

Efek KOH terhadap Rendemen Magnesium Hidroksida pada Elektrolisis Sistem C | KOH || MgSO₄, KCl | C

Fitria Fatichatul Hidayah^a, Linda Suyati^{a*}, Rahmad Nuryanto^a

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

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

Article Info

Keywords:
Potassium
Hydroxide,
Electrolysis,
Magnesium
hydroxide

Kata kunci:
Kalium Hidroksida,
Elektrolisis,
Magnesium
hidroksida

Abstract

Magnesium hydroxide is useful as a raw material for hydrogen storage and the raw material for magnesium oxide (MgO). Magnesium was separated by electrolysis method, the result was the magnesium hydroxide. This study aims were to precipitate magnesium hydroxide by electrolysis of C|KOH||MgSO₄, KCl|C system and to determine the effect of KOH on the of electrolysis yield in the form of Mg(OH)₂. The electrolysis cell consisted of 2-compartment, the first compartment contained MgSO₄ solution -KCl in the cathode and other compartment containing KOH solution at the anode. Electrolysis was conducted using a U-tube which was blocked by KCl salt bridge, graphite electrode and 9 volt of potential and the electrolysis time of 120 minutes. The magnesium hydroxide was characterized using FTIR and AAS spectrophotometers. The presence of KOH increased the Mg(OH)₂ precipitate. The highest yield was obtained at KOH 0.25 M which was 99.59%. The magnesium content obtained was 51.26%. There was a similarity between FTIR Mg(OH)₂ spectra of electrolysis result with standard Mg(OH)₂ which proved that the electrolysis precipitate was Mg(OH)₂.

Abstrak

Magnesium hidroksida bermanfaat sebagai bahan baku penyimpan gas hidrogen, bahan baku pembuatan magnesium oksida (MgO). Magnesium dipisahkan dengan metode elektrolisis, hasilnya berupa magnesium hidroksida. Penelitian ini bertujuan untuk mengendapkan magnesium hidroksida melalui elektrolisis sistem C|KOH||MgSO₄,KCl|C dan menentukan pengaruh KOH terhadap rendemen hasil elektrolisis sistem berupa Mg(OH)₂. Sel elektrolisis terdiri dari 2-kompartemen, kompartemen pertama berisi larutan MgSO₄-KCl di katoda dan kompartemen lain berisi larutan KOH pada anoda. Elektrolisis menggunakan tabung U yang disekat jembatan garam KCl, elektroda berupa grafit dan potensial terpasang 9 volt dengan waktu elektrolisis selama 120 menit. Magnesium hidroksida dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer IR dan AAS. Keberadaan KOH meningkatkan endapan Mg(OH)₂ hasil elektrolisis. Rendemen tertinggi yang dihasilkan diperoleh pada penggunaan KOH 0,25 M yaitu 99,59%. Diperoleh kadar Magnesium sebanyak 51,26%. Ada kemiripan antara spektra FTIR Mg(OH)₂ hasil elektrolisis dengan Mg(OH)₂ standar yang membuktikan bahwa endapan hasil elektrolisis merupakan Mg(OH)₂.

1. Pendahuluan

Bitterns memiliki kadar magnesium sebesar 15 - 17,98% [1-3] sehingga dapat dijadikan sumber

magnesium dalam bentuk magnesium hidroksida. Magnesium hidroksida mempunyai prospek dan manfaat sebagai bahan baku penyimpan gas hidrogen, bahan baku pembuatan magnesium oksida (MgO), obat maag [4-6].

Pemisahan ion magnesium secara selektif dalam bentuk magnesium hidroksida melalui elektrolisis sistem $MgSO_4-KCl-H_2O$ telah diterapkan oleh [7]. Sistem $MgSO_4-KCl-H_2O$ kurang efisien sehingga disempurnakan oleh sistem $C|KOH||MgSO_4,KCl|C$, sistem ini membentuk senyawa KOH , Cl_2 , H_2 dan melepaskan panas. Senyawa KOH mudah terurai dalam bentuk ion-ionnya sehingga dapat memperkecil kelarutan $Mg(OH)_2$ [8, 9]. Keberadaan KOH menjadi fasilitator pembentukan endapan magnesium hidroksida.

