

KAJIAN PENGELOLAAN LIMBAH CAIR PADA INDUSTRI GARAM KONSUMSI BERYODIUM

Rieke Yuliasuti¹⁾, Handaru Bowo Cahyono
Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya

ABSTRACT

A study has been carried out on the management of iodized salt consumption industry wastewater, where so far this waste water is simply disposed of into the receiving water body after circulation is carried out. The purpose of this study is to provide industrial players / practitioners with options for waste water management that can be used in the iodized salt consumption industry so that the technology can be applied. The characteristics of this waste water contain high COD and TDS, besides that it still contains quite high non-metal minerals including magnesium, sodium, chloride, sulfate, and calcium. The characteristics of the waste are almost close to the characteristics of sea water and old brine / salt-making waste (bittern). The management of iodized salt industrial wastewater can use a Wastewater Treatment Plant (IPAL) or by using it in other forms. Alternative options for WWTP technology that can be chosen include evaporating concentrator, Reverse osmosis, Thickener, Aerobic Biology, using adsorbents and electrochemistry. Meanwhile, the utilization of waste water can be a coagulant, $Mg(OH)_2$, $MgCl$, fertilizer and as a fish preservative.

Keywords: Wastewater, iodized salt consumption industry, IPAL, reuse of wastewater

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan garam pada tahun 2020 mencapai 4,4 juta ton, dengan 84% dari angka tersebut merupakan kebutuhan industri manufaktur, ditambah adanya pertumbuhan industri eksisting 5-7% serta penambahan industri baru menurut Menteri Perindustrian Agus Gumiwang Kartasasmita [1]. Adanya kebutuhan kebutuhan garam yang cukup tinggi tersebut, seharusnya memancing para pelaku usaha garam untuk semakin meningkatkan produksinya. Pelaku usaha garam dapat dibedakan menjadi dua yaitu petani garam dan industri garam konsumsi beryodium. Dimana industri garam beryodium mengambil bahan bakunya dari petani garam. Proses produksi pada industri garam beryodium diawali dari pencucian bahan baku dalam hal ini adalah garam mentah yang diambil dari petani garam. Proses produksi garam, tidak tergolong rumit. Garam mentah dicuci dan digiling kemudian dikeringkan. Sesudah itu dilakukan proses yodisasi, pengovenan kemudian pengemasan.

Dari proses produksi tersebut selain menghasilkan produk, juga menghasilkan limbah cair dari proses pencucian. Sebenarnya dilakukan sirkulasi terus menerus pada proses pencucian tersebut, sehingga air cucian garam awal berkisar 24^0 Be dan derajat boume cenderung naik sebanding dengan kepekatannya. 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. Berdasarkan data primer dari salah satu industri garam yang ada di Jawa Timur, sekurang – kurangnya sekitar $1\text{ m}^3/\text{hari}$ untuk 10 ton / produk air cucian garam atau air limbah akan terbuang di badan air penerima [2].

Di Indonesia, belum ada baku mutu khusus untuk limbah cair industri garam konsumsi beryodium. Di Jawa Timur, sesuai dengan Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 Mengenai Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha lainnya tercantum untuk kegiatan yang belum ditetapkan peruntukan baku mutunya maka masuk ke golongan 2 [3]. Mengingat jumlah limbah cair yang terbuang cukup banyak, menurut salah satu industri garam terbesar di Jawa Timur maka pemerintah akan segera menetapkan baku mutu khusus untuk industri garam konsumsi beryodium. Adanya kondisi tersebut maka industri garam beryodium perlu memikirkan cara pengolahan ataupun pemanfaatan limbah cair dari proses produksi secara tepat.

Dalam artikel ini bertujuan untuk mengkaji pengelolaan limbah cair industri garam konsumsi beryodium sehingga pelaku industri/praktisi dapat mendapat gambaran untuk pengolahan limbah yang sesuai dengan kondisi lingkungan ataupun dapat mengembangkan teknologi tersebut sehingga tepat guna serta nantinya limbah cair yang terbuang tidak merusak lingkungan.

