



## Pengaruh Kation $\text{Fe}^{2+}$ terhadap Proses Elektrokimiawi Magnesium pada Model Larutan Pekatan Air Laut (*Bittern*)

Khoerul Bariyah<sup>a</sup>, Rahmat Nuryanto<sup>a\*</sup>, Linda Suyati<sup>a</sup>

<sup>a</sup> 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](mailto:nuryantorahmad@live.undip.ac.id)

Article Info	Abstract
<p><b>Keywords:</b> bittern, electrochemical process, magnesium, <math>\text{Fe}^{2+}</math>, FTIR and AAS</p>	<p>The electrochemical process of magnesium producing <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> has been carried out. Magnesium is widely used in industry and generally magnesium is obtained through the Dow Process from seawater and electrochemical processes of the bittern. This research method was based on selective precipitation process through special electrolysis system, that is using 2 compartments separated by salt bridge in electrolysis system <math>\text{C} \text{NaOH}, \text{FeSO}_4  \text{MgSO}_4, \text{NaCl} \text{C}</math> at voltage 3; 6; 7.5; 9; 12 and 13.8 V with variations of <math>[\text{Fe}^{2+}]</math> 0; 0.01; 0.025; 0.05 and 0.1 M. The purity of <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> precipitate was determined by FTIR and AAS analysis. The presence of <math>\text{Fe}^{2+}</math> ions decreases the current strength during electrolysis and reduces the yield of <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> due to the formation of floc. FTIR results showed that the precipitated <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> has formed was shown by molecular vibrations at <math>3695.61\text{cm}^{-1}</math> (bond -OH stretch) and <math>871.82\text{cm}^{-1}</math> (Mg-O bond). The precipitate <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> was not pure as there were found the Na and Fe metals from the AAS results. The highest yield in the electrolysis system without the addition of <math>\text{Fe}^{2+}</math> ion was 71.02%, whereas with the addition of <math>\text{Fe}^{2+}</math> 0.05 M 54.83% at 12 V voltage.</p>
<p><b>Kata kunci:</b> bittern, proses elektrokimiawi magnesium, ion <math>\text{Fe}^{2+}</math>, FTIR dan AAS</p>	<p><b>Abstrak</b></p> <p>Proses elektrokimiawi magnesium menghasilkan <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> telah dilakukan. Magnesium banyak digunakan dalam bidang industri. Umumnya magnesium diperoleh melalui Proses Dow dari air laut maupun proses elektrokimiawi bittern. Metode penelitian ini didasarkan pada proses pengendapan selektif melalui sistem elektrolisis khusus, yaitu menggunakan 2 kompartemen yang dipisahkan oleh jembatan garam dalam sistem elektrolisis <math>\text{C} \text{NaOH}, \text{FeSO}_4  \text{MgSO}_4, \text{NaCl} \text{C}</math> pada voltase 3; 6; 7,5; 9; 12 dan 13,8 V dengan variasi <math>[\text{Fe}^{2+}]</math> 0; 0,01; 0,025; 0,05 dan 0,1 M. Kemurnian endapan <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> ditentukan melalui analisis FTIR dan AAS. Adanya ion <math>\text{Fe}^{2+}</math> menurunkan kuat arus selama elektrolisis dan mengurangi rendemen <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> karena terbentuknya flok. Hasil FTIR menunjukkan bahwa endapan <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> telah terbentuk ditunjukkan oleh vibrasi molekul pada <math>3695,61\text{cm}^{-1}</math> (ikatan -OH stretch) dan <math>871,82\text{cm}^{-1}</math> (ikatan Mg-O). Endapan <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> belum murni karena terdapat logam Na dan Fe yang diketahui dari hasil AAS. Rendemen tertinggi pada sistem elektrolisis tanpa penambahan ion <math>\text{Fe}^{2+}</math> sebesar 71,02 %, sedangkan dengan penambahan <math>\text{Fe}^{2+}</math> 0,05 M 54,83 % pada voltase 12 V.</p>

### 1. Pendahuluan

Magnesium banyak digunakan dalam industri. Sumber magnesium selain dari tambang mineral di darat, juga dapat diperoleh dari air laut yang sangat

potensial. Rata-rata konsentrasi garam terlarut di air laut berkisar 3.5%, namun konsentrasi tersebut tergantung pada lokasi dan laju evaporasi [1]. Larutan pekatan air laut (*bittern*) masih mengandung magnesium sekitar 1350 ppm atau 0,055 M. Air laut selain

mengandung  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  dan  $K^+$  sebagai komponen utama, juga mengandung  $Fe^{2+}$ .

