

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN
PNBP FAKULTAS**



**KARAKTERISTIK PLASMA DALAM AIR MURNI DAN AIR LAUT PADA
KONDISI TEKANAN TINGGI DENGAN STIMULASI FREKUENSI RADIO**

KETUA/ ANGGOTA TIM

DR-ENG. H. ISMAIL, ST.,MT. . NIDN. 0014017605

DR. SYAFI UDDIN PARENRENGI, M.PD. NIDN. 0013076306

Dibiayai oleh:
DIPA Universitas Negeri Makassar
Nomor: SP DIPA – 042.01:2.400964/2017, tanggal 7 Desember 2016
Sesuai Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Makassar
Nomor: 2325/UN36/LT/2017, tanggal 02 Mei 2017

**UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR
NOVEMBER 2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian

: **Karakteristik Plasma dalam Air Murni dan Air Laut pada Kondisi Tekanan Tinggi dengan Stimulasi Frekuensi Radio**

Ketua Peneliti:

a. Nama Lengkap : Dr-Eng. H. Ismail, ST.,MT.
b. NIP/NIDN : 197601142009121001/0014017605
c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
d. Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
e. Nomor HP : 082292910514
f. Alamat surel (e-mail) : ismail_rahim@unm.ac.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Dr. Syafiuddin Parenrengi, M.Pd.
b. NIP/NIDN : 196307131991031001 / 0013076306
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar

Lama Penelitian

: 4 bulan

Biaya Penelitian yang diusulkan


: Rp. 10,000,000.-

Makassar, 17 November 2017

Ketua Peneliti


Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik,

Prof. Dr. H. Muhammad Yahya, M.Kes, M.Eng
NIP. 196306231991031002


Dr-Eng. H. Ismail, ST.,MT.
NIP. 197601142009121001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Makassar



Prof. Dr. H. Jufri, M.Ed.
NIP. 195912311985031016

RINGKASAN

Metode pembangkitan plasma dalam cairan (*plasma in liquid*) dewasa ini semakin meningkat disebabkan antara lain oleh potensi penerapannya yang luas dalam berbagai bidang seperti teknologi biologi, lingkungan, medis, dan energi. *Plasma in-liquid* adalah metode yang mengkondisikan terjadinya medan reaksi kimia dihasilkan dalam gelembung uap pada kondisi temperatur tinggi. Sejumlah penelitian pembangkitan plasma dengan menggunakan stimulasi frekuensi radio telah dilakukan termasuk pembangkitan plasma dalam air, larutan NaCl konduktivitas tinggi, cairan superkritis, dan juga pada senyawa hidrat metana.

Dalam beberapa tahun terakhir, metode plasma cair yang diusulkan telah diproyeksikan untuk mengurai metan hidrat dengan tujuan menghasilkan hidrogen sebagai sumber energi yang menjanjikan. Sumber utama hidrat metana banyak terdapat secara terakumulasi dalam sedimen dasar laut di mana kedalaman air melebihi sekitar 400 meter pada kondisi suhu rendah dan tekanan tinggi. Untuk alasan ini, menjadi penting untuk menghasilkan plasma secara stabil di air laut di bawah tekanan tinggi. Pembangkitan plasma dalam air laut sangat keras dan membutuhkan tegangan tinggi yang cukup besar. Plasma telah dihasilkan di air laut dengan kekuatan 5 kW menggunakan reaktor plasma generasi keempat dan flotasi udara plasma dengan daya 1,2 kW. Beberapa penelitian telah menginformasikan tentang pembangkitan plasma dalam tekanan atmosfer, namun hanya beberapa penelitian saja secara terbatas yang telah dilakukan pada kondisi tekanan tinggi.

Dalam penelitian ini, karakteristik dan sifat plasma air murni dan air laut pada kondisi tekanan tinggi diselidiki dengan menggunakan stimulasi frekuensi radio 27,12 MHz. Fase plasma dipertahankan stabil dalam air murni, dan di dalam air laut sintesis. Pengukuran temperatur eksitasi dan OH dilakukan dengan menggunakan spektroskop *Hamamatsu Photonic PMA-11* dan *Ocean optics HR4000*. Selain itu, perilaku gelembung udara dalam air murni dan air laut dengan perubahan tekanan diamati dengan menggunakan kamera video berkecepatan tinggi 3-15 (*frame rate 500 fps*).

Dari pembangkitan plasma di bawah kondisi tekanan tinggi dalam air murni dan air laut buatan, diperoleh kesimpulan bahwa seiring dengan kenaikan tekanan dari 10 kPa menjadi 300 kPa, temperatur eksitasi (T_e) menurun sekitar 4800K - 3.500K pada sampel air murni dan sebesar 3300K - 2300K pada sampel air laut. Temperatur OH meningkat sekitar 2500K - 5000K dalam air murni dan 3400K - 4300K dalam air laut buatan. Dalam kondisi yang sama, *time departure* yang dialami oleh gelembung plasma adalah sama, sedangkan diameter gelembung pada air laut buatan lebih besar dari pada sampel air murni.

Summary

Proposed in-liquid plasma method have projected to decompose methane hydrate for producing hydrogen as a promising energy source. Methane hydrate resources are accumulated in ocean-bottom sediments where water depth exceeds about 400 meters at a low temperature and high pressure. For this reason, it becomes essential to generate a stable plasma in seawater under the high pressure. Discharge in seawater is very hard and require considerable high voltage. Plasma had been generated in sea water with 5 kW power using fourth-generation plasma reactor and plasma air flotation with 1.2 kW of power. There are some studies informed about plasma generation in atmospheric pressure, however, only limited have been investigated under high pressure.

In this study, plasma properties in pure water and artificial seawater under high pressure are investigated using high frequency of 27.12 MHz. Plasma was maintained in a pure water, and in synthetic seawater. The excitation temperature and OH temperature were measured using spectroscope Hamamatsu Photonic PMA-11 and Ocean optics HR4000. In addition, behavior of air bubbles in pure water and artificial seawater with pressure change was observed with a high-speed video camera 3-15 with frame rate of 500 fps.

In comparison between plasma generation under high pressure in pure water and artificial seawater, it can be defined that along with the increase in pressure from 10 kPa to 300 kPa, excitation temperature decreased about 4800K to 3500K in pure water and 3300K to 2300K in seawater. In addition, the OH temperature is increased about 2500K to 5000K in pure water and 3400K to 4300K in artificial seawater. Under the same conditions, both bubble departure time and bubble departure diameter in artificial seawater was larger than that in pure water.

PRAKATA

Puji syukur sudah semestinya kita panjatkan kehadirat Allah SWT. karena atas curahan rahmat serta karuniaNya lah sehingga kami berada pada tahap menyelesaikan laporan Penelitian dengan judul **”Karakteristik Plasma dalam Air Murni dan Air Laut pada Kondisi Tekanan Tinggi dengan Stimulasi Frekuensi Radio”**.

Kami sekaligus pula menyampaikan rasa terimakasih yang sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah berperan serta baik secara langsung maupun tidak langsung dalam perampungan laporan ini. Kami sungguh-sungguh berharap sekali laporan ini bisa berguna pada tujuan untuk meningkatkan pengetahuan sekaligus wawasan terkait metode pembangkitan plasma.

