

# Pengendapan Magnesium Hidroksida pada Elektrolisis Larutan Garam Industri

Fauziyah Rakhmawati, dan Suprpto

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*e-mail:* suprpto@chem.its.ac.id

**Abstrak**—Pada penelitian ini telah dilakukan studi pengaruh beda potensial dan waktu pada elektrolisis larutan garam industri terhadap pengendapan magnesium hidroksida. Beda potensial dan waktu elektrolisis dibuat bervariasi masing-masing 6 V, 9 V, dan 12 V untuk beda potensial dan 40 menit, 80 menit, serta 120 menit untuk waktu elektrolisis. Elektrolisis akan menghasilkan endapan di katolit yang selanjutnya diuji kadar magnesium dalam endapan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Diperoleh recovery magnesium hidroksida tertinggi sebesar 20,58% pada beda potensial 9 V selama 120 menit dengan massa magnesium hidroksida sebesar 0,0401 gram. Pengendapan magnesium hidroksida melalui elektrolisis ini juga dibandingkan dengan pengendapan magnesium hidroksida secara kimia. Dengan penambahan NaOH, diperoleh massa magnesium hidroksida sebesar 0,0432 gram. Hal ini menunjukkan bahwa pengendapan magnesium hasil elektrolisis tidak memiliki perbedaan secara signifikan jika dibandingkan dengan pengendapan secara kimia.

**Kata Kunci**—Magnesium hidroksida, garam industri, elektrolisis, Proses Dow.

## I. PENDAHULUAN

Magnesium merupakan unsur terbanyak kedelapan yang ada di kerak bumi yang secara alami ditemukan dalam bentuk senyawa berupa dolomit ( $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ); magnesit ( $MgCO_3$ ); brisit ( $Mg(OH)_2$ ) dan karnalit ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ). Terdapat enam sumber bahan baku untuk memproduksi magnesium diantaranya magnesit, dolomit, karnalit, serpentin, bikosfit dan air laut (Park, 2008). Kelimpahan magnesium dalam air laut cukup tinggi sehingga air laut merupakan sumber paling besar untuk industri magnesium. Dari 1 km<sup>3</sup> air laut terdapat kira-kira satu juta ton magnesium (~0,001 ppm). Proses ekstraksi logam ini yang seringkali digunakan adalah Proses Dow.

Proses Dow menggunakan reagen pengendap berupa kalsium hidroksida untuk memperoleh endapan magnesium hidroksida. Dengan penambahan reagen ini magnesium mengendap dalam bentuk magnesium hidroksida sehingga dapat mengalami proses lebih lanjut hingga menghasilkan logam magnesium. Selain menggunakan kalsium hidroksida sebagai agen pengendap, proses elektrolisis air garam atau air laut juga dapat menghasilkan endapan magnesium hidroksida. Hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya (Jihad, 2012) bahwa pada saat elektrolisis air laut atau garam dengan pH di atas 10 didapatkan endapan berwarna putih di sekitar katoda. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan instrumen SSA, diketahui bahwa endapan tersebut adalah magnesium sehingga diprediksi endapan tersebut merupakan magnesium hidroksida. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian sebelumnya

(Bennett, 1980), bahwa dalam elektrolisis air laut menghasilkan endapan magnesium hidroksida pada pH 10,7-11.

Studi ini dilakukan untuk menguji proses ekstraksi magnesium yang juga dapat diperoleh melalui elektrolisis air laut atau air garam dengan memperhatikan faktor tegangan dan waktu elektrolisis, sehingga diperoleh endapan magnesium hidroksida yang optimal dan akhirnya dapat mengalami proses lebih lanjut untuk menghasilkan logam magnesium (Sugiarto, 2010). Pada penelitian ini akan dilakukan elektrolisis larutan garam industri yang diperoleh dari kristalisasi garam industri dengan elektroda grafit serta kanebo komersial yang terbuat dari polivinil alkohol formaldehid komersial sebagai pemisah katoda dan anoda dengan variasi potensial dan waktu elektrolisis. Penelitian ini akan fokus pada optimalisasi perolehan magnesium dari endapan magnesium hidroksida yang dihasilkan melalui elektrolisis larutan garam dengan menggunakan variabel waktu elektrolisis dan tegangan listrik. Selain itu pengendapan magnesium hidroksida melalui elektrolisis ini juga dibandingkan dengan pengendapan magnesium hidroksida secara kimia.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor elektrolisis dengan grafit (karbon pada pensil 8B) sebagai elektroda, *power supply*, gelas piala, gelas ukur, pengaduk, penangas air, pHmeter, neraca analitik, kabel, penjepit buaya, *oven*, labu ukur, instrumen spektrofotometer serapan atom.