Magnesium dalam bentuk hidroksidanya,  $Mg(OH)_2$ , merupakan bahan dasar untuk pembuatan persenyawaan magnesium lainnya. Persenyawaan magnesium dapat digunakan sebagai bahan antasida [2], penyimpanan gas hidrogen [3] dan koagulan pengolahan limbah. Salah satu metode pengambilan magnesium secara kimiawi adalah melalui Proses Dow. Pada Proses Dow  $Mg(OH)_2$  diperoleh melalui pengendapan dan tidak ditinjau pengaruh ion  $Fe^{2+}$ . Rahmanto dan Asy'ari [4] melakukan elektrolisis 2 kompartemen dalam sistem  $MgSO_4$ -KCl- $H_2O$  bersekat membran semi permeabel dan diperoleh endapan  $Mg(OH)_2$ . Kuat arus yang mengalir dalam sistem  $MgSO_4$ -KCl- $H_2O$  rendah karena aquades memiliki daya hantar listrik kecil sehingga kurang efisien. Penggantian aquades sebagai elektrolit perlu dilakukan untuk meningkatkan daya hantar listrik, misalnya dengan larutan elektrolit NaOH. Ion  $Na^+$  dapat menjadi fasilitator dalam proses elektrokimiawi magnesium.

Susetyo dkk. [5] melakukan ekstraksi elektrokimiawi magnesium pekatan air laut yang menghasilkan endapan MgO dengan kemurnian sebesar 99,31% dengan adanya fasilitator ion  $K^+$ . Pada penelitian tersebut belum diketahui pengaruh adanya ion-ion terlarut lainnya, yaitu ion  $Fe^{2+}$  yang terkandung dalam air laut. Apabila dilakukan elektrolisis sistem  $C|NaOH, FeSO_4||MgSO_4, NaCl|C$  maka dapat ditentukan pengaruh ion  $Fe^{2+}$  terhadap proses pengambilan magnesium dari model larutan pekatan air laut (*bittern*) dengan daya hantar listrik yang cukup besar. Hasil yang diperoleh dianalisis menggunakan spektroskopi IR dan AAS untuk menentukan kemurnian endapan.

## 2. Metode

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan antara lain larutan campuran  $MgSO_4$ -NaCl, larutan  $FeSO_4$ -NaOH, KCl, agar-agar *swallow* putih, aquades dan grafit dari baterai bekas. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas standar, pipa U, catu daya, *stopwatch*, *multimeter* dan kertas saring halus.

### Variabel Penelitian

Variabel yang dinilai adalah massa, rendemen dan kemurnian endapan  $Mg(OH)_2$ . Variabel bebas pada proses elektrolisis adalah voltase yang digunakan dan konsentrasi larutan  $FeSO_4$ . Variabel yang dikonstantakan adalah volume larutan pekatan air laut dan jenis elektroda.

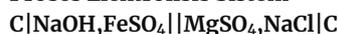
### Preparasi Sampel

Pembuatan larutan  $MgSO_4$ -NaCl dengan melarutkan 6,612 gram  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  dan 2,922 gram NaCl dalam labu takar 500 mL yang telah berisi 50 mL aquades, kemudian digojog sampai larut sempurna dan ditambahkan aquades hingga tanda tera.

### Pembuatan jembatan garam

Sebanyak 3,5 gram bahan agar-agar putih merk *swallow* dipanaskan dengan 400 mL air hingga mendidih. Larutan didiamkan 3 menit dan gel agar agar cair kemudian masukkan ke dalam pipa U. Tunggu hingga menjadi padat dan kemudian rendam dengan model pekatan air laut sampai tinggi kedua permukaan air laut menjadi sama antara 2 kompartemen.

