

# Pengolahan Air Menggunakan Proses Demineralisasi dengan Memanfaatkan Resin Penukar Ion: Studi Pengaruh Laju Alir dan Tinggi Resin

Nuryoto<sup>1,2\*</sup>, Rudi Hartono<sup>1,2</sup>, dan Rahmayetty<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>2</sup>Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, \*e-mail: [nuryoto@untirta.ac.id](mailto:nuryoto@untirta.ac.id)

## ABSTRK

Air tanpa dilakukan proses demineralisasi untuk keperluan proses (seperti untuk keperluan reaksi kimia, umpan air boiler, dan separasi) akan memicu munculnya kerak dan berpotensi meningkatkan laju korosi, serta meningkatnya produk samping jika digunakan pada proses reaksi. Produk samping pada proses reaksi, dapat berpotensi menjadi limbah jika nilai keekonomian dari produk tersebut rendah. Kerak yang muncul pada peralatan perpindahan panas seperti boiler akan berakibat pada nilai efisiensi boiler turun, yang dapat mempengaruhi emisi gas buang dari boiler tersebut, dan semuanya akan mempengaruhi kualitas lingkungan sekitar. Pengolahan air sebelum digunakan untuk unit proses merupakan langkah pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang nanti akan timbul pada proses-proses selanjutnya. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh laju alir dan tinggi resin di dalam unggun terhadap jalannya proses pertukaran ion pada proses dimineralisasi air berbasis penurunan kesadahan air dan TDS (Total Dissolved Solid) serta efisiensi yang dihasilkan. Harapannya diperoleh kondisi operasi yang efektif, efisien serta tetap ekonomis, dalam hal pengolahan air. Penelitian dilakukan pada laju alir 2,90- 4,33ml/s (10,44 – 15,59 liter/jam) dan ketinggian resin 14 dan 17 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada rentang laju air umpan 2,90 - 4,33 ml/s dan tinggi unggun 14 dan 17 cm dihasilkan kondisi terbaik pada laju air umpan 4,33 ml/s pada tinggi unggun 14 cm, dengan efisiensi penurunan kesadahan mencapai 93,56%.

**Kata kunci:** Air, Resin, Efisiensi, Unggun, Ion

## ABSTRACT

Water without being demineralized for process purposes (such as for chemical reactions, boiler water feed, and separation) will trigger the appearance of scale and has the potential to increase the rate of corrosion, as well as an increase in by-products if used in the reaction process. By-products in the reaction process can potentially become waste if the economic value of the product is low. Scale that appears on heat transfer equipment such as boilers will result in a lower boiler efficiency value, which can affect exhaust emissions from the boiler, all of which will affect the quality of the surrounding environment. Water treatment before being used for process units is a preventive measure against environmental pollution that will arise in subsequent processes. The purpose of this study was to analyze the effect of the flow rate and height of the resin in the bed on the course of the ion exchange process in the water demineralization process based on decreasing water hardness and TDS (Total Dissolved Solid) and the resulting efficiency. The hope is to obtain operating conditions that are effective, efficient, and still economical, in terms of water treatment. The study was conducted at a flow rate of 2.90-4.33 ml/s (10.44 – 15.59 liters/hour) and resin heights of 14 and 17 cm. The results showed that in the range of feed water rates of 2.90 - 4.33 ml/s and bed heights of 14 and 17 cm the best conditions were produced at feed water rates of 4.33 ml/s at bed heights of 14 cm, with a hardness reduction efficiency of 93.56%.

**Keywords:** Water, Resin, Efficiency, Column, Ion

**Citation:** Nuryoto, Hartono R, Rahmayetty. (2024). Pengolahan Air Menggunakan Proses Demineralisasi Dengan Memanfaatkan Resin Penukar Ion: Studi Pengaruh Laju Alir dan Tinggi Resin. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(2), 393-400, doi:10.14710/jil.22.2.393-400

## 1. Pendahuluan

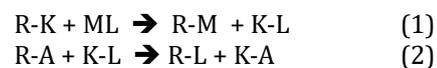
Kandungan mineral yang tinggi yang terdapat di dalam air untuk keperluan air proses, sangat dihindari keberadaannya. Tingginya kadar mineral pada air

proses akan berdampak buruk terhadap performa dari proses itu sendiri, seperti munculnya produk samping yang tidak diinginkan pada reaksi kimia, dan munculnya kerak berpotensi memicu laju korosi pada

peralatan perpindahan panas seperti boiler (Wilastari & Hidayat, 2021). Produk samping pada proses reaksi, dapat berpotensi menjadi limbah jika nilai keekonomian dari produk tersebut rendah dan biaya pemisahan yang tinggi. Kerak yang muncul pada peralatan perpindahan panas seperti boiler akan berakibat pada nilai efisiensi boiler turun, yang dapat mempengaruhi emisi gas buang dari boiler tersebut, dan semuanya akan mempengaruhi kualitas lingkungan sekitar. Oleh karena itu, mineral yang ada di dalam air perlu dihilangkan atau direduksi sesuai standar yang ditentukan melalui proses demineralisasi, sehingga dampak buruk tersebut bisa dieliminasi atau diperkecil. Jadi sifat dari penelitian ini adalah pencegahan guna mempersiapkan air proses dengan kadar mineral yang rendah dan memenuhi standar, sehingga hal buruk yang mungkin terjadi dapat dihindari.

