

## Aplikasi Argon Plasma Jet untuk Dekomposisi *Methane hydrate* dengan Irradiasi Radio Frequency Plasma

Ismail Rahim<sup>1,\*</sup>, Shinfuku Nomura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Negeri Makassar, Jl. Daeng Tata Raya Parangtambung, Makassar, Sul-Sel, Indonesia 90224

<sup>2</sup>Ehime University, 3-Bunkyo Cho, Matsuyama, Ehime Perfecture, Japan  
\*ismail Rahim@unm.ac.id

### Abstrak

Decomposition of *methane hydrate* using an argon plasma jet was investigated in the pressure range from 0.1MPa to 2.0MPa. In this study, there were indications that the hydrogen production rate decreased as the pressure increased. However, plasma irradiation was successfully generated at high pressure, which is difficult to achieve when using the radio frequency plasma in-liquid method. Using emission spectrometer analysis and the Boltzmann plot method, the excitation temperature is found to increase as the gas pressure increases, whereas, it decreases as the argon flow rate increases. There are no waste greenhouse gases produced during the re-hydrating process since the *methane hydrate* is broken down into high-temperature hydrogen gas, methane gas, and water steam.

**Kata kunci:** Argon plasma jet, *methane hydrate*, hydrogen production, radio frequency, emission spectroscopy.

### Pendahuluan

*Methane hydrate* adalah salah satu sumber energi hidrogen di masa depan yang cadangannya tersedia dalam jumlah yang besar di seluruh dunia, yaitu sekitar dua kali lipat dari bahan bakar fosil lainnya.[1] *Methane hydrate* berbentuk kristal padat yang terbentuk dari campuran methane dan air yang stabil pada temperatur rendah dan tekanan yang tinggi. Umumnya terdapat pada dasar laut pada lapisan continental dan permafrost.[2]

Karena bentuknya yang padat, maka untuk menghasilkan gas methane umumnya dibutuhkan proses disosiasi atau melelehkan *methane hydrate* dengan cara menaikkan temperatur di atas temperatur pembentukan hydrate atau menurunkan tekanan dibawah hydrate equilibrium. Sehingga, teknik konvensional untuk mendapatkan minyak dan gas tidak dapat diaplikasikan pada *methane hydrate*.[1]

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menghasilkan gas methane dari *methane hydrate*, salah satunya adalah menggunakan injeksi *hot-water* ke dalam hydrate field. Metode ini membutuhkan harga produksi yang tinggi dan kehilangan energi yang besar selama proses injeksi berlangsung[3,4]. Sedangkan dengan menggunakan iradiasi gelombang frekuensi tinggi ke dalam hydrate

field terbukti lebih efektif daripada system injeksi *hot-water*.[5]

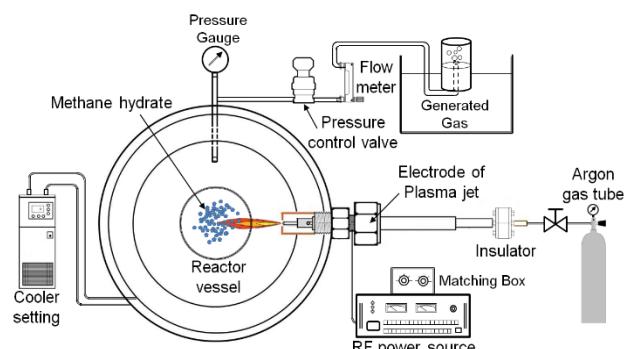
Aplikasi metode in-liquid plasma dengan radio frequency di bawah tekanan atmosfir dapat menghasilkan 65% hydrogen dari Cyclopentane Hydrate (CP)[6]. Dan dari waste-oil dan n-dedocane sebanyak 70-80% hydrogen[7]. Sedangkan dengan menggunakan microwave plasma dihasilkan 45% [8]. Namun pada tekanan tinggi di mana kondisi aktual *methane hydrate* berada belum dapat dicapai. Untuk itu dibutuhkan suatu metode untuk dapat menghasilkan hidrogen pada tekanan tinggi karena *methane hydrate* akan stabil pada kondisi tersebut.

### Metode

Dalam penelitian ini, *methane hydrate* terlebih dahulu akan dibuat dalam skala laboratorium dengan cara menginjeksi gas methane ke dalam *shaved ice* dalam sebuah bak penampungan yang temperaturnya dijaga pada 0°C. Campuran tersebut diaduk menggunakan stirrer yang berputar pada 500 rpm. *Methane hydrate* yang terbentuk didinginkan lebih lanjut dalam refrigerator untuk mencegah disosiasi hydrate.