¹ Korespondensi penulis: Rieke Yuliasuti, riekeyuliasuti@yahoo.com

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan secara keseluruhan adalah deskriptif kualitatif dan kuantitatif berdasarkan kajian literatur. Kajian yang digunakan dalam mendapatkan informasi untuk mengkaji pengelolaan limbah cair pada industri garam konsumsi beryodium melalui studi literatur dari artikel / jurnal / buku serta data-data primer hasil dari pengujian limbah cair industri garam konsumsi beryodium.

Pembahasan kajian ini dimulai dari dengan mengkaji asal limbah cair industri garam konsumsi beryodium dan hasil karakteristik limbahnya. Metode yang digunakan untuk menjabarkan asal limbah cair industri garam adalah dengan pengamatan langsung di industri, wawancara dengan industri garam konsumsi beryodium. Sedangkan untuk mengetahui karakteristik air limbahnya digunakan data primer dari hasil analisis limbah cair yang diambil dan data dari artikel kemudian diambil rata-ratanya.

Kajian lebih lanjut mengenai pengelolaan limbah cair industri garam beryodium adalah dengan membagi pengelolannya menjadi dua yaitu dengan mengolahnya melalui Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) dan memanfaatkan air limbah tersebut (melalui recycle dan reuse). Bahan kajian untuk design IPAL didapatkan dari analisis dan perhitungan ilmiah design IPAL yang berdasarkan data limbah cair industri garam beryodium. Sedangkan kajian pemanfaatan air limbah industri garam konsumsi beryodium didasarkan dari artikel/jurnal/buku yang terkait penelitian yang sejenis.

Dari uraian diatas kemudian dilakukan penarikan kesimpulan pengelolaan limbah cair industri garam beryodium sehingga beberapa informasi yang terpecah menjadi satu kesatuan yang informatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Karakteristik Limbah Cair

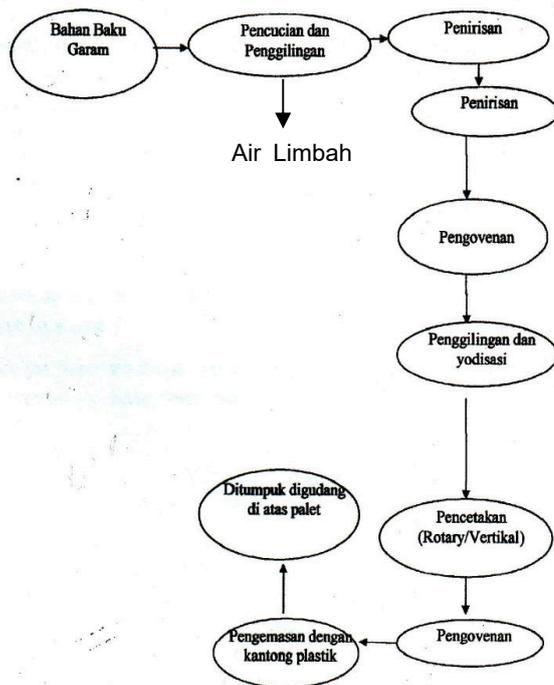
Proses produksi garam konsumsi beryodium terdapat beberapa type ada yang lengkap maupuntidak. Umumnya proses produksi pada garam secara lengkap terdiri dari pencucian, penirisan, iodisasi, penggilingan, pengovenan, pengemasan. Namun terdapat juga industri yang tidak melakukan proses penggilingan atau pencucian dikarenakan industri tersebut membeli bahan baku yang telah siap packing. Begitu pula untuk metode pencucian dan pengovenan ada bermacam-macam. Ada yang lebih dari 1 kali guna benar-benar menghilangkan impuritis dalam bahan baku. Salah satu contohnya adalah industri garam yang berada di Jawa Timur dengan proses produksi yang terlihat pada Gambar 1.

