



## Analisis Kadar NaCl Pada Proses Regenerasi Resin Dalam Penurunan Kesadahan Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> Pada Proses *Water Treatment* di PT. ANY

Novia Nelza, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Indonesia

Maulidna, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Indonesia

Irwan Rachmiadji, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Indonesia

Adil Barus, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Indonesia

Donda, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Indonesia

Herry Darmadi, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Indonesia

### ABSTRACT

*Resin is a material that contains ions that can be exchanged with ions in water. Resin as an ion exchange medium has limited ability to exchange ions until the resin is saturated. The resin that has experienced saturation will be regenerated using a NaCl solution so that the ability of the resin to exchange ions is efficient again. From the calculations that have been done, it is known that the amount of NaCl used for the regeneration process can be determined by calculating the amount of reactive substances exchanged by the resin with the hardness contained in the water. The method for determining the hardness level in water is using the complexometric titration method. From the results of the research that has been carried out, it is known that the amount of hardness absorbed is 18.9387 mg/L for Ca<sup>2+</sup> metal and 9.324 mg/L for Mg<sup>2+</sup> metal, the amount of Na<sup>+</sup> reactive substances exchanged is 14.4763 mg/L for Ca<sup>2+</sup> and 7.0462 mg/L for Mg<sup>2+</sup> metal and the amount of NaCl needed is 21.1504 mg/L for resin regeneration.*

NaCl, Resin, Regeneration, hardness

### ARTICLE HISTORY

Submitted 05/11/2024

Revised 21/11/2024

Accepted 30/11/2024

### KEYWORDS

NaCl; resin; regeneration; hardness; magnesium; calcium

### CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ [nelzanovia@gmail.com](mailto:nelzanovia@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.10127>

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam pengoperasian pabrik yaitu sebagai air umpan boiler untuk pembangkit tenaga dan untuk air pengolahan. Kebutuhan air untuk kegiatan di Pabrik Kelapa Sawit sebanyak 60% - 65% digunakan untuk kebutuhan ketel uap yang menghasilkan steam, 20% - 24% sebagai pengencer dalam operasional, 5% - 10% untuk keperluan demin plant dan sisanya untuk keperluan domestik (Rahardja, 2019). Sumber air yang digunakan dapat bersumber dari air bawah tanah, karena air tersebut tidak dapat langsung digunakan. Maka, diperlukan suatu proses pengolahan air agar air yang dihasilkan dapat memenuhi syarat sesuai kriteria yang ditetapkan. Stasiun Water Treatment Plant (WTP) merupakan stasiun yang berfungsi untuk mengolah dan mengkondisikan air agar sesuai dengan baku mutu air yang diharapkan. Proses pengolahan air dibagi menjadi 2 bagian yaitu external water treatment dan internal water treatment. External water treatment digunakan untuk menghilangkan padatan – padatan tersuspensi (seperti tanah, pasir, dan lumpur) dengan cara diendapkan dan disaring. Sementara, internal water treatment digunakan untuk menghilangkan padatan-padatan terlarut dan gas terlarut. (Siahaan, 2017).

Zat organik berupa kalsium dan magnesium yang terkandung dalam air dapat menyebabkan kesadahan. Kesadahan adalah kandungan mineral-mineral tertentu dalam air, umumnya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat dimana; ion-ion ini dapat mengendap dalam kondisi tertentu dan membentuk kerak dan dapat menyumbat pipa dan merusak ketel air. Salah satu parameter kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Ca dan Mg dalam air, yang keberadaannya biasa disebut dengan kesadahan air. Bagi air industri unsur Ca dapat menyebabkan kerak pada dinding peralatan sistem pemanasan sehingga dapat menyebabkan kerusakan padaperalatan industri, disamping itu dapat menghambat proses pemanasan. Masalah ini dapat mengakibatkan penurunan kinerja industri yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerugian. Oleh karena itu persyaratan kesadahan pada air industri sangat diperhatikan.



