

Pemanfaatan Limbah Cair Cucian Industri Garam Sebagai $Mg(OH)_2$

Utilization of Salt Waste Industrial Waste as $Mg(OH)_2$

RIEKE YULIASTUTI, HANDARU BOWO CAHYONO

Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya
Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya
E-mail: riekeyuliasuti@yahoo.com

ABSTRACT

The salt industry is one of the sectors that play an important role in Indonesia. The production process involves a washing process to eliminate non-NaCl material content to meet quality standards. However, this stage of the process has an impact on the production of salt washing wastes, which contain a lot of Mg and Na ions. In contrast, Mg from the washing process actually can be used to produce $Mg(OH)_2$ compounds that were widely used in the paper, cement, and pharmaceutical industries. Therefore, this study aims to determine the potential of the remaining water in the salt industry's washing process so that it can be recycled as Mg, especially $Mg(OH)_2$, so that the washing water can be recycled and reused. The method used for Mg recovery is by concentrating, drying, and settling with $Ca(OH)_2$. From the results of the characteristic test using XRD, it is known that the result of Mg in the form of compounds $Mg(OH)_2$ and $Mg(O)$. Quantitatively, the Mg obtained from 1 liter of industrial salt wastewater is 3.68 grams.

Keywords: brine, Mg, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$

ABSTRAK

Industri garam adalah salah satu industri yang memegang peranan penting di Indonesia. Proses produksinya melibatkan proses pencucian untuk mengeliminasi kandungan material non NaCl demi memenuhi ketetapan baku mutu. Namun tahapan proses ini berdampak pada produksi limbah bekas cucian garam yang banyak mengandung ion Mg dan Na. Padahal Mg dalam limbah cucian bisa digunakan untuk produksi senyawa $Mg(OH)_2$ yang banyak digunakan dalam industri kertas, semen, dan farmasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi air sisa proses cucian industri garam sehingga dapat dimanfaatkan lagi sebagai Mg khususnya $Mg(OH)_2$ sehingga air cucian tersebut tidak terbuang menjadi limbah. Adapun metode yang digunakan untuk recovery Mg adalah dengan pemekatan, penyaringan, dan pengendapan dengan $Ca(OH)_2$. Dari Hasil uji karakteristik menggunakan XRD diketahui bahwa hasil akhir Mg dalam bentuk senyawa $Mg(OH)_2$ dan $Mg(O)$. Secara kuantitatif, Mg yang diperoleh dari 1 liter limbah cair industri garam sebesar 3,68 gram.

Kata Kunci : limbah cucian garam, Mg, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri garam adalah salah satu industri yang didukung perkembangannya oleh pemerintah Indonesia. Proses produksi garam tergolong sederhana baik disisi peralatan maupun pengendalian prosesnya. Garam krosok/kasar yang diperoleh dari petani garam dicuci dan digiling kemudian ditiriskan. Sesudah itu dilakukan proses yodisasi, pengeringan dalam unit *dryer*. Garam kering teriyodisasi selanjutnya dikemas dalam kemasan plastik dengan berbagai ukuran. Proses pencucian terhadap garam krosok dimaksudkan untuk mengeliminasi kandungan material non NaCl demi memenuhi ketetapan baku mutu SNI 3556:2010. Pada umumnya dilakukan pembatasan konsentrasi air pencuci untuk dapat digunakan sebagai air

pencuci garam krosok. Garam krosok dicuci dengan air garam dimana dilakukan sirkulasi air pencuci yang membawa efek semakin pekatnya air pencuci tersebut dengan material Magnesium (Mg), Kalsium (Ca) maupun Natrium (Na) itu sendiri. Kepekatan pada air garam tersebut diukur skala Baume (Be). Pada air cucian garam awal berkisar 24 °Be dan derajat boume cenderung naik sebanding dengan kepekataannya.

Setelah air cucian tidak lagi memenuhi persyaratan sebagai air pencuci, maka dilakukan pengenceran dengan air tawar dengan kapasitas tertentu secara berangsur-angsur sehingga terjadi pembuangan air cucian ke bak penampungan air limbah. Dari hasil identifikasi lapangan pada salah satu industri garam di Jawa Timur, didapatkan air cucian yang menjadi limbah sebesar $\pm 1 \text{ m}^3/\text{hari}$ untuk 10 ton/produk.

