

# Pembuatan Gas Metana ( $\text{CH}_4$ ) Dari Gas Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ) Menggunakan Katalis $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ Dengan Penambahan Co-Catalyst $\text{NaOH}$ dan $\text{KOH}$

## *Making Methane Gas ( $\text{CH}_4$ ) from Carbon Dioxide Gas ( $\text{CO}_2$ ) Using a $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ Catalyst with the Addition of $\text{NaOH}$ and $\text{KOH}$ Co-Catalysts*

Fadjri Maulana Wijaya<sup>1\*</sup>, Anerasari Meidinariasty<sup>2</sup>, Ahmad Zikri<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi D-IV Teknik Energi, Jurusan Teknik, Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

\*Email: [fadjriwijaya26@gmail.com](mailto:fadjriwijaya26@gmail.com)

### Abstrak

Perkembangan teknologi dalam proses industri telah mengakibatkan peningkatan konsumsi energi manusia. Namun, ketergantungan yang terus berlanjut pada sumber energi primer seperti minyak mentah, batu bara, dan gas alam menimbulkan masalah serius terkait polusi lingkungan karena emisi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Meskipun sumber energi terbarukan kini telah banyak diterapkan, tantangan dalam mengatasi masalah emisi  $\text{CO}_2$  tetap ada. Salah satu teknologi yang dikembangkan untuk mengatasi masalah ini adalah *Carbon Dioxide Capture and Utilization* (CCU). Teknologi ini mengubah emisi  $\text{CO}_2$  menjadi senyawa lain seperti metana, metanol, dan hidrokarbon lainnya melalui reaksi hidrogenasi. Sebagai alternatif,  $\text{CO}_2$  juga dapat diubah menjadi bahan bakar seperti *Substitute Natural Gas* (SNG) melalui proses reformasi kering metana. Penggunaan SNG sebagai pengganti bahan bakar dapat membantu mengurangi dampak pemanasan global dan memenuhi kebutuhan energi. *Packed Bed Reactor* adalah jenis reaktor yang menggunakan katalis padat, dalam penelitian ini menggunakan  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  sebagai katalis dan  $\text{NaOH}$  serta  $\text{KOH}$  sebagai zat pendukung (*support*). Penelitian ini memvariasikan jenis promotor yaitu  $\text{NaOH}$  dan  $\text{KOH}$ , serta memvariasikan konsentrasi promotor yang digunakan terhadap laju alir gas karbondioksida yang disirkulasi pada *fixed bed reactor*.

**Kata kunci:** Metana; Promotor;  $\text{NaOH}$ ;  $\text{KOH}$ ;  $\text{CO}_2$

### Abstract

Technological developments in industrial processes have resulted in an increase in human energy consumption. However, the continued reliance on primary energy sources such as crude oil, coal and natural gas poses a serious problem regarding environmental pollution due to carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) emissions. Although renewable energy sources have now been widely applied, challenges in addressing the  $\text{CO}_2$  emission problem remain. One of the technologies developed to address this problem is *Carbon Dioxide Capture and Utilization* (CCU). This technology converts  $\text{CO}_2$  emissions into other compounds such as methane, methanol, and other hydrocarbons through hydrogenation reactions. Alternatively,  $\text{CO}_2$  can also be converted into fuels such as *Substitute Natural Gas* (SNG) through the dry reforming process of methane. The use of SNG as a fuel substitute can help reduce the impact of global warming and meet energy needs. *Packed Bed Reactor* is a type of reactor that uses solid catalysts, in this study using  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  as catalyst and  $\text{NaOH}$  and  $\text{KOH}$  as support. This research varies the type of promoter, namely  $\text{NaOH}$  and  $\text{KOH}$ , and varies the concentration of the promoter used against the flow rate of carbon dioxide gas circulated in the *fixed bed reactor*.

**Keywords:** Methane; Promoter;  $\text{NaOH}$ ;  $\text{KOH}$ ;  $\text{CO}_2$

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam proses industri telah menyebabkan peningkatan konsumsi energi. Namun, sumber energi utama yang masih bergantung pada bahan bakar fosil seperti minyak mentah, batu bara, dan gas alam, menimbulkan masalah kebersihan lingkungan. Meskipun sumber energi terbarukan saat ini telah banyak diterapkan, pengolahan sumber-sumber energi tak terbarukan ini berkontribusi pada pemanasan global melalui akumulasi gas rumah kaca, terutama CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, sebagai gas rumah kaca utama, menyumbang sekitar 80% emisi, dan inilah yang memerlukan perhatian khusus dalam pengembangan proses dan teknologi untuk mengurangi, menangkap, atau mengubahnya menjadi sumber energi terbarukan.

