

Electrolytic Microbubble Generator

Warjito dan Diki Darmawan

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru UI, Depok
E-mail: warjitoi@hotmail.com

Abstrak

Studi pembentukan gelembung dengan metode elektrolisa, Electrolytic Microbubble Generator telah dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter yang mempengaruhi jumlah dan ukuran gelembung. Studi ini dilakukan untuk mendapatkan bubble generator yang cocok untuk digunakan pada penelitian drag reduction. Proses elektrolisis air menggunakan dua elektroda yang disimpan didalam air dan dialiri listrik tegangan searah (Direct Current). Reaksi kimia dari proses elektrolisis air akan menghasilkan Oksigen pada Anoda dan Hidrogen pada Katoda yang berbentuk gelembung. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan diameter elektroda dan tegangan DC. Elektroda yang digunakan adalah kawat tembaga dengan diameter 0.3 mm, 0.5 mm, dan 0.7 mm, dan tegangan DC sebesar 5 V, 10 V, 15 V dan 20 V. Ukuran bubble yang dihasilkan diamati dengan menggunakan kamera dan image processing, sedangkan debit diukur dengan menggunakan gelas ukur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode elektrolisis dapat menghasilkan micro bubble dan terdapat hubungan linear antara besar tegangan dengan ukuran dan debit gelembung yang dihasilkan.

Kata kunci : Elektrolisis, Microbubble, elektroda dan listrik.

1. Pendahuluan

Microbubble adalah gelembung dalam fluida cair dengan ukuran diameter dibawah 200 μm [1]. *Microbubble* banyak digunakan untuk beberapa aplikasi seperti pemisahan minyak dari air, peningkatan efisiensi pergerakan kapal laut, pengolahan limbah, proses pembersihan mikroorganisme pada tiram dan kerang laut, teknologi pemindaian penyakit, dan bahkan untuk pembasuhan badan.

Microbubble dapat dihasilkan dengan beberapa metoda dengan karakteristik yang berbeda-beda. Metoda tersebut antara lain dengan *elektrolitic microbubble generator*, *porous plate (PP)*, dan *ventury tube type bubble generator*.

Penelitian McCormick dan Bhattacharyya (1973) dengan menggunakan elektrolisis kawat tembaga untuk menghasilkan *microbubble* telah menjadi *pioneer* dalam studi mengenai *frictional drag reduction* [2]. Metoda ini dinilai sebagai metoda yang memiliki efisiensi energi tinggi dan konstruksi yang lebih sederhana dari teknik-teknik lainnya.

Banyak penelitian tentang micro bubble yang telah dilakukan, namun umumnya fokus pada pemanfaatan micro bubble. Ada beberapa parameter penting yang masih perlu dieksplorasi lebih baik seperti ukuran bubble dan laju pembentukannya (flow rate) tetapi kurang mendapat perhatian. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik pada pembentukan micro bubble dengan metode elektrolisis dan memahami karakteristik dan parameternya yaitu hubungan antara ukuran elektrode, arus listrik dengan ukuran bubble dan flow rate.

2. Elektrolisis

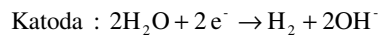
Bubble atau gelembung dengan ukuran yang sangat kecil dinamakan juga sebagai *microbubble*. Beberapa referensi menyatakan ukuran *bubble* dibawah 200 μm sebagai *microbubble* [1]. Penggunaan dan pengembangan *microbubble* dalam berbagai bidang sudah banyak dilakukan seperti teknologi *microbubble drag reduction*, teknik radiologi dalam dunia kedokteran, teknologi purifikasi pada pertambangan minyak bumi, dan masih banyak lagi. Beberapa literatur menyebutkan bahwa jumlah dan ukuran *microbubble* merupakan parameter yang sangat berpengaruh pada aplikasinya.

Salah satu teknik untuk menghasilkan *microbubble* adalah dengan menggunakan teknik elektrolisis.

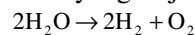
Proses elektrolisis merupakan reaksi kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Media yang digunakan untuk menghasilkan reaksi kimia disebut dengan elektrolit. Proses elektrolisis air

menggunakan dua elektroda yang disimpan didalam air dan tegangan listrik searah (*Direct Current*) diberikan pada dua elektroda tersebut. Tegangan listrik dari sumber akan menghasilkan arus pada air yang sebanding dengan besarnya tegangan sumber dibagi nilai resistansi dari air. Elektroda yang digunakan ada dua jenis, yaitu katoda sebagai elektroda negatif dan anoda sebagai elektroda positif. Proses reduksi terjadi pada katoda, dan sebaliknya proses oksidasi terjadi pada anoda [3].

