

REMOVAL NATRIUM (Na⁺), KLORIDA (Cl⁻), DAN KESADAHAN AIR PAYAU DENGAN RESIN PENUKAR ION

Herlando Eka Putra Setyabudi¹⁾ Setyo Purwoto²⁾ Hayat Tulloh Husaini³⁾

^{1) 2) 3)}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
Email : setyopurwoto.enviro@gmail.com

Abstrak

Air payau merupakan air yang memiliki kadar garam yang tinggi hal ini disebabkan adanya intrusi air laut. Sehingga didapatkan beberapa parameter yang melebihi baku mutu. Jika warga mengkonsumsi air payau secara terus-menerus maka akan menyebabkan penyakit diare dan malaria. Oleh sebab itu, air payau harus diberikan perlakuan lebih lanjut agar dapat memenuhi syarat baku mutu air bersih menurut Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter Natrium (Na⁺), Klorida (Cl⁻), dan Kesadahan dalam air payau dengan menggunakan treatment pasangan resin kation-anion secara berulang. Air baku yang digunakan adalah air sumur daerah Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo. Variabel penelitian ini adalah waktu tinggal air baku 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Dari hasil penelitian efisiensi penurunan yang paling efektif yaitu waktu tinggal 30 menit, yang mampu menurunkan parameter Natrium (Na⁺) sebesar 4303,1 mg/L (71,8%), parameter Klorida (Cl⁻) sebesar 6641,6 mg/L (71,8%), dan parameter Kesadahan sebesar 10278,8 mg/L (99,4%).

Katakunci: Kesadahan, Klorida, Natrium, Pertukaran Ion.

Abstract

Brackish water is water that has high salt content, this is caused by seawater intrusion. So we get several parameters that exceed the quality standard. If people consume brackish water continuously it will cause diarrhea and malaria. Therefore, brackish water must be given further treatment to meet the clean water quality standards according to Permenkes RI No.416 / Menkes / Per / IX / 1990. This study aims to determine the efficiency of decreasing the parameters of Sodium (Na⁺), Chloride (Cl⁻), and Hardness in brackish water by using cation-anion resin pair treatment repeatedly. The raw water used is the well water in Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo. The variables of this study were the raw water residence time of 10 minutes, 20 minutes and 30 minutes. From the results of the study, the most effective reduction efficiency is a residence time of 30 minutes, which can reduce the sodium parameter (Na⁺) by 4303.1 mg/L (71.8%), the Chloride parameter (Cl⁻) by 6641.6 mg/L (71.8%), and the Hardness parameter is 10278.8 mg/L (99.4%).

Keywords: Hardness, Chloride, Sodium, Ion Exchange

1. PENDAHULUAN

Air bersih menjadi kebutuhan yang utama bagi makhluk hidup. Tidak hanya manusia, melainkan hewan, dan tumbuhan pasti membutuhkan air untuk bertahan hidup dan kebutuhan sehari-hari. Ada beberapa sumber air bersih yang bisa didapat diantaranya air tanah, dan mata air. Air tanah biasa didapat pada sumur gali. Menurut Astuti *et al.* (2007) mengatakan bahwa penyediaan air bersih merupakan masalah global yang mendesak untuk segera ditangani. Intrusi air laut di daerah pesisir telah menimbulkan masalah

penyediaan air bersih bagi penduduk di daerah tersebut. Masalah serupa telah lama ada bagi daerah tambak dan pulau-pulau kecil yang kandungan air tawarnya terbatas. Di daerah tersebut terdapat bahan pengotor yang melebihi batas standar air minum yaitu Na, Ca, Mg dan Cl. Akibat dari peristiwa inilah yang menyebabkan sumur pada daerah sekitar terasa asin dan mengandung garam yang tinggi. Air payau mengandung parameter kation-anion yang tinggi sehingga air tersebut belum layak untuk dikonsumsi dan jauh dari kriteria air bersih. Penduduk sekitar yang tanpa dibekali