Kami pun menyadari sejujurnya bahwa pada laporan penelitian ini tetap ditemukan banyak kekurangan serta jauh dari kesempurnaan. Dengan demikian, kami benar benar menerima kritik dan saran untuk perbaikan laporan penelitian yang hendak kami tulis di masa yang selanjutnya, mengingat tidak ada suatu hal yang sempurna tanpa disertai kritik dan saran yang konstruktif. Kami berharap laporan penelitian sederhana ini bisa dimengerti oleh setiap pihak terutama untuk para pembaca yang memiliki bidang penelitian yang serumpun. Kami mohon maaf yang sebesar-besarnya jika ada perkataan yang tidak berkenan di hati.

Sebagai penutup kami sekali lagi menghaturkan ucapan terima kasih kepada sponsor dan pihak-pihak lain yang memberikan sumbangan terhadap pelaksanaan penelitian. Besar harapan kami agar laporan ini bias memberikan kontribusi dan manfaat kepada para ilmuwan maupun kepada khalayak pembaca, dalam kaitan dengan penelitian yang telah kami lakukan.

Makassar, 16 Nov 2017

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
SUMMARY	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	6
BAB IV. METODE PENELITIAN	8
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	10
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	16
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN	
Lampiran 1. Instrumen Penelitian	
Lampiran 2. Personalia tenaga peneliti beserta kualifikasinya	
Lampiran 3 Kontrak Penelitian	
Lampiran 4. Surat Izin Penelitian	
Lampiran 5. Surat Keterangan telah melakukan Penelitian	
Lampiran 6. Artikel ilmiah / luaran	

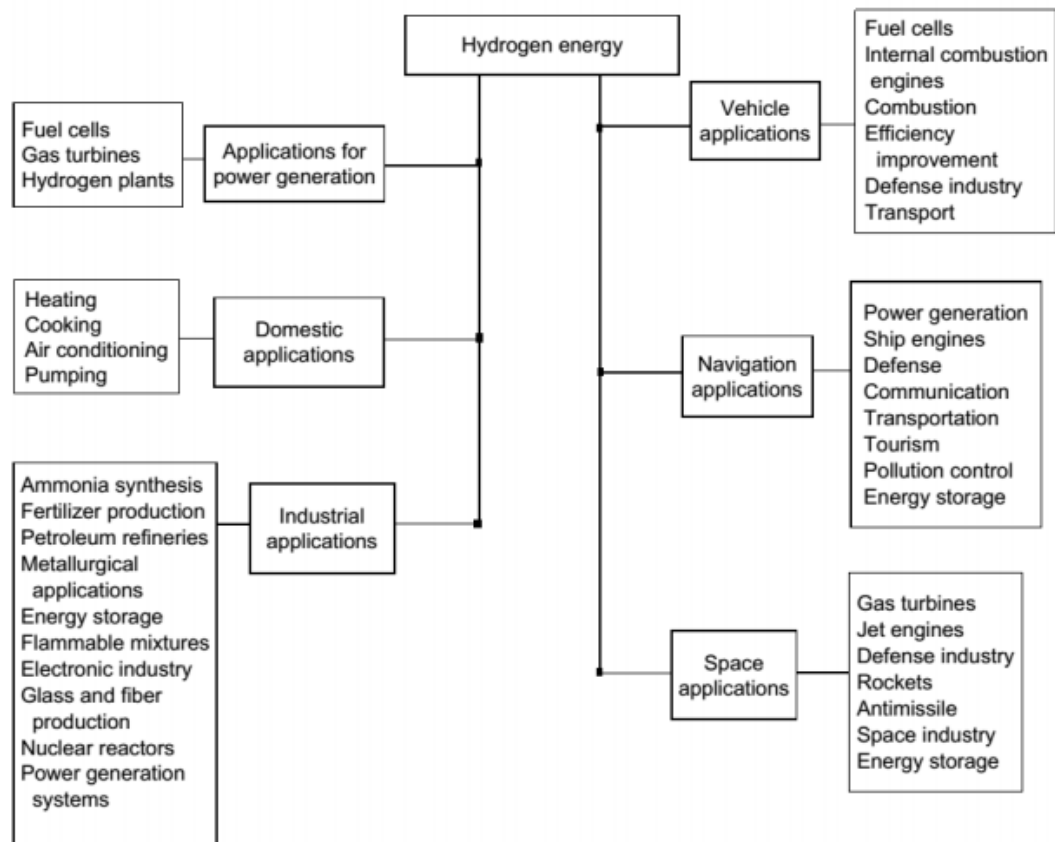
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Berbagai Aplikasi Energi Hidrogen	1
Gambar 4.1	Reaktor pembangkitan plasma untuk kondisi tekanan tinggi	9
Gambar 5.1	Spektrum plasma pada 300 kPa pada air murni dan air laut	10
Gambar 5.2	Perbandingan spektrum OH radikal yang diperoleh dalam eksperimen dan perhitungan	11
Gambar 5.3	Hubungan antara temperatur eksitasi dengan tekanan	12
Gambar 5.4	Hubungan antara temperatur OH dengan tekanan	13
Gambar 5.5	Hubungan antara temperature OH dan input power	14
Gambar 5.6	Plasma dan gelembung (<i>bubble</i>) pada air murni dan air laut	15

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Salah satu bentuk energi terbarukan yang mendapat perhatian di Negara negara maju dewasa ini adalah hidrogen. Selain ramah lingkungan dan lebih efisien, daya hidrogen terutama dalam bentuk sel bahan bakar (hidrogen fuel cells) menjanjikan penggunaan bahan bakar yang tidak terbatas karena unturnya yang berlimpah di Bumi. Hal mendasar yang membedakan hidrogen dengan sumber energy lain adalah sifatnya sebagai *energy carrier* (pembawa energi) seperti halnya energy listrik dan bukan sebagai *energy source* (sumber energi). Oleh karena itu, hidrogen tidak dapat ditemukan dalam molekul bebasnya sehingga tidak dapat ditambang seperti energy yang berasal dari fosil.



Gambar 1.1. Berbagai aplikasi energi hydrogen (Ayhan Demirbas, 2010)

Produksi Hidrogen mengalami peningkatan setiap tahun hingga mencapai sekitar 55 juta ton dengan konsumsi yang juga meningkat 6% per tahun. Beberapa aplikasi dari hidrogen dapat dilihat pada gambar 1.1 di mana pemanfaatan hydrogen untuk kendaraan menjadi focus utama

Dalam beberapa tahun terakhir, metode *plasma in liquid* telah diproyeksikan dengan tujuan untuk mengurai metan hidrat sehingga memproduksi hidrogen sebagai sumber energi yang sangat menjanjikan. Sumber cadangan metana hidrat banyak terdapat dalam sedimen bawah laut pada kedalaman air sekitar 400 meter pada kondisi temperatur rendah dan tekanan tinggi. Karena alasan inilah, maka penting untuk membangkitkan plasma yang stabil di dalam air laut pada tekanan tinggi. Pembangkitan plasma dalam air laut sangat sulit dan membutuhkan tegangan tinggi yang cukup besar. Plasma telah dibangkitkan dalam air laut dengan daya 5 kW menggunakan reaktor plasma generasi keempat dan plasma udara flotasi dengan daya sebesar 1,2 kW (7,8). Ada beberapa penelitian yang menginformasikan tentang pembangkitan plasma pada tekanan atmosfer (Mishra *et al.*, 2007; Jasiński, Dors and Mizeraczyk, 2008; Wang *et al.*, 2010; Putra *et al.*, 2012), namun hanya terbatas penelitian telah dilakukan di bawah kondisi tekanan tinggi.