Pada dasarnya kajian terkait proses dimineralisasi air telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu dengan cara yang berbeda-beda guna mendapatkan hasil yang diinginkan, diantara oleh Gryta (2018); Akbar dkk. (2020); dan Gifari dkk (2022) yaitu menggunakan membran dengan hasil konduktiviti (mempresentasikan kandungan mineral) sesuai target yang diinginkan dan TDS mampu direduksi hingga kadar 10 mg/L (Akbar dkk. (2020)). Penggunaan membran untuk proses dimineralisasi menghasilkan produk yang baik, tetapi kelemahannya perlu tekanan yang cukup tinggi agar proses demineralisasi berjalan maksimal (Akbar dkk., 2020). Sutopo (2019) menggunakan resin penukar ion yang dibagi atas 2 unggun yaitu unggun kation dan unggun anion dengan tekanan unggun atmosferik. Resin yang digunakan lewatis S108 (kation) dan Purolite A500 (anion). Hasilnya menunjukkan bahwa dalam jangka waktu 2 jam air sejumlah 20 liter (dilakukan sirkulasi 2-3 kali) mampu didegradasi dari TDS 78 mg/l menjadi 0 mg/l. Hasil ini sangat baik, tetapi kurang efisien dan ekonomis, karena hasil tersebut diperoleh dengan melakukan resirkulasi 2-3 kali, dengan jumlah volume yang relatif kecil yang hanya 20 liter. Padahal kondisi operasi yang efektif dan efisien sangat diperlukan, agar suatu proses berjalan dengan ekonomis. Pada penelitian ini mencoba mengadopsi pada penelitian terdahulu (yang dilakukan oleh Gryta (2018); Akbar dkk. (2020); Gifari dkk. (2022); dan Sutopo (2019)), yang dilakukan dengan tekanan atmosferik dan mencoba mengintegrasikan beberapa faktor yang mempengaruhi proses pertukaran ion, agar diperoleh kondisi operasional yang lebih efektif dan efisien, tetapi hasil reduksi mineral tetapi baik, yaitu produk air sesuai standar air proses. Secara teori, pada dasarnya tingkat keberhasilan pada proses demineralisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu laju alir air umpan (Kosim dkk., 2021; Hendrawan dkk., 2016; Supriyadi & Masyuroh, 2022; Peacock & Kochergin, 2022), waktu kontak antara air umpan dan adsorben (Chaudhary dkk., 2022; Sutopo, 2019; Saner dkk., 2022), konsentrasi mineral terlarut (Kosim dkk., 2021; 394

Chaudhary dkk., 2022), dan tinggi resin penukar ion di dalam unggun (Szymoniak dkk., 2022; Li dkk., 2022). Faktor-faktor yang dicoba dikaji pada penelitian ini adalah laju alir air umpan dan tinggi resin penukar ion di dalam unggun. Hal ini dilakukan agar proses difusivitas dan kontak mineral - sisi aktif di dalam resin akan maksimal. Menurut Bird dkk. (2002) yang mengatakan bahwa semakin besar laju alir air yang masuk ke unggun maka semakin besar turbulen fluidanya, efeknya proses difusi mineral-mineral yang ada pada air ke sisi aktif resin akan semakin meningkat. Ketika difusi mineral dari badan cairan mengalami peningkatan dan didukung sisi aktif yang cukup (dengan menaikkan tinggi resin di dalam unggun), maka pertukaran ion yang terjadi akan optimal, sehingga luaran air yang dihasilkan diharapkan memenuhi standar air proses. Untuk resin yang digunakan pada penelitian ini mempunyai karakteristik yang cenderung sama dengan penelitian pendahulu (Sutopo (2019)), yaitu lewatis S80 sebagai penukar kation dan resin lewatis Monoplus M500 sebagai penukar anion dengan kemampuan kapasitas total yaitu 2 min.eq/l untuk lewatis S80 (Deltapura Indonesia, 2018) dan 1,3 min.eq/l untuk lewatis monoplus M500 (Lanxess, 2011). Adapun mekanisme proses pertukaran ion antara mineral dengan resin penukar ion pada penelitian ini mengikuti Persamaan (1) dan Persamaan (2) (Kosim dkk, 2021; Hosokawa, 1999; Hendrawan dkk., 2016).