pengetahuan dan teknologi yang baik dengan terpaksa mengkonsumsi air sumur payau tersebut tanpa adanya pengolahan sebelumnya. Air payau atau *brackish water* mempunyai salinitas antara 0.5 ppt s/d 17 ppt. Air ini banyak dijumpai di daerah pertambakan dan *estuary* yaitu pertemuan air laut dan air tawar serta sumur-sumur penduduk di pulau-pulau kecil atau pesisir yang telah terintrusi air laut. *Salinity* atau salinitas diukur berdasarkan jumlah garam yang terkandung dalam satu kilogram air. Contoh perbandingan nyata, air tawar mempunyai salinitas < 0.5 ppt dan air minum maksimal 0.2 ppt. Sumber literatur lain menyebutkan standar air tawar mempunyai salinitas maksimal 1 ppt dan salinitas air minum 0.5 ppt sedangkan air laut rata-rata mempunyai salinitas 35 ppt (Jamali *et al.*, 2007). Temuan dalam penggunaan treatment ferrolite, manganese zeolite, dan ion exchanger berupa resin anion dan resin kation pada air tanah mampu meremoval kandungan beban kekeruhan, warna, dan logam-logam Besi, Kromium, serta Mangan hingga menjadi kriteria parameter air bersih mengacu pada permenkes nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 (Purwoto *et al.*, 2016). Nurhayati. (2006), melaporkan bahwa sampel pesisir Sidoarjo Jawa timur Indonesia menunjukkan hasil : konsentrasi klorida sekitar 8580 mg/L sedang TDS sekitar 19.310 mg/L, dan kesadahan 7560 mg/L (sebagai CaCO_3), dimana kondisi tersebut sangat jauh dari memenuhi kriteria sebagai air bersih. Beberapa teknologi yang dapat dilakukan untuk mengolah air payau diantaranya destilasi/penguapan, teknologi dengan menggunakan membran, dan proses pertukaran ion. Prinsip demineralisasi dapat dilakukan secara: resin penukar ion, elektrodialisis, destilasi, transfer membran, *flash evaporation*, maupaun *reverse osmosis* (Montgomery, 2005). Penggunaan teknologi resin penukar ion adalah suatu teknologi yang sangat berguna untuk mengolah air payau menjadi air bersih. Menurut (Purwoto 2009) Dalam proses desalinasi, maka kation Na^+ dan anion Cl^- disisihkan dari air dan solid resin melepas ion H^+ untuk ditukar dengan ion Na^+ , serta OH^- ditukar dengan Cl^- dari air sehingga kandungan Na^+ dan Cl^- dalam air menjadi berkurang atau bahkan hilang. Hal ini yang membuat kualitas air olahan menjadi lebih baik. Resin merupakan suatu polimer yang terbuat dari *polystyrene* dengan divinil benzene

sebagai *cross link*. Resin dibagi menjadi 2 jenis yaitu : 1). Resin Kation berfungsi untuk melepas ion positif pada resin (misalnya H^+ atau Na^+) untuk ditukar dengan kandungan unsur kation pada air. 2). Resin Anion untuk melepas ion negatif pada resin (misalnya OH^- atau Cl^-) yang ditukar dengan kandungan unsur anion pada air.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar efisiensi penurunan parameter Natrium (Na^+), Klorida (Cl^-), dan Kesadahan dalam air payau dengan menggunakan *treatment* pasangan resin kation-anion secara berulang. Penelitian terdahulu menggunakan pertukaran ion dengan media *resin kation-anion* meremoval salinitas air payau sebesar 484 mg/L dari salinitas air sampel 1988 mg/L, dan 457 mg/L untuk salinitas air sampel 994 mg/L (Purwoto, 2008). Purwoto. (2009) menyimpulkan bahwa prosentasi *removal* parameter klorida dan salinitas dengan menggunakan *treatment* pasangan resin kation-anion adalah : sebesar 44,4 % dengan konsentrasi awal salinitas sebesar 1011 ppm, sedangkan untuk konsentrasi awal salinitas sebesar 4046 ppm diperoleh prosentasi *removal* sebesar 12,8 %. Penelitian yang dilakukan oleh Apriani (2010) adalah menurunkan salinitas air payau menggunakan resin. Resin yang digunakan adalah Amberjet 1200 H^+ dan Amberjet 4400 OH^- . Percobaan dilakukan dengan memvariasikan laju aliran pada kisaran 100-140 ml/menit dan rentang waktu pengamatan pada kisaran 1,5 – 7,5 jam. Hasil dari percobaan didapat efisiensi penyisihan Na^+ dan Cl^- terbaik terjadi pada aliran 100 ml/menit, untuk Na^+ yaitu 91,35% dan Cl^- sebesar 97,35%. Menurut (Purwoto, et al., 2019) perpaduan filtrasi, absorpsi, dan resin penukar ion dapat menurunkan khlorida sebesar 292 mg/L Cl^- , dan kesadahan total sebesar 265 mg/L CaCO_3