Hal tersebut mengindikasikan bahwa akan terdapat sejumlah Mg terlarut dan terbuang bersama limbah cair.

Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Mg tidak tersedia dalam keadaan bebas di alam melainkan ditemukan dalam mineral. Salah satunya sumber Mg adalah air laut dimana mengandung Mg sebesar 3,6% atau 36.000 ppm⁽¹⁾ dan ditemukan dalam bentuk senyawa dengan komponen terbesar adalah MgCl₂ dan MgSO₄⁽²⁾. Mg juga dapat ditemukan pada dolomit (CaMg(CO₃)₂) dan karnalit (KCl.MgCl₂.6H₂O)⁽³⁾. Mg memegang peranan amat penting dalam proses kehidupan hewan dan tumbuhan. Mg terdapat dalam klorofil, yaitu yang digunakan oleh tumbuhan untuk fotosintesis⁽⁴⁾. Mg dapat berfungsi sebagai pencegah korosi pipa besi di tanah dan dinding kapal laut, pembuatan kembang api, *blitz* pada kamera. Mg bila dicampur dengan Aluminium (magnalium) dapat digunakan membuat komponen pesawat terbang, truk dan rudal⁽⁵⁾. Mg dalam bentuk MgSO₄ dapat digunakan sebagai obat pencahar, bahan pencelup di industri tekstil, sebagai bahan *flocullan* di industri keramik, dan pupuk⁽⁶⁾. Sedangkan MgO₂ digunakan sebagai obat maag karena dapat menetralkan kelebihan asam lambung (HCl) dan juga sebagai bahan pasta gigi. Mg dalam senyawa Mg(OH)₂ banyak digunakan dalam industri, antara lain sebagai bahan refraktori, bahan pengisi kertas, dan dalam pembuatan semen. Selain itu dalam industri farmasi sebagai bahan baku dalam pembuatan obat maag, dimana Mg(OH)₂ bersama-sama Al(OH)₃ sebagai antasid yang bekerja menetralkan asam lambung dan menginaktifkan pepsin⁽⁷⁾.

Berdasarkan data yang dirilis oleh British Geological Survey dengan judul "*World Mineral Production 2011-2015*" tak ditemukan bahwa Indonesia telah memproduksi Mg(OH)₂ dan senyawa magnesium lainnya. China menempati produsen utama, dengan kapasitas produksi 33.000.000 ton pada tahun 2015. Teknologi ekstraksi magnesium dari air laut bukanlah teknologi yang rumit dan canggih, namun telah dilakukan oleh industri dari negara-negara lain sejak ratusan tahun yang lalu. Dari 600 m³ air laut, bisa diperoleh paling sedikit 1 ton senyawa magnesium hidroksida⁽⁸⁾. Bahan baku air laut di Indonesia selalu tersedia dalam jumlah banyak dan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan harganya relatif murah. Selain itu, kebutuhan magnesium hidroksida di Indonesia belum dapat terpenuhi, dan di Indonesia belum berdiri pabrik yang memproduksi magnesium hidroksida⁽⁷⁾.

Proses pembuatan Mg(OH)₂ adalah dengan mengendapkan Mg dari larutan garamnya dengan menggunakan basa kuat. Pada pembuatan Mg(OH)₂ dari air laut, dikenal beberapa proses yaitu *Marine Chemical Process*, *Chesny Process*, *California Chemical Process* dan *Dow Process*⁽⁹⁾. Beberapa peneliti juga melakukan sintesis Mg(OH)₂ dengan cara lain diantaranya sintesa Mg(OH)₂ dari *bittern* menggunakan metode elektrokimia sehingga tingkat kemurniannya 81,73%⁽¹⁰⁾, Sintesis nanopartikel magnesium oksida (MgO) dengan metode presipitasi⁽¹¹⁾, Adapun prinsip yang paling mudah dengan *marine chemical* yaitu proses mereaksikan air laut dengan batu kapur sehingga terbentuk endapan Mg(OH)₂.