Proses produksi garam beryodium dimulai dari pencucian garam bahan baku. Menurut Peraturan Menteri Perindustrian No. 42 tahun 2005, apabila garam bahan baku belum memenuhi persyaratan sesuai SNI, maka wajib ditingkatkan kualitasnya melalui proses pencucian [4]. Tujuan lainnya dari proses pencucian adalah membersihkan garam dari berbagai kotoran, seperti pasir dan lumpur. Pencucian ini juga bertujuan untuk mengurangi kandungan kalsium (Ca), Sulfat (SO₄) dan senyawa tak larut lainnya. Penggunaan larutan garam jenuh atau Brine dengan kepekatan 20-25 Be sebagai larutan pencuci dengan kandungan magnesium (Mg) maksimal 10 PPM. Perbandingan larutan pencuci dan garam adalah 1:6. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, pencucian sebaiknya dilakukan sebanyak 5-6 kali [5].

Proses penirisan bertujuan untuk untuk mengurangi kadar air dari garam yang telah dicuci dan untuk menyempurnakan pemisahan kotoran terlarut yang menempel pada garam serta mengurangi pemakaian bahan bakar pada proses pengeringan [6]. Proses selanjutnya adalah iodisasi. Sesuai dengan SNI 3556:2016 Garam Konsumsi Beryodium, kadar iodium sebagai KIO₃ yang ditambahkan minimal 30 mg/kg. Penambahan dan pencampuran dapat dilakukan secara manual ataupun menggunakan alat misal pompa dengan sistem penetesan (deep feeding sistem) pada garam yang berjalan pada screw conveyor [7].

Tahap selanjutnya adalah pengovenan untuk menghilangkan kadar air yang akan mempengaruhi kualitas garam. Kandungan air yang ada didalam garam sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatannya, agar garam tidak rusak saat didistribusikan maka kandungan airnya harus dikurangi [8]. Dalam SNI 3556:2016 kadar air maksimal yang ada dalam produk adalah 7% [9]. Sesudah proses pengovenan kemudian dilanjutkan dengan proses pengemasan.

Dari diagram alir proses produksi tersebut maka limbah cair industri garam, berasal dari proses pencucian bahan baku. Secara visual, bekas air cucian tersebut berwarna putih kekuningan. Hal tersebut disebabkan karena terikutnya partikel garam yang halus dari proses pencucian [2]. Hasil uji laboratorium terhadap limbah cair ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1 Proses Produksi Industri Garam Konsumsi beryodium.

Tabel 1. Hasil Uji Limbah Cair Industri Garam

No	Parameter	Satuan	Hasil	Pergub Jatim No 72/2013, Gol Baku Mutu Air Limbah Kelas II
1.	COD	mg/l	4772,96	300
2.	TSS	mg/l	187	400
3.	TDS	mg/l	354400	4000
4.	Elektrokonduktivitas	mS/cm	> 1314	Ts
5.	Magnesium	mg/l	24300	Ts
6.	Natrium	mg/l	73350	Ts
7.	Clorida (Cl ⁻)	mg/l	23311,92	Ts
8.	Sulfat	mg/l	9475	Ts
9.	Kalium (K ⁺)	mg/l	8643	Ts
10.	Boron (B ⁺)	mg/l	30,4	Ts
11	Clorin (Cl ₂)	mg/l	0,206	2
12	Calcium (Ca ₂ ⁺)	mg/l	568,5	Ts
13	Kesadahan	mg/l	103550	Ts
14	Fe	mg/l	<0,0280	10

Ts ; tidak dipersyaratkan

Berdasarkan hasil uji diatas maka tampak bahwa beberapa parameter sudah melebihi standard yang dipersyaratkan. Parameter tersebut antara COD, TDS dan Besi. COD yang tinggi pada perairan mengindikasikan terjadi pencemaran organik dalam air [10]. TDS yang tinggi menandakan banyaknya padatan terlarut didalamnya, sehingga semakin buruk kualitas air tersebut. Penyebab kenaikan nilai TDS adalah padatan terlarut yang terkandung pada larutan, sementara nilai konduktivitas listrik pada perairan dipengaruhi oleh jumlah ion yang terkandung pada perairan tersebut. Semakin banyak jumlah padatan terlarut maka semakin banyak jumlah ion pada suatu larutan, karena jumlah padatan terlarut mengandung ion-ion yang tersusun menjadi senyawa pada padatan terlarut tersebut [11].