Untuk menghasilkan air yang bebas dari kesadahan maka akan digunakan *resin* untuk menghilangkan ion penyebab kesadahan dalam air. *resin* adalah bahan yang akan menyerap ion positif kalsium dan magnesium dari dalam air dan menggantikan dengan ion positif lain yang tidak akan menyebabkan kesadahan. Proses ini sering dikenal dengan proses pertukaran ion. Proses pertukaran ion adalah proses penyerapan ion-ion dalam air bersamaan dengan pelepasan ion lain ke dalam air. Dalam proses pertukaran ion resin berperan sebagai medium penukar ion. Resin penukar ion adalah senyawa polimer hidrokarbon yang mempunyai gugus fungsi ionik. Resin penukar ion terbagi menjadi dua yaitu resin penukar kation dan resin penukar anion. Resin penukar kation yang mempertukarkan ion  $\text{Na}^+$  pada proses pertukaran ion dinamakan resin penukar kation dengan siklus Na. Resin penukar kation dengan siklus H akan mempertukarkan ion  $\text{H}^+$  pada proses pertukaran ion. Jika resin telah mempertukarkan semua ion  $\text{Na}^+$  yang dimilikinya, maka reaksi pertukaran ion akan terhenti. Pada saat itu resin dikatakan telah jenuh, sehingga harus diregenerasi dengan larutan yang mengandung ion  $\text{Na}^+$  seperti NaCl.

Penggunaan garam NaCl memiliki keunggulan harga yang lebih murah ketimbang garam KCl akan tetapi dilihat dari segi kesehatan garam KCl memiliki efek samping yang kecil dari pada garam NaCl dalam jangka panjang. Pada proses *regenerasi resin* akan terjadi pergantian ion (*ion exchanger*) dimana ion-ion Ca dan Mg akan teradsorpsi oleh resin, menggantikan ion sodium. Proses pelunakan ini berlanjut sampai resin menjadi jenuh sehingga tidak lagi mampu mengikat Ca dan Mg sehingga perlu dilakukan regenerasi resin. Pada proses inilah dibutuhkan pengaliran yang bertujuan agar *hardness* yang ada di resin dapat digantikan oleh ion natrium yang ada pada larutan garam sehingga resin dapat digunakan kembali. Pengaliran dilakukan dengan melewati larutan garam (*brine introduction*) berkonsentrasi 6-12% (Asep Handaya S, dkk, 2010).

Regenerasi adalah operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengembalian kapasitas ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat mengembalikan waktu regenerasi. Jika sistem dapat dikembalikan ke kemampuan pertukaran awal, maka ekuivalen ion yang digantikan harus sama dengan ion yang dihilangkan selama tahap layanan. (Kirtijo Pane, 2018). Jika resin sudah jenuh, maka resin dapat diregenerasi kembali oleh larutan garam dapur dengan cara mengalirkan larutan NaCl ke dalam kolom yang berisi resin sehingga diperoleh produk resin sampai kapasitas awal.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode secara kompleksometri. Alat yang digunakan adalah buret, labu ukur, erlenmeyer, gelas ukur, labu semprot, statif, spatula, beaker glass, klem, pipet tetes dan bola hisap. Bahan yang digunakan air baku sebelum dan sesudah masuk di proses *water treatment*, air baku, NaCl 30%, indikator EBT, indikator murexide dan larutan EDTA.

### 2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 2 bulan di Laboratorium Kimia Dasar Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan dan pengambilan sampel di PT ANY.

### 2.3 Target/Subjek Penelitian

Variabel penelitiannya

a. Variabel tetap:

1. Air Baku
2. NaCl 30%
3. Indikator EBT
4. Indikator *Murexide*
5. Larutan EDTA

b. Variabel Bebas: sampel air baku sebelum dan sesudah masuk di proses *water treatment*

c. Variabel Analisa:

1. Melakukan Analisis pH dengan alat pH meter
2. Melakukan Analisis TDS dengan TDS meter
3. Melakukan penetapan konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$
4. Melakukan penetapan konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$
5. Melakukan perhitungan kesadahan air

## 2.4 Prosedur

### a. Analisis pH dengan pH Meter

Sampel air sebelum proses *water treatment* dan sesudah proses *water treatment* dimasukkan ke dalam masing-masing beaker glass sebanyak 250 mL. Alat pH meter dihidupkan dan elektroda pH meter dibilas dengan menggunakan aquadest hingga bersih. Kemudian elektroda pH meter dikeringkan dengan tisu, setelah itu elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel air yang akan diuji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap/konstan. Hasil pembacaan angka pada tampilan dari pH meter dicatat.

