


## METANASI CO<sub>2</sub> MENGGUNAKAN KATALIS NI/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN ZN SEBAGAI PROMOTOR

Ahmad Reza Aditya<sup>\*1</sup>, Robert Junaidi<sup>2</sup>, Cindi Ramayanti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Negeri Sriwijaya, Indonesia

Corresponding Author: [ahmadreza86716@gmail.com](mailto:ahmadreza86716@gmail.com)

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Info Article</b><br/>         Received :<br/>         08 Juni 2022<br/>         Revised :<br/>         11 Juli 2023<br/>         Accepted :<br/>         03 Agustus 2023<br/>         Publication :<br/>         31 Agustus 2023</p>  | <p><b>Abstract:</b> Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) is one of the biggest contributors to the greenhouse effect. One way to reduce carbon dioxide in the atmosphere is to convert carbon dioxide and use it in chemicals, for example by hydrogenating CO<sub>2</sub> into methane. The aim of this research is to produce methane gas from carbon dioxide using Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Zn catalysts with temperature variations and to determine the effect of variations in the addition of Zn and temperature on CO<sub>2</sub> methanation. The method used is <i>in situ</i>. In this research, CO<sub>2</sub> is used as a raw material with a Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst of 8 grams and Zn will be adjusted to variations of 3.5, 4, 4.5, 5 and 5.5. To analyze the Methane (CH<sub>4</sub>) gas produced, it will be analyzed using a Multi Gas Detector Analyzer. The research results show that the highest value of methane gas produced <i>in situ</i> was obtained in sample 15 with a temperature variation of 60 0C and a Zn catalyst mass of 5.5 grams, namely 13.56%.</p> <p><b>Abstrak:</b> Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi salah satu penyumbang terbesar efek rumah kaca. Salah satu cara untuk mengurangi karbon dioksida di atmosfer adalah dengan mengubah karbon dioksida dan menggunakannya dalam bahan kimia, misalnya dengan menghidrogenasi CO<sub>2</sub> menjadi metana. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan gas metana dari karbon dioksida dengan menggunakan katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Zn dengan variasi temperatur dan Mengetahui pengaruh variasi Penambahan Zn dan temperatur pada metanasi CO<sub>2</sub>. Metode yang digunakan adalah <i>in situ</i>. Dalam penelitian ini, digunakan CO<sub>2</sub> sebagai bahan baku dengan katalis Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 8 Gram dan Zn akan diatur dengan variasi 3,5, 4, 4,5, 5 dan 5,5. Untuk analisa gas Metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan akan di analisa menggunakan <i>Multi Gas Detector Analyzer</i>. Hasil penelitian menunjukkan nilai gas metana paling banyak yang dihasilkan secara <i>in situ</i> diperoleh pada sampel 15 dengan variasi temperatur 60 0C dan massa katalis Zn sebanyak 5,5 gram yaitu sebesar 13,56%.</p> |
| <p><b>Keyword:</b><br/>         CO<sub>2</sub>, Methane (CH<sub>4</sub>),<br/>         Metanation CO<sub>2</sub>,<br/>         Promoter Zn<br/> <b>Kata Kunci:</b><br/>         CO<sub>2</sub>, Metana (Ch<sub>4</sub>), Metanasi CO<sub>2</sub>, Promotor Zn</p> <p><b>Licensed Under a Creative Commons Attribution 4.0 International License</b></p>  |  |

## PENDAHULUAN

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi salah satu penyumbang terbesar efek rumah kaca. Berdasarkan data *International Energy Agency* (IEA), emisi global karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari pembakaran energi dan aktivitas industri mencapai 36,8 miliar ton pada tahun 2022. Emisi tersebut meningkat sekitar 0,5 miliar ton dibandingkan tahun 2021. Berdasarkan IEA, peningkatan emisi pada tahun 2022 terutama berasal dari pembakaran batu bara dan minyak. Emisi karbon dioksida dari batu bara naik 1,6%. Emisi minyak meningkat 2,5%. Salah satu cara untuk mengurangi karbon dioksida di atmosfer adalah dengan mengubah karbon dioksida dan menggunakannya dalam bahan kimia, misalnya dengan menghidrogenasi CO<sub>2</sub> menjadi metana.

Hidrogenasi karbon dioksida menjadi metana atau metanasi karbon dioksida, juga dikenal sebagai reaksi Sabatier, adalah reaksi eksotermis di mana hidrogen dan karbon dioksida bereaksi membentuk metana dan air sebagai produk sampingan (Krisnandi dkk., 2020). Reaksi ini menguntungkan karena dapat digunakan pada suhu rendah antara 25 °C dan 400 °C, tetapi hidrogenasi karbon dioksida hanya dapat dicapai dengan katalis yang efektif (Fan & Tahir, 2021).

Pembentukan CH<sub>4</sub> dari CO<sub>2</sub> pada suhu rendah merupakan terobosan penting untuk memahami peran dan pemanfaatan CO<sub>2</sub>, meskipun konversinya masih sangat kecil (Martin dkk 2017). Katalis yang digunakan dalam metanasi CO<sub>2</sub> telah dipelajari secara luas dengan variasi katalis yang berbeda. Katalis nikel, *rhodium dan ruthenium* adalah beberapa agen katalitik yang paling umum digunakan. Kombinasi katalis yang terbuat dari Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan komponen lainnya telah diusulkan dan diteliti sebagai pembawa katalis.

