

Alternatif Pemanfaatan Air Limbah dari Reverse Osmosis dengan Metode Elektrolisis untuk Menghasilkan Gas Hidrogen dan Oksigen

Vien Inggit Diaratih, Wahyono Hadi

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: wahyono@enviro.its.ac.id

Abstrak—Telah diketahui air laut memiliki range total dissolved solid (TDS) yang cukup tinggi. Salah satunya pada air limbah RO dari PT PLN Pembangkit Jepara. Penelitian ini menganalisis variasi tegangan dan jenis elektroda yang mempunyai volume gas O₂ dan H₂ yang dihasilkan pada proses elektrolisis air limbah dari RO serta menganalisis kondisi optimum proses elektrolisis air limbah dari RO dalam menghasilkan gas O₂ dan H₂. Pada penelitian ini digunakan 2 variabel yaitu variasi tegangan dan jenis elektroda. Tegangan yang dipakai yaitu 9, 12 dan 13,8 V, sedangkan untuk jenis elektroda yaitu grafit dan platina. Dimana platina berbentuk tak beraturan yang berukuran diameter 0,5 cm dan tinggi 4 cm. Sedangkan grafit yang berasal dari pencil 8B. Grafit ini berbentuk silinder yang berdiameter 0,4 cm dan tinggi 4 cm. Dalam penelitian ini akan dianalisis volume optimum gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan. Pengaruh variasi tegangan dan jenis elektroda yakni untuk produksi gas oksigen dan hidrogen menggunakan elektroda grafit didapatkan semakin besar tegangan maka semakin besar pula produksinya. Kemudian untuk produksi gas oksigen dan hidrogen menggunakan elektroda platina memperhatikan titik optimum dalam produksinya. Dalam penelitian ini belum bisa mencapai kondisi optimum. Hal ini dikarenakan dalam memproduksi gas oksigen dan hidrogen didapatkan kondisi variasi yang berbeda – beda, yakni gas oksigen ialah pada elektroda platina dengan tegangan 11 V pada menit ke 116 dan gas hidrogen ialah elektroda platina dengan tegangan 12 V pada menit ke 97.

Kata Kunci— Air limbah RO, Elektrolisis, Hidrogen, Oksigen.

I. PENDAHULUAN

Air laut alami memiliki range Total Dissolved Solid (TDS) yang cukup tinggi yaitu 10.000 – 35.000 mg/L [1]. Saat ini banyak industri di sekitar pesisir pantai mengolah air laut menjadi air tawar yang menggunakan teknologi membran yakni reverse osmosis (RO). Salah satunya PT PLN Pembangkit Kabupaten Jepara yang menggunakan teknologi ini. Dari PT PLN Pembangkit Kabupaten Jepara data yang didapat hasil olahan RO ini hanya 30% yang menjadi air tawar sedangkan sisanya 70% air limbah yang di buang ke laut. RO membutuhkan energi yang tinggi, biaya investasi dan operasional yang cukup besar [2].

Salah satu kekurangan di dalam membran RO terjadi saat

penyaringan dengan ukuran molekul seperti molekul garam dan lainnya akan terpisah serta akan terikut ke dalam air limbah (reject water). TDS setelah proses RO ditemukan lebih dari 4% mengandung klorida yang terdiri dari hampir 1,65% mg/L dari aliran limbah. Dan menyatakan bahwa rata-rata COD dan BOD pada nilai limbah RO ditemukan masing-masing sekitar 6700 dan 2500 mg/L. Karakteristik lain adalah pH 8,8, konduktivitas 62.6 mS/cm, TDS 47.000 mg/L, Cl- 16500 mg/L, Ca²⁺ + 1195 mg/L, Mg²⁺ 1.650 mg/L, K⁺ 1.085 mg/L, Na⁺ 1.070 mg/L [3].

