

Penurunan BOD dan COD pada Limbah Cair Industri Rumput Laut Menggunakan Ion Exchange dalam Reaktor Fixed Bed

Muhammad Hakiki Hifdillah, Wisnu Damayati, Laurentius Urip Widodo

Program Studi Teknik Kimia -Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia

*corresponding author: hakikihifdillah@gmail.com

Received 4 April 2020; Accepted 30 Desember 2020; Available online 26 februari 2021

Abstrak

Salah satu masalah dari industri rumput laut adalah pengolahan limbahnya. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri rumput laut memiliki kandungan BOD awal 4813,53 mg/liter dan COD sebesar 9023,26 mg/L. Pada penelitian ini akan dilakukan penurunan kadar BOD dan COD dari limbah cair industri rumput laut dengan menggunakan ion exchange dalam reaktor fixed bed. Variabel yang kami gunakan adalah tinggi unggun yaitu 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm dan laju alir sebesar 1ml/s, 2 ml/s, 3 ml/s, 4 ml/s, 5 ml/s. Penurunan kadar COD dan BOD yang terendah diperoleh pada proses pengontakkan dengan tinggi unggun sebesar 30 cm dan kecepatan alir sebesar 1 ml/det yaitu untuk COD sebesar 2399.23 mg/L sedangkan, untuk BOD sebesar 611.55 mg/L.

Kata kunci : BOD; COD; fluidisasi unggun diam; limbah; penukar ion; rumput laut

Abstract

One of the problems faced in the seaweed industry is related to waste problems. Where this seaweed industry liquid waste has an initial BOD content of 4813.53 mg/litre and a COD of 9023.26 mg / L, in this study aims to reduce the levels of BOD and COD from seaweed industrial wastewater by using one of the chemical waste treatment processes, namely ion exchange in fixed bed reactors. The variables we use are the bed height of 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm and the flow rate of 1ml / s, 2ml / s, 3ml / s, 4ml / s, 5ml / s. The lowest reduction in COD and BOD was obtained in the contact process with a bed height of 30 cm and a flow rate of 1 ml/sec which for COD was 2399.23 mg / L and for BOD was 611.55 mg / L.

Keywords: BOD; COD; fixed bed fluidization; ion exchange; seaweed; waste

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu penghasil rumput laut terbesar di dunia. Pada tahun 2015 produksi rumput laut mencapai 235.374 ton (rumput laut kering) atau lebih dari 50 % kebutuhan dunia. Peningkatan produksi rumput laut setiap tahunnya diikuti dengan meningkatnya kapasitas produksi pada industri olahan yang ada di Indonesia. Di dalam negeri, rumput laut digunakan sebagai bahan baku dalam beberapa industri dengan total jumlah 16.189 ton. Limbah yang tersisa dari proses produksi industri rumput laut ini sebesar 8.371 ton yang sampai

saat ini belum diketahui pemanfaatannya (Loppies, 2017)

Sejak tahun 1980 terjadi peningkatan permintaan rumput laut dalam bidang industri makanan, tekstil, kertas, cat, kosmetik, dan farmasi (Hikmah, 2015). Permasalahan limbah utamanya limbah cair merupakan masalah utama dari industri rumput laut dan merupakan hal yang perlu diperhatikan dampaknya terhadap lingkungan. Penanganan yang baik dari pembuangan limbah ke lingkungan diperlukan agar tidak mengancam kelestarian ekosistem yang berada di sekitar. Aspek sosial

juga merupakan salah satu dampak akibat timbulnya limbah karena dapat mengganggu masyarakat sekitar area pembuangan limbah (Dewa, 2018).

Limbah adalah hasil buangan dari suatu proses produksi yang lebih dikenal sebagai sampah, yang kehadirannya tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Secara kimiawi, limbah ini terdiri dari senyawa organik dan anorganik. Kehadiran limbah dapat berdampak negatif bagi lingkungan terutama terhadap kesehatan manusia, sehingga penanganan terhadap limbah perlu dilakukan.

