

ABSTRAK

KONVERSI CO₂ MENJADI METANA PADA PROSES METANASI MENGUNAKAN KATALIS Ni/Al₂O₃

Muhammad Fikri, 2026, 83 Halaman, 14 Tabel, 9 Gambar, 4 Lampiran

Peningkatan emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂), menjadi tantangan global yang mendorong pengembangan teknologi konversi karbon menjadi energi alternatif. Proses metanasi atau reaksi Sabatier menawarkan solusi dengan mengubah CO₂ menjadi metana (CH₄) yang memiliki nilai kalor tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar sintetis. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi suhu reaktor (180–300°C) dan waktu operasi (60–180 menit) terhadap konversi CO₂ menjadi metana menggunakan katalis Ni/Al₂O₃ dengan promotor Zn dalam sistem reaktor unggun tetap (*fixed-bed*) yang terintegrasi dengan unit absorpsi larutan NaOH. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi fungsi NaOH sebagai media absorpsi di dalam reaktor sekaligus sebagai pemurni gas pada *absorber* pasca-reaktor, serta penggunaan sistem *tray* untuk mendistribusikan aliran gas secara merata melalui katalis. Proses diawali dengan aktivasi katalis menggunakan larutan NaOH 4M pada suhu 110°C selama 2 jam, dilanjutkan kalsinasi pada 600°C. Proses metanasi berlangsung pada tekanan 1 bar dengan laju alir gas tetap 0,05 L/menit. Produk gas dianalisis menggunakan *Multi Gas Detector Analyzer* untuk menentukan konsentrasi CH₄, CO₂, dan H₂ sisa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu 260°C memberikan konversi terbaik pada setiap variasi waktu operasi, sedangkan pada suhu 300°C terjadi penurunan konversi akibat kesetimbangan reaksi eksotermis yang bergeser ke arah reaktan dan konsumsi Zn yang berlebihan. Waktu operasi 120 menit merupakan waktu optimum pada rentang suhu 260°C dan 300°C, sementara pada waktu 150 dan 180 menit terjadi penurunan konversi akibat keterbatasan reduktor Zn dan potensi deaktivasi katalis. Kondisi operasi optimal dicapai pada suhu 260°C dengan waktu operasi 120 menit, yang menghasilkan konversi CO₂ tertinggi sebesar 65,59%, dengan konsentrasi CH₄ 63,22% dan sisa CO₂ 34,41%. Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi konversi CO₂ menjadi bahan bakar alternatif yang efisien dan berkelanjutan.

Kata Kunci: CO₂, metanasi CO₂, katalis Ni/Al₂O₃, Logam Zn

ABSTRACT

CONVERSION OF CO₂ TO METHANE IN THE METHANATION PROCESS USING Ni/Al₂O₃ CATALYST

Muhammad Fikri, 2026, 83 pages, 14 Tables, 9 Figures, 4 Appendices

The increase in greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide (CO₂), poses a global challenge that drives the development of carbon conversion technologies for alternative energy. The methanation process, also known as the Sabatier reaction, offers a solution by converting CO₂ into methane (CH₄), which has a high calorific value and can be utilized as a synthetic fuel. This study aims to investigate the effect of reactor temperature variations (180–300°C) and operating time variations (60–180 minutes) on the conversion of CO₂ to methane using a Ni/Al₂O₃ catalyst with Zn promoter in a fixed-bed reactor system integrated with a NaOH solution absorption unit. The novelty of this research lies in the integration of two functions of NaOH in a single process configuration: NaOH is fed directly into the reactor together with the Zn-promoted Ni/Al₂O₃ catalyst, while also being circulated to the post-condenser absorber unit, as well as the use of a tray system to ensure even gas flow distribution through the catalyst bed. The process begins with catalyst activation using 4M NaOH solution at 110°C for 2 hours, followed by calcination at 600°C. The methanation process is carried out at a pressure of 1 bar with a constant gas flow rate of 0.05 L/min. The product gas is analyzed using a Multi Gas Detector Analyzer to determine the concentrations of CH₄, residual CO₂, and residual H₂. The results showed that a temperature of 260°C provided the best conversion for each operating time variation, while at 300°C the conversion decreased due to the shifting equilibrium of the exothermic reaction toward the reactants and excessive Zn consumption. An operating time of 120 minutes was found to be optimal in the temperature range of 260°C and 300°C, while at 150 and 180 minutes the conversion decreased due to limited Zn reductant and potential catalyst deactivation. The optimal operating condition was achieved at a temperature of 260°C with an operating time of 120 minutes, yielding the highest CO₂ conversion of 65.59%, with CH₄ concentration of 63.22% and residual CO₂ of 34.41%. This study contributes scientifically to the development of efficient and sustainable CO₂ conversion technology into alternative fuels.

Keywords: CO₂, CO₂ methanation, Ni/Al₂O₃ catalyst, Zn metal