

POTENSI PEMANFAATAN BUANGAN REVERSE OSMOSIS PADA PLANT DESALINASI MENJADI GARAM (NATRIUM KLORIDA)

Muhammad Halim Winarso^{1****}, Fadli Hakim¹, dan Fiba Dwi Ananda²

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta

²Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta

ABSTRAK Garam adalah komoditas strategis di Indonesia yang merupakan negara kepulauan, akan tetapi kebutuhan impor garam masih dilakukan karena adanya ketidakseimbangan antara penawaran dan permintaan. Disisi lain penyediaan air bersih untuk masyarakat pesisir di beberapa daerah menerapkan proses desalinasi menggunakan *reverse osmosis* yang menghasilkan buangan air laut terkonsentrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi penggunaan buangan *reverse osmosis* sebagai bahan baku pembuatan garam. Metode yang digunakan adalah membandingkan rendemen dan kualitas garam yang menggunakan bahan baku buangan *reverse osmosis* tanpa dan diberi perlakuan yang dibandingkan dengan air laut. Sampel penelitian diambil dari PLTU di daerah Bekasi yang menerapkan proses desalinasi, dari sampel yang diambil dibagi menjadi 3 variasi yaitu air laut (A), buangan *reverse osmosis* (B), buangan *reverse osmosis* dengan perlakuan filtrasi, adsorpsi, dan pencucian (C). Dari penelitian ini didapatkan hasil rendemen sebanyak 1.1% (A), 3.4%(B), dan 3.9%(C), kemurnian NaCl atas bahan dasar kering 75.48%(A), 79.45%(B), dan 97.75%(C), bahan tidak larut dalam air didapatkan hasil 0.60%(A), 0.30%(B), 0.30%(B), kadar kalsium 1.14%(A), 1.01%(B), dan 0.67%(C), kadar magnesium 3.53%(A), 3.61%(B), 1.33% (C). Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa adanya potensi untuk memanfaatkan buangan *reverse osmosis* dengan rendemen yang lebih besar dan kualitas yang lebih baik.

Kata Kunci : Air Laut, Brine, Garam, Rendemen, Reverse osmosis

PENDAHULUAN

Impor garam terjadi di Indonesia masih terjadi hingga sekarang, berdasarkan publikasi Badan Pusat Statistik tercatat bahwa Indonesia melakukan impor garam sebanyak 2.5 juta ton pada tahun 2017. Meskipun Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia, kebutuhan garam yang merupakan komoditas yang strategis belum dapat terpenuhi dengan produksi dalam negeri yang disebabkan oleh iklim tropis dan rendahnya kemurnian air laut di Indonesia [1].

Disisi lain, berkembangnya pemurnian air laut dengan metode *reverse osmosis* cukup besar di Indonesia dimana digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap, manufaktur, dan kebutuhan penyediaan layanan air bersih untuk masyarakat pesisir. Proses desalinasi dengan metode *reverse osmosis* menghasilkan air bersih dan produk samping yang berupa *brine* atau air laut yang terkonsentrasi, saat ini *brine* masih dibuang menjadi limbah, diinjeksikan ke sumur dalam, irigasi, dan kultivasi akuakultur [2-3]. Tingginya kandungan garam yang ada pada *brine* buangan *reverse osmosis* dinilai berpotensi untuk dijadikan alternatif bahan baku pembuatan garam dengan hasil kualitas dan kuantitas yang lebih besar, terlebih lagi pada proses desalinasi menggunakan *reverse osmosis* pada umumnya dilakukan *pre-treatment* untuk menghilangkan pengotor fisik untuk mencegah penyumbatan pada membran juga akan menurunkan pengotor fisik pada garam dan dapat meningkatkan kemurnian dari garam.

Desktop pre-feasibility study telah dilakukan dengan menggunakan teknologi SAL-PROC™ dimana pada penelitian tersebut mengkonfirmasi bahwa *reject brine RO* pada plant desalinasi dapat dijadikan bermacam macam tipe garam diantaranya *gypsum*, sodium klorida, magnesium hidroksida, kalsium klorida, kalsium karbonat, dan sodium sulfat [4].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi pemanfaatan *brine reverse osmosis* sebagai bahan baku pembuatan garam natrium klorida tanpa perlakuan, membandingkan rendemen yang dihasilkan dengan air

**** Corresponding author : halim@engineer.com

laut, dan mengetahui efek perlakuan pendahuluan yang termasuk pencucian sederhana pada *brine reverse osmosis* terhadap kualitas garam yang diperoleh.

