

Produksi Bahan Bakar Gas Melalui Dekomposisi Bioetanol

Andi Erwin Eka Putra

¹Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jalan Perintis Kemerdekaan KM. 10, Makassar, Indonesia, 90245.
e-mail : erwinep@eng.unhas.ac.id, erwin_eka_putra@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar gas yang ramah lingkungan masih sangat terbatas. Teknologi untuk memproduksi hidrogen ini telah dikembangkan dengan banyak cara. Produksi hidrogen melalui dekomposisi plasma telah banyak dilakukan dengan sumber energinya berbentuk gas, solid, dan cair. Pembangkitan 2,45 GHz MW Plasma dalam cairan dapat diaplikasikan dengan mudah pada produksi hidrogen dari sumber energi yang berbentuk cairan. Sumber energi cairan dari tanaman yang tersedia melimpah adalah bioetanol hasil proses fermentasi nira aren. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah memproduksi bahan bakar gas dengan kandungan hidrogen melalui dekomposisi 200 ml cairan yang mengandung 5% bioetanol dan 90% etanol dengan menggunakan *microwave oven* rumah tangga sebagai pembangkit plasma. Antena yang diletakkan di dalam cairan tersebut, kemudian gelombang microwave diiradiasikan oleh magnetron ke dalam reaktor dan plasma terbangkitkan di ujung antena. Selang beberapa detik, etanol didekomposisi oleh plasma untuk menghasilkan produk gas. Produk gas tersebut adalah bahan bakar gas dengan kandungan hidrogen yang kaya. Ujin kandungan gas dilakukan menggunakan gas chromatography dengan kandungan hidrogen sekitar 70%.

Kata kunci : Biogas, 2,45 GHz MW Plasma, Bioetanol

Latar belakang

Ketersediaan energi menjadi masalah yang penting pada keberlanjutan perkembangan ekonomi. Kebutuhan energi ini sesuai dengan data dari World Bank (2003 – 2009) adalah sekitar 81% dari total konsumsi energi disuplai dari bahan bakar fosil (batu bara, oli, dan gas alam). Akan tetapi, berkurangnya cadangan minyak bumi dan dampak lingkungan yang disebabkan oleh produk samping dari pembakaran bahan bakar fosil tersebut perlu mencari sumber energi alternatif.

Salah satu sumber alternatif untuk pembangkitan energi yang dianggap ramah lingkungan adalah hidrogen yang aplikasinya saat ini terbesar di industri kimia. Sekarang ini, 80 – 85% hidrogen diproduksi umumnya dari gas alam dengan metana sebagai kandungan utamanya melalui metode *Steam-Methane Reforming* (SMR). Pada SMR ini, gas alam dan uap air dikonversi pada tekanan dan suhu tinggi oleh reaksi endotermik, namun pada langkah kedua proses untuk meningkatkan efisiensi produksi hidrogen, reaksi eksotermik memproduksi karbon dioksida dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu, proses SMR ini menggunakan peralatan yang kompleks dan rumit dan mempengaruhi harga hidrogen di pasaran.

Ini menyebabkan penelitian untuk meningkatkan kuantitas dan kemurnian produksi hidrogen untuk kebutuhan sel bahan bakar terus meningkat melalui penggunaan sumber daya dan proses yang ekonomis. Penelitian untuk produksi

fuel gases menggunakan reaksi kimia plasma difokuskan pada pengontrolan laju reaksi dan pembuatan peralatan yang sederhana. Plasma mengandung radikal reaktif, ion, dan electron energik yang tinggi. Plasma adalah gas yang terionisasi sebagian atau seluruhnya dan dibangkitkan oleh medan listrik yang kuat, medan magnet atau pemanasan. Molekul dari zat/bahan menjadi sangat energik oleh kenaikan suhu dan bertransformasi dalam empat keadaan material; solid, cair, gas dan terakhir plasma. Plasma dapat menghasilkan energi spesifik untuk menginisiasi reaksi kimia yang rumit dan tidak dapat dihasilkan oleh mekanisme kimia konvensional.