Reaksi kimia dari proses elektrolisis air adalah sebagai berikut :

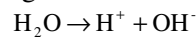


Sehingga reaksi akhir yang terjadi adalah



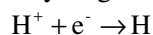
Dari reaksi diatas akan terlihat bahwa Hidrogen akan terbentuk pada katoda dan Oksigen pada anoda.

Pada katoda akan terdapat muatan negatif yang berasal dari sumber tegangan DC. Hal ini berarti akan terdapat muatan elektrik untuk mendorong elektron pada katoda. Pada anoda akan terdapat muatan positif, sehingga elektroda ini akan memiliki kecenderungan untuk menarik elektron. Air merupakan konduktor yang tidak begitu bagus, untuk menghasilkan aliran dalam rangkaian elektrolisis, molekul air yang dekat dengan katoda akan terpecah menjadi ion positif hidrogen yang disimbolkan dengan H^+ dan ion negatif hidroksida yang disimbolkan sebagai OH^-

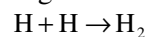


Secara sepintas H_2O akan terpisah menjadi H dan OH, tapi hal ini tidak terjadi karena atom Oksigen lebih kuat menarik elektron dari H. Penarikan ini akan menghasilkan ion hidroksida yang memiliki kulit luar ion secara stabil.

Ion H^+ menjadi bebas dan mengikat elektron (e^-) dari katoda, yang secara terus menerus mengeluarkan electron sebagai atom hydrogen netral :

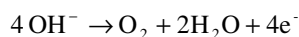


Atom-atom hydrogen ini akan terkumpul dan kemudian membentuk molekul gas hydrogen :



Molekul-molekul H_2 ini lah yang terbentuk menjadi gelembung kecil dan naik ke permukaan.

Yang terjadi pada anoda yang memiliki muatan positif akan menarik ion hidroksida OH^- . Anoda akan melepas kelebihan 1 elektron karena terikat oleh ion hidroksida tadi, dan kelebihan elektron tersebut akan terikat oleh 3 molekul hidroksida lainnya untuk membentuk 1 molekul oksigen dan 2 molekul air :

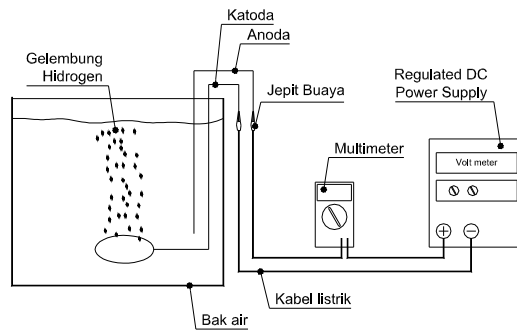


Molekul oksigen yang terbentuk akan stabil dan membentuk gelembung.

Secara keseluruhan dan terus menerus, rangkaian tertutup akan terbentuk yang akan menghasilkan elektron-elektron bermuatan negatif pada elektroda dan ion-ion hidroksida pada air. Energi dari sumber tegangan akan berubah menjadi gas hidrogen.

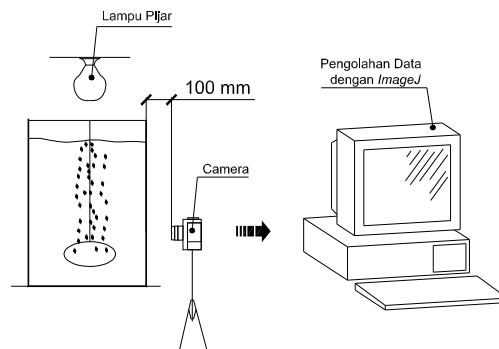
3. Setup Penelitian

Penelitian dilakukan di *Laboratory of Flow Control* Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Alat utama penelitian terdiri dari Elektroda, Elektrolit, DC power Supply, dan bak pengamatan yang terbuat dari acrylic transparan. Gambar skematik setup penelitian ditunjukkan pada gambar 1. *Regulated DC Power Supply* digunakan untuk menghasilkan tegangan DC dari tegangan AC PLN yang tersedia. Keluaran DC dihubungkan ke elektroda dengan menggunakan kabel listrik. Untuk memudahkan lepas pasang elektroda, selama penelitian digunakan jepit buaya untuk menghubungkan kawat listrik dengan elektroda. Multi meter dihubungkan secara seri untuk mengukur besaran arus listrik pada keluaran kutub positif tegangan DC.



