

Efek NaCl dan Anode Besi terhadap Rendemen $Mg(OH)_2$ pada Elektrolisis Sistem $Fe|MgSO_4, NaCl||H_2O|C$

Harya Fikri Kusmananto^a, Rahmad Nuryanto^{a*}, Wasino H. Rahmanto^a

^a Physical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

* Corresponding author: nuryantorahmad@live.undip.ac.id

Article Info

Keywords:

Anode iron,
Electrolysis,
Magnesium
hydroxide

Kata kunci:
Anode besi,
Elektrolisis,
Magnesium
hidroksida

Abstract

$Mg(OH)_2$ electrolytic extraction by electrolysis of $Fe|MgSO_4, NaCl||H_2O|C$ system has been conducted. This study aims were to determine the effect of NaCl and iron anode concentration on the yield of $Mg(OH)_2$ produced. The electrolysis cell consisted of 2-compartment which were an anodic compartment containing $MgSO_4-NaCl$ solution and a cathodic compartment containing H_2O . Electrolysis was carried out by using a U-tube sealed by a gel bridge of gelatin, the electrode used was iron-graphite and 9-volt installed potential for 240 minutes. Magnesium hydroxide was characterized using IR and AAS spectrophotometers. The higher the NaCl concentration used, the more $Mg(OH)_2$ deposits produced. The highest yield was obtained on NaCl concentration of 0.075 M which was 98.90% with magnesium level of 72.72%. $Mg(OH)_2$ IR spectra of electrolysis result had shape similarity with standard $Mg(OH)_2$ IR spectra. This results proved that the precipitate of electrolysis result was $Mg(OH)_2$

Abstrak

Telah dilakukan ekstraksi elektrolitik $Mg(OH)_2$ dengan menggunakan elektrolisis sistem $Fe|MgSO_4, NaCl||H_2O|C$. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh konsentrasi NaCl dan anode besi terhadap rendemen $Mg(OH)_2$ yang dihasilkan. Sel elektrolisis terdiri dari 2-kompartemen, kompartemen anodik berisi larutan $MgSO_4-NaCl$ dan kompartemen katodik berisi H_2O . Elektrolisis dilakukan dengan menggunakan tabung U yang disekat jembatan garam berupa agar-agar, elektrode yang digunakan adalah besi-grafit dan potensial terpasang 9 volt selama 240 menit. Magnesium hidroksida dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer IR dan AAS. Semakin tinggi konsentrasi NaCl yang digunakan maka endapan $Mg(OH)_2$ yang dihasilkan juga semakin banyak. Rendemen tertinggi yang dihasilkan pada penggunaan NaCl berkonsentrasi 0,075 M sebesar 98,90 % dengan kadar Magnesium sebesar 72,72 %. Spektra IR $Mg(OH)_2$ hasil elektrolisis memiliki kemiripan bentuk spektra dengan spektra IR $Mg(OH)_2$ standar. Hal ini membuktikan bahwa endapan hasil elektrolisis merupakan $Mg(OH)_2$

1. Pendahuluan

Bittern merupakan air sisa penguapan air laut yang masih mengandung ion Mg^{2+} berkadar tinggi, serta sisa-sisa K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} dan Cl^- [1]. Menurut penelitian [2], kadar magnesium dalam larutan bitterns mencapai 1719 ppm. Magnesium hidroksida dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan obat maag, pasta gigi,

pembuatan baterai, bahan refraktori (keramik) dan bahan baku pembuatan MgO [3]. Magnesium juga dapat digunakan sebagai bahan penyimpan gas hydrogen.

Elektrolisis untuk mendapatkan magnesium dari larutannya, hingga saat ini masih menerapkan sistem 2-kompartemen [4-7]. Sel tersebut tersusun atas kompartemen katodik berdampingan dengan

kompartmenten anodik. Sistem 2-kompartmenten memiliki efisiensi arus yang relatif rendah karena masih menggunakan elektrode grafit. Sistem $Fe|MgSO_4,NaCl||H_2O|C$ dirancang untuk mengatasi kelemahan yang dimiliki oleh sistem sel 2-kompartmenten. Sel tersusun atas kompartmenten anodik yang berisi larutan *bittern* dan kompartmenten katodik yang berisi aquades. Kedua kompartmenten dipisahkan oleh membran semipermeabel berupa agar-agar.

