

## EKSTRAKSI GARAM MAGNESIUM DARI AIR LAUT MELALUI PROSES KRISTALISASI

Nadia Chrisayu Natasha<sup>1\*</sup> dan Eko Sulistiyono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Tangerang Selatan, Kawasan PUSPIPTEK Gedung 470, 15314

\*Email : nadia\_natasha90@yahoo.com

### ABSTRAK

Indonesia adalah Negara Kepulauan yang mempunyai garis pantai terpanjang kedua di dunia, mencapai 100.000 km. Garis pantai tersebut berpotensi untuk dikembangkan menjadi wilayah produksi garam yang didukung oleh daerah katulistiwa yang memiliki konsentrasi intensitas radiasi yang tinggi. Komposisi utama garam laut adalah natrium klorida dan banyak dimanfaatkan mulai dari rumah tangga hingga industri. Selain natrium dan kalsium, salah satu jenis garam yang juga dapat diproduksi dari air laut adalah magnesium. Magnesium dapat diolah menjadi magnesium karbonat menggunakan pelarut asam atau alkali dan proses karbonasi. Magnesium karbonat adalah bahan baku untuk penetral asam lambung, sumber nutrisi magnesium dan pengisi cat sehingga dalam mendapatkan magnesium dari air laut dibutuhkan proses pemurnian. Dalam penelitian ini, pembentukan garam akan diamati dengan mengurangi volume air laut dari 2 L menjadi 1 L, 500 ml, 250 ml dan penguapan total dengan proses kristalisasi. Analisa *Inductively Coupled Plasma* (ICP) menunjukkan ketika volume air laut berkurang menjadi 1 L, konsentrasi magnesium mencapai 35,14 ppm dari konsentrasi awalnya 15,05 ppm. Analisa *X-ray Fluorescence* (XRF) menunjukkan konsentrasi magnesium pada tahap awal 9,36% sedangkan ketika volume air laut diuapkan dari 2 L menjadi 500 ml, 250 ml dan penguapan total konsentrasi magnesium menjadi 20,36% 18,06% dan 22,59% secara berurutan. Pada pengamatan secara visual dengan mengurangi volume air laut dari 2 L menjadi 1 L, 500 ml dan 250 ml diperoleh garam bersifat tidak higroskopis tetapi ketika air laut teruapkan secara total, garam laut bersifat sangat higroskopis. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa air laut juga dapat menghasilkan garam magnesium.

**Kata kunci :** Air laut, magnesium, garam laut, kristalisasi

### ABSTRACT

*Indonesia is an archipelago that has the second longest coastline in the world, which is reaching 100,000 km. That coastline has a potential to be developed into salt production area which is supported by equatorial regions that have high concentration of radiation intensity. Sea salt is mainly consisted of sodium chloride and widely used in various purposes from household to industry. One type of salt that can be produced from seawater beside sodium and calcium is magnesium. Magnesium can be treated into magnesium carbonate by acidic or alkali leaching and carbonation process. Magnesium carbonate is the raw material for neutralize stomach acid, magnesium nutritional source and paint filler so in getting magnesium from seawater, purification process is needed. In this study, salt formation will be observed by reducing the sea water volume from 2 L into 1 L, 500 ml, 250 ml and totally evaporated with crystallization process. Inductively Coupled Plasma (ICP) analysis shows that when the volume reduced into 1 L, magnesium concentration reaches 35.14 ppm from its initial concentration was 15.05 ppm. X-ray fluorescence (XRF) analysis shows that in the first step the magnesium concentration is 9.36 % wt while reducing the seawater volume from 2 L into 500 ml, 250 ml and totally evaporated the magnesium concentration are 20.36 % wt, 18.06 % wt, and 22.59 % wt respectively. From visual observation, the salt that obtained by reducing the volume of seawater from 2 L into 1 L, 500 ml and 250 ml are not hygroscopic but while seawater totally evaporated the sea salt is highly hygroscopic. From this research, it can be seen that sea water also can produce magnesium.*