Peningkatan kualitas pada garam yang dinilai dapat diterapkan pada tambak garam salah satunya adalah filtrasi, adsorpsi dan pencucian garam sederhana dimana tidak memerlukan proses yang rumit dengan biaya operasional dan kapital yang relatif lebih rendah daripada proses lainnya [5]. Proses eliminasi pengotor fisik maupun organik dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi dan adsorpsi, sedangkan pengotor kimia dipisahkan dengan proses pencucian dan sebagian menggunakan adsorpsi.

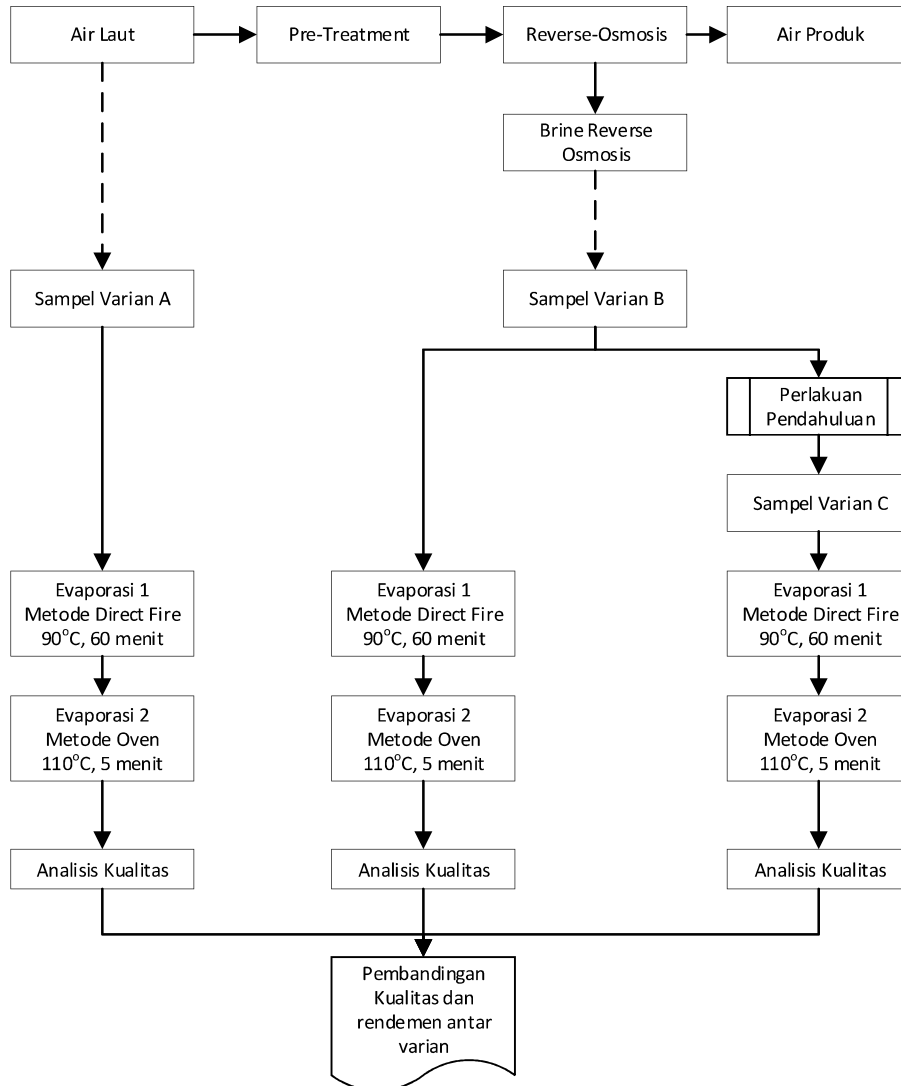
Adsorpsi zeolit pernah diuji coba untuk menurunkan kadar kadmium dalam air pada waktu kontak optimum 40 menit dengan dosis adsorben 2 gram dalam 250 ml sampel yang diuji pada larutan kadmium [6]. Pada penelitian lain, menunjukkan bahwa kombinasi antara pasir silika dapat menurunkan kadar arsen, kadmium, aluminium, COD, BOD, warna dan kekeruhan yang diuji pada limbah cair industri batik [7]. Penambahan NaOH dan Na_2 juga dapat membantu mengikat pengotor kimia yang terdapat pada air laut sehingga garam yang diperoleh mempunyai kemurnian yang lebih tinggi [8], sehingga tinjauan perbedaan kualitas garam dengan pencucian garam sederhana dengan *brine* tanpa pencucian dan air laut dilakukan pada penelitian ini.