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kertas saring whatman, garam industri, aqua DM, natrium hidroksida, asam oksalat, indikator *phenolphthalein*.

### B. Prosedur Kerja

#### B.1 Rekrystalisasi Garam Industri

Larutan yang digunakan pada elektrolisis ini adalah larutan garam industri yang telah melalui proses rekrystalisasi. Garam industri dilarutkan ke dalam aqua DM hingga jenuh. Selanjutnya disaring dengan kertas saring hingga diperoleh larutan yang lebih jernih. Kemudian filtratnya dipanaskan hingga muncul kristal garam. serbuk ini disaring, kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven hingga massanya stabil.

*B.2. Elektrolisis*

*B.2.1. Proses Elektrolisis*

Pada penelitian ini digunakan reaktor elektrolisis yang terbuat dari kaca. Reaktor ini berukuran 10cm x 10 cm x 8 cm dengan tutup yang terbuat dari mika. Tutup ini dimodifikasi sehingga memiliki 8 lubang berdiameter hampir sama dengan elektroda grafit yang diambil dari pensil 8B. Masing-masing 4 lubang untuk katoda dan anoda. Juga terdapat satu lubang lagi pada tutup mika ini di masing-masing elektroda sebagai tempat masuknya pHmeter. Selanjutnya elektroda ini akan dihubungkan dengan pembangkit listrik, yakni power supply, dengan menggunakan kabel yang telah dilengkapi dengan penjepit buaya untuk menahan elektroda grafit. Pada bagian tengah reaktor ini dipasang pemisah antara elektrolit pada anoda dan katoda yang terbuat polivinil alkohol, yakni kanebo komersial. Hal ini dilakukan agar larutannya tidak saling bercampur.

*B.2.2. Variasi Tegangan dan Waktu pada Elektrolisis Industri*

Konsentrasi larutan garam industri yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5M. Variasi dalam penelitian ini adalah waktu dan tegangan. Variasi tegangan yang digunakan diantaranya adalah 6V, 9V, dan 12 V. Adapun variasi waktu diantaranya adalah 40 menit, 80 menit dan 120 menit. Pada tegangan 6 V selama 40 menit, endapan yang dihasilkan diambil untuk dilakukan pengukuran kadar Mg. Begitu pula pada tegangan 6 V selama 80 dan 120 menit, masing-masing endapan yang dihasilkan disaring untuk pengukuran kadar Mg, dan begitu seterusnya untuk tegangan 9 V dan 12 V.

*B.3. Analisa Kadar Logam Mg dalam Endapan dengan SSA*

Endapan yang telah dikeringkan didestruksi dengan menggunakan asam kuat HCl. Selanjutnya diencerkan dalam 100 mL aquadest, lalu dibaca kadar logamnya dengan menggunakan SSA.

*B.4. Standarisasi NaOH dengan Asam Oksalat*

Ditimbang 5 gram serbuk NaOH yang selanjutnya dilarutkan ke dalam 250 mL aquademin. Ditimbang pula 3,1517 gram asam oksalat yang kemudian dilarutkan ke dalam 50 mL aquademin. Larutan NaOH diletakkan di dalam buret untuk selanjutnya menjadi titran dari asam oksalat. Ditambahkan indikator phenolphthalein pada larutan asam oksalat. Selanjutnya asam oksalat dititrasi hingga tepat berwarna merah muda. Lalu dicatat volume NaOH yang keluar sehingga akan diperoleh konsentrasi NaOH.