**Keywords :** Sea water, magnesium, sea salt, crystallization

## PENDAHULUAN

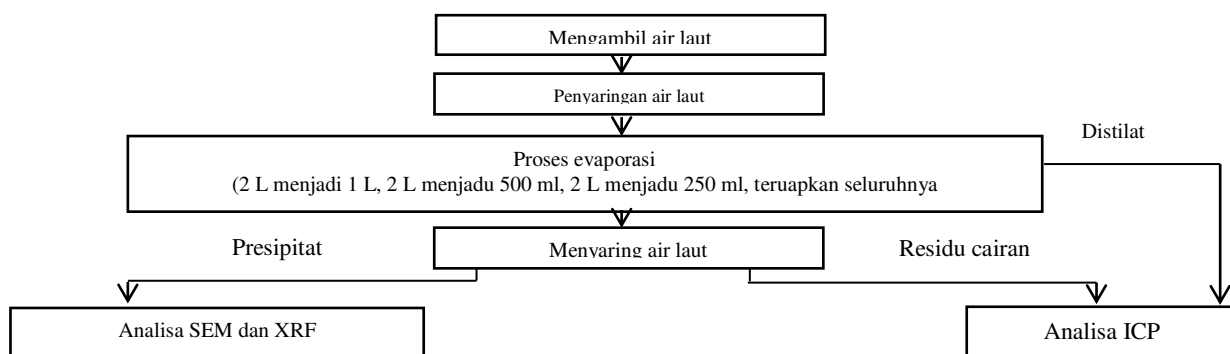
Indonesia adalah Negara kepulauan yang mempunyai garis pantai terpanjang kedua di dunia, mencapai 100.000 km. Garis pantai tersebut berpotensi untuk dikembangkan menjadi wilayah produksi garam yang didukung oleh daerah katulistiwa yang memiliki konsentrasi intensitas radiasi yang tinggi. Setidaknya 50% dari garis pantai berpotensi untuk dikembangkan menjadi pengembangan produksi garam dari air laut, khususnya untuk wilayah perairan Indonesia timur yang mempunyai curah hujan rendah seperti Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur dan sebagian besar timur Jawa dan Madura. Sayangnya, Indonesia masih mengimpor garam sekitar 3 juta ton per tahun. Air laut adalah larutan kompleks dengan banyak elemen seperti 55% Klorin (Cl<sup>-</sup>); 30,7% Natrium (Na<sup>+</sup>); 3,6% Magnesium (Mg); 7,7% Sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>); 1,2% Kalsium (Ca<sup>2+</sup>) dan 1,1% Kalium (K<sup>+</sup>). Diantara banyak jenis garam yang terlarut dalam air laut, yang paling dominan adalah natrium klorida (NaCl) yaitu sekitar 90%. Secara umum, garam dihasilkan dengan tiga 3 teknologi dasar yaitu : a) air laut kuno yang terevaporasi. Sebagai hasil pemindahan tektonik lempeng kemudian endapan menjadi naik. b) air disemburkan ke garam batuan dan dikembalikan lagi ke permukaan sebagai air garam murni dan dapat dijadikan sebagai umpan untuk dibuat menjadi butiran garam. c) air laut diuapkan menggunakan solar and angin.

Elemen terlarut yang paling banyak di air laut selain natrium dan sangat bermanfaat adalah magnesium. Magnesium dapat diolah menjadi magnesium karbonat dengan melarutkan dengan pelarut asam atau alkali dan proses karbonasi. Magnesium karbonat adalah bahan baku penetral asam lambung, sumber nutrisi magnesium, dan pengisi tinta. Untuk dapat mendapatkan magnesium dari air laut, proses pemurnian dibutuhkan. Pemurnian garam dari air laut bukan suatu hal yang baru, banyak peneliti yang melakukan penelitian ini seperti Jensen Reid yang membuat garam dari air laut di New Zealand, Chr Belarew yang membuat garam dari air laut dan air garam di Bulgaria dengan proses penguapan, Balarew yang membuat garam khususnya ion magnesium dengan proses pengendapan menggunakan larutan Ca(OH)<sub>2</sub>, Raymond creusen yang melakukan proses desalinasi

(pengurangan kadar garam) menggunakan membran distilasi dan krsitalisasi dan Jie Liu yang melakukan desalinasi menggunakan nanofiltrasi dan elektrodialisis. Perbedaan antara penelitian yang terdahulu dengan yang sekarang adalah garam diperoleh dari air laut lokal Indonesia, tapi metoda yang digunakan pada penelitian ini sama dengan penelitian sebelumnya. Penulis menggunakan metoda penguapan karena proses ini adalah cara yang paling sederhana untuk membuat garam laut dan lebih mudah diaplikasikan di Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan proses pemisahan magnesium dalam air laut dari lokal area Indonesia sehingga di masa yang akan datang proses ini dapat digunakan sebagai proses awal dalam produksi magnesium karbonat.