BAHAN DAN METODE

Bahan

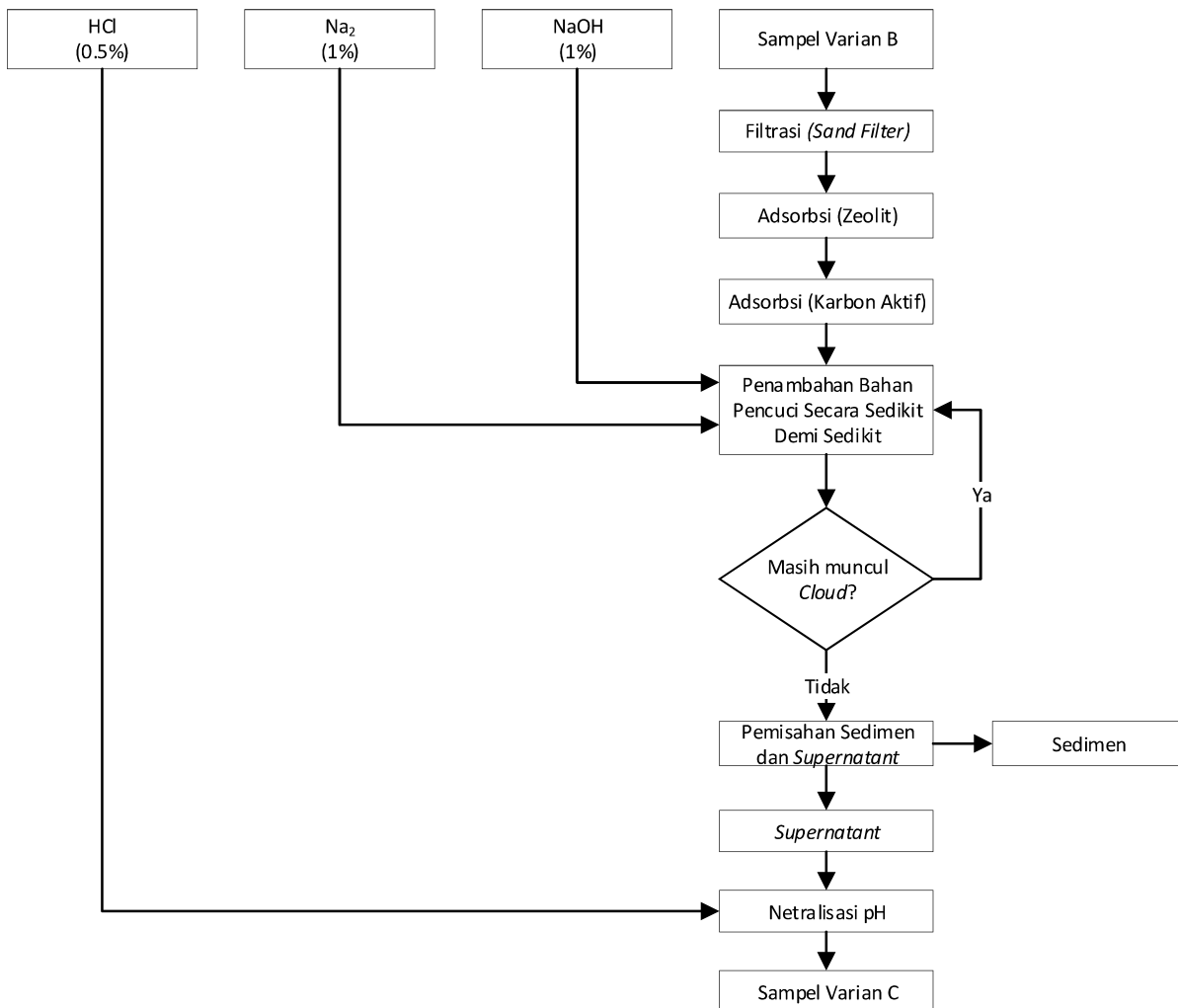
Pada penelitian ini, sampel air laut dan *brine* didapatkan dari buangan *reverse osmosis* pada pembangkit listrik tenaga uap yang berada di daerah Bekasi digunakan sebagai bahan inti. Bahan yang digunakan untuk filtrasi variasi c adalah pasir silika, zeolit (*hydrated calcium aluminosilicate*), dan arang aktif. Pencucian sampel menggunakan disodium EDTA (Teknis) yang dikombinasikan dengan NaOH (Teknis) yang masing masing telah dilarutkan hingga konsentrasi 1% dan HCL 0.5% untuk menetralkan pH sebelum evaporasi.

