

PENGARUH PENAMBAHAN NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) TERHADAP KANDUNGAN MAGNESIUM PADA BITTERN DALAM EKSTRAKSI MAGNESIUM HIDROKSIDA $Mg(OH)_2$
EFFECT OF ADDITION OF SODIUM HYDROXIDE (NaOH) ON MAGNESIUM CONTENT IN BITTERN IN EXTRACTION OF MAGNESIUM HYDROXIDE $Mg(OH)_2$

Nike Ika Nuzula*, Aan Putri Nurjanah, Ary Giri Dwi Kartika, Wiwit Sri Werdi Pratiwi, Onie Wiwid Jayanthi

Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Kelautan dan Perikanan, Universitas Trunojoyo Madura
Jalan Raya Telang PO. BOX 2 Kamal, Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia 69162

*Corresponden author email: nike.nuzula@trunojoyo.ac.id

Submitted: 21 December 2022 / Revised: 22 December 2022 / Accepted: 27 December 2022

<http://doi.org/10.21107/juvenil.v3i4.17974>

ABSTRAK

Produksi garam pada pulau Madura sangat tinggi yang dilakukan secara terus menerus pada musim kemarau menggunakan metode tradisional dengan media tanah maupun geomembrant (Zainuri et.al 2016) sehingga menghasilkan limbah bittern yang melimpah. Bittern memiliki kandungan mineral salah satunya magnesium (Mg) yang dapat dijadikan inovasi baru yakni senyawa magnesium hidroksida $Mg(OH)_2$ dengan cara ekstraksi. Penambahan natrium hidroksida NaOH dalam ekstraksi magnesium hidroksida pada penelitian ini dilakukan dengan berdasarkan perbandingan antara mol magnesium dan mol natrium hidroksida yakni 1:0,90; 1:0,95; 1:1; 1:1,05; 1: 1,1 dengan tujuan mengetahui perlakuan yang paling optimal. Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan signifikansi sebesar 0,605 yang artinya tidak ada pengaruh secara nyata pada penambahan natrium hidroksida pada bittern. Jika dilihat dari data perlakuan dengan perbandingan mol 1 : 1 yakni sebesar 76802,70833 mg/Kg merupakan perlakuan yang paling optimal dari semua perlakuan dan perlakuan perbandingan mol 1 : 0,90 yakni sebesar 75858,245 mg/Kg merupakan perlakuan yang paling rendah.

Kata Kunci: Bittern, Magnesium, Natrium Hidroksida dan Magnesium Hidroksida.

ABSTRACT

Salt production on the island of Madura is very high which is carried out continuously during the dry season using traditional methods with soil and geomembrane media resulting in abundant bittern waste. Bittern contains minerals, one of which is magnesium (Mg) which can be used as a new innovation, namely magnesium hydroxide $Mg(OH)_2$ by extraction. The addition of sodium hydroxide NaOH in the extraction of magnesium hydroxide in this study was carried out based on the ratio between moles of magnesium and moles of sodium hydroxide, namely 1: 0.90; 1:0.95; 1:1; 1:1.05; 1: 1.1 with the aim of knowing the most optimal treatment. Based on the results of the ANOVA test with a significance of 0.605, which means that there is no significant effect on the addition of sodium hydroxide to bittern. When viewed from the treatment data with a mole ratio of 1: 1, which is 76802.70833 mg/Kg, it is the most optimal treatment of all treatments and a mole ratio of 1: 0.90, which is 75858.245 mg/Kg, is the lowest treatment.

Keyword: Bittern, Magnesium, Natrium Hydroxide dan Magnesium Hydroxide.

PENDAHULUAN

Produksi garam di Indonesia masih tergolong cukup rendah (Assadad dan Utomo, 2011; Tansil et al., 2016). Produksi garam di Indonesia banyak ditemui pada pulau Madura, sehingga pulau Madura termasuk ke dalam salah satu pemasok garam terbesar di

Indonesia (Zainuri et al., 2016). Produksi garam dipulau madura dihasilkan oleh 4 kabupaten yaitu Sumenep, Pamekasan, Sampang dan Bangkalan. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2014 produksi garam pada pulau Madura mencapai 25,84% yaitu Sumenep sebesar 11,67%, Pamekasan