### Proses Elektrolisis Sistem



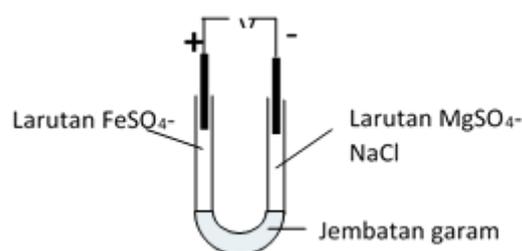
Sebanyak 17,5 mL larutan  $MgSO_4$ -NaCl dimasukkan ke dalam kompartemen katodik dan 17,5 mL larutan NaOH 0,1 M + larutan  $FeSO_4$  0,01 M pada kompartemen anodik, kemudian dilakukan elektrolisis pada voltase 3; 6; 7,5; 9; 12 dan 13,8 volt selama 4 jam. Endapan yang dihasilkan ditimbang dan dihitung rendemennya. Larutan  $FeSO_4$  dilakukan variasi konsentrasi 0, 0,01; 0,025; 0,05; dan 0,1 M.

### Analisis Spektroskopi FTIR

Analisis Spektroskopi FTIR dilakukan untuk menentukan pembentukan senyawa magnesium hidroksida ( $Mg(OH)_2$ )

### Analisis AAS

Analisis kemurnian endapan  $Mg(OH)_2$  didasarkan pada absorbansi yang dihasilkan menggunakan spektroskopi serapan atom.



Gambar 1. Diagram sistem elektrolisis

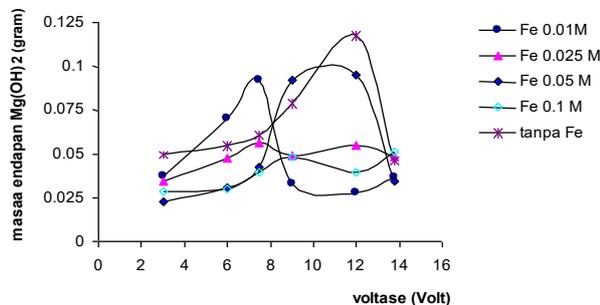
## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini  $Mg(OH)_2$  dibentuk dari pemisahan  $Mg^{2+}$  dalam model pekatan air laut berdasarkan pengendapan selektif melalui proses elektrolisis khusus, yaitu menggunakan 2 kompartemen yang dipisahkan oleh jembatan garam. Jembatan garam merupakan jalan terjadinya aliran elektron dan berupa agar-agar yang dijenuhkan dengan larutan KCl. Adanya jembatan garam dapat menyebabkan difusi ion ke arah yang berlawanan sehingga kation dapat berpindah ke kompartemen katodik dan membentuk senyawa yang membantu pembentukan senyawa  $Mg(OH)_2$ . Beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrolisis diantaranya voltase elektrolisis, jenis elektrode, jenis dan konsentrasi larutan elektrolit.

### Pengaruh Voltase Elektrolisis

Sistem elektrolisis yang digunakan untuk mengendapkan  $Mg(OH)_2$  dibuat pada potensial tetap agar dapat memisahkan ion  $Mg^{2+}$  dari kation-kation lain,

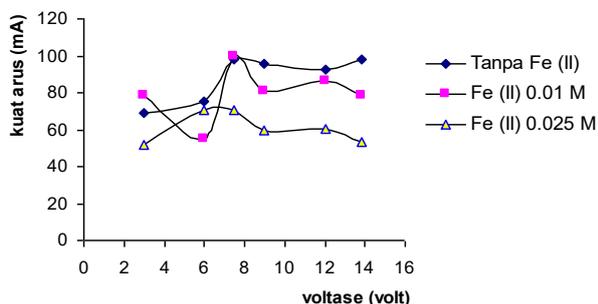
seperti Na<sup>+</sup> dan Fe<sup>2+</sup> yang terdapat dalam larutan elektrolisis. Ion Na<sup>+</sup> dan Fe<sup>2+</sup> yang berada pada kompartemen anodik dapat berdifusi ke katode ketika dialiri arus listrik sehingga mempengaruhi pembentukan Mg(OH)<sub>2</sub>. Pengaruh voltase elektrolisis terhadap massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub> yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh voltase terhadap massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub> pada berbagai [FeSO<sub>4</sub>]

Gambar 2 menunjukkan massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub> mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya voltase, tetapi akan mengalami penurunan pada voltase yang relatif tinggi karena arus listrik yang dihasilkan semakin besar. Apabila voltase terlalu tinggi, gelembung H<sub>2</sub> di sekitar elektrode menjadi bertambah banyak dan mengakibatkan proses pengendapan Mg(OH)<sub>2</sub> terhambat. Gelembung gas H<sub>2</sub> menutupi permukaan elektrode sehingga terjadi efek elektroforesis dan massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub> menjadi berkurang.

