

Analisis efisiensi penukaran ion pada unit demineralisasi di PT Petrowidada

Analysis of ion exchange efficiency in the demineralization unit at PT Petrowidada

Bagas Aji Pratama*, Oki Setiawan

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jalan Sumatra No.101
Gresik Kota Baru (GKB), Gresik

*Email: bagasajipratama072@gmail.com

ABSTRAK: Air demineralisasi merupakan air yang memiliki banyak kegunaan. Di laboratorium air demineralisasi digunakan sebagai pelarut dan pencuci peralatan laboratorium, sedangkan di industri air demineralisasi digunakan sebagai air proses untuk BWF (*Boiler Feed Water*). Proses demineralisasi air menggunakan pertukaran ion merupakan salah satu cara proses pemurnian air. Pada dasarnya proses pemurnian air dengan metode pertukaran ion adalah mengganti semua kation dan anion (selain OH^-) yang terlarut dalam air dengan kation hidrogen dan anion OH^- dari dalam resin. Analisis efisiensi resin pertukaran ion pada penelitian ini menggunakan data pengamatan konduktivitas *raw water* dengan produk air hasil demineralisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efisiensi resin kation dan anion pada proses demineralisasi secara berurutan sebesar 72,86 % dan 82,05 %. Hasil lain juga menunjukkan bahwa lama siklus regenerasi pada proses demineralisasi yaitu selama 13 jam untuk penggunaan secara berkelanjutan. Nilai efisiensi resin kation tergolong dibawah standar yaitu 80%, artinya resin kation mengalami kejenuhan dan penurunan kualitas. Sementara itu untuk resin anion perolehan nilai efisiensinya diatas 80% menunjukkan kualitas resin tergolong sangat baik dan tidak jenuh.

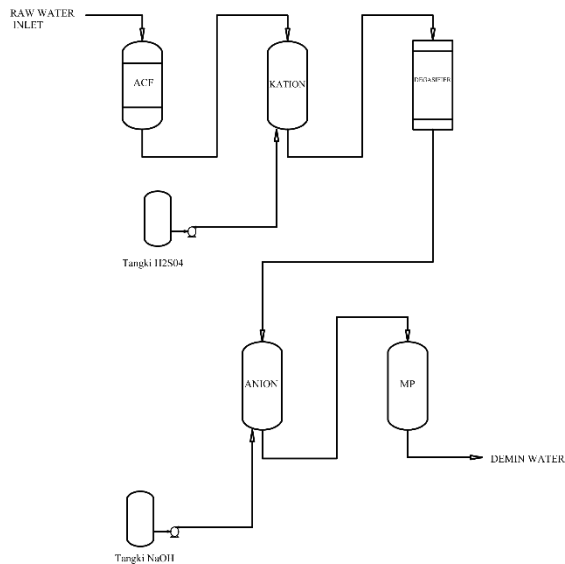
Kata kunci: Air; resin; demineralisasi; efisiensi; pemurnian

ABSTRACT: *Demineralized water is water that has many uses. In laboratories, demineralized water is used as a solvent and for washing laboratory equipment, while in industry demineralized water is used as process water for BWF (Boiler Feed Water). The water demineralization process using ion exchange is one method of water purification process. Basically, the water purification process using the ion exchange method is to replace all cations and anions (other than OH^-) dissolved in water with hydrogen cations and OH^- anions from the resin. Analysis of the efficiency of ion exchange resins in this research uses observation data on the conductivity of raw water with demineralized water products. The research results show that the efficiency values of cation and anion resins in the demineralization process are 72.86% and 82.05%, respectively. Other results also show that the length of the regeneration cycle in the demineralization process is 13 hours for continuous use. The efficiency value of the cation resin is below the standard, namely 80%, meaning that the cation resin is experiencing saturation and a decrease in quality. Meanwhile, for anion resin, the efficiency value obtained is >80%, indicating that the resin quality is classified as so good and not saturated.*

1. PENDAHULUAN

PT Petrowidada adalah sebuah pabrik yang memproduksi *Phthalic Anhydride* (PA) dimana produk tersebut merupakan bahan setengah jadi untuk industri-industri plastik. PT Petrowidada ini dimulai sejak ditandatanganinya suatu perjanjian pada tanggal 1 Juli 1985 terletak di Kawasan Industri Gresik, jalan Prof. Dr. Muhammad Yamin, SH, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. PT Petrowidada sendiri memiliki beberapa unit proses, salah satunya yaitu Unit proses demineralisasi atau biasanya di sebut Demin Plant.