Metanasi CO<sub>2</sub> merupakan salah satu reaksi yang mengkonversi CO<sub>2</sub> dan CO menjadi CH<sub>4</sub> sebagai produk utama, dengan H<sub>2</sub>O sebagai produk sampingan. Reaksi ini bersifat eksotermis, dan termodinamika metanasi menunjukkan bahwa suhu rendah diperlukan, dengan kisaran biasanya antara 200-450°C. Pembentukan karbon dapat terjadi selama metanasi karena reaksi paralel seperti Boudouard dan reduksi CO<sub>2</sub>.

Garbarino dan rekan (2018) telah mengadakan penelitian sistem kompetitif untuk proses metanasi CO<sub>2</sub> dengan menambahkan lantanum yang dapat meningkatkan aktivitas katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hasilnya menunjukkan peningkatan selektivitas hingga mencapai 100% pada suhu 493K dan 523K, dengan energi aktivasi sebesar 80 kJ/mol. Orde reaksi untuk hidrogen sedikit lebih tinggi daripada untuk CO<sub>2</sub> pada katalis tersebut. Selain itu, Fata et al. (2019) juga mengadakan penelitian dengan menggunakan katalis heterogen yang memanfaatkan CO<sub>2</sub> untuk

menghasilkan metana sebagai sumber energi atau bahan kimia. Ridzuan dan tim (2022) juga telah melakukan penelitian tentang konversi katalitik CO<sub>2</sub> menjadi metana sebagai upaya mengurangi pemanasan global dan menyediakan solusi untuk krisis energi.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya tentang metanasi CO<sub>2</sub>, penelitian ini akan melakukan pembaruan peralatan dengan menggunakan *Fixed Bed Reactor* (FBR). *Fixed Bed Reactor* adalah jenis reaktor yang menggunakan katalis padat, dalam kasus ini Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sebagai zat pendukung. Prinsip kerja fixed bed melibatkan kontak langsung antara reaktan dan partikel katalis, yang biasanya cocok untuk reaktan dengan viskositas rendah. Katalis berbasis nikel sering mengalami pengendapan karbon dan sintering saat digunakan, karena suhu tinggi dapat mengurangi aktivitas katalis. Oleh karena itu, Co-Catalyst digunakan untuk meningkatkan aktivitas katalis dan melindungi penyangga dari gangguan serta menghambat pembentukan kokas. Dari permasalahan ini, penelitian akan mengeksplorasi pengaruh penambahan Co-Catalyst NaOH dan KOH pada metanasi CO<sub>2</sub> menjadi metana.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), Natrium Hidroksida (NaOH) / Co – Catalyst, Kalium Hidroksida (KOH) / Co – Catalyst, Aquades, Katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Gelas Kimia 500 ml, Spatula, Labu ukur 500 ml, Kaca Arloji, Elenmenyer, Batang Pengaduk Kaca, Neraca

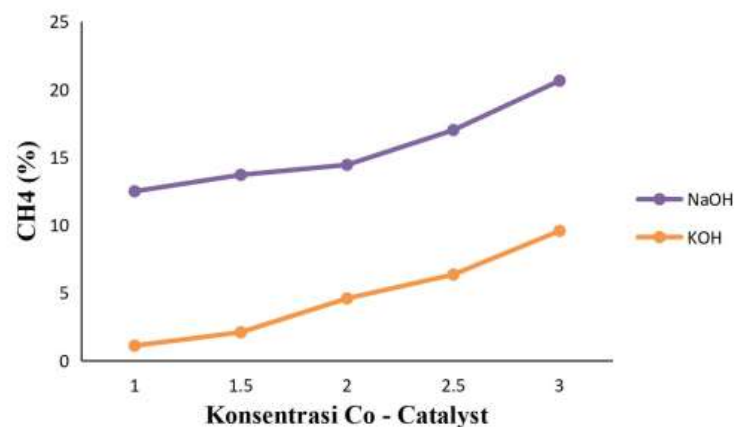
Analitik, Pipet Tetes, Corong kaca, Regulator CO<sub>2</sub>, Tabung CO<sub>2</sub>, Karet Sumbat, Pipa PVC Transparan, *Tube* produk 2 liter (tempat penampung hasil gas produk), Seltip/isolasi pipa, Kabel Tis, Reaktor FBT tipe *Fixed Bed Reactor*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Konsentrasi NaOH dan KOH terhadap Gas CH<sub>4</sub> yang Terbentuk