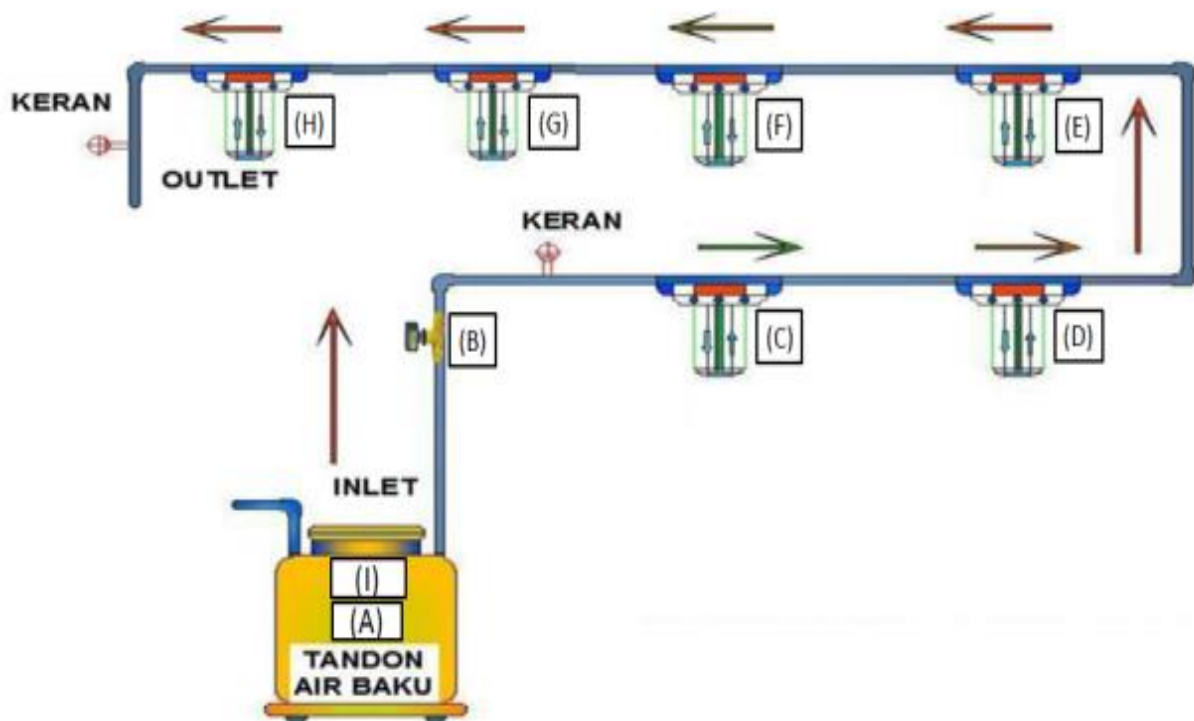
2. METODE

Rancangan penelitian dalam penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel air baku di daerah Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo, kemudian dilakukan pengolahan dengan metode pertukaran ion menggunakan media resin kation-anion secara berulang. Variabel yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu waktu tinggal air pada media dengan variasi waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Pada

setiap waktu tinggal dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 kali. Dengan masing masing waktu operasi 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Secara lengkap rangkaian alat disajikan pada Gambar 1 berikut.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Tandon air yang digunakan untuk penampung sampel air baku yang akan diolah.
- Bahan reaktor yang digunakan adalah *catridge filter housing*, Fungsi *housing filter* adalah untuk menempatkan *catridge filter* yang mana dalam proses ini *catridge filter* tidak dapat berdiri sendiri sehingga diperlukan *housing filter* sebagai rumahnya.
- Untuk memudahkan setting dan efisiensi aliran, pipa yang digunakan PVC, dengan setting sambungan *water-mur*.
- Pompa supplay menggunakan *submersible-pump* bahan plastik guna menghindari korosi.
- Flow meter dengan spesifikasi yang ditentukan untuk mengatur laju alir air sehingga diperoleh waktu tinggal yang diharapkan.
- Resin anion yang berfungsi sebagai media yang nantinya akan menukar ion negatif pada media dengan ion negatif pada sampel air baku.
- Resin kation yang berfungsi sebagai media yang nantinya akan menukar ion positif pada media dengan ion positif pada sampel air baku.