Liu dkk 2013 melakukan penelitian untuk meningkatkan aktivitas methanasi CO<sub>2</sub> pada suhu rendah menggunakan tiga jenis katalis Ni/TiO<sub>2</sub>. Studi yang dilakukan menghasilkan konversi karbon dioksida 96 dengan selektivitas 99% terhadap katalis Ni (15%)/TiO<sub>2</sub>-DP pada suhu 260 °C.

Tada dkk (2017) mempelajari metanasi CO<sub>2</sub> menggunakan spons Ni. Ketika metanasi CO<sub>2</sub> dilakukan menggunakan spons Ni yang tidak diberi perlakuan, konversi CO<sub>2</sub> dari spons Ni adalah 83% pada suhu 250 °C di bawah kecepatan ruang tinggi (0,11 mol CO<sub>2</sub> gcat<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>). Di sisi lain, pada *pretreatment* suhu tinggi, spons Ni kehilangan aktivitasnya dalam metanasi CO<sub>2</sub> dan kerusakan permukaan. Dengan demikian, hilangnya aktivitas katalis dapat dijelaskan dengan hilangnya cacat permukaan akibat *pretreatment* suhu tinggi.

Garbarino dkk (2019) melakukan percobaan pada sampel Ni/La- $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang mengandung 13,6% Ni dan jumlah lantanum yang berbeda (0, 4, 14 dan 37) yang diberi perlakuan dengan impregnasi basah baru menggunakan pembawa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bebas silika. Akibatnya, penambahan lantanum sangat meningkatkan aktivitas Ni/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam methanasi CO<sub>2</sub>. Selektivitas untuk metana meningkat hingga hampir 100% pada suhu rendah (T <650 °K). Reaksi metanasi CO<sub>2</sub> pada La-doped Ni/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terjadi dengan energi aktivasi yang sama (80 kJ/mol) dan orde reaksi yang sedikit lebih tinggi untuk hidrogen dan orde reaksi yang lebih rendah untuk CO<sub>2</sub> daripada yang teramati untuk Ni/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> non-paduan. Lantanum bertindak sebagai promotor karena kebasaaan yang lebih kuat dari dukungan alumina lantanum, memungkinkan adsorpsi CO<sub>2</sub> yang lebih besar sebagai karbonat permukaan yang dapat bertindak sebagai "*reservoir reagen*". Katalis Ni/La-alumina yang diselidiki di sini sama efisiennya dengan katalis Ru/alumina untuk methanasi CO<sub>2</sub> selektif pada suhu rendah dan tekanan atmosfer.

Zhong dkk (2019) melakukan penelitian dengan metode baru dan sederhana untuk mengubah karbon dioksida menjadi metana dalam air dengan katalis nanopartikel Ni yang disintesis secara *in situ*, menggunakan air sebagai sumber hidrogen dan logam yang melimpah di tanah (Zn atau Fe) digunakan sebagai reduktor. Hasil metana yang sangat baik sebesar 98% dari CO<sub>2</sub> atau HCO<sub>3</sub> diperoleh pada suhu 300 °C, dan katalis nanopartikel Ni yang terbentuk *in situ* tidak hanya menunjukkan aktivitas katalitik yang sangat baik tetapi juga stabilitas. Studi mekanistik menunjukkan bahwa pembentukan metana dari HCO<sub>3</sub> atau CO<sub>2</sub> mengikuti jalur HCO<sub>3</sub> → CO<sub>2</sub> → HCOOH → CH<sub>4</sub>. penelitian ini menunjukkan pendekatan sederhana untuk konversi CO<sub>2</sub> menjadi metana yang sangat efisien menggunakan material yang melimpah di Bumi.