### b. Analisis TDS dengan TDS meter

Sampel air sebelum proses *water treatment* dan sesudah proses *water treatment* dimasukkan ke dalam masing-masing beaker glass sebanyak 250 mL. Media sensor pada alat TDS meter dibilas menggunakan aquadest. Kemudian alat TDS meter dimasukkan ke dalam beaker glass berisi sampel sampai media sensor TDS meter terendam seluruhnya. Kadar TDS pada sampel akan terbaca oleh TDS meter dan dicatat kadar TDS yang terbaca sebagai nilai kadar TDS.

### c. Penetapan konsentrasi $\text{Ca}^{2+}$ dengan metode Kompleksometri

Sampel dipipet 50 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml kemudian ditambahkan 50 ml aquadest. Setelah itu ditambahkan 2 mL larutan NaOH 1 N. dan 0,1 gram Indikator murexid. Selanjutnya sampel dititrasi dengan EDTA 0,01 M sampai terjadi perubahan dari merah muda menjadi biru. Volume larutan EDTA dicatat sebagai a (mL)

### d. Penetapan konsentrasi $\text{Mg}^{2+}$ dengan metode Kompleksometri

Sampel dipipet 50 ml dimasukkan ke dalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan 50 mL aquadest, 2 mL Buffer pH 10 dan 0,1 gram Indikator Eriochrom Black T (EBT). Selanjutnya Sampel dititrasi dengan larutan EDTA 0,01 M sampai terjadi perubahan warna dari merah muda menjadi biru. Volume EDTA dicatat sebagai b (mL)

## 2.5 Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan langsung saat pelaksanaan penelitian di laboratorium Kimia Dasar PTKI Medan. Tahapan Penelitian yang dilakukan terdiri dari tiga tahap yaitu proses pembuatan lautan, proses titrasi dan penetapan konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sebelum dan sesudah proses *water treatment* dengan metode kompleksometri

## 2.6 Teknik Analisis Data

Analisa data yang diperoleh yaitu hasil dari konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sebelum dan sesudah proses *water treatment* dengan metode kompleksometri.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Analisis pH

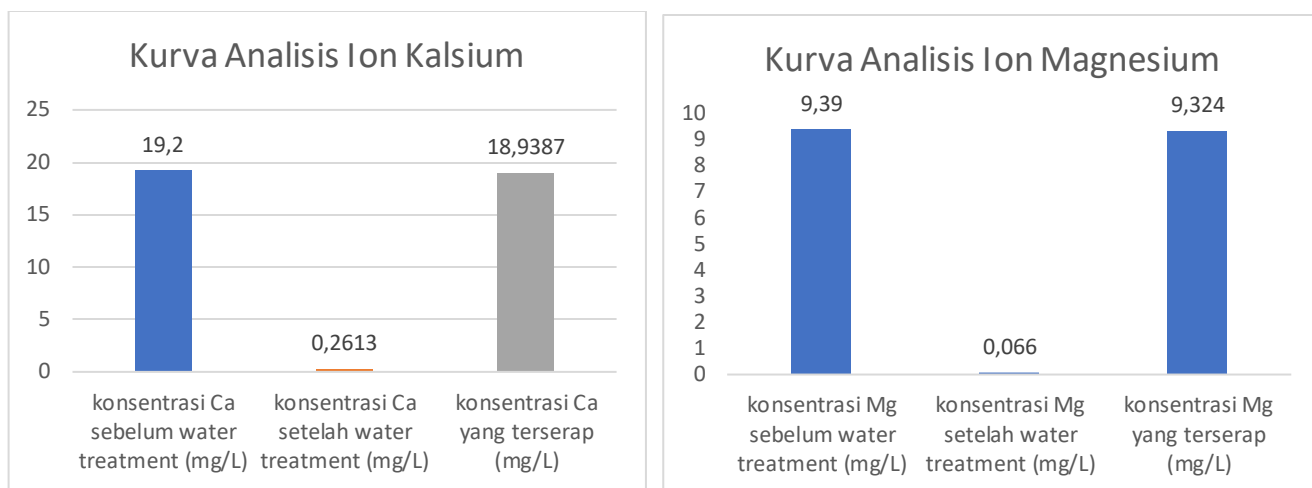
Dari penelitian yang telah dilakukan maka di dapatkan nilai pH pada sampel adalah 8,16 sebelum masuk proses *water treatment* dan 8,13 setelah proses *water treatment*. Pada pengukuran nilai pH ini tidak terlalu signifikan, dan data pH ini digunakan untuk mengetahui keadaan sampel yang akan dianalisis yaitu sampel dalam kondisi basa