Limbah cair yang dibuang ke badan air penerima tentunya akan menurunkan kualitas air. Akan menyebabkan kekeruhan, mengurangi cahaya yang masuk, pendangkalan bahkan lebih jauh lagi akan menyebabkan biota mati dan merubah ekosistem. Sehingga limbah cair ini harus diolah lebih lanjut.

Pengolahan Limbah Cair

Menggunakan Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL)

Alternatif pilihan teknologi pengolah air limbah (IPAL) yang sedang dikembangkan dan dapat digunakan untuk mengolah air limbah industri garam konsumsi beryodium antara lain:

a. Evaporating concentrator

Menurut Sasakura Engineering Co.,LTD. Air limbah mengandung garam dapat diolah menggunakan evaporating concentrator. Air limbah yang disuplai dilewatkan pre-heater, lalu disemprotkan ke atas kumpulan pipa penghantar panas yang dipasang secara horisontal di dalam evaporator bersama dengan air sirkulasi. Air limbah yang telah disemprotkan lalu diuapkan di permukaan pipa penghantar panas yang dikontrol secara dekomresi. Uap yang dikeluarkan dikompres oleh pompa panas, dialirkan ke dalam pipa penghantar panas dengan lajur alir yang tinggi sebagai uap pemanas, sehingga menjadi kondensat [12].

b. Reverse Osmosis (RO)

Umumnya desalinasi air laut memakai RO. Air limbah industri garam konsumsi beryodium karakteristiknya hampir sama dengan air laut sehingga prinsip pengolahan RO dapat digunakan. RO adalah perpindahan air atau larutan dari konsentrasi tinggi (TDS tinggi) ke konsentrasi rendah (TDS rendah) yang dipisahkan oleh membran semipermeable [13]. Seperti halnya prinsip RO yang digunakan untuk air laut, air laut diberi tekanan sehingga air tawar yang terkandung di dalam air laut keluar menembus dinding pemisah (membran) [7]. Prinsip tersebut dapat pula digunakan untuk air limbah industri garam konsumsi beryodium.

c. Thickener

Sumitomo Heavy Industries Environment Co., Ltd mengembangkan Sumi Thickener untuk Penjernihan air garam kasar. Alat sedimen ini mempunyai sistem aglomerasi kecepatan tinggi yang dapat memperoleh air olahan yang jernih, dengan memisahkan cara suspensi dan air. Ciri khas sumi thickener adalah ada pembentukan flock aglomerasi yang sifat sedimennya bagus, melalui beberapa tahap penambahan flokulan polimer ke dalam mixing chamber yang dipasang di bagian dalam bak air, ada pembagian dengan pengendapan terhadap flock aglomerasi secara efektif, mampu memekatkan flock aglomerasi yang mengendap di bagian dasar bak air [12]. Teknologi ini dapat di terapkan untuk air limbah mengandung garam, dimana air limbah mengandung suspensi akan diendapkan sehingga terpisah antara sludge dan cairan. Garam yang terbentuk akan dipekatkan menjadi flok-flok.

d. Proses Biologi Aerobik

Menurut Setianingsih, 2015, Air limbah dengan kadar garam tinggi dapat diolah dengan sistem lumpur aktif. Walau tidak efektif untuk penurunan parameter nilai klorida akan tetapi untuk MLVSS dapat menurunkan BOD hingga 89,89% [14]. Hal tersebut dikarenakan sistem lumpur aktif yang diperkaya konsorsium bakteri yang hidup didalam sistem lumpur aktif yang diperkaya dengan bakteri halotolerant untuk mengolah limbah organik berkadar garam tinggi [15]. Keberhasilan proses biologi aerobik dapat mengolah parameter pencemar pada air limbah dengan kadar garam tinggi, memungkinkan pula digunakan untuk mengolah air limbah pada industri garam beryodium.

