

Penggunaan *Double Tube Steam Methane Reforming* dalam Pengembangan Produksi Hidrogen Berbasis Biogas

¹ Made Sucipta

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas
Udayana Denpasar, Indonesia
m.sucipta@unud.ac.id

² I Made Joni, ³Wayan Nata Septiadi, ⁴Made Suarda, ⁵I Nyoman Mahatma Yogeshvara,

⁶I Gede Febri Bala Antara, ⁷Komang Wahyu Tri Prasetya
²Program Studi Fisika, Universitas Padjadjaran
Sumedang, Indonesia

imadejoni@phys.unpad.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
wayan.nata@gmail.com

⁴Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
made.suarda@unud.ac.id

⁵Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
mahatma.yogeshvara@gmail.com

⁶Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
gedefebri32@gmail.com

⁷Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
wahyu3prasetya@gmail.com

Abstract— Konsumsi bahan bakar energi terus meningkat dan ketersediaannya akan semakin berkurang, sehingga diperlukan alternatif lain seperti produksi gas *green hydrogen* berbasis biogas. Produksi gas *green hydrogen* dengan menggunakan artificial biogas pada proses SMR dan PSA. SMR merupakan metode yang banyak digunakan dalam pengkonversian (CH₄) karena mampu menghasilkan kandungan hidrogen yang tinggi. PSA merupakan proses pemurnian untuk memisahkan hidrogen dari gas-gas sampingan yang dapat meningkatkan kemurnian hidrogen yang dihasilkan. Dengan menggunakan metode *steam methane reforming* dan *pressure swing adsorption* dari biogas diharapkan dapat menghasilkan gas hidrogen dengan kuantitas dan kualitas terbaik di dalam memenuhi kebutuhan gas hidrogen.

Kata Kunci— Biogas, Green Hydrogen, Pressure Swing Adsorption, Steam Methane Reforming.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi bahan bakar energi fosil menjadi penyebab utama krisis energi yang belum terselesaikan permasalahannya. Beberapa peneliti telah mengembangkan energi terbarukan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil, seperti hidrogen (H_2)[1].

Ketersediaan hidrogen di alam bebas sedikit dan tidak secara langsung dapat dimanfaatkan sehingga harus melalui beberapa tahapan proses yang harus dilakukan, seperti dalam produksi *blue hydrogen* dengan proses elektrolisis air[1], atau *green hydrogen* yang berbasis sumber energi biomassa. Hidrogen adalah energi sekunder sehingga harus tetap diolah dari sumber energi lain, diantaranya selain gas alam adalah gasifikasi batu bara, elektrolisa air, dan elektrolisa metanol. Hidrogen dapat diproduksi melalui reformasi metana yang dapat bersumber dari gas alam, sumber energi biomassa seperti produk gas dari gasifikasi atau produk dari proses *anaerobic digestion* berupa biogas[2].

Melalui program Simantri, provinsi Bali telah membangun banyak sistem terintegrasi yang salah satunya berupa *fertilizer*[3]. Sehingga menjadi urgensi utama bagaimana biogas yang merupakan sumber energi terbarukan menjadi potensi yang sangat besar untuk mendukung penerapan kendaraan listrik berbasis *fuel cell* karena dapat diolah melalui metode *steam methane reforming* (SMR) yang dikombinasikan dengan metode *pressure swing adsorption* (PSA)[4] dengan tujuan untuk dapat memproduksi gas *green hydrogen* dengan kuantitas dan kualitas lebih tinggi.

Steam Methane Reforming (SMR) adalah proses pembentukan gas hidrogen melalui reaksi endotermik[5] antara (CH_4) dengan uap air (*steam*) pada tekanan dan suhu yang tinggi dengan bantuan katalis. Untuk mendapatkan kemurnian H_2 yang lebih tinggi diperlukan metode pemisahan yang efisien. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *pressure swing adsorption* (PSA)[4] dengan tujuan untuk dapat memproduksi gas *green hydrogen* dengan kuantitas dan kualitas lebih tinggi.

Pada penelitian ini akan dilakukan kajian eksperimental dalam skala laboratorium untuk menganalisis karakteristik masing-masing proses dalam produksi gas *green hydrogen* dengan menggunakan artificial biogas pada proses SMR dan PSA dengan beberapa variasi dari kandungan *methane* 100% sampai mendekati komposisi biogas yang utamanya terdiri dari gas metana dan karbon dioksida.