*B.5. Mengukur Kadar Mg dalam Endapan Hasil dari Penambahan Reagen Pengendap NaOH ke dalam Larutan Garam Industri*

Larutan garam industri 5 M ditambahkan NaOH hingga pH larutan mencapai rentang pH 10,7-11. Pada rentang pH ini akan terbentuk endapan dan kemudian endapan tersebut disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C. hingga massanya stabil. Setelah itu, endapan didestruksi dengan menggunakan HCl 37% dan kemudian disaring sehingga diperoleh filtrat yang siap diukur kadar magnesiumnya dengan menggunakan instrumen SSA. Selanjutnya kadar Mg dalam endapan ini dibandingkan

Tabel 3.1  
pH maksimal yang teramati pada tiap variasi

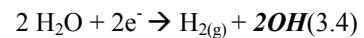
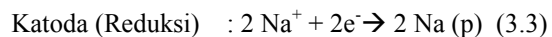
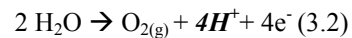
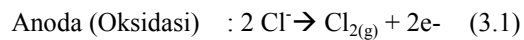
| Tegangan Listrik (V) | pH       |          |           |
|----------------------|----------|----------|-----------|
|                      | 40 menit | 80 menit | 120 menit |
| 6                    | 9,26     | 11,56    | 11,71     |
| 9                    | 11,48    | 12,07    | 12,38     |
| 12                   | 12,03    | 12,28    | 12,55     |

dengan kadar Mg dalam endapan yang diperoleh melalui proses elektrolisis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

*3.1. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Elektrolisis dalam Larutan Garam Industri terhadap Kenaikan pH di Katoda*

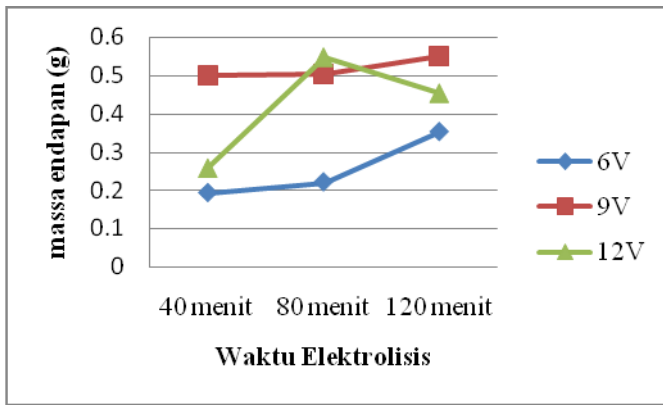
Secara umum terjadi kenaikan pH di katoda seiring dengan kenaikan waktu. Kenaikan pH sangat jelas disebabkan karena peningkatan produksi OH<sup>-</sup> yang dihasilkan di katoda sehingga menjadikan larutan menjadi semakin basa. Sedangkan di anoda terjadi penurunan pH yang sangat signifikan karena meningkatnya jumlah H<sup>+</sup> sesuai reaksi reduksi oksidasi berikut.



Dari seluruh variasi yang dilakukan, masing-masing variasi memiliki pH maksimal yang dapat dilihat dalam Tabel 3.1 berikut.

Dari Tabel 3.1 dapat diketahui bahwa pH minimal yang dihasilkan pada saat elektrolisis adalah 11,48. Melalui pendekatan Ksp kita dapat mengetahui apakah ion Mg<sup>2+</sup> telah membentuk endapan magnesium hidroksida atau belum pada pH tersebut. Ksp dari endapan Magnesium hidroksida adalah 1,5.10<sup>-11</sup>. Maka agar terjadi pengendapan, nilai hasil kali dari [Mg<sup>2+</sup>] [OH<sup>-</sup>]<sup>2</sup>(Q<sub>sp</sub>) harus lebih besar daripada nilai Ksp-nya. Dapat diketahui bahwa seluruh nilai Q<sub>sp</sub> yang diperoleh lebih besar dari Ksp magnesium hidroksida. Jadi dapat dipastikan bahwa di dalam endapan tersebut juga mengandung endapan Magnesium hidroksida. Adanya kandungan magnesium hidroksida dalam endapan tersebut juga diperkuat oleh Bennett yang menyatakan bahwa endapan magnesium hidroksida akan muncul pada rentang pH 10,7-11. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Elektrolisis dalam Larutan Garam terhadap Pembentukan Endapan di Katoda