COD dan BOD

Kebutuhan oksigen merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan tingkat polusi organik di dalam limbah. COD adalah salah satu pengukuran yang paling umum digunakan untuk indikator karakteristik dari suatu limbah. COD merupakan oksigen yang setara dengan bahan organik dari sample yang membutuhkan oksidasi dari oksidan kimia. (Liao, 1999) BOD (Biochemical oxygen demand) adalah tingkatan atau ukuran dari kandungan bahan organik yang dapat terurai didalam air. BOD dapat di tentukan secara konvensional dengan mengukur konsentrasi oksigen terlarut dalam air tersebut sebelum dan sesudah inkubasi 5 atau 7 hari pada 20°C. (Modin, 2012)

Pengolahan Air Limbah Secara Kimia

Pengolahan limbah secara kimia bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel yang sulit untuk mengendap ataupun ion-ion yang terlarut yang ada dalam limbah tersebut. Pengolahan limbah secara kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia yang bisa menghasilkan partikel berukuran lebih besar ataupun menambah kan bahan kimia yang dapat menukar ion-ion yang ada dalam limbah tersebut (Said, 2009).

Pertukaran ion (Ion Exchange)

Pengolahan limbah cair ini terdiri dari tangki pengumpulan limbah cair dengan saluran resirkulasi yang mengandung eduktor untuk memungkinkan penambahan zat aditif kimia

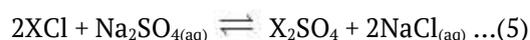
yang nantinya digunakan pada saat proses penukaran ion (Eneges,1978)

Penukar Ion (Ion Exchanger)

Penukar ion adalah material padatan yang tak dapat larut yang mengandung kation atau anion yang dapat bertukar. Ion – ion tersebut dapat bertukar dengan nilai stokiometri yang sama dengan ion lain dan memiliki tanda yang sama saat penukar ion berkontak dengan larutan elektrolit. Penukar ion yang membawa kation yang dapat bertukar disebut cation exchangers, dan penukar ion yang membawa anion yang dapat ditukar disebut anion exchangers. Beberapa material memiliki kemampuan untuk dapat menukar anion maupun kationnya. Material tersebut disebut dengan amphoteric ion exchangers. Reaksi umum pertukaran kation adalah sebagai berikut :



Sedangkan reaksi umum pertukaran anion adalah sebagai berikut :



(helfferich, 1995)

Penukar ion (ion exchanger) digunakan untuk menghilangkan io-ion atau mineral yang larut dalam limbah. Pertukaran ion berlangsung dengan cara difusi fluida yang keluar masuk resin, sehingga ion-ion yang lebih besar afinitasnya lebih mudah untuk bereaksi terhadap resin-resin yang digunakan . Sifat dasar resin yang di bentuk ditentukan oleh gugus fungsi yang berupa asam atau basa yang diikat oleh polimer pembentuk resin. Jumlah gugus fungsi persatuan berat resin menentukan kapasitas asal atau kapasitas paritik pertukaran yang dinyatakan sebagai dry weight capacity (meq/g resin)(Purwanto, 2013)

Sifat Resin

Sifat-sifat Penting Resin Penukar Ion adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas Penukaran ion

jumlah ion-ion yang dapat dipertukarkan dan dinyatakan dalam mek (milliekivalen) per gram resin kering dalam bentuk hidrogen atau kloridanya atau dinyatakan dalam milliekivalen tiap milliliter resin (meq/ml).

2. Selektivitas

Sifat resin penukar ion yang menunjukkan aktifitas pilihan atas ion tertentu. Secara umum selektivitas penukaran ion dipengaruhi oleh muatan ion dan jari-jari ion. Faktor yang menentukan selektivitas terutama adalah gugus ionogenik dan derajat ikat silang. Selektivitas resin penukar ion akan menentukan dapat atau tidaknya suatu ion dipisahkan dalam suatu larutan apabila dalam larutan tersebut terdapat ion-ion bertanda muatan sama, demikian juga dapat atau tidaknya ion yang telah terikat tersebut dilepaskan.

3. Derajat ikat silang (crosslinking)

Sifat ini menunjukkan konsentrasi jembatan yang ada di dalam polimer. Derajat ikat silang tidak hanya mempengaruhi selektivitas, tetapi juga mempengaruhi kelarutan, kapasitas pertukaran, perilaku mekaran, perubahan volume, ketahanan kimia dan oksidasi.

4. Porositas

Nilai porositas menunjukkan ukuran pori-pori saluran-saluran kapiler. Ukuran saluran-saluran ini biasanya tidak seragam. Porositas berbanding langsung derajat ikat silang, walaupun ukuran saluran-saluran kapilernya tidak seragam. Jalinan resin penukar mengandung rongga-rongga, tempat air terserap masuk. Porositas mempengaruhi kapasitas dan keselektifan. Bila tanpa pori, hanya gugus ionogenik di permukaan saja yang aktif.