Berdasarkan kenyataan tersebut, dalam penelitian ini dipelajari metode elektrolisis yang diharapkan akan dapat dikembangkan menjadi metode yang sesuai untuk pengolahan limbah cair dari sistem RO, ditinjau dari skala industri dan jenis polutan yang terdapat dalam limbah. Penelitian tugas akhir ini akan melakukan analisis mengenai kemampuan elektrolisis dalam mengolah air limbah dari proses RO dengan variabel tegangan dan jenis elektroda. Pada penelitian ini melakukan analisis terhadap parameter volume gas O₂ dan H₂ yang dihasilkan pada elektrolisis air limbah dari proses RO.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Telaah

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium untuk mengolah air limbah dari proses reverse osmosis. Metode yang digunakan adalah elektrolisis. Dalam penelitian ini menggunakan 2 variabel yaitu tegangan dan jenis elektroda (terlihat pada tabel 1), dengan parameter yaitu volume gas H₂ dan O₂ yang dihasilkan. Penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis pengolahan air limbah dari proses reverse osmosis menggunakan metode elektrolisis. Reaktor elektrolisis berbentuk seperti trisula agar gas yang terbentuk pada tiap – tiap elektroda tidak tercampur sehingga dapat diukur volumenya. Kemudian reaktor pengukuran gas oksigen terdiri atas selang, beaker glass 1000 mL dan gelas ukur 50 mL. Reaktor ini digunakan untuk memisahkan gas oksigen dan klorin yang tercampur pada reaktor elektrolisis bagian anoda. Gas klorin dengan larutan KI. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah platina dan grafit. Dimana platina

berukuran diameter 0,5 cm dan tinggi 4 cm. Sedangkan grafit yang berasal dari pencil 8B. Grafit ini berbentuk silinder yang berdiameter 0,4 cm dan tinggi 4 cm. Kedua variasi elektroda ini dipasang pada bagian bawah reaktor yang telah dirancang untuk melakukan elektrolisis air. Penelitian ini dilakukan selama 180 menit dengan dilakukan sampling dan pengukuran gas selama setiap 30 menit.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

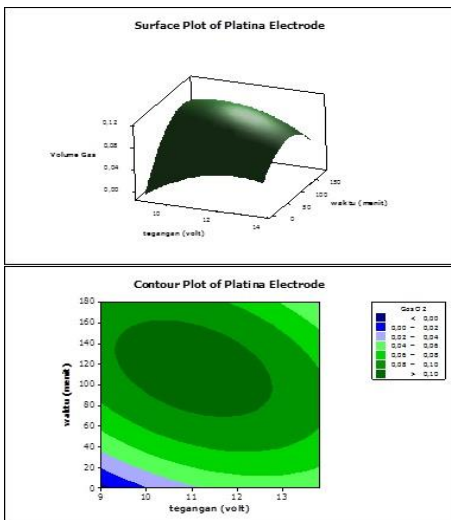
Tabel 1. Pelakuan Untuk Setiap Variasi Variabel

Jenis Elektroda	Tegangan		
	9 V	12 V	13,8 V
Platina	Platina ;9V	Platina ;12 V	Platina ;13,8 V
Grafit	Grafit ;9 V	Grafit ;12 V	Grafit ;13,8 V

A. Pengaruh Tegangan Dan Jenis Elektroda Terhadap Volume Gas Oksigen

Reaksi oksidasi air menjadi gas oksigen membutuhkan tegangan/energi potensial yang lebih kecil dari reaksi oksidasi ion klor menjadi gas chlor (Skoog dkk., 2004., Suharman, 1995 dan Jeffery dkk., 1989). Menurut Svehla (1985), bila terdapat dua ion dalam larutan, ion yang membutuhkan tegangan yang lebih kecil akan teroksidasi lebih dahulu. Dengan demikian, dalam air limbah RO ion oksigen akan teroksidasi lebih dahulu dan lebih banyak dibandingkan dengan ion klor. Hasil grafik menggunakan metode statistika dengan response surface methodology (RSM) dapat dilihat pada gambar 1.