Peningkatan konsentrasi NaOH dan KOH yang digunakan akan meningkatkan gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan. Pada grafik hasil pada penelitian menunjukkan bahwa gas metana yang dihasilkan tertinggi pada konsentrasi 3 M yaitu 20,64%. Semakin banyak jumlah konsentrasi, Akibatnya, gas metana yang dihasilkan meningkat. Sebaliknya, konsentrasi NaOH yang lebih rendah menghasilkan lebih sedikit gas metana yang dihasilkan. Hal yang

sama juga berlaku terhadap larutan KOH, dimana CH<sub>4</sub> tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 3 M sebesar 9,57%. Kenaikan kadar CH<sub>4</sub> disebabkan oleh penurunan kandungan CO<sub>2</sub> yang signifikan, bukan karena reaksi langsung antara CH<sub>4</sub> dan larutan NaOH atau KOH. Ketika biogas bersentuhan dengan Co-katalis, hal ini menyebabkan penurunan kadar CO<sub>2</sub> di dalam biogas, akibatnya menyebabkan peningkatan kandungan CH<sub>4</sub>. CO<sub>2</sub> bereaksi dengan larutan penyerap, menghasilkan penurunan persentase, sementara kandungan CH<sub>4</sub> meningkat. Pernyataan ini juga didukung dengan penelitian (Made., 2012) dimana Penurunan kadar CO<sub>2</sub> disebabkan oleh reaksinya dengan larutan NaOH dan KOH. CO<sub>2</sub> diserap oleh NaOH dan KOH melalui proses absorpsi, yang mengarah pada pemurnian gas metana (CH<sub>4</sub>). Peningkatan gas CH<sub>4</sub> dapat diamati pada grafik berikut.



Gambar 1. Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH dan KOH terhadap Produksi Gas CH<sub>4</sub>

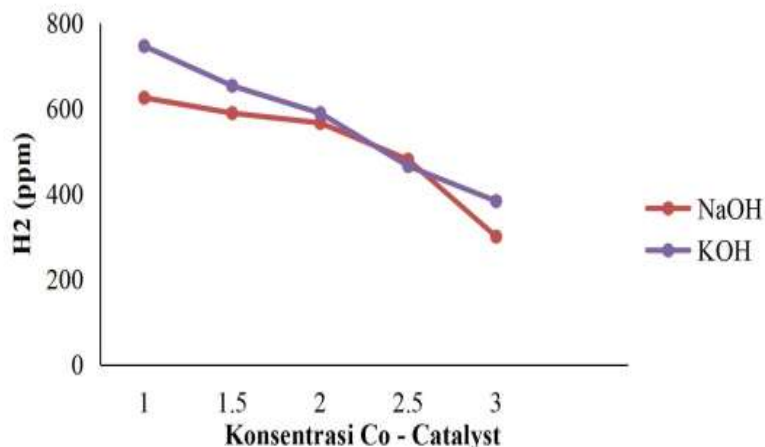
### Pengaruh Konsentrasi NaOH dan KOH terhadap Gas H<sub>2</sub>

Konsentrasi NaOH dan KOH berpengaruh secara signifikan terhadap pengikatan ion H<sup>+</sup> yakni H<sub>2</sub> oleh air serta dapat menurunkan kualitas gas metana yang dihasilkan yaitu menurunkan kandungan gas H<sub>2</sub> (Hermanto & Susanty. A., 2016).

konsentrasi NaOH dan KOH dengan laju alir terhadap gas H<sub>2</sub> yang tidak bereaksi mengalami penurunan. Gambar tersebut menunjukkan bahwa gas H<sub>2</sub> yang terendah pada konsentrasi KOH 3M yakni 383 ppm dan pada NaOH juga menunjukkan hal yang sama, dimana gas H<sub>2</sub> yang terendah ada pada konsentrasi 3M sebesar 300 ppm. Adanya variasi konsentrasi NaOH dan KOH,