5. Kestabilan resin

Kestabilan penukar ion ditentukan juga oleh mutu produk sejak dibuat. Kestabilan fisik dan mekanik terutama menyangkut kekuatan dan ketahanan gesekan. Ketahanan terhadap pengaruh osmotik, baik saat pembebanan maupun regenerasi, juga terkait jenis monomernya. Kestabilan termal jenis makropori biasanya lebih baik daripada yang gel, walau derajat ikat silang serupa. Akan tetapi lakukan panas penukar kation makropori agak mengubah struktur kisi ruang dan porositasnya. (Lestari, 2007)

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Pertukaran Ion

1. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran mempengaruhi proses pertukaran ion. Semakin cepat debit aliran yang ditetapkan dalam proses pertukaran ion, semakin sedikit konsentrasi ion yang dapat dipertukarkan. Hal ini disebabkan waktu tinggal dan kontak antara air laut dengan resin semakin pendek.

2. Konsentrasi Ion Terlarut

Semakin banyak konsentrasi ion yang akan dipertukarkan, maka akan semakin lambat kecepatan berlangsungnya suatu reaksi pertukaran ion dan semakin sedikit konsentrasi ion yang akan dipertukarkan. Hal ini disebabkan karena resin memiliki kapasitas ion yang terbatas.

3. Tinggi Media Penukar Ion

Semakin tinggi media penukar ion yang terdapat dalam kolom pertukaran, semakin banyak konsentrasi ion akan dipertukarkan. Hal ini disebabkan semakin tinggi resin maka semakin banyak jumlah resin. (Pujiastuti, 2008)

4. Waktu Kontak

Semakin lama waktu kontak yang terjadi dalam kolom penukar ion maka pertukaran ion semakin optimal. (Syauqiah, 2011)

Adapun tujuan penelitian ini adalah yang pertama untuk menurunkan BOD dan COD pada limbah cair industri rumput laut dan untuk mempelajari kebutuhan resin terhadap penurunan BOD dan COD limbah cair industri rumput laut. Diharapkan pada penelitian ini dengan memvariasi laju alir sebesar 1,2,3,4,5 ml/s dan tinggi unggun sebesar 10,15,20,25,30 cm didapatkan hasil penurunan COD dan BOD yang besar.

METODE PENELITIAN

Bahan

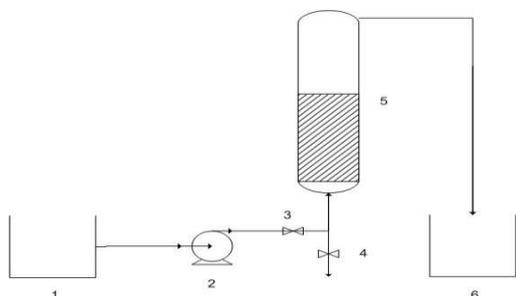
Bahan yang digunakan penelitian ini yaitu Limbah Cair Industri Rumput Laut PT. Indoalga Wonoayu Jawa Timur yang memiliki kadar COD sebesar 9023,26 mg/L dan kadar BOD sebesar 4813,53 mg/L serta Resin Anion Merk Dowex

Alat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Jurusan Teknik Kimia Universitas Pembangunan

“Veteran” Jawa Timur Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah rangkaian alat fluidisasi.

Rangkaian alat fluidisasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Fluidisasi

Keterangan :

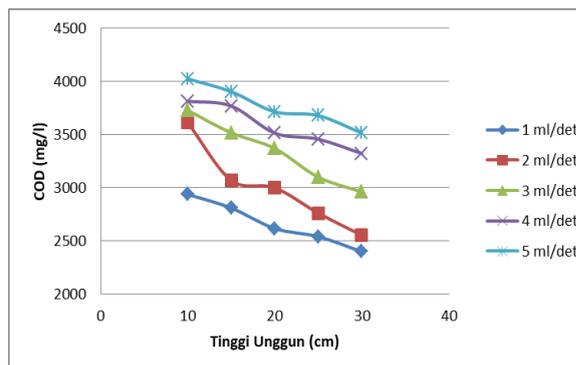
1. Tangki Penampung
2. Pompa
3. Kran
4. Kran Pembuangan
5. Kolom Fluidisasi
6. Tangki Penampung hasil