R-K : Resin Kation; R-A : Resin Anion; K, A : Gugus Kation (seperti: H<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) dan Anion (OH<sup>-</sup>); R: Polimer Resin; dan ML : Senyawa mineral

Permasalahan yang muncul adalah berapa laju alir dan tinggi resin di dalam unggun yang sesuai, agar pertukaran ion berlangsung secara optimal, karena jika laju alir terlalu besar maka berdampak terjadinya *channeling* yang menyebabkan distribusi aliran menjadi rendah (Mestri dkk., 2023), dan resin di dalam unggun yang terlalu tinggi juga akan berdampak negatif yaitu terjadi peningkatan *pressure drop*, yang notabene akan berimbas pada proses pertukaran ion yang kurang baik. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh laju alir dan tinggi resin di dalam unggun terhadap jalannya proses pertukaran ion pada proses dimineralisasi air berbasis penurunan kesadahan air dan TDS (Total Dissolved Solid) serta efisiensi yang dihasilkan. Hasil observasi ini diharapkan akan memberikan informasi bagaimana fenomena yang terjadi dampak dari laju alir dan tinggi resin, serta menjadi titik awal untuk kajian lebih lanjut ke depan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental, dengan menggunakan bahan air PAM yang berasal dari PT. XYZ-Cilegon dengan kadar masing-masing

(hasil analisis TDS dan kesadahan dengan menggunakan TDS meter dan titrasi kompleksimetri menggunakan EDTA) adalah 106,65 mg/l untuk TDS dan 6,21 mg/l untuk kesadahan. Resin penukar ion yang digunakan berupa resin penukar ion lewatis S80 sebagai penukar kation dan resin lewatis Monoplus M500 sebagai penukar anion dengan kemampuan kapasitas total masing-masing 2 dan 1,3 min.eq/l. Detail dari skematik peralatan yang digunakan berupa unggun kation dan anion yang telah terisi resin tersaji pada Gambar 1.

Penelitian dibagi menjadi 3 tahap yaitu tahap preparasi, tahap kalibrasi, dan tahap operasional. Pada tahap preparasi, resin kation lewatis S80 dilakukan *treatment* dengan HCl 2% volume dan lewatis monoplus M500 di-*treatment* dengan NaOH 2% volume. Untuk larutan HCl dan NaOH sebelum digunakan dicek pH-nya terlebih dahulu, lalu dimasukkan ke dalam resin, dan dilakukan pengadukan 300 rpm. Ketika pH mengalami penurunan dari pH awal dan cenderung stabil, maka proses *treatment* dihentikan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pencucian dengan menggunakan aquades (dengan pH 6,8) berulang kali sampai pH air bilasan sama dengan pH air pembilas sebelum digunakan yaitu pH 6,8. Setelah itu baru resin dimasukkan ke dalam unggun yang tersedia. Tahap kalibrasi laju alir dilakukan untuk mengetahui laju alir yang masuk ke dalam unggun. Laju alir umpan yang dicoba diamati dilakukan pada rentang 2,90 - 4,33 ml/s. Tahap

operasional yang merupakan tahapan inti dari penelitian ini dilakukan dengan memasukan air PAM (dari PT. XYZ -Cilegon) dari tangki penampungan dengan laju alir 2,90-34,10 ml/s dengan variasi tinggi resin pada unggun adalah 14 dan 17 cm. Sampel diambil setiap selang waktu 15 menit sampai waktu pengamatan 45 menit. Perhitungan efisiensi guna mengukur tingkat keberhasilan proses pertukaran ion dihitung dengan Persamaan (3).

$$\varphi = \frac{C_{to} - C_{tt}}{C_{to}} \times 100\% \quad (3)$$

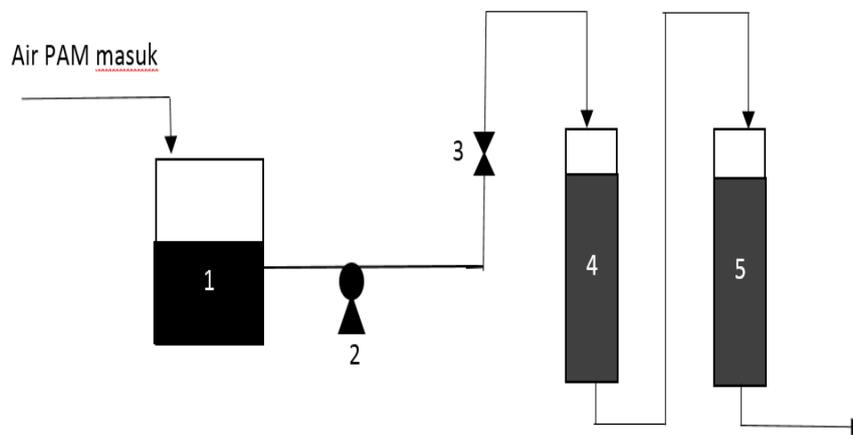
dengan,

$\varphi$  = efisiensi, %

$C_{to}$  = konsentrasi kesadahan awal, mg/l

$C_{tt}$  = konsentrasi kesadahan pada t tertentu, mg/l

Data yang telah diperoleh dari proses percobaan dilakukan analisis untuk melihat kecenderungan penurunan kesadahan dan efisiensinya, guna mengetahui dan menggambarkan seberapa baik kinerja dari resin penukar ion yang digunakan pada penelitian ini. Disamping itu juga, dilakukan pengamatan visual berupa seberapa tingkat kekeruhan air luaran unggun, sehingga diharapkan dapat dijadikan data pendukung guna mengetahui fenomena yang terjadi. Jadi secara mendasar, metode analisis data yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan secara deskriptif dan visual.