Pada saat elektrolisis berlangsung, muncul bau tajam. Selain itu juga terbentuk endapan di katoda. Setelah dilakukan elektrolisis, endapan di katoda disaring dengan kertas saring whatmann, lalu endapan dikeringkan dan setelah itu ditimbang serta dihitung massanya. Secara umum massa endapan meningkat seiring dengan kenaikan waktu seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1. Hal ini sesuai dengan Hukum Faraday di mana waktu menjadi salah satu faktor penentu jumlah mol produk yang dihasilkan.



Gambar 3.1. Grafik waktu elektrolisis terhadap perubahan jumlah endapan

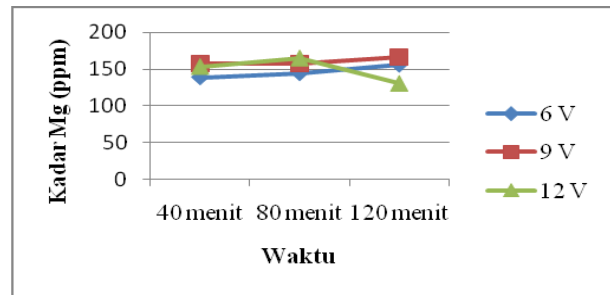
| Tegangan Listrik (V) | Waktu elektrolisis (menit) | Faktor Pengenceran | Konsentrasi (mg/L) |
|----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| 6                    | 40                         | 10                 | 138,7              |
|                      | 80                         | 10                 | 144,4              |
|                      | 120                        | 10                 | 156,1              |
| 9                    | 40                         | 10                 | 157,4              |
|                      | 80                         | 10                 | 157,3              |
|                      | 120                        | 10                 | 166,2              |
| 12                   | 40                         | 10                 | 153,7              |
|                      | 80                         | 10                 | 165,2              |
|                      | 120                        | 10                 | 130,5              |

Namun, pada saat variasi dengan tegangan listrik 12 V dan waktu elektrolisis selama 120 menit terjadi penurunan massa endapan yang dapat disebabkan karena grafit mengalami korosi akibat terjadinya degradasi karbon (grafit) oleh oksigen menjadi karbon dioksida sehingga grafit tidak dapat kembali menjalankan fungsinya untuk menghantarkan listrik dengan optimal.

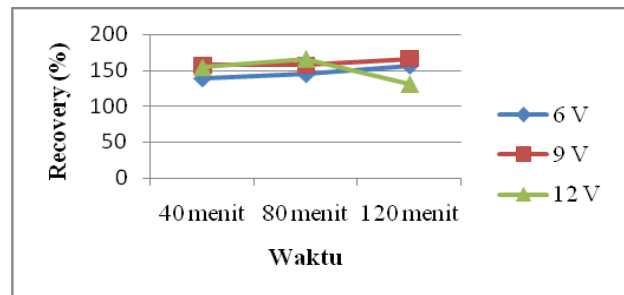
### 3.2. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Elektrolisis dalam Larutan Garam terhadap Kadar Logam Mg dalam Endapan di Katoda

Endapan ini kemudian diuji kadar magnesiumnya dengan menggunakan SSA. Setelah dilakukan destruksi endapan ini dengan HCl 37% dan diencerkan dalam 100 mL aquademin, larutan ini dibaca kadar logam Mg dan diperoleh kadar Mg dari masing-masing endapan sebagai berikut. Sebelum dilakukan pembacaan sampel, dilakukan kalibrasi kurva standar terlebih dahulu. Setelah dibuat kurva kalibrasi dilakukan pembacaan sampel dan diperoleh data berikut.