Prosedur

Penelitian ini diawali dengan menyiapkan bahan baku yaitu limbah cair industri rumput laut serta resin anion merk Dowex. Kemudian melakukan kalibrasi terhadap volume yang dikeluarkan pompa untuk mengetahui power pompa yang dibutuhkan untuk menghasilkan laju alir yang dibutuhkan sesuai variable yaitu 1ml/s, 2ml/s, 3ml/s, 4ml/s, 5ml/s. Setelah itu mengisi kolom fluidisasi dengan resin setinggi variable yang di tentukan yaitu sebesar 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm. Kemudian menuju proses pengontakan antara limbah cair industri rumput laut dengan resin dalam kolom fluidisasi selama 1 jam dengan laju alir dan tinggi resin sesuai variable. Hasil dari proses pengontakan tersebut kemudian di tampung untuk dianalisis kadar BOD serta COD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian, diperoleh hubungan tinggi ungi unggun pada reaktor terhadap kadar COD disajikan dalam gambar 3 berikut ini



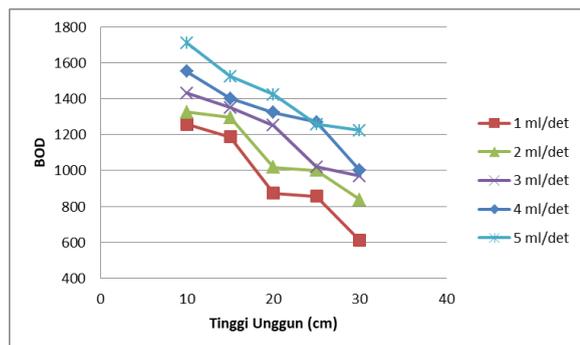
Gambar 3. Hubungan antara tinggi unggun (cm) dengan kadar COD limbah cair industri rumput

Dari gambar 3 terlihat bahwa bahwa semakin tinggi unggun penukar ion maka kadar COD dari limbah tersebut juga mengalami penurunan yang semakin besar hal ini dikarenakan semakin tinggi unggun penukar ion maka ion yang akan dipertukarkan juga semakin banyak. Hal ini sesuai dengan teori menurut (Alchin, 2008) yaitu Semakin tinggi unggun penukar ion maka semakin banyak ion yang akan dipertukarkan sehingga semakin besar penurunan nilai COD. hal ini dapat terjadi karena semakin banyak resin yang ditambahkan maka semakin banyak senyawa organik dalam limbah cair industri rumput laut yang terurai, disamping itu resin yang ditambahkan adalah resin baru bukan resin hasil regenerasi.

Hasil terbaik didapatkan nilai COD yang terendah pada proses pengontakan dengan tinggi unggun 30cm serta lagu alir 1ml/s yaitu sebesar 2399,23 mg/L dari nilai kadar COD awal sebesar 9023,26 mg/L. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur tentang baku mutu air limbah untuk industri pengolahan rumput laut batas maksimum COD dalam limbah adalah 250mg/liter, sedangkan hasil terbaik penelitian ini diperoleh COD sebesar 2399,23 mg/liter, yang mana limbah belum memenuhi standart baku mutu.

Mula-mula nilai BOD awal limbah cair rumput laut sebesar 4813,53 mg/liter. Setelah dilakukan pengontakkan dengan resin seperti pada Gambar 4.

Penurunan Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Industri Rumput Laut Menggunakan Ion Exchange Dalam Reaktor Fixed Bed



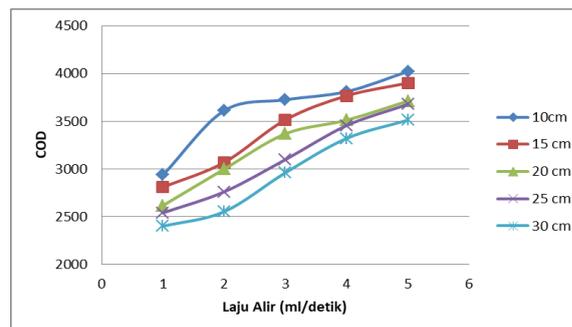
Gambar 4. Hubungan antara tinggi unggun (cm) dengan kadar BOD limbah cair industri rumput laut

Didapatkan hasil bahwa semakin banyak resin yang ditambahkan maka semakin besar pula penurunan BOD. Hasil penurunan terbaik diperoleh pada tinggi unggun 30 cm dan laju alir 1ml/s didapatkan nilai BOD sebesar 611,55 mg/liter.

