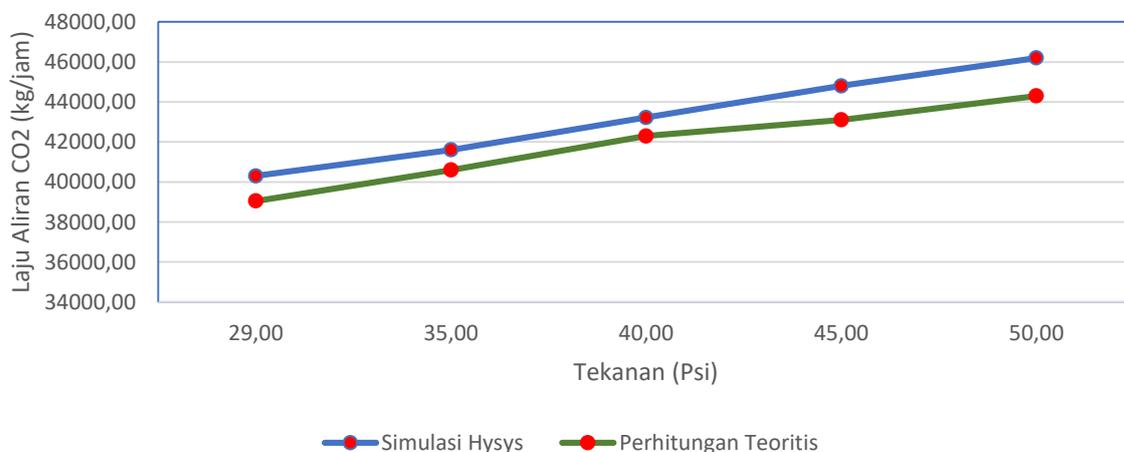
variable Temperatur *flue gas* yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Temperatur Vs Laju Aliran

Dari hasil optimasi di peroleh bahwa dengan menurunkan temperatur pada aliran masuk absorber maka akan dapat menaikkan efisiensi pemakaian pelarut MDEA yang akan digunakan untuk menangkap CO<sub>2</sub> pada kolom Absorber. Semakin rendah temperatur yang masuk maka laju aliran yang di butuhkan akan semakin rendah pula. Sehingga temperatur yang baik yang masuk ke dalam kolom Absorber di ambil sebesar 5°C.

Optimasi yang lain yang dapat dilakukan adalah dengan cara menaikkan Tekanan pada input kolom Absorber, dengan menaikkan Tekanan maka di dapat efisiensi dan produksi hasil CO<sub>2</sub> menjadi lebih tinggi. Tekanan yang sebelumnya pada 29 Psi dinaikkan hingga menjadi 50 Psi dan hasilnya produksi bertambah sebesar 5.900 kg/jam terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tekanan Vs Laju Aliran CO<sub>2</sub>

**KESIMPULAN**

Dari penelitian ini didapat kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi diperoleh dari CO<sub>2</sub> yang di hasilkan sebesar 62,62 ton/jam dengan faktor beban sebesar 60%, maka diperoleh produksi CO<sub>2</sub> sebesar 329.356,00 ton dalam 1 tahun.
2. Dengan mengubah variable Temperatur dan Tekanan dihasilkan optimasi dari proses penangkapan Karbon sebesar produksi CO<sub>2</sub> sebesar 14%.