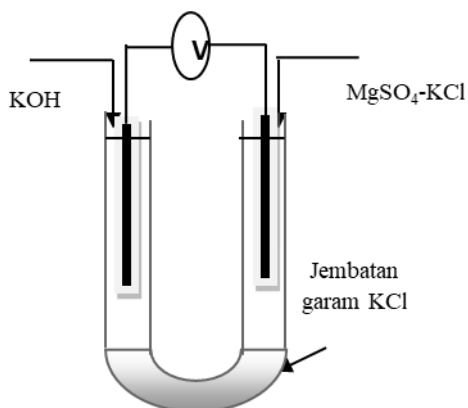
Penelitian ini melaporkan bahwa $Mg(OH)_2$ dapat terbentuk melalui proses elektrolisis dengan sistem $C|KOH||MgSO_4,KCl|C$. Keberadaan KOH mempertinggi rendemen $Mg(OH)_2$. Penelitian ini dapat dijadikan model pengekstraksian magnesium dari *bitterns* dengan metode elektrolisis.

2. Metode

Penelitian menggunakan larutan model berupa larutan $MgSO_4-KCl$, larutan KOH berkonsentrasi 2; 1; 0,75; 0,5; 0,25; 0,1; 0,05; 0,01 M, HCl , fenolftalin, dan aquades. Alat elektrolisis yang digunakan adalah tabung U yang disekat jembatan garam. Grafit digunakan sebagai elektrode inert. 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-kompartemen dikonstruksikan seperti Gambar 2.1. Bagian kanan adalah kompartemen katodik dan bagian kiri kompartemen anodik.



Gambar 1. Sel 2-kompartemen

Elektrolisis Larutan

Larutan $MgSO_4-KCl$ 15 mL dimasukkan dalam kompartemen katodik dan kompartemen anodik diisi dengan 15 mL larutan KOH dengan variasi konsentrasi 1; 0,8; 0,6 0,4; 0,2; 0,1 M. Kedua kompartemen dihubungkan dengan agar-agar sebagai jembatan garam. Elektrode yang digunakan sebagai anode dan katode adalah grafit. Elektrolisis dilakukan dengan variasi potensial terpasang 3; 4; 6; 7,5; 9; 12; 13,8 volt. Masing-masing elektrolisis dilakukan 2 jam. Setelah proses elektrolisis selesai, pasta putih di katode mengendap,

endapan disaring sambil dicuci 10 kali dengan akuades dingin $10^\circ C$, 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 teretik 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.

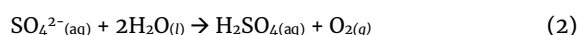
3. Hasil dan Pembahasan

Secara kualitatif $Mg(OH)_2$ hasil elektrolisis berupa pasta putih terendapkan di kompartemen katode dan setelah proses pengeringan berupa padatan putih, Secara kuantitatif ditentukan oleh perolehan massa endapan $Mg(OH)_2$ yang dihasilkan dari elektrolisis tersebut.

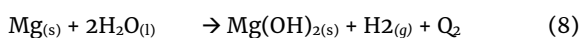
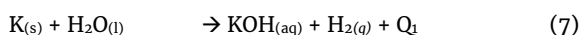
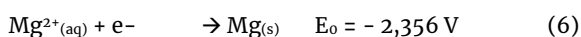
Proses Elektrolisis Sistem $C|KOH||MgSO_4,KCl|C$

Pada anode, anion melepaskan elektron menuju katode sehingga di anode terjadi reaksi oksidasi. Setiap terjadi reaksi oksidasi, anode kekurangan elektron maka ion SO_4^{2-} dan Cl^- berdifusi menuju anode untuk menyeimbangkan muatan elektron pada kedua kompartemen, sehingga terjadi aliran ion dari larutan ke elektrode anode.