Diagram Alir Proses Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

Preparasi sampel



Gambar 2. Diagram Alir Perlakuan Pendahuluan Sampel Varian C

Pengambilan sampel air laut (varian a) dan *brine reverse osmosis* pada plant, lalu *brine* dipisahkan menjadi 2 varian yaitu tanpa perlakuan pendahuluan (varian b) dan dengan perlakuan pendahuluan (varian c). Perlakuan pendahuluan dilakukan dengan metode seperti gambar 2. Dimana proses diawali dengan filtrasi pengotor fisik menggunakan *sand filter* dan adsorpsi pengotor kimia menggunakan zeolit dan arang aktif lalu, ditetesi dengan larutan pencuci (disodium EDTA dan NaOH) secara bersamaan hingga tidak ada pemisahan berbentuk *cloud* pada larutan, lalu didiamkan hingga *cloud* mengendap seluruhnya dan mengambil *supernatant* yang dihasilkan. Air laut (varian a) yang diambil dijadikan pembanding mutu dan rendemen untuk menunjukkan kondisi eksis pada garam air laut yang dihasilkan di Indonesia.

Evaporasi

Masing masing sampel dievaporasi menggunakan pemanas model *direct fire* dengan suhu $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sambil diaduk hingga terbentuk bubuk garam selama kurang lebih 1 jam pada cawan porselin untuk mencegah kerak yang dapat terbentuk pada wadah, bubuk garam dipanaskan menggunakan oven dengan suhu $110 \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit pada cawan penguap berdiameter 30 cm. Produk yang dihasilkan pada proses evaporasi digunakan untuk analisa kualitas pada garam.

Analisis Kualitas Garam

Parameter dan metode analisis kualitas garam ditentukan mengacu pada SNI yang relevan, diantaranya adalah SNI 3556:2010 tentang garam konsumsi beryodium, SNI 0303:2012 tentang garam industri soda kostik,

SNI 8207:2016 tentang garam industri aneka pangan, SNI 4435:2017 tentang garam bahan baku untuk garam konsumsi beryodium.

Perbandingan Kualitas Garam

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan perbandingan sederhana antar varian untuk menunjukkan rendemen dan kualitas yang dihasilkan dari masing masing varian dan membandingkan kualitas yang didapatkan dengan SNI yang dijadikan acuan pada penelitian ini dimana parameter dan nilainya seperti pada tabel berikut [9-12].

Tabel 1. Spesifikasi Kualitas Garam Pada SNI Referensi

Parameter Kualitas	Garam konsumsi beryodium	Garam industri soda kostik	Garam industri aneka pangan	Garam bahan baku untuk garam industri aneka pangan		
				K1	K2	K3
Kadar NaCl adbk (%)	>94	>96	>97	>94	>90	>85
Kadar Air (b/b) %	< 7	< 2.5	< 0.5	N/A	N/A	N/A
Bag. Tidak Larut Air (%)	< 0.5	< 0.05	< 0.5	< 0.5	< 0.75	< 1.0
Kalsium (%)	N/A	< 0.1	< 0.06	N/A	N/A	N/A
Magnesium (%)	N/A	< 0.05	< 0.06	N/A	N/A	N/A
KIO ₃ (mg/Kg)	>30	N/A	>30	N/A	N/A	N/A
Kadmium (mg/Kg)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Timbal (mg/Kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Raksa (mg/Kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Arsen (mg/Kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1

