

PROSES DEMINERALISASI PADA UNIT PENGOLAHAN AIR DI PT. XYZ

Danish Fathurahman Kamal

S-1 Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat, 41361.

2010631150004@student.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diajukan:
16/04/2023

Diterima:
20/04/2023

Diterbitkan:
30/04/2023

ABSTRAK

Resin penukar ion pada sistem demineralisasi merupakan media yang digunakan dalam proses pengolahan air baku untuk menghasilkan air bebas mineral yang digunakan untuk proses produksi. Kemampuan resin penukar ion dalam mengambil ion pengotor dalam air baku memiliki keterbatasan, sehingga setelah beberapa waktu tertentu resin penukar ion tidak mampu lagi mengambil ion pengotor dalam air baku sehingga perlu dilakukan regenerasi. Demineralisasi merupakan sebuah proses penghilangan mineral, setidaknya menurunkan kandungan unsur *Calcium* (Ca) dan *Magnesium* (Mg) dalam air. Karakter utama dari resin adalah cepat terjadi kejenuhan dalam hitungan hari atau minggu tergantung dari tingkat kesadahan air bakunya. Jika resin tersebut sudah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi. Dalam pelaksanaan proses selama ini belum adanya evaluasi kinerja dari proses ini, apakah setiap proses alat masih dapat menghasilkan air cukup seperti yang tertera pada data *total flow*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *service time* dari *cation* dan *anion exchanger* selama proses demineralisasi air. Air demineralisasi adalah air yang bebas dari mineral terlarut dan juga digunakan di laboratorium dan bahan baku untuk uap. Kandungan mineral dalam air dapat menyebabkan kerak pada peralatan industri seperti *boiler* dan *heat exchanger*, menurunkan nilai *yield* dan selektivitas dalam proses reaksi. Kombinasi filtrasi dan penukar ion proses dipelajari untuk mengatasi demineralisasi

Kata kunci: *Cation* dan *Anion Exchanger*, Demineralisasi, *Total flow*, *Service time*

ABSTRACT

Ion exchange resins in the demineralization system are the media used in the raw water treatment process to produce mineral-free water used for the production process. The ability of ion exchange resins to take up impurity ions in raw water has limitations, so that after a certain time the ion exchange resins are no longer able to take up impurity ions in raw water so it needs to be regenerated. Demineralization is a process of removing minerals, at least reducing the content of the elements Calcium (Ca) and Magnesium (Mg) in water. The main characteristic of the resin is that it quickly saturates in a matter of days or weeks depending on the hardness level of the raw water. If the resin is saturated, it needs to be regenerated. In carrying out the

process so far there has been no evaluation of the performance of this process, whether each process tool can still produce sufficient water as stated in the total flow data. This study aims to determine the service time of cation and anion exchangers during the water demineralization process. Demineralized water is water that is free of dissolved minerals and is also used in laboratories and as a raw material for steam. The mineral content in water can cause scale on industrial equipment such as boilers and heat exchangers, reducing the yield value and selectivity in the reaction process. Combination filtration and ion exchange processes were studied to treat demineralization.