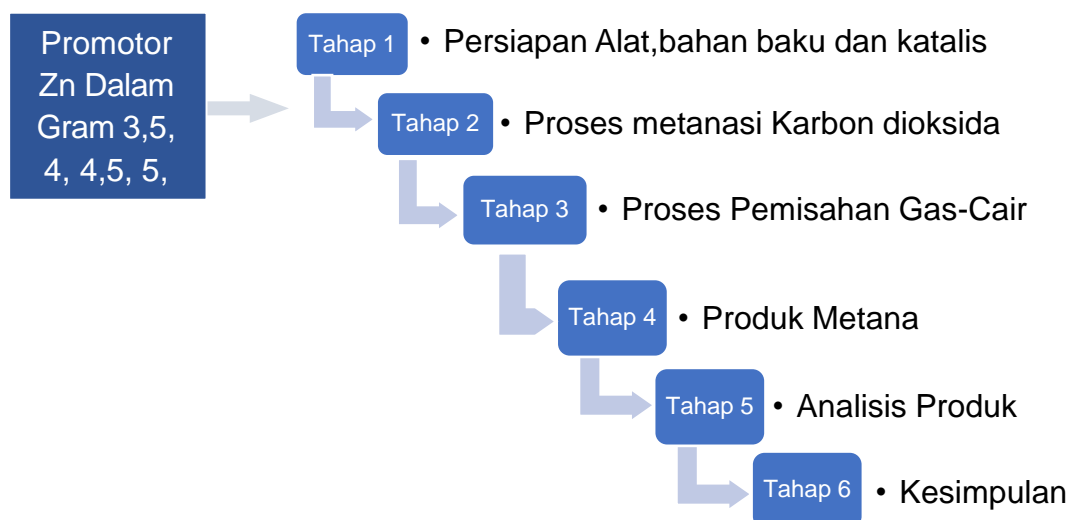
Dias & Perez-Lopez (2021) mengonversi CO<sub>2</sub> menjadi CH<sub>4</sub> menggunakan katalis Fe, Co, dan Zn yang mempromosikan Ni/SiO<sub>2</sub> yang dibuat dengan larutan basah sederhana dan mengevaluasinya. Properti ini secara positif mempengaruhi aktivitas metana dari katalis yang dipromosikan Fe dan Co, menunjukkan peningkatan konversi CO<sub>2</sub> dan selektivitas CH<sub>4</sub> dibandingkan dengan katalis yang tidak dipromosikan. Ni-Co/SiO<sub>2</sub> memberikan hasil terbaik dengan konversi CO<sub>2</sub> 73% dan selektivitas CH<sub>4</sub> 98,5% pada suhu 350 °C dan ketahanan sintering yang tinggi. Katalis yang dipromosikan oleh Fe menunjukkan resistensi yang lebih tinggi terhadap pembentukan arang, sementara promosi Zn mengakibatkan penurunan selektivitas yang tajam untuk CH<sub>4</sub> dan selanjutnya meningkatkan selektivitas untuk Co. Hasil ini menunjukkan bahwa

penggunaan Fe dan Co sebagai promotor katalis Ni/SiO<sub>2</sub> berpotensi tinggi untuk mengubah CO<sub>2</sub> menjadi CH<sub>4</sub>.

Dari beberapa penelitian diatas melakukan penelitian metanasi CO<sub>2</sub> dengan rentang suhu 350°C hingga 600°C. Pada suhu tersebut, Metanasi suhu tinggi sering menyebabkan efek yang tidak diinginkan pada stabilitas katalis (masalah kokas)/masa pakai dan peningkatan konsumsi energi (Lee dkk., 2021). Maka dari itu, penulis berencana untuk menghasilkan gas metana dari CO<sub>2</sub> menggunakan katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan penambahan Zn sebagai promotor serta dengan suhu berbeda, yaitu 40°C, 50°C dan 60°C. Katalis nikel dipilih karena dapat menyerap hidrogen dan sangat selektif untuk pembentukan metana (Loder dkk., 2020). Katalis Ni dapat mempertahankan aktivitas yang baik untuk waktu reaksi yang lama dengan menghasilkan CH<sub>4</sub> yang tinggi. Namun sulit untuk mencapai konversi CO<sub>2</sub> yang tinggi pada suhu rendah karena membutuhkan energi aktivasi yang tinggi (Chein & Wang, 2020).

## METODE

Alat dan bahan kimia yang digunakan adalah alat metanasi CO<sub>2</sub>, Erlenmeyer 250 ml, kantung urine bag kapasitas 2 l, pemanas (hot plate), gelas kimia 500 ml, dan bahan kimia meliputi larutan NaOH 3 M, CO<sub>2</sub>, Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berfungsi sebagai katalis, dan Zn berfungsi sebagai promotor. Metanasi CO<sub>2</sub> dilakukan dalam variasi temperatur dan Zn sebagai promotor, pada waktu 60 menit, laju alir 0,05 liter/min, Katalis Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 8 gram dengan menggunakan alat metanasi. Tahapan percobaan metanasi CO<sub>2</sub> ditunjukkan seperti Gambar 1 berikut.



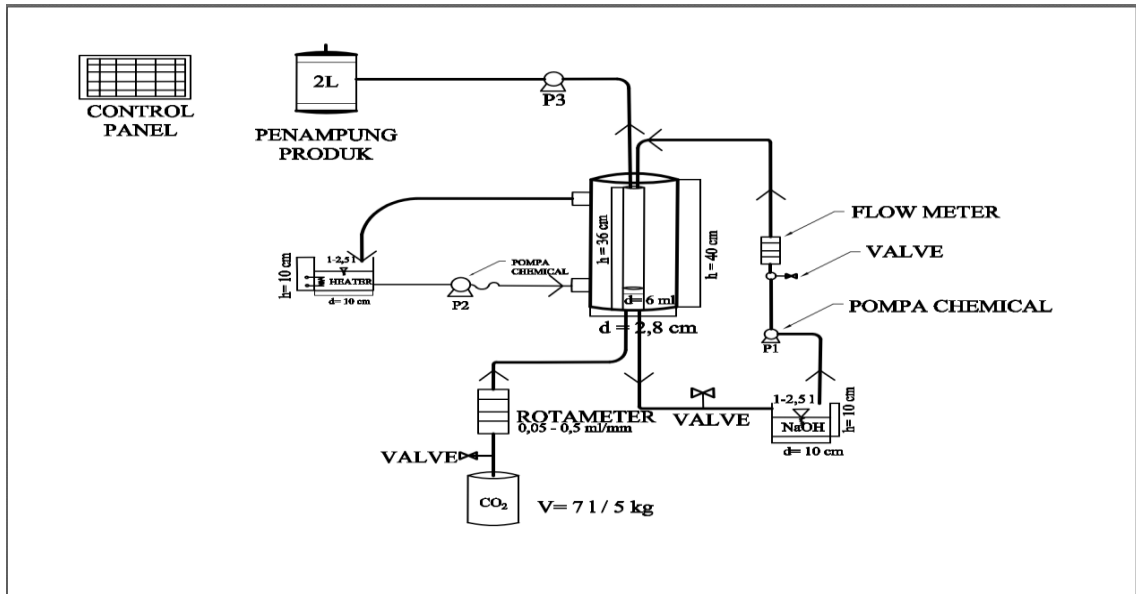
Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