Teknologi plasma yang telah diaplikasikan dalam proses rekayasa permukaan material, permesinan, pengelahan limbah, *gas treatment*, sintesis kimia dan bahkan di bidang kedokteran. Oleh karena itu, teknologi ini cocok untuk aplikasi di bidang industri hidrogen karena mempunyai suhu lebih dari 1000 K. Hal ini dapat mengakselerasi laju reaksi pembentukan hidrogen dengan reformasi keseluruhannya adalah sama dengan proses konvensional. Tipe plasma untuk aplikasi dalam produksi hidrogen adalah *plasmatron*, *gliding arc*, *dielectric barrier discharge (DBD)*, *corona*, *microwave/radio frequency*, dan *pulsed discharge*.

Pemanfaatan teknologi plasma untuk memproduksi hidrogen telah dilakukan melalui dekomposisi *methane hydrate* dengan 27.12 MHz

Radio Frequency Plasma dan dekomposisi cyclopentane hydrate menggunakan 2.45 GHz Microwave Plasma dengan presentasi produksi hidrogen masing-masing 55% dan 65%. Penelitian lain juga telah dilakukan dengan memanfaatkan bahan bakar minyak yaitu isoctane, dan bensin serta batu bara.

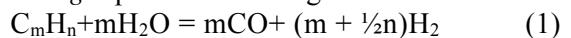
Selain itu, beberapa penelitian untuk memproduksi hidrogen dari beberapa sumber energi terbarukan telah dilakukan baik melalui gasifikasi maupun melalui proses pirolisis dan bahkan reformasi etanol.

Keuntungan dari penggunaan hidrogen sebagai fuel gas adalah mereduksi emisi karbon dioksida (CO_2) dan limbah berbahaya lain dari buangan kendaraan serta meminimalkan ketergantungan penggunaan bahan bakar minyak. Selain itu, sifat-sifat hidrogen adalah signifikan berbeda dengan bahan bakar lain dan 4 – 75% hidrogen dalam udara akan terbakar dengan kebutuhan energi yang kecil dengan suhu

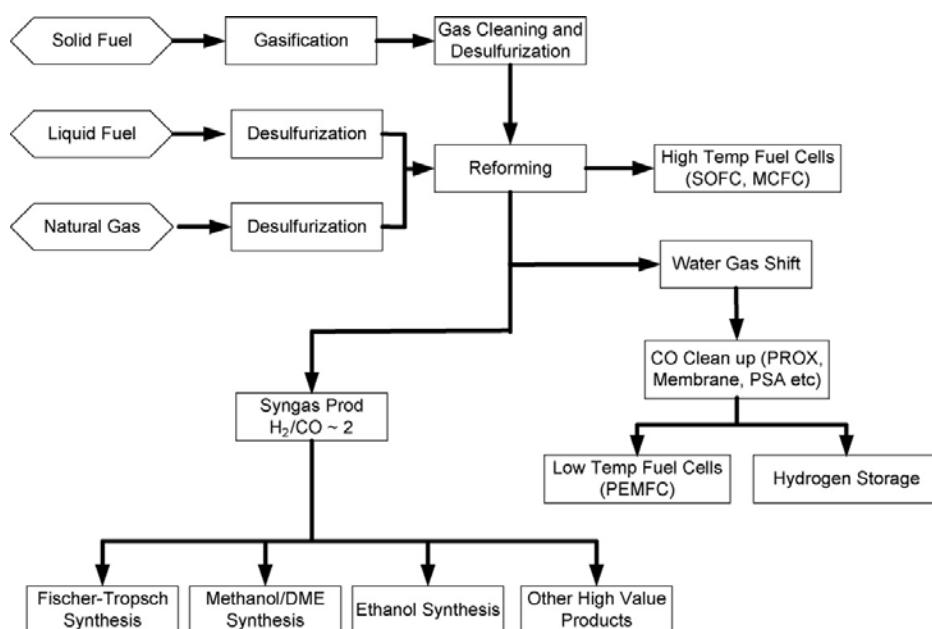
auto-ignition 500 °C, energy ignition dalam udara 0.02 mJ, Flame Temperature dalam udara 2045 °C dan boiling point -252 °C. Oleh karena itu, hidrogen sebagai suatu bahan bakar gas untuk motor dapat digunakan secara langsung untuk mengganti gasoline atau minyak solar pada mesin pembakaran dalam dengan disain spesial.