Keywords: Cation and Anion Exchanger, Demineralization, Total flow, Service time

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dimana sebagian besar penduduk Indonesia memiliki mata pencaharian di dalam sektor pertanian khususnya untuk pertanian tanaman padi. Untuk mendukung lancarnya proses produksi pada sektor pertanian, salah satu alat yang wajib digunakan merupakan pupuk. Pupuk terbagi menjadi dua golongan yaitu pupuk organik dan anorganik, akan tetapi jenis pupuk yang sering digunakan dalam sektor pertanian ini adalah pupuk anorganik. Berdasarkan Permentan Nomor 47/Permentan/SR.310/12/2017, jenis-jenis pupuk anorganik subsidi yang diberikan kepada petani adalah Urea, NPK, ZA dan SP-36. Salah satu, penghasil pupuk di Indonesia adalah PT. XYZ yang berfokus pada pembuatan produk pupuk dan benih pertanian. Namun PT. XYZ juga menjual produk olahan gas yaitu amonia cair dan katalis. Pembuatan pupuk urea pada dasarnya merupakan hasil reaksi antara amoniak (NH₃) dan karbondioksida (CO₂), dalam proses amoniak terbentuk dari konversi antara gas hidrogen (H₂) dan nitrogen (N₂). Pabrik *Utility* pada PT. XYZ merupakan pabrik yang menyediakan bahan baku dan penunjang untuk kebutuhan operasi seluruh pabrik, diantaranya adalah air minum, air bersih dan air pendingin. Untuk mendapatkan itu semua maka pabrik *utility* melakukan proses pengolahan air yang terdiri dari unit *Pretreatment* dan unit Demineralisasi. Demineralisasi adalah suatu proses penghilangan garam-garam mineral yang ada didalam air seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg), Sehingga air yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang tinggi [1]. Resin penukar ion pada sistem demineralisasi merupakan media yang digunakan dalam proses pengolahan air baku untuk menghasilkan air bebas mineral yang digunakan untuk proses

produksi. Kemampuan resin penukar ion dalam mengambil ion pengotor dalam air baku memiliki keterbatasan, sehingga setelah beberapa waktu tertentu resin penukar ion tidak mampu lagi mengambil ion pengotor dalam air baku sehingga perlu dilakukan regenerasi [2]. *Raw water* diolah pada bagian unit untuk menghasilkan air demin dan diproses lebih lanjut menjadi Boiler Feed Water (BFW) untuk menghasilkan steam bertekanan 80 kg/cm² pada unit boiler, untuk memenuhi spesifikasi sebagai air demin maka perlu dilakukan beberapa treatment untuk menghilangkan ion-ion mineral (kation dan anion) yang terlarut dalam air [3].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan yaitu dengan cara observasi secara langsung, wawancara operator *maintenance*, beserta pembimbing di lapangan, dan melakukan studi literatur. Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ pada bulan Juni-Juli 2023.

2.2 Rumus

Untuk mengetahui *service time* pada *Cation* dan *Anion Exchanger*, digunakan rumus pada persamaan berikut:

$$\text{service time} = \frac{\text{Total Flow}}{\text{Flow Inlet}} \quad (1)$$

2.3 Alat dan Bahan

2.3.1 Alat

1. Carbon Filter

Air dari *filtered water tank* dipompakan dengan *demineralizer feed pump* menuju *activated carbon filter* yang berfungsi untuk menghilangkan gas klorin, warna, bau dan zat-zat organik lainnya.

2. Cation Exchanger

Air dari *carbon filter* diumpangkan ke dalam *cation exchanger* untuk menghilangkan kation-kation mineralnya. *Cation exchanger* merupakan suatu silinder baja tegak yang berisi resin R-H, yaitu polimer

dengan rantai karbon R yang mengikat ion H.

3. Degasifier

Air yang keluar dari *cation exchanger* dialirkan menuju degasifier . Degasifier berfungsi untuk menghilangkan kandungan CO₂ dengan cara mengalirkan air dari atas dan dihembuskan udara dari bagian bawah degasifier menggunakan blower. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi pelepasan CO₂.

4. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk menghilangkan anion-anion mineralnya. Seperti pada *cation exchanger*, *anion exchanger* ini juga berupa tiga buah bejana tekan yang berisi resin. Resin yang terdapat pada *anion exchanger* dapat dituliskan dengan simbol R-OH.

5. *Mixed Bed Exchanger*

Untuk menyempurnakan kerja kedua unit penukar ion diatas, maka air dari *anion exchanger* selanjutnya dialirkan ke unit *mixed bed exchanger* untuk menjaga kemungkinan sisa-sisa kation dan anion yang masih lolos. Unit ini berupa vessel dengan isi resin penukar ion negatif dan positif yang telah dicampur.