e. Menggunakan Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu didalam partikel itu. Oleh karena pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 m²/g [16]. Adsorben yang dapat umum digunakan antara lain karbon aktif, zeolit, sekam dan lain-lain. Sebetulnya, belum ada penelitian mengenai pengolahan air limbah industri garam beryodium, namun karakteristik limbah tersebut dekat dengan air laut ataupun tambak. Gustian,2005 melakukan penelitian mengenai studi penurunan salinitas air dengan zeolit alam, hasilnya bahwa zeolit alam yang telah diaktifkan dapat menurunkan kadar garam NaCl sampai 80% namun untuk Zeolit alam yang tidak direndam dalam larutan ammonium nitrat dan hanya dikalsinasi juga dapat menurunkan kadar garam, tetapi hanya mencapai 30% [17]. Amiliya, 2019, mencoba mengadsorpsi kalsium dan magnesium dalam limbah air tambak garam menggunakan bentonit dan hasilnya efisiensinya 97,211% untuk Ca dengan kondisi operasional pH 5 sedangkan untuk Mg efisiensinya 71,22% dengan kondisi operasionalnya pH 4 [18]. Untuk bahan dari alam, dapat digunakan adsorber dari akar mangrove sebagai karbon aktif, seperti yang dilakukan oleh J caroline, 2017, hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari akar mangrove dapat

menurunkan kadar klorida sebesar 15,3% untuk karbon aktif teraktivasi H₂SO₄ sedangkan yang teraktivasi HCL menurunkan kadar klorida sebesar 13,1% [19]. Beberapa penelitian diatas dapat digunakan sebagai dasar untuk mengolah air limbah industri garam konsumsi beryodium.

f. Menggunakan Elektrokimia

Teknologi ini dapat digunakan untuk pengolahan limbah yang bertujuan untuk memurnikan sesuatu. Seperti halnya pemisahan ion K (Kalium) dan Ca (Calsium) dalam bittern dengan membran elektrodialisis, yang dilakukan oleh Hapsari. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil terbaik untuk ion Kalium (K) diperoleh pada konsentrasi feed sebesar 57.353,55 ppm, voltage kuat arus sebesar 2,3 Volt dengan waktu selama 150 menit dan % Rejeksi yang diperoleh sebesar 98,18% , sedang untuk ion Calsium (Ca) diperoleh pada konsentrasi feed sebesar 4.938 ppm, voltage kuat arus sebesar 2,9 Volt dengan waktu selama 30 menit dan % Rejeksi yang diperoleh sebesar 98,93% [20]. Hanya saja kelemahan teknologi ini butuh dana investasi yang lumayan tinggi.

Pemanfaatan Limbah Cair

Selain pengolahan limbah maka tindakan pengelolaan lingkungan yang dapat dilakukan adalah penggunaan kembali (reuse) airbekas pencucian garam. Langkah ini dapat menghemat penggunaan air sekaligus mengurangi limbah cair yang dibuang ke lingkungan. Biasanya perusahaan menggunakan larutan pencuci ini dan menambah atau membuangnya secara berkala 3 hari sekali. Syarat teknis larutan pencuci adalah 20-25° Be, tetapi pada prakteknya pengukuran ini jarang dilakukan. Pengukuran sebaiknya dilakukan secara berkala sehingga bisa meningkatkan umur pakai larutan pencuci. Selain itu pembersihan larutan pencuci dari pengotor tak larut secara rutin juga bisa menaikkan umur larutan pencuci [7].

Konsep pemanfaatan limbah menjadi barang lain tentunya menjadi alternatif pilihan yang menarik. Limbah yang tidak mempunyai nilai ekonomis bahkan mencemari lingkungan namun akan berubah menjadi lebih bernilai bila diubah karakakternya / sifatnya. Beberapa konsep pemanfaatan yang dapat diterapkan pada limbah cair industri garam beryodium antara lain :

a. Pemanfaatan limbah cair garam sebagai koagulan

Nugraha AK dkk, melakukan penelitian terhadap Pemanfaatan Bittern / limbah cair garam tua sebagai koagulan alternatif pengolahan limbah tepung ikan. Hasilnya bittern / limbah industri garam dapat dimanfaatkan sebagai koagulan dengan kisaran 8-24 mg/l dan lama pengadukan kisaran 20-60 detik. Hasil yang didapatkan bittern dapat menurunkan kandungan TSS optimum 72.09 % pada dosis bittern 20 mg/l lama pengadukan 50 detik. Sedangkan nilai optimum dari penurunan kekeruhan 16 mg/l dan lama pengadukan 50 detik dengan penyisihan kekeruhan 72,38 % [21]. Hal tersebut dikarenakan bittern mengandung MgCl₂, KCl, MgSO₄, NaCl, dan garam lain yang bisa dimanfaatkan sebagai koagulan alamiah yang aman untuk lingkungan. Karakteristik bittern hampir mirip dengan limbah cair pada industri garam beryodium sehingga prinsip pemanfaatan tersebut tersebut dapat diterapkan.