3,57%, Sampang 10,25% dan Bangkalan sebesar 0,35% (Fauzin, 2019). Produksi garam pada pulau Madura secara umum menggunakan metode tradisional yaitu dengan petakan tambak garam yang menggunakan media tanah, namun ada yang menggunakan metode modern yaitu dengan media geomembrant (Zainuri *et al.*, 2016; Hoiriyah, 2019). Produksi garam dapat dilakukan secara terus menerus pada musim kemarau sehingga dapat menghasilkan limbah berupa bittern yang cukup melimpah yang biasanya akan dibuang kelaut atau ditambahkan kembali pada bahan baku produksi garam oleh petambak garam. Limbah bittern yang dibuang ke laut akan menjadi sia-sia dan jika dibuang dalam jumlah besar akan membahayakan variasi pH, akumulasi mineral dan kerusakan biota bentik, hal ini dikarenakan bittern memiliki konsentrasi yang sangat tinggi dan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan pada laut itu sendiri (Nurulfadilah, 2015) sedangkan penambahan bittern (air tua garam) pada bahan baku garam akan menyebabkan kualitas dan kuantitas garam akan menurun (Arwiyah *et al.*, 2015), hal ini dikarenakan bittern memiliki banyak kandungan mineral yang berupa Sulfat (SO_4^{2-}), magnesium (Mg), Natrium (Na) dan calcium (Ca) yang dapat menjadikan pengotor dan menurunkan kadar NaCl pada garam, (Raesta *et al.*, 2017; Seimbiring, 2011) agar kandungan mineral tersebut tidak terbuang sia-sia dan menurunkan kualitas garam, maka perlu dilakukan pengolahan dan pengembangan teknologi agar bermanfaat dengan baik. Pemanfaatan mineral yang ada pada bittern dapat dilakukan dengan cara pemisahan mineral (ekstraksi), salah satunya mineral magnesium (Mg). Magnesium (Mg) sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia, menurut Ahli Gizi manusia membutuhkan mineral magnesium sebanyak 400-450 mg perharinya, sedangkan magnesium yang dikonsumsi setiap harinya hanya sekitar 200 mg (Zainuri *et al.*, 2016).

Magnesium (Mg) pada bittern dapat dijadikan senyawa magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) dengan tambahan beberapa bahan kimia lainnya yang dapat bermanfaat untuk pemurnian gula, farmasi, pembuatan batu tahan api dan senyawa kimia lainnya, sehingga tidak ada limbah bittern yang terbuang sia-sia, kerusakan ekosistem laut dan menyebabkan penurunan kualitas garam (Suprihatin, 2010). Magnesium hidroksida memiliki peluang yang sangat besar karena magnesium hidroksida merupakan komoditas yang sangat berpotensi di dunia (Rahmanto *et al.*, 2006; Hidayah, 2014). Pemenuhan magnesium

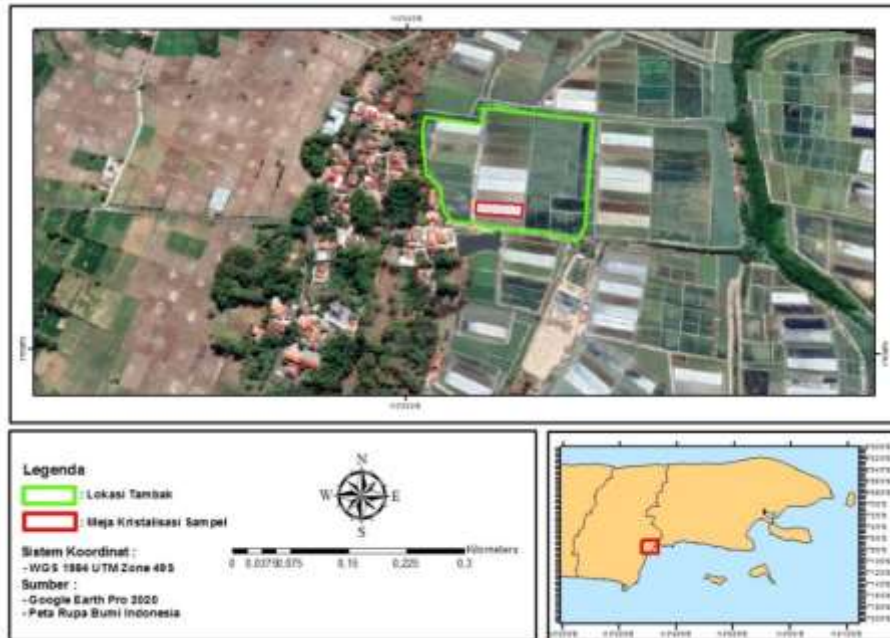
hidroksida dunia saat ini dipenuhi oleh negara China, Kanada, Rusia dan Afrika yang menjadi pemasok utama dunia. Indonesia saat ini memiliki potensi untuk memproduksi magnesium hidroksida dengan melakukan inovasi pengolahan bittern pada produksi garam sehingga Indonesia dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri ataupun dunia mengingat limbah bittern yang diperoleh dari produksi garam cukup melimpah dan hasil produksi garam termanfaatkan dengan baik (Zero Wasted) yaitu menjadi produk garam dengan kadar NaCl yang bagus serta menghasilkan produk turunan garam lainnya (Rahmanto *et al.*, 2006). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan yang paling optimal dalam penambahan natrium hidroksida pada bittern untuk ekstraksi magnesium hidroksida dan filtrat natrium klorida.