Gambar 1. Rancangan *Treatment* Air Payau

Keterangan Gambar 1 :

- (A) : Tandon sampel air baku yang akan diolah
(B) : *Flow meter*
(C) : Resin kation pada *catridge filter* dalam tabung *housing filter*
(D) : Resin anion pada *catridge filter* dalam tabung *housing filter*
(E) : Resin kation pada *catridge filter* dalam tabung *housing filter*
(F) : Resin anion pada *catridge filter* dalam tabung *housing filter*
(G) : Resin kation pada *catridge filter* dalam tabung *housing filter*
(H) : Resin anion pada *catridge filter* dalam tabung *housing filter*
(I) : *Submersible pump*

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah :

- Mempersiapkan saluran listrik dan pompa air.
- Waktu tinggal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Untuk mendapatkan waktu tinggal yang diharapkan maka digunakan *flow meter* untuk mengatur debit sesuai dengan variasi waktu tinggal.
- Sampel ditampung dalam tandon penampung kemudian dipompa dengan debit yang telah ditentukan dengan pola aliran *up flow* menuju instalasi *treatment* resin berulang.
- Setelah seluruh bagian instalasi terisi sampel, maka proses running dapat dijalankan.
- Sampel menuju *flow meter* untuk mendapatkan debit yang telah ditentukan.
- Sampel menuju housing filter (C) yang berisikan media resin kation untuk proses *treatment* pertama.
- Selanjutnya sampel menuju housing filter (D) yang berisikan media resin anion. Secara berulang dilakukan pada housing filter (E)-(H).
- Setelah sampel melewati semua *treatment*, sampel hasil dari proses dapat disampling pada saat waktu operasi yang ditentukan melalui kran outlet.

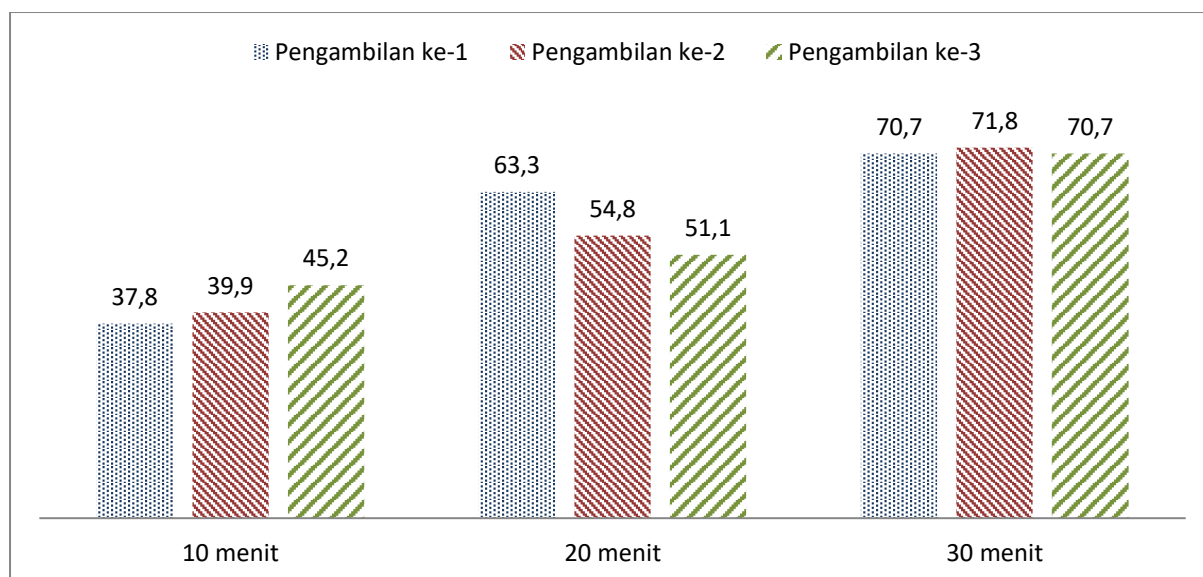
- Material yang digunakan untuk *treatment* harus dicuci terlebih dahulu untuk menghindari adanya zat pengotor pada alat dan bahan *treatment*.
- Sampel hasil olahan dianalisis dengan metode penelitian air untuk menguji parameter air bersih yang ditentukan.

Analisis data yang digunakan adalah persen removal (% removal), yaitu untuk mengetahui seberapa besar penurunan parameter-parameter terkandung dalam air baku. Metode yang digunakan dalam analisis data ini yaitu analisis secara tabel dan grafik kemudian dijelaskan dengan jalan membandingkan antar variasi waktu tinggal. Data yang diperoleh merupakan data dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi Penurunan Parameter Natrium (Na^+)

Natrium (Na^+) merupakan logam reaktif yang lunak, keperakan, dan seperti lilin, yang termasuk ke dalam logam alkali yang banyak terdapat di alam (Effendi, 2003). Sifat natrium yang sangat reaktif membuat natrium hampir tidak pernah ditemukan dalam bentuk unsur murni. Natrium yang dikombinasikan dengan klorida umum ditemukan sebagai garam dapur, dengan rumus NaCl . Efisiensi penurunan parameter Natrium (Na^+) tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Natrium (Na^+)