II. METODE DAN PROSEDUR

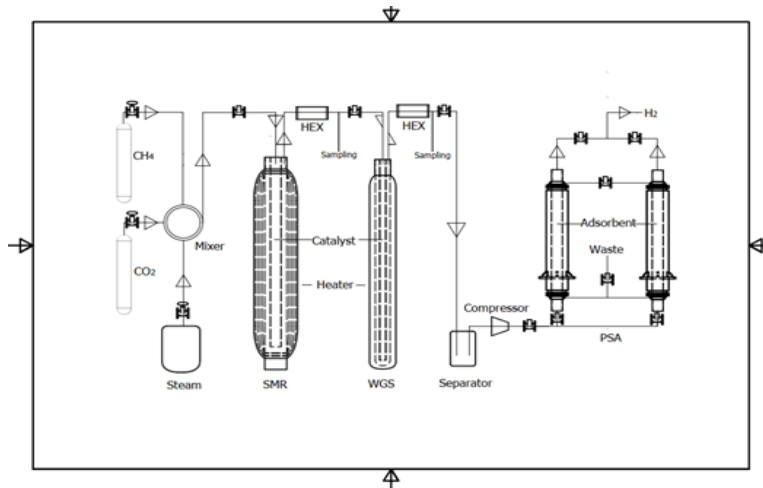
A. Produksi Hidrogen

Pada penelitian ini digunakan metode SMR untuk produksi hidrogen dari gas metana. Sehingga dihasilkan hidrogen mentah. Hidrogen yang dihasilkan melalui metode ini umumnya masih bercampur dengan gas lain, seperti CO_2 , CO, dan sisa gas metana (CH_4). Selanjutnya, hidrogen mentah ini di murnikan melalui proses PSA. Pemurnian dengan PSA dipilih karena mampu menghasilkan hidrogen dengan kemurnian yang tinggi. [6].

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi dari kandungan *methane* 100% sampai mendekati komposisi biogas yang utamanya terdiri dari gas metana dan karbon dioksida. Alat yang digunakan untuk memproduksi hidrogen dapat dilihat pada Gambar 1.

SMR (*Steam Methane Reforming*) Prosedur pada SMR dibagi menjadi 5 langkah yaitu:

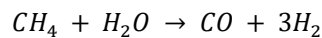
- Langkah 1 (*furnace- Steam Production*): Air dipanaskan hingga menghasilkan uap air super panas yang dibutuhkan untuk reaksi.
- Langkah 2 (*Reforming Reaction*): Pada suhu tinggi, metana bereaksi dengan uap air untuk menghasilkan hidrogen (H_2) dan karbon monoksida (CO) melalui reaksi sebagai tersebut.
- Langkah 3 (*Water Gas Shift Reactor*): Pada tahap ini, CO yang dihasilkan dari reaksi utama bereaksi dengan uap air di dalam reaktor WGS untuk menghasilkan hidrogen tambahan dan karbon dioksida (CO_2).
- Langkah 4 (*Gas Purification*): Produk gas dari reaktor dipisahkan menggunakan sistem pemisahan *Pressure Swing Adsorption* (PSA) untuk memisahkan hidrogen murni dari campuran gas lainnya, seperti CO_2 .
- Langkah 5 (*Recycling*): Karbon dioksida sering dimanfaatkan untuk industri penyulingan, sementara gas sisa lainnya dapat digunakan sebagai bahan bakar tungku.



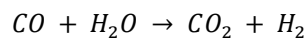
GAMBAR 1. SKEMA ALAT PRODUKSI HIDROGEN

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam reaktor SMR, metana bereaksi dengan uap untuk menghasilkan hidrogen (H_2) dan karbon monoksida (CO) melalui reaksi:



Pada reaktor WGS, CO yang dihasilkan dari reaksi utama di reaktor SMR akan bereaksi dengan uap untuk menghasilkan tambahan hidrogen dan karbon dioksida (CO_2) melalui reaksi :



Produk gas dari reaktor WGS di dinginkan dan dipisahkan menggunakan pemisah sebelum dikompresi. Pada proses ini, uap akan mengembun, dan gas yang tersisa akan masuk ke unit PSA dengan adanya pengaturan tekanan di dalam unit PSA, maka pemisahan gas akan terjadi untuk memisahkan hidrogen murni dari campuran gas lainnya.

IV. KESIMPULAN

Penggunaan *Double Tube Steam Methane Reforming* dapat digunakan dengan sumber biogas skala kecil dalam pembuatan hidrogen dalam memenuhi kebutuhan energi bersih tanpa adanya emisi karbon dengan biaya murah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Program ini telah didanai melalui hibah DPRTM Penelitian Fundamental- Reguler 2024 melalui Direktorat riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada masyarakat dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan B/519-34/UN14.14.4.A/PT.01.03/2024. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Tim Pembantu Peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firdaus, A. R. H., & Sudarti, S. (2022). Analisis Potensi Hidrogen Air Laut di Banyuwangi Melalui Proses Elektrolisis Sebagai Energi Terbarukan. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(2), 173-178.
- [2] Sucipta, M., Negara, D. P., Nindhia, T. T., & Surata, I. W. (2017, May). Characteristics of Ampel bamboo as a biomass energy source potential in Bali. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 201, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- [3] Kandou, J. N., Pratama, I. G. K., Pratama, I. G. D. P., Wijata, M. B. T., Widiarta, A. A. G. G. W., Maharta, I. P. A. D., ... & Sucipta, M. IMPLEMENTASI PENGOLAHAN KOTORAN SAPI BERBASIS SIMANTRI (SISTEM PERTANIAN TERINTEGRASI) SEBAGAI PUPUK ORGANIK PADAT DESA TIYINGGADING.
- [4] Liu, B., Yu, X., Shi, W., Shen, Y., Zhang, D., & Tang, Z. (2020). Two-stage VSA/PSA for capturing carbon dioxide (CO_2) and producing hydrogen (H_2) from steam-methane reforming gas. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(46), 24870-24882.
- [5] Zhang, H., Sun, Z., & Hu, Y. H. (2021). Steam reforming of methane: Current states of catalyst design and process upgrading. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111330