Holladay et.al (2009) menargetkan harga hidrogen sebesar \$2–4 per kg atau ekuivalen dengan 1 galon bensin. Untuk mencapai target tersebut potensi teknologi produksi hidrogen diperlihatkan pada gambar 2.2. Teknologi proses ketiga fuel tersebut digunakan tiga teknik utama yaitu steam reforming, partial oxidation, autothermal reforming.

Reaksi endotermik pada proses steam reforming diperlihatkan sebagai berikut :

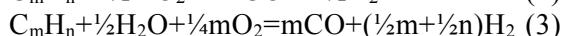
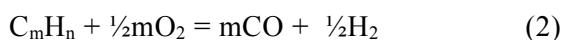


Dimana ΔH tergantung hidrokabonnya



Gambar 1. Konsep teknologi produksi hidrogen

Sedangkan reaksi yang terjadi pada proses partial oxidation, autothermal reforming adalah eksotermik dan netral secara termal yang diperlihatkan pada persamaan berikut secara berturut-turut:



Pemanfaatan bahan bakar nabati dari tanaman dianggap mampu sebagai bahan bakar alternatif. Beberapa tanaman diidentifikasi dapat memproduksi etanol dengan rumus kimia $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dan rumus empiris $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ diproduksi dari hasil fermentasi, dimana salah satunya adalah pohon

aren. Pohon aren yang banyak ditemukan dihampir seluruh wilayah Indonesia adalah merupakan penghasil bioetanol melalui fermentasi dari niranya dan dapat ditingkatkan kandungan etanolnya melalui proses destilasi.

Tujuan penelitian ini adalah memproduksi bahan bakar gas melalui reformasi 2.45 GHz MW plasma dalam cairan yang mengandung bioetanol.

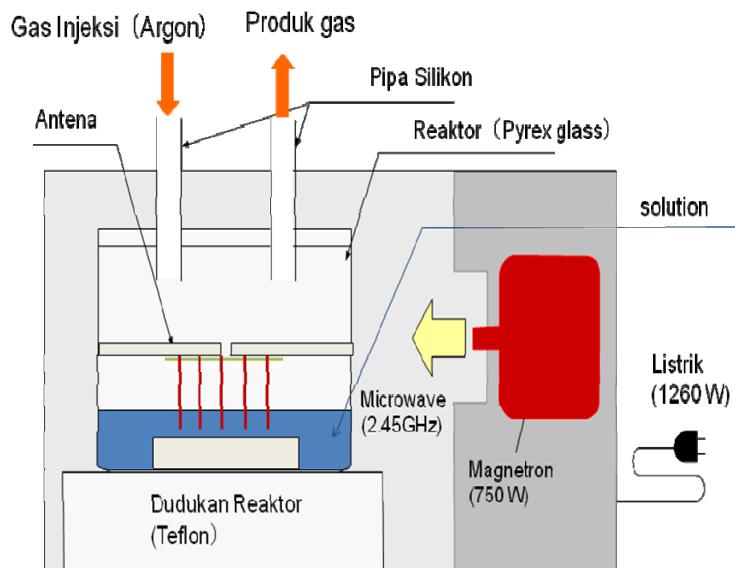
Metodologi Penelitian

Antena yang terbuat dari tembaga ditempatkan dalam reaktor yang terbuat dari gelas pyrex. Kemudian, cairan dengan kandungan bioetanol 5% dan 90% dituangkan ke dalam reaktor sebanyak 200 mL. Selanjutnya, penutup reaktor dipasang dan reaktor dimasukkan ke dalam tungku

microwave oven. Ketika microwave oven dinyalakan, energi dalam gelombang *microwave* yang merambat dari magnetron ke dalam reaktor diserap oleh antena. Selang beberapa detik, pada ujung antena plasma dibangkitkan di dalam cairan yang mengandung etanol dan etanol didekomposisi menjadi gas dengan kandungan hidrogen yang tinggi.