Melihat potensi air cucian garam yang terbuang percuma dengan kandungan Mg didalamnya yang cukup tinggi dan manfaat Mg(OH)₂ dalam kehidupan sehari-hari maka dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan air bekas cucian garam di industri garam sebagai Mg(OH)₂.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui potensi air sisa proses cucian industri garam sehingga dapat dimanfaatkan lagi sebagai Mg khususnya Mg(OH)₂ sehingga air cucian tersebut tidak terbuang menjadi limbah.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

Bahan baku penelitian ini adalah limbah cair sisa proses pencucian garam pada industri garam yang diambil dari salah satu industri garam di Surabaya, Kertas saring, Bahan-bahan kimia lain untuk pengujian/analisa, *Aquadest*, CaO teknis.

2.2 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompor listrik, digital pH meter, *vaccum filter*, *beaker glass*, pengaduk/*magnetic stirrer*, neraca analitik, oven, gelas ukur, corong, erlenmeyer, boumometer.

2.3 Metode Kerja

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan, antara lain :

1. Pengujian karakteristik limbah cair dari air cucian garam untuk mengetahui kadar Mg
2. Penyaringan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dalam limbah cair
3. Menaikkan konsentrasi Mg dalam limbah cair : Limbah cair industri garam dipanaskan/dipekatkan sehingga limbah cair memiliki

derajat kekentalan dengan variasi 27, 28, 29, 30, 31 °Be

4. Penyaringan atau pemisahan endapan dari perlakuan nomor 3
5. Analisa kandungan Mg dalam filtrat dan residu
6. Penyiapan Larutan Ca(OH)₂
Penambahan CaO secara langsung dihindari karena dikhawatirkan akan terjadi reaksi eksoterm pada bahan dan mengurangi akurasi perhitungan sehingga CaO Diubah menjadi Ca(OH)₂ terlebih dahulu. Larutan Ca(OH)₂ dibuat dari kapur tohor (CaO) yang direaksikan dengan *aquadest.* sesuai dengan reaksi berikut :



Ca(OH)₂ yang digunakan dalam penelitian adalah 30, 60, 90, 120 gram.

7. Pembuatan Mg(OH)₂
Reaksikan filtrat yang dihasilkan pada nomor 4 sebanyak 1 liter dengan Ca(OH)₂ sehingga kandungan Ca(OH)₂ bervariasi menjadi 30 gram/l, 60 gram/l, 90 gram/l, 120 gram/l. Lakukan pengadukan selama 60 menit dengan kecepatan 500 rpm sehingga akan membentuk suspensi. Kemudian saring untuk memisahkan filtrat dan endapannya. Hipotesa awal adalah pada larutan maupun endapan akan terkandung Mg dan Ca, karena terdapat penambahan Ca melalui penambahan *sludge* kapur (Ca(OH)₂). Pemurnian bisa menggunakan sifat-sifat golongan logam atau EDTA. Mg(OH)₂ yang terbentuk dalam *sludge* akan dikeringkan kemudian dianalisa kandungan Mg dan dilakukan uji karakterisasi dengan XRD.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Karakteristik Limbah

Limbah cair cucian garam diambil dari bak penampungan air pencuci bahan baku. Secara visual, bekas air cucian tersebut berwarna putih kekuningan. Hal tersebut disebabkan karena terikutnya partikel garam yang halus dari proses pencucian. Air cucian ini memiliki pH = 6-7 dengan derajat kekentalan sebesar 26 °Be. Hasil uji laboratorium terhadap limbah cair ini ditunjukkan Tabel 1.

Pada air laut mengandung Ca 412 (mg/kg air laut), Mg 1.294 (mg/kg air laut), Na 10.760 (mg/kg air laut), Bikarbonat 145 (mg/kg air laut), Cl 19.350 (mg/kg air laut), Sulfat 2,712 (mg/kg air laut)⁽¹²⁾. Karakteristik tersebut sesuai dengan karakteristik limbah cair industri garam, dimana memang asal garam adalah dari air laut.