## METODE

Air laut diambil dari pantai Tanjung Pasir dengan cara membuat lubang di dekat wilayah pengambilan sampel yang berjarak sekitar 1 meter dari batas wilayah permukaan air laut. Air laut kemudian disaring untuk menghilangkan pengotor kemudian meletakkan di dalam labu untuk dilakukan proses evaporasi dari 2 L menjadi 1 L, 2 L menjadi 500 ml, 2 L menjadi 250 ml dan 2 L menjadi terevaporasi seluruhnya. Air laut yang terevaporasi (distilat) pada proses evaporasi dianalisa dengan ICP untuk menentukan konsentrasinya. Setelah proses evaporasi dilakukan, air laut disaring untuk menghilangkan presipitat. Presipitat dianalisa untuk mengetahui bentuk Kristal dan konsentrasinya menggunakan SEM dan XRF. Residu cairan yang tersisa dari proses evaporasi dianalisa menggunakan ICP. Diagram alir dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses percobaan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa distilat

Berdasarkan analisa distilat menggunakan ICP (Tabel 1), magnesium terdeteksi dalam jumlah sedikit. Hal ini disebabkan oleh ion magnesium mempunyai kelarutan yang tinggi dalam air sehingga magnesium tidak teruapkan pada proses ini. Ketika dibandingkan dengan konsentrasi pada residu cairan dan distilat dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi air laut menyebabkan 0.037% magnesium teruapkan. Dengan sedikitnya konsentrasi magnesium yang teruapkan sehingga dari analisa ICP tersebut diketahui bahwa proses ini tidak membutuhkan proses evaporasi dalam keadaan vakum.

Tabel 1. Analisa ICP pada distilat

No	Peningkatan konsentrasi	Magnesium (Mg)	
		Residu Cairan (ppm)	Distilat (ppm)
1	Awal	15,0486	-
2	2 x	35,1387	0.0130
3	4 x	-	0.0006
4	8 x	-	0.5360

### Produksi garam laut

Hasil proses evaporasi menunjukkan bahwa presipitat berwarna putih mulai terbentuk ketika volume air laut berkurang dari 2 L menjadi 1 L. Presipitat tersebut kemudian diobservasi, dari hasil observasi terlihat bahwa presipitatnya mempunyai bentuk butiran, tidak higroskopis dan menyerupai gypsum. Ketika proses evaporasi dilanjutkan, presipitat bertambah dan hasil yang maksimum diperoleh ketika air laut teruapkan seluruhnya.

Tabel 2. Berat garam yang terendapkan (presipitat)

No	Volume ( ml )		Peningkatan konsentrasi	Berat (g)	Higroskopis
	Awal	Akhir			
1	2,000	1,000	2 x	4.87	-
2	2,000	500	4 x	15.16	*
3	2,000	250	8 x	6.85	*
4	2,000	0	-	77.85	**

Informasi : - tidak higroskopis  
\* sedikit higroskopis  
\*\* sangat higroskopis

Tabel 2 menunjukkan berat garam mencapai 77,85 gram ketika garam teruapkan seluruhnya. Itu berarti kadar Kristal garam dalam air laut sebesar 100% sementara itu ketika mengurangi volume air laut dari 2 L menjadi 1 L, 500 ml dan 250 ml konsentrasi garam laut menjadi 6,26% ; 19,47 dan 8,80%. Selain itu, tabel 2 juga menunjukkan bahwa garam bersifat lebih higroskopis ketika konsentrasi air laut ditingkatkan. Secara umum, garam dalam air laut mempunyai kelarutan yang tinggi seperti magnesium klorida 528 gram dalam 30°C dan 730 gram dalam 100°C, natrium klorida 357 gram dalam 30 °C dan 398 gram dalam 100°C, magnesium sulfat 269 gram dalam 30°C dan 683 gram dalam 100°C, kalsium sulfat 2,98 gram dalam 30°C dan 1,62 gram dalam 100°C dan kalium sulfat 73,5 gram dalam 30°C dan 24,1 gram dalam 100°C. Karena garam pada penelitian ini bersifat higroskopis dan magnesium klorida mempunyai kelarutan yang tinggi dalam air sehingga dapat diindikasikan bahwa di dalam garam tersebut mengandung magnesium klorida.