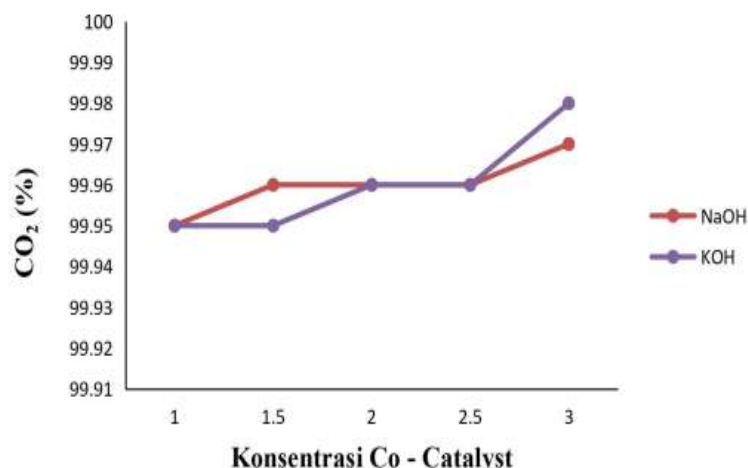
semakin meningkat konsentrasi  $H_2$  yang bereaksi dengan  $CO_2$  (Zhong dkk., 2019). Berikut merupakan gambar grafik dari

pengaruh konsentrasi NaOH dan KOH terhadap Gas  $H_2$  yang dihasilkan :



Gambar 2. Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH dan KOH terhadap Gas  $H_2$

### Pengaruh Konsentrasi NaOH dan KOH terhadap Gas $H_2$



Gambar 3. . Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH dan KOH terhadap hasil konversi  $CO_2$

Pada Gambar 3. terlihat bahwa terjadi kenaikan tertinggi pada konversi  $CO_2$  yang bereaksi dengan larutan NaOH dengan konsentrasi terbesar yaitu 3 M sebesar 99,97%. Meskipun begitu perbedaan dengan konsentrasi lainnya juga tidak terlalu jauh kurang lebih sekitar 0,01%. Hal ini tetap membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH dan KOH maka  $CO_2$  yang dihasilkan meningkat. Konsentrasi NaOH dan KOH dapat menurunkan kandungan  $CO_2$  murni, lalu  $CO_2$  murni dikontakkan

langsung dengan larutan NaOH dan KOH akan mengakibatkan penurunan kadar  $CO_2$  murni sehingga terbentuk gas metana ( $CH_4$ ) didalam *reactor* (Purba. E dan Barutu. C.N.R., 2021).

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa Persentase hasil gas metana yang paling tinggi dihasilkan oleh CO – Catalyst NaOH