6. *Demineralizer Water Storage*

Demineralized water storage sebagai penyimpanan sementara sebelum diproses lebih lanjut sebagai *boiler feed water* (BFW).

2.3.2 *Bahan*

1. Air
2. Resin Penukar ion
3. *Acid*
4. *Caustic*
5. Larutan NaOH

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam proses demineralisasi air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Pengertian Demineralisasi*

Demineralisasi adalah salah satu teknologi proses pengolahan air untuk menghilangkan mineral dari air. Istilah Demineralisasi biasanya digunakan secara khusus untuk proses pertukaran ion untuk penghilangan total kontaminan mineral ion sampai mendekati angka nol [4]. Kebutuhan air umpan ketel adalah 180 m³ dalam setiap jam. Dari tabel 4.1. terlihat

bahwa air tersaring dari *filtered water storage* tank belum memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai air umpan ketel. Untuk itu harus dilakukan pengolahan dalam unit demineralisasi agar diperoleh air yang memenuhi syarat-syarat sebagai air umpan ketel.

Tabel 1. Demineralisasi

Karakteristik Air Umpan Pabrik	Karakteristik Air Umpan Ketel
- pH antara 7,0 – 7,5	- pH antara 9,8 – 10,
- Kadar Cl ₂ ≤ 0,5 ppm	- Konduktivitasnya < 100
- Kesadahan lebih kecil dari 50 ppm	- Kadar SiO ₂ ≤ 0,2 ppm,
- Kekeruhan lebih kecil dari 0,5	- Kadar PO ₄ antara 15-20 ppm,
	- Padatan terlarutnya ≤ 0,2 ppm,
	- Kadar Fe ≤ 0,01 ppm
	- O ₂ sampai kurang dari 0,007 ppm

Demineralisasi diperlukan agar memenuhi syarat-syarat tertentu. Hal ini dimaksudkan agar:

1. Tidak menimbulkan kerak pada kondisi uap yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*, jika uap digunakan sebagai pemanas. Hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan tidak beroperasi sama sekali.

2. Bebas dari gas-gas yang mengakibatkan terjadinya korosi terutama gas oksigen dan karbondioksida.

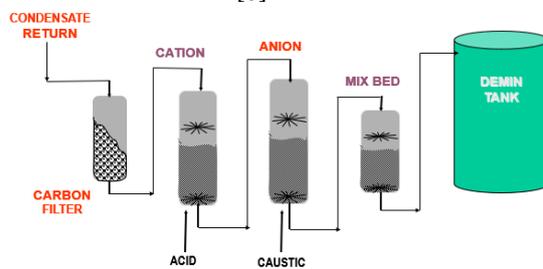
Unit demineralisasi terdiri dari *Carbon Filter*, *Cation Exchanger*, *Anion Exchanger*, dan *Mix Bed Exchanger*. Air yang sudah diproses dari unit demineralisasi selanjutnya akan disimpan di tangki demin.



Gambar 1. Diagram Alir Unit Demineralisasi

3.2. Proses Demineralisasi

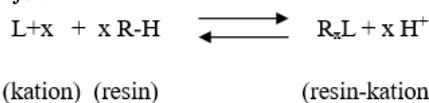
[5]



Gambar 2. Proses Demineralisasi

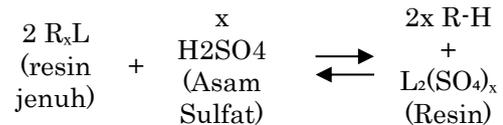
Air dari *filtered water tank* dipompakan dengan *demineralizer feed pump* menuju *activated carbon filter* yang berfungsi untuk menghilangkan gas klorin, warna, bau dan zat-zat organik lainnya. Air yang keluar dari carbon filter diharapkan mempunyai pH sekitar 7,0 sampai dengan 7,5. Selanjutnya air tersebut diumpungkan ke dalam *cation exchanger* untuk menghilangkan kation-kation mineralnya. Kemungkinan jenis kation yang ditemui adalah Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} dan Al^{3+} dengan ion hidrogen (H^+) [6].