Tulisan ini melaporkan bahwa $Mg(OH)_2$ dapat terbentuk melalui proses elektrolisis dengan sistem $Fe|MgSO_4,NaCl||H_2O|C$. Keberadaan NaCl mempertinggi rendemen $Mg(OH)_2$. Penelitian ini dapat dijadikan model pengekstraksian magnesium dari *bitterns* dengan metode elektrolisis.

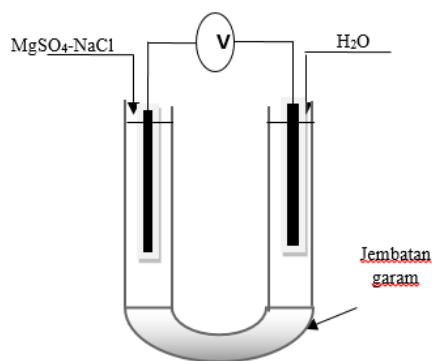
2. Metodologi

Bahan dan Metode

Penelitian menggunakan larutan model berupa larutan $MgSO_4-NaCl$, larutan NaCl berkonsentrasi 2; 1; 0,0125; 0,01; 0,075; 0,05; 0,025 M, HCl, fenolftalin, dan aquades. Alat elektrolisis yang digunakan adalah tabung U yang disekat jembatan garam berupa agar-agar. Grafit digunakan sebagai katode, sedangkan batang besi sebagai anode. Pencatu daya Montana sebagai sumber arus listrik eksternal. Multimeter analog sanwa untuk mengkontrol kuat arus listrik selama elektrolisis. Neraca analitik digital untuk menimbang endapan hasil elektrolisis.

Konstruksi alat

Alat elektrolisis 2-kompartmenten dikonstruksikan seperti Gambar 1. Bagian kanan adalah kompartmenten katodik dan bagian kiri kompartmenten anodik.



Gambar 1. Sel 2-kompartmenten

Elektrolisis Larutan

Larutan $MgSO_4-NaCl$ 15 mL dimasukkan dalam kompartmenten anodik dan kompartmenten katodik diisi dengan 15 mL aquades. Larutan NaCl yang digunakan berkonsentrasi dengan variasi konsentrasi 2; 1; 0,0125; 0,01; 0,075; 0,05; 0,025 M. Kedua kompartmenten dihubungkan dengan agar-agar sebagai jembatan garam. Elektrode yang digunakan sebagai anode adalah batang besi dan katode adalah grafit. Elektrolisis dilakukan dengan variasi potensial terpasang 3; 4; 6; 7,5; 9; 12; 13,8 volt. Masing-masing elektrolisis dilakukan 4 jam.

Setelah proses elektrolisis selesai, pasta putih dikatode mengendap, endapan disaring sambil dicuci 10 kali dengan aquades dingin 10°C, kemudian dikeringkan.

Analisis Hasil Elektrolisis

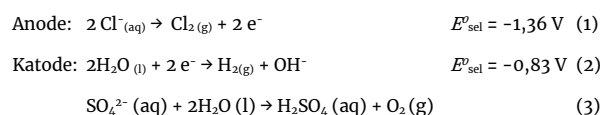
Endapan $Mg(OH)_2$ ditimbang memakai neraca analitik digital. Massa endapan hasil timbangan dibandingkan dengan massa magnesium hidroksida hasil perhitungan teoretik sehingga diperoleh nilai rendemen. Endapan magnesium hidroksida dianalisis menggunakan AAS untuk menentukan kadar magnesium dalam sampel magnesium hidroksida. Sebagai data penguat, bahwa endapan hasil elektrolisis berupa magnesium hidroksida digunakan spektrofotometer IR.

3. Hasil dan Pembahasan

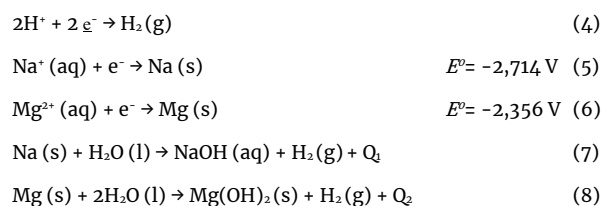
Secara kualitatif $Mg(OH)_2$ yang dihasilkan dilihat dari segi fisik endapan, yaitu berupa padatan putih terendapkan di katode. Secara kuantitatif dapat diukur dari massa endapan $Mg(OH)_2$ yang dihasilkan.