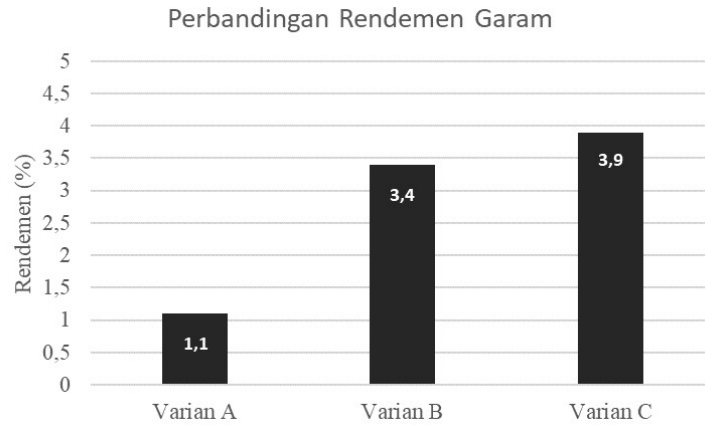
Penentuan Rendemen

Sebanyak 20± gr sampel pada masing masing varian dievaporasi secara bersamaan menggunakan oven dengan suhu 110±1°C selama 2 jam lalu didinginkan pada desikator selama 20 menit dan ditimbang untuk mengetahui bobot akhir. Pengujian dilakukan dengan duplikasi untuk memastikan keterulangan proses untuk menunjang akurasi hasil. Rendemen ditentukan dengan menentukan persentase hasil bagi produk dan sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

c. Perbandingan Rendemen Brine dan Air Laut

Untuk menentukan pengaruh penggunaan *brine* dari buangan *reverse osmosis* terhadap rendemen dan kualitas garam yang dihasilkan dilakukan pengujian rendemen dan kualitas terhadap ketiga varian lalu dianalisis menggunakan perbandingan sederhana antara *brine* (varian b dan varian c) dibanding dengan varian a, sedangkan untuk menentukan pengaruh perlakuan pendahuluan garam terhadap kualitas garam varian c dibandingkan dengan varian b. Hasil penelitian ini menunjukkan hasil rendemen varian a 1.1% , varian B 3.4 % dan varian C 3.9% yang ditunjukkan pada grafik 1. Perbedaan rendemen yang signifikan antara *brine* (varian b dan varian c) dengan air laut (varian a) terjadi karena kandungan garam pada bahan baku yang berbeda dimana *brine* (varian b dan varian c) memiliki salinitas lebih tinggi yang disebabkan oleh proses pemisahan pada *reverse osmosis*. Sedangkan perbedaan yang tidak signifikan pada rendemen varian b dan varian c, walaupun rendemen pada varian c lebih tinggi yang disebabkan karena adanya proses penambahan NaOH dan HCl pada proses perlakuan pendahuluan sehingga terjadi pembentukan NaCl yang tambahan, akan tetapi reaksi pembentukan NaCl tetap relevan apabila diaplikasikan sehingga hasil penelitian ini representatif untuk dibandingkan.



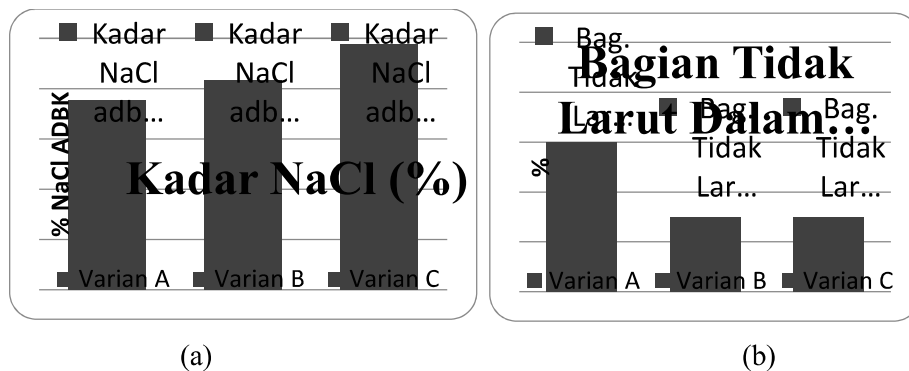
Gambar 1. Grafik Perbandingan Rendemen Garam Antar Variasi