Sumber utama hidrat metana banyak terdapat secara terakumulasi dalam sedimen dasar laut di mana kedalaman air melebihi sekitar 400 meter pada kondisi suhu rendah dan tekanan tinggi. Untuk alasan ini, menjadi penting untuk menghasilkan plasma secara stabil di air laut di bawah tekanan tinggi. Pembangkitan plasma dalam air laut sangat keras dan membutuhkan tegangan tinggi yang cukup besar. Plasma telah dihasilkan di air laut dengan kekuatan 5 kW menggunakan reaktor plasma generasi keempat dan flotasi udara plasma dengan daya 1,2 kW. Beberapa penelitian telah menginformasikan tentang pembangkitan plasma dalam tekanan atmosfer, namun hanya beberapa penelitian saja secara terbatas yang telah dilakukan pada kondisi tekanan tinggi.

Dalam penelitian ini, karakteristik dan sifat plasma air murni dan air laut pada kondisi tekanan tinggi diselidiki dengan menggunakan stimulasi frekuensi radio 27,12 MHz. Fase plasma dipertahankan stabil dalam air murni, dan di dalam air laut sintetis. Pengukuran temperatur eksitasi dan OH dilakukan dengan menggunakan spektroskop *Hamamatsu Photonic PMA-11* dan *Ocean optics HR4000*. Selain itu, perilaku gelembung udara dalam air murni dan air laut dengan perubahan tekanan diamati dengan menggunakan kamera video berkecepatan tinggi 3-15 (frame rate 500 fps).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Plasma adalah gas yang terionisasi dan memiliki temperatur yang tinggi. Karena temperaturnya mampu mencapai ribuan Kelvin (K), plasma dapat mengurai banyak komponen dengan laju reaksi yang cepat (Amaliyah *et al.*, 2015). Plasma memiliki karakteristik fisik dan kimia yang unik, sehingga teknologi plasma saat ini telah banyak diaplikasikan dalam bidang kedokteran, produksi nanomaterial (Choi *et al.*, 2006), pengolahan limbah (Nomura *et al.*, 2006) dan juga produksi hidrogen. Plasma dapat dibangkitkan dalam cairan dari elektroda dengan menggunakan iradiasi dari frekuensi tinggi

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 (Sloan, Dendy, 2007). *Methane hydrate* berbentuk kristal padat yang terbentuk dari campuran metan dan air yang stabil pada temperatur rendah dan tekanan yang tinggi. Umumnya terdapat pada dasar laut pada lapisan kontinental dan daerah kutub (Ayhan Demirbas, 2010).

Karena bentuknya yang padat, maka untuk menghasilkan gas metan umumnya dibutuhkan proses disosiasi atau melelehkan *methane hydrate* dengan cara menaikkan temperature di atas temperature pembentukan hydrate atau menurunkan tekanan dibawah hydrate equilibrium. Sehingga, teknik konvensional untuk mendapatkan minyak dan gas tidak dapat diaplikasikan pada *methane hydrate*. (Sloan, Dendy, 2007)

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menghasilkan gas metan 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 (Bica, 2002; Yang, Lee and Chun, 2009). Sedangkan dengan menggunakan iradiasi

gelombang frekuensi tinggi ke dalam hydrate field terbukti lebih efektif daripada system injeksi *hot-water* (Choi *et al.*, 2006).

Plasma In-liquid adalah teknologi dimana plasma dibangkitkan dalam gelembung di dalam cairan dimana reaksi kimia bertemperatur tinggi di suplai ke dalam cairan. Saat ini, aplikasi dari metode In-Liquid Plasma dengan menggunakan radiasi dari *Radio Frequency* (RF) atau *Microwave* (MW) telah banyak diaplikasikan untuk menggantikan metode konvensional dengan menggunakan fase gas. Karena densitas molekul dari cairan lebih besar dibandingkan gas dan juga cairan dapat menghasilkan efek pendinginan maka metode ini dapat menguraikan komposisi dalam suatu zat.

Perhatian para ahli sains dewasa ini kaitannya dengan proses pembangkitan plasma dalam cairan (*plasma in liquid*) semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh banyak aplikasi potensial dari proses tersebut terutama dalam bidang teknologi lingkungan, kesehatan, biologi dan energi. *Plasma in liquid* adalah metode pembentukan plasma yang dibangkitkan dalam gelembung uap air dimana terjadi medan reaksi kimia pada suhu tinggi. Sejumlah studi berkaitan dengan pembangkitan plasma dengan stimulasi gelombang radio frekuensi telah banyak dilakukan, seperti pembangkitan plasma dalam air (Maehara *et al.*, 2006; Nomura *et al.*, 2008), larutan NaCl konduktivitas tinggi (Amano *et al.*, 2012), cairan superkritikal (Maehara *et al.*, 2011; Amano *et al.*, 2012), dan metan hidrat (Rahim *et al.*, 2015).

Aplikasi metode *plasma in-liquid* dengan radio frekuensi di bawah tekanan atmosfer dapat menghasilkan 65% hidrogen dari *Cyclopentane Hydrate* (CP) (Nomura *et al.*, 2011). Dan dari *waste-oil* dan *n-dedocane* sebanyak 70-80% hidrogen (Putra *et al.*, 2012). Sedangkan dengan menggunakan *microwave* plasma dihasilkan 45% (Rahim *et al.*, 2015). Namun pada tekanan tinggi di mana kondisi aktual metan hidrat berada belum dapat dicapai. Untuk itu dibutuhkan suatu metode untuk dapat menghasilkan hidrogen pada tekanan tinggi karena *methane hydrate* akan stabil pada kondisi tersebut.

BAB III TUJUAN & MANFAAT PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini dibagi atas tujuan jangka pendek dan tujuan jangka panjang sebagai berikut:

3.1.1 Tujuan Jangka Pendek :

Mengaplikasikan teknologi plasma in liquid dengan iradiasi gelombang elektromagnetik pada frekuensi radio pada sampel senyawa air murni dan air laut untuk mendapatkan informasi data perbandingan dari kedua jenis cairan tersebut jika dibangkitkan dalam fase plasma, yang nantinya data ini sangat dibutuhkan dalam penelitian sampel senyawa *methane hydrate* sintetis untuk produksi hidrogen pada tekanan yang tinggi dimana kondisi ini mendekati kondisi aktual di dasar laut. Selain itu untuk mendapatkan perbandingan sifat sifat plasma saat dibangkitkan di dalam air laut dan air murni.

3.1.2 Tujuan Jangka Panjang :

Tujuan akhir dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sumber energi terbarukan yaitu hidrogen dari *methane hydrate*. Selain itu akan menjadi laboratorium riset untuk mengembangkan teknologi plasma untuk berbagai aplikasi.

3.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini sebagai studi awal yang nantinya akan dikembangkan sehingga bermanfaat untuk mengatasi kelangkaan sumber energi dari bahan bakar fosil. Sumber energi dari hidrogen yang tersedia sangat banyak di alam akan dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi plasma. Untuk jangka panjang, teknologi *plasma in-liquid* dapat dikembangkan dalam skala besar sehingga mampu memproduksi hidrogen secara maksimal sebagai bahan bakar alternatif.

Penelitian ini walaupun masih dalam tahap awal, namun akan sangat bermanfaat dalam hal mengatasi kelangkaan sumber energi dari bahan bakar

fosil. Sumber energi yang terkandung dalam metan hidrat sangat banyak cadangannya di dasar lautan di seluruh dunia termasuk Indonesia. Untuk jangka panjang. Teknologi *plasma in-liquid* ini diharapkan dapat dikembangkan dalam skala yang lebih besar sehingga mampu memproduksi hidrogen secara maksimal sebagai bahan bakar alternatif.