### Komposisi garam

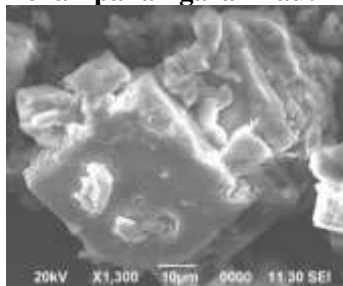
Presipitat pada percobaan ini dianalisa menggunakan XRF untuk menentukan komposisi garam dan hasil analisa dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Analisa XRF pada garam

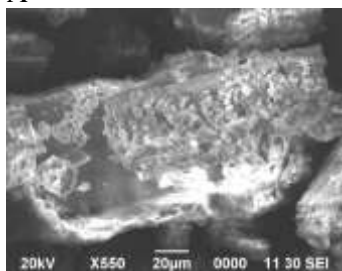
No	Senyawa	Kadar (%) dengan meningkatkan konsentrasi			
		2 x	4 x	8 x	Terevaporasi seluruhnya
1	Na <sub>2</sub> O	12.23	40.75	26.56	29.01
2	Cl	10.32	21.32	20.77	24.77
3	MgO	9.36	20.36	18.06	22.59
4	SO <sub>3</sub>	6.30	7.22	19.17	14.16
5	CaO	52.48	1.82	8.64	2.06
6	SiO <sub>2</sub>	4.16	2.35	1.95	1.47
7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.41	2.45	1.53	2.02
8	K <sub>2</sub> O	1.66	1.51	1.59	2.30
9	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.69	1.47	0.98	1.17

Tabel 3 menunjukkan bahwa ketika konsentrasi air laut dinaikkan 2 kali, garam yang terbentuk dalam konsentrasi yang besar adalah kalsium yaitu 52,48% sedangkan magnesium dan natrium masih terbentuk dalam jumlah yang sedikit yaitu 9,36% dan 12,23%. Garam magnesium mulai mendominasi kadarnya ketika konsentrasi air laut dinaikkan 4 kali, 8 kali dan teruapkan seluruhnya yaitu dengan kadar 20,36% ; 18,06% dan 22,59%. Garam magnesium mencapai nilai optimumnya ketika air laut terevaporasi seluruhnya dengan kadar 22,59% sedangkan bentuk garam magnesium yang pada proses ini adalah magnesium klorida dan magnesium sulfat.

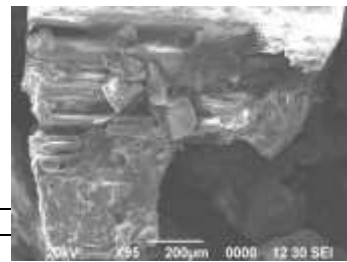
### Penampakan garam laut



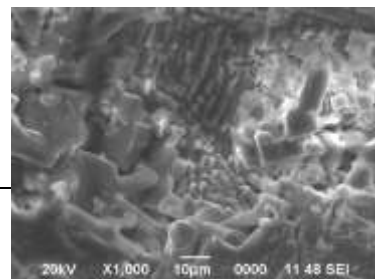
A



B



C



D

Gambar 2. Analisa SEM untuk struktur Kristal. a) meningkatkan konsentrasi 2 kali. b) meningkatkan konsentrasi 4 kali. c) meningkatkan konsentrasi 8 kali. d) terevaporasi seluruhnya

Gambar 2 menampilkan gambar SEM yang sesuai dengan sampel dari konsentrasi yang berbeda. Ketika konsentrasi ditingkatkan 2 kali dan 4 kali seperti terlihat pada gambar 2A, struktur butirnya berbentuk kubus sedangkan untuk gambar 2B terlihat Kristal kecil – kecil yang berbentuk menyerupai kubus. Dari hasil analisa SEM dapat diindikasikan bahwa senyawa yang terbentuk adalah NaCl karena diketahui bahwa bentuk kubus merupakan karakteristik dari natrium klorida. Gambar 2C dan 2D menunjukkan jenis Kristal yang berbeda dengan gambar 2A dan 2B. Dari keempat gambar SEM di atas menunjukkan bahwa pada gambar 2D terbentuk Kristal yang lebih bervariasi.