Sehingga didapatkan titik optimum dari produksi oksigen ialah pada elektroda platina dengan tegangan 11 V dan pada

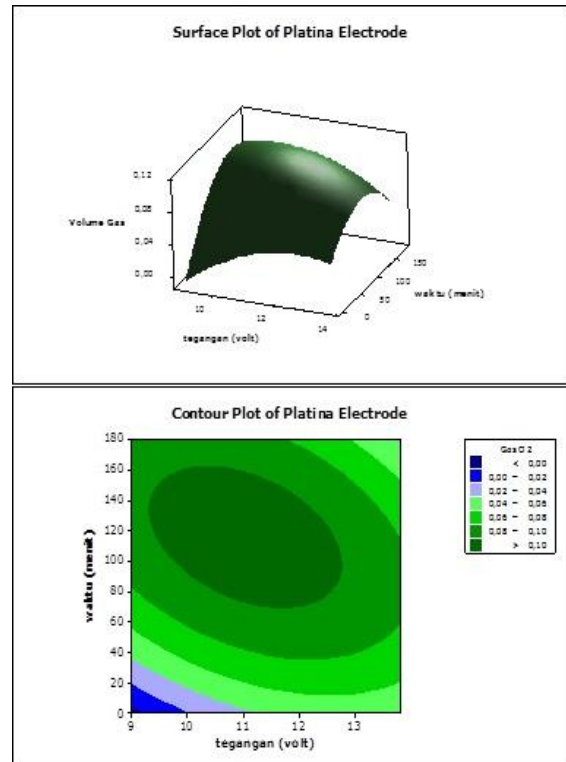


Gambar 1. Kondisi optimum produksi gas oksigen pada platina

menit ke 116. Sedangkan untuk grafit tidak bisa diketahui titik optimum dari grafiknya. Dikarenakan adanya saddle point (kondisi peningkatan atau penurunan secara terus-menerus) sehingga tidak dapat ditentukan optimum.

B. Pengaruh Tegangan Dan Jenis Elektroda Terhadap Volume Gas Hidrogen

Didapatkan titik optimum dari produksi hidrogen ialah pada elektroda platina dengan tegangan 12 V dan pada menit ke 97. Sedangkan untuk grafit tidak bisa diketahui titik optimum dari grafiknya. Dikarenakan adanya saddle point (kondisi peningkatan atau penurunan secara terus-menerus) sehingga tidak dapat ditentukan optimum. Hasil grafik menggunakan metode statistika dengan response surface methodology (RSM) dapat dilihat pada gambar 2.

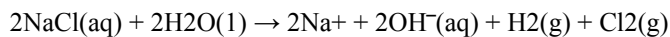


Gambar 2. Kondisi optimum produksi gas hidrogen

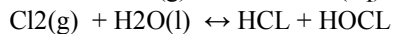
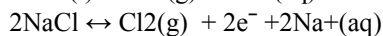
C. Analisa Penelitian

Sel elektrolisis adalah sel elektrokimia yang bereaksi secara tidak spontan (E° sel (-) atau $\Delta G > 0$), karena energi listrik disuplai dari sumber luar dan dialirkan melalui sebuah sel. Elektrolisis diartikan juga sebagai peristiwa penguraian zat elektrolit oleh arus listrik searah, melainkan juga mengalami perubahan-perubahan kimia. Perubahan kimia yang terjadi selama elektrolisis dapat dilihat sekitar elektroda. Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) adalah katoda [4]. Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda selama terjadinya konduksi listrik disebut elektrolisis dan alat yang digunakan untuk reaksi ini disebut sel elektrolisis. Sel elektrolisis memerlukan energi untuk memompa elektron. Ketika sumber tegangan digunakan pada elektrolit, ion yang bermuatan positif akan menyerap elektron dan mengalami reaksi reduksi di katoda. Ion yang bermuatan negatif akan melepas elektron dan mengalami reaksi oksidasi di anoda [5].