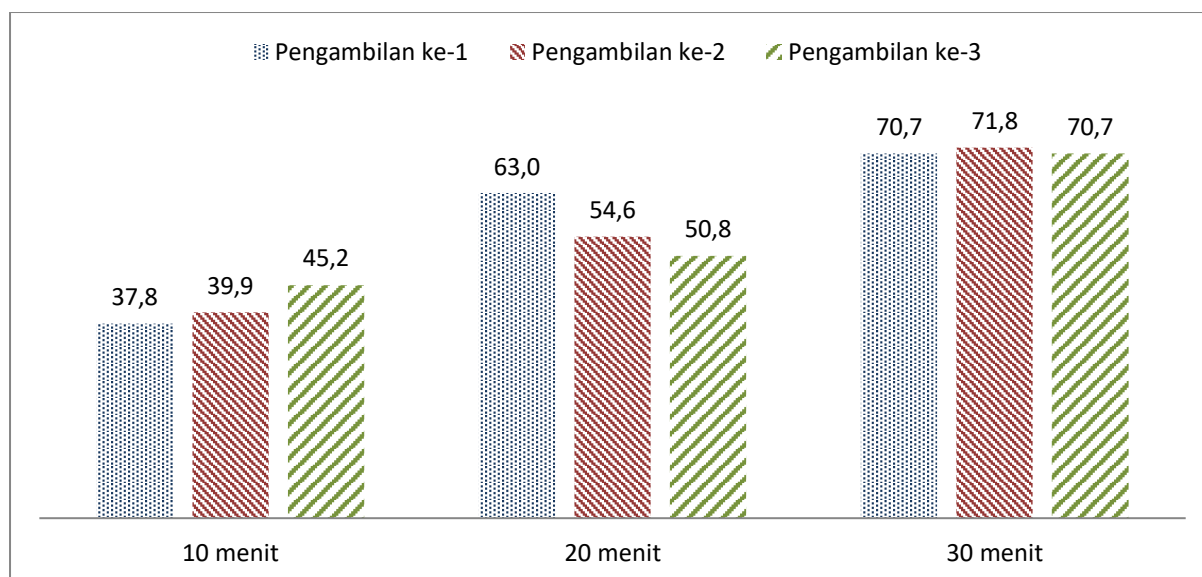
Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan konsentrasi Natrium (Na^+) paling tinggi diperoleh pada waktu tinggal 30 menit pada pengambilan sampel yang ke 2 dengan efisiensi mencapai 71,8% dari konsentrasi Natrium (Na^+) awal sebesar 5992,4 Mg/L. Setelah sampel air baku mengalami *treatment* konsentrasi menjadi 1689,3 Mg/L. Sedangkan efisiensi penurunan konsentrasi Natrium (Na^+) paling rendah dihasilkan dari waktu tinggal 10 menit yaitu pada pengambilan sampel yang ke 1 yang mampu menurunkan konsentrasi Natrium (Na^+) sebesar 37,8% dengan konsentrasi awal Natrium (Na^+) sebesar 5992,4 Mg/L dan setelah mengalami *treatment* konsentrasi Natrium (Na^+) menjadi 3729,3 Mg/L. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Apriani (2010) tentang adalah menurunkan salinitas air payau menggunakan resin. Resin yang digunakan adalah Amberjet 1200 H^+ dan Amberjet 4400 OH^- . Percobaan dilakukan dengan memvariasikan laju aliran pada kisaran 100-140 ml/menit dan rentang waktu pengamatan pada kisaran 1,5 – 7,5 jam. Hasil dari percobaan didapat efisiensi penyisihan Na^+ yaitu 91,35%. Beda konsentrasi awal parameter Na^+ membuat perbedaan hasil setelah *treatment* karena beban kinerja resin akan lebih berat jika konsentrasi parameter Na^+ awal cukup besar sehingga membuat persentase penurunan juga berbeda.

Dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu tinggal sampel air baku dengan media

resin maka semakin tinggi tingkat efisiensi penurunannya. Hal ini dikarenakan waktu kontak antara media dengan sampel air baku juga semakin lama sehingga konsentrasi Natrium (Na^+) setelah *treatment* maka akan semakin turun. Didapatkan hasil yang sesuai yaitu waktu tinggal yang paling efektif yaitu waktu tinggal 30 menit yang mencapai 71,8%. Untuk konsentrasi Natrium (Na^+) pada tingkat paling baik pada penelitian ini masih belum memenuhi baku mutu air bersih menurut Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990. Hal ini dikarenakan konsentrasi awal Natrium (Na^+) sangat tinggi sehingga media belum mampu untuk menurunkan konsentrasi Natrium (Na^+) hingga mencapai baku mutu.

