

EVALUASI PERFORMA REGENERASI RESIN PENUKAR ION PADA *MIXED BED DEMINERALIZER*

(*Evaluation Of Ion Exchange Resin Regeneration Performance In Mixed Bed Demineralizer*)

SRI AROFAH MULYATI¹, TITI CANDRA SUNARTI², BERRY JULIANDI³,
MUHAMMAD SYAEFURROSAD⁴

^{1,4}Balai Besar Pengujian Mutu dan Sertifikasi Obat Hewan, Jalan Raya
Pembangunan Gunungsindur, Bogor

^{2,3}Program Profesi Insinyur IPB, Jalan Raya Dramaga, Bogor

E-mail : *chiarofah@gmail.com*

Diterima :22 Oktober 2023/Disetujui : 29 November 2023

ABSTRACT

Water is a very crucial need in the laboratory, the quality of the water used in the testing process, including media preparation, washing glassware, and others, will influence the success of a test. Demineralized water is water that has gone through a mineral removal process which is a requirement for water in biological testing laboratories. To meet the need for demineralized water, the agency chose to process it independently using a Mixed Bed Demineralizer unit. Demineralized water produced by Mixed Bed Demineralizers must meet the quality standards used as a reference in laboratories, namely having a conductivity below 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$, equivalent to a TDS of 12,5 ppm and a total plate count below 1000 colonies/ml. Based on studies conducted, the use of a Mixed Bed Demineralizer is effective in meeting the need for demineralized water because apart from meeting the quality standards required as a laboratory accredited by SNI ISO/IEC 17025:2017, it is also 98% more cost effective compared to buying from outside. Quality control of demineralized water is carried out to ensure the quality of microbiological testing and is the right choice as well as being more cost effective.

Key words : *demineralized water, quality standard conductivity, regeneration, resin*

ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting di laboratorium, keberhasilan suatu pengujian dipengaruhi oleh kualitas air yang digunakan dalam proses pengujian baik persiapan media, pencucian alat gelas dan lain-lain. Air demineralisasi merupakan air yang telah melalui proses penghilangan mineral yang diperlukan untuk air di laboratorium pengujian biologi. Untuk memenuhi kebutuhan akan air demineralisasi, instansi memilih untuk mengolah secara mandiri menggunakan unit mixed bed demineralizer. Air demineralisasi yang dihasilkan dari mixed bed demineralizer harus memenuhi baku mutu yang digunakan di laboratorium yaitu konduktivitas di bawah 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ atau setara TDS 12,5 ppm dengan angka lempeng total di bawah 1000 koloni/ml. Berdasarkan penelitian, penggunaan *mixed bed demineralizer* efektif memenuhi kebutuhan air demineralisasi, karena selain memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan laboratorium terakreditasi SNI ISO/IEC 17025:2017, juga lebih

hemat biaya 98% dibandingkan dengan membeli dari luar. Evaluasi regenerasi resin pada instalasi mixed bed demineralizer dilakukan untuk menjamin kualitas pengujian mikrobiologi dan menjadi pilihan yang tepat selain lebih efektif dari segi biaya.

Kata kunci : air demineralisasi, baku mutu, konduktivitas, regenerasi, resin

PENDAHULUAN

Instansi 'X' merupakan Unit Pelayanan Teknis di bawah Kementerian Pertanian yang memiliki tugas dan fungsi melakukan pengujian mutu dan sertifikasi obat hewan yang beredar di pasaran dan tersertifikasi SNI ISO/IEC 17025: 2017 tentang Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian, SNI ISO 45001:2018 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), SNI ISO 9001:2008 tentang Sistem Manajemen Mutu. Hal yang perlu diperhatikan adalah air yang digunakan dalam pengujian mikrobiologi harus memenuhi kriteria nilai konduktivitas di bawah 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dengan cemaran mikroba di bawah 1000 koloni/ml (KAN, 2018). Air umpan yang digunakan berasal dari air tanah dan memiliki nilai *Total Dissolved Solid* (TDS) yang tinggi sehingga perlu dilakukan pemurnian air untuk menghasilkan air demineralisasi yang sesuai dengan baku mutu. Instansi 'X' memilih untuk menggunakan instalasi demineralisasi tipe *mixed bed* dimana terdapat proses demineralisasi air umpan dengan resin penukar ion (*Ion Exchanger*) yang tercampur di dalam satu kolom dan belum diketahui kinerja instalasi serta efisiensi biaya operasional yang sudah dikeluarkan selama ini.

Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja resin penukar ion yang digunakan, melakukan proses regenerasi, serta melakukan uji mikrobiologi. Selain itu mengetahui efisiensi biaya yang dikeluarkan dalam melakukan perawatan berkala pada instalasi. Kinerja resin penukar ion dihitung berdasarkan ketergantungannya terhadap volume produk, konduktivitas atau TDS produk, volume resin yang digunakan serta efektifitas resin itu sendiri. Sedangkan waktu regenerasi ditentukan berdasarkan besaran nilai konduktivitas air demineralisasi dan dilakukan regenerasi jika nilainya mendekati 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sebagaimana dipersyaratkan dalam baku mutu yang dijadikan acuan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan tanggal 1 Maret 2023 sampai 30 Mei 2023 di Unit *Supply Centre* dan Unit Uji Bakteriologi Balai Besar Pengujian Mutu dan Sertifikasi Obat Hewan, Gunungsindur, Kabupaten Bogor. Alat yang digunakan selama penelitian antara lain TDS/EC meter *portable*, timbangan elektrik merk Shimadzu Libror, pH meter merk Horiba Laqua F74 BW, *autoclave* merk Hirayama, *Biosafety Cabinet* Level 2 merk ESCO, inkubator merk Memmert, *Colony Counter* merk Hitachi. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain *Hydrochloric Acid* 32% teknis, *Caustic Soda Flake* 98% merk ASC Indonesia, resin anion Mitsubishi Diaion™ SA 20A Japan, resin kation Mitsubishi Diaion™

SK 1B Japan, *Buffered Peptone Water Oxoid™* Inggris, *Plate Count Agar Difco™* USA.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen skala laboratorium. Data yang diambil merupakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil saat penelitian sedangkan data sekunder merupakan baku mutu yang dijadikan acuan dalam SNI 17025: 2017 tentang persyaratan tambahan laboratorium pengujian biologi. Pengukuran konduktivitas air menggunakan metode langsung sedangkan pengujian cemaran mikroba menggunakan metode yang diatur pada ISO 6222:1999 tentang penghitungan mikroorganisme hidup. Tahapan penelitian meliputi proses regenerasi resin, pengujian mikrobiologi dan evaluasi kinerja resin dan biaya operasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum Unit Instalasi *Mixed Bed Demineralizer*

Produksi air demineralisasi di instansi merupakan bagian dari kegiatan pengujian di laboratorium yang dilakukan di unit *Supply Center*. Unit instalasi air demineralisasi adalah perangkat *mixed bed Organo™* model HM-18A Jepang, diproduksi tahun 1984, dengan laju aliran 0,4-1 m³/jam. Pemasangannya dilengkapi dengan satu buah katup kontrol tunggal (*check valve*), keranjang kayu, meteran hantaran listrik yang dipasang pada tiang, resin penukar kation dan anion dalam drum, tangki ukur HCl dari bahan polietilen, tangki ukur NaOH tahan panas bahan polietilen, kompresor yang dibeli terpisah, serta peralatan dan aksesoris lainnya. Gambaran unit instalasi disajikan dalam Gambar 1.

