



## INTISARI

Emisi gas rumah kaca dari sektor energi dan industri merupakan salah satu kontributor terbesar terhadap perubahan iklim global. Sebagai komitmen Indonesia dalam menurunkan emisi gas rumah kaca, sesuai Paris Agreement dan PERPRES No. 98/2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon, maka teknologi *carbon capture* menjadi salah satu solusi mitigasi yang paling realistis untuk diaplikasikan pada fasilitas yang telah beroperasi. Meskipun demikian, penerapan teknologi ini masih menghadapi beragam tantangan khususnya dari aspek keekonomian, sehingga diperlukan kajian teknoekonomi yang komprehensif untuk menyesuaikan dengan kondisi di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi CO<sub>2</sub> dan laju alir *flue gas* terhadap *total capital investment*, *operating cost*, dan *capture cost* pada proses *amine based post-combustion capture*. Pada proses penangkapan karbon dari sektor pembangkit, kami telah mensimulasikan data spesifikasi *flue gas* yang dihasilkan dari *software* Integrated Environmental Control Model (IECM). Selanjutnya kajian teknoekonomi dilakukan dengan memvalidasi hasil perhitungan IECM dengan simulasi Aspen Plus. Pada bagian berikutnya, kami telah melakukan analisis sensitivitas terhadap perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> (7,86 mol%, 22 mol%, and 36,14 mol%) serta variasi laju alir *flue gas* pada rentang 1–1000 kg/s. Evaluasi teknoekonomi dilakukan untuk menghitung *capital expenditure (CAPEX)*, *operating expenditure (OPEX)*, *total annualized cost (TAC)*, dan *capture cost per ton CO<sub>2</sub>*.

Analisis teknoekonomi diawali dengan mengevaluasi kajian teknoekonomi kondisi baseline dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 12,05 mol% dan laju alir *flue gas* 1.450.560 kg/jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *total capital investment* pada skenario baseline diperoleh sebesar 223,25 juta USD dan meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya laju alir *flue gas* akibat kebutuhan kapasitas peralatan yang lebih besar. Konsentrasi CO<sub>2</sub> tidak memberikan pengaruh besar terhadap CAPEX. Hasil perhitungan *operating cost* menghasilkan nilai sebesar 133,23 juta USD dan nilai ini menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap kedua parameter. Peningkatan *flowrate* dan konsentrasi CO<sub>2</sub> menyebabkan kenaikan kebutuhan energi dan larutan penyerap MEA. Nilai *Capture cost baseline* sebesar 60,8 USD/ton CO<sub>2</sub>, dan cenderung menurun pada rentang tertentu. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa laju alir *flue gas* merupakan faktor dominan yang mempengaruhi CAPEX.

Hasil analisis sensitivitas *total capital investment* menunjukkan pada tren peningkatan seiring dengan naiknya laju alir *flue gas* dan konsentrasi CO<sub>2</sub>. *Total capital investment* terbesar diperoleh pada variasi laju alir *flue gas* sebesar 1000 kg/s dan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 22% dengan nilai *total capital investment* sebesar 1254 juta USD. Pada analisis sensitivitas *total annualized cost* juga menunjukkan pada tren peningkatan seiring dengan naiknya laju alir *flue gas* dan konsentrasi CO<sub>2</sub>. *Total annualized cost* terbesar diperoleh pada variasi laju alir *flue gas* sebesar 1000 kg/s dan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 22% dengan nilai *total annualized cost* sebesar 955 juta USD. Hasil analisis sensitivitas untuk *total operating cost* menunjukkan tren peningkatan yang sama seiring dengan naiknya laju alir *flue gas* dan konsentrasi CO<sub>2</sub>. *Total operating cost* terbesar diperoleh pada variasi laju alir *flue gas* sebesar 1000 kg/s dan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 22% dengan nilai *total operating cost* sebesar 751 juta USD. *Capture cost* menunjukkan hasil yang berbeda yaitu menurun pada rentang 1-30 kg/s dan konstan pada rentang 30-1000 kg/s seiring dengan naiknya laju alir *flue gas*. Namun, peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> menunjukkan tren penurunan pada nilai *capture cost*.

**Kata kunci:** carbon capture, teknoekonomi, emisi CO<sub>2</sub>.



## ABSTRACT

*Greenhouse gas emissions from the energy and industrial sectors are among the largest contributors to global climate change. Indonesia is committed to reducing greenhouse gas emissions in line with the Paris Agreement and Presidential Regulation No. 98/2021 on the Carbon Economic Value. Carbon capture technology is a realistic mitigation solution for existing facilities. However, economic challenges hinder its full implementation. These challenges make a comprehensive techno-economic assessment, tailored to Indonesia's conditions, necessary.*

*This study aims to evaluate the effects of varying CO<sub>2</sub> concentrations and flue gas flow rates on total capital investment, operating cost, and capture cost in an amine-based post-combustion capture process. For carbon capture from the power generation sector, flue gas specifications were simulated using the Integrated Environmental Control Model (IECM). Subsequently, the techno-economic assessment was conducted by validating IECM results with Aspen Plus simulations. Sensitivity analysis was then performed by varying CO<sub>2</sub> concentration (7.86 mol%, 22 mol%, and 36.14 mol%) and flue gas flow rate in the range of 1–1000 kg/s. The techno-economic evaluation quantified the capital expenditure (CAPEX), operating expenditure (OPEX), total annualized cost (TAC), and capture cost per ton of CO<sub>2</sub>.*

*The analysis began with an evaluation of the baseline scenario, defined by a CO<sub>2</sub> concentration of 12.05 mol% and a flue gas flow rate of 1,450,560 kg/h. The results show that the total capital investment under baseline conditions is \$ 223.25 million and increases significantly with higher flue gas flow rates, due to the need for larger equipment capacities. CO<sub>2</sub> concentration was found to have minimal influence on CAPEX. The calculated operating cost reached \$ 133.23 million, exhibiting high sensitivity to both flow rate and CO<sub>2</sub> concentration. Increases in these parameters raise the energy demand and MEA solvent consumption. The baseline capture cost is 60.8 USD/ton CO<sub>2</sub>, decreasing within certain flow rate ranges. Sensitivity analysis indicates that flue gas flow rate is the dominant factor influencing CAPEX.*

*The sensitivity analyses show that total capital investment, annualized cost, and operating cost all increase with higher flue gas flow rates and CO<sub>2</sub> concentrations. The maximum values for these costs \$1,254 million (capital), \$955 million (annualized), and \$751 million (operating) all occur at a flow rate of 1,000 kg/s and a CO<sub>2</sub> concentration of 22%. In contrast, capture cost decreases with increasing flow rate between 1–30 kg/s, then remains relatively constant from 30–1,000 kg/s. Additionally, higher CO<sub>2</sub> concentration consistently reduces capture cost.*

*Keywords: carbon capture, techno-economic analysis, CO<sub>2</sub> emissions.*