Berdasarkan potensial reduksinya, ion $Cl^- = 1,36$ volt lebih tinggi dibanding ion $SO_4^{2-} = 0,16$ volt [9]. Ion Cl^- lebih mudah melepas elektron menjadi gas Cl_2 (Reaksi 1). Gas Cl_2 diidentifikasi sebagai warna kuning kehijauan dan berbau menyengat khas gas klor, warna kuning kehijauan lama kelamaan menyebar dan menjadi lebih pekat. Ion SO_4^{2-} bereaksi dengan H_2O membentuk H_2SO_4 dan melepaskan O_2 (Reaksi 2). Indikasi terbentuknya H_2SO_4 ditunjukkan adanya perubahan warna merah muda ($pH = 9-12$) menjadi jernih ($pH = 4$). Pada menit terakhir, lapisan elektroda mulai rontok sehingga larutan pada kompartemen anodik berwarna coklat. Lapisan elektrode rontok disebabkan kuat arus semakin tinggi mengakibatkan peningkatan produksi gas Cl_2 dan larutan H_2SO_4 . Keberadaan H_2SO_4 yang semakin pekat pada kompartemen anodik dinetralkan melalui pembentukan sulfat dan CO_2 (Reaksi 3). Reaksi yang terjadi:

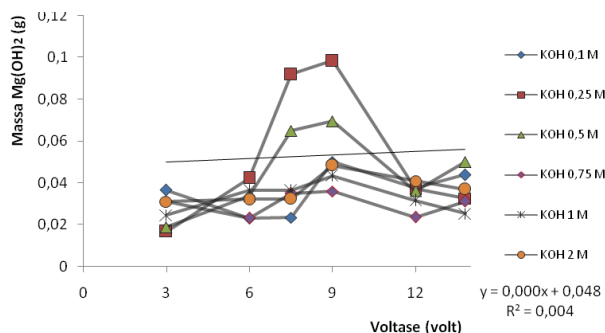


Pada saat yang sama, akibat reaksi reduksi H^+ (Reaksi 4) maka katode kelebihan elektron, sehingga menarik kation K^+ dan Mg^{2+} disekitar katode untuk menggantikan H^+ . Ion K^+ dan Mg^{2+} dari larutan mengalir ke elektrode (katode). Ion K^+ dan Mg^{2+} tereduksi menjadi K dan Mg (Reaksi 5 dan 6)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



Pengaruh Voltase terhadap Massa Magnesium Hidroksida

Penggunaan voltase terpasang pada proses elektrolisis bertujuan untuk menentukan jenis endapan yang dihasilkan, karena ion pada katode dapat tereduksi dan voltase untuk reduksi tiap ion berbeda-beda. Hubungan konsentrasi KOH terhadap massa endapan magnesium hidroksida ditunjukkan pada Gambar 1.

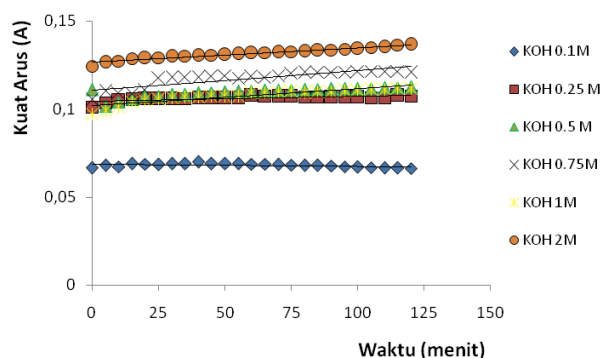


Gambar 1. Grafik pengaruh voltase terhadap massa magnesium hidroksida.

Peningkatan massa endapan magnesium hidroksida karena voltase sebanding dengan kuat arus listrik, kuat arus meninggi menyebabkan ketersediaan OH⁻ banyak sehingga semakin mudah membentuk Mg(OH)₂. Penurunan massa endapan magnesium hidroksida, karena pada voltase tinggi terjadi persaingan reaksi, pembentukan gelembung gas pada voltase tinggi lebih banyak daripada produksi logam Mg dan K, karena produksi gas memiliki potensial sel lebih rendah dari potensial reduksi K⁺ maupun Mg²⁺. Semakin meningkatnya gelembung gas dari reduksi H⁺ berupa H₂ (Reaksi 4.4) dapat menutupi semua pori permukaan elektrode sehingga menghalangi jalannya K⁺ maupun Mg²⁺ ke elektrode, berakibat reduksi K⁺ maupun Mg²⁺ menjadi sulit. Menurunnya ketersediaan K dan Mg berdampak pada sedikitnya endapan yang diperoleh pada elektrolisis.