Cation exchanger merupakan suatu silinder baja tegak yang berisi resin R-H, yaitu polimer dengan rantai karbon R yang mengikat ion H. Reaksi yang terjadi:



Ion L^{+x} dalam operasi akan diganti oleh ion H^+ dari resin R-H sehingga air yang dihasilkan bersifat asam dengan pH sekitar 3,2 sampai 3,3. Regenerasi

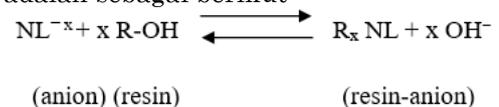
dilakukan jika resin sudah berkurang keaktifannya (jenuh), biasanya dilakukan pada selang waktu tertentu atau berdasarkan jumlah air yang telah melewati unit ini. Regenerasi ini dilakukan dengan asam sulfat dan dilakukan dalam tiga tahap, yaitu back wash atau cuci balik, regenerasi dengan menggunakan bahan kimia asam sulfat dan pembilasan dengan air demin. Reaksi yang terjadi pada proses regenerasi adalah kebalikan dari reaksi operasi, yaitu:



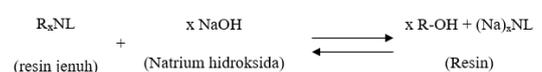
Air yang keluar dari *cation exchanger* dialirkan menuju degasifier. Degasifier berfungsi untuk menghilangkan kandungan CO_2 dengan cara mengalirkan air dari atas dan dihembuskan udara dari bagian bawah degasifier menggunakan *blower*. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi pelepasan CO_2 .

Air yang telah dihilangkan kandungan CO_2 -nya dialirkan menuju *anion exchanger* untuk menghilangkan anion-anion mineralnya. Kemungkinan jenis anion yang ditemui adalah HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- NO^- dan SiO_3^{2-} .

Seperti pada *cation exchanger*, *anion exchanger* ini juga berupa tiga buah bejana tekan yang berisi resin. Resin yang terdapat pada *anion exchanger* dapat dituliskan dengan simbol R-OH. Reaksi yang terjadi pada unit ini adalah sebagai berikut :



Pada saat operasi, reaksi akan berlangsung ke kanan, sehingga ion negatif NL^{-x} akan diganti oleh ion OH^- dari resin R-OH. Air yang keluar dari *anion exchanger* diharapkan mempunyai pH sekitar 8,6 sampai 8,9. Regenerasi dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH 4% dengan suhu 49°C sebagai regenerant. Reaksi berlangsung sehingga resin jenuh akan kembali menjadi R-OH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Untuk menyempurnakan kerja kedua unit penukar ion diatas, maka air dari *anion exchanger* selanjutnya dialirkan ke unit *mixed bed exchanger* untuk menjaga kemungkinan sisa-sisa kation dan anion yang masih lolos. Unit ini berupa *vessel* dengan isi resin penukar ion negatif dan positif yang telah dicampur.

Air yang keluar dari unit ini diharapkan mempunyai pH sekitar 6,2 sampai 7 dan selanjutnya dikirim ke unit *demineralized water storage* sebagai penyimpanan sementara sebelum diproses lebih lanjut sebagai *boiler feed water* (BFW).

Tabel 2. Kualitas Air Demin

Parameter	Nilai
pH	6,2 - 7
Kadar SiO ₂	< 0,02 ppm
Kadar Fe	< 0,1 ppm
Kadar O ₂	< 0,007 ppm

Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama oksigen dan karbon dioksida. Gas-gas tersebut dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi.

Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator uap bertekanan rendah (0,6 kg/cm²) dan suhu sekitar 150°C.

3.3. Tahapan Regenerasi

Tahap regenerasi adalah operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengambilan kapasitas ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat menghasilkan titik puncak (mengembalikan waktu regenerasi dan jumlah larutan yang digunakan). Jika semua sistem dapat dikembalikan ke kemampuan pertukaran awal, maka ekuivalen ion yang digantikan harus sarna dengan ion yang dihilangkan selama tahap layanan [7].