Perolehan massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub> berkurang saat konsentrasi FeSO<sub>4</sub> semakin banyak pada voltase yang sama. Penurunan massa disebabkan konsentrasi ion Fe<sup>2+</sup> bertambah banyak sehingga energi listrik digunakan untuk mengoksidasi Fe<sup>2+</sup> menjadi Fe<sup>3+</sup>. Ion Fe<sup>3+</sup> bereaksi dengan ion OH<sup>-</sup> membentuk flok Fe(OH)<sub>3</sub> yang menghalangi difusi ion Na<sup>+</sup> ke katodik. Ion Na<sup>+</sup> merupakan fasilitator pada pembentukan endapan Mg(OH)<sub>2</sub>, sehingga massa yang diperoleh berkurang.



Gambar 3. Pengaruh V terhadap I

Pembentukan flok Fe(OH)<sub>3</sub> juga mengakibatkan arus yang mengalir menjadi lemah karena mobilitas ion semakin kecil dan jumlah ion dalam larutan menjadi berkurang. Hukum Ohm menyatakan bahwa voltase sebanding dengan kuat arus yang mengalir ( $V = I.R$ ), tetapi ternyata kuat arus dapat menurun walaupun voltase bertambah. Hal tersebut karena pada proses

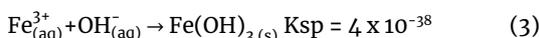
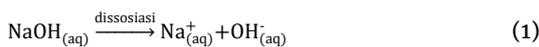
elektrolisis kuat arus dipengaruhi oleh konduktivitas elektrolit dan mobilitas ion.

**Proses Elektrolisis Sistem C|NaOH,FeSO<sub>4</sub>||MgSO<sub>4</sub>,NaCl|C**

Sistem elektrolisis dilakukan dalam C|NaOH,FeSO<sub>4</sub>||MgSO<sub>4</sub>,NaCl|C. Kompartemen anodik berisi larutan FeSO<sub>4</sub>-NaOH, sedangkan kompartemen katodik berisi larutan MgSO<sub>4</sub>-NaCl. Masing-masing ion akan mengalami reaksi redoks saat dialiri arus listrik dengan efek yang berbeda-beda. Kation dapat berdifusi ke kompartemen katodik, sedangkan anion berdifusi ke kompartemen anodik.

Berdasarkan prinsip redoks, pada sistem C|NaOH,FeSO<sub>4</sub>||MgSO<sub>4</sub>,NaCl|C terjadi proses oksidasi Fe<sup>2+</sup> menjadi Fe<sup>3+</sup> (Reaksi 2) di kompartemen anodik dan difusi kation Na<sup>+</sup> ke kompartemen anodik. Tetapi karena adanya ion OH<sup>-</sup> dari disosiasi NaOH (Reaksi 1), maka ion Fe<sup>3+</sup> bereaksi dengan hidroksida membentuk flok Fe(OH)<sub>3</sub>. Senyawa Fe(OH)<sub>3</sub> memiliki kelarutan yang sangat kecil ( $K_{sp} = 4,0 \times 10^{-38}$ ) sehingga mudah membentuk endapan. Hal tersebut ditunjukkan oleh adanya endapan berwarna merah kecoklatan pada kompartemen anodik.

Reaksi yang terjadi:



Akibat beda potensial listrik, di kompartemen anodik juga terdapat ion-ion Cl<sup>-</sup> sehingga dapat terjadi reaksi pembentukan garam FeCl<sub>3</sub> yang terhidrolisis oleh molekul air membentuk basa sukar larut Fe(OH)<sub>3</sub>.

Kation Mg<sup>2+</sup> dan Na<sup>+</sup> di katoda mengalami reduksi menjadi logam dan bereaksi dengan H<sub>2</sub>O sehingga terbentuk senyawa Mg(OH)<sub>2</sub> (mengendap), NaOH (larut) dan H<sub>2</sub> sebagai hasil samping. Magnesium dapat dipisahkan dari natrium karena NaOH larut dalam air, sedangkan Mg(OH)<sub>2</sub> sukar larut dalam air dan mengendap ( $K_{sp} = 1,2 \times 10^{-11}$ ). Pembentukan senyawa Mg(OH)<sub>2</sub> ditunjukkan oleh perubahan warna indikator pp yang ditambahkan. Senyawa Mg(OH)<sub>2</sub> mulai terbentuk pada pH = 9.5 yang ditunjukkan dengan warna merah muda pada larutan katode sesuai dengan penelitian [6].