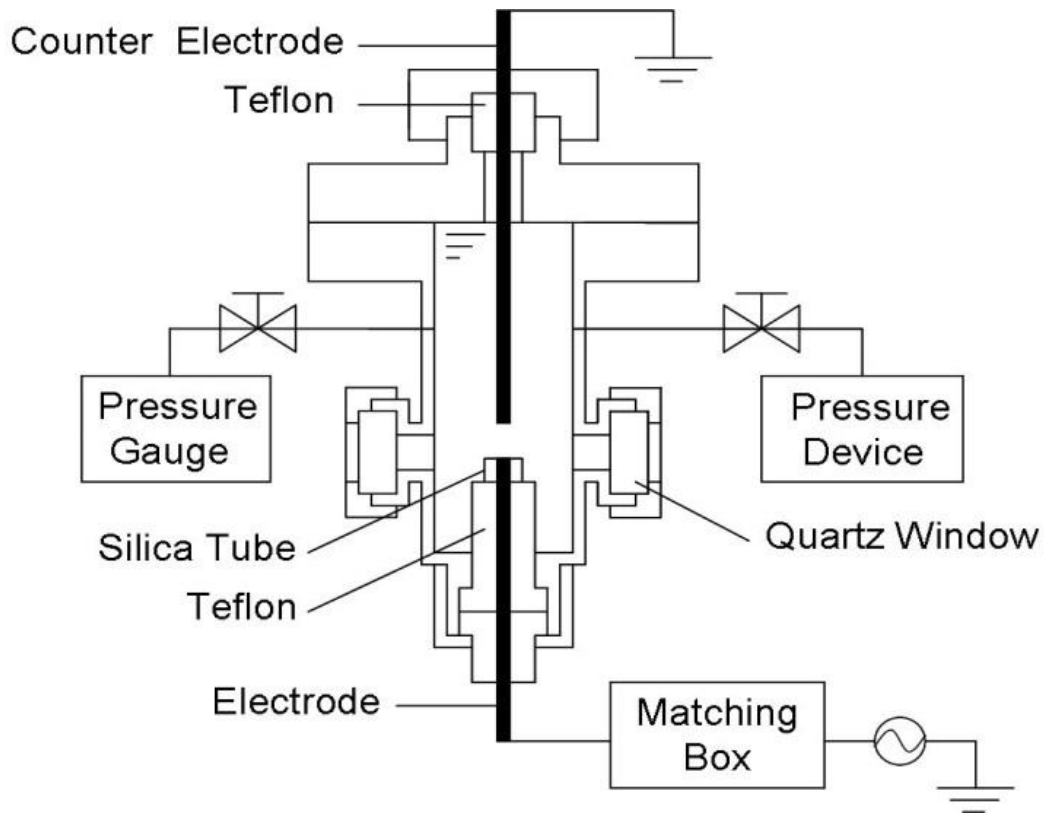
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kesimpulan awal dari efektifitas pembangkitan plasma antara air laut dan air murni yang nantinya akan diaplikasikan untuk mengurai metan hidrat dalam rangka produksi hidrogen. Sedangkan indikator penelitian adalah berupa publikasi artikel ilmiah dalam seminar nasional/internasional maupun pada jurnal nasional terakreditasi.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Perangkat Peralatan Eksperimen

Karakteristik plasma dalam air murni dan air laut buatan di bawah kondisi tekanan tinggi diinvestigasi dengan menggunakan gelombang frekuensi tinggi sebesar 27,12 MHz. Plasma dipertahankan dalam air murni, dan dalam air laut sintetik. Temperatur eksitasi dan temperatur OH diukur dengan menggunakan spektroskopi *Hamamatsu Foton PMA-11* dan *Ocean optik HR4000*. Selain itu, perilaku gelembung udara dalam air murni dan air laut buatan dengan perubahan tekanan diamati dengan kamera video kecepatan tinggi 3-15 dengan laju *frame* 500 fps.

Gambar 4.1 menunjukkan diagram skematik dari peralatan eksperimen untuk membangkitkan plasma. Sebuah bejana reaksi yang terbuat dari stainless SUS dengan diameter dalam 63,3 mm dan dilengkapi dengan dua buah jendela observasi terbuat dari bahan kaca kuarsa transparan. Sebuah 3 mm batang tungsten dengan ujung dipertajam dengan 1,5 mm ketebalan dimasukkan ke dalam tabung kuarsa dengan diameter luar 6 mm berfungsi sebagai elektroda. Sebuah pipa tembaga 12,5 mm digunakan sebagai pasangan elektroda (*counter electrode*) diletakkan 20 mm dari elektroda koaksial.



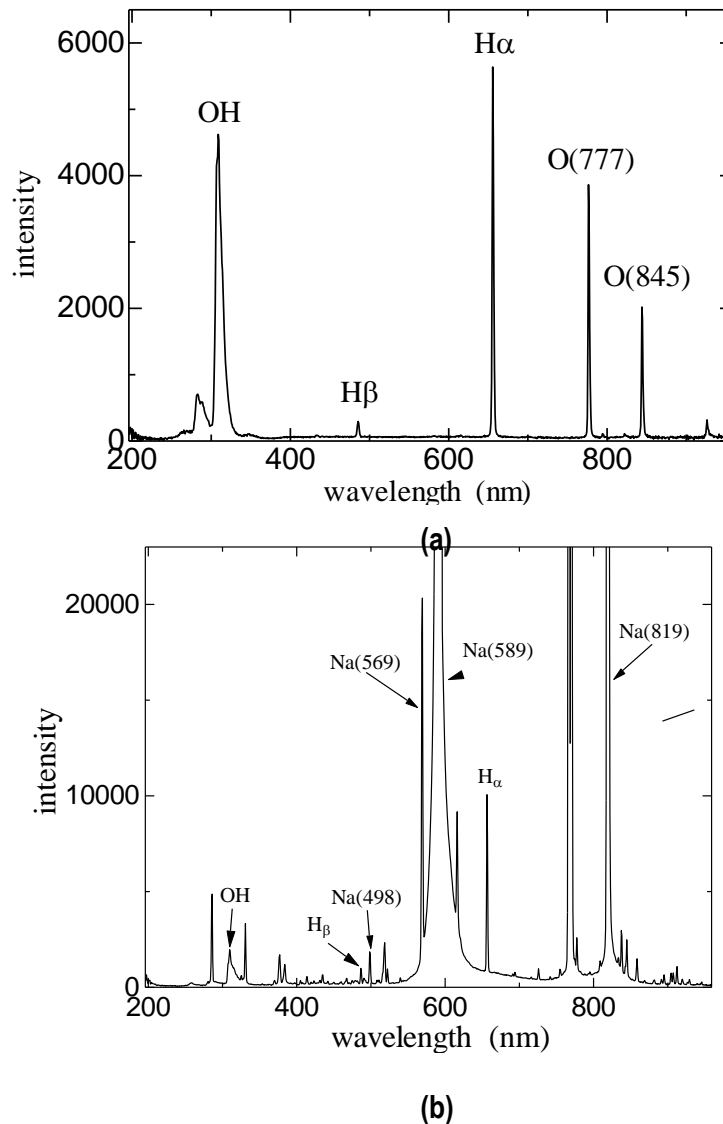
Gambar 4.1 Reaktor pembangkitan plasma untuk kondisi tekanan tinggi