Gas yang dihasilkan dikumpulkan melalui pipa pembuangan yang terkoneksi dengan reaktor. Laju gas dan waktu pembangkitan plasma diukur sampai gas yang dihasilkan sekitar 1 liter.

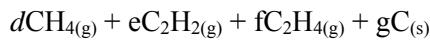
Produk gas yang terkumpul diambil menggunakan *srynge* yang kemudian diuji kandungannya dengan menggunakan gas kromatografi.



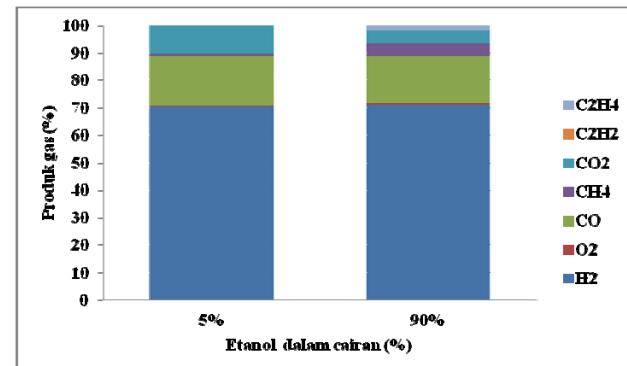
Gambar 2. Instalasi Penelitian

Hasil dan Diskusi

Pembangkitan plasma dalam cairan yang mengandung etanol dan air menghasilkan suhu lokal yang tinggi dan menghasilkan gas produk. *Microwave oven* yang dimodifikasi untuk membangkitkan 2.45 GHz MW plasma mempunyai daya sebesar 1260 W dengan 750 W digunakan oleh magnetron untuk mengiridiasikan gelombang *microwave*-nya ke dalam reaktor. Sekitar 7% dari 700 W daya magnetron digunakan untuk mendekomposisi *cyclopentane hydrate* untuk menghasilkan produk gas (7). Sedangkan pada penelitian ini, gas produk yang dihasilkan mengandung hidrogen (H_2) dan produk samping lainnya, dengan total reaksi sebagai berikut:

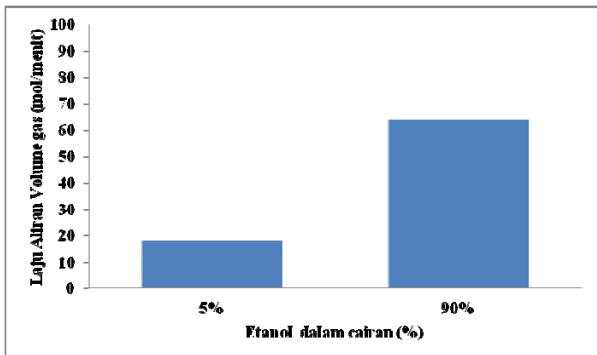
$$nC_2H_6O_{(l)} + mH_2O_{(l)} \rightarrow aH_{2(g)} + bCO_{(g)} + cCO_2_{(g)} + dCH_4_{(g)} + eC_2H_2_{(g)} + fC_2H_4_{(g)} + gC_{(s)}$$


Gambar 3 memperlihatkan bahwa produk gas yang dominan dihasilkan dari proses ini adalah hidrogen (H_2) dan karbon monoksida (CO). Kedua kandungan produk gas tersebut cenderung konstan pada dua variasi presentasi etanol yang diberikan.