Reaksi pembentukan gas pada kedua kompartemen adalah sebagai berikut:

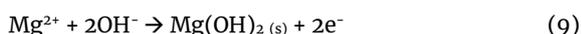
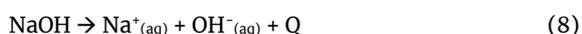


Perbedaan potensial antara Na<sup>+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> sangat kecil, yaitu -2,71 V (Na<sup>+</sup>) dan -2,363 V (Mg<sup>2+</sup>) sehingga keduanya sulit dipisahkan [7], akan tetapi ternyata magnesium dapat terpisahkan dengan baik setelah bereaksi dengan air membentuk senyawa hidroksidanya berupa Mg(OH)<sub>2</sub> dan NaOH. Natrium merupakan logam yang reaktif terhadap molekul H<sub>2</sub>O membentuk Na<sup>+</sup> dan

OH<sup>-</sup>, NaOH mudah terdisosiasi menjadi ion-ionnya (Reaksi 1) sehingga semakin banyak NaOH konsentrasi ion OH<sup>-</sup> dalam larutan bertambah banyak. Reaksi pembentukan Mg(OH)<sub>2</sub> bersifat reversible maka keberadaan ion OH<sup>-</sup> sangat menentukan kesetimbangan. Underwood (1986) menyatakan bahwa apabila salah satu konsentrasi spesies dalam reaksi bertambah, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah berlawanan. Produk NaOH dan Mg(OH)<sub>2</sub> berada pada satu kompartemen, sehingga semakin banyak ion OH<sup>-</sup> reaksi pembentukan Mg(OH)<sub>2</sub> bergeser ke produk dan menstabilkan endapan Mg(OH)<sub>2</sub> yang terbentuk karena efek ion senama (Reaksi 4.5).

Pada temperatur kamar magnesium susah terurai (bereaksi) dengan air, tetapi dengan adanya kalor yang dilepaskan dari pembentukan NaOH dan gas H<sub>2</sub> maka endapan magnesium hidroksida dapat terbentuk.

Reaksi yang terjadi adalah:

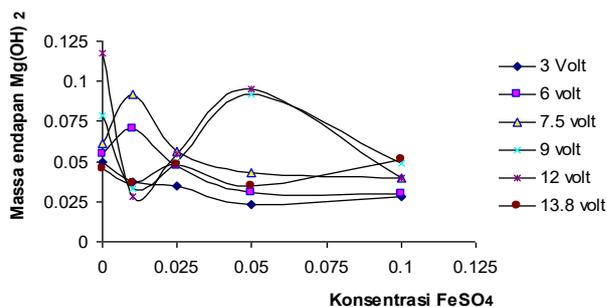


Ion Fe<sup>3+</sup> sukar berdifusi ke kompartemen katode karena ukuran ionnya yang sangat besar dan lebih cenderung membentuk flok di anode. Apabila ion Fe<sup>3+</sup> berada pada kompartemen katode maka dapat menghambat pembentukan Mg(OH)<sub>2</sub>, karena sifat absorpsivitasnya yang sangat besar. Hasil penelitian [8] menunjukkan besi (III) oksida maupun hidroksida dapat mengadsorpsi senyawa lain dalam suatu ikatan kimia, yaitu ikatan elektrostatik (berupa *outer-sphere complex*) yang lemah maupun ikatan kovalen yang sangat mempengaruhi proses transport ion.

Ion Mg<sup>2+</sup> memiliki ukuran ion lebih besar daripada ion Na<sup>+</sup> (r Na<sup>+</sup> 476 pm, r Mg<sup>2+</sup> 780 pm) sehingga Mg<sup>2+</sup> lebih mudah teradsorpsi oleh besi (III) hidroksida dibandingkan ion Na<sup>+</sup>. Ukuran ion Na<sup>+</sup> yang kecil menyebabkan Na<sup>+</sup> lebih mudah berdifusi sehingga endapan Mg(OH)<sub>2</sub> tetap dapat terbentuk, tetapi sangat sedikit dengan adanya ion Fe<sup>2+</sup> dalam kompartemen yang sama.