### 3.2 Hasil Analisis TDS

Dari penelitian yang telah dilakukan maka di dapatkan kadar TDS pada sampel adalah 76,1 ppm sebelum masuk proses *water treatment* dan 173,7 ppm setelah proses *water treatment*.

### 3.3 Hasil Analisis Konsentrasi Kesadahan Air $\text{Ca}^{2+}$ dan $\text{Mg}^{2+}$ Sebelum Dan Sesudah Proses *Water Treatment*

Dari penelitian yang dilakukan dalam menganalisis konsentrasi kesadahan air  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sebelum dan sesudah proses *water treatment* hasil dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti dibawah ini:



Gambar 1. Kurva Analisis ion Kalsium dan Ion Magnesium

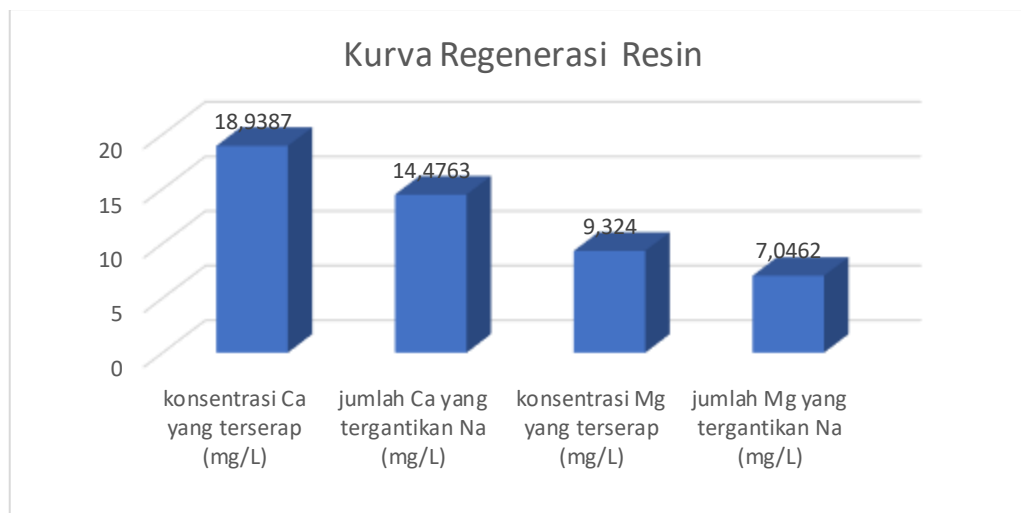
Berdasarkan Gambar 1, hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi kesadahan air  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sebelum masuk pada proses water treatment sangat tinggi yaitu 19,2 mg/L untuk  $\text{Ca}^{2+}$  dan 9,39 mg/L untuk  $\text{Mg}^{2+}$  sehingga sangat dibutuhkan proses treatment yang mampu menurunkan konsentrasi dari kesadahan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  tersebut. Proses water treatment ini dilakukan untuk penurunan konsentrasi kalsium, magnesium, dan ion lainnya di dalam kategori air keras (hard water). Proses ini mengurangi atau menghilangkan kesadahan pada air sehingga didapatkan air dengan kandungan mineral yang rendah. Proses water treatment ini dapat dilakukan dengan menggunakan pertukaran ion. Pertukaran ion merupakan peristiwa pertukaran ion-ion yang terdapat di dalam suatu zat penukar ion dengan ion-ion yang terdapat di dalam air. Garam – garam yang terlarut di dalam air membentuk ion-ion positif (kation) dan ion-ion negatif (anion). Misalnya garam kalsium karbonat akan terurai menjadi  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{CO}_3^{2-}$ . Air yang mengandung ion-ion ini melewati hamparan material padat yang mengandung ion-ion yang bermuatan positif dan negatif. Ion penukar ini terdapat pada suatu zat disebut resin penukar ion.