Pengamatan Perubahan Kuat Arus terhadap Waktu Elektrolisis

Pada setiap variasi konsentrasi KOH menghasilkan kuat arus yang berbeda, hal ini dikarenakan besarnya hantaran listrik bergantung pada jumlah ion efektif yang dapat menghantarkan arus listrik. Hasil pengamatan perubahan kuat arus selama elektrolisis ditunjukkan oleh gambar 2:

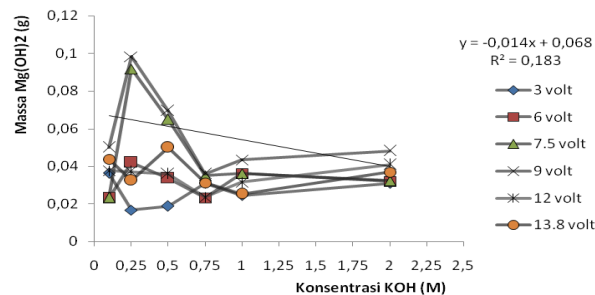


Gambar 2. Grafik pengamatan waktu terhadap kuat arus

Data Gambar 2 dapat diketahui bahwa arus berubah tiap-tiap waktu elektrolisis, hal ini terjadi karena kation Mg²⁺ dan K⁺ masih banyak sehingga membutuhkan kuat arus yang lebih tinggi untuk membentuk endapan Mg(OH)₂ dan larutan KOH, lama kelamaan kuat arus berubah karena kation tersebut membentuk produk berupa endapan sehingga reaksi konstan dengan indikasi warna pp pada kompartemen katodik memudar.

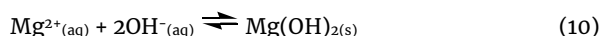
Pengaruh Konsentrasi KOH pada Perolehan Massa Mg(OH)₂

Secara kuantitatif dapat dilihat dari grafik perolehan massa endapan yang dihasilkan terhadap pengaruh penambahan konsentrasi KOH pada proses elektrolisis.



Gambar 3. Grafik pengaruh [KOH] terhadap perolehan massa Mg(OH)₂

Peningkatan massa endapan Mg(OH)₂ terjadi karena Adanya K⁺ yang berdifusi menuju katode meningkat, maka semakin banyak ion K⁺ yang tereduksi menjadi K dan berakibat semakin banyak basa kuat KOH yang terbentuk di katode (Reaksi 9). Senyawa KOH mudah larut dalam air dan dapat terdisosiasi membentuk ion K⁺ dan OH⁻, dalam sistem kesetimbangan basa sukar larut dalam air sehingga ion senama berperan menstabilkan endapan Mg(OH)₂. Semakin besar konsentrasi KOH yang terbentuk, maka ketersediaan OH⁻ yang menekan kesetimbangan reaksi untuk bergeser ke arah produk sehingga endapan Mg(OH)₂ semakin banyak dan berakibat memperkecil kelarutan Mg(OH)₂.



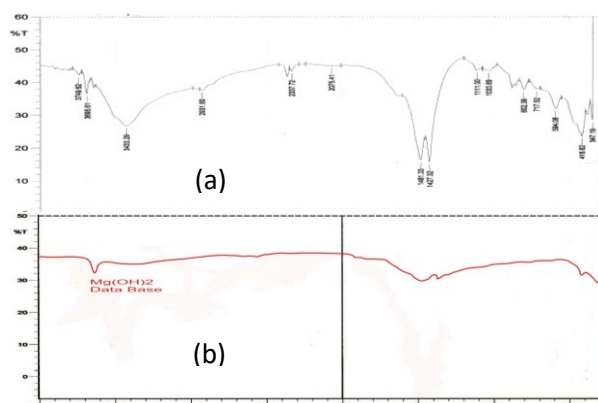
Peningkatan konsentrasi mengakibatkan peningkatan konduktifitas yang diiringi oleh peningkatan kuat arus sehingga proses reduksi ion K⁺ lebih banyak sementara reduksi ion Mg²⁺ semakin

menurun, Banyaknya ketersediaan K, ternyata membuat OH^- lebih mudah bereaksi dengan K daripada Mg, mengakibatkan pembentukan KOH lebih mudah terbentuk daripada pembentukan $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Penentuan Rendemen dan Karakterisasi Endapan Hasil Elektrolisis Sistem $\text{C}|\text{KOH}||\text{MgSO}_4,\text{KCl}|\text{C}$