3.3.1. Regenerasi Cation

- *Backwash*: Mengeluarkan kotoran-kotoran yang mengendap di atas resin.

- *Inject acid 1 %*: Menghilangkan ion kalsium yang melekat pada lapisan resin.
- *Inject acid 2 %*: Menghilangkan ion magnesium yang melekat pada lapisan resin
- *Inject acid 4 %*: Menghilangkan ion natrium yang melekat pada lapisan resin
- *Inject acid 6 %*: Membuang sisa ion-ion cation lainnya yang melekat pada lapisan resin.
- *Displace acid*: Membersihkan atau membilas sisa-sisa asam yang tertinggal dalam sistim.
- *Rinse*: Pembilasan resin untuk penyempurnaan

3.3.2. Regenerasi Anion

- *Backwash*: Mengeluarkan kotoran – kotoran yang melekat pada bagian atas resin.
- *Fast inject caustic 4 %*: Membuang / melepaskan ion-ion anion yang melekat pada resin.
- *Slow inject caustic 4 %*: Membuang sisa ion-ion anion yang masih melekat pada lapisan resin.
- *Soak caustic* (perendaman): Memberikan kemungkinan masih adanya kaustik yang belum larut.
- *Inject caustic 4 %*: Menyempurnakan pengeluaran anion.
- *Displace caustic*: Membersihkan atau membilas sisa-sisa *caustic* yang tertinggal dalam sistem.
- *Rinse* : pembilasan resin.
- *Rerinse*: pembilasan kembali *exchanger* dari kemungkinan kaustik maupun Garam natrium yang masih tersisa .

3.4. Data Pengamatan

3.4.1. Berikut ini data kandungan ion dalam air

Tabel 3. Data Ion masuk *Cation Exchanger*

No.	Komponen	Kandungan (ppm)	
		Masuk	Keluar
1	Kalsium (Ca)	46	0

2	Magnesium (Mg)	24	0
3	Sodium (Na)	32	0,26
4	Potassium (K)	3,6	0,05
5	Besi (Fe)	0,14	0,07

<i>Exchange Capacity</i>	<i>1,2 eq/ Liter</i>
<i>Volume Resin</i>	<i>11.400 Liter</i>

Sumber : *Process Engineering*

Tabel 4. Data Ion masuk *Anion Exchanger*

No.	Komponen	Kandungan (ppm)	
		Masuk	Keluar
1	Bikarbonat (HCO ₃)	70	0
2	Klorida (Cl)	18	0
3	Nitrat (NO ₃)	0,85	0
4	Sulfat (SO ₄)	36	0
5	Silika (SiO ₂)	18	0
6	<i>Free CO₂</i>	6,7	0

Sumber : Laporan Hasil Uji *Ion Balance K-1A*

3.4.2. Data Resin Cation dan Anion Exchanger

Dibawah ini merupakan data data dari resin cation dan anion

Tabel 5. Data Resin *Cation Exchanger*

Jenis	<i>Amberjet 1200 Na</i>
<i>Exchange Capacity</i>	<i>2,1 eq/ Liter</i>
<i>Volume Resin</i>	<i>9400 Liter</i>

Tabel 6. Data Resin *Anion Exchanger*

Jenis	<i>Amberjet 4200 Cl</i>
-------	-------------------------

3.4.3. Data laju inlet dan total flow

Tabel 7. Data *Flow Inlet Cation* dan *Anion Exchanger*

Jam	<i>Flow Inlet (Liter/menit)</i>		
	<i>Bed A</i>	<i>Bed B</i>	<i>Bed C</i>
00.00	1450	1390	1430
02.00	1600	1130	1440
04.00	1600	1130	1420
06.00	1590	R	1460
08.00	1600		1250
10.00	1420		1750
12.00	1460		1430
14.00	R	1600	1400
16.00		1120	1450
18.00		1310	1450
20.00		1310	1300
22.00	1480	1460	R
Rata-rata	1525	1306	1434