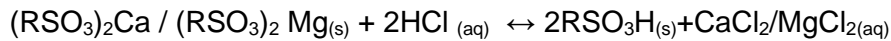
Air umpan yang diolah pada unit *mixed bed* berasal dari air tanah dan disimpan dalam *master tank* serta memiliki rata-rata padatan terlarut (TDS) sebesar 240 ppm. Air umpan kemudian melalui proses *pretreatment* yaitu adsorpsi secara fisika pada tabung filter *multimix* yang berisi campuran karbon aktif dan silika sebelum diolah dalam *mixed bed* (Said, 2018). Seiring berjalannya waktu dan dengan pemakaian yang teratur, tangki *multimix* memerlukan perawatan rutin yaitu pencucian balik. Hal ini harus dilakukan karena bahan filter menjadi kotor akibat kotoran yang menumpuk pada air umpan yang masuk. Proses pencucian balik mengembalikan filter media di tangki *multimix* ke keadaan semula. Pencucian balik dilakukan berlawanan arah dengan aliran air dan menggunakan tekanan yang mendorong pengotor masuk ke dalam bahan filter kemudian membuangnya dengan *diffuser* (Suarda *et al.* 2019). Tangki *multimix* dicuci sebulan sekali, sedangkan bahan filter dicuci ulang setahun sekali. Pencucian balik dari tangki *multimix* dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Pemutaran tuas ke posisi *backwash* selama 1 menit
2. Pemutaran tuas ke posisi *rinse* selama 1 menit
3. Pemutaran tuas ke posisi *filter*

Proses filtrasi tabung *multimix* secara fisik dapat menghilangkan kotoran pada air, namun tidak menghilangkan kandungan mineral pada air umpan. Air umpan kemudian dimasukkan ke dalam *mixed bed demineralizer* yang mengandung resin penukar ion untuk menghasilkan air bebas mineral (Kosim *et al.* 2021). Resin penukar ion mengambil ion pengotor dari air umpan

menggunakan reaksi pertukaran ion yang mempunyai muatan yang sama antara air dan resin penukar ion yang melewatinya, dimana kation dari resin menukar kation pengotor dan anion resin menukar anion pengotor (Salsyabil, 2020). Jenis resin tidak bisa menukar anion dan kation sekaligus dalam satu resin yang sama (Shahab *et al.* 2023). Resin penukar ion positif diregenerasi dengan asam kuat dan resin penukar ion negatif dengan basa kuat dengan reaksi berikut (Priambodo *et al.* 2009):

Regenerasi resin penukar ion kationik:



Regenerasi resin penukar ion anionik:

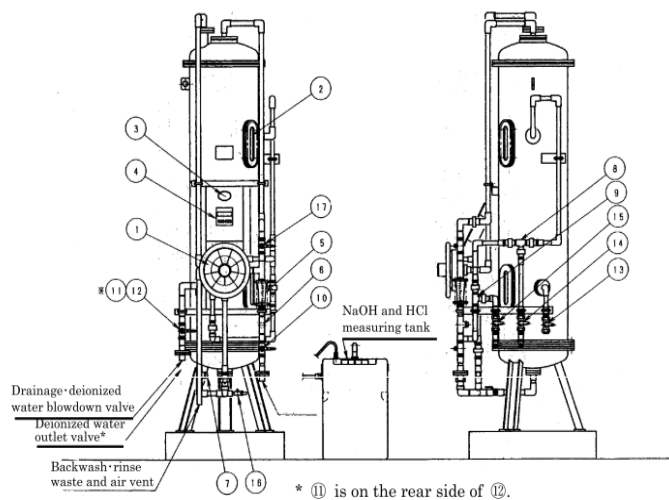
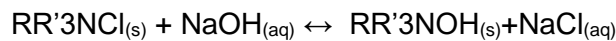


Fig. 1 represents HM-9A~35A. HM-50A~100A have a leg shape different from that shown in this Fig. 1.

- | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|
| ① Single control valve | ⑦ Deionized water electrodes | ⑬ Collector blowdown valve (HM-4) |
| ② Sight glass | ⑧ Caustic soda ejector | ⑭ Caustic sode suction valve (HM-5) |
| ③ Pressure gauge | ⑨ Hydrochloric acid ejector | ⑮ Hydrochloric acid suction valve |
| ④ Electric conductivity meter | ⑩ Feed water inlet valve (HM-1) | ⑯ Resins mixing air valve (HM-7) |
| ⑤ Flow meter | ⑪ Deionized water outlet valve (HM-2) | ⑰ Feed water bypass valve (HM-8) |
| ⑥ Feed water electrodes | ⑫ Drainage and deionized water blowdown valve (HM-3) | |

Gambar 1. Unit Instalasi Demineralisasi *Mixed bed* Organo (Ryan *et al.* 2013)

Proses ini berlangsung dalam tangki resin penukar ion, dalam hal ini resin anion dan kation berada dalam satu tangki (lapisan tercampur). Resin penukar anion dan kation sendiri memiliki keterbatasan dalam menyerap pengotor ke dalam air umpan, sehingga lama kelamaan resin menjadi jenuh dan memerlukan regenerasi. Fungsi regenerasi adalah mengaktifkan kembali kemampuan resin untuk mengikat ion-ion pengotor dalam air umpan untuk menghasilkan air yang diinginkan. Resin dinyatakan jenuh jika sudah tidak mampu lagi menurunkan konduktivitas air sesuai baku mutu. Proses regenerasi unit *mixed bed*

menggunakan bahan kimia HCl pekat dan NaOH pekat untuk mengembalikan aktivitas resin di dalam tangki. Proses regenerasi diawali dengan pembuatan regeneran NaOH dan HCl (Ryan *et al.* 2013).

a. Penyiapan Regeneran NaOH (*Caustic Soda*)

Disiapkan 24% NaOH dengan cara sebanyak 3,7 kg NaOH 98% dilarutkan ke dalam 11,3 L air demineralisasi di dalam tangki NaOH dan diusahakan larutan homogen. Kemudian campuran larutan didiamkan beberapa saat hingga mencapai suhu 40 °C sebelum diaplikasikan. Saat proses ini maka personal wajib memakai Alat Pelindung Diri yang lengkap untuk menghindari kontak dengan permukaan kulit.

b. Penyiapan Regeneran HCl

Larutan HCl yang akan digunakan dipersiapkan dengan cara dituangkan sebanyak 4,6 L HCl 32% ke dalam tangki pengukur HCl dan disarankan menggunakan pompa tangan yang tahan akan asam untuk mentransfer HCl ke dalam tangki. HCl yang digunakan harus yang memiliki kualitas yang baik sehingga produk sampingnya tidak berefek pada resin. Saat menuangkan HCl maka personal wajib mengenakan Alat Pelindung Diri yang lengkap untuk menghindari kontak dengan permukaan kulit dan mata selama pemindahan.

c. Kalibrasi Alat Ukur

Tujuan dari kalibrasi peralatan pengukuran adalah untuk meningkatkan kinerja peralatan yang berpotensi mengalami degradasi sehingga peralatan pengukuran dapat berfungsi kembali dengan cara mengkalibrasinya menggunakan larutan tertentu. Kalibrasi TDS/EC meter sangat penting agar perangkat dapat digunakan secara optimal sebagai alat ukur. Kalibrasi alat ukur dilakukan secara eksternal setahun sekali oleh lembaga yang berwenang. Selain itu, juga dilakukan secara internal menggunakan larutan garam NaCl 1000 ppm, yang dapat diperoleh secara komersial atau dibuat dengan ditimbang sebanyak 1 g NaCl dan dilarutkan ke dalam 1000 ml air (1000 ppm).