Dari penelitian yang telah kami lakukan penurunan BOD mengalami peningkatan seiring bertambahnya tinggi unggun. Semakin tinggi unggun maka makin banyak ion yang dipertukarkan hasil dari proses pertukaran tersebut salah satunya adalah air. Air yang dihasilkan tersebut menyebabkan nilai BOD menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Sani, 2019), bahwa semakin tinggi unggun maka penurunan kadar BOD juga semakin besar hal ini dikarenakan semakin banyak resin yang ditambahkan maka ion yang dipertukarkan juga semakin banyak dan semakin banyak pula H₂O yang dihasilkan.

Menurut Pergub Jawa Timur (2013) tentang baku mutu air limbah untuk industri pengolahan rumput laut batas maksimum BOD adalah 100mg/liter, sedangkan hasil terbaik pada penelitian pengontakkan dengan resin diperoleh BOD sebesar 611,55 mg/liter, hasil limbah belum memenuhi standar baku mutu.

Nilai COD awal sebelum dilakukan proses pengontakkan yaitu sebesar 9023,26 mg/L. setelah dilakukan pengontakkan dengan variasi laju alir diperoleh hubungan antara laju alir dengan kadar COD limbah cair industri rumput laut seperti disajikan pada gambar 5 berikut ini.

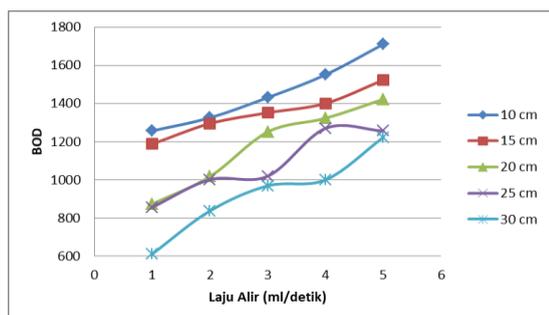


Gambar 5. Hubungan antara laju alir (cm) dengan kadar COD limbah cair industri rumput laut

Dari gambar 5 terlihat bahwa semakin besar laju alir maka kadar COD semakin meningkat. Pada proses pengontakkan limbah secara langsung dengan resin didapatkan hasil penurunan kadar COD terbesar yaitu 2399,23 ml/det pada laju alir 1 ml/det sedangkan kadar COD tertinggi setelah proses pengontakkan limbah dengan resin sebesar 4022.11 mg/L pada laju alir 5ml/det.

Dari hasil penelitian ini semakin kecil laju alir yang digunakan maka semakin lama waktu kontak antara limbah dengan resin sehingga proses pertukaran ion semakin maksimal. Pada kecepatan alir yang rendah (waktu tinggal dalam kolom yang tinggi) memberi kesempatan pada ion – ion untuk berikatan dengan gugus – gugus fungsi yang ada pada resin sehingga makin lambat kecepatan alir, makin banyak ion – ion yang terserap. Semakin rendah laju alir yang digunakan maka proses kontak antara resin dengan limbah juga semakin lama sehingga proses pertukaran anion yang ada di dalam limbah semakin optimal. Kecepatan alir yang rendah (waktu tinggal dalam kolom yang tinggi) memberi kesempatan kepada ion Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ Untuk berikatan dengan gugus fungsi negative OH⁻ pada resin sehingga makin lambat kecepatan alir, makin banyak ketiga ion logam ini yang bertukar. ion HCO₃⁻ lebih banyak yang bertukar karena ion ini dapat berikatan lebih cepat dengan satu gugus fungsi negative dibandingkan dengan ion Cl⁻ dan SO₄²⁻ karena memiliki afinitas lebih tinggi di banding kedua ion lainnya.

Hubungan antar waktu kontak dengan kadara BOD dapat dilihat da



Gambar 6. Penurunan BOD terhadap Kecepatan Alir (ml/det)

Pada gambar 6 terlihat bahwa mula-mula hasil BOD analisa awal sebelum dilakukan proses pengolahan sekitar 4813,53 mg/L. Pada proses pengontakan limbah secara langsung dengan resin didapatkan hasil penurunann kadar BOD terbesar yaitu 611,55 ml/det pada laju alir 1 ml/det. Hal ini dikarenakan semakin besar laju alir yang digunakan maka proses kontak antara resin dengan limbah juga semakin cepat sehingga proses pertukaran anion yang ada di dalam limbah juga semakin cepat sehingga proses pertukaran anion yang ada di dalam limbah semakin tidak optimal. Kecepatan alir yang rendah (waktu tinggal dalam kolom yang tinggi) memberi kesempatan kepada ion Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- Untuk berikatan dengan gugus fungsi negative OH^- pada resin sehingga menghasilkan H_2O dari hasil reaksi antara ion-ion tersebut dengan resin.