Gambar 1 merupakan diagram alir tahapan percobaan, yang diawali dengan persiapan dalam melakukan percobaan antara lain adalah menyiapkan alat dan bahan yang digunakan seperti menimbang katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Promotor Zn, serta mempersiapkan rangkaian alat metanasi. Adapun pemasangan alat metanasi diawali dengan pemasangan Regulator CO<sub>2</sub> dan direkatkan menggunakan seltip pada tabung CO<sub>2</sub>, kemudian pipa PVC transparan disambungkan pada regulator. Setelah itu Pipa PVC transparan dan pipa RO disambungkan ke laju alir guna untuk mengatur laju alir CO<sub>2</sub> ke reaktor. Setelah semua katup mengarah ke aliran yang diinginkan dan semua selang dan pengunci kolom yang terhubung tidak ada yang longgar lalu Disiapkan kantong kapasitas 2 liter untuk tempat penampung hasil gas produk kantong tersebut disambungkan ke pipa pvc dari regulator khusus produk, sebelumnya kantong penampung tersebut telah dikosongkan udara didalamnya terlebih dahulu.

Kemudian Erlenmeyer yang berisikan larutan NaOH dihubungkan ke reaktor, lalu katalis dan promotor yang digunakan dimasukan ke dalam reaktor tipe Fixed Bed dengan suhu optimum 60 °C, tutup bagian atas reaktor dan bagian bawah reaktor dengan penutup yang telah dihubungkan dengan aliran pipa. cek kembali pada reaktor masih ada udara atau tidak jika sudah kedap udara dan semua tertutup rapat alat telah siap dilakukan metanasi CO<sub>2</sub> dengan variasi temperatur 40 °C, 50 °C, 60 °C dan Promotor Zn dalam gram sebanyak 3.5,4,4.5,5,5.5, selama 60 menit, disertai dengan konsentrasi NaOH 3 M. secara sederhana, rangkaian proses alat metanasi ditunjukkan pada gambar 2 dan rangkaian alat metanasi pada gambar 3.



Gambar 2. Alat Metanasi



Gambar 3. Rangkaian Alat Metanasi

Produk metanasi CO<sub>2</sub> dilakukan pengujian dengan menggunakan alat Multi Gas Detector Analyzer. Multi Gas Detector Analyzer merupakan alat untuk menganalisis kandungan didalam suatu gas. Alat ini dapat menganalisa secara langsung kandungan yang terdapat pada hasil proses metanasi CO<sub>2</sub> dengan hasil analisa adalah persentase volume (% volume). Hasil data percobaan dilakukan analisis dengan menyajikan dalam bentuk grafik dan dilakukan pembahasan yang akhirnya diambil kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil analisis gas yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Hasil Analisis Gas

| No | Massa (gram) | Katalis Zn | Temperatur (°C) | Hasil Pemeriksaan (% Volume) |                 |                      |
|----|--------------|------------|-----------------|------------------------------|-----------------|----------------------|
|    |              |            |                 | CH <sub>4</sub>              | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> (ppm) |
| 1  | 3,5          |            |                 | 4,23                         | 90,25           | 3,52                 |
| 2  | 4            |            |                 | 5,25                         | 89,03           | 4,03                 |
| 3  | 4,5          |            | 40              | 6,14                         | 88,37           | 3,56                 |
| 4  | 5            |            |                 | 6,85                         | 87,31           | 4,16                 |
| 5  | 5,5          |            |                 | 7,11                         | 86,21           | 5,05                 |
| 6  | 3,5          |            |                 | 7,98                         | 85,32           | 4,95                 |
| 7  | 4            |            |                 | 8,51                         | 84,56           | 4,94                 |
| 8  | 4,5          |            | 50              | 8,91                         | 83,12           | 5,97                 |
| 9  | 5            |            |                 | 9,86                         | 83,96           | 4,32                 |
| 10 | 5,5          |            |                 | 10,59                        | 82,24           | 5,24                 |

|    |     |    |       |       |      |
|----|-----|----|-------|-------|------|
| 11 | 3,5 |    | 10,98 | 81,97 | 5,92 |
| 12 | 4   |    | 11,23 | 81,66 | 5,51 |
| 13 | 4,5 | 60 | 11,24 | 80,99 | 5,96 |
| 14 | 5   |    | 12,81 | 79,98 | 5,21 |
| 15 | 5,5 |    | 13,56 | 78,96 | 5,93 |