Sumber : *Log Sheet Field Demin*

3.4.4. Data penggunaan regeneran

Bed A :

Level *Acid* = 12
 Jumlah *Acid* = 2,88 Ton
 Level *Caustic* = 13
 Jumlah *Caustic* = 3,8 Ton

Bed B :

Level *Acid* = 8
 Jumlah *Acid* = 1,92 Ton
 Level *Caustic* = 10
 Jumlah *Caustic* = 2,93 Ton

Bed C :

Level *Acid* = 10
 Jumlah *Acid* = 2,4 Ton
 Level *Caustic* = 12

Jumlah *Caustic* = 3,51 Ton
 Sumber : *Log Sheet Board Water System*

3.5. Perhitungan

3.5.1. Menghitung Flow Inlet Cation dan Anion Exchanger

$$\text{Bed A} = 1525 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} \times 60 \text{ menit} \\ = 91.500 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Bed B} = 1306 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} \times 60 \text{ menit} \\ = 78.360 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Bed C} = 1434 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} \times 60 \text{ menit} \\ = 86.040 \text{ liter/jam}$$

3.5.2. Menghitung Service Time dari Cation dan Anion Exchanger menggunakan rumus (1):

$$\text{Bed A} = \frac{2.200.000 \text{ liter}}{91.500 \text{ liter/jam}} \\ = 24,043 \text{ jam}$$

$$\text{Bed B} = \frac{1.730.000 \text{ liter}}{78.360 \text{ liter/jam}} \\ = 22,077 \text{ jam}$$

$$\text{Bed C} = \frac{1.960.000 \text{ liter}}{86.040 \text{ liter/jam}} \\ = 22,78 \text{ jam}$$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Service time Bed A adalah selama 24,043 Jam, service time Bed B selama 22,077 Jam, dan service time bed C selama 22,78 Jam. Maksud dari service time ini adalah Cation dan Anion pada masing-masing bed dapat bekerja selama jam tertentu dan harus diregenerasi setelah melakukan service karena resin sudah jenuh dengan ion yang diikatnya. Dalam hal ini waktu untuk regenerasi untuk Bed A, Bed B, dan Bed C berbeda-beda karena ketika salah satu bed dilakukan regenerasi maka bed yang lain harus melakukan service. Akan tetapi Cation dan Anion Exchanger pada masing-masing bed dilakukan regenerasi secara bersamaan karena sistem kerjanya secara seri.

4.2. Saran

Berdasarkan penelitian selama kerja praktek yang telah dilakukan di PT. XYZ, penulis merekomendasikan untuk melakukan *interval* umur resin pada *cation* dan *anion exchanger*, agar proses demineralisasi air tetap

berjalan sesuai dengan hasil yang diinginkan, Kemudian melakukan evaluasi secara rutin guna mendapatkan solusi akan masalah yang muncul selama proses produksi. Selalu memperhatikan semua aspek guna tetap menjaga konsistensi hasil produksi

UCAPAN TERIMA KASIH

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Dalam kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada: Bapak Dr. H. Maman Suryaman, M. M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang; Bapak Rizal Hanifi, S.T., M.T., sebagai Koordinator Program Studi S1-Teknik Mesin; Bapak Kardiman, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Kerja Praktek; Bapak Rian dan Bapak Rian dan Bapak Wira Nugroho selaku Pembimbing Lapangan Kerja Praktek PT. XYZ ; Kedua Orang Tua dan Keluarga penulis yang sudah mendukung serta mendoakan penulis selama menimba ilmu di Univeritas Singaperbangsa Karawang; dan kepada teman-teman penulis yang senantiasa membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Ahsanti, S. S. Mulyati And B. Yulianto, "Pengaruh Variasi Berat Resin Ion Exchange Terhadap Penurunan Ph Air Limbah Produksi Di Pt. Xyz," *Jurnal Kesehatan Siliwangi, Poltekkes Kemenkes Bandung*, Vol. 2, No. 2, Pp. 427-430, 2021.
- [2] A. Rahmah, "Rancang Bangun Alat Pembuatan Aquademin Metode Tanpa Pemanasan (Tinjauan Kinerja Pada Ion Exchanger)," *Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang*, 2019.
- [3] M. D. Rifa'i, F. And S. Yuliatun, "Efektivitas Kombinasi Resin Penukar Ion (Amberlite Ira-96 Rf Dan Amberlite Ir-120 Na) Untuk Dekolorisasi Dan Demineralisasi Nira Tebu," *Jurusan Kimia, Fmipa, Universitas Negeri*