**Gambar 1.** Skematik penelitian pertukaran ion: tangki umpan (1), pompa umpan (2), kerangan pengatur laju alir umpan (3), unggun kation berisi lewatis s80 (4), dan unggun anion berisi lewatis Monoplus M500 (5)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengaruh Laju alir Umpan

**Tabel 1.** Hasil analisis kesadahan (mg/l) pada berbagai laju alir dan tinggi unggun 14 cm

Waktu pengambilan sampel (menit)	Laju alir umpan (ml/s)		
	2,9	3,21	4,33
0	0	0	0
15	80,68	80,68	83,9
30	90,34	88,73	90,34
45	93,56	93,4	93,56

**Tabel 2.** Hasil analisis TDS (mg/l) pada berbagai laju alir

Waktu pengambilan sampel (menit)	Laju alir umpan (ml/s)		
	2,9	3,21	4,33
0	106,65	106,65	106,65
15	102,65	104	105,4
30	102	101,4	103,45
45	100,4	100,4	101

Pada Tabel 1 terlihat bahwa semakin meningkatnya laju alir air umpan, penurunan kesadahan yang terkandung di dalam air oleh resin kation dan anion mengalami penurunan cukup signifikan. Pada kondisi awal kesadahan yang terkandung di dalam air adalah 6,21 mg/l, dan setelah waktu operasi ke-45 menit mengalami penurunan kesadahan berturut-turut pada laju alir air umpan 2,9; 3,21; dan 4, 33ml/s masing-masing adalah 0,40; 0,41; dan 0,40 mg/l. Kondisi ini merupakan kondisi yang logis, karena memang terjadi pertukaran antara ion mineral dalam hal ini ion sadah ( $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ ) dengan resin (mengacu pada Persamaan (1) dan (2)). Kecenderungan hasil pada penelitian ini mempunyai kemiripan dengan yang dilakukan oleh Hendrawan (2016) dan Setiawan & Purwoto (2019) yang mana kesadahan yang terkandung di dalam air mengalami penurunan setelah dikontakkan dengan resin penukar ion, dan setelah sekian lama pengkontakan akan mencapai kondisi jenuh, dan perlu dilakukan regenerasi. Secara ekonomis dari ketiga laju alir tersebut maka laju 4, 33 m/l lebih ekonomis dibandingkan laju alir 2,9 ml/s dan 3,21 ml/s, karena dengan waktu operasi yang sama dihasilkan produk air dengan kualitas yang sama, tetapi jumlah produk yang dihasilkan jauh lebih banyak (lihat Tabel 1).

Dari Tabel 2 juga terlihat bahwa semakin tinggi laju alir proses degradasi TDS oleh resin penukar ion

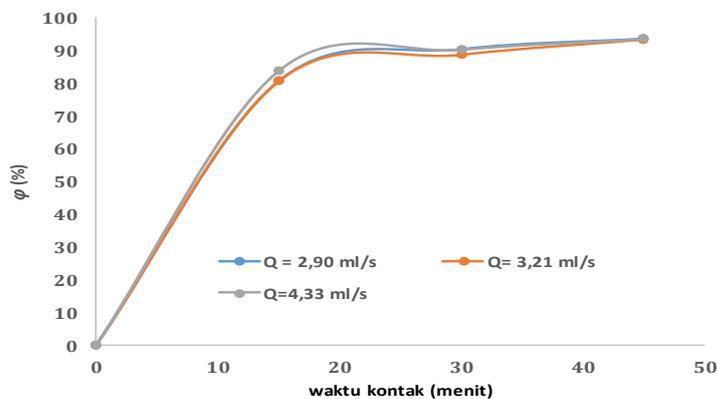
yang dihasilkan cenderung sama. Secara keseluruhan hasil degradasi TDS pada laju alir umpan 2,9; 3,21; dan 4, 33 ml/s pada menit ke 45 adalah 100,40; 100,40; dan 101 mg/l. Sebenarnya terjadi perbedaan, tetapi perbedaannya yang dihasilkan tidak signifikan. Jika dibuat selisih antara kondisi awal (0 menit) dan pada menit ke- 45 berturut-turut adalah 6,25; 6,25; dan 5,65 mg/l. Penurunan pada laju alir 2, 90 dan 3,21 mg/l sama, dan pada laju 4,33 ml/s penurunan mineral berbasis TDS lebih kecil dibandingkan pada laju alir 2, 90 dan 3,21 mg/l yaitu hanya berbeda 0,6 mg/l.

Ketika dibuat dalam bentuk efisiensi, efisiensi yang dihasilkan pada menit ke 45 rerata di atas 93%-an yaitu berturut-turut adalah 93,56; 93,4; dan 93,56% (untuk laju 2,90; 3,21; dan 4,33 ml/s) (lihat Gambar 2). Jika dihubungkan dengan Hukum Ficks, maka laju alir pada rentang 2,90-4,33 ml/s mempunyai lapisan film yang berada pada permukaan antara cairan-resin cenderung sama, sehingga laju transfer massa mineral ke lapisan luar resin cenderung sama juga. Ketika besarnya difusi eksternal sama, maka difusi internal juga akan sama (Bird dkk, 2002). Efeknya efisiensi yang dihasilkan cenderung sama, karena ketiga variasi laju alir mempunyai interaksi antara ion mineral dalam hal ini ion sadah ( $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ ) - ion aktif resin yang sama.