Sebagai pembangkit plasma digunakan radio frequency plasma dengan frekuensi

27.12 MHz. Desain eksperimental dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain eksperimental iradiasi argon plasma jet untuk dekomposisi *methane hydrate*

Input energi di atur pada 250 W. Plasma jet akan terbentuk melalui elektroda berongga dimana gas mengalir dihubungkan ke penampungan gas Argon. Laju aliran gas argon dikontrol pada 200 mL/menit. Sekitar 7 gram *methane hydrate* yang telah dibuat dimasukkan ke dalam reaktor. Sesaat setelah plasma terbentuk, tekanan dalam reaktor diatur sesuai dengan tekanan yang diinginkan yaitu 0.1 MPa sampai 2.0 MPa dengan mengatur katup control. Waktu iradiasi plasma akan dihitung sampai seluruh hydrate terdisosiasi dan gas yang dihasilkan akan dikumpulkan dengan metode *water displacement*. Analisis gas kemudian dilakukan menggunakan Gas Chromatograph. Dan selama iradiasi plasma berlangsung, dilakukan pengukuran spektrum emisi dengan menggunakan *multichannel spectral analyzer* (Hamamatsu Photonics-PMA 11 C7473-36).

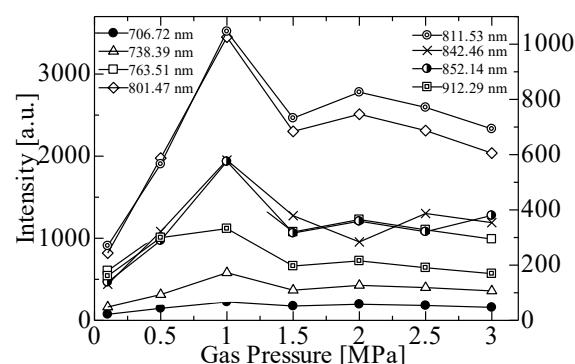
## Hasil dan Pembahasan

Proses pembuatan *methane hydrate* dalam penelitian ini membutuhkan waktu 70 jam pada range temperatur 272 sampai 279 K dan tekanan 6 sampai 7 MPa. Dengan pengukuran langsung didapatkan bilangan hydrate (Hydrate number, *n*) yang dihitung dari jumlah gas methane dan air yang dihasilkan selama proses dekomposisi dengan menggunakan persamaan (1)

$$\text{Hydrate number} (n) = \frac{\text{mole H}_2\text{O in methane hydrate}}{\text{mole CH}_4 \text{ in methane hydrate}}$$

Didapatkan bilangan hydrate dari methane pojhydrate sintetik ini sebesar 5.9. Sehingga rumus molekulnya dapat dituliskan menjadi  $\text{CH}_4 \cdot 5.9\text{H}_2\text{O}$ . Natural *methane hydrate* mempunyai nilai bilangan hydrate 5.61 sampai 6.10 pada range tekanan 1.9 sampai 9.7 MPa dan temperatur 263 sampai 285 K[8]. Sehingga dapat disimpulkan *methane hydrate* sintetik ini dapat merepresentasikan natural *methane hydrate* yang terdapat di dasar laut.

Pengukuran intensitas emisi gas argon pada variasi tekanan terlihat pada gambar 2.



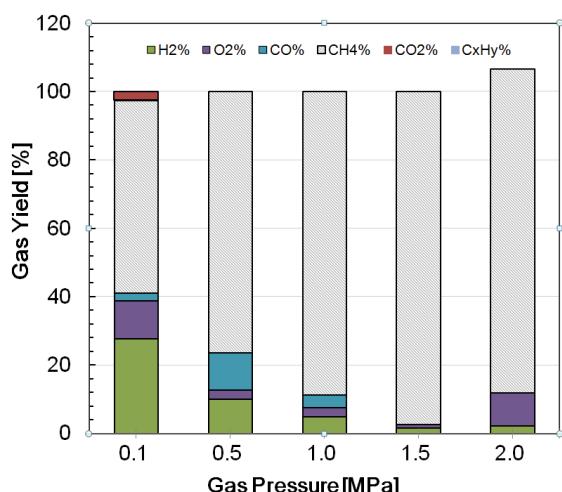
Gambar 2. Optical intensitas emisi Argon dengan variasi tekanan

Garis spectrum digunakan untuk mengukur temperatur eksitasi dari plasma dengan menggunakan metode Boltzman Plot. Diperoleh temperatur eksitasi pada range 4477 – 7576 K dengan range tekanan 0.1 sampai 2.0 MPa. Temperatur eksitasi akan meningkat seiring dengan kenaikan tekanan, dimana temperatur tertinggi diperoleh pada tekanan 1.0 MPa.