- Malang, Pp. 62-68, 2019.
- [4] A. Supriyadi And A. Masyrurroh, "Proses Optimasi Desalinasi Dan Demineralisasi Untuk Menjamin Kuantitas Dan Kualitas Air Proses Dan Domestik Di Pt Ineos Aromatics Indonesia," *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (Jurnal)*, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya, Vol. 5, No. 1, Pp. 13-23, 2022.
- [5] D. M. Reza, "Laporan Kerja Praktek Analisis Pemeliharaan Mesin Ugb 101b Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Di PT. XYZ," Bandung, 2022.
- [6] P. Jahulu, "Analisa Pengaruh Kualitas Air Terhadap Efisiensi Ketel Uap Di Pt Perkebunan Lembah Bhakti (Plb)," *Skripsi*, Pp. 1-61, 2019.
- [7] R. M. Gultom, "Menghitung Banyaknya Jumlah H₂so₄ Untuk Satu Kali Proses Regenerasi Kation Exchange Di Water Treatment Plant," *Institut Teknologi Nasional Bandung*, 2022.
- [8] M. E. Kosim, D. Prambudi And R. Siskayanti, "Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air Di Proses Produksi Electroplating," *Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 17 November 2021.
- [9] E. H. Sutopo, "Proses Demineralisasi Air Tanah Menjadi Air Tds 0 Ppm Menggunakan Metode Resin Penukar Ion Tunggal (Single Ionic Resin Exchange Method).," *Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan*, 2019.
- [10] I. Nuhardin, M. Septiani And R. Rivaldiansyah, "Evaluasi Performance Regenerasi Mixed Bed Polisher Pada Unit Demineralisasi," *Mecha Jurnal Teknik Mesin, Universitas Tridharma*, 2021.
- [11] A. Shahab And I. A. Setiorini, "Efektifitas Volume Resin Ion Exchanger Terhadap Kapasitas Pertukaran Ion Dan Waktu Jenuh Pada Unit Demin Plant Di Pt Pln (Persero) Updk Keramasan," *Program Studi Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Akamigas Palembang*, 2023.
- [12] Sugianto, Srimaryanto And N. A. Purnamasari, "Uji Fungsi Sistem Demineralisasi Dengan Penambahan Kolom Mixed Bed," *Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, Batan*, 2019.
- [13] Wawan, "Pengolahan Air Dengan Sistem Demineralisasi," 19 08 2023. [Online]. Available: <https://Inviro.Co.Id/Demin/Pengolahan-Air-Dengan-Sistem-Demineralisasi/>. [Accessed 22 08 2023].
- [14] D. J. Munthe And P. Yuliarty, "Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness (Oee) Untuk Meningkatkan Efektivitas Sistem Demineralisasi Air Di Steelmaking Plant Pt.Krakatau Posco," *Jurnal Teknik Industri Itn Malang*, 2021.
- [15] A. Gifari, S. Aliyah, S. Ma'arif And D. Ardiatma, "Analisis Pelunakan Air (Water Softening) Dengan Metode Demineralisasi Di Pt . Dmc Teknologi Indonesia Jababeka 2 Cikarang," *Prosiding Sains Dan Teknologi*, Vol. 1, No. 1, Pp. 387-395, 2022.