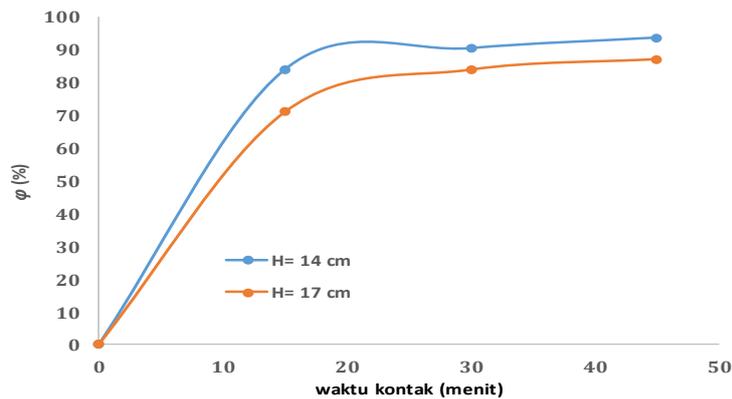
### 3.2. Pengaruh Ketinggian Resin di dalam Unggun

**Tabel 3.** Hasil analisis Kesadahan (mg/l) pada berbagai tinggi resin di dalam unggun

Waktu pengambilan sampel (menit)	Tinggi Unggun (cm)	
	14	17
0	6,21	6,21
15	1,00	1,80
30	0,60	1,00
45	0,40	0,80



**Gambar 2.** Pengaruh laju alir terhadap efisiensi berbasis kesadahan pada tinggi Unggun 14 cm



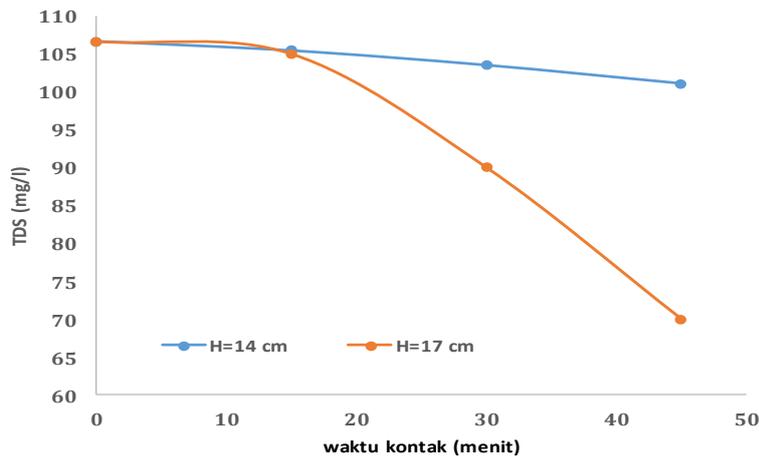
Gambar 3. Pengaruh Tinggi resin terhadap efisiensi

Pada pengaruh ketinggian resin di dalam unggun, pengambilan data dilakukan pada laju alir terbaik yang diperoleh dari observasi pengaruh laju alir (berbasis penurunan kesadahan) yaitu 4,33 ml/s. Tinggi unggun yang diamati atau yang dilakukan observasi baik pada unggun kation maupun anion adalah pada tinggi 14 cm dan 17 cm.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa seiring semakin meningkatnya tinggi resin penukar di dalam unggun tidak serta merta berdampak pada peningkatan degradasi kesadahan yang dihasilkan. Pada tinggi unggun 14 cm mampu menurunkan kesadahan dari 6,21 mg/l menjadi 0,4 mg/l, tetapi pada tinggi unggun 17 cm kesadahan hanya turun dari 6,21 mg/l menjadi 0,8 mg/l. Padahal secara teori seharusnya semakin tinggi resin, maka jumlah resin dan jumlah sisi aktif yang dipertukarkan dengan air akan lebih banyak, sehingga proses pertukaran akan lebih baik, tetapi justru hasilnya sebaliknya. Efisiensi yang dihasilkan berturut-turut adalah 93,56% untuk tinggi resin 14 cm, dan 87,12% untuk tinggi resin 17 cm yang dihasilkan pada menit ke-45 (lihat Gambar 3). Fenomena ini kemungkinan dampak dari peningkatan *pressure drop*, sehingga berdampak pada turbulensi dan difusivitas mineral ke resin. Berdasarkan data dari Tabel 3 ketinggian resin 14 cm lebih efektif dan efisien dibanding pada ketinggian resin 17 cm, karena jumlah resin yang digunakan lebih sedikit dibanding 17 cm, tetapi penurunan kesadahan yang dihasilkan lebih besar. Ketika ketinggian resin di dalam unggun mengalami peningkatan, friksi antara butir resin dan cairan semakin besar, sehingga terjadinya *pressure drop* akan lebih besar, dan berakibat terjadinya penurunan laju alir. Untuk menguatkan dugaan tersebut, dilakukan kalibrasi laju alir dengan bukaan kerangan yang sama yaitu sama-sama dibuka 10°, ternyata terjadi perbedaan antara laju pada ketinggian 14 cm dan pada 17 cm, yaitu berbeda 11% dari 4,33 ml/s. Imbasnya turbulensi fluida mengalami

penurunan dan berefek pada transfer massa mineral-mineral di dalam air ke sisi aktif resin penukar ion (Bird dkk., 2002).