Tabel 1. Hasil uji karakteristik limbah cair industri garam

| Parameter Uji | Satuan | Hasil Uji |
|--------------------------|--------|-----------|
| Magnesium (Mg) | mg/l | 24.300 |
| Calsium (Ca) | mg/l | 568,5 |
| Zat Padat Terlarut (TDS) | mg/l | 354.400 |

3.2 Menaikkan konsentrasi Mg

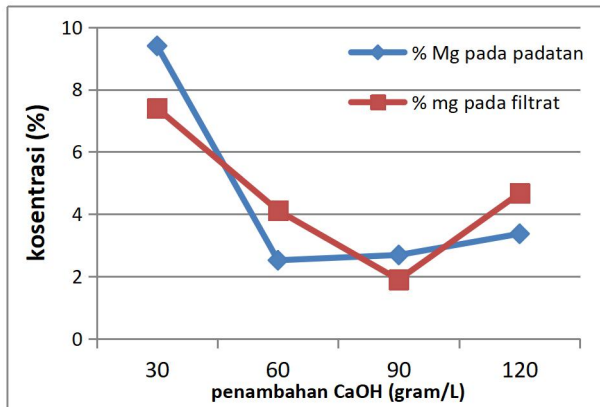
Derajat kekentalan air limbah dinaikkan sehingga konsentrasi Mg semakin tinggi. Pemekatan garam dilakukan dengan menguapkan air limbah industri garam setelah sebelumnya dilakukan proses penyaringan (pemisahan padat cair) terhadap suspensi yang terikut. Proses penguapan dan pemekatan dilakukan hingga mencapai derajat kekentalan yang diinginkan dengan variasi 27, 28, 29, 30 °Be. Pada proses pemekatan diperoleh kembali 2 fase bahan yaitu cairan dan endapan. Hal ini dikarenakan larutan yang dipanaskan tersebut sudah semakin jenuh/kelewat jenuh. Kandungan Mg pada masing-masing larutan pada kejenuhan yang berbeda tampak seperti Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis limbah cair dengan variasi derajat kekentalan

| Variasi °Be | Mg (%) | |
|-------------|--------|---------|
| | cairan | padatan |
| 27 | 2,04 | 1,32 |
| 28 | 2,12 | 1,36 |
| 29 | 3,7 | 1,2 |
| 30 | 3,7 | 1,3 |
| 31 | 4,2 | 2,5 |

Dari data tersebut, tampak konsentrasi Mg dalam cairan mencapai 3,7% pada kekentalan 29-30 °Be. Massa Mg dalam cairan (setelah proses penguapan) sebesar 12 gram sementara sisanya ikut terjebak dalam residu bersama dengan kapur sehingga mengakibatkan kadar Mg dalam residu menjadi rendah hanya sekitar 1,2% saja. Pembentukan magnesium yang cenderung tinggi > 29 °Be tersebut selayaknya proses yang terjadi di kolam kristalisasi garam. Pada kolam kristalisasi garam, bila air tua belum mencapai 25 °Be maka kalsium sulfat banyak terbentuk, namun bila konsentrasi lebih dari 29 °Be maka magnesium yang banyak terbentuk dan umumnya pada air garam dengan kepekatan 20-24 °Be kandungan Mg < 10 g/liter⁽¹³⁾. Hal ini sebanding pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Judjono dalam Rasminto *et al.*⁽¹⁴⁾, yang menampilkan konsentrasi senyawa makro MgSO₄ dan MgCl₂ dalam *bittern*/larutan sisa penguapan

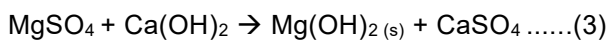
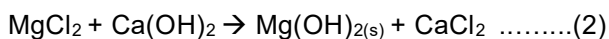
air laut pada densitas 29 s/d 30,5 °Be. Kedua senyawa akan mengalami kenaikan hingga 30,5 °Be⁽¹⁴⁾. Dari hasil penelitian pada derajat boume 31, konsentrasi magnesium naik menjadi 4,2% namun kenaikan 0,5% ini tidak sebanding dengan energi atau pemanasan yang digunakan untuk pemekatan air limbah garam. Maka dipilih derajat boume untuk pembentukan Mg paling optimum adalah 29. Selanjutnya, sebagai bahan baku pembuatan Mg(OH)₂ digunakan cairan limbah dengan derajat kekentalan 29 °Be sehingga energi yang dikeluarkan optimal.