SIMPULAN

Kadar COD yang terendah diperoleh pada proses pengontakkan dengan tinggi unggun sebesar 30 cm dan kecepatan alir sebesar 1 ml/det yaitu sebesar 2399.23 mg/L sedangkan, untuk nilai BOD yang terendah diperoleh pada proses pengontakkan dengan tinggi unggun sebesar 30 cm dan kecepatan alir sebesar 1 ml/det yaitu sebesar 611.55 mg/L. Semakin lama waktu pengontakan limbah cair dengan resin didalam kolom dan semakin tinggi unggun penukar ion akan semakin tinggi penurunan kadar BOD & COD dari limbah cair rumput laut tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Alchin, David. 2008. "Ion Exchange Resins". New Zealand; the New Zealand Institute of Chemistry

Anggreni, M. W. 2012. "Pengolahan Limbah Padat Sebagai Bagian Penerapan Konsep Green Building". Depok.; Universitas Indonesia

Apriani, R. S., & Wesen, P. (2010). Penurunan Salinitas Air Payau dengan Menggunakan Resin Penukar Ion. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 2 (1) ISSN 2085-501-X Hal 64, 77.

Boyles, W. (1997). *Chemical Oxygen Demand. Technical information series, Booklet*, (9), 24.

Dewa, R. P. (2016). Penanganan Baku Mutu Kualitas Air Limbah Produksi Atc Dari Rumput Laut *Eucheuma ottonii*. *Majalah BIAM*, 12(2), 34-40

Fitriyanti, A. (2015). *Kinerja Penukar Ion Berbasis Karbon Aktif Dan Zeolit Dalam Proses Pengolahan Air Sanitasi Di Diii Teknik Kimia (Ion Exchanger Performance Based on Activated Carbon and Zeolite in the Process of Sanitation Water Treatment in DIII Chemical Engineering)* (Doctoral dissertation, Undip).

Helfferrich, 1995 "Ion Exchange" New York; Dover Publication

Hikmah, H. (2015). Strategi Pengembangan Industri Pengolahan Komoditas Rumput Laut e. *Cotonii* untuk Peningkatan Nilai Tambah Di Sentra Kawasan Industrialisasi. *Jurnal kebijakan sosial ekonomi kelautan dan perikanan*, 5(1), 27-36.

Lenvil, G. Rich, 1963. "Unit Processes of Sanitary Engineering" John Wiley Limited and Sons, Inc, New York.

Lestari, D. E., & Utomo, S. B. (2007, November). Karakteristik Kinerja Resin Penukar Ion Pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-Gas. In *Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir*. ISSN1978-0176. Banten.

Liao, C. H., Kang, S. F., & Hung, H. P. (1999). Simultaneous removal of cod and color from dye manufacturing process wastewater using Photo-Fenton oxidation process. *Journal of*

Penurunan Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Industri Rumput Laut Menggunakan Ion Exchange Dalam Reaktor Fixed Bed

Environmental Science & Health Part A,
34(4), 989-1012.

- Loppies, J. E., dan Yumas, M. (2017).
Pemanfaatan Limbah Cair Industri
Rumput Laut Sebagai Pupuk Organik Cair
Untuk Tanaman Pertanian.(Utilization of
Liquid Waste from Seaweed Industri as
Organic Liquid Fertilizer for rops). Jurnal
Industri Hasil Perkebunan, 12(2), 66-75.
- Modin, O., & Wilén, B. M. (2012). A novel
bioelectrochemical BOD sensor
operating with voltage input. Water
research, 46(18), 6113-6120.
- Montgomery, J. M, 1985. "Water Treatment
Principles and Design" A. Wiley
Interscience Publication, Joh Wiley
- O'amaddio, E. R., dan Enegeess, D. N.
(1978). U.S. Patent No. 4,105,556.
Washington, DC: U.S. Patent and
Trademark Office. and Sons, New York.
- Pujiastuti, C. (2008). Kajian Penurunan Ca Dan
Mg Dalam Air Laut Menggunakan Resin
(Dowex). Jurnal Teknik Kimia, 3(1), 199.
- Purwoto, S., dan Nugroho, W. (2013). Removal
Klorida, TDS dan Besi Pada Air Payau
Melalui Penukar Ion dan Filtrasi
Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon
Aktif. WAKTU, 11(1), 47-59.