Efisiensi Penurunan Parameter Klorida (Cl^-)

Klorida (Cl^-) adalah gambaran ion logam monovalens (valensi satu). Pada air payau, anion yang paling berlimpah adalah klorida. Sehingga tingkat salinitas ditentukan dari nilai klorida. Analisis klorida menggunakan metode titrimetri. Tingkat toksisitas Klorida (Cl^-) tergantung pada gugus senyawanya, misalnya Natrium Klorida (NaCl) sangat tidak beracun, tetapi Karbonil Klorida sangat beracun. Di Indonesia Klor digunakan sebagai desinfektan dalam penyediaan air minum. Dalam jumlah banyak, Klorida akan menimbulkan rasa asin dan korosi pada pipa sistem penyediaan air panas. (Nugroho, 2013). Efisiensi penurunan parameter Klorida (Cl^-) tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Klorida (Cl^-)

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan konsentrasi Klorida (Cl^-) paling tinggi diperoleh pada waktu tinggal 30 menit pada pengambilan sampel yang ke 2 dengan efisiensi mencapai 71,8% dari konsentrasi Klorida (Cl^-) awal sebesar 9249,1 Mg/L. Setelah sampel air baku mengalami *treatment* konsentrasi menjadi 2607,5 Mg/L. Sedangkan efisiensi penurunan konsentrasi Klorida (Cl^-) paling rendah dihasilkan dari waktu tinggal 10 menit yaitu pada pengambilan sampel yang ke 1 yang mampu menurunkan konsentrasi Klorida (Cl^-) sebesar 37,8% dengan konsentrasi awal Klorida (Cl^-) sebesar 9249,1 Mg/L dan setelah mengalami *treatment* konsentrasi Klorida (Cl^-) menjadi 5756,1 Mg/L.

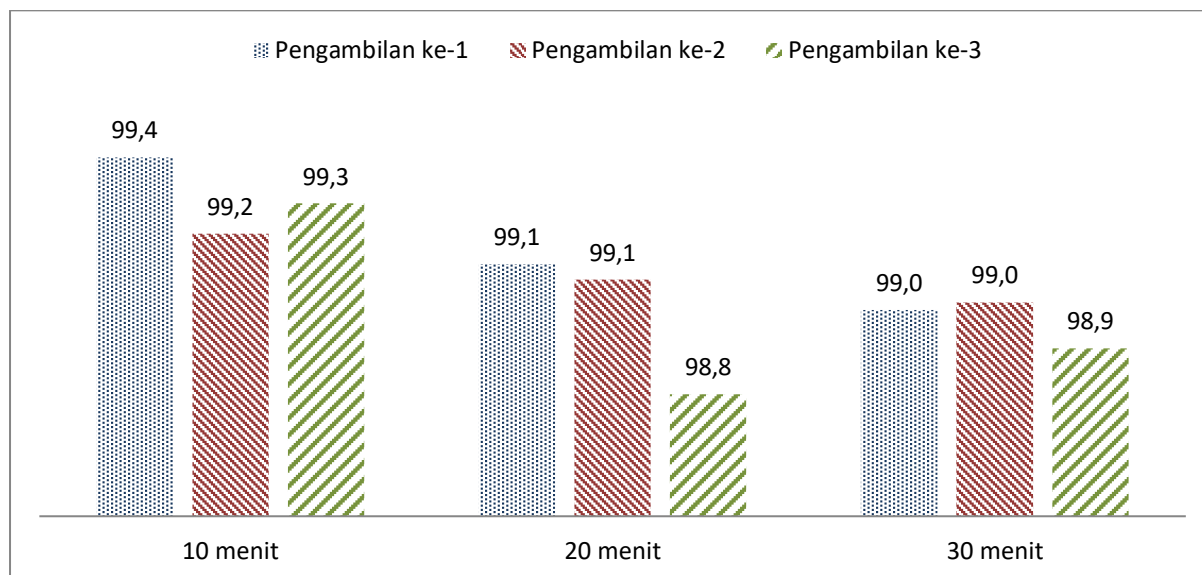
Dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu tinggal sampel air baku dengan media resin maka semakin tinggi tingkat efisiensi penurunannya. Hal ini dikarenakan waktu kontak antara media dengan sampel air baku juga semakin lama sehingga konsentrasi Klorida (Cl^-) setelah *ditreatment* maka akan semakin turun. Didapatkan hasil yang sesuai yaitu waktu tinggal yang paling efektif yaitu waktu tinggal 30 menit yang mencapai 71,8%. Untuk konsentrasi Klorida (Cl^-) pada tingkat paling baik pada penelitian ini masih belum memenuhi baku mutu air bersih menurut Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990. Hal ini dikarenakan konsentrasi awal Klorida (Cl^-) sangat tinggi sehingga media belum mampu untuk menurunkan konsentrasi Klorida (Cl^-) hingga mencapai baku mutu.