Sumber : Multi Gas Detector Analyzer Laboratorium Teknik Kimia POLSRI 2023

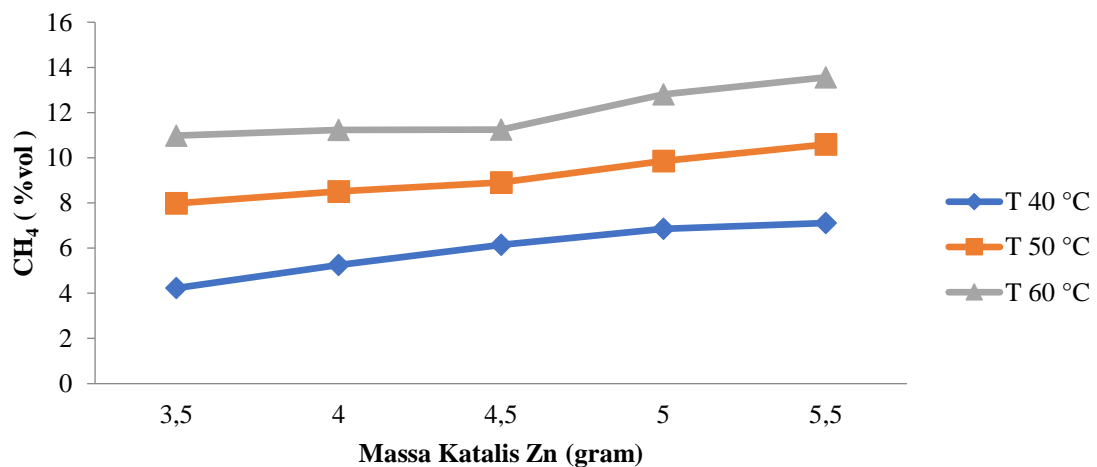
Tabel 2 Hasil Analisis Gas CO<sub>2</sub> sebagai Bahan Baku

| No | Nama Sample | Hasil Pemeriksaan (% vol) |                 |                      |
|----|-------------|---------------------------|-----------------|----------------------|
|    |             | CH <sub>4</sub>           | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> (ppm) |
| 1  | 1           | 0                         | 98,7            | 0,1                  |

Sumber : Multi Gas Detector Analyzer Laboratorium Teknik Kimia POLSRI 2023

## Pembahasan

Pengaruh Massa Promotor Zn Dan Temperatur Terhadap Gas CH<sub>4</sub>



Gambar 4. Pengaruh massa Katalis Zn dan temperatur terhadap gas CH<sub>4</sub>

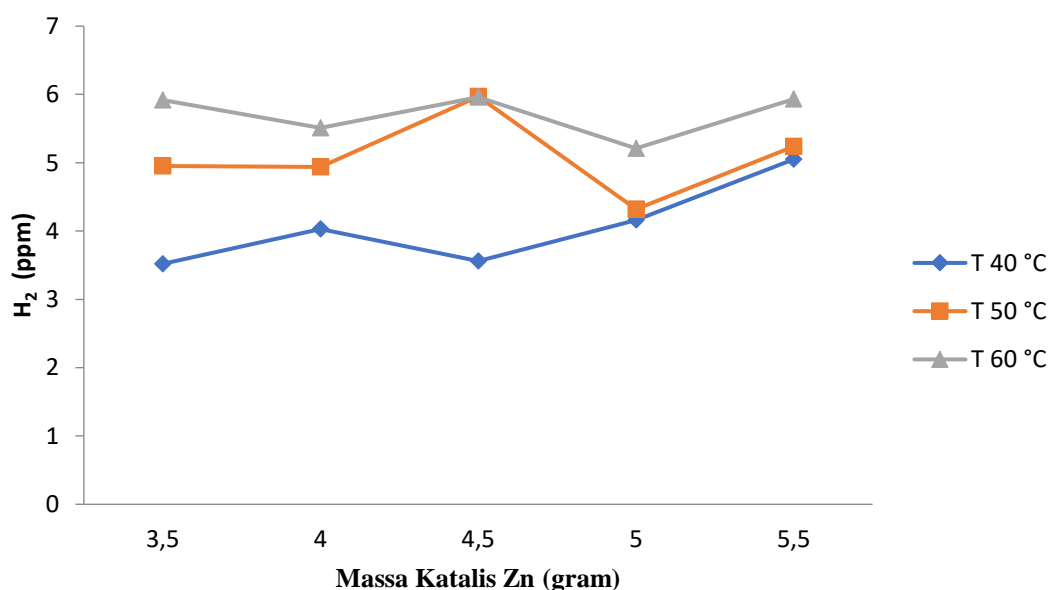
Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa grafik diatas nilai CH<sub>4</sub> yang dihasilkan berbanding lurus. Pada penambahan Zn dan peningkatan temperatur nilai CH<sub>4</sub> cenderung mengalami kenaikan. Hal tersebut menandai bahwa panas yang dihasilkan bisa mendorong proses metanasi dan dapat menjaga stabilitas dan aktivitas katalis (Fan and Tahir 2021). penambahan lantanum sebagai promotor sangat meningkatkan aktivitas Ni/y-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam metanasi CO<sub>2</sub> (Garbarino dkk., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Zn dan peningkatan temperatur, menyebabkan gas metana yang dihasilkan semakin meningkat. Aktivitas katalitik nanopartikel Ni tetap stabil dalam kondisi reaksi suhu tinggi. Namun Jika suhu terlalu tinggi, juga dapat menyebabkan sintering atau kokas pada katalis, yang menyebabkan penurunan aktivitas dan stabilitas. Pada grafik diatas diperoleh nilai tertinggi gas metana, pada suhu 60 °C dan penambahan Zn sebanyak 5,5 gram dengan gas metana yang didapat sebesar 13,56. Hasil gas metana dari gambar diatas