Gambar 1. Skematik setup penelitian

Elektroda yang terdiri dari anoda dan katoda kemudian dicelupkan kedalam bak dengan jarak ± 25 cm, dan tegangan DC dialirkan secara bertahap dari 5 V s.d. 20 V. *Microbubble* yang terbentuk di elektroda diobservasi dengan kamera yang dipasang pada jarak tegak lurus ± 100 mm terhadap bak air. Selain jendela pengamatan, bagian lain bak ditutup dengan menggunakan karton hitam untuk mengatur pencahayaan sehingga didapatkan hasil gambar yang maksimal. Pencahayaan menggunakan 3 buah lampu pijar 100 watt yang dipasang diatas bak air. Setup kamera dan pencahayaan ditunjukkan pada gambar 2. Ukuran bubble diperoleh dengan mengolah foto bubble dengan software image processing.



Gambar 2. Set up kamera dan pencahayaan.

Pengukuran debit dilakukan dengan menghitung perubahan ketinggian air gelas ukur pada saat sebelum dan sesudah gelembung naik ke dalam gelas ukur [4]. Gambar 3 adalah gambar skema dari proses pengambilan data debit *microbubble*. Ketika gelembung hidrogen terperangkap didalam gelas ukur, maka permukaan air akan turun. Perubahan ketinggian tersebut dalam satuan mililiter sehingga sebanding dengan perubahan volume. Besarnya debit gas hidrogen diperoleh dengan membagi perubahan volume gas di dalam gelas ukur dengan waktu pengamatan. Secara matematika dinyatakan dalam persamaan:

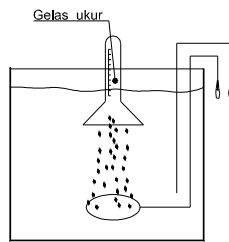
$$Q = \frac{\Delta V}{t}$$

Dimana :

Q = Debit (ml/s)

ΔV = Perubahan volume (ml)

t = Periode waktu (s)



Gambar 3 Skema Pengukuran debit bubble

4. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data untuk mengetahui karakteristik *microbubble* hasil elektrolisis dilakukan pada setiap diameter kawat dan variasi tegangan DC yang diberikan. Diameter kawat yang digunakan adalah 0.3 mm, 0.5 mm, dan 0.7 mm. Besaran tegangan DC untuk setiap diameter kawat adalah 5 V, 10 V, 15 V dan 20 V. Besarnya arus yang mengalir diukur dengan menggunakan amperemeter yang terpasang seri pada kawat anoda.

Visualisasi Microbubble

Gambar 4 menunjukkan representasi visual *microbubble* dari hasil tangkapan kamera yang dihasilkan selama penelitian. Foto ditampilkan apa adanya tanpa ada rekayasa software untuk memperbaiki kualitas dan ketajaman gambar.

Dari foto-foto yang diamati dapat disimpulkan bahwa micro bubble yang dihasilkan dipengaruhi oleh tegangan DC dan ukuran kawat elektroda yang digunakan.

Pengaruh Tegangan DC

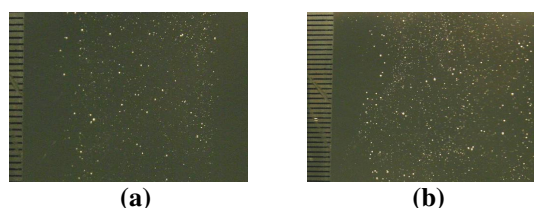
Pengaruh tegangan DC terhadap diameter *microbubble* dapat diamati dari gambar 4. Gambar ini menunjukkan micro bubble yang dihasilkan oleh elektrode 0.3 mm dengan tegangan listrik DC berturut turut 5 V, 10 V, 15 V dan 20 V. Gambar ini menunjukkan bahwa diameter gelembung yang dihasilkan semakin besar dan populasi gelembung juga semakin banyak dengan bertambahnya tegangan DC.

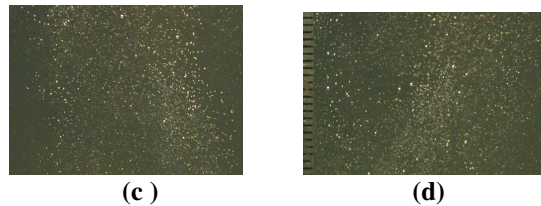
Pengaruh arus listrik

Hubungan linear antara Tegangan DC dengan Arus Listrik sesuai dengan rumus $V= I.R$. Hubungan linear ini juga secara langsung memberikan pengaruh terhadap karakteristik *microbubble* yang dihasilkan. Pengaruh arus terhadap diameter *microbubble* serupa dengan pengaruh tegangan DC, yaitu diameter gelembung yang dihasilkan semakin besar dan debit gelembung lebih banyak dengan bertambahnya arus listrik.