Dari keseluruhan proses, untuk menghasilkan magnesium dapat diperoleh menggunakan proses evaporasi. Magnesium pada residu cairan mempunyai konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 35,14 ppm, dimana magnesium dapat diperoleh dari limbah pada proses pengolahan air laut menjadi garam laut. Magnesium sulit untuk diendapkan jika dibandingkan dengan natrium karena nilai derajat kelarutannya ( $K_{sp}$ ) tinggi pada suhu

tinggi yaitu 683 – 730 g dalam 1 L air sehingga penulis menyarankan bahwa suhu pada saat melakukan proses ini dikurangi atau memberikan larutan alkali untuk membantu mengendapkan magnesium. Oleh karena itu, magnesium yang menjadi limbah dalam membuat garam dari air laut dapat diekstrak dan digunakan sebagai pengering, reduksi untuk produksi uranium dan logam lain dari garamnya, anoda untuk melindungi tanki bawah tanah, perpipaan, struktur yang tertimbun dan pemanas air dan lain sebagainya.

### SIMPULAN DAN SARAN

Air laut yang digunakan dalam penelitian ini didominasi oleh natrium klorida dimana 80% dari berat totalnya dan garam yang diperoleh bersifat sangat higroskopis. Namun, magnesium dari air laut Indonesia tetap dapat diperoleh dengan proses evaporasi namun untuk mempermudah proses pemerolehan garam magnesium perlu ditambahkan larutan alkali setelah proses evaporasi dilakukan.

Garam yang pertama kali diendapkan selama proses evaporasi adalah kalsium kemudian diikuti dengan natrium dan magnesium. Magnesium sebagai limbah dalam proses pembuatan garam laut dapat diekstrak dari air laut dan memperoleh nilai optimumnya sebesar 22,59%.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Pada penelitian ini penulis ingin mengucapkan terimakasih pada Florentinus Firdiyono, Latifa Hanum Lalasari dan Yosephin Dewiani yang membantu dalam mengumpulkan air laut. Penulis juga ingin mengucapkan kepada Muhammad Yahya dari laboratorium hidrometalurgi yang membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

Balarew, Chr. Solubilities in Sea Water-type systems : Some technical and environmental Friendly Applications. *Pure & Appl. Chem.*, Vol. 65, No. 2. (Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgaria, 1993), pp. 213-218.

Balarew, Chr., D. Rabadjieva and S. Tepavitcharova. Improved Treatment of Waste Brine. In : Proceedings of 8th World Salt Symposium (Salt, 2000) Vol. 1, pp. 551 – 554

Fagerlund, J. and R. Zevenhoven. An Experimental Study of Mg(OH)<sub>2</sub> Carbonation. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 5 pp. 1406–1412. 2011. Published by Elsevier Ltd.

Liu, Jie., Junsheng Yuan, Zhiyong Ji, Bingjun Wang, Yachao Hao, Xiaofu Guo. 2016. Concentrating brine from seawater desalination process by nanofiltration–electrodialysis integrated membrane technology. pp 53 – 61.

Lestari, Dewanti. (2015, Maret 27). *Antaraneews.com*. retrieved Friday, 30 October 2015. From *antaranews.com* :

<http://www.antaranews.com/berita/487732/garis-pantai-indonesia-terpanjang-kedua-di-dunia>.

Lynne Talley, George Pickard, William Emery and James Swift. *Descriptive Physical Oceanography*. Chapter III : Physical Properties of Seawater. Published by Elsevier Ltd (2011).

Raymond creusen, Jolanda van Medevoort, Mark Roelands, Alex van Renesse van Duivenbode, Jan Henk Hanemaaijer dan Robin van Leerdam. 2013. Integrated membrane distillation–crystallization: Process design and cost estimations for seawater treatment and fluxes of single salt solutions. pp 8 – 16.

Reid, Jensen. thesis, Department of Chemistry, University of Auckland. 1995.

Robert H. Perry and Don green (1984) , “ Perry’s Chemical Engineering Handbook,” Sixth Edition, McGraw – Hill Book Co, Singapore, ISBN 0-07-Y66482-X.

Thys, Alexandra. 2003. Sustainability and Impact Aspects of Exploitation of Marine Salt, Magnesium and Bromine. *Journal of Coastal Research*, Vol. 19, No. 4, pp. 912-918.