MATERI DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dalam penambahan natrium hidroksida dengan kadar yang berbeda dalam ekstraksi magnesium hidroksida dari bittern yang telah dikurangi kadar Sulfatnya. Penelitian eksperimental merupakan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan akibat adanya suatu perlakuan yang diberikan (Alsa dan Asmadi, 2004). Penelitian eksperimental secara tidak langsung melakukan manipulasi (percobaan) yang bertujuan untuk mengetahui akibat yang akan diperoleh serta dapat membangun hubungan sebab akibat (Latipun, 2002). Penelitian ini menggunakan bahan baku yaitu bittern yang telah direduksi kadar sulfat (SO_4^{2-}) yang berbentuk magnesium klorida (MgCl_2). Metode yang digunakan yaitu dengan penambahan bahan kimia berupa natrium hidroksida (NaOH) pada bittern sehingga membentuk endapan berupa magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) dan juga larutan natrium klorida (NaCl). Perbandingan mol magnesium pada bittern dengan mol natrium hidroksida NaOH yang digunakan yaitu 1:0,90 (P1), 1:0,95 (P2), 1:1 (P3), 1:1,05 (P4) dan 1:1,1 (P5). Selain itu, kadar magnesium yang terdapat pada bittern akan digunakan sebagai kontrol dari semua perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Penelitian ini harapannya dapat dijadikan inovasi baru dari limbah bittern yang dihasilkan dari produksi garam serta diharapkan mampu meningkatkan perekonomian dan kesejahteraan masyarakat. Bittern yang digunakan berasal dari Desa Galis, Kabupaten Pamekasan Madura (**Gambar 1**), mengingat

Pamekasan merupakan salah satu kabupaten penghasil garam yang cukup besar pada pulau Madura sedangkan pulau Madura sendiri termasuk pemasok garam terbesar di Indonesia, namun masih banyak dijumpai pada petambak garam di kabupaten Pamekasan

yang menggunakan bittern sebagai campuran bahan baku pada produksi garam, oleh karena itu penelitian mencoba memanfaatkan bittern menjadi produk turunan garam yang lebih bernilai ekonomis.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini, analisa yang dilakukan adalah analisa kandungan magnesium yang paling optimal, analisa kadar natrium klorida dan analisa gugus OH dalam endapan yang apling optimal dengan menggunakan FTIR. Analisa data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan ANOVA hasil dari uji F dengan tingkat signifikan 0,05. Uji F atau uji serentak adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas secara bersama terhadap variabel terikat yang secara signifikan ataupun non signifikan yang dijabarkan dalam regresi linier berganda. Uji F juga dapat mengetahui seberapa besar pengaruh yang ada serta pengaruh positif dan negatifnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN Kandungan Magnesium pada Bittern

Menurut Faizah et.al (2018) kandungan magnesium pada bittern dengan kepekataan air bittern 30°Be yakni sebesar 48,9 g/L,

Tabel 1. Kandungan magnesium pada bittern murni dan bittern telah direduksi kadar sulfatnya

Nama	Pengulangan I	Pengulangan II	Pengulangan III	Rata-Rata
Bittern Murni (g/L)	86,638	87,838	87,745	87,4068
Bitern yang telah direduksi kadar sulfatnya (g/L)	88,025	86,758	88,025	87,602

sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Sidik (2013) bahwa kandungan magnesium pada bittern 30°Be pada kecamatan Pademawu, kabupaten Pamekasan sebesar 190,67 mg/L. Hasil analisa kandungan magnesium yang dilakukan jauh berbeda dari hasil yang dinyatakan oleh Sidik (2013) yang disebabkan karena lokasi pengambilan sampel berbeda dan juga proses produksi setiap petambak beerbeda, hal ini dikuatkan oleh pernyataan petambak garam rakyat Desa Lembung, Galis, Pamekasan, bahwa setiap produksi melakukan penambahan bittern pada bahan baku garam secara berulang-ulang sehinggaa mineral yang terbentuk cukup tinggi, salah satunya magnesium. Analisa kandungan magnesium dilakukan pada bittern murni dan pada bittern yang telah direduksi kadar sulfatnya. Hasil analisa kandungan magnesium pada bittern murni dan bittern yang telah direduksi kadar sulfatnya disajikan pada Tabel 1.