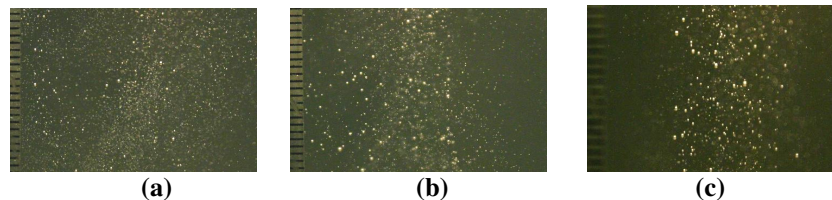
Pengaruh diameter elektroda

Pengaruh ukuran kawat elektrode pada ukuran dan debit micro bubble yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 5. Gambar ini menunjukkan micro bubble yang dihasilkan oleh kawat berdiameter 0,3 mm, 0,5 mm dan 0,7 mm pada tegangan DC yang konstan 20 V. Gambar ini menunjukkan bahwa untuk tegangan yang konstan, ukuran dan debit micro bubble dipengaruhi oleh ukuran diameter kawat elektrode. Diameter micro bubble terlihat semakin besar dan demikian juga dengan debitnya dengan bertambahnya diameter elektrode





Gambar 4. Pengaruh tegangan DC pada pembentukan micro bubble. Diameter kawat 0,3 mm dengan tegangan a) 5 V, b) 10 V, c) 15 V dan d) 20 V.



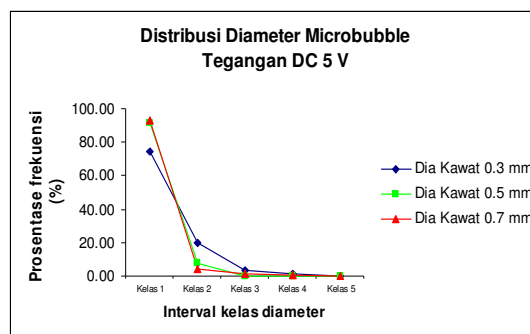
Gambar 5. Pengaruh diameter elektrode pada pembentukan micro bubble. Tegangan DC konstan 20 V, diameter kawat a) 0,3 mm, b) 0,5 mm, dan c) 0,7 mm.

Pengolahan Data dengan ImageJ [5]

Data yang diambil selama percobaan elektrolisis antara lain adalah data tegangan, besaran arus listrik, dan diameter *microbubble*. Ukuran micro bubble diperoleh dengan menggunakan image processing pada foto-foto bubble yang dihasilkan. Image processing dilakukan dengan bantuan *Software ImageJ*. Software ini merupakan versi window dari program image processing FAT-nih, dengan kemampuan yang memadai untuk keperluan penelitian ini.

Distribusi Diameter Microbubble

Distribusi ukuran bubble yang dihasilkan oleh proses elektrolisis ditunjukkan pada gambar 6. Ukuran bubble dikelompokkan dalam beberapa kelas: kelas 1, bubble dengan diameter $\leq 125 \mu\text{m}$, kelas 2, bubble dengan diameter $125 - 225 \mu\text{m}$ dan kelas 3, bubble dengan diameter $225 - 325 \mu\text{m}$. Grafik ini menunjukkan bahwa elektrolisis cukup andal sebagai penghasil micro bubble. Populasi bubble dengan ukuran $\leq 200 \mu\text{m}$ hampir mendekati sembilan puluh persen.

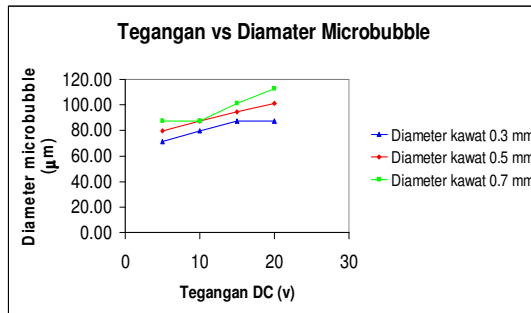


Gambar 6 Grafik Distribusi Microbubble pada tegangan DC 5 V

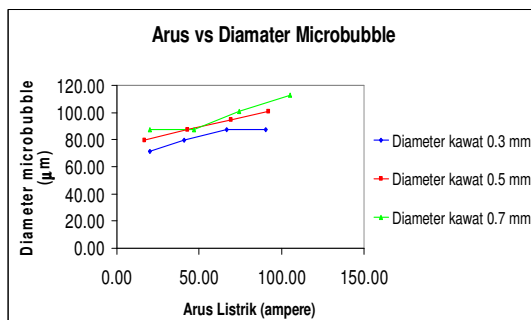
Pengaruh tegangan dan arus pada diameter microbubble