Gas yang dihasilkan dari dekomposisi *methane hydrate* terdiri atas hydrogen ( $\text{H}_2$ ), carbon monoxide ( $\text{CO}$ ), carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ), dan methane ( $\text{CH}_4$ ) seperti terlihat pada tabel 1 dan gambar 3.

Tabel 1. Komposisi gas produk dekomposisi

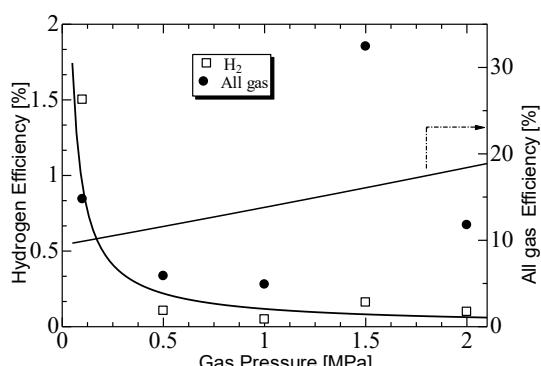
Gas Pressure (Mpa)	Gas production rate [mL/s]	$\text{H}_2\%$	$\text{O}_2\%$	$\text{CO}\%$	$\text{CH}_4\%$	$\text{CO}_2\%$
0.1	1.67	27.69	11.20	2.26	56.30	2.55
0.5	0.17	9.96	2.71	10.90	74.43	0.00
1.0	0.10	4.97	2.57	3.76	88.70	0.00
1.5	1.67	1.52	1.03	0.00	97.45	0.00
2.0	0.67	2.33	9.52	0.00	94.81	0.00



Gambar 3. Kandungan gas produk terhadap kenaikan tekanan

Iridasi argon jet plasma dapat dibangkitkan pada tekanan tinggi, namun di lain pihak terjadi penurunan produksi gas hidrogen seiring dengan kenaikan tekanan. Hal ini diasumsi terjadi karena laju argon yang terus menerus selama proses pembangkitan plasma dalam reaktor yang menyebabkan sejumlah besar gas CH<sub>4</sub> terdorong keluar lebih awal sebelum proses dekomposisi sempurna berlangsung.

Perhitungan efisiensi produksi hidrogen perlu dilakukan sebagai evaluasi dari efisiensi energi yang penting untuk nilai biaya komersial nantinya. Efisiensi hidrogen dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Efisiensi produksi hydrogen dari dekomposisi *methane hydrate*

Walaupun terlihat adanya penurunan efisiensi produksi gas hydrogen, metode ini telah dapat membangkitkan plasma pada tekanan tinggi (0.1 sampai 2.0 MPa) yang mendekati kondisi aktual dari *methane hydrate* di dasar laut. Penyempurnaan lebih lanjut akan dilakukan untuk mencegah penurunan produksi gas hydrogen yang dihasilkan.

### Kesimpulan

Dekomposisi *methane hydrate* dapat dilakukan pada tekanan tinggi untuk menghasilkan hidrogen. Temperatur eksitasi dihitung dengan menggunakan metode *Boltzmann* dengan rentang tekanan 0.1 sampai 2.0 MPa. Temperatur eksitasi meningkat dari 4477 menjadi 7576 K seiring dengan kenaikan tekanan gas. Untuk mendapatkan efisiensi produksi hidrogen yang maksimal penyempurnaan apparatus akan dilakukan.

### Referensi

- [1] Dendy Sloan, E. & Koh, C. *Clathrate Hydrates of Natural Gases, Third Edition*. **20074156**, (CRC Press, 2007).
- [2] Ayhan Demirbas. *Methane Gas Hydrate*. (Springer, 2010). at <www.springer.com>
- [3] Bica, I. Iron micro-spheres generation in argon plasma jet. *Mater. Sci. Eng. B Solid-State Mater. Adv. Technol.* **88**, 107–109 (2002).
- [4] Yang, Y. C., Lee, B. J. & Chun, Y. N. Characteristics of methane reforming using gliding arc reactor. *Energy* **34**, 172–177 (2009).
- [5] Choi, S. I. *et al.* High purity synthesis of carbon nanotubes by methane decomposition using an arc-jet plasma. *Curr. Appl. Phys.* **6**, 224–229 (2006).
- [6] Nomura, S., Putra, A. E. E., Mukasa, S., Yamashita, H. & Toyota, H. Plasma decomposition of clathrate hydrates by 2.45GHz mircowave irradiation at atmospheric pressure. *Appl. Phys. Express* **4**, 2–4 (2011).
- [7] Putra, A. E. E., Nomura, S., Mukasa, S. & Toyota, H. Hydrogen production by radio frequency plasma stimulation in *methane hydrate* at atmospheric pressure. *Int. J.*