Pada saat kondisi tersebut terjadi, maka interaksi antara mineral-mineral yang akan dipertukarkan dengan sisi aktif resin mengalami penurunan, imbasnya hasil degradasi kesadahan dan efisiensi mengalami penurunan. Akan tetapi jika dilihat dari penurunan TDS yang dihasilkan ternyata pada ketinggian 17 cm lebih baik dibandingkan yang 14 cm. Pada waktu kontak 45 menit TDS turun dari 106,65 menjadi 101 mg/l untuk tinggi unggun 14 cm, sedangkan untuk tinggi unggun 17 cm turun dari 106,65 mg/l menjadi 70 mg/l (lihat Gambar 4). Pengamatan secara visual luaran air pada ketinggian 14 cm sedikit lebih keruh dibandingkan pada laju pada ketinggian resin 17 cm, walaupun tidak begitu ekstrim perbedaannya. Secara mendasar, TDS terdiri dari mineral-mineral sadah, besi, silika dan masih banyak lagi. Ketika *Total Suspended Solid* (TSS) meningkat di dalam sistem akan berdampak pula pada peningkatan TDS, tetapi peningkatan TDS tidak serta merta meningkatkan TSS. Kekeruhan atau *Turbidity* terdapat keterkaitannya dengan TSS (Ramaraj & Sivakumar, 2023), semakin tinggi TSS di dalam sistem, maka air akan semakin keruh (Zakaria dkk., 2021), dan mudah untuk mengendap (Rizka dkk, 2020) atau menempel. Pada kasus yang terjadi pada Gambar 4, menunjukkan karena jumlah resin pada ketinggian unggun 17 cm lebih banyak dibanding 14 cm, maka TSS yang terkandung di dalam air lebih banyak menempel di permukaan resin, sehingga luaran air pada ketinggian unggun 17 cm lebih jernih dibandingkan 14 cm. Menempelnya TSS pada resin akan mengganggu proses difusi mineral sadah ke sisi aktif resin, dan efeknya degradasi kesadahan mengalami penurunan. Kondisi ini sesuai dengan yang terjadi pada Gambar 3.



Gambar 4. Pengaruh tinggi resin di dalam unggun terhadap penurunan TDS pada laju alir Q= 4,33 ml/s

Fenomena pada Gambar 4, menunjukkan adanya TSS dalam air umpan, sehingga untukantisipasi ke depan, perlu dilakukan *treatment* terlebih dahulu pada air PAM yang akan digunakan sebagai air umpan. Kelemahan air umpan dari PAM seringkali kadar TSS, TDS, serta kesadahan berubah-ubah setiap saat karena banyak faktor. Oleh karena itu, seringkali pada perusahaan besar, air PAM dijadikan sebagai *Raw Water* yang harus diolah terlebih dahulu melalui proses perlakuan awal sebelum diumpankan ke unit demineralisasi, yaitu melalui unit filtrasi guna meyakinkan TSS dan TDS rendah dan stabil sesuai spesifikasi air umpan unit demineralisasi pada suatu perusahaan. Tindakan tersebut dilakukan oleh PT. YKK Zipco Indonesia (Kosim dkk., 2021), dan hasil kajian menunjukkan bahwa ketika air dilakukan proses pengolahan awal (treatment) melalui proses koagulasi dan sedimentasi secara visual menghasilkan produk air yang lebih baik dan lebih jernih (Purwoto dkk. (2015)).

Hasil percobaan demineralisasi dari penelitian ini (mengacu pada Tabel 1, Tabel 2, Gambar 3 dan Tabel 3) ketika dibandingkan dengan standar (standar jepang (JIS)) layak digunakan sebagai air proses khususnya sebagai air umpan boiler yaitu untuk boiler yang mempunyai kondisi operasi tekanan di bawah 20 bar (Hosokawa, 1999). Tetapi untuk keperluan air sebagai bahan baku reaksi kimia, perlu adanya *treatment* awal melalui proses koagulasi dan sedimentasi, karena air luaran unggun masih sedikit keruh, yang artinya TSS-nya masih tinggi dan juga dari data TDS-nya tergolong masih tinggi (mengacu Tabel 2 dan Gambar 3).