Perbandingan Kualitas Brine dan Air Laut

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Produk Garam

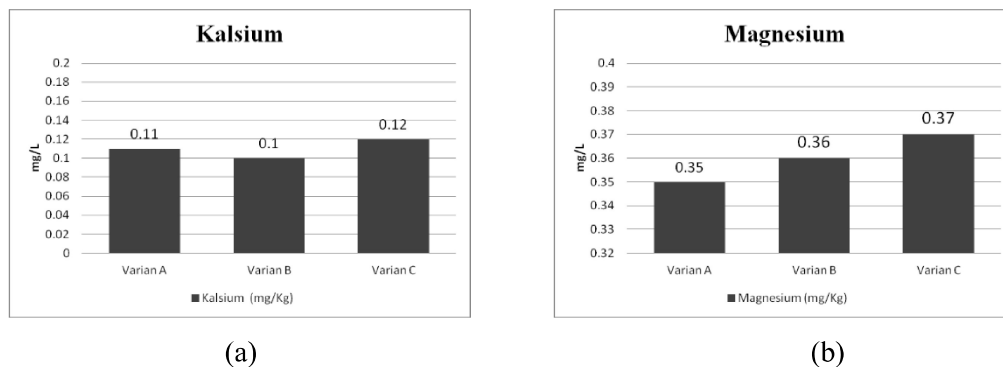
<i>Parameter</i>	<i>Varian A</i>	<i>Varian B</i>	<i>Varian C</i>
Kadar Air (%)	0.98	4.42	1.73
Kadar NaCl (% adb)	75.48	83.12	97.75
Bahan Tidak Larut Dalam Air (%)	0.60	0.30	0.30
Kalsium (%)	0.11	0.10	0.12
Magnesium (%)	0.35	0.36	0.37
Kadmium (ppm)	<0.00011	<0.00011	<0.00011
Arsen (ppm)	<0.008	<0.008	<0.008
Timbal	<10	<10	<10
Raksa	<0.1	<0.1	<0.1
Lain-Lain (%)	22.47	11.70	0.02

Dari parameter yang diuji, Kadar air pada garam yang dihasilkan bergantung pada lama pengeringan, sehingga perbedaan kadar air tidak dijadikan parameter perbandingan kualitas garam, akan tetapi untuk menentukan kualitas pada parameter yang ditunjukkan sebagai konsentrasi atas bahan dasar kering. Sedangkan untuk parameter kadar NaCl atas bahan dasar kering.



Gambar 2. Grafik (a) Kadar NaCl; (b) Bagian Tidak Larut Dalam Air

Varian a yang merupakan air laut memiliki pengotor fisik dan kimia yang banyak, dibuktikan dengan warna larutan yang lebih keruh dibandingkan air buangan *reverse osmosis* dimana pengotor tersebut tidak akan ter evaporasi dan menyebabkan penurunan kemurnian garam, sedangkan proses *reverse osmosis* pada umumnya tidak dapat mengakomodir cemaran fisik sehingga selalu dilakukan perlakuan pendahuluan pada air laut dengan proses filtrasi, koagulasi, atau flokulasi sehingga cemaran fisik pada buangan *reverse osmosis* dapat terminimalisir. Pengotor ini berpengaruh signifikan terhadap kadar NaCl dan bahan tidak larut dalam air dimana didapatkan kadar NaCl pada varian b lebih besar daripada kadar varian a yang ditunjukkan pada gambar 2 (d) serta hal ini berdampak bahan tidak larut dalam air pada varian a lebih tinggi dari varian b dimana pengotor fisik yang bersumber dari laut adalah penyebabnya. perlakuan pendahuluan garam juga dapat meningkatkan kadar NaCl secara signifikan dibanding varian b, hal ini disebabkan karena pengotor pengotor kimia yang diendapkan dapat meningkatkan kadar NaCl yang ditunjukkan pada gambar 2 (a).



Gambar 3. Grafik (a) Kadar Kalsium; (b) Kadar Magnesium

Bahan baku pembuatan garam dan proses perlakuan pendahuluan tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar kalsium dan magnesium antar varian yang diuji menggunakan instrument ICP, hal ini disebabkan oleh keberagaman pada sampel, dari hasil tersebut dapat menunjukkan bahwa EDTA- Na_2 tidak dapat menurunkan kadar kalsium dan magnesium pada sampel yang ditunjukkan pada gambar 3 (a) dan 3 (b). Selain itu proses filtrasi dan adsorpsi yang dilakukan pada varian c tidak dapat menunjukkan hasil penurunan dikarenakan tidak terdeteksinya kadar logam berat kadmium, timbal, raksa, dan arsen pada sumber air laut, sehingga tidak memungkinkan terdeteksinya logam berat yang ada pada varian lain pengujian ini dilakukan menggunakan instrument ICP dengan *limit of detection* kadmium 0.00011 ppm, timbal 0.009, raksa 0.004, arsen 0.008.