2. Proses Regenerasi

Regenerasi resin dilakukan saat pengukuran air demineralisasi sudah tidak memenuhi syarat yang ditentukan yaitu mendekati 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Prosedur regenerasi dilakukan sebagaimana langkah berikut:

1. *Backwash* (pencucian balik). Proses *Backwash* bertujuan untuk memisahkan resin penukar kation dan anion berdasarkan perbedaan berat jenis keduanya dan melonggarkan *bed* resin yang dipadatkan selama masa servis serta menghilangkan endapan yang menumpuk di kolom resin. Proses *backwash* dilakukan selama 10 menit.
2. *Settling*. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengendapkan resin yang dikeluarkan pada saat *backwash* dan berlangsung selama 2 menit.
3. *Anion regeneration* (regenerasi resin penukar anion). Tujuan dari proses ini adalah untuk mengikat anion-anion yang ada di dalam air dengan cara

menginjeksikan NaOH 24% melalui injektor pada tekanan 0,15 MPa (1,5 kgf/cm²).

4. *Anion displacement* (perpindahan anion). Pada tahap ini, sisa regenerator pada tabung dan lapisan resin digantikan oleh air, sehingga regenerator terdorong ke bagian bawah lapisan resin anionik. Langkah ini berlangsung selama 20 menit.
5. *Kation regeneration* (regenerasi ion penukar kation). Proses ini bertujuan untuk mengikat kation dalam air dengan cara diinjeksikan HCl 32% melalui injektor menggunakan tekanan 0,15 MPa (1,5 kgf/cm²).
6. *Kation displacement* (perpindahan kation). Setelah proses injeksi HCl selesai dilakukan, kemudian katup injeksi HCl (HM-5) di tutup agar hanya ejektor yang mengalirkan air melalui alas resin. Proses ini dilakukan selama 15 menit.
7. *Rinse* (pembilasan). Proses pencucian dilanjutkan selama 20 menit untuk membersihkan residu NaOH dan HCl yang mungkin masih tertinggal pada lapisan resin.
8. *Drain* (penirisan). Proses ini dilakukan selama 10 menit untuk mengosongkan kolom resin dan perlu dipastikan udara terkompresi pada tekanan tertentu.
9. *Mixing preparation* (persiapan pencampuran). Proses persiapan pencampuran ini dilakukan secara (*upflow*) aliran ke atas untuk melonggarkan lapisan resin. Hal ini membuat proses pencampuran selanjutnya menjadi lebih mudah.
10. *Mixing* (pencampuran). Tujuan dari proses ini adalah untuk mencampur resin anionik dan kationik dan dilakukan selama 5 menit. Resin diamati melalui kaca penglihatan untuk memastikan pencampuran menyeluruh. Durasi pencampuran tidak boleh diperpanjang karena akan mengakibatkan kerusakan fisik pada resin dalam kolom.
11. *Fill-up* (pengisian). Setelah proses pencampuran selesai dilakukan, proses dilanjutkan dengan menempatkan tuas pada posisi *Fill-up* (*pengisian*) untuk mengontrol aliran sehingga kolom resin terisi air. Pada langkah ini, katup peniup air di buka untuk meniup air dari dasar kolom resin. Hal ini bertujuan agar campuran resin tidak terpisah akibat berbusa. Langkah pengisian ketika air mulai mengalir melalui tabung aerasi.
12. *Service* (layanan)
 - a. *Service Blowdown*. Proses ini dilakukan dengan cara menempatkan tuas pada posisi *Service* dan dilakukan minimal 10 menit hingga kualitas air membaik. Kualitas air *effluent* dievaluasi dengan menentukan konduktivitas listrik air menggunakan alat pengukur konduktivitas listrik yang dikalibrasi. Jika kualitas air *effluent* tidak membaik maka langkah regenerasi diulangi mulai dari tahapan *Drain* hingga *Fill up*.
 - b. *Service* (layanan). Ketika konduktivitas air sudah sesuai (di bawah dari 1,0 $\mu\text{S/cm}$) kemudian katup *outlet* air di buka dan katup tiupan air di tutup. Selama proses ini, maka konduktivitas air umpan dan air demineralisasi harus diperiksa sesekali. Ketika proses layanan harian

selesai maka katup saluran masuk air baku dan katup keluar air deionisasi di tutup. Jika digunakan katup tersebut di buka kembali.