b. Pemanfaatan limbah cair garam sebagai Mg(OH)₂

Baik air limbah garam tua (bittern) maupun limbah cair industri garam konsumsi beryodium, keduanya masih mengandung Mg yang tinggi. Limbah cair industri garam tersebut dapat dimanfaatkan menjadi Mg(OH)₂ dengan cara mengendapkannya dengan Ca(OH)₂. Dengan cara ini, secara kuantitatif didapatkan Mg sebesar 3,68 gram/l [2]. Metode pembuatan Mg(OH)₂ dari air garam tua lainnya adalah dengan menggunakan elektrokimia, sehingga menghasilkan hingga 81,73% [22].

c. Pemanfaatan limbah cair garam sebagai MgCl₂

Magnesium yang diisolasi dari bahan dasar air garam tua/bittern dalam hal ini bisa juga menggunakan limbah cair garam konsumsi beryodium dapat ditambahkan natrium hidroksida sehingga menghasilkan magnesium hidroksida, kemudian dirubah menjadi magnesium klorida dengan menambahkan magnesium klorida. Hasilnya diperoleh kristal MgCl₂ yang berwarna putih bersifat higroskopis dengan kadar 65,5% [23].

d. Pemanfaatan limbah cair garam sebagai pupuk

Limbah hasil pengolahan garam (bittern) dapat diubah menjadi pupuk mikronutrisi antara lain menjadi pupuk *Multinutrien Phosphat Base* dan Pupuk *Struvite*. Kedua jenis pupuk ini adalah pupuk yang bersifat *slow release* sehingga bersifat ramah lingkungan, karena pupuk tersebut dapat terserap ke dalam tanah secara berkala [24]. Lain halnya dengan Sidik, yang memanfaatkan limbah garam tersebut menjadi pupuk majemuk dengan formulasi Mg₂(NH₄)₂(PO₄)₂·4H₂O, Mg(NH₄)(PO₄)₂·4H₂O dan NaMg(NH₄)(PO₄)₂·4H₂O. Hal tersebut dilakukan dengan mencampurkan bittern pada asam fosfat dan amonia dengan perbandingan molar (1:1:1)[25]. Sedangkan Nadia dkk, 2015, Mengaplikasikan pupuk bittern berbasis fosfat pada perikanan di tambak. Pupuk dibuat dengan formulasi Na₂HPO₄ 250 ml + NaOH 250 ml + bittern 250 ml sehingga

menghasilkan pupuk berbasis fosfat sebanyak 46,4994 gram. Indikator yang diperoleh dari hasil ujicoba adalah ikan yang dipelihara di tambak yang dipupuk menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik [26].

Pupuk $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ juga dapat dibuat dari bittern. Hal tersebut dilakukan oleh Faizah dkk, 2018 dengan menggunakan bittern dan bahan pembantu Natrium Hidroksida (NaOH) dan larutan asam sulfat (H_2SO_4) [27]. Beberapa alternatif pengolahan limbah garam menjadi pupuk tersebut bisa digunakan pada limbah cair industri garam beryodium.

e. Pemanfaatan limbah cair garam sebagai pengawet ikan

Selayaknya bittern, limbah cair industri garam beryodium masih mengandung sedikit NaCl, dan tinggi Mg. Nilawati, 2014, melakukan pengasinan ikan gabus dengan menggunakan bittern. Dimana perlakuan yang terbaik diperoleh pada pemakaian larutan garam 30⁰ Be pada kandungan 40 persen. Begitu pula semiring 2011 dalam nilawati, menyatakan bahwa limbah bittern dapat mengawetkan ikan [28].