Tingkat persentase penurunan konsentrasi Klorida (Cl^-) berbanding lurus dengan Natrium (Na^+) hal ini dikarenakan Na^+ dan Cl^- menjadi satu senyawa dalam sampel air baku yaitu NaCl. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Purwoto (2009) tentang desalinasi Air Payau Secara Ion Exchange dengan *Treatment* Resin Sintesis mampu meremoval kandungan salinitas sebagai berikut, prosentasi removal

untuk konsentrasi Cl^- dengan media pasangan resin kation-anion sebesar 44,4 % dengan konsentrasi awal salinitas sebesar 1011 ppm. Dengan adanya pengolahan *ion exchanger* yang dilakukan secara berulang didapatkan hasil *treatment* yang lebih baik.

Efisiensi Penurunan Parameter Kesadahan

Kesadahan merupakan suatu parameter untuk kualitas air bersih karena kesadahan menunjukkan ukuran tingkat pencemaran oleh kandungan mineral tertentu di dalam air, umumnya ion kalsium dan magnesium dalam bentuk garam karbonat. Kesadahan air dapat dibedakan atas 2 macam antara lain kesadahan sementara atau kesadahan tetap (Asmaningrum, 2016). Pada penelitian ini konsentrasi Kesadahan yang terdapat dalam air tanah yang dinyatakan dalam satuan mg/L (ppm) sebagai CaCO_3 yang diukur dengan metode *Titrimetri* (SNI 06-6989.12-2004). Air yang mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi menyebabkan timbulnya kerak pada peralatan masak, menimbulkan endapan berwarna putih, menyebabkan sabun kurang membusa sehingga meningkatkan konsumsi sabun, menimbulkan korosi pada peralatan yang terbuat dari besi. Menurut WHO air yang tingkat kesadahan tinggi akan menimbulkan dampak terhadap kesehatan yaitu dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung (*cardiovascular disease*) dan batu ginjal (*urolithiasis*). Penyumbatan pipa logam karena endapan CaCO_3 , menyebabkan pengerakan pada peralatan logam untuk memasak sehingga penggunaan energi menjadi boros (Rastiana, dkk, 2009). Kombinasi pertukaran ion dengan koagulasi, penyerapan, dan reverse osmosis dapat menurunkan parameter kesadahan 35,72 mg / L dan Klorida 880 mg / L (Purwoto et al. 2017). Efisiensi penurunan parameter Kesadahan tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Kesadahan

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi kesadahan yang cukup signifikan pada *treatment* yang dilakukan dengan hasil yang hampir stabil. Akan tetapi dari ketiga variasi waktu tinggal tidak ada perbedaan tingkat persentase efisiensi terhadap konsentrasi kesadahan yang signifikan. Efisiensi penurunan konsentrasi Kesadahan paling tinggi diperoleh pada waktu tinggal 10 menit pada pengambilan sampel yang ke 1 dengan efisiensi mencapai 99,4% dari konsentrasi Kesadahan awal sebesar 10343,9 Mg/L. Setelah sampel air baku mengalami *treatment* konsentrasi menjadi 65,1 Mg/L. Sedangkan efisiensi penurunan konsentrasi Kesadahan paling rendah dihasilkan dari waktu tinggal 20 menit yaitu pada pengambilan sampel yang ke 3 yang mampu menurunkan konsentrasi Kesadahan sebesar 98,8% dengan konsentrasi awal Kesadahan sebesar 10343,9 Mg/L dan setelah mengalami *treatment* konsentrasi Kesadahan menjadi 124,5 Mg/L. Kombinasi koagulan, penukar ion dan reverse osmosis (RO) dalam pengolahan air payau diperoleh penurunan parameter Klorida sebesar 2028 ppm, dan kesadahan total 621,43 mg / L CaCO₃ (Nurhayati, et al., 2014)

Pada semua hasil *treatment* diperoleh hasil yang cukup bagus dengan konsentrasi kesadahan <500 Mg/L. Waktu retensi terbesar mencapai 99,4 %. Sehingga hasil *treatment* untuk konsentrasi kesadahan dapat memenuhi baku mutu air bersih.

bersih menurut Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990.