Gambar 1. Konsentrasi magnesium yang terbentuk

3.3 Pembuatan Mg(OH)₂

Pembuatan Mg(OH)₂ dilakukan dengan penambahan kapur (Ca(OH)₂) yang dibuat dengan mereaksikan antara CaO dan H₂O terlebih dahulu kemudian baru ditambahkan ke dalam 1 liter filtrat Mg yang didapatkan dari tahapan penelitian sebelumnya (filtrat hasil pemekatan). Variabel konsentrasi bubuk kapur digunakan adalah 30, 60, 90, 120 gram/L. Pengadukan dilakukan selama 60 menit dengan kecepatan 500 rpm. Adapun reaksi yang terjadi :



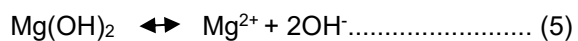
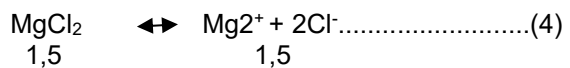
Setelah penambahan larutan Ca(OH)₂ pada cairan jernih/filtrat, maka akan terbentuk suspensi pada larutan limbah cair. Suspensi tersebut dipisahkan sehingga membentuk padatan dan filtrat (cairan). Dimana pada kedua fase tersebut merupakan campuran dari senyawa hidroksida dari Ca maupun Mg mengingat hidroksida kalsium dan magnesium tidak larut dalam senyawa alkali. Sehingga dilakukan analisa kandungan magnesium dan kalsium pada kedua fase tersebut (Gambar 1 dan Gambar 2).

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa pembentukan magnesium paling tinggi dengan menambahkan 30 gram/l larutan (CaOH)₂ sehingga Mg mencapai 9,4% pada padatan dan 7,4% pada cairan. Dari hasil penimbangan terhadap padatan hasil olahan 1 liter limbah cair

terbentuk massa padatan (kering) sekitar 57.224 mg (57,224 gram). Dari hasil ini maka dapat dihitung massa Mg dalam residu sekitar = 9,4% x 57.224 mg = 5.379,1 mg. Untuk Ca, kadar dalam residu sekitar 201 mg untuk setiap liter limbah cair.

Hasil analisa pH kondisi saat itu adalah = 9. Hal tersebut sesuai dengan perhitungan secara matematis pengendapan sebagai berikut:

Bila diketahui Ksp Mg(OH)₂ = 1,8x10⁻¹¹ dan MgCl₂/MgSO₄ yang terkandung dalam air cucian garam adalah 1,5 M maka Mg(OH)₂ akan mengendap pada :



$$\text{Ksp} = [\text{Mg}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$$

$$1,8 \times 10^{-11} = [1,5] [\text{OH}^-]^2$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{1,8 \times 10^{-11}}{1,5}}$$

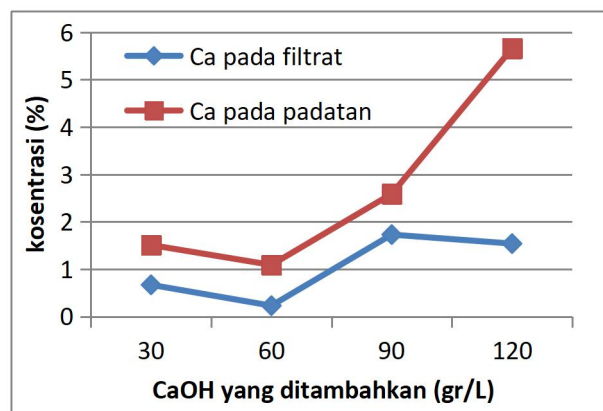
$$[\text{OH}^-] = 3,4 \times 10^{-6}$$

$$\text{pOH} = 6 - \log 3,4$$

$$\text{pOH} = 5,5$$

$$\text{pH} = 8,5$$

Kalsium yang terkandung baik pada filtrat dan residu selanjutnya dianalisa konsentrasinya dan dapat dilihat seperti pada pada Gambar 2 berikut. Pada grafik tersebut tampak bahwa semakin banyak penambahan larutan Ca(OH)₂ maka Mg yang terbentuk pada padatan/cairan mengalami penurunan sedangkan Ca yang terbentuk pada padatan/cairan mengalami kenaikan. Hal tersebut diakibatkan karena adanya residu Ca yang berasal dari sisa reaksi penambahan Ca(OH)₂ yang semakin tinggi.