**Pengaruh Konsentrasi FeSO<sub>4</sub> terhadap Rendemen dan kemurnian Mg(OH)<sub>2</sub>**

Senyawa Mg(OH)<sub>2</sub> terbentuk pada katode berupa endapan koloidal putih, sedangkan ion Cl<sup>-</sup> berpindah ke anoda dan teroksidasi menjadi gas Cl<sub>2</sub>. Massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub> yang diperoleh dipengaruhi oleh konsentrasi ion Fe<sup>2+</sup> di anode.

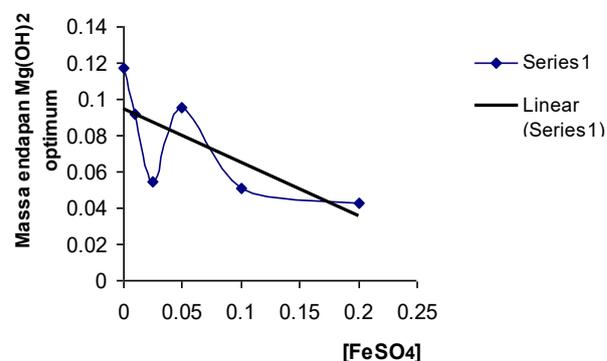


Gambar 4. Pengaruh konsentrasi FeSO<sub>4</sub> terhadap massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub>

Pada Gambar 4 kecenderungan penurunan massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub> terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi FeSO<sub>4</sub>. Pada range voltase yang berdekatan, misalnya 9 dan 12 volt, grafik yang terbentuk memiliki pola yang sama. Hal tersebut karena jarak voltase yang dekat memiliki nilai kuat arus yang juga berdekatan, maka pengaruh terhadap proses pengendapan juga hampir sama.

Pada voltase yang rendah, penambahan konsentrasi FeSO<sub>4</sub> yang rendah masih dapat menaikkan massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub>. Pada konsentrasi FeSO<sub>4</sub> rendah, jumlah ion Fe<sup>2+</sup> sedikit dan flok yang terbentuk juga kecil sehingga tidak menghalangi difusi ion Na<sup>+</sup> yang merupakan fasilitator pembentukan endapan Mg(OH)<sub>2</sub> ke katode.

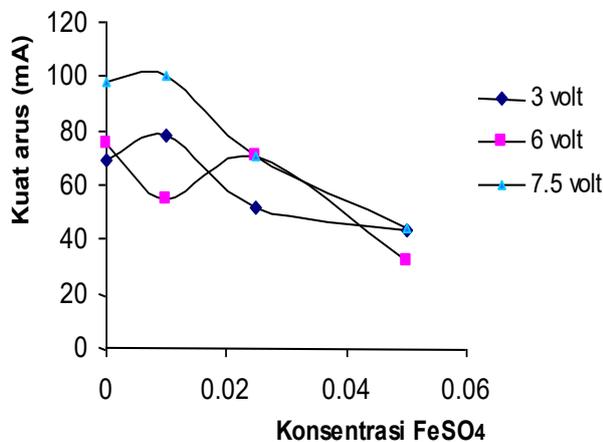
Pada konsentrasi FeSO<sub>4</sub> 0,1 M membran diafragma di anode menjadi berwarna kekuningan dan tercium bau khas senyawa klorida. Warna kuning kehijauan menunjukkan bahwa ion Cl<sup>-</sup> telah berdifusi ke anode dan membentuk gas Cl<sub>2</sub> yang dapat bereaksi dengan ion Na<sup>+</sup> dan H<sub>2</sub>O membentuk senyawa NaClO yang memiliki bau khas sesuai penelitian Ngatimin (1995). Perubahan membran diafragma tidak dapat diamati dengan jelas pada konsentrasi FeSO<sub>4</sub> rendah karena [Fe<sup>2+</sup>] lebih sedikit sehingga afinitasnya menarik ion Cl<sup>-</sup> ke anode juga lebih kecil. Secara umum, kecenderungan penurunan massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub> terhadap [FeSO<sub>4</sub>] ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kecenderungan penurunan massa endapan Mg(OH)<sub>2</sub>