Proses Elektrolisis Sistem $Fe|MgSO_4,NaCl||H_2O|C$

Pada anode, anion melepaskan elektron menuju katode sehingga di anode terjadi reaksi oksidasi. Berdasarkan potensial reduksinya, ion $Cl^- = 1,36$ volt lebih tinggi dibanding ion $SO_4^{2-} = 0,16$ volt. Ion Cl^- lebih mudah melepas elektron menjadi gas Cl_2 (Reaksi 1). Adanya gas Cl_2 ditunjukkan dengan adanya gelembung gas disekitar anode dan berbau menyengat khas gas klor. Ion SO_4^{2-} bereaksi dengan H_2O membentuk H_2SO_4 dan melepaskan O_2 (Reaksi 3). Indikasi terbentuknya H_2SO_4 ditunjukkan adanya perubahan warna merah muda (pH = 6-7) menjadi jernih (pH = 2-3). Pada proses elektrolisis, anode mulai rontok sehingga larutan pada kompartmenten anodik berwarna kuning kecoklatan. Anode rontok karena bereaksi dengan Cl_2 . Reaksi yang terjadi:



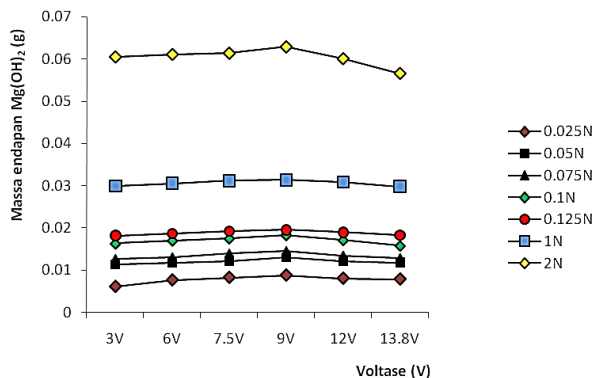
Pada saat yang sama, akibat reaksi reduksi H^+ (Reaksi 4) maka katode kelebihan elektron, sehingga menarik kation Na^+ dan Mg^{2+} disekitar katode untuk menggantikan H^+ . Ion Na^+ dan Mg^{2+} dari kompartmenten anodik mengalir ke kompartmenten katodik. Ion Na^+ dan Mg^{2+} tereduksi menjadi Na dan Mg (Reaksi 5 dan 6) yang reaktif terhadap molekul H_2O membentuk senyawa NaOH, $Mg(OH)_2$ dan gas H_2 (Reaksi 7 dan 8).



Pengaruh Voltase terhadap Massa Magnesium Hidroksida

Variasi voltase bertujuan untuk menentukan pengaruh potensial terpasang dalam elektrolisis dan dapat membandingkan hasil dan perubahan yang terjadi

tiap voltase yang digunakan. Voltase yang digunakan adalah 3 V; 6 V; 7,5 V; 9 V; 12 V; 13,8 V. Pengamatan dilakukan pada jumlah endapan, keadaan dari segi fisik endapan dan gelembung gas yang dihasilkan. Hubungan antara voltase terhadap banyaknya endapan yang diperoleh pada proses elektrolisis ditunjukkan oleh Gambar 1.

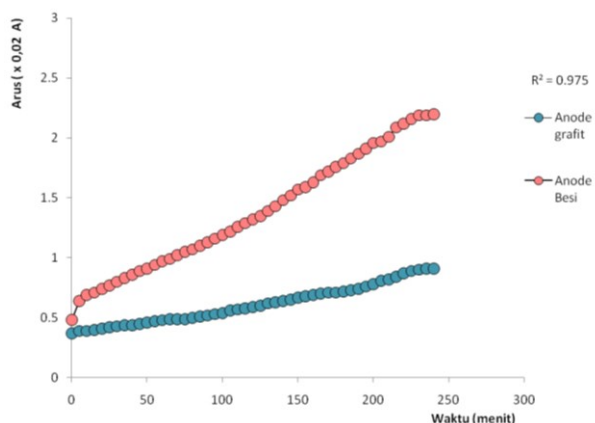


Gambar 1. Pengaruh voltase terhadap massa magnesium hidroksida.