Selain itu, salah satu parameter penting yang terdapat pada SNI 3556:2010 tentang garam konsumsi dan SNI 8207:2016 tentang garam industri aneka pangan adalah kadar yodium, akan tetapi hasil pengujian yang tidak terdeteksi adanya kadar yodium yang dihitung sebagai KIO_3 tidak dapat menunjukkan perbandingan kualitas garam pada penelitian ini karena keberadaan yodium pada umumnya adalah hasil fortifikasi KIO_3 .

Perbandingan Kualitas dengan SNI

Karakteristik produk pada masing masing varian dibandingkan dengan SNI untuk menentukan tingkatan kualitas garam, produk terbaik didapatkan pada varian c dimana dapat memenuhi spesifikasi SNI 3556:2010 tentang garam konsumsi beryodium dan SNI 4435:2017 tentang garam bahan baku untuk garam Konsumsi Beryodium setelah dilakukan fortifikasi yodium, sedangkan varian b dan c tidak dapat memenuhi SNI yang dijadikan sebagai acuan walaupun variasi b hampir memenuhi SNI 4435:2017 tentang garam bahan baku untuk garam konsumsi beryodium yang ditunjukkan pada tabel 1.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *brine* yang didapat dari buangan *reverse osmosis* dapat menghasilkan rendemen yang lebih besar dibanding air laut dengan kualitas yang lebih baik. Hasil terbaik didapatkan pada *brine* dengan perlakuan pendahuluan untuk mencapai rendemen tertinggi dan kualitas terbaik pada garam yang dihasilkan yang menunjukkan proses perlakuan pendahuluan sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar pengotor dan bagian tidak larut dalam air dan dapat meningkatkan kadar NaCl. Setelahnya *brine* tanpa perlakuan pendahuluan dapat menghasilkan rendemen dan kualitas yang lebih baik dari varian a walaupun masih belum dapat memenuhi SNI referensi, air laut tanpa perlakuan memiliki rendemen dan kualitas yang paling rendah

dibanding kedua varian lainnya. Pemanfaatan *brine* dari buangan *reverse osmosis* berpotensi sebagai bahan baku pembuatan garam dan dapat meningkatkan produksi garam dalam negeri.

DAFTAR PUSTAKA

1. S. M. Jannah. *Punya Garis Terpanjang Di Dunia Kok RI Impor Garam*. [Online] from <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-4211965/punya-garis-pantai-terpanjang-di-dunia-kok-ri-impor-garam>. (2018) [Accessed 10 April 2019].
2. A. Nurulfadilah, *Potensi Pemanfaatan dan Pengolahan Brine Water dari Proses Desalinasi Air*, 2015.
3. S. Alimah, *Studi Pembuangan Konsentrat Desalinasi*, Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, 12,2:107-117 (2010).
4. M. Ahmed et. al, *Feasibility of salt production from inland RO desalination reject brine: a case study*, Desalination, 158:109-117 (2013)
5. L. A. Yoshi and I. N. Widiaya, *Studi Tekno Ekonomi Desalinasi Air Laut Skala Kecil dengan Sistem Reverse osmosis*, Reaktor, 16,4 :218-225 (2016).
6. C. Raziah et. al, *Penurunan Kadar Logam Dalam Air Kadmium Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Aceh*, Jurnal Teknik Kimia USU, 6,1 :1-6 (2017).
7. A. Asidiq. *Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Metode Saringan Pasir dan Media Pasir Silika, Kerikil, dan Arang Ampas Tebu*. [Batik liquid waste processing methods using methods sieves desert sand, zeolite, gravel and charcoal residue of sugar cane][Thesis] Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret (2013). [in Bahasa Indonesia]. p.vi
8. W. Sugiyo and C. Kurniawan, *Perbandingan penggunaan NaOH-NaH dengan NaOH-Na₂ sebagai bahan pengikat impurities pada pemurnian garam dapur*, Polimerisasi Akliramid, 8,1 :57-68 (2010).
9. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 3556:2010 garam konsumsi beryodium*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2010.
10. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 0303:2012 garam industri soda kostik*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2012.
11. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 4435:2017 garam bahan baku untuk garam konsumsi beryodium*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2017.
12. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 8207:2016 Garam Industri Aneka Pangan*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2016.