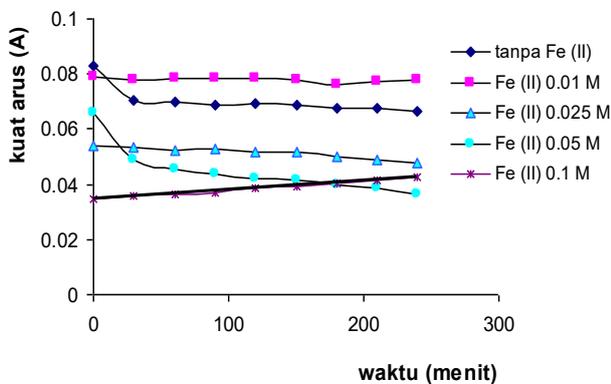
Tingginya konsentrasi ion Fe<sup>2+</sup> dalam larutan sangat mempengaruhi arus listrik karena berhubungan dengan konduktivitas dan mobilitas ion dalam larutan. Semakin

tinggi konsentrasi ion  $Fe^{2+}$  maka energi listrik yang digunakan untuk mereduksi ion  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$  semakin besar. Cacah mol ion  $Fe^{2+}$  yang banyak mengakibatkan ukuran flok yang terbentuk juga semakin besar dan mobilitas ion  $Na^+$  terhambat. Sedikitnya jumlah dan mobilitas ion mengakibatkan konduktivitas semakin kecil sehingga arus yang mengalir semakin rendah.



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi terhadap kuat arus yang dihasilkan

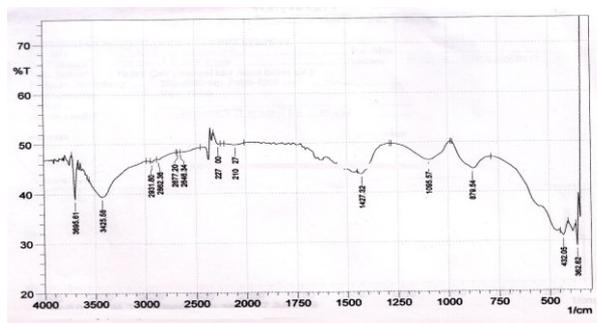
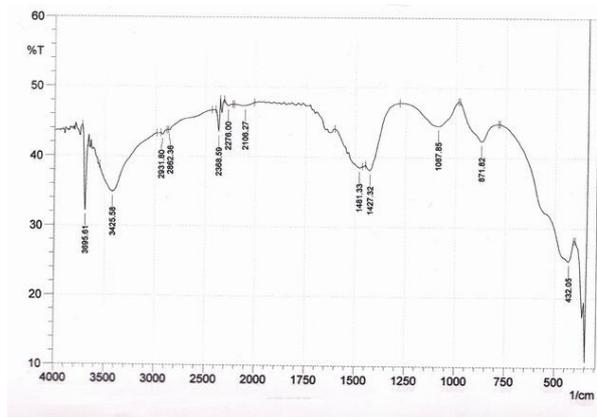
Kuat arus yang mengalir pada waktu tertentu akan mengalami kecenderungan pola yang berbeda-beda tergantung dari konsentrasi  $FeSO_4$  yang digunakan. Hubungan antara kuat arus dengan lamanya waktu elektrolisis ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan antara kuat arus dan waktu elektrolisis

Proses elektrolisis tanpa penambahan  $FeSO_4$  dan penambahan  $FeSO_4$  0,01; 0,025; 0,05 M menghasilkan kuat arus yang semakin lemah. Hal ini karena selama proses elektrolisis ion  $Fe^{2+}$  terendapkan sebagai flok  $Fe(OH)_3$  yang menurunkan mobilitas ion sehingga arus listrik menjadi lemah. Pada konsentrasi  $FeSO_4$  0,1 M, yang sebanding dengan konsentrasi  $NaOH$  0,1 M, maka kuat arus justru semakin naik. Hal tersebut karena konsentrasi ion  $Fe^{3+}$  yang sangat tinggi, sedangkan jumlah ion  $OH^-$  tetap sehingga flok yang terbentuk sudah maksimal dan masih banyak ion  $Fe^{3+}$  dalam bentuk larutan yang membantu menghantarkan arus listrik.

Pengaruh  $Fe^{2+}$  terhadap endapan  $Mg(OH)_2$  diketahui berdasarkan hasil perbandingan spektra FTIR  $Mg(OH)_2$  dengan penambahan  $FeSO_4$  0,01 M dan 0,1 M.