Dari Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi tegangan dan lama elektrolisisnya, semakin tinggi pula kadar Mg dalam endapan. Namun, ternyata pada tegangan 12 V dengan lama elektrolisis selama 2 jam, kadar Mg dalam endapan turun secara signifikan menjadi 130,5 ppm. Kemungkinan terjadinya hal ini dapat disebabkan karena grafit yang digunakan mengalami kerusakan akibat korosi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 3.2 Grafik waktu elektrolisis terhadap perubahan kadar Mg pada seluruh variasi tegangan.



Gambar 3.3 Grafik waktu elektrolisis terhadap recovery pada seluruh variasi tegangan

### 3.3. Recovery Endapan Magnesium hidroksida dari Hasil Elektrolisis di Sel Katoda

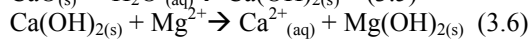
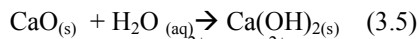
Untuk memperoleh nilai *recovery* dari magnesium, dapat dihitung dari perbandingan jumlah magnesium akhir dibandingkan dengan magnesium awal yang bernilai 80,77 mg. Nilai magnesium awal ini diperoleh dari pembacaan sampel yang berupa larutan garam industri terkonsentrasi (5M) oleh SSA yang kemudian dikonversikan ke volume awalnya yang berjumlah 150 mL. Diketahui bahwa elektrolisis pada tegangan 9V selama 120 menit dalam 150 mL air garam industri merupakan kondisi optimal untuk mendapatkan *recovery* yang optimal seperti ditunjukkan pada gambar 3.4.

Adapun kondisi pada saat tegangan listrik yang diberikan 12 V selama 120 menit yang menurunkan jumlah *recovery*. Pada penelitian ini pula dihitung kemurnian dari endapan. Kemurnian terendah diperoleh pada variasi tegangan 12 V selama 120 menit yang bernilai 6,94% dan kemurnian tertinggi terdapat pada variasi tegangan listrik 12 V selama 40 menit senilai 14,43%. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kemurnian endapan magnesium hidroksida hasil elektrolisis di katoda cukup rendah.

### 3.4. Perbandingan Perolehan Magnesium hidroksida menggunakan Metode Elektrolisis dengan Metode Penambahan Agen Pengendap

Untuk memperoleh endapan magnesium hidroksida selain elektrolisis, metode sebelumnya yang digunakan adalah dengan menambahkan agen pengendap seperti CaO dan

bentuk persenyawaan kalsium lainnya. Hal ini sesuai dengan reaksi :



Dalam penelitian ini dilakukan juga pengendapan Magnesium hidroksida dengan menggunakan agen pengendap untuk membandingkan kadar Mg yang terkandung dalam endapan hasil elektrolisis dari sel katoda dan endapan hasil penambahan agen pengendap pada air garam. Reagen pengendap yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH yang telah distandarisasi dengan larutan standar primer asam oksalat. Penambahan NaOH dilakukan sampai pH larutan mencapai 10,7-11. Diperlukan 12,2 mL NaOH 0,51 M untuk menjadikan pH larutan garam menjadi 10,8. Ternyata diperoleh kadar Mg yang tidak jauh berbeda dengan kadar Mg tertinggi dalam endapan hasil elektrolisis yakni 17,88 mg dalam 100 mL dan jika dihitung massa endapan Magnesium hidroksida melalui perbandingan mol diperoleh massa 0,0432 gram.

Dapat diketahui bahwa massa magnesium hidroksida hasil penambahan reagen pengendap sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan massa magnesium hidroksida hasil elektrolisis. Jadi dapat disimpulkan bahwa perbandingan dua metode ini tidak terlalu memberikan perbedaan yang signifikan dalam menghasilkan endapan magnesium hidroksida.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

##### 3.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pada proses elektrolisis larutan garam krosok 23% dengan variasi tegangan listrik 9 V selama 120 menit diperoleh perolehan magnesium hidroksida paling optimal sebesar 20,58% dengan massa magnesium hidroksida sebesar 0,0401 gram. Pengendapan magnesium hidroksida melalui elektrolisis ini juga dibandingkan dengan pengendapan magnesium hidroksida dengan penambahan NaOH. Dengan penambahan NaOH, diperoleh massa magnesium hidroksida sebesar 0,0432 gram. Hal ini menunjukkan bahwa pengendapan magnesium hasil elektrolisis tidak terlalu berbeda jika dibandingkan pengendapan dengan penambahan NaOH