Sebanyak 520 ml air murni dan air laut buatan diisi ke dalam tangki reaktor. Listrik dipasok dari sumber daya berfrekuensi tinggi (27,12 MHz) dengan cara menyesuaikan pantulannya, plasma dihasilkan pada ujung elektroda dalam rentang daya input dari 250W ke 500W. Setelah plasma dihasilkan di bawah tekanan yang menurun 10 kPa, maka tekanan secara bertahap meningkat menjadi 300 kPa dalam air murni dan 600 kPa dalam air laut

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Spektrum Emision dari Plasma

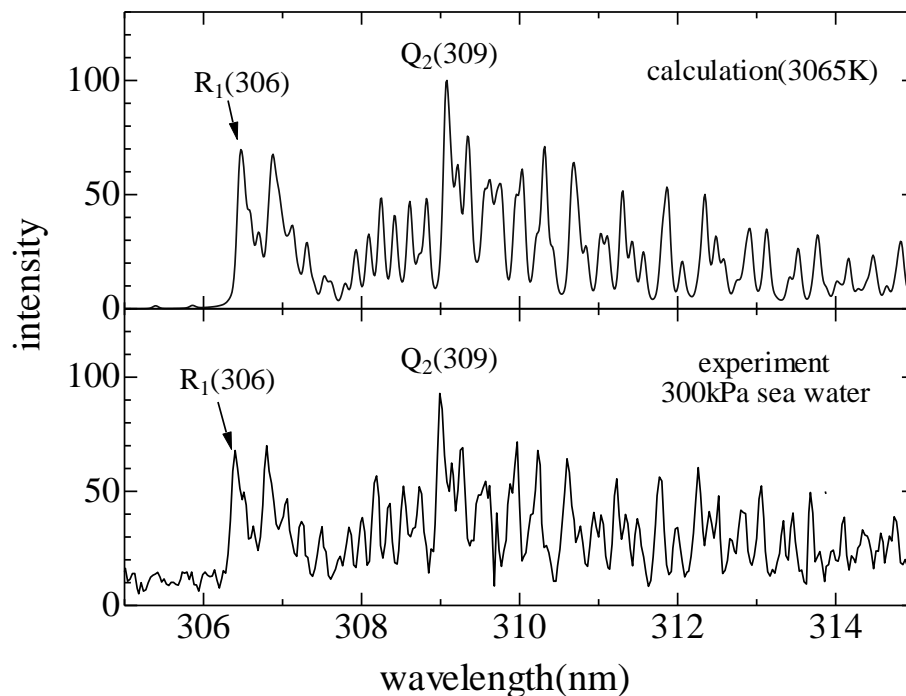
Spektrum emisi plasma diukur dengan menggunakan alat spektroskop (Hamamatsu Photonics PMA-11) dan spektrumnya ditunjukkan pada Gambar 5.1. Puncak $H\alpha$, $H\beta$, OH, O (777nm), O (845nm) terdeteksi dalam air murni seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1 (a). Temperatur eksitasi dari emisi rasio cahaya $H\alpha$ dan $H\beta$ dihitung dengan menggunakan distribusi plot *Boltzmann*.



Gambar 5.1 Spectrum of plasma at 300 kPa pada air murni (a), air laut (b)

Gambar 5.1 (b) menunjukkan spektrum emisi plasma pada air laut buatan yang diperoleh dengan cara yang sama seperti pada air murni. Disebabkan oleh kuatnya spektrum cahaya atom Na, sehingga temperatur eksitasinya tidak dapat dihitung karena spektrum dari H_{α} dan H_{β} menjadi sulit untuk dideteksi secara akurat. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode plot *Boltzman*, temperatur eksitasi plasma pada air laut buatan dapat dihitung dengan menggunakan tiga spektrum emisi dari Natrium (Na) yaitu: 498 nm, 569 nm dan 819 nm.

Tekanan plasma meningkat menjadi 300 kPa dan dipertahankan pada air laut buatan. Spektrum emisi plasma diukur dengan menggunakan spektroskop (*Ocean optics HR4000*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.2. Temperatur OH air murni dan air laut buatan diperoleh dari spektrum emisi dengan radikal $A\Sigma$ -XII dari OH dengan membandingkan rasio puncak cabang Q₂-cabang (309 nm) dan R₁ pada spektrum emisi dengan perangkat lunak simulasi spektrum LIFBASE 306nm).

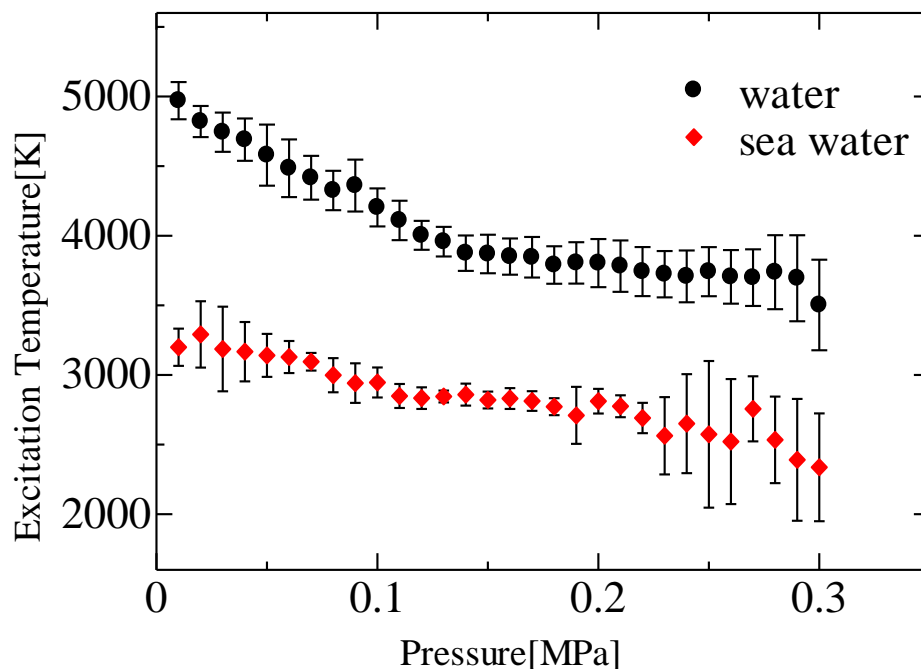


Gambar. 5.2 Perbandingan spektrum OH radikal yang diperoleh dalam eksperimen dan perhitungan.

5.2 Pengukuran Temperatur Eksitasi

Gambar 5.3 menunjukkan hubungan antara temperatur eksitasi plasma dalam air murni dan air laut buatan. Seiring dengan kenaikan tekanan dari 10 kPa menjadi 300 kPa, temperatur eksitasi air murni menurun dari 4800K menjadi sekitar 3500K, sedangkan pada air laut buatan, tren penurunan juga diamati dari 3300K sampai sekitar 2300K. Kedua temperatur eksitasi mengalami penurunan pada perubahan tekanan.