3. Dengan menghitung Capex and Opex dan analisis biaya Fix dan Variable Cost pada produksi CO<sub>2</sub> maka di peroleh ROI sebesar 33,5%. Payback Period atau waktu pengembalian investasi selama 2,6 tahun dari produksi awal. Nilai BEP 25% lebih kecil dari 50 % sehingga nilai investasi ini sangat mungkin untuk dilakukan. Dan jika di hitung dari pemanfaatan CO<sub>2</sub> untuk Injeksi EOR pada sumur minyak di Muara Gembong Bekasi diperoleh nilai BEP sebesar 27,5% dan Payout Period selama 2,7 tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung Pribadi, "MINISTRY OF ENERGY AND MINERAL RESOURCES REPUBLIC OF INDONESIA PRESS RELEASE NUMBER: 359.Pers/04/SJI/2021." Accessed: Sep. 26, 2022. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/road-map-to-carbon-neutrality-is-being-prepared-says-energy-minister>
- [2] M. Ge, J. Friedrich, and L. Vigna, "Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors," 2020, Accessed: Sep. 26, 2022. [Online]. Available: <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>
- [3] B. P. Putra and B. F. T. Kiono, "Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak Indonesia," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 2, pp. 84–100, Jul. 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11152.
- [4] P. Madejski, K. Chmiel, N. Subramanian, and T. Kuś, "Methods and Techniques for CO<sub>2</sub> Capture: Review of Potential Solutions and Applications in Modern Energy Technologies," *Energies*, vol. 15, no. 3, MDPI, Feb. 01, 2022. doi: 10.3390/en15030887.
- [5] P. Arisukma, N. A. Purnomo, D. K. Udyani, I. T. Adhi, and T. Surabaya, "Studi Desain Absorber untuk Penyerapan CO<sub>2</sub>," 2021.
- [6] M. Zulfikar Irriyanto, "TEKNOLOGI MEMBRAN UNTUK PEMISAHAN KARBON DIOKSIDA DARI GAS BUANG Abstrak," 2016.
- [7] C. Dinca, A. Badea, L. Stoica, and A. Pascu, "Absorber design for the improvement of the efficiency of postcombustion CO<sub>2</sub> capture," *Journal of the Energy Institute*, vol. 88, no. 3, pp. 304–313, 2015, doi: 10.1016/j.joei.2014.08.003.
- [8] N. I. F. Nisa, A. Altway, and S. S., "Simulasi Unit Stripping CO<sub>2</sub> Dalam Packed Column Skala Industri Dengan Kondisi Non-Isothermal," *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, vol. 14, no. 1, pp. 53–62, Jun. 2019, doi: 10.23955/rkl.v14i1.13547.
- [9] Y. Kurniati and L. Qomariyah, "Prediksi Solubilitas (Absorpsi) Gas CO<sub>2</sub> dalam Larutan Potasium Karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan MDEA Menggunakan Simulasi ASPEN-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-MDEA-H<sub>2</sub>O system, electrolyte NRTL model, vapor-liquid equilibrium," vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2018, [Online]. Available: [www.jtkl.polinema.ac.id](http://www.jtkl.polinema.ac.id)
- [10] J. Oexmann, A. Kather, S. Linnenberg, and U. Liebenthal, "Post-combustion CO<sub>2</sub> capture: Chemical absorption processes in coal-fired steam Power Plants," *Wileyonlinelibrary.com*, 2012.
- [11] N. Sylvia, A. Lukman, H. Jurusan, and T. Kimia, "Jurnal Teknologi Kimia Unimal Jurnal Teknologi Kimia Unimal Simulasi Aliran Kolom Absorpsi untuk Proses Penyerapan CO<sub>2</sub> dengan Absorben Air menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulation of Absorption Column Flow for CO<sub>2</sub> Absorption Process with Water Absorbent using Computational Fluid Dynamics (CFD)," 2018. [Online]. Available: <http://ojs.unimal.ac.id/index.php/jtk>
- [12] Z. (Henry) Liang *et al.*, "Recent progress and new developments in post-combustion carbon-capture technology with amine based solvents," *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 40, Elsevier Ltd, pp. 26–54, Sep. 01, 2015. doi: 10.1016/j.ijggc.2015.06.017.
- [13] A. Hajari, M. Atanga, J. L. Hartvigsen, A. A. Rownaghi, and F. Rezaei, "Combined Flue Gas Cleanup Process for Simultaneous Removal of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, and CO<sub>2</sub> - A Techno-Economic Analysis," *Energy and Fuels*, vol. 31, no. 4, pp. 4165–4172, Apr. 2017, doi: 10.1021/acs.energyfuels.6b02881.
- [14] Eka Megawati; Yuniarti; Achmad fadlih, "Analisis Pengaruh & Hubungan temperatur Amine, Tekanan feed gas pada Absorber," 2020.
- [15] R. Haghpanah, R. Nilam, A. Rajendran, S. Farooq, and I. A. Karimi, "Cycle synthesis and optimization of a VSA process for postcombustion CO<sub>2</sub> capture," *AIChE Journal*, vol. 59, no. 12, pp. 4735–4748, Dec. 2013, doi: 10.1002/aic.14192.
- [16] Z. Wang, M. Fang, Q. Ma, Z. Zhao, T. Wang, and Z. Luo, "Membrane stripping technology for CO<sub>2</sub> desorption from CO<sub>2</sub>-rich absorbents with low energy consumption," in *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, 2014, pp. 765–772. doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.085.
- [17] H. C. Lau, S. Ramakrishna, K. Zhang, and A. V. Radhamani, "The role of carbon capture and storage in the energy transition," *Energy and Fuels*, vol. 35, no. 9, pp. 7364–7386, May 2021, doi: 10.1021/acs.energyfuels.1c00032.
- [18] D. Pant, A. Kumar, N. Kamal, K. Pant, A. Kumar, and A. Editors, "Energy, Environment, and Sustainability Series

- Editor: Avinash Kumar Agarwal,” 2021. [Online]. Available: <https://www.springer.com/us/authors-editors/journal-author/journal-author-hel>
- [19] B. Huang *et al.*, “Industrial test and techno-economic analysis of CO<sub>2</sub> capture in Huaneng Beijing coal-fired power station,” *Appl Energy*, vol. 87, no. 11, pp. 3347–3354, 2010, doi: 10.1016/j.apenergy.2010.03.007.
- [20] D. DSM Saputra, dan M. Edward Tobing Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi, J. Ciledug Raya Kav, K. Lama, and J. Selatan, “STUDI KELAYAKAN UNTUK IMPLEMENTASI INJEKSI CO<sub>2</sub> SKALA PILOT DI LAPANGAN MINYAK A, SUMATERA SELATAN (Feasibility Study for Pilot Scale CO<sub>2</sub> Injection Implementation in Oil Field A, South Sumatera),” 2018. [Online]. Available: <http://www.journal.lemigas.esdm.go.id>