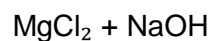
Tingginya kadar magnesium yang diperoleh pada bittern murni ataupun bittern yang telah direduksi kadar sulfatnya dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti produksi garam yang dilakukan dengan menambahkan bittern secara berulang-ulang oleh petambak garam rakyat. Selain itu, pengambilan sampel bittern yang digunakan diambil pada akhir musim (produksi terakhir) dengan panen sebanyak 5 kali dan setiap produksi melakukan penambahan bittern pada bahan baku garam, hal ini dikatakan langsung oleh petambak garam.

Kandungan magnesium pada bahan baku Bittern yang telah direduksi kadar sulfatnya yang berbentuk magnesium klorida sangat direkomendasikan untuk dilakukan ekstraksi magnesium hidroksida karena magnesium yang terkandung dalam sampel cukup tinggi jika dibandingkan dengan kandungan magnesium yang dalam penelitian Faizah et.al (2018) dan Sidik (2013). Kandungan magnesium pada bahan baku dapat dijadikan penentu seberapa banyak natrium hidroksida yang akan ditambahkan berdasarkan mol pada magnesium. Penambahan natrium hidroksida bertujuan untuk mengikat magnesium pada sampel. Penelitian ini dilakukan menggunakan perbandingan mol antara magnesium dan natrium hidroksida dengan perbandingan 1 : 1;

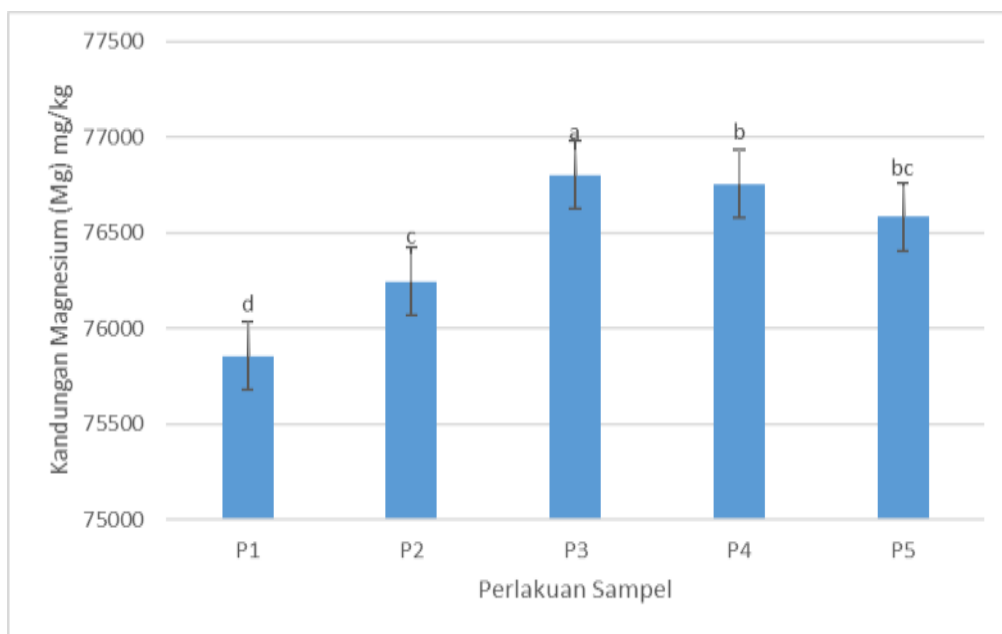
1 : 0,90; 1 : 0,95; 1 : 1,05 ; 1 : 1,1, hal ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan mana yang paling optimal dan perbedaan yang paling signifikan dalam pengikatan ion magnesium.

Penambahan Natrium Hidroksida dalam Ekstraksi Magnesium Hidroksida

Penambahan natrium hidroksida dalam ekstraksi magnesium hidroksida dilakukan dengan menggunakan bahan baku bittern yang telah direduksi kadar sulfatnya yang berbentuk magnesium klorida, berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pratiwi *et al.* (2021), karena kandungan magnesium pada bittern cukup tinggi sehingga ion magnesium mampu berikatan dengan OH sedangkan Cl berikatan dengan Na dengan membentuk reaksi sebagai berikut: (Sagala *et al.*, 2014)



Hasil ekstraksi magnesium hidroksida pada bittern yang telah dikurangi kadar sulfatnya yang berbentuk magnesium klorida menggunakan perbandingan molar antara mol magnesium dan mol natrium hidroksida ditampilkan pada **gambar 2**.