Demin plant merupakan salah satu unit pengolahan air yang tujuannya memproduksi air demineralisasi yang biasanya digunakan untuk air proses. Air demineralisasi ini tidak mengandung mineral berupa garam dan memiliki rentang ph 6,5-7 . mineral pengotor yang terkandung didalam raw water dapat menyebabkan korosi pada alat proses karena membentuk kerak dan endapan.



Gambar 1. Process Flow Diagram Unit Demin PT. Petrowidodo

Air untuk proses atau untuk kebutuhan steam boiler tidak bisa menggunakan air bersih atau raw water. Hal itu disebabkan karena raw water masih terdapat pengotor (impurities) terlarut maupun tidak terlarut. Pengotor tidak terlarut dapat dibebaskan menggunakan clarifier dengan proses penjernihan, sedangkan untuk pengotor terlarut dapat dibebaskan dengan proses demineralisasi pada unit demin. (Gultom, 2021)

Air demin perlu diproses agar membebaskan garam yang ada pada mineral dalam air. Mineral dalam air memiliki 2 bentuk yang berbeda yaitu ion positif dan ion negatif atau bisa di sebut dengan anion dan kation. Untuk menghilangkan partikel-partikel yang ada dalam kandungan mineral perlu dilakukan suatu metode yang dikenal dengan istilah

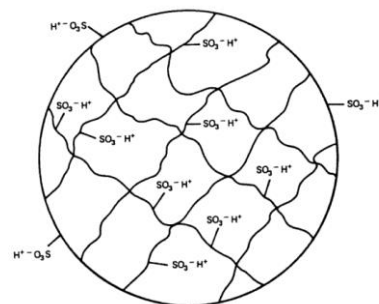
penukar ion (*ion exchanger*). Didalam proses *ion exchanger* terdapat 2 tahapan yaitu *cation exchanger* dan *anion exchanger* dimana pada setiap pertukaran terdapat resin penukar ion. Proses ini termasuk dalam proses fisika dan kimia.

Resin akan mengambil sejumlah ion positif atau negatif dari suatu senyawa cair, kemudian melepaskan ion lain ke dalam senyawa cair tersebut dengan perbandingan total yang sesuai. Ion yang mengalami pertukaran pada resin kation cenderung ion positif, sedangkan ion yang mengalami pertukaran pada resin anion cenderung ion negatif (Sutopo, 2019).

Pada sistem demineralisasi PT. Petrowidada resin yang digunakan adalah resin kation dan resin anion. Fungsi dari resin ini adalah untuk membebaskan air dari *impurities* yang terkandung didalam air agar dapat mempengaruhi ketahanan alat proses.

Dalam pengoaha air, ada 4 jenis resin. Pertama yaitu resin kation asam kuat. Kondisi yang memungkinkan untuk menggunkn resin kation asam kuat adalah kondisi (R-.H⁺) dan R-.Na⁺. Pemilihan kedua kondisi tersebut berpengaruh pada jenis ion yang akan di ambil , bahan kimia untuk regenerasi serta bahan kimia yang diperoleh (Montgomery J.M, 1985).

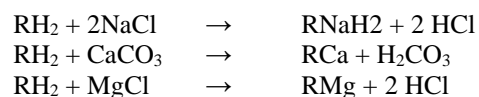
Yang kedua yaitu resin kation asam lemah. Resi ini tersusun dari polimer-polimer yang bereaksi dengan gugus asam karbonat dan gugus (COOH-) yang merupakan bagian dari resin. Untuk memisahkan ion hidrogen dari resin, di perlukan adanya kalinit dari resin kation asam lemah.