Peningkatan massa endapan magnesium hidroksida terjadi karena voltase sebanding dengan kuat arus listrik, kuat arus yang meningkat mengakibatkan kation Na^+ dan Mg^{2+} yang berdifusi dan bereaksi dengan air di kompartemen katode semakin banyak, sehingga larutan basa NaOH yang terbentuk di kompartemen katode semakin pekat. Penurunan massa endapan magnesium hidroksida disebabkan karena pada voltase tinggi terjadi pembentukan gelembung gas lebih banyak daripada produksi logam Mg dan Na , karena produksi gas memiliki potensial sel lebih rendah dari potensial reduksi Na^+ maupun Mg^{2+} . Semakin meningkatnya gelembung gas dari reduksi H^+ berupa H_2 (Reaksi 4) dapat menutupi semua pori permukaan elektrode sehingga berakibat reduksi Na^+ maupun Mg^{2+} menjadi sulit.

4. Pengamatan Perubahan Kuat Arus terhadap Waktu Elektrolisis

Pada setiap variasi konsentrasi NaCl menghasilkan kuat arus yang berbeda, hal ini dikarenakan besarnya hantaran listrik bergantung pada konsentrasi larutan. Hasil pengamatan perubahan kuat arus selama elektrolisis ditunjukkan oleh Gambar 2



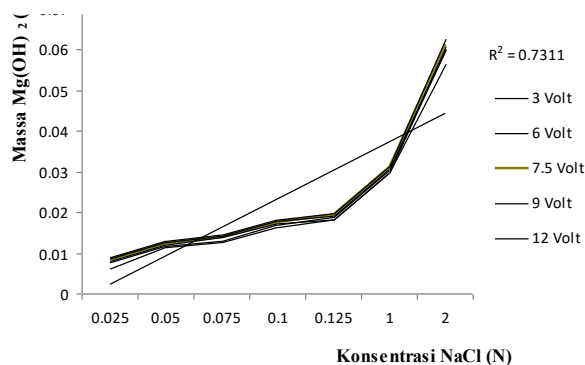
Gambar Grafik pengamatan waktu terhadap kuat arus

Berdasarkan data grafik (Gambar 2) dapat diketahui bahwa seiring dengan bertambahnya waktu mengakibatkan kuat arus semakin bertambah. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu elektrolisis maka konsentrasi larutan pada kompartemen anodik dan kompartemen katodik semakin pekat yang berpengaruh terhadap semakin meningkatnya hantaran spesifiknya (κ) dan menurunnya jumlah resistansi [5]. Jumlah resistansi yang menurun mengakibatkan kuat arus meningkat.

$$\kappa = \Lambda \cdot C$$

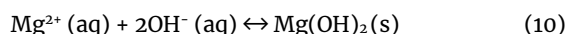
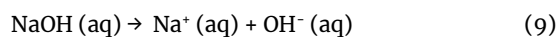
Pengaruh Konsentrasi NaCl pada Perolehan Massa Mg(OH)_2

Garam NaCl merupakan elektrolit kuat yang mampu menghantarkan arus listrik dengan baik. Elektrolisis garam NaCl dapat menghasilkan basa NaOH . Pembentukan NaOH tidak menghambat pembentukan endapan Mg(OH)_2 . Pengaruh konsentrasi NaCl selama elektrolisis ditunjukkan oleh Gambar 3



Gambar 3. Pengaruh $[\text{NaCl}]$ terhadap perolehan massa Mg(OH)_2

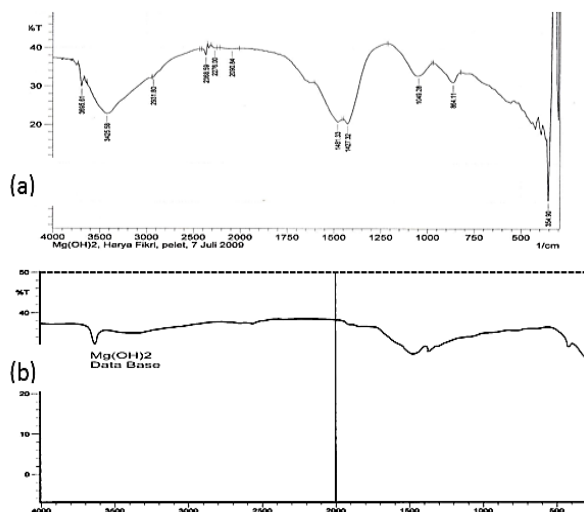
Peningkatan massa endapan Mg(OH)_2 terjadi karena semakin besar konsentrasi NaCl berarti semakin banyak ketersediaan ion Na^+ yang berdifusi menuju ke katode dan berakibat semakin banyak basa kuat NaOH yang terbentuk di katode. Semakin besar konsentrasi NaOH yang terbentuk maka semakin besar konsentrasi dan ketersediaan OH^- yang menekan kesetimbangan reaksi jauh ke kanan, sesuai dengan persamaan reaksi berikut, sehingga Mg(OH)_2 menjadi semakin sukar larut.