Hubungan antara tegangan yang diberikan pada rangkaian berbanding lurus dengan diameter *microbubble* yang dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 7. Semakin besar tegangan yang digunakan maka semakin besar pula diameter *microbubble* yang dihasilkan.

Arus yang mengalir pada rangkaian selalu berbanding lurus dengan tegangan, sesuai dengan persamaan $V = IR$. Sehingga hubungan antara diameter *microbubble* juga berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada rangkaian. Semakin besar tegangan yang diberikan, maka semakin besar pula arus yang mengalir, dan semakin besar pula diameter *microbubble* yang dihasilkan. Pengaruh arus listrik pada diameter microbubble ditunjukkan pada gambar 8.



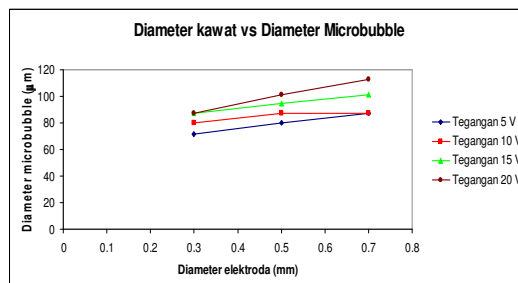
Gambar 7 Pengaruh tegangan pada diameter *microbubble*



Gambar 8 Pengaruh arus pada diameter *microbubble*

Pengaruh diameter kawat pada diameter *microbubble*

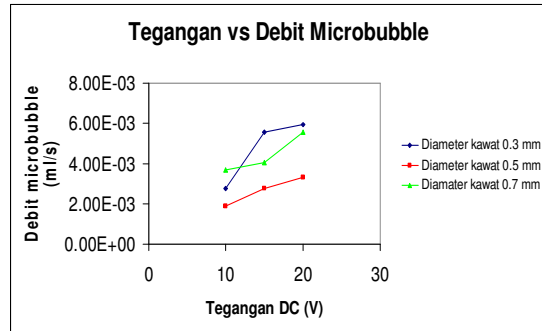
Gambar 9 menunjukkan pengaruh ukuran elektrode pada diameter *microbubble* yang dihasilkan untuk setiap tegangan DC yang diberikan. Semakin besar diameter kawat maka semakin besar diameter *microbubble* yang dihasilkan



Gambar 9 Pengaruh diameter kawat pada diameter *microbubble*

Pengaruh tegangan DC pada debit *bubble*

Gambar 10 menunjukkan pengaruh tegangan DC pada debit gas Hidrogen (*micro bubble*) yang dihasilkan. Dari gambar ini dapat disimpulkan bahwa bahwa debit hidrogen berbanding lurus dengan tegangan DC yang diberikan. Semakin besar tegangan DC yang diberikan semakin banyak pula *microbubble* yang dihasilkan.



Gambar 10 Pengaruh tegangan DC pada debit gas Hidrogen

5. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Electrolytic Microbubble Generator* merupakan metode yang cukup andal untuk menghasilkan micro bubble. Metode ini mampu menghasilkan *microbubble* dengan ukuran diameter 70 s.d. 110 μm .

Ukuran dan debit micro bubble berbanding lurus dengan tegangan dan ukuran kawat elektrode. Semakin besar tegangan yang diberikan semakin besar pula diameter *microbubble* yang dihasilkan. Demikian juga dengan diameter elektrode, diameter *microbubble* meningkat seiring dengan peningkatan diameter elektrode.

Daftar Acuan

<http://www.wipo.org> , 8 Agustus 2007.

S Lee, W Sutomo, C Liu, E Loth, "Micro-fabricated Electrolytic Micro-bubblers," International Journal of Multiphase Flow 31 (2005) 706–722.

<http://www.nmsea.org>, 10 Agustus 2007.

Heru Dwinanto, "Studi Pembentukan Gelembung Hidrogen Untuk Simulasi Pergerakan Asap" Tugas Akhir, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2005.

<http://rsb.info.nih.gov/ij/> , 20 Juli 2007.