Gambar 2. Resin Kation

(Sumber : Kosim dkk, 2021)

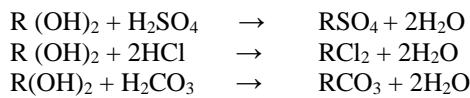
Mekanisme *ion exchnge* yang terjadi pada resin penukar kation di Unit Demin III PT. Petrowidada adalah sebagai berikut:



Yang ketiga adalah resin anion basa kuat. Fungsi dari resin ini biasanya digunakan untuk proses pengambilan ion-ion yang bermuatan negatif. Resin ini sering digunakan untuk mengambil asam-asam seperti asam sulfat dan asam klorida. Hal tersebut membuat resin basah kuat ini dekanal sebagai pengadsorpsi asam (*acid adsorbers*) (Montgomery, 1985). Resin anion basah kuat ini dapat dioperasikan pada 2 kondisi yaitu kondisi klorida dan kondisi hidroksida. Pada kondisi klorida, resin anion basa kuat dapat mengambil ion-ion negatif seperti sulfat dan nitrat. Proses regenerasi pada kondisi klorida ini menggunakan larutan garam (NaCl). Kondisi kedua yaitu kondisi hidroksida. Kondisi dimana resin ini dapat mengambil hampir semua jenis ion negatif pada suatu larutan. Proses pengaktifan kembali pada kondisi hidroksida adalah dengan menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) (Pujiastuti C, 2008).

Yang terakhir yaitu resin anion basa lemah. Kegunaan resin ini sama halnya dengan resin anion basa kuat, yaitu untuk mengambil asam seperti asam sulfat dan asam klorida. Proses pengaktifan kembali resin ini bisa dilakukan dengan beberapa larutan seperti natrium karbonat, ammoniumhidroksida dan natrium karbonat (Pujiastuti C, 2008)

Mekanisme proses *ion exchange* yang terjadi pada kolom resin penukar kation di Unit Demin III PT. Petrowidada adalah sebagai berikut:



Proses demineralisasi tidak berlangsung secara terus menerus, karena resin resin yang ada pada kolom kation maupun anion mengalami kejenuhan. Untuk itu perlu adanya proses Regenerasi guna pengaktifan kembali resin kation dan anion, sehingga resin anion dan kation dapat berfungsi kembali untuk membebaskan air dari *impurities* yang ada didalam air.

Proses pengaktifan kembali (regenerasi) pada unit demin ini dapat dijalankan secara paralel maupun bergantian antara resin kation dan resin anion. Jika proses regenerasi dilakukan secara bersamaan, maka akan menimbulkan pengendapan $CaCO_3$ dan resin akan mengalami rusak jika tidak menggunakan air demineralisasi atau air softener (Kosim dkk, 2021).

Selain kejenuhan pada resin, ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi pertukaran ion. Yang pertama yaitu pH. Gugus OH fenolik atau asam karboksilat tidak bisa terpecah pada pH rendah, maka dari itu kapasitas penukaran ion bisa optimum pada pH larutan alkali (Pujiastuti C, 2008).

Yang kedua yaitu kecepatan aliran. Kontak antara air dengan resin kation atau anion biasanya berlangsung cepat (pendek), hal tersebut

menyebabkan debit aliran menjadi cepat sehingga konsentrasi ion yang dapat dipertukarkan menjadi lebih sedikit (Pujiastuti C, 2008).

Faktor berikutnya yaitu tinggi resin penukar ion. Tinggi resin pada kolom berpengaruh karena semakin tinggi resin didalam kolom, maka semakin banyak jumlah resin. Jika resin didalam kolom

semakin banyak maka penukaran ion menjadi lebih banyak (Kosim dkk, 2021).