Gambar 2. Analisa kandungan magnesium dalam endapan

Gambar 2 menunjukkan bahwa kandungan magnesium pada hasil endapan dengan bahan baku bittern yang telah direduksi kadar sulfatnya yang berbentuk magnesium klorida mampu terikat dengan baik dan membentuk endapan pada saat penambahan natrium

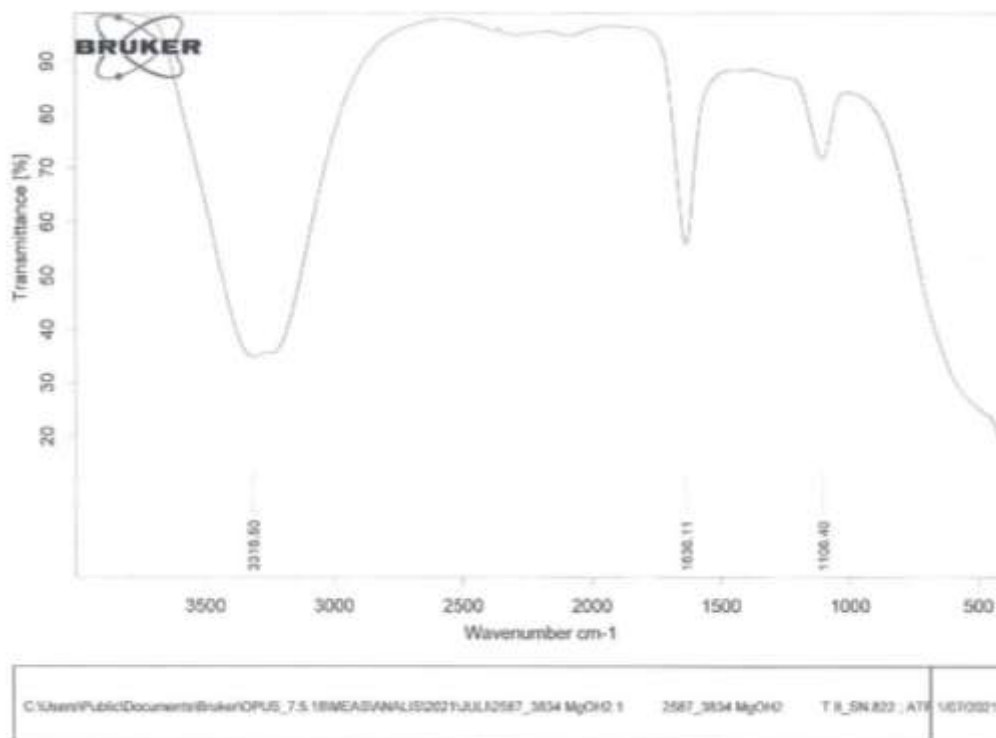
hidroksida. Endapan yang terbentuk dari hasil penambahan natrium hidroksida dalam ekstraksi magnesium hidroksida tidak jauh berbeda, hal ini juga diperkuat dari hasil statistik yang dilakukan dengan uji Anova yakni signifikansi sebesar 0,605 yang artinya tidak

ada pengaruh secara nyata (tidak signifikan) dari semua perlakuan pada penambahan natrium hidroksida pada bittern.

Perlakuan dengan perbandingan mol 1 : 1 yakni sebesar 76802,70833 mg/Kg merupakan perlakuan dengan kandungan magnesium yang paling optimal dari semua perlakuan dan perlakuan perbandingan mol 1 : 0,90 yakni sebesar 75858,245 mg/Kg merupakan perlakuan dengan kandungan magnesium yang paling rendah meskipun hasil dari semua perlakuan tidak berbeda secara nyata. Perlakuan perbandingan mol 1 : 1 adalah perbandingan yang optimal karena memiliki hasil yang paling tinggi dari semua perlakuan, hal ini disebabkan oleh pemberian natrium hidroksida berdasarkan molaritasnya setara dengan molaritas magnesium yang terdapat pada bahan baku bittern sehingga kandungan magnesium yang terikat oleh natrium hidroksida lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Penambahan natrium hidroksida dibawah molaritas magnesium akan menyebabkan pengikatan ion magnesium tidak terikat secara sempurna. Penambahan natrium hidroksida diatas molaritas magnesium juga tidak mampu mengikat magnesium secara

sempurna dan bahkan kadar magnesium yang diperoleh menurun. Perlakuan dengan perbandingan mol diatas 1 : 1 tidak efektif karena pemborosan terhadap bahan baku natrium hidroksida, namun yang dihasilkan tidak optimal, maka perlakuan tersebut tidak disarankan untuk diproduksi karena tidak bernilai ekonomis untuk diproduksi. Kontrol pada sampel tidak memiliki kadar karena tidak terdapat endapan pada saat penyaringan bittern tanpa memberikan perlakuan apapun.