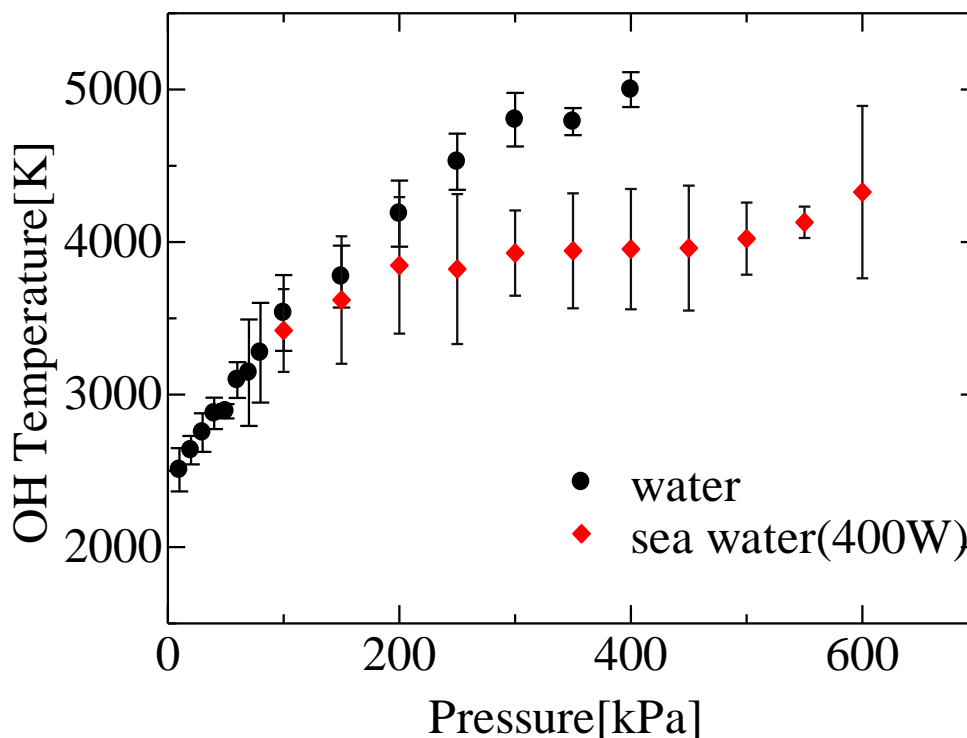
Hal ini anggap disebabkan oleh spektrum emisi dalam plasma dipengaruhi oleh medan listrik mikroskopis dari ion dan elektron yang ada di sekitarnya. Energi kinetik elektron dalam bentuk sejumlah tumbukan menjadi lebih besar saat tekanan meningkat. Selanjutnya, diketahui bahwa temperatur eksitasi pada air murni lebih tinggi daripada yang ada pada air laut dengan kondisi tekanan yang sama. Karena temperatur eksitasi di air laut buatan ditemukan dengan menggunakan tiga spektrum emisi Na, yang lebih mudah dideteksi pada temperatur yang lebih rendah daripada spektrum emisi H α dan H β dalam air murni.



Gambar. 5.3 Hubungan antara temperatur eksitasi dengan tekanan.

5.3 Pengukuran temperatur radikal OH

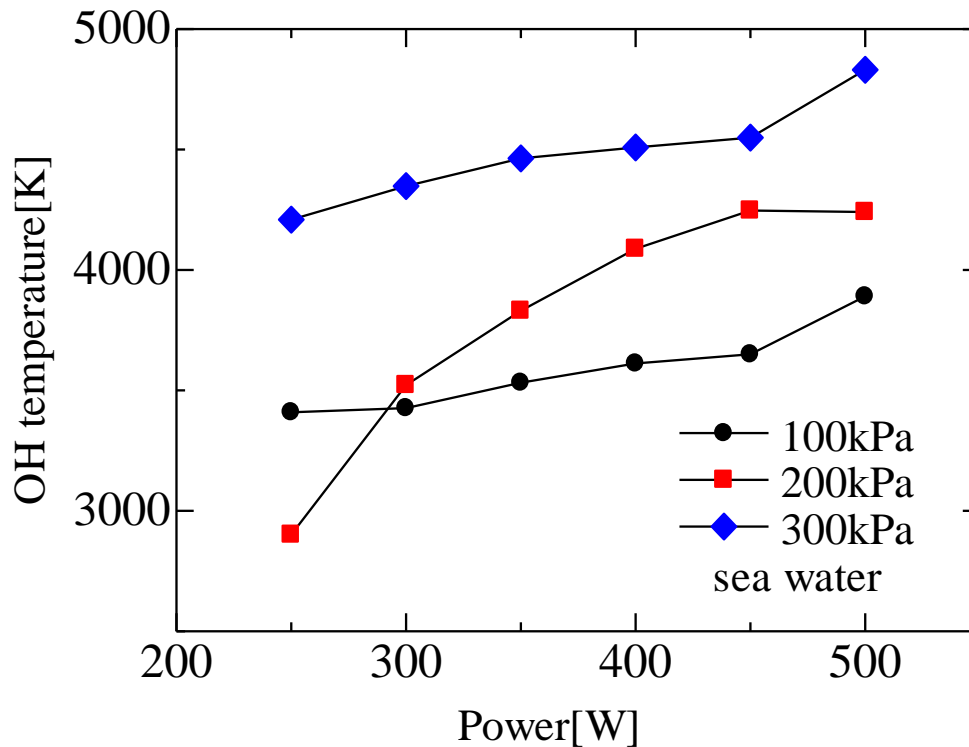
Gambar.5.4 menunjukkan hubungan antara temperatur dan tekanan OH dari plasma pada air murni dan air laut buatan. Temperatur OH plasma dalam air murni meningkat dari 2500K menjadi sekitar 5000K saat tekanan meningkat dari 10kPa dari 300kPa. Daya masuk yang dipakai untuk air laut buatan adalah 400W. Temperatur OH plasma pada air laut buatan meningkat menjadi 4300K dari sekitar 3400K karena tekanan meningkat dari 100 kPa menjadi 600 kPa. Di bawah kondisi tekanan tinggi, diketahui bahwa temperatur OH pada tekanan air murni yang sama ternyata lebih tinggi daripada air laut buatan.



Gambar 5.4 Hubungan antara temperatur OH dengan tekanan.

Gambar 5.5 menunjukkan hubungan antara temperatur dan daya masukan OH yang diukur dalam air laut dengan tekanan yang meningkat dari 100kPa sampai 300kPa. Kecenderungan untuk naik di bawah semua variasi tekanan terlihat pada temperatur OH plasma pada air laut dengan meningkatkan daya masukan dari 250W menjadi 500W. Lebih jauh lagi, perlu dicatat bahwa air laut buatan digunakan untuk dapat mempertahankan kestabilan plasma di bawah

tekanan tinggi dalam kisaran daya input yang lebar. Di sisi lain, dalam kasus air murni, tidak mungkin mempertahankan plasma kecuali diberi lebih banyak daya input sekitar 100W lebih tinggi daripada yang digunakan untuk air laut.