Faktor terakhir yaitu konsentrasi ion terlarut. Kecepatan reaksi pertukaran ion bergantung pada konsentrasi ion terlarut. Jika kecepatan reaksi pertukaran ion berlangsung lambat, artinya semakin banyak konsentrasi ion yang mengalami pertukaran ion. Hal tersebut terjadi karena resin anion maupun kation memiliki kapasitas ion yang cukup terbatas.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di proses produksi phthalic anhydride PT. Petrowidada pada bulan Agustus 2022 Penelitian ini dilakukan dengan metode observasi lapangan selama bulan Agustus 2022 dan metode studi literatur. Perhitungan nilai efisiensi resin digunakan rumus sebagai berikut:

$$VR = \frac{V_p \times TDS_{feed} \times 0,43718}{TEC \times \eta} \times 100 \% \quad (1)$$

$$(\eta) = \frac{V_p \times TDS_{feed} \times 0,43718}{TEC \times VR} \times 100 \% \quad (2)$$

Keterangan :

- η = Efisiensi Resin
- V_p = Rata-rata volume produk
- TDS_{Feed} = Nilai konduktivitas air
- TEC_{cation} = Kapasitas Resin (40 kgr/ft³)
- TEC_{anion} = Kapasitas Resin (21,9 kgr/ft³)

Untuk perhitungan lama pemakaian resin menggunakan rumus :

$$t = \frac{V_p}{Q} \quad (3)$$

Keterangan :

- V_p = Rata-rata volume produk
- Q = Debit Produk
- t = Waktu Regenerasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan yang dilakukan di PT. Petrowidada untuk menghitung efisiensi resin unit demin sebagai berikut : Debit : 0.55 m³/menit

Tabel 1. Data Regenerasi Unit Demineralisasi PT. Petrowidada

NO	Volume Chemical (L)		Conductivity (Us/cm)	Volume Feed (m ³)	pH
	H ₂ SO ₄ (Ltr)	NaOH (Ltr)			
1	159	258	40	550	6,5
2	159	258	40	550	6,7
3	159	258	40	550	6,5
4	159	258	40	500	6,8
5	159	258	40	550	6,6
6	159	258	40	500	6,5
7	159	258	40	500	6,5
8	159	258	40	550	6,7
9	159	258	40	500	6,8
10	159	258	40	550	6,9
TOTAL				5300	

3.1 Menghitung Rata-rata Volume Produk

Perhitungan nilai rata-rata volume produk menggunakan rumus:

$$V_{produk} = \frac{\text{Jumlah total volume}}{\text{Banyak frekuensi}} \quad (4)$$

$$V_{produk} = \frac{5300 \text{ m}^3}{10}$$

$$V_{produk} = 530 \text{ m}^3$$

Didapatkan nilai volume produk sebesar 530 m³

3.2 Menghitung Konversi Satuan Konduktivitas

Perhitungan nilai efisiensi resin diperlukan satuan konduktivitas. Satuan Konduktivitas yang digunakan adalah ppm, maka diperlukan konversi untuk menghitung nilai konduktivitas dalam ppm.

- 1 us/cm Nilai konduktivitas = 0.5 us/cm nilai TDS
- 1 us/cm = 0.5 ppm
- 40 us/cm = 20 ppm

Didapatkan nilai konduktivitas dalam ppm sebesar 20 ppm.

3.3 Perhitungan Nilai Efisiensi Resin Kation

Untuk menghitung nilai efisiensi resin kation, masukan hasil perhitungan dari persamaan 4 dan nilai TDS kedalam persamaan 2.

$$(\eta) = \frac{V_p \times TDS_{feed} \times 0,43718}{TEC \times VR} \times 100 \% \quad (5)$$

$$(\eta) = \frac{530 \text{ m}^3 \times 20 \text{ ppm} \times 0,43718}{40 \text{ kgr/ft}^3 \times 159} \times 100 \%$$

$$(\eta) = 72,86 \%$$

3.4 Perhitungan Nilai Efisiensi Resin Anion

Untuk menghitung nilai efisiensi resin anion, masukan hasil perhitungan dari persamaan 4 dan nilai TDS kedalam persamaan 2.

$$(\eta) = \frac{V_p \times TDS_{feed} \times 0,43718}{TEC \times VR} \times 100 \% \quad (6)$$

$$(\eta) = \frac{530 \text{ m}^3 \times 20 \text{ ppm} \times 0,43718}{21,9 \text{ kgr/ft}^3 \times 258} \times 100 \%$$

$$(\eta) = 82,05 \%$$

3.5 Penentuan Lama Penggunaan Resin Kation Dan Anion

Satuan debit aliran yang digunakan adalah m^3/jam , maka diperlukan konversi untuk menghitung nilai konduktivitas dalam m^3/jam

$$\begin{aligned} \text{Debit aliran} &= 0,55 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 0,55 \text{ m}^3/\text{menit} \times 60 \\ &= 33 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Setelah nilai debit didapatkan dalam satuan m^3/jam , maka dapat ditentukan lama pemakaian resin dengan memasukkan nilai debit yang telah di konversi kedalam persamaan 3.