Gambar 2. Konsentrasi Ca yang terbentuk

Padatan yang terbentuk tersebut, kemudian dilakukan pemurnian dengan menambahkan

larutan Asam etilen diamin tetra asetat (EDTA) 1% (5 gram dalam 500ml) kemudian dilakukan penyaringan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Prinsip pemisahan tersebut didasarkan pada kompleksometri Mg dan Ca dimana penentuan Ca dan Mg dapat dilakukan dengan titrasi EDTA dengan pH titrasi adalah 10 dan pada pH 12, Mg akan mengendap sebagai $Mg(OH)_2$ sehingga EDTA dapat dikonsumsi hanya oleh Ca^{15} . Prinsip tersebut dipertegas pula oleh penelitian yang dilakukan oleh Wibowo yang menggunakan EDTA untuk memisahkan Ca dan Mg dari batuan dolomit dimana Ca terikat oleh EDTA dan membentuk $CaEDTA$ yang larut sedangkan $Mg(OH)_2$ akan tetap mengendap⁽¹⁶⁾.

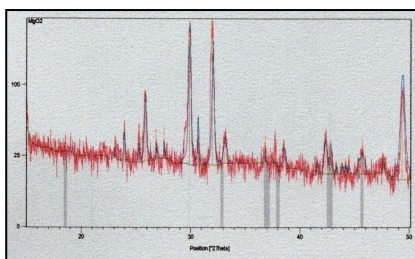
Tabel 3. Kandungan Mg setelah ditambahkan EDTA

| Parameter | Satuan | Cairan | Padatan |
|-----------|--------|--------|---------|
| Ca | % | 1,2 | 0,08 |
| Mg | % | 0,094 | 6,58 |

Setelah pemurnian dengan EDTA tersebut, didapatkan bahwa Mg yang terbentuk pada padatan sebesar 6,58% (3,68 gram). Padatan yang telah dipisahkan dari cairan, dipanaskan untuk menghilangkan kadar air. Hasil $Mg(OH)_2$ yang telah kering (Gambar 3) lalu dilakukan uji karakterisasi $Mg(OH)_2$ melalui analisa XRD. Hasil uji terlihat pada Gambar 4.



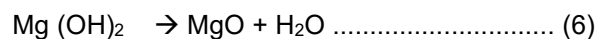
Gambar 3. Produk $Mg(OH)_2$ dari limbah cucian garam



Gambar 4. Puncak grafik yang terbentuk dari XRD

Hasil identifikasi pola XRD (Tabel 4) menunjukkan bahwa dalam padatan tersebut tidak hanya terdapat $Mg(OH)_2$ akan tetapi juga terdapat $Mg(O)$. $Mg(OH)_2$ yang terbentuk akan

lepas sebagai $Mg(O)$ sesuai dengan rumus berikut:



Hal tersebut dikarenakan adanya perlakuan pengeringan pada padatan yang diperoleh. Pada proses kalsinasi dengan suhu tinggi, $Mg(OH)_2$ akan menjadi MgO kimia dan lebih lanjut menjadi MgO periklase⁽¹⁷⁾.

Tabel 4. Identifikasi kandungan senyawa yang terbentuk

| Kode Ref. | Nama Senyawa | Rumus |
|-------------|----------------------------|------------|
| 00-044-1482 | Brucite, syn | $Mg(OH)_2$ |
| 01-074-1225 | Magnesium Oxide, Periklase | $Mg(O)$ |