Jika diperhatikan lebih seksama, data pada Gambar 2 dan Gambar 3, serta Tabel 1 dan Tabel 3 terjadi fenomena bahwa pada 15 menit pertama terjadi penurunan kesadahan (atau peningkatan efisiensi) cukup signifikan, dan selanjutnya setelah di atas 15 menit penurunan cenderung mengalami perlambatan. Fenomena tersebut terjadi dimungkinkan karena dipengaruhi oleh karakteristik fisik resin dan mineral itu sendiri. Berdasarkan penelusuran pustaka, ternyata sisi aktif resin penukar

ion kation lewatit S80 adalah gugus hidrogen ( $H^+$ ) yang mempunyai diameter molekular setengah dari senyawa hidrogen ( $H_2$ ) sebesar 3,0 Amstrong (0,3 nm) (Yan dkk., 2023) yaitu kurang lebih 0,15 nm, sementara diameter molekular mineral  $Mg^{2+}$  adalah 2,8 Amstrong (0,28 nm) (Kolev dkk, 2022). Pada kondisi ini, maka ketika ion  $Mg^{2+}$  masuk dan bertukar dengan ion  $H^+$  yang terdapat di dalam resin, maka luas permukaan dan porositas resin menjadi jauh lebih kecil, sehingga laju difusi dari molekul mineral  $Mg^{2+}$  masuk ke sisi aktif resin dan keluarnya ion  $H^+$  ke badan cairan menjadi mengalami perlambatan (Fogler, 2006). Akibatnya pertukaran mineral-ion hidrogen juga akan mengalami perlambatan, dan kondisi ini terlihat dari hasil degradasi kesadahan pada 15 menit ke atas.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan pada laju alir 2,90- 4,33 ml/s dan ketinggian resin di dalam unggun 14 dan 17 cm menggunakan penukar ion lewatit S80 sebagai penukar kation dan lewatit Monoplus M500, dapat disimpulkan bahwa resin lewatit S80 dan lewatit Monoplus M500 sebagai penukar kation dan anion mempunyai kinerja yang cukup baik dengan efisiensi mencapai 93, 56% yang diperoleh pada laju air umpan 4,33 mg/l dan tinggi unggun 14 cm. Peningkatan laju alir air yang dilakukan berdampak positif terhadap proses interaksi resin-mineral di dalam air, tetapi sebaliknya peningkatan ketinggian resin dengan maksud meningkatkan dan memaksimalkan interaksi sisi aktif resin - mineral yang terkandung di dalam air tidak berjalan dengan sesuai harapan, karena laju alir fluida air yang masuk tidak terkontrol dengan baik. Guna penyempurnaan hasil penelitian ini dan untuk mendapat informasi yang lebih konprehensif, maka ada beberapa hal yang perlu dilakukan ke depan, pertama perlu melakukan analisis TSS untuk menguji dampak TSS terhadap performa demineralisasi untuk memastikan fenomena yang terjadi khususnya pada pengaruh ketinggian resin. Kedua dilakukan pengamatan ulang terhadap pengaruh peningkatan