Setelah melewati proses water treatment maka diperoleh konsentrasi kesadahan air  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sangat jauh berkurang yaitu 0,2613 mg/L untuk  $\text{Ca}^{2+}$  dan 0,066 mg/L untuk  $\text{Mg}^{2+}$ . Proses ini terjadi karena terjadinya pertukaran ion pada saat air dengan kandungan ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) melewati gugusan resin kation. Pada awalnya molekul resin mengikat lemah ion sodium ( $\text{Na}^+$ ), hidrogen ion molekul resin memiliki gaya hydro-menarik yang lebih kuat dengan ion kalsium dan magnesium, maka terjadilah proses pertukaran ion. Molekul resin melepas ion sodium ke dalam air, diikuti dengan pengikatan ion kalsium dan magnesium ke molekul resin sehingga terjadi penurunan konsentrasi kesadahan air  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sangat signifikan.

Dari kurva juga dapat kita lihat bahwa resin yang digunakan pada prosaes water treatment ini mampu mengikat ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$  yang menyebabkan terjadinya kesadahan air yang cukup tinggi yaitu yaitu 18,9387 mg/L untuk  $\text{Ca}^{2+}$  dan 9,324 mg/L untuk  $\text{Mg}^{2+}$ . Dalam hal ini terjadi proses pertukaran ion. Proses penukaran ion ini merupakan reaksi kimia antara ion dalam fasa cair dan ion dalam fasa padat (Reynold, T,D., 1997). Misal pelunakan air sadah dengan penukar ion, maka ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dalam larutan akan dipindahkan oleh natrium. Reaksi penukar ion ini berlangsung stokiometrik dan reversible.

### 3.2 Hasil Analisa NaCl dalam Proses Regenerasi Resin

Dari penelitian yang dilakukan dalam menganalisis kadar jumlah NaCl yang dibutuhkan untuk regenerasi Resin, hasil dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti dibawah ini:



Gambar 2. Grafik Pertukaran Ion Pada Proses Regenerasi Resin

Berdasarkan Gambar 2, hasil analisis menunjukkan bahwa Jumlah kebutuhan NaCl untuk proses regenerasi dapat diketahui melalui cara menghitung jumlah zat reaktif yang dipertukarkan dengan ion kalsium dan magnesium yang diserap oleh resin. Dari data yang diolah diketahui bahwa jumlah kesadahan yang di serap adalah sebesar 18.9387 mg/L untuk logan  $\text{Ca}^{2+}$  dan 9,324 mg/L untuk logam  $\text{Mg}^{2+}$ , jumlah zat reaktif  $\text{Na}^+$  yang dipertukarkan adalah sebesar 14.4763 mg/L untuk logan  $\text{Ca}^{2+}$  dan 7.0462 mg/L untuk logam  $\text{Mg}^{2+}$  dan jumlah NaCl yang di butuhkan adalah 21.1504 mg/L untuk regenerasi resin . Ini menunjukkan bahwa kondisi alam dan cuaca sangat mempengaruhi kondisi kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam sumber air yang digunakan.

Air yang biasa di gunakan untuk proses di industri merupakan air yang bebas dari garam  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$ . yang dibuat dengan cara melewatkan air pada water treatment yang didalamnya terdapat resin kation yang dapat mengikat ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  dan menukarnya dengan ion  $\text{Na}^+$  yang dimiliki oleh resin tersebut. Resin sebagai media penukar ion mempunyai batas kemampuan dalam melakukan pertukaran ion hingga pada akhirnya resin mengalami kejenuhan. Resin pada water treatment yang sudah mengalami kejenuhan yaitu telah melewati batas total hardness yang telah ditetapkan sebesar 1 ppm akan diregenerasi menggunakan larutan NaCl 10 kg dan dilarutkan dengan 25 liter air bertujuan agar dapat mengembalikan kemampuan resin melakukan pertukaran ion.