Ekstraksi magnesium hidroksida oleh penambahan natrium hidroksida dengan bahan baku bittern yang telah direduksi kadar sulfatnya yang terbentuk paling optimal berdasarkan kandungan magnesium pada endapan adalah perlakuan perbandingan mol 1 : 1. Berdasarkan hasil tersebut perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui magnesium hidroksida yang terbentuk pada endapan dengan menggunakan Fourier Transformasi *Infra Red* (FTIR) dengan melihat gugus OH yang berikatan dalam endapan tersebut. Berikut adalah hasil dari uji *Fourier Transformasi Infra Red* (FTIR) pada endapan magnesium hidroksida yang disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Hasil analisa spektrum FTIR dari endapan ekstraksi magnesium hidroksida

Hasil analisa spektrum FTIR dapat terlihat puncak yang tajam pada gelombang 3316,50 cm⁻¹ dengan vibrasi peregangan (stretching) melebar yang merupakan ciri dari asimetris gugus OH, hal ini berdasarkan literatur pada

penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Hsu & Nacu (2005) dan Sagala *et al.* (2014) untuk endapan magnesium hidroksida. Hasil analisis spektrum FTIR dari endapan dapat dikonfirmasi

bahwa endapan mampu membentuk magnesium hidroksida.

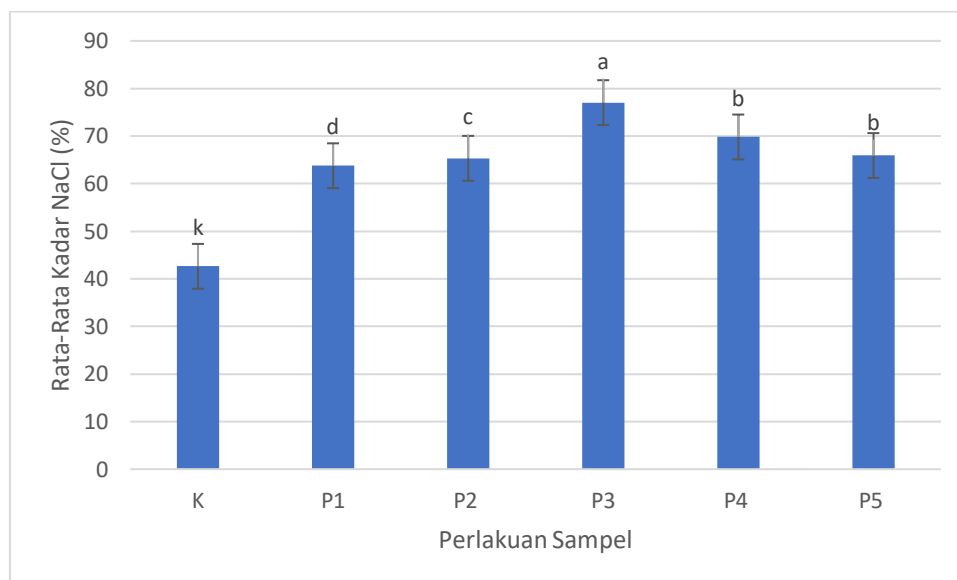
Endapan magnesium hidroksida diharapkan dapat dijadikan inovasi baru dari limbah bittern yang dihasilkan dari produksi garam serta diharapkan mampu meningkatkan perekonomian dan kesejahteraan petambak garam sehingga tidak ada limbah yang terbuang ataupun yang dicampurkan kembali pada bahan baku dalam produksi garam, mengingat harga magnesium hidroksida 95% sebesar Rp1.950.000/kg dalam skala laboratorium dan natrium klorida dapat dijual bersama dengan garam lainnya karena hasil yang diperoleh tidak terlalu tinggi kadarnya termasuk garam krosok atau garam ternak.