Variasi konsentrasi menghasilkan rendemen yang berbeda-beda. Rendemen yang dihasilkan pada penggunaan KOH berkonsentrasi 2; 1; 0,75; 0,5; 0,25; dan 0,1 M berturut-turut sebesar 36,7; 31,47; 54,00; 99,59; dan 30,98%. Hasil analisis menggunakan AAS diperoleh kadar magnesium dalam $\text{Mg}(\text{OH})_2$ hasil elektrolisis pada penggunaan KOH berkonsentrasi 2; 1; 0,75; 0,5; 0,25; dan 0,1 M berturut-turut sebesar 49,89; 50,88; 49,80; 49,68; 51,26; 51,27%.

Penentuan gugus fungsional pada endapan hasil elektrolisis diperoleh perbandingan spektra IR standar $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan spektra IR $\text{Mg}(\text{OH})_2$ endapan hasil elektrolisis ditunjukkan pada Gambar 4.4:



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

Berdasarkan perbandingan spektra pada Gambar 4, terdapat kemiripan bentuk spektra, puncak spektra dan overtone antara spektra IR $\text{Mg}(\text{OH})_2$ hasil elektrolisis dengan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ standar. Adanya gugus $-\text{OH}$ bebas stretching dan O-H ikatan hidrogen berturut-turut pada bilangan gelombang $3695,61 \text{ cm}^{-1}$ dan $3433,29 \text{ cm}^{-1}$, serta adanya vibrasi Mg-O pada bilangan gelombang $802,39 \text{ cm}^{-1}$ sehingga memberikan informasi dan membuktikan bahwa endapan hasil elektrolisis merupakan $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

4. Kesimpulan

Magnesium dapat diendapkan sebagai magnesium hidroksida melalui elektrolisis sistem $\text{C}|\text{KOH}||\text{MgSO}_4,\text{KCl}|\text{C}$. Keberadaan KOH meningkatkan massa endapan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ hasil elektrolisis pada konsentrasi tertentu. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh rendemen $\text{Mg}(\text{OH})_2$ tertinggi yaitu 99,59% dengan kadar magnesium sebesar 51,26% pada penggunaan KOH 0,25 M voltase 9 volt.

5. Daftar Pustaka

[1] 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, 1, (1943)

- [2] Kesara Bhuntumkomol, Supatra Munsakul, Bancha Udomsakdhi, *Recovery of chemicals [MgSO_4 , MgCl_2 , MgCO_3 , KCl] from Thai bittern [mother liquor in Thailand]*, in, Thai National AGRIS Centre, 1976.
- [3] Klaus Schwochau, *Extraction of metals from sea water*, in: *Inorganic Chemistry*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1984, pp. 91-133.
- [4] Oren V Bonney, *Recovery of magnesium as magnesium hydroxide from sea water*, in, Google Patents, 1982.
- [5] Alan G. Sharpe, *Inorganic Chemistry*, in, Longman Group Ltd, Essex, 1992.
- [6] Oliver Lee Maddan, *Apparatus and method for producing magnesium from seawater*, in, Google Patents, United States, 2001.
- [7] WH Rahmanto, Muhammad Asy'ari, *Sel Elektrolisis 3-Kompartemen untuk Ekstraksi Magnesium dan Sulfat dari Sistem Larutan $\text{MgSO}_4 - \text{KCl} - \text{H}_2\text{O}$* , *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 9, 1, (2006)
- [8] G Svehla, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, PT, Kalman Media Pustaka, Jakarta, 1990.
- [9] Tony Bird, *Kimia Fisik untuk Universitas*, PT Gramedia, Jakarta, (1993)