13. *Stoppage* (penghentian). Ditempatkan tuas pada posisi Stop, di tutup katup air baku dan katup keluar air deionisasi serta katup *by pass* air baku. Jika menggunakan pompa air baku, maka pompa dimatikan.

3. Penjaminan Mutu Mikrobiologi Air Demineralisasi

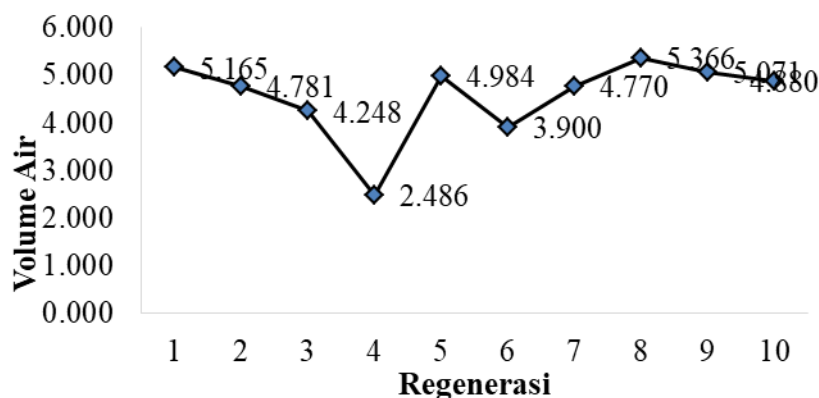
Uji pemantauan mikroba dilakukan dengan menggunakan metode yang di atur oleh ISO 6222:1999 tentang *Water quality: Enumeration of viable microorganisms (kualitas air: penghitungan mikroorganisme yang hidup)* yaitu dengan menginkubasikan sampel air pada suhu 22 °C selama 68 jam (ISO, 1999). Jumlah kontaminasi mikroba tidak boleh melebihi 1000 koloni/ml dan dianjurkan kurang dari 100 koloni/ml. Berdasarkan pengujian pemantauan mikroba yang telah dilakukan, air yang dihasilkan dari instalasi *mixed bed demineralizer* memenuhi persyaratan yaitu kurang dari 1000 koloni/ml. Hasil uji kontaminasi mikroba pada ketiga regenerasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil uji pemantauan mikroba sampel air demineralisasi

No	No. Sampel	Hasil Uji	Keterangan	Persyaratan
1	Regenerasi 8	0 CFU/ml ($\leq 10^3$)	Memenuhi syarat	< 1000 koloni/ml
2	Regenerasi 9	$9,7 \times 10^2$ CFU/ml	Memenuhi syarat	(ISO 6222:1999)
3	Regenerasi 10	$7,7 \times 10^2$ CFU/ml	Memenuhi syarat	

4. Efektivitas Regenerasi Resin Penukar Ion

Setelah dilakukakan pengukuran air keluaran volume air dapat diukur dengan memeriksa meteran air yang terpasang. Efisiensi regenerasi resin berdasarkan produksi air demineralisasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Total aliran air demineralisasi

Indikator regenerasi diterapkan pada saat air keluaran menunjukkan nilai konduktivitas mendekati 25 $\mu\text{S/cm}$ (TDS 12,5 ppm). Proses regenerasi sebagaimana terlihat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa produksi maksimum resin dicapai dengan volume sebesar 5,366 m³.