Kandungan Natrium Klorida

Penambahan natrium hidroksida dalam ekstarksi magnesium hidroksida pada bittern

yang telah direduksi kadar sulfatnya menghasilkan produk berupa endapan dan filtrat. Endapan yang diperoleh merupakan magnesium hidroksida yang didasarkan pada kandungan magnesium pada endapan sedangkan filtrat yang diperoleh adalah larutan natrium klorida. Hasil filtrat yang diperoleh akan dikristal kembali dengan menggunakan hotplat yang bertujuan untuk membentuk kristal (endapan) garam yang akan dianalisa kandungan natrium kloridanya. Garam yang telah dikristalkan dianalisa kandungan natrium kloridanya dengan menggunakan metode titrasi berdasarkan SNI 3556 :2016 tentang Garam Industri Aneka Pangan.

Berdasarkan analisa kandungan natrium klorida yang dilakukan maka diperoleh kandungan natrium klorida pada kristal garam hasil filtrat dan pada kontrol yakni bittern tanpa perlakuan penambahan apapun yakni terdapat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Hasil kandungan natrium klorida dalam filtrat yang diendapkan

Kandungan natrium klorida yang diperoleh dari hasil filtrat menunjukkan bahwa kandungan yang paling tinggi terdapat pada perbandingan mol 1 : 1 dengan hasil 77,61 % sedangkan yang paling rendah yakni pada perbandingan mol 1 : 0,90 dengan hasil 69,225 % jika dibandingkan dengan kandungan pada perlakuan yang lainnya dan juga kontrol, dimana kontrol memiliki kadar sebesar 42,6271 %, hal ini dapat dipengaruhi oleh pengikatan ion magnesium pada bittern dimana pada perlakuan dengan perbandingan 1 : 1 merupakan pengikatan ion magnesium yang paling optimal sehingga hasil filtrat natrium klorida lebih murni dibandingkan perlakuan yang lainnya, maka dapat dinyatakan bahwa

pengikatan magnesium pada penambahan natrium hidroksida dalam ekstraksi magnesium hidroksida berbanding lurus dengan kandungan natrium klorida pada hasil filtrat. Semakin optimal pengikatan magnesium dalam ekstraksi magnesium hidroksida maka semakin tinggi kemurnian kandungan natrium klorida pada filtrat. Berdasarkan hasil statistik yang dilakukan dengan uji Anova yakni signifikansi sebesar 0,000 yang artinya terdapat pengaruh secara nyata (signifikan) dari semua perlakuan pada penambahan natrium hidroksida pada bittern yang telah dikurangi kadar sulfatnya untuk membentuk filtrat natrium klorida dan untuk mengetahui penambahan yang paling optimal dalam pembentukan natrium klorida

maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji Duncan. Berdasarkan hasil uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan perbandingan 1 :1 adalah perlakuan yang paling optimal. Data statistik tersebut dapat memperkuat hasil yang diperoleh.