menunjukkan bahwa reaksi metanasi berjalan dengan baik dan berbanding lurus dengan ditambahkannya Zn yang membantu proses reaksi sehingga lebih banyak gas metana yang dihasilkan.

Liza, Yurika D.S., (2022), Melakukan penelitian dengan Optimasi Proses Metanasi CO<sub>2</sub> Menggunakan Katalis Ni-Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada Suhu Rendah. Persentase hasil gas metana secara in situ diperoleh hasil tertinggi dengan massa Ni, Al dan Fe sebesar 3gr, 1gr dan 2gr yaitu sebesar 10,07% pada suhu 100± °C. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Krisnandi, Y.K. dkk., (2020), Menuliskan bahwa Hasil aktivitas katalis menunjukkan bahwa temperatur memegang peranan penting dalam CO<sub>2</sub> metanasi. Metana tertinggi didapatkan sebesar 18,35% dan 17,63% dihasilkan pada suhu proses 673 K. selain itu, berdasarkan hasil data uji katalitik bahwa ketika suhu reaksi meningkat menjadi lebih dari 673 K, maka reaksi konversi akan menghasilkan lebih sedikit metana sebagai produk utama, dan Metanasi CO<sub>2</sub> merupakan reaksi eksotermis yang lebih cenderung ke arah sisi produk pada suhu rendah, sehingga kenaikan suhu reaksi akan membuat reaksi kesetimbangan bergeser lebih ke arah sisi reaktan sehingga metana akan lebih sulit dihasilkan pada kondisi reaksi tersebut.

Berdasarkan data hasil CH<sub>4</sub> yang didapatkan dan dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya bahwa penelitian yang kami lakukan ini masih bisa dilanjutkan. Jadi dapat disimpulkan bahwa Proses metanasi CO<sub>2</sub> dipengaruhi oleh temperatur dan massa katalis.

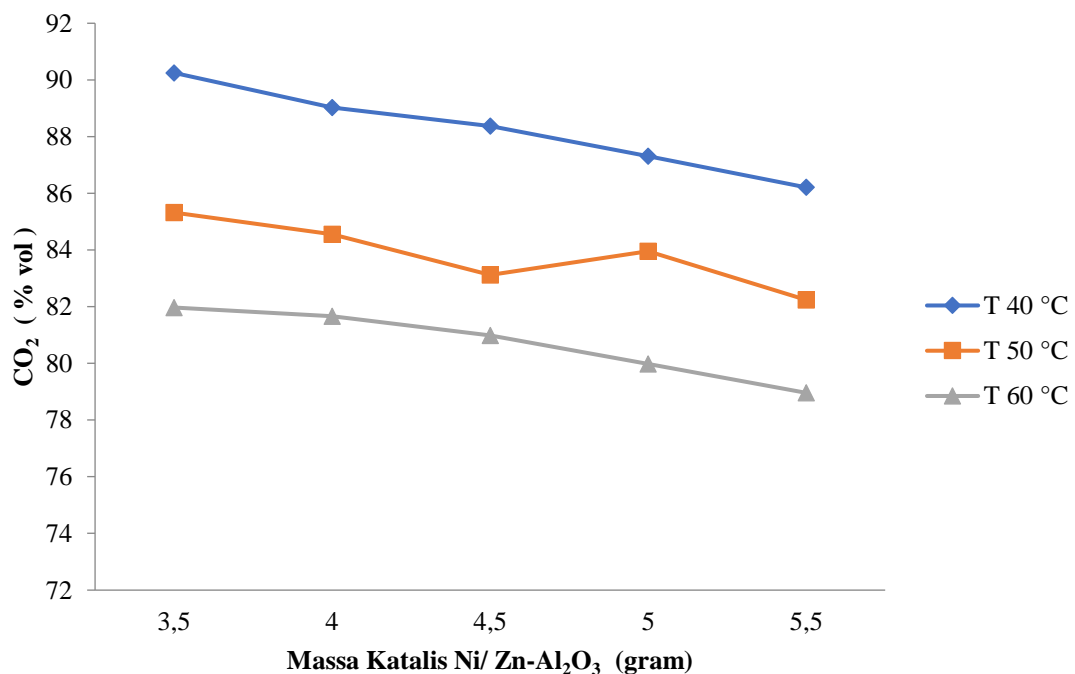
Pengaruh massa Katalis Zn dan Temperatur terhadap gas H<sub>2</sub>