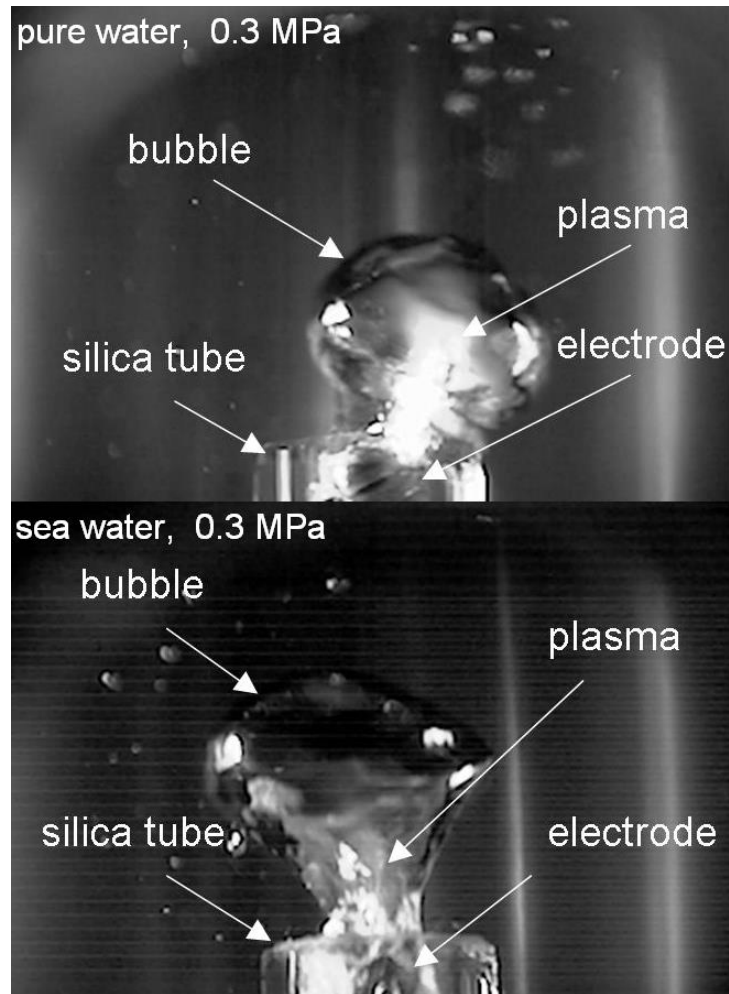


Gambar 5.5 Hubungan antara temperature OH dan input power.

5.4 Hubungan antara frekuensi departur dan Diameter departur dari gelembung (*bubble*)

Perilaku gelembung yang terjadi selama pembangkitan plasma diamati dengan menggunakan kamera video berkecepatan tinggi (*high speed camera*). Gambar 5.6 menunjukkan keadaan plasma dan gelembung air murni dan air laut buatan pada tekanan 300 kPa. Kedua gelembung diulang pertumbuhan dan keberangkatannya (*departure*), namun plasma air murni tumbuh memanjang dari permukaan elektroda dan bagian lainnya di permukaan elektroda tetap tertutup. Di sisi lain, sebagian besar keadaan plasma yang dihasilkan pada pertumbuhan gelembung untuk sampel air laut buatan terlihat berulang dan terpisah dengan gelembung udara dan menutupi keseluruhan elektroda. Namun, fenomena ini

juga terlihat pada air murni saat kondisi tekanan rendah. Perubahan bentuk gelembung udara terjadi jika tekanan segera meningkat. Perubahan seperti itu tidak teramati pada air laut.



Gambar 5.6 Plasma dan gelembung (*bubble*) pada air murni (atas) dan air laut (bawah)

Selain itu, penyebaran menyamping dari pertumbuhan gelembung plasma pada air laut buatan dapat teramati. Diasumsi bahwa ini hal ini terjadi karena gas yang terbentuk oleh lebih banyak reaksi kimia daripada dalam air murni. Gelembung yang mengelilingi plasma menjadi sedikit lebih besar dalam larutan NaCl daripada air murni.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dari eksperimen pembangkitan plasma yang telah dilakukan di bawah tekanan tinggi dalam air murni dan air laut buatan dapat diperoleh beberapa hasil kesimpulan yaitu:

- a. seiring dengan kenaikan tekanan dari 10 kPa menjadi 300 kPa, temperatur eksitasi menurun sekitar 4800K sampai 3.500K murni dan 3300K sampai 2300K di air laut.
- b. Temperatur OH meningkat sekitar 2500K sampai 5000K dalam air murni dan 3400K sampai 4300K dalam air laut buatan.
- c. Selain itu, dalam kondisi yang sama, kedua waktu keberangkatan (*time departure*) gelembung dan diameter gelembung keberangkatan pada air laut buatan lebih besar dari pada air murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliyah, N. *et al.* (2015) 'Plasma in-liquid method for reduction of zinc oxide in zinc nanoparticle synthesis Plasma in-liquid method for reduction of zinc oxide in zinc nanoparticle synthesis', *Materials Research Express*. IOP Publishing, 2(2), p. 25004. doi: 10.1088/2053-1591/2/2/025004.
- Amano, T. *et al.* (2012) 'Generation of Radio Frequency Plasma in High-Conductivity NaCl Solution', *Japanese Journal of Applied Physics*, 51.
- Ayhan Demirbas (2010) *Methane Gas Hydrate*. Springer.
- Bica, I. (2002) 'Iron micro-spheres generation in argon plasma jet', *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology*, 88, pp. 107–109. doi: 10.1016/S0921-5107(01)00830-3.
- Choi, S. I. *et al.* (2006) 'High purity synthesis of carbon nanotubes by methane decomposition using an arc-jet plasma', *Current Applied Physics*, 6(2), pp. 224–229. doi: 10.1016/j.cap.2005.07.045.
- Jasiński, M., Dors, M. and Mizeraczyk, J. (2008) 'Production of hydrogen via methane reforming using atmospheric pressure microwave plasma', *Journal of Power Sources*, 181(1), pp. 41–45. doi: 10.1016/j.jpowsour.2007.10.058.
- Maehara, T. *et al.* (2006) 'Radio Frequency Plasma in Water', *Japanese Journal of Applied Physics*, 45(11), pp. 8864–8868. doi: 10.1143/JJAP.45.8864.
- Maehara, T. *et al.* (2011) 'Influence of conductivity on the generation of a radio frequency plasma surrounded by bubbles in water', *Plasma Sources Science and Technology*, 20(3), p. 34016. doi: 10.1088/0963-0252/20/3/034016.
- Mishra, L. N. *et al.* (2007) 'Characterization of pulsed discharge plasma at atmospheric pressure', *Surface and Coatings Technology*, 201(13), pp. 6101–6104. doi: 10.1016/j.surfcoat.2006.08.126.
- Nomura, S. *et al.* (2006) 'Microwave plasma in hydrocarbon liquids', *Applied Physics Letters*, 88(21), pp. 114–116. doi: 10.1063/1.2208167.
- Nomura, S. *et al.* (2008) 'Discharge characteristics of microwave and high-frequency in-liquid plasma in water', *Applied Physics Express*, 1(4), pp. 0460021–0460023. doi:

10.1143/APEX.1.046002.

Nomura, S. *et al.* (2011) 'Plasma decomposition of clathrate hydrates by 2.45GHz microwave irradiation at atmospheric pressure', *Applied Physics Express*, 4(6), pp. 2–4. doi: 10.1143/APEX.4.066201.

Putra, A. E. E. *et al.* (2012) 'Hydrogen production by radio frequency plasma stimulation in methane hydrate at atmospheric pressure', *International Journal of Hydrogen Energy*. Elsevier Ltd, 37(21), pp. 16000–16005. doi: 10.1016/j.ijhydene.2012.07.099.

Rahim, I. *et al.* (2015) 'Decomposition of methane hydrate for hydrogen production using microwave and radio frequency in-liquid plasma methods', *Applied Thermal Engineering*, 90. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2015.06.074.

Sloan, Dendy, E. (2007) 'Clathrate Hydrates of Natural Gases Third Edition', p. 728.

Wang, Y.-F. *et al.* (2010) 'Production of hydrogen by plasma-reforming of methanol', *International Journal of Hydrogen Energy*. Elsevier Ltd, 35(18), pp. 9637–9640. doi: 10.1016/j.ijhydene.2010.06.104.