Tabel 2 Biaya pembelian bahan kimia untuk operasional *instalasi Mixed bed Demineralizer* per Tahun

No	Kebutuhan Media	Jumlah	Kemasan	Harga	Total
1	Resin Anion (36 L)	2	25 L/Sack	Rp3 224 000	Rp2 256 800
2	Resin Cation (18 L)	1	25 L/Sack	Rp1 500 000	Rp1 080 000
3	HCl 32% (55.2 L)	2	30 L/Gallon	Rp367 500	Rp330 750
4	NaOH 98% (30 Kg)	1	25 Kg/Sack	Rp525 000	Rp525 000
5	Carbon Active (15 Kg)	1	25 Kg/Sack	Rp1 950 000	Rp1 170 000
6	Silica sand (10 Kg)	1	25 Kg/Sack	Rp150 000	Rp60 000
					Rp 5 422 550

Regenerasi resin dilakukan dalam jangka waktu satu kali dalam satu bulan berdasarkan nilai konduktivitas air demineralisasi. Resin yang digunakan mempunyai kemampuan menghasilkan air demineralisasi dengan waktu regenerasi rata-rata pada produksi air sebesar 4,561 m³. Nilai ini mengindikasikan titik jenuh dari resin yang ada dalam kolom *mixed bed* dalam mengikat ion-ion yang terlarut dalam air sehingga dapat dijadikan patokan kinerja periodik tahapan proses regenerasi. Dalam hal ini kualitas air umpan harus diketahui karena mempengaruhi efisiensi resin yang digunakan untuk pengikatan ion. Namun saat ini belum tersedia *check valve* sebelum air masuk ke dalam tangki *multimix*, sehingga perlu dilakukan penambahan *check valve* sebelum pengolahan untuk mengetahui kualitas air umpan. Air demineralisasi dari unit *mixed bed* masih dalam batas yang digunakan sebagai acuan konduktivitas dan mikrobiologi. Biaya yang dapat dihitung jika instansi membeli air demineralisasi dari luar ditunjukkan pada Tabel 2, sedangkan efisiensi biaya produksi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perkiraan biaya pembelian air demineralisasi

Total flow/ bulan (m ³)	Kebutuhan/ Tahun (m ³)	Total flow/ Tahun (L)	Harga Aqua DM/Gallon (20 L)	Kebutuhan (Gallon)	Total Biaya
4,561	54,732	54.732	Rp100 000	2.736,60	Rp 273 660 000

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{\text{Total biaya pembelian} - \text{Total biaya perawatan}}{\text{Total biaya pembelian}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 273\,660\,000 - \text{Rp } 5\,422\,550}{\text{Rp } 273\,660\,000} \times 100\% = 98\% \end{aligned}$$

Tabel 3 menunjukkan bahwa pemilihan penyediaan air secara mandiri dengan instalasi *mixed bed* lebih menguntungkan dibandingkan membeli dari luar. Hal ini karena kebutuhan bahan kimia tahunan untuk operasional ini cukup kecil, sehingga biaya yang diperlukan cukup terjangkau. Instansi melakukan penggantian resin secara berkala selama 1 tahun sekali sebelum dilakukan

penelitian. Berdasarkan hasil yang diperoleh terlihat bahwa kualitas resin tidak mengalami penurunan, sehingga tidak perlu dilakukan penggantian resin setelah 1 tahun pemakaian. Artinya dengan mengetahui efisiensi resin ini maka penggantian resin akan memakan waktu lebih lama dan tentunya hal ini akan meningkatkan efisiensi biaya. Teknologi demineralisasi pertukaran ion bukan satu-satunya teknologi pengolahan air yang tersedia saat ini. Meski lebih hemat biaya, namun melihat potensi risiko yang ditimbulkan karena peralatan tersebut sudah berusia 38 tahun, maka sebaiknya instansi mengganti peralatan tersebut dengan teknologi yang lebih maju dan ramah lingkungan.

Mixed bed demineralizer menghasilkan air limbah dalam bentuk residu regenerasi kimia asam kuat dan basa kuat sehingga sebaiknya instansi mempertimbangkan hal ini dengan mensubstitusi peralatan yang tidak menghasilkan limbah, seperti teknologi elektrodeionisasi, di mana air limbah proses bahkan dapat digunakan kembali karena tidak menggunakan bahan kimia dalam operasionalnya.