##### 3.2 Saran

Sistem elektrolisis ini bersifat statis dimana tidak ada penambahan larutan garam krosok terkonsentrasi pada reaktor elektrolisis secara terus menerus atau sistem yang kontinu sehingga perolehan magnesium hidroksida yang diperoleh hanya mencapai 20,58%. Untuk meningkatkan perolehan magnesium hidroksida melalui proses elektrolisis ini, perlu dicoba dengan menjadikan sistem elektrolisis ini kontinu sehingga dimungkinkan dapat meningkatkan perolehan dari magnesium hidroksida..

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhatti, A.S., Dollimore D., and Dyer, A. (1984) Magnesia from Seawater : A Review. *Clay Minerals* **19**, 865-875.
- [2] Bennett J. E. (1980) Electrodes for generation of hydrogen and oxygen from seawater. *International Journal of Hydrogen Energy* **5**, 401-408.
- [3] Culkin F. and Cox R. A. (1976) Sodium, potassium, magnesium, calcium and strontium in sea water. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* **13**, 789-804.
- [4] Ebdon, L., (1982), *An Introduction to Atomic Absorption Spectroscopy*, Heiden and Son, London
- [5] El Bassuoni, A. M. A., Sheffield, J. W., Veziroglu, T. N., (1982). Hydrogen and Fresh Water Production From Sea Water. *Hydrogen Energy* **7**, 919-923
- [6] Gilbert, F.C. and Gilpin, W.C. (1951) "Production Magnesia From Seawater and Dolomite" *Research* **4**, 348-352
- [7] Harvey, D. (2000). "Modern Analytical Chemistry" McGraw-Hill, United States of America
- [8] Jihad, B.A., 2012. "Pengaruh Ion Klorida pada Elektrolisis Larutan NaCl dengan Pemisah Polivinil Alkohol Formaldehid Antara Katoda dan Anoda" ITS, Surabaya.
- [9] Kirk, D.W. dan Ledas, A.E. (1982) "Precipitate Formation During Sea Water Electrolysis" *Hydrogen Energy* **7**, 925-932
- [10] Kuswandi, B., Pisesidharta, E., Budianto, H., Maisara, T., dan Novita, N., (2001). "Pemanfaatan Baterai Bekas Sebagai Elektroda Konduktansi Sederhana", *Jurnal Ilmu Dasar*, **2**, 34-40.
- [11] Park, H., (2008) "Review on the Current Status of Magnesium Smelting", *Geosystem Engineering*, **11**, 13-18
- [12] Petrucci, R.H., (1985) "Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern", Erlangga Jakarta, 31-38
- [13] Ramakrishnan, S., dan Koltun, P. (2004). "A Comparison of The Greenhouse Impacts of Magnesium Produced by Electrolytic and Pidgeon Process." *Magnesium Technology*. 173-178
- [14] Roine, A., Anttila, K. (2006) "Pourbaix Diagrams" 06120-ORC-T. 17
- [15] Rouessac, F. dan Rouessac, A., (2007). "Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Technique", John Wiley and Sons, West Sussex
- [16] Sugiarto, K. H. dan Suyanti, R. D. 2010 "Kimia Anorganik Logam", Edisi Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta
- [17] Suminar, (1987). "Kimia dasar prinsip dan terapan modern Edisi Keempat Jilid 2." Erlangga, Jakarta.
- [18] Svehla, G. (1985), "Vogel Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro", PT Kalman Media Pustaka, Jakarta
- [19] Syukri, S., 1999. "Kimia Dasar, jilid 3", ITB, Bandung, 573.
- [20] Whitten, K. W., Davis, R.E., Peck, L., Stanley, G. G., (2003). "General Chemistry Seventh Edition," Cengage Learning, United States.
- [21] Willard, H. H., Merritt, L.L. Jr., Dean, J.A., Settle Jr, Frank A., (1988), "Instrumental Methods of Analysis," Wadsworth Publishing Company, California