Gambar 8. Perbandingan spektra FTIR  $Mg(OH)_2$  (a) penambahan  $FeSO_4$  0,01 M, (b) penambahan  $FeSO_4$  0,1 M

Berdasarkan perbandingan spektra di atas, terdapat kemiripan bentuk puncak spektra antara penambahan  $Fe$  0,01 dan 0,1 M. Munculnya spektra pada panjang gelombang 3695,61 menunjukkan adanya ikatan  $-OH$  stretch. Puncak spektra sampel panjang gelombang 871,82 pada penambahan  $Fe$  0,01 M dan 879,54 pada penambahan  $Fe$  0,1 M menunjukkan adanya ikatan  $Mg-O$  dalam senyawa  $Mg(OH)_2$ . Puncak spektra di daerah 2000-3000 menunjukkan adanya ikatan  $-OH_2$  sehingga hasil endapan  $Mg(OH)_2$  masih mengikat molekul air. Adanya pergeseran spektra ikatan  $Mg-O$  dan beberapa perbedaan spektra yang muncul pada gambar (a) dan (b) menunjukkan bahwa  $Fe^{2+}$  mempengaruhi proses elektrokimia magnesium.

Ketidakmurnian endapan  $Mg(OH)_2$  juga ditunjukkan oleh hasil analisis AAS pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis AAS  $Mg(OH)_2$

Sampel	sampel (ppm)	Kadar logam Mg (ppm)	% kadar
Tanpa penambahan Fe	50	23,83	47,66 %
Penambahan Fe 0,05 M	50	19,01	38,02 %

Endapan  $Mg(OH)_2$  yang diperoleh ternyata masih mengandung  $Na$  dan  $Fe$  dalam kadar yang berbeda-beda. Larutan  $FeSO_4$  yang ditambahkan mengurangi perolehan % kadar logam magnesium dalam endapan  $Mg(OH)_2$ . Ion

$\text{Fe}^{2+}$  sangat mempengaruhi proses elektrokimiawi magnesium dalam sistem  $\text{C}|\text{NaOH}, \text{FeSO}_4||\text{MgSO}_4, \text{NaCl}|\text{C}$ .

#### 4. Kesimpulan

Ion  $\text{Fe}^{2+}$  menurunkan kuat arus dan mengurangi rendemen  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Ion  $\text{Fe}^{2+}$  pada anodik maupun katodik menghambat terbentuknya endapan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  karena pembentukan flok. Rendemen tertinggi diperoleh pada voltase 12 V untuk sistem elektrolisis tanpa penambahan ion  $\text{Fe}^{2+}$  sebesar 71,02 %, sedangkan dengan penambahan  $\text{Fe}^{2+}$  0,01; 0,025; 0,05 dan 0,1 M berturut-turut 30,74 %; 54,83 %; 36,91 % dan 28,10 %.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] William Henry Brown, Thomas Poon, Introduction to Organic Chemistry, 3 ed., John Wiley & Sons, Australia, 2014.
- [2] Harry Julius Emeléus, Alan G Sharpe, Advances in inorganic chemistry and radiochemistry, Academic Press, 1968.
- [3] Maria G. Medeiros, Eric G. Dow, Russell R. Bessette, Magnesium anode, seawater/acid/catholyte electrolyte utilizing a palladium and iridium carbon paper cathode electrochemical system, in, Google Patents, 2002.
- [4] W. H. Rahmanto, Muhammad Asy'ari, Sel Elektrolisis 3-Kompartemen untuk Ekstraksi Magnesium dan Sulfat dari Sistem Larutan  $\text{MgSO}_4\text{-KCl-H}_2\text{O}$ , *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 9, 1, (2006)
- [5] Risa Arisca Susetyo, Abdul Haris, Wasino Hadi Rahmanto, Ekstraksi Elektrokimiawi Magnesium Dari Pekatan Air Laut Jatimalang-Purworejo untuk Pembuatan Magnesium Oksida, Jurusan Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang
- [6] Laurence Irving, The precipitation of calcium and magnesium from sea water, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (New Series)*, 14, 02, (1926) 441-446
- [7] John E. Cyr, Philip H. Rieger, Electrochemistry of ruthenium carbonyls, *Organometallics*, 10, 7, (1991) 2153-2159 <http://dx.doi.org/10.1021/om00053a017>
- [8] Derek Peak, D. L. Sparks, Mechanisms of selenate adsorption on iron oxides and hydroxides, *Environmental science & technology*, 36, 7, (2002) 1460-1466