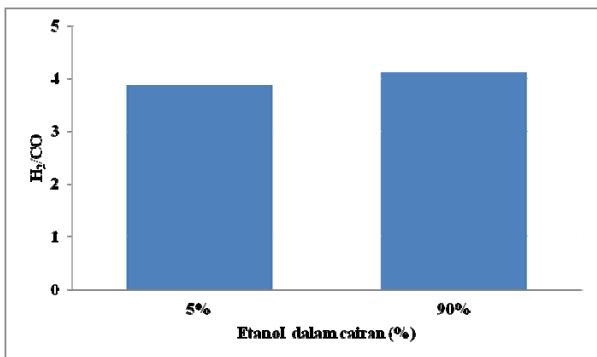


Gambar 3. Produk gas

Kedua presentasi etanol yang diberikan ini juga memperlihatkan presentasi hidrogen (H_2) dan karbon monoksida (CO) konstan, namun laju aliran volume gas untuk 5% cenderung lebih lambat dibandingkan dibandingkan pada 90% etanol. Pada 90% etanol dapat memproduksi produk gas sekitar 1200 ml/menit seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Laju aliran volume gas yang dihasilkan



Gambar 5. Rasio mol H₂/CO

Sedangkan rasio mol H₂/CO dari kedua presentasi etanol yang diberikan berada dikisaran 4.

Kesimpulan

Pembangkitan plasma dengan menggunakan *microwave oven* yang banyak digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dapat dimanfaatkan sebagai memproduksi produk gas dengan 70% hidrogen. Metode pembangkitan plasma dalam cairan ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan sumber-sumber energi terbarukan seperti bioetanol sebagai sumber biogas.

Referensi

- [1]Energy and Mining, <http://data.worldbank.org/indicator>. Retrieved 16 November 2012.
- [2] D. J. Wuebbles, K. Hayhoe, Earth-Sci. Rev., 57, 177, 2002.
- [3] Jasi'nski M, Dors M, Mizeraczyk J. Application of atmospheric pressure microwave plasma source for production of hydrogen via methane reforming. Eur Phys J D 2009;54:179-83.
- [4] Yang YC, Lee BJ, Chun YN. Characteristics of methane reforming using gliding arc reactor. Energy 2009;34:172-2.
- [5] Shinfuku Nomura, Andi Erwin Eka Putra, Shinobu Mukasa, Hiroshi Yamashita, and Hiromichi Toyota, Plasma Decomposition of Clathrate Hydrates by 2.45 GHz Microwave Irradiation at Atmospheric Pressure, Applied Physics Express, Vol. 4, No. 6, pp. 066201-1-066201-3
- [6] Andi Erwin Eka Putra, Shinfuku Nomura, Shinobu Mukasa, Hiromichi Toyota, Hydrogen Production by Radio Frequency Plasma Stimulation in Methane Hydrate at Atmospheric Pressure. International Journal of Hydrogen Energy, 37 (2012) 16000 – 16005.
- [7] Shinfuku Nomura, Andi Erwin Eka Putra, Hiromichi Toyota, Shinobu Mukasa, Hiroshi Yamashita, Fuel Gas Production by plasma in a microwave oven at atmospheric pressure, The ASME/JSME 2011 8th Thermal Engineering Joint Conference (AJTEC 2011).
- [8] Andi Erwin Eka Putra, Shinfuku Nomura, Shinobu Mukasa, Hiromichi Toyota, Hydrogen Production by Reforming Clathrate Hydrate Using the In-liquid Plasma Method, 11th International Conference on Sustainable Energy Technologies (SET-2012), September 2-5, 2012, Vancouver, Canada.
- [9] Kim TS, Song S, Chun KM, Lee SH. An experimental study of syn-gas production via microwave plasma reforming of methane, iso-octane and gasoline. Energy 2009;xxx:1-10
- [10] Galvita V, Messerle VE, Ustimenko AB. Hydrogen production by coal plasma gasification for fuel cell technology. Int J Hydrogen Energy 2007;32:3899-906.
- [11] Nur, Arifin, dan S, Budi, Widodo. Karakteristik Performa Mesin Berbahan-Bakar Bensin-Etanol. Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik. Bandung. 2006.