Gambar 5. Pengaruh massa Katalis Zn dan temperatur terhadap gas H<sub>2</sub>

Pada gambar 5 dapat diketahui bahwa grafik diatas cenderung naik turun sehingga nilai  $H_2$  yang dihasilkan mengalami keadaan yang fluktuatif. Pada temperatur  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  nilai gas  $H_2$  yang terbentuk mengalami kenaikan seiring bertambahnya massa Katalis Zn. Lalu pada temperatur  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  gas  $H_2$  yang terbentuk mengalami penurunan. Kemudian pada temperatur  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  gas  $H_2$  yang terbentuk mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya reaksi di dalam tabung reaktor yang mana membentuk gas  $H_2$  namun gas  $H_2$  yang terbentuk ini tidak bereaksi karena kurangnya teradsorpsi gas  $H_2$  oleh nanopartikel Ni. Semakin banyak katalis Ni/ $Al_2O_3$  dan Zn yang digunakan, gas  $H_2$  yang dihasilkan juga semakin banyak (Zhong dkk., 2019).

Pengaruh massa Katalis Zn dan temperatur terhadap Sisa Gas  $CO_2$



Gambar 6. Pengaruh massa Katalis Zn dan temperatur terhadap sisa gas  $CO_2$

Dari Gambar 6 sisa gas  $CO_2$  atau gas  $CO_2$  yang tidak bereaksi mengalami penurunan. Hal tersebut menandakan bahwa Semakin banyak katalis Ni/ $Al_2O_3$  dan Zn yang digunakan, maka gas metana yang dihasilkan dan gas  $CO_2$  yang bereaksi semakin meningkat. Tabel 4.5 menunjukkan jumlah gas  $CO_2$  yang gagal bereaksi dengan  $H_2$ . Hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Zhong dkk., (2019), bahwa katalis nanopartikel Ni sangat aktif dalam mereduksi  $CO_2$  menjadi metana dalam sistem reaksi mereka dan Zn memiliki fungsi sebagai reduktor.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan liu dkk., (2013) menyatakan bahwa suhu aktivasi yang lebih tinggi diperlukan untuk katalis berbasis Ni untuk mencapai konversi

CO<sub>2</sub> maksimum dan hasil CH<sub>4</sub> dibandingkan dengan katalis logam mulia pada kondisi reaksi yang sama. Namun Suhu reaksi yang tinggi akan mengakibatkan pengaruh yang tidak diinginkan pada struktur katalis, serta konsumsi energi yang meningkat (Falbo dkk., 2018). Hal ini menunjukkan bahwa Peningkatan temperatur dan massa Katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Zn menyebabkan nilai CO<sub>2</sub> mengalami penurunan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil gas metana paling banyak yang dihasilkan secara in situ diperoleh pada sampel 15 dengan variasi temperatur 60 °C dan massa Zn sebanyak 5,5 gram yaitu sebesar 13,56%.
2. Semakin banyak massa katalis Zn dan semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka semakin banyak CH<sub>4</sub> yang dihasilkan hal ini dikarenakan penambahan katalis Zn dapat meningkatkan proses metanasi CO<sub>2</sub> dan semakin tingginya temperatur dapat menjaga stabilitas dan aktivitas katalis sehingga katalis dapat bekerja dengan baik dalam mengkonversi CO<sub>2</sub> menjadi gas CH<sub>4</sub>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chein, R.-Y., & Wang, C.-C. (2020). EXPERIMENTAL STUDY ON CO<sub>2</sub> METHANATION OVER NI/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, RU/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, AND RU-NI/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CATALYSTS. *Catalysts*, 10(10), 1112. <https://doi.org/10.3390/catal10101112>
- Dias, Y. R., dan Perez-Lopez, O. W. (2021). CO<sub>2</sub> CONVERSION TO METHANE USING NI/SIO<sub>2</sub>CATALYSTS PROMOTED BY Fe, Co and Zn. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 104629. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104629>
- Energy Agency, I. (2022). GLOBAL ENERGY REVIEW: CO<sub>2</sub> EMISSIONS IN 2022 GLOBAL EMISSIONS REBOUND SHARPLY TO HIGHEST EVER LEVEL. [www.iea.org/t&c/](http://www.iea.org/t&c/) (diakses pada 15 juni 2023)
- Falbo L, Martinelli M, Visconti CG, Lietti L, Bassano C, dan Deiana P. (2018). KINETICS OF CO<sub>2</sub> METHANATION ON A RU-BASED CATALYST AT PROCESS CONDITIONS RELEVANT FOR POWER-TO-GAS