dengan konsentrasi 3M menghasilkan gas metana sebesar 20,64 % dengan H<sub>2</sub> yang tidak bereaksi mengalami penurunan sebesar 300 ppm dan CO<sub>2</sub> terkonversi sebesar 99,95%. CO - Catalyst KOH 3M menghasilkan gas metana sebesar 9,57 % dengan H<sub>2</sub> mengalami penurunan sebesar 383 ppm dan CO<sub>2</sub> terkonversi sebesar 99,95%. Semakin tinggi konsentrasi NaOH dan KOH, semakin besar jumlah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> yang diserap. Akibatnya, lebih banyak gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan. Hal ini karena semakin banyak molekul NaOH dan KOH yang bersentuhan dengan gas CO<sub>2</sub>, maka jumlah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> yang diserap pada waktu tertentu akan mendekati nilai konstan. Hal ini disebabkan adanya batas konsentrasi tertentu untuk mencapai jumlah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> yang terserap paling tinggi. Di luar batas ini, peningkatan waktu kontak tidak akan mengubah jumlah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> yang diserap.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aghayan, M., Potemkin, D. I., Rubio-Marcos, F., Uskov, S. I., Snytnikov, P. v., & Hussainova, I. (2017). Template-Assisted Wet-Combustion Synthesis of Chembk. (2020). nikel nitrat heksahidrat. PubChem.
- [2] Cunha, C.S., Lopes, N.L., Veloso, C.M., Jacovine, L.A.G., Tomich, T.R., Pereira, L.G.R., Marcondes, (2016). Greenhouse Gases Inventory and Carbon Balance of Two Dairy Systems Obtained From Two Methane Estimation Methods, *Science of The Total Environment*.
- [3] Putri YSE dan Wurjanto A, (2016),
- [4] Danaci S, Protasova L, Lefevre J, Bedel L, Guilet R, Marty P. (2016) Efficient CO<sub>2</sub> methanation over Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coated structured catalysts. *Catal Today*;273:234–43.
- [5] Fu Chen, Xiaoxiao Li, Junfeng Qu, Jing Ma, Qianlin Zhu, (2020). Gasification of coking wastewater in supercritical water adding alkali catalyst. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45, pp.1608 - 1614..
- [6] Garbarino, G., Wang, C., Cavattoni, T., Finocchio, E., Riani, P., FlytzaniStephanopoulos, M., & Busca, G. (2019). A study of Ni/La-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts: A competitive system for CO<sub>2</sub> methanation. *Applied Catalysis B: Environmental*. 286-297.
- [7] Hermanto, H., & Susanty, A. (2016). Pengaruh Konsentrasi Naoh dan Laju Alir Gas pada Proses Pemurnian Biogas. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 10(1), 88-93.
- [8] Hermawan, P., & Nugroho, A. R. (2021). Studi Pemanfaatan Gas Co<sub>2</sub> (Karbon Dioksida) Sebagai Sumber Asam Alternatif Untuk Pikling Pada Pengolahan Kulit Kambing. *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit*, 20(2), 148-160.
- [9] Kiewidt L, Thöming J. (2015). Predicting optimal temperature profiles in single-stage fixed-bed reactors for CO<sub>2</sub>-methanation. *Chem Eng Sci*;132:59–71.
- [10] Krisnandi. Y. K., Abdullah. L. Prabawanta, I. B. G., & Handayani, M. (2020). Insitu hydrothermal synthesis of nickel nanoparticle/reduced graphene oxides as catalyst on CO<sub>2</sub> methanation. *AIP Conference Proceedings*.
- [11] Kruse A., Ederer H., Ernst D., Seine B. (2009). Measurement of residence time in hot compressed water: 2. Salts in continuously stirred tank reactors. *Chemical Engineering & Technology*. 32, 971,
- [12] Le TA, Kim TW, Lee SH, Park ED. (2018). Effects of Na content in Na/Ni/SiO<sub>2</sub> and Na/Ni/CeO<sub>2</sub> catalysts for CO and CO<sub>2</sub> methanation. *Catal Today*;303:159–67.

- [13] Liu Q, Bian B, Fan J, Yang J. (2018). Cobalt doped Ni based ordered mesoporous catalysts for CO<sub>2</sub> methanation with enhanced catalytic performance. *Int J Hydrogen Energy*;43:4893–901.
- [14] Muroyama, H., Tsuda, Y., Asakoshi, T., Masitah, H., Okanishi, T., Matsui, T., & Eguchi, K. (2016). Carbon dioxide methanation over Ni catalysts supported on various metal oxides. *Journal of Catalysis*, 343, 178—184.
- [15] Sopaheluwakan, A., Setiawan, B., Nahas, C.A., Devytasari, Y., Putri, S.A. (2022). *Buletin Gas Rumah Kaca*. Volume 02 Nomor 01.
- [16] Tanaka, Y.; Iizuka, T. Methanation of carbon monoxide with water over supported rhodium catalysts. *Aust. J. Chem.* 1985, 38, 293–296.
- [17] Widi, Restu K. (2018). *Pemanfaatan Material Anorganik: Pengenalan dan Beberapa Inovasi di Bidang Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.
- [18] Zevenhoven R, Virtanen M. CO<sub>2</sub> mineral sequestration integrated with water-gas shift reaction. *Energy* 2017;141:2484–9.
- [19] Zhang C, Hu X, Zhang ZM, Zhang L, Dong D, Gao G, (2018). Steam reforming of acetic acid over Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst: correlation of calcination temperature with the interaction of nickel and alumina. *Fuel* ;227:307–14.
- [20] Zhong. H., Yao, G., Cui, X., Yan, P., Wang, X., & 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(April 2018), 421-427.