$$t = \frac{V_p}{Q} \quad (7)$$

$$t = \frac{530 \text{ m}^3}{33 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$t = 16 \text{ jam}$$

Metode pertukaran ion merupakan metode yang umum di gunakan pada proses pengoahan air. Umumnya, penukar ion berupa bahan organik yang di buat secara sintetik. Bahan penukar ion ini sering di sebut dengan resin penukar ion. Resin penukar ion mengandung bagian-bagian aktif dengan ion yang dapat di tukar. Bagian aktif tersebut seperti pada penukar kation yaitu kelompok-kelompok asam sulfo – $\text{SO}_3^- \text{H}^+$ (dengan sebuah ion H^+ yang dapat ditukar). Sedangkan bagian aktif pada penukar anion yaitu kelompok-kelompok amonium kuarterner – $\text{N}-(\text{CH}_3)_3+\text{OH}^-$ (dengan sebuah ion OH^- yang dapat ditukar) (Bernasconi, 1995). Proses pertukaran ion terjadi apabila elektrolit berkontak langsung dengan resin penukar ion. Kontak tersebut menyebabkan terjadinya pertukaran secara setara yaitu ion yang muatannya sama akan mengalami pertukaran ion dengan ion yang muatannya sama pula dan dengan jumlah yang sama. (Kosim, dkk, 2021). Pertukaran ion tersebut terjadi secara continue, akibatnya resin penukar ion mengalami kejenuhan. Kondisi ini merupakan kondisi dimana ion-ion penukar pada resin telah habis bertukar dengan ion pengotor yang ada didalam larutan. Kondisi ini mengharuskan resin penukar agar segera di lakukan

pengaktifan kembali atau biasa disebut regenerasi untuk menggantikan ion-ion yang telah habis. Proses pengaktifan kembali resin penukar ion di lakukan dengan cara mencampurkan resin yang telah jenuh dengan larutan asam dan basah. Resin kation di aktifkan kembali dengan bantuan larutan asam dan resin anion diaktifkan kembali dengan larutan basa.

Ada beberapa tahapan dari proses regenerasi di Unit Demin III PT. Petrowidada, tahap adalah Anion dan Kation *Surface Washing* masing masing 7 menit kemudian masuk ketahap Anion dan Kation *Surface backwashing* dimana masing masing *backwashing* diberi waktu 3 menit untuk tower anion dan tower kation. Tujuan *washing* dan *backwashing* adalah untuk mencuci resin kation dan anion. Setelah *backwashing* perlakuan selanjutnya adalah *settling*. *Settling* dilakukan dengan waktu 5 menit, tujuannya adalah untuk mengendapkan kembali resin kation dan anion sebelum dilakukan Injeksi *Chemical*. Setelah resin sudah *settling*, tahap selanjutnya adalah K&A REG. Pada tahap ini ada 3 tower yang bekerja, yaitu tower Anion, tower Kation dan tower ACF. Pada Tower ACF, karbon aktif juga dilakukan tahapan *washing* dan *backwashing*. Untuk waktunya *washing* dilakukan selama 5 menit begitu juga dengan *backwashing* yang dilakukan selama 5 menit. Setelah itu karbon aktif di *settling* selama 5 menit dan setelah itu Karbon aktif masuk ketahap *Rinse*. Tahap *rinse* bertujuan untuk mencuci karbon aktif dari kotoran yang masih tertinggal.