4. KESIMPULAN

Proses produksi garam konsumsi beryodium selain menghasilkan produk juga menghasilkan limbah cair. Limbah ini bila tidak dikelola dengan baik maka akan menimbulkan pencemaran air. Limbah cair ini mengandung COD dan TDS yang tinggi, selain itu masih mengandung mineral non logam yang cukup tinggi diantaranya magnesium, natrium, chlorida, sulfat, calcium. Karakteristik limbah tersebut hampir mendekati dengan karakteristik air laut maupun air garam tua / limbah pembuatan garam (bittern) sehingga untuk pengolahan limbahnya dapat didekatkan ke arah sana. Pengolahan limbah cair industri garam beryodium dapat menggunakan Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) ataupun dengan Memanfaatkannya dengan bentuk lain. Alternatif pilihan teknologi IPAL yang dapat dipilih antara lain dengan evaporating concentrator, Reverse osmosis, Thickener, Biologi Aerobik, dan Menggunakan Adsorben. Sedangkan untuk pemanfaatan limbah cair dapat menjadi koagulan, $Mg(OH)_2$, Na(OH), pupuk dan sebagai pengawet ikan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. WE Online, 2020, Pemerintah Putuskan Impor Garam Untuk Industri, [https://www.wartaekonomi.co.id/read308530/pemerintah-putusan-impor-garam-untuk-industri#:~:text=%22Kebutuhan%20garam%20pada%202020%20mencapai,Jumat%20\(9%2F10\)](https://www.wartaekonomi.co.id/read308530/pemerintah-putusan-impor-garam-untuk-industri#:~:text=%22Kebutuhan%20garam%20pada%202020%20mencapai,Jumat%20(9%2F10).). Diakses tanggal 20 Oktober 2020
- [2]. Yuliasuti R, Cahyono HB, "Pemanfaatan Limbah Cair Cucian industri Garam Sebagai $Mg(OH)_2$ ". Jurnal teknologi Lingkungan, Vol 21, No.2, 2020.
- [3]. Gubernur Jawa Timur, "Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Mengenai Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha lainnya", 2013.
- [4]. Peraturan Menteri perindustrian No. 42 Tahun 2005 Tentang Pengolahan, Pengemasan & Pelabelan Garam Beryodium
- [5]. Rianto Audri, 2019, Proses pembuatan Garam Beryodium Untuk Dikonsumsi. <https://www.isw.co.id/post/2019/07/02/proses-pembuatan-garam-beriodium-untuk-dikonsumsi>, diakses tanggal 19 oktober 2020.
- [6]. Marihati dan Nilawati, "Pengelolaan Internal Dan Optimasi Proses Produksi Di Ikm Garam Beryodium Menuju Perolehan Sertifikat SNI Produk", Proceeding Seminar Nasional Pangan Lokal, Bisnis dan Eko Industri, 2015.
- [7]. Nugroho Edy M.S., Purwanto dan Suherman, "Pengelolaan Lingkungan pada IKM Garam Konsumsi Beryodium di Kabupaten Rembang", Jurnal Ilmu Lingkungan, 14(2),88-95, 2016.
- [8]. Kiono Tamtono FB, Sony S, "Pengujian Pengeringan Garam Briket Skala Laboratorium", Jurnal Rotasi, Vol.19,No3, April 2017 : 104-109, 2017.
- [9]. Standard Nasional Indonesia (SNI) 3556:2016, Garam Konsumsi Beryodium, Badan Standardisasi Nasional
- [10]. Sara SP, Astono W, Hendrawan ID, "Kajian Kualitas Air di Sungai Ciliwung Dengan Parameter BOD dan COD", Seminar Nasional Cendekiawan Ke 4, Buku 1 : Teknik, Kedokteran Hewan, Kesehatan, Lingkungan dari lanskap, 2018.
- [11]. Arlindia I, Afdal, "Analisis Pencemaran Danau Maninjau Dari Nilai TDS dan Konduktivitas Listrik", Jurnal Fisika Unand, Vol.4, No.4, Oktober 2015
- [12]. Kementerian Lingkungan Hidup Jepang, "Katalog Alat Pengendali Pencemaran Lingkungan Hidup dan Alat Ukur Terkait Dengan Penanganan Air Limbah di Industri", Buku Rangkuman Kegiatan