4. KESIMPULAN

Air cucian garam bahan baku pada industri garam yang terbuang sebagai limbah cair, berpotensi diambil Mg untuk dimanfaatkan menjadi $Mg(OH)_2$. Tahap proses pemisahan dari limbah yang dilakukan adalah pemekatan dan pengendapan dengan $Ca(OH)_2$. Dari Hasil uji karakteristik menggunakan XRD diketahui bahwa hasil akhir Mg dalam bentuk senyawa $Mg(OH)_2$ dan $Mg(O)$. Secara kuantitatif, Mg yang diperoleh dari 1 liter limbah cair industri garam sebesar 3,68 gram.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih disampaikan pada Manajer Teknis Industri Garam Surabaya, Ka.Baristand Industri Surabaya, Kasi Teknologi Industri dan Rekan-rekan Tim Peneliti dan Rekan-rekan di Laboratorium Uji di Baristand Industri Surabaya yang telah memberikan dukungan hingga selesainya penelitian dan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Natasha, N.C. dan Sulistiyono, E. (2016). Ekstraksi Garam Magnesium Dari Air laut Melalui Proses Kristalisasi. Prosiding Seminar Nasional Sains dan teknologi 2016. Fakultas Yeknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
2. Mutaz, I.A., dan Wagilia, K.M. (1990). Production of Magnesium from desalination brines. Elsevier Science Publishers B.V./Pergamon Press plc. 231-239. <https://www.researchgate.net/publication/222880911>.
3. Oxtoby, David, W., Gilis, H.P., dan Nachtrieb, N.H. (2001). Prinsip Prinsip Kimia Modern Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
4. Prasetyo. (2011). Magnesium, Mangan dan Oksigen dalam Fotosintesis.

<http://novadwiprasetiyo.blogspot.com/2011/11/magnesium-mangan-dan-oksigen-dalam.html>, Diakses tanggal 15 Mei 2018.

5. Sundari, R. (2015). Pembuatan dan Manfaat Beberapa Unsur Logam dan Senyawanya. <https://kimiarini.wordpress.com/kimia-unsur/pembuatan-dan-manfaat-beberapa-unsur-logam-dan-senyawanya/>. Diakses tanggal 20 Juli 2018
6. Putri, R.F., dan Kusumastuti, Y. (2012). Perancangan pabrik Kimia Magnesium Sulfat Dari Magnesium Karbonat dan Asam Sulfat kapasitas 50.000 ton/tahun. Skripsi. Teknik Kimia Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
7. William, E. (2010). Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Magnesium Hidroksida Dari Air Laut Kapasitas 2.650 ton/tahun. Tugas Akhir. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara. Medan.
8. Besketin. (2018). Berbagai Kegunaan Magnesium Hidroksida. <https://bestekin.com/2018/04/08/berbagai-kegunaan-magnesium-hidroksida/> diunduh tanggal 13-8-2019.
9. Alexander, E. (2014). Praperancangan Pabrik Magnesium Oksida Dari Bittern dan Batu Kapur Kapasitas 30.000 ton/Tahun. Skripsi. Teknik Kimia Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
10. Amrulloh, H., Simanjuntak, W., dan Situmeang R., (2017). Sintesis $Mg(OH)_2$ dari Bittern Menggunakan Metode Elektrokimia, Jurnal Alkimia Vol.1 No.1.
11. Alvionita N., dan Astuti. (2017). Sintesis Nanopartikel Magnesium Oksida (MgO) dengan Metode Presipitasi, Jurnal Fisika Unand Vol.6, No.1, Januari 2017.
12. Austin dalam Tampubolon. (2011). Efektifitas Pertumbuhan Bibit Ikan Nila Terhadap Pengaruh Mineral Fe, Na, Ca, Mg dan Cl Pada Akuarium Air Tawar dan Campuran Air Tawar dan Air Laut. Departemen Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.
13. Purbani, D. (2015). Proses pembentukan Kristalisasi Garam, Pusat Riset Wilayah laut dan Sumberdaya Nonhayati. Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan.
14. Rasmito, A., Asri, N.Y., dan Suwarno, J. (2010). Pembuatan Kristal Epsomite Dari Air Tua. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro Semarang.
15. Wulandari, I., Maryani, N.E., Setyaningrum, N.S., dan Muliasih, M.S. (2014). Kompleksometri. Laporan Praktikum Kimia Analitik 1. Sekolah Tinggi Analisis Bakti Asih. Bandung.
16. Wibowo, T.F. (2010). Pemisahan Logam Kalsium dan Magnesium Dari Batuan Dolomit Dengan Penambahan KOH. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga.
17. Chayed, N.F., Badar N., Rusdi, R., Azahidi, A., dan Kamarulzaman, N. (2013). Band gap energies of $Li_2xMg(1-x)O$ materials synthesized by the sol-gel method. Journal of Crystal Growth, 362(2013), 268-270.