Diwaktu yang sama, tower anion dan kation juga memasuki proses injeksi *chemical* dimana tower kation diinjeksi dengan H_2SO_4 sedangkan untuk tower anion diinjeksi dengan NaOH . Injeksi H_2SO_4 dilakukan dengan 2 step, step pertama H_2SO_4 di injeksi sebanyak 102 liter dengan waktu 20 menit kemudian dilakukan step kedua. Pada step kedua H_2SO_4 di injeksi sebanyak 57 liter dengan waktu 6 menit. Pada waktu injeksi H_2SO_4 Anion Tower juga di injeksi dengan NaOH . Namun hanya ada 1 step pada injeksi NaOH dimana NaOH diinjeksikan kedalam Anion Tower sebanyak 258 liter dengan waktu 40 menit. Tujuan dari injeksi ini adalah untuk mengaktifkan kembali resin anion dan kation agar bisa melakukan *ion exchanger* dengan baik kembali. Setelah diinjeksi tahap berikutnya adalah *displacement* yang dilakukan pada tower kation dan anion selama 40 menit.

Pada proses ini digunakan air demin dan bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa injeksi *chemical*. Setelah itu dilanjutkan tahap *rinse*. Tahapan ini dilakukan selama 30 menit dengan tujuan mencuci resin kation dan anion. Setelah itu tahap terakhir adalah Kation dan Anion *Discharge*. Hasil produk dari keluaran resin anion dan kation, nilai konduktivitasnya dikontrol pada batas $< 40 \mu\text{s}/\text{cm}$.

Hasil yang didapatkan dari perhitungan di atas, nilai efisiensi dari resin kation sebesar 72,86 % dan nilai efisiensi untuk resin anion sebesar 82,05%.

Resin kation mendapatkan nilai efisiensi lebih sedikit dibandingkan dengan nilai efisiensi resin anion. Menurut (Nurbanah, 2015), nilai efisiensi yang baik memiliki nilai sebesar 80%. Nilai efisiensi resin kation dibawah 80%, hal tersebut disebabkan karena kondisi resin sudah terlewat jenuh dan umur resin sudah tua, sehingga diperlukan pergantian resin kation agar dapat mendapat nilai efisiensi sebesar 80% atau lebih. Nilai efisiensi untuk anion dari data perhitungan adalah >80% , hal ini menunjukkan bahwa resin anion masih efisien dan bisa digunakan.

Lama penggunaan resin tergantung dari proses regenerasi yang dilakan. Apabila proses regenerasi yang dilakukan sesuai prosedur instruksi kerja maka lama pemakaian resin sebesar 16 jam. Hal tersebut dikarenakan hasil regenerasi yang tidak sesuai dengan instruksi kerja biasanya memiliki nilai konduktivitas yang hampir mendekati nilai standar, sehingga sebelum 16 jam maka spesifikasi air demineralisasi melebihi standar. Lama penggunaan resin juga tergantung dengan debit air yang digunakan. Rata-rata debit yang digunakan pada proses demineralisasi PT. Petrowidada sebesar 0,5 m³/menit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi resin kation dan anion pada proses demineralisasi PT. Petrowidada secara berurutan sebesar 72,86 % dan 82,05%, serta lama siklus regenerasi resin kation dan anion yang di dapat adalah 16 jam untuk pemakaian secara continue. Hasil efisiensi resin kation menunjukkan terjadinya penurunan kualitas daya penukaran ion dikarenakan nilai efisiensi resin >80%, sehingga resin kation sudah dalam kondisi jenuh. Sedangkan

nilai efisiensi resin kation masih diatas 80%, hal itu menunjukkan bahwa resin kation masih sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Gultom, R. M. (2021). Menghitung Banyaknya Jumlah H₂SO₄ Untuk Satu Kali Proses Regenerasi Kation Exchange di Water Treatment Plant. *FTI*.
- Kosim, M. E., Prambudi, D., & Siskayanti, R. (2021). Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating. *Prosiding Semnastek*.
- Montgomery, J. M. (1985). Water treatment principles and design, A Wiley and Sons. *Inc., Intersci. Public., New York*.
- Nurbana, A. (2015). Menghitung Volume Resin Pada Demin Plant atau Sistem Ion Exchange. *Dipetik November, 25, 2019*.
- Pujiastuti, C. (2008). Kajian Penurunan Ca Dan Mg Dalam Air Laut Menggunakan Resin (Dowex). *Jurnal Teknik Kimia, 3(1), 199..*
- Sutopo, E. H. (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), 22-10*.