- Pengembangan Global Teknologi Penanganan Lingkungan Hidup Model Jepang di dalam Program Kerjasama bilateral dengan Indonesia, 2013.
- [13].Yoshi L.A, Widiasta Nyoman I, “Sistem Desalinasi Membran Reverse Osmosis (RO) untuk Penyediaan Air Bersih”, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”, Yogyakarta, 2016.
- [14].Setianingsih IN, et all, “Pengolahan air limbah kadar garam tinggi dengan sistem lumpur aktif”, Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Vol.6 No.2, November 2015 (45-50), 2015.
- [15].Yuliasni R, Setianingsih IN, “Identifikasi Bakteri di Sistem Lumpur Aktif yang Diperkaya dengan Bakteri Sebagai Pengolah Limbah Organik Berkadar Garam Tinggi”, Prosiding Seminar Nasional SAINS dan Enterprepreneurship VI Tahun 2019.
- [16].Rahmayani F, Siswarni MZ, “Pemanfaatan Limbah Batang Jagung Sebagai Adsorben Alternatif pada Pengurangan Kadar Klorin Dalam Air Olahan (Treated Water)”, Jurnal Teknik Kimia USU, Vol.2, No.2, 2013.
- [17].Gustian I dan Suharto E.T, “Studi penurunan salinitas air dengan menggunakan zeolit alam yang berasal dari bengkulu”, Jurnal Gradien Vol.1 No.1 Januari 2005 : 38-42, 2005.
- [18].Amiliya EM, “Adsorpsi Kalsium dan Magnesium dalam Limbah Air Tambak Menggunakan Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat”, Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, 2019.
- [19].J. Caroline, dkk, “Pengolahan Air laut Menggunakan Karbon Aktif Dari Akar Mangrove”, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V tahun 2017.
- [20].Hapsari N, “Proses Pemisahan Ion K dan Ca Dalam Bittern Dalam Membran Elektrodialisis”, Jurnal Rekayasa Perencanaan, Vol.4 No.1 Okt 2007.
- [21].Nugraha AK, dkk, “Pemanfaatan Bittern Sebagai Koagulan Alternatif, Pengolahan Limbah Tepung Ikan”, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.8 No.1 tahun 2018, pages 1-9, 2018.
- [22].Amrulloh H, Simanjuntak dan Situmeang, “Sintesis $Mg(OH)_2$ dari Bittern Menggunakan Metode Elektrokimia”, ALKIMIA Vol.1 No.1 tahun 2017.
- [23].Gilmawan G, Mahmiah, “Pemanfaatan Limbah Garam (Bittern) Untuk Pembuatan Magnesium Klorida ($MgCl_2$)”, Jurnal Riset Kelautan Tropis Vol 1, No.2 , 2019.
- [24].Oktaviana dkk, “Pengolahan Limbah Garam (Bittern) Menjadi Pupuk Multinutrisi Yang Ramah Lingkungan”, LSP Educade journal :E01, Vol.1, No.19 Desember 2015, Lingkar Studi pendidikan – FKIP UNS, 2015.
- [25].Sidik FR, “Variasi Produk Pupuk Majemuk Dari Limbah Garam (Bittern) Dengan Pengatur Basa Berbeda”, Jurnal Kelautan, Vol. 6 No.2, Oktober 2013.
- [26].Nadia, M., Zainuri, M., Efendy, M. “Prototype Pupuk Multinutrient Berbasis Phosphate Berbahan Dasar Limbah Garam (Bittern) Sebagai Alternatif Solusi Penumbuh Pakan Alami”. Jurnal Kelautan. 8:1907-9931, 2015.
- [27].Faizah N dkk, “Pradesign Pabrik Pupuk $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dari bittern”, Jurnal Teknik ITS, Vol.7 No.1, 2018.
- [28].Nilawati, “Pemanfaatan Limbah Cair Garam Bahan Baku 30° Be Untuk Pengasinan Ikan Gabus Rendah NaCl dan Mengandung Mg”, Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Vol.5, No.2, November 2014.