- APPLICATIONS. Appl Catal B Environ 225:354e6.  
<https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.11.066>
- Fan, W. K., dan Tahir, M. (2021). RECENT TRENDS IN DEVELOPMENTS OF ACTIVE METALS AND HETEROGENOUS MATERIALS FOR CATALYTIC CO<sub>2</sub> HYDROGENATION TO RENEWABLE METHANE: A REVIEW. Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(4), 105460.  
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105460>
- Fan, W. K., dan Tahir, M. (2021). RECENT TRENDS IN DEVELOPMENTS OF ACTIVE METALS AND HETEROGENOUS MATERIALS FOR CATALYTIC CO<sub>2</sub> HYDROGENATION TO RENEWABLE METHANE: A REVIEW. Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(4), 105460.  
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105460>
- Frontera, P., Macario, A., Ferraro, M., dan Antonucci, P. L. (2017). SUPPORTED CATALYSTS FOR CO<sub>2</sub> METHANATION: A REVIEW. Catalysts, 7(2), 1–28. <https://doi.org/10.3390/catal7020059>
- Guo, X., Gao, D., He, H., Traitangwong, A., Gong, M., Meeyoo, V., Peng, Z., dan Li, C. (2021). PROMOTION OF CO<sub>2</sub> METHANATION AT LOW TEMPERATURE OVER HYDROTALCITE-DERIVED CATALYSTS-EFFECT OF THE TUNABLE METAL SPECIES AND BASICITY International Journal of Hydrogen Energy, 46(1), 518–530.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.09.193>
- Krisnandi, Y. K., Abdullah, I., Prabawanta, I. B. G., dan Handayani, M. (2020). IN-SITU HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF NICKEL NANOPARTICLE/REDUCED GRAPHENE OXIDES AS CATALYST ON CO<sub>2</sub> METHANATION. AIP Conference Proceedings, 2242(June).  
<https://doi.org/10.1063/5.0007992>
- Lee, W. J., Li, C., Prajitno, H., Yoo, J., Patel, J., Yang, Y., dan Lim, S. (2021). RECENT TREND IN THERMAL CATALYTIC LOW TEMPERATURE CO<sub>2</sub> METHANATION: A CRITICAL REVIEW. Catalysis Today, 368 (February), 2–19. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2020.02.017>
- Liu, J., Li, C., Wang, F., He, S., Chen, H., Zhao, Y., Wei, M., Evans, D. G., dan Duan, X. (2013). ENHANCED LOW-TEMPERATURE ACTIVITY OF CO<sub>2</sub> METHANATION OVER HIGHLYDISPERSED NI/TIO<sub>2</sub> CATALYST.

- Catalysis Science and Technology, 3(10), 2627– 2633.  
<https://doi.org/10.1039/c3cy00355>
- Liza, Yurika Dewi Safitri. (2022). OPTIMASI PROSES METANASI CO<sub>2</sub> MENGGUNAKAN KATALIS NI-FE/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PADA SUHU RENDAH. Tugas Akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Loder, A., Siebenhofer, M., dan Lux, S. (2020). THE REACTION KINETICS OF CO<sub>2</sub> METHANATION ON A BIFUNCTIONAL NI/MGO CATALYST. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 85, 196–207.  
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2020.02.001>
- Loder, A., Siebenhofer, M., dan Lux, S. (2020). THE REACTION KINETICS OF CO<sub>2</sub> METHANATION ON A BIFUNCTIONAL Ni/MgO CATALYST. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 85, 196–207.  
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2020.02.001>
- Lv, C., Xu, L., Chen, M., Cui, Y., Wen, X., Li, Y., Wu, C. E., Yang, B., Miao, Z., Hu, X., dan Shou, Q. (2020). RECENT PROGRESSES IN CONSTRUCTING THE HIGHLY EFFICIENT NI BASED CATALYSTS WITH ADVANCED LOW-TEMPERATURE ACTIVITY TOWARD CO<sub>2</sub> METHANATION. Frontiers in Chemistry, 8(April), 1–32. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00269>
- Martin, N. M., Velin, P., Skoglundh, M., Bauer, M., dan Carlsson, P. A. (2017). CATALYTIC HYDROGENATION OF CO<sub>2</sub> TO METHANE OVER SUPPORTED Pd, Rh and Ni CATALYSTS. Catalysis Science and Technology, 7(5), 1086–1094. <https://doi.org/10.1039/c6cy02536f>
- Shafiee, P., Alavi, S. M., Rezaei, M., dan Jokar, F. (2022). PROMOTED ni-co-al<sub>2</sub>o<sub>3</sub> NANOSTRUCTURED CATALYSTS FOR co<sub>2</sub> METHANATION. International Journal of Hydrogenenergy 47(4),2399-2411. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.197>
- Tada, S., Ikeda, S., Shimoda, N., Honma, T., Takahashi, M., Nariyuki, A., dan Satokawa, S. (2017). SPONGE NI CATALYST WITH HIGH ACTIVITY IN CO<sub>2</sub> METHANATION. International Journal of Hydrogen Energy, 42(51), 30126–30134. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.10.138>
- Wang, D., Huang, J., Liu, F., Xu, X., Fang, X., Liu, J., Xie, Y., dan Wang, X. (2020). RUTILE RuO<sub>2</sub> DISPERSION ON RUTILE AND ANATASE TiO<sub>2</sub> SUPPORTS: THE EFFECTS OF SUPPORT CRYSTALLINE PHASE STRUCTURE ON THE DISPERSION BEHAVIORS OF THE SUPPORTED

METAL OXIDES. *Catalysis Today*, 339 (January 2019), 220–232.

<https://doi.org/10.1016/j.cattod.2019.02.038>

Zhong, H., Yao, G., Cui, X., Yan, P., Wang, X., dan Jin, F. (2019). SELECTIVE CONVERSION OF CARBON DIOXIDE INTO METHANE WITH A 98% YIELD ON AN IN SITU FORMED NI NANOPARTICLE CATALYST IN WATER. *Chemical Engineering Journal*.357.3 2018.421-427.

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.09.155>