Penentuan Rendemen dan Karakterisasi Endapan Hasil Elektrolisis Sistem $\text{Fe}|\text{MgSO}_4, \text{NaCl}||\text{H}_2\text{O}|\text{C}$

Variasi konsentrasi menghasilkan rendemen yang berbeda-beda. Rendemen yang dihasilkan pada penggunaan NaCl berkonsentrasi 0,025; 0,05; 0,075; 0,1; 0,125; 1 dan 2 M berturut-turut sebesar 95,47 %; 95,75 %; 98,90 %; 88,67 %; 88,54 %; 64,12 % dan 72,47 %. Hasil analisis menggunakan AAS diperoleh kadar magnesium dalam Mg(OH)_2 hasil elektrolisis pada penggunaan NaCl berkonsentrasi 0,05; 0,075; 0,1 M berturut-turut sebesar 72,72; 55,92; 44,82 %.

Penentuan gugus fungsional pada endapan hasil elektrolisis diperoleh perbandingan spektra IR standar $Mg(OH)_2$ dengan spektra IR $Mg(OH)_2$ endapan hasil elektrolisis ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Spektra IR $Mg(OH)_2$ sampel dan (b) Spektra IR $Mg(OH)_2$ standar

Berdasarkan perbandingan spektra pada Gambar 4, terdapat kemiripan bentuk spektra, puncak spektra dan overtone antara spektra IR $Mg(OH)_2$ hasil elektrolisis dengan $Mg(OH)_2$ standar. Adanya gugus $-OH$ bebas stretching dan $O-H$ ikatan hidrogen berturut-turut pada bilangan gelombang $3695,61\text{ cm}^{-1}$ dan $3425,58\text{ cm}^{-1}$, serta adanya vibrasi $Mg-O$ pada bilangan gelombang $864,11\text{ cm}^{-1}$ sehingga memberikan informasi dan membuktikan bahwa endapan hasil elektrolisis merupakan $Mg(OH)_2$.

5. Kesimpulan

Penggunaan anode Fe mampu meningkatkan efisiensi arus dari sistem elektrolisis sehingga endapan $Mg(OH)_2$ yang diperoleh juga semakin banyak. Semakin besar konsentrasi $NaCl$ yang digunakan maka endapan $Mg(OH)_2$ semakin banyak. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh rendemen $Mg(OH)_2$ tertinggi yaitu 98,90% pada penggunaan $NaCl$ 0,075 M dan kadar magnesium tertinggi sebesar 72,72 % pada penggunaan $NaCl$ 0,05 M

6. Daftar Pustaka

- [1] Dini Purbani, Proses Pembentukan Kristalisasi Garam, in, Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Nonhayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan, 2001.
- [2] B.S Lalkaka, Manufacture of Magnesium Chloride and Other Allied Products at Kharagoda by the Pioneer Magnesia Works, Ltd, Proceedings of the Indian National Science Academy, 9 (1943).
- [3] Alan G Sharpe, Inorganic Chemistry 3rd Ed, in, Longman Group Ltd, Essex, 1992.
- [4] Orville Lee Maddan, Apparatus and method for producing magnesium from seawater, in, Google Patents, 2001.

- [5] P. H. Rieger, Electrochemistry, Chapman & Hall, Inc, New York, 1994.
- [6] Oren V Bonney, Recovery of magnesium as magnesium hydroxide from sea water, in, Google Patents, 1982.
- [7] W. H. Rahmanto, Muhammad Asy'ari, Sel Elektrolisis 3-Kompartemen untuk Ekstraksi Magnesium dan Sulfat dari Sistem Larutan $MgSO_4-KCl-H_2O$, Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, 9 (2006).