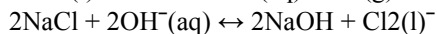
Berikut merupakan proses reaksi kimia elektrolisis terhadap NaCl [6]:



Pada anoda (+) : $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \leftrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$



Pada katoda (-) : $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$



Selama reaksi sel berlangsung terjadi perpindahan elektron dari anoda ke katoda menunjukkan bahwa antara anoda dan katoda ada selisih tegangan listrik yang disebut tegangan sel E° , sel yang berkaitan dengan perbedaan antara kemampuan oksidasi reduksi pada anoda dan katoda.

Pada elektrolisis yang berlangsung tidak spontan agar proses dapat berjalan harus diberi sumber daya dari luar maka

Tabel 2. Hasil pengukuran produksi gas pada proses elektrolisis

Penelitian 1 (ml)			
No.	Perlakuan	Gas Oksigen	Gas Hidrogen
1	Platina ;9V	0.6	155
2	Platina ;12 V	0.6	228.5
3	Platina ; 13.8 V	0.3	198
4	Grafit ;9 V	6	68
5	Grafit ;12 V	8	84.5
6	Grafit ; 13.8 V	23	162.5
Penelitian 2 (ml)			
No.	Perlakuan	Gas Oksigen	Gas Hidrogen
1	Platina ;9V	0.3	158
2	Platina ;12 V	0.6	208.5
3	Platina ; 13.8 V	0.6	192.5
4	Grafit ;9 V	8.5	84
5	Grafit ;12 V	9	90
6	Grafit ; 13.8 V	17.3	108

dengan pemberian beda tegangan luar yang kecil sudah cukup mengawali aliran arus listrik [7].

Dari penelitian ini dihitung total gas O₂ dan H₂ yang dihasilkan dari proses elektrolisis ini selama 3 jam yang di lakukan secara duplo ialah sebagai berikut pada tabel 2.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu adanya pengaruh variasi tegangan dan jenis elektroda. Pada elektroda grafit didapatkan hasil semakin besar tegangan maka semakin besar pula produksi gas nya. Sedangkan pada elektroda platina dalam memproduksi gas memperhatikan titik variasi tertentu.

Dalam penelitian ini belum bisa mencapai kondisi optimum. Hal ini dikarenakan dalam memproduksi gas oksigen dan hidrogen didapatkan kondisi variasi yang berbeda – beda, yakni pada gas oksigen ialah pada elektroda platina dengan tegangan 11 V pada menit ke 116. Dan pada gas hidrogen ialah

elektroda platina dengan tegangan 12 V pada menit ke 97.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis V.I.D mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidik Misi tahun 2011-2015.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., dan Moulin, P. 2009. "Reverse Osmosis Desalination": Water Sources, Technology and Today's Challenges. *Water Research* (43), 2317B. Smith, "An approach to graphs of linear forms (Unpublished work style)," belum dipublikasikan.
- [2] Eltawil, M. A. Zhao Z., Liqiang Y. 2009. "A Review of Renewable Energi Technologies Integrated with Desalination Sistem". Elsevier : *Renewable and Sustainable Energi Review* 13 (2009) 2245-2262..
- [3] Praneeth K., Manjunath D., Suresh K. Bhargava, James Tardio, Sridhar S. 2013. "Economical treatment of reverse osmosis reject of textile industry effluent by electro dialysis- evaporation integrated process". *Desalination* 333(2004) 82-91.
- [4] Svehla, G., 1985. *Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro*. Diterjemahkan oleh L. Setiono dan A. Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: PT Kalman Media Pustaka.
- [5] Brady, J.E., 1999. *General Chemistry Principles And Structure*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [6] Huang, Yu-R., Hung, Yen-C., Hsu, Shun-Y., Huang, Yao-W., and Hwang, Deng-F., 2008. "Application of Electrolyzed Water in the Food Industry". *Journal of Food Control*. 19. Hal 329-345C. J. Kaufman, Rocky Mountain Research Lab., Boulder, CO, komunikasi pribadi, (1995, May).
- [7] Hartomo, A.J., dan Kaneko, T. 1995. *Mengenai Pelapisan Logam (Electroplating)*. Yogyakarta : Andi Offset.