SIMPULAN

Instalasi air *type mixed bed demineralizer* mampu memproduksi air demineralisasi harian dengan efektivitas regenerasi rata-rata sebesar 4,561 m³. Kualitas air demineralisasi dari instalasi *mixed bed demineralizer* sesuai baku mutu yang dijadikan acuan yakni konduktivitas di bawah 25 µS/cm atau setara dengan TDS di bawah 12,5 ppm dengan hasil pemantauan mikroba di bawah 1000 koloni/ml. Hasil penghitungan total pemakaian air demineralisasi sebanyak 54.780 L dalam waktu 1 (satu) tahun, maka instansi menghemat biaya sebesar 98% dibandingkan membeli air demineralisasi di luar. Pembelian air nampaknya mahal dibandingkan dengan produksi mandiri seperti yang dilakukan, apalagi efisiensi dan efektivitas biaya resin yang digunakan penelitian ini diketahui sangat baik.

SARAN

1. Perlunya penambahan *check valve* sebelum air umpan dialirkan ke dalam tangka *multimix* agar kualitas air umpan dapat diukur secara berkala.
2. Kalibrasi alat ukur yang digunakan dilakukan secara internal dan eksternal untuk menjamin mutu air demineralisasi.
3. Peningkatan Sumber Daya Manusia (operator) harus terus dilakukan karena diperlukan operator yang handal untuk mengoperasikan dan merawat alat.
4. Penggantian instalasi dirasa perlu dilakukan sebagai antisipasi kemunduran fungsi alat yang sudah tua selain itu teknologi saat ini sudah semakin berkembang. Adanya sisa buangan pada proses regenerasi (*waste water*) dapat dijadikan pertimbangan untuk menggantikan teknologi yang ada dengan teknologi lain yang lebih ramah lingkungan. Elektrodeionisasi dalam hal ini akan menjadi pilihan yang tepat untuk menggantikan fasilitas *mixed bed demineralizer* yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [ISO]. (1999). ISO 6222. Water Quality Enumeration of Culturable Microorganisms 2nd Edition.
- [KAN]. (2016). KAN Technical Notes Persyaratan Tambahan Laboratorium Pengujian Biologi. 1-23.
- Kosim, M. E., Prambudi, D., & Siskayanti, R. (2021). Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating. *Prosiding Semnastek*, (November), 1–7. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/download/11456/6507>
- Priambodo, D., Alimah, S., & Dewita, E. (2009). *Studi Banding Sistem Demineralisasi Air*. 1000, 83–91.
- Ryan, Cooper, & Tauer. (2013). Manual Instruction of HM-2 Series Deionizer. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 12–26.
- Said, N. I. (2018). Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk Prinsip Dasar Perhitungan, Perencanaan Sistem Pembubuhan Dan Kriteria Disain. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2), 96–110. <https://doi.org/10.29122/jai.v3i2.2330>
- Salsyabil, A. (2020). Perkembangan Teknologi Deionisasi Air. *Teknik Kimia ITB*, (November 2018), 1–14.
- Shahab A, Setiorini IA. (2023). Efektivitas Volume Resin Ion Excganger Terhadap Kapasitas Pertukaran Ion dan Waktu Jenuh Pada Unit Demin Plant di PT PLN (Persero) UPDK Keramasan. 3791-3802.
- Suarda, M., Suputra, I. G. N. O., & Suaniti, N. M. (2019). Peningkatan Kualitas Air Bersih Pedesaan Dengan Penerapan Sistem Penyaring Air Aliran Up-Flow Pada Sistem Air Bersih Di Desa Menyali. *Buletin Udayana Mengabdikan*, 18(2), 150–157. <https://doi.org/10.24843/bum.2019.v18.i02.p25>