Yang, Y., Lee, B. and Chun, Y. (2009) 'Characteristics of methane reforming using gliding arc reactor m', 34, pp. 172–177. doi: 10.1016/j.energy.2008.11.006.

Lampiran 1. Susunan Organisasi Team dan Pembagian Tugas

No.	Nama/NIP	Program Studi	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu	Uraian Tugas
1	Dr-Eng. H. Ismail, ST.,MT.	Pend. Tek. Otomotif	Teknik Mesin	15	Melakukan koordinasi dengan Tim peneliti dan merakit alat pembangkitan plasma
2	Dr. Syafiuddin Parenrengi, M.Pd.	Pend. Tek. Otomotif	. Tek. Otomotif	10	Mengumpulkan sampel bahan penelitian dan mengaplikasikan plasma pada sampel tersebut.
3					

Lampiran 2. Personalia Tim Peneliti/Pelaksana

1. BIODATA KETUA TIM PENELITI

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	:	Dr-Eng. H. Ismail, ST.,MT.
2	Jenis Kelamin	:	Pria
3	Jabatan Fungsional	:	Asisten ahli
4	NIP/NIK/Identitas Lainnya	:	197601142009121001
5	NIDN	:	0014017605
6	Tempat & Tanggal Lahir	:	Ujung Pandang, 14 Januari 1976
7	E-mail	:	ismail_rahim@unm.ac.id
8	Nomor Telepon/HP	:	082292910514
9	Alamat Kantor	:	Jl. Dg Tata Raya Parang Tambung
10	Nomor Telepon/Fax	:	

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Hasanuddin	Universitas Hasanuddin	Ehime University, Japan
Bidang Ilmu	Teknik Mesin	Teknik Mesin	<i>Mechanical Engineering</i>
Tahun Masuk-Lulus	1993 - 1999	2005 - 2009	2012 – 2015
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Analisis Kesetimbangan Energi Turbin Gas Alsthom Atlantique di PLTU Tello	Efek <i>Ash</i> batubara mutu rendah terhadap potensi pembentukan <i>Slagging & Fouling</i> pada Boiler PT. Semen Tonasa	<i>High Frequency Plasma In-Liquid Method for Decomposition of Methane Hydrate under High Pressure</i>
Nama Pembimbing/Promotor	Prof. Dr. Duma Hasan, DEA.	Prof. Dr. Jusuf Siahaya, M.S	Prof. Shinfuku Nomura

C. Pengalaman Penelitian (bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi) **Selama 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)
1	2014	<i>Methane Hydrate Decomposition with Radio Frequency Argon Jet Plasma</i>	<i>Heat & ass Transfer Laboratory, Ehime University</i>	
2	2015	<i>Decomposition of Methane Hydrate by Argon Plasma Jet at Higher Pressures</i>	<i>Heat & ass Transfer Laboratory, Ehime University</i>	

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)
1		-		
2				

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal (tidak termasuk Makalah Seminar/Prosiding, Artikel Surat Kabar) **Selama 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Vol/No
1	2015	<i>Fuel Gas Production from Biomass Sources by Radio Frequency In-Liquid Plasma Method</i>	<i>Journal of Power and Energy Engineering,</i>	Vol 3, 28-35
2	2015	<i>Decomposition of methane hydrate for hydrogen production using microwave and radio frequency in-liquid plasma methods</i>	<i>Applied Thermal Engineering</i>	Vol. 90 (120-126)

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Waktu & Tempat
1	2014	<i>A Comparison of Methane Hydrate Decomposition Using Radio Frequency Plasma and Microwave Plasma Methods</i>	10-15 Agus 2014, <i>the 15th International Heat Transfer Conference</i> , IHTC-15, Kyoto, Japan
2	2016	Aplikasi Argon Plasma Jet untuk Dekomposisi Methane hydrate dengan Iradiasi Radio Frequency Plasma	5-6 Oktober, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XV di ITB. Bandung

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian PNBPN.

Makassar, 16 November 2017
Ketua Tim Peneliti,



Dr-Eng. H. Ismail, ST.,MT

2. BIODATA ANGGOTA TIM PENELITIAN

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	:	Dr. Syafiuddin Parenrengi, M.Pd.
2	Jenis Kelamin	:	Pria
3	Jabatan Fungsional	:	Lektor Kepala
4	NIP/NIK/Identitas Lainnya	:	196307131991031001
5	NIDN	:	0013076306
6	Tempat & Tanggal Lahir	:	Ujung Pandang, 13 Juni 1963
7	E-mail	:	syafioto@yahoo.co.id
8	Nomor Telepon/HP	:	0852 55753957
9	Alamat Kantor	:	Jl. Dg Tata Raya Parang Tambung
10	Nomor Telepon/Fax	:	

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	IKIP Ujung Pandang	IKIP Yogyakarta	UNM Makassar
Bidang Ilmu	Teknik Otomotif	Pendidikan Teknologi & Kejuruan	Manajemen Pendidikan
Tahun Masuk-Lulus	1993 - 1999	2005 - 2009	2012 – 2015
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi			
Nama Pembimbing/Promotor			

C. Pengalaman Penelitian (bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi) Selama 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)
1	2014	Analisis Kualitas		

		Layanan Bengkel Sepeda Motor Menggunakan Integrasi Model <i>Service Quality</i> dan <i>Quality Function Deployment</i>	PNBP FT UNM	6.5
2	2015	Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Dengan Menggunakan <i>Bionas Tablet Additive</i>	DIPA UNM	10

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)
1	2014	IbM Kelompok Tukang Ojek di Masamba	PNBP UNM	7.5
2	2015	IbM Kelompok Nelayan di Belawa	PNBP UNM	7.5
3	2016	IbM Usaha Bengkel Las Golongan Kecil Di Sulawesi Selatan.	Ristekdikti	7.5
4	2016	IbM Kelompok Tukang Ojek di Liriaja Soppeng	PNBP UNM	48

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal (tidak termasuk Makalah Seminar/Prosiding, Artikel Surat Kabar) Selama 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Vol./No
1	2015	<i>Media Animation Effect Learning On Learning Outcomes of Motorcycle Engineering For The Vocational Students</i>	<i>International Journal of Academic Research</i>	Vol. 7 Issue 3A, p262-266. 5p.
2				

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Waktu & Tempat
1	2015	Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Dengan Menggunakan <i>Bionas Tablet Additive</i> Belajar Siswa Kejuruan	Universitas Negeri Makassar
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian PNBK.

Makassar, 16 November 2017
Anggota Tim Peneliti,

Dr. Syafiuddin Parenrengi., M.Pd.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr-Eng. H. Ismail, ST.,MT.
NIP/NIDN : 197601142009121001 / 0014017605
Pangkat/Gol. : Penata Muda Tk.1 / IIIb
Jabatan Fungsional : Asisten ahli

Dengan ini menyatakan bahwa Laporan penelitian saya ini dengan judul: **“Karakteristik Plasma dalam Air Murni dan Air Laut Pada Kondisi Tekanan Tinggi dengan Stimulasi Frekuensi Radio** yang diusulkan dalam skema penelitian PNBPF Fakultas untuk tahun anggaran 2017 bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dalam pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penelitian yang diterima ke kas Negara.

Makassar, 27 November 2017
Ketua Tim Peneliti,



Dr-Eng. H. Ismail, ST., MT
NIP. 197601142009121001