Hal ini dikarenakan terjadi proses filtrasi dan pertukaran ion pada media resin. Air baku yang mula-mula berwarna kuning dan keruh bisa menjadi jernih setelah dilakukan *treatment* dengan media resin. Hal ini disebabkan karena zat pengotor yang ada dalam air baku disaring dengan media resin sehingga zat tersebut tertahan pada media. Kemudian air baku juga mengalami pertukaran ion Ca²⁺ dan Mg²⁺ pada media resin.

4. KESIMPULAN

Pengolahan air payau dengan menggunakan *treatment* pasangan resin kation-anion secara berulang untuk waktu tinggal 30 menit dapat menurunkan parameter Natrium (Na⁺) sebesar 4303,1 mg/L (71,8%), parameter Klorida (Cl⁻) sebesar 6641,6 mg/L (71,8%), dan parameter Kesadahan sebesar 10278,8 mg/L (99,4%).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada prodi Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi buana Surabaya yang telah memfasilitasi penelitian ini dan DIKTI dalam bantuan dana penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

Apriani, R, S., dan Putu Wesen (2010). "Penurunan Sinitas Air Payau dengan Menggunakan Resin Penukar Ion."

- Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Jawa Timur.
- Asmanigrum, H. P, dan Yenni, P. P. (2016). " Penentuan Kadar Besi (Fe) Dan Kesadahan Pada Air Minum Isi Ulang Di Distrik Merauke " *Magistra*, **6**(1), 95–104.
- Astuti, W., Jamali, A. dan Amin, M. (2007). "Desalinasi Air Payau Menggunakan Surfactant Modified Zeolite (SMZ)." *Jurnal Zeolit Indonesia*, **3**(2), 32–37.
- Effendi Hefni. (2003). "Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan." Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Indonesia, Permenkes. (1990). Persyaratan Air Bersih, Nomor: 416/Menkes/Per/IX/1990.
- Jamali, A., Astuti, W., dan Amin, M. (2007). "Desalinasi Air Payau Menggunakan Surfactant Modified Zeolite (SMZ)." UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI. Lampung.
- Montgomery, J.M., (2005). "Water Treatment Principles and Design." Johan Weley Inc.USA.
- Nugroho, W., Purwoto, S. (2013). "Removal Klorida, TDS dan Besi pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif." *Jurnal Teknik WAKTU* Volume **11** Nomor 01 – Januari 2013 – ISSN: 1412-1867.
- Nurhayati, Indah. (2006). "Desalinasi Air Payau Dengan Membran Reverse Osmosi (RO) Tekanan Rendah." *Environmental Engineering RTL* Copyright @2005, by ITS Library.
- Nurhayati, I., & Purwoto, S. (2014), "The Combination of Coagulant Aid, Ion Exchanger, and Reverse Osmosis (RO) on Brackish Water Treatment" *Journal of Natural Sciences Research* **4**(24), 26-30.
- Purwoto, S. (2008). "Removal Salinitas Air Payau Secara Ion Exchange Dengan Treatment Resin Sintetis Pada Reaktor Up-Flow Down-Flow." *Prosiding SEMINAR NASIONAL HASIL PDM – SKW 2008 Koordinator ITS*.
- Purwoto, S., Sutrisno, J. (2016). Pengolahan Air Tanah Berbasis Treatment Ferrolite, Manganese Zeolite, dan Ion Exchange. *WAKTU*; ISSN: 1412-1867 Vol.14(02), 21-31.
- Purwoto, S., Sutrisno, J. (2017). Learning About Water Purification Using Filtration And Reverse Osmosis. *The 9th International Conference on Educational Technology of Adi Buana (ICETA 9)*, 205-211, ISBN ; 9789798559976, <http://karyailmiah.unipasby.ac.id/2017/09/22/iceta-9/>
- Purwoto, S., Rusdiyantoro, Sembodo, B.P., (2019). "Pre Treatment of Raw Water Through the Coagulation Process, Filtration, Absorption, and Ion Exchange in Drinking Water", *Water And Energy International*. **62RNI**(04), 61-65
- Ristiana W, Dwi Astuti, dan Tri Puji Kurniawan. (2009). "Kefektifan Ketebalan Kombinasi Zeolit Dengan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur Di Karangtengah Weru Kabupaten Sukoharjo." *Jurnal Kesehatan* Volume 02 Nomor 1 –Juni 2009- ISSN: 1979-7621