ketinggian resin dengan memastikan debit yang melewati unggun tetap stabil, sehingga akan diperoleh informasi yang lebih valid interaksi antara keduanya. Ketiga melakukan variasi laju alir dengan laju yang lebih tinggi untuk mengetahui laju alir optimumnya, sehingga nantinya akan diperoleh kondisi operasi yang lebih efektif dan efisien serta ekonomis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, D. R., Kuspambudijaya, A. D., & Utami, I. (2020). DEMINERALISASI AIR AC DENGAN MEMBRANE REVERSE OSMOSIS. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(1), 28-33.  
[https://doi.org/10.33005/jurnal\\_tekkim.v15i1.2300](https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v15i1.2300)
- Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2002). *Transport Phenomena*. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, 1.
- Chaudhary, M., Suhas, Kushwaha, S., Chaudhary, S., Tyagi, I., Dehghani, M. H., & Sharma, M. (2022). Studies on the Removal of Phenol and Nitrophenols from Water by Activated Carbon Developed from Demineralized Kraft Lignin. *Agronomy*, 12(10), 2564.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy12102564>
- Fan, H., Peng, M., Strauss, I., Mundstock, A., Meng, H., & Caro, J. (2021). MOF-in-COF molecular sieving membrane for selective hydrogen separation. *Nature Communications*, 12(1), 38.  
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-20298-7>
- Fogler, H. S. (2006). *Elements of Chemical Reaction*. The fourth edition, Prentice Hall PTR
- Gryta, M. (2018). Water demineralization by membrane distillation utilizing cooling water from municipal waste incinerator. *Polish Journal of Chemical Technology*, 20(3).
- Gifari, A., Aliyah, S., Ma'arif, S., & Ardiatma, D. (2022). Analisis Pelunakan Air (Water Softening) Dengan Metode Demineralisasi Di PT. DMC Teknologi Indonesia Jababeka 2 Cikarang. *Prosiding Sains dan Teknologi*, 1(1), 387-395.
- Hendrawan B., Prihandoko, D., & Sriwinarno, H. (2016). PENGGUNAAN NATRIUM KLORIDA (NaCl) SEBAGAI REGENERAN RESIN AMBERLITE IR 120 NA DALAM MENURUNKAN KESADAHAN TOTAL AIR SUMUR. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 16(2).
- Hosokawa, T., Iwasaki, M., Komatsubara, H., Makino, Y., Matsubara, K., Morinaga, H., ... & Takenaka, H. (1999). *Kurita Handbook of water treatment*. 2th edition.
- Kosim, M. E., Prambudi, D., & Siskayanti, R. (2021). Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating. *Prosiding Semnastek*.
- Kaslum, L., Zikri, A., Tanjung, Y., Oktavia, Y., & Aulia, A. (2019). Kinerja Sistem Filtrasi Dalam Menurunkan Kandungan Tds, Fe, Dan Organik Dalam Pengolahan Air Minum. *KINETIKA*, 10(1), 46-49.
- Kolev, S. K., St. Petkov, P., Milenov, T. I., & Vayssilov, G. N. (2022). Sodium and Magnesium Ion Location at the Backbone and at the Nucleobase of RNA: Ab Initio Molecular Dynamics in Water Solution. *ACS omega*, 7(27), 23234-23244.
- Deltapura Indonesia (2018). Resin Lewatit s80.
- LANXESS, S. (2011). Product information Lewatit@ MonoPlus M500.
- Li, J. P., Shan, M. J., Zhao, W., Zhang, T., Wang, H. L., Yang, Y. F., ... & Yu, Z. J. (2022). Application of optimized microchannel separator to maximize the reuse efficiency of purified water in the petrochemical industry. *Chemical Engineering Research and Design*, 188, 528-540.  
<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.09.050>
- Peacock, S., & Kochergin, V. (2022). The fractal pack: New equipment for ion exchange operations in the sugar industry. In *Paper presented at the SIT Orlando Conference*.
- Purwoto, S., Purwanto, T., & Hakim, L. (2015). Penjernihan Air Sungai dengan Perlakuan Koagulasi, Filtrasi, Adsorpsi, dan Pertukaran Ion. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 13(2), 45-53.
- Saner, A., Carvalho, P. N., Catalano, J., & Anastasakis, K. (2022). Renewable adsorbents from the solid residue of sewage sludge hydrothermal liquefaction for wastewater treatment. *Science of The Total Environment*, 838, 156418.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156418>
- Szymoniak, L., Claveau-Mallet, D., Haddad, M., & Barbeau, B. (2022). Improving remineralization and manganese-removal of soft waters using a mixed CaCO<sub>3</sub>/MgO contactor. *Journal of Water Process Engineering*, 49, 102995.  
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102995>
- Ramaraj, M., & Sivakumar, R. (2023). Interrogation on Optical Properties of Electrolyte Minerals, TSS and Turbidity in Water-Spectrophotometer and IOP Profiler Based Hyperspectral Analysis Approach. *Trends in Sciences*, 20(5), 5630-5630.  
<https://doi.org/10.48048/tis.2023.5630>
- Setiawan, A., & Purwoto, S. (2019). PENGOLAHAN AIR TANAH BERBASIS TREATMENT RESIN PENUKAR ION, ZEOLIT DAN SINAR UV. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 17(2), 19-28.  
<https://doi.org/10.36456/waktu.v17i2.2133>  
<https://doi.org/10.14710/kpl.v4i1.2653>
- Supriyadi, A., & Masyruroh, A. (2022). PROSES OPTIMASI DESALINASI DAN DEMINERALISASI UNTUK MENJAMIN KUANTITAS DAN KUALITAS AIR PROSES DAN DOMESTIK DI PT INEOS AROMATICS INDONESIA. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 5(1), 13-23.  
<https://doi.org/10.47080/jls.v5i1.1809>
- Sutopo, H. E. (2019). Proses Demineralisasi Air Tanah Menjadi Air TDS 0 Ppm Menggunakan Metode Resin Penukar Ion Tunggal (Single Ionic Resin Exchange Method). *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1(1), 10-22.
- Sutrisno, J., Al Kholif, M., Pungut, P., & Rohma, A. N. (2020). Penerapan Adsorpsi, Pertukaran Ion Dan Variasi Ketinggian Media Filtrasi Dalam Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 19(2), 69-75.  
<http://dx.doi.org/10.31258/jst.v19.n2.p69-75>
- Rizka, R. F., Purnomo, P. W., & Sabdaningsih, A. (2020). Pengaruh Total Suspended Solid (TSS) Terhadap Densitas Zooxanthellae Pada Karang Acropora sp. Dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2), 95-101.
- Wilastari, S., & Hidayat, T. N. (2021). Pencegahan Kerak Dan Korosi Umpan Ketel Uap Di PG Mojo Sragen. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 3(1), 41-47.  
<https://doi.org/10.51578/j.sitektransmar.v3i1.36>
- Yan, Q., Wang, J., Zhang, L., Liu, J., Wahiduzzaman, M., Yan, N., ... & Du, J. (2023). A squarate-pillared titanium oxide

- quantum sieve towards practical hydrogen isotope separation. *Nature Communications*, 14(1), 4189.  
<https://doi.org/10.1038/s41467-023-39871-x>
- Zakaria, A., Sauri, S., Fadela, D. M., & Wardhani, P. S. A. (2021). Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride dengan metode Jar Test. *Warta Akab*, 45(2).
- Mestri, S., Dogan, S., & Tizaoui, C. (2023). Bromate Removal from Water Using Ion Exchange Resin: Batch and Fixed Bed Column Performance. *Ozone: Science & Engineering*, 45(3), 291-304.  
<https://doi.org/10.1080/01919512.2022.2114420>