Berdasarkan SNI 8207:2016 Garam Industri Aneka Pangan memiliki persyaratan mutu yakni minimal 97 % untuk kandungan natrium klorida (NaCl) sedangkan kandungan natrium klorida (NaCl) yang diperoleh dari hasil filtrat yang paling tinggi hanya sebesar 77,61 %, hal ini menunjukkan bahwa filtrat yang dihasilkan belum dapat memenuhi persyaratan mutu garam aneka pangan karena hasil yang diperoleh dibawah standar dan hanya masuk kedalam garam kualitas III. Penyebab dari rendahnya kualitas garam yang diperoleh dapat disebabkan oleh pengotor yang masih ikut terhadap filtrat, hal ini dikarenakan pengotor yang direduksi hanya sulfat sedangkan pengotor pada bittern salah satunya berupa magnesium, kalium, kalsium, natrium, sulfat menurut Faizah (2018) Warna garam yang dihasilkan dari filtrat berwarna putih bersih namun dengan mudah menyerap udara dan merembes air dalam garam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah perlakuan yang paling optimal dalam penambahan natrium hidroksida pada bittern yang telah direduksi kadar sulfatnya dalam endapan ekstraksi Magnesium Hidroksida dan filtrat natrium klorida yakni pada endapan P3 dengan perbandingan mol 1 : 1 dengan rata-rata kandungan magnesium yang tertinggi sebesar 76802,70833 mg/Kg. Endapan yang terbentuk dapat dibuktikan berdasarkan hasil dari uji FTIR yang menunjukkan terdapat gugus OH yang terdapat dalam endapan. Kadar Natrium Klorida pada filtrat yang paling optimal juga terdapat pada P3 sebesar 77,61% berdasarkan analisa natrium klorida.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsa, Asmadi. (2004) *Pendekatan Kuantitatif Kualitatif dalam Penelitian Psikologi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Assadad, L., & Utomo, B. S. B. (2011). Pemanfaatan garam dalam industri pengolahan produk perikanan. *Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 6(2), 26-37.
- Arwiyah, A., Zainuri, M., & Efendy, M. (2015). Studi kandungan NaCl di dalam air baku dan garam yang dihasilkan serta produktivitas lahan garam menggunakan media meja garam yang berbeda. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 8(1), 1-9.
- BSN. (2010). *Standar Nasional Indonesia*. SNI 3556:2010. Garam Konsumsi Beryodium. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2016). *Standar Nasional Indonesia*. SNI 8207:2016. Garam Industri Aneka Pangan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Faizah, N., Indriyani, L., Juwari, J., & Handogo, R. (2018). Pra Desain Pabrik Pupuk MgSO₄. 7H₂O dari Bittern. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), F141-F144.
- Fauzin, F. (2019). Analisis Pengaturan Perlindungan Petambak Garam di Kabupaten Sampang dalam Kebijakan Tata Kelola Garam. *Jurnal Pamator: Jurnal Ilmiah Universitas Trunojoyo*, 12(2), 113-121.
- Hidayah, F. (2014). Pengaruh voltase terhadap rendemen magnesium hidroksida dari bitterns melalui sistem elektrolisis. *Jurnal Sains Dasar*, 3(2), 156-161.
- Hoiriyah, Y. U. (2019). Peningkatan kualitas produksi garam menggunakan teknologi geomembran. *Jurnal Studi Manajemen dan Bisnis*, 6(2), 71-76.
- Hsu, J. P., & Nacu, A. (2005). Preparation of submicron-sized Mg (OH) 2 particles through precipitation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 262(1-3), 220-231.
- Latipun. (2002). *Psikologi Eksperimen*. Malang: UMM Press.
- Nurulfadilah, A. (2015). *Potensi Pemanfaatan dan Pengolahan Brine Water dari Proses Desalinasi Air Laut*. Bandung. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung.
- Rahmanto, W. H., Asy'ari, M., Rame, R., & Marihati, M. (2006). Sel Elektrolisis 3-Kompartemen untuk Ekstraksi Magnesium dan Sulfat dari Sistem Larutan MgSO₄-KCl-H₂O. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 9(1), 14-21.
- Raesta, R. A., Hartatik, N. I., Layudha, S. I., Nurohman, M. I., dan Kurniasari, L. (2017). Pemanfaatan Bittern (Air Tua) Garam Untuk Pembuatan Peel Of Mask Dengan Ekstrak Daun Pepaya Sebagai Anti Jerawat. *Prosiding SNST*: 37-42. Semarang. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Pratiwi, W. S. W., Nuzula, N. I., Suci, D. S., Kartika, A. G. D., & Effendy, M. (2021). Produksi MgCl₂ dari Bittern melalui Optimalisasi Pemisahan Ion Sulfat

- Menggunakan Reagen Kalsium Klorida Dihidrat. *Journal of Marine Research*, 10(2), 243-251.
- Sagala, S. L., Rikha B., Dian S. P., Ifan R. S. (2014). Pengolahan Limbah Garam untuk Menghasilkan Magnesium Hidroksida sebagai Bahan Baku Industri. *38 Prosiding Seminar Hasil Penelitian Terbaik Tahun 2014*. Desember 2014. Jakarta Utara. 94-107
- Sembiring, N. (2011). *Pemanfaatan dan Usaha Sari Air Laut Berbasis Masyarakat*. Disampaikan pada Seminar Melalui Teknologi Tepat Guna Kita Tingkatkan Produksi dan Kualitas Pergaraman Rakyat. Jakarta. Februari.
- Sidik, R. F. (2013). Variasi produk pupuk majemuk dari limbah garam (Bittern) dengan Pengatur Basa Berbeda. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 6(2), 99-104.
- Suprihatin. (2010). Pemanfaatan Air Laut Pada Pembuatan $Mg(OH)_2$ Dengan Penambahan $Ca(OH)_2$ Dari Dolomit. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 10(1), 19-23.
- Tansil, Y., Belina, Y., & Widjaja, T. (2016). Produksi garam farmasi dari garam rakyat. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), F80-F84.
- Zainuri, M., Anam, K., & Susanti, A. P. (2016, July). Hubungan kandungan natrium chlorida (NaCl) dan magnesium (Mg) dari garam rakyat di Pulau Madura. In *Prosiding Seminar Nasional Kelautan* (pp. 167-172).