Jika resin sudah jenuh, maka resin dapat diregenerasi kembali oleh larutan garam dapur dengan cara mengalirkan larutan NaCl ke dalam kolom yang berisi resin sehingga diperoleh produk resin sampai kapasitas awal. Komponen kation dan anion yang terdapat pada air umpan masuk unit penukar kation. Regenerasi adalah operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengembalian kapasitas ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat mengembalikan waktu regenerasi. Jika system dapat dikembalikan ke kemampuan pertukaran awal, maka ekivalen ion yang digantikan harus sama dengan ion yang dihilangkan selama tahap layanan. (Kirtijo Pane, 2018).

## 4. SIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diketahui bahwa jumlah kesadahan yang di serap adalah sebesar 18.9387 mg/L untuk logan  $\text{Ca}^{2+}$  dan 9,324 mg/L untuk logam  $\text{Mg}^{2+}$ , jumlah zat reaktif  $\text{Na}^+$  yang dipertukarkan adalah sebesar 14.4763 mg/L untuk logan  $\text{Ca}^{2+}$  dan 7.0462 mg/L untuk logam  $\text{Mg}^{2+}$  dan jumlah NaCl yang di butuhkan adalah 21.1504 mg/L untuk regenerasi resin

### 4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menambahkan penelitian dengan beberapa variabel dan proses.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, yustika kusumawardani & widi.(2018). Evaluasi Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di PDAM Kota Madiun. *Jurnal Neo Teknika* 4(1),1- 10.
- Effendi Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairain*.Cetakan Kelima. Yogyakarta :Kanisius
- George T Austin. 1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Gusril, Henny; 2016; Studi Kualitas Air Minum Pdam Di Kota Duri Riau Program Studi Pendidikan Geografi Stkip Ahlussunnah Bukittinggi, Jl. Diponegoro No. 8 Aur Kuning Bukittinggi, *Jurnal Geografi*, Vol. 8 No.2 Issn 2085-8167.
- Handaya, Asep Saputra. 2010. *Optimasi Penggunaan Garam Untuk Regenerasi Resin Pada Unit Softener Central Gathering Station I Duri Field PT. CALTEX PASIFIC INDONESIA*. Depok. Universitas Indonesia.
- Hendrawan, D. (2005). *Kualitas Air Sungai Dan Situ Di DKI Jakarta*. *Jurnal MAKARA of Technology Series*, 9(1), 13–19.
- Kusnaedi.2010.*Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum*. Jakarta:Penebar Swadaya.
- Lestari, D. E., Utomo, S. B., & Harsono. 2012. Analisis Kemampuan Resin Penukar Ion Pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir PPRSG*, 21-33.
- Pane, Kirtijo.2018. Penentuan Waktu Regenerasi Resin Di Tangki Softener Berdasarkan Kesadahan Air Baku Di PT. Socifindo Mata Tao. Medan:Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan.
- Pusriswilnon dkk. 2006. *Buku Panduan Pengembangan Usaha Terpadu Garam dan Artemia*. Jakarta: Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non Hayati Badan Riset Kelautan dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Rahardja Istianto B, Siregar Leksi A, Lestari Windia A. 2019. Pengaruh Penggunaan Soda Ash Terhadap Parameter pH dan Turbidity pada External Water Treatment (Studi Kasus di Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) XYZ, Kalimantan Utara).Bekasi : Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi.
- Reynolds,T,D.,1982.*United Operationand Processes inEviromenttat Engineerring*, Cole Engineering Division Monterey, California.
- Safi'i, Muhammad.2014. Penentuan Jumlah Pemakaian NaOH Pada Proses Regenerasi Anion Dalam Pengolahan Demin Water Pada Unit Water Treatmean di PT. Sinarmas Oleochemical. Medan:Politeknik Teknologi Kimia Induatri Medan.
- Sawyer and McCarty. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering and science*. Third Edition. McGraw Hill,Kogakusha. LTD,Newyork.
- Siahaan, Sherly. 2017. *Perhitungan Jumlah Bahan Kimia Pada Eksternal Water Treatment*. Bekasi: Politeknik kelapa Sawit Citra Widya Edukasi.
- Sosiawan. (2010). *Identifikasi Air Tanah dan Pemanfaatannya untuk Pertanian*. Bogor: Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.
- Srikandi, Fardiaz.1992.*Polusi Air dan Udara*. Bogor:Kanisius. Suripin.2001.*Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi. Sutrisno, C Totok. 2010.*Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta : Rineka Cipta