

# Analisis Pelunakan Air (*Water Softening*) Dengan Metode Demineralisasi Di PT. DMC Teknologi Indonesia Jababeka 2 Cikarang

## *Water Softening Analysis With Demineralization Method At PT. DMC Teknologi*

### *Indonesia Jababeka 2 Cikarang*

Akbar Gifari<sup>1</sup>, Siti Aliyah<sup>2</sup>, Samsul Ma'arif<sup>3</sup>, Dodit Ardiatma<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

<sup>1</sup>akbargifary18@gmail.com\*, <sup>2</sup>sitaliyah544@gmail.com, <sup>3</sup>ssuel079@gmail.com,

<sup>4</sup>doditardiatma@pelitabangsa.ac.id

#### **Abstract**

*The water softening process is a process that functions as a decrease in the concentration of calcium, magnesium, and other ions in the hard water category. This process reduces or eliminates water hardness so that water with low mineral content is obtained. Softening itself is used as a pre-treatment method to reduce hard water before entering the reverse osmosis process. Demineralization is a process of removing mineral salts in water such as calcium (Ca) and magnesium (Mg), so that the water produced has a high purity. The purpose of this research is to find out an overview and what materials are used in the water softening process, to know the character of the ion exchange resin on the machine, to know the results of measuring water after going through the softening process by comparing it with the quality standards that have been set at PT. DMC Teknologi Indonesia. The research method used is descriptive. Based on the results of the direct measurement in the field using a manual measuring instrument, it shows the value of the conductivity parameter, and TDS is still below the standard set by the company. The pH value of demin water tends to be close to acid, in the demineralization process to get light water. with a low conductivity value and a TDS value that is close to 0, PT DMC Teknologi Indonesia uses 2 times the reverse osmosis (RO) process, namely at the beginning and at the end. The demineralization process at PT DMC Teknologi Indonesia uses cation resin with HCl regenerant and anion resin with NaOH regenerant.*

**Keywords:** *Water Softening, Demineralization, Conductivity, TDS, pH*

#### **Abstrak**

Proses pelunakan air adalah proses yang berfungsi sebagai penurunan konsentrasi kalsium, magnesium, dan ion lainnya di dalam kategori air baku (hard water). Proses ini mengurangi atau menghilangkan kesadahan pada air sehingga didapatkan air dengan kandungan mineral yang rendah. Softening sendiri digunakan sebagai metode pre-treatment untuk mereduksi air sadah sebelum memasuki proses reverse osmosis. 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. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui gambaran umum serta bahan apa saja yang digunakan pada proses pelunakan air, mengetahui karakter resin penukar ion pada mesin, mengetahui hasil pengukuran air setelah melalui proses pelunakan dengan membandingkan dengan standar baku mutu yang sudah di tetapkan di PT. DMC Teknologi Indonesia. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif Berdasarkan hasil penelitian pengukuran langsung dilapangan menggunakan alat ukur manual menunjukkan nilai dari parameter konduktivitas, dan TDS masih dibawah dari standar baku yang ditetapkan perusahaan, Nilai pada pH air demin cenderung mendekati asam, Pada proses demineralisasi untuk mendapatkan air yang ringan dengan nilai konduktivitas yang rendah dan nilai TDS yang mendekati angka 0, PT DMC Teknologi Indonesia menggunakan 2 kali proses reverse osmosis (RO) yaitu di awal dan akhir. Proses demineralisasi di PT DMC Teknologi Indonesia menggunakan resin kation dengan regeneran HCl dan resin anion dengan regeneran NaOH.

**Kata kunci:** Pelunakan Air, Demineralisasi, Konduktivitas, TDS, pH

## Pendahuluan

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan makhluk hidup lainnya dan fungsinya bagi kehidupan tersebut tidak akan dapat digantikan oleh senyawa lainnya. Hampir semua kegiatan yang dilakukan manusia membutuhkan air, mulai dari membersihkan diri (mandi), membersihkan ruangan tempat tinggal, menyiapkan makanan dan minuman sampai aktifitas-aktifitas lainnya[1]. Kesadahan pada air diakibatkan oleh hadirnya ion kalsium dan magnesium. Penetapan kesadahan hanya diharapkan pada penetapan kadar Ca dan Mg dalam air. Dalam proses penetapan kesadahan digunakan resin penukar kation sebagai pengikat  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Air sadah merupakan bagian dari pencemaran air, yang disebut dengan air sadah adalah air permukaan dan air sumur yang mengandung bahan-bahan metal, seperti Na, Mg, Ca, dan Fe [2].

Nilai kesadahan air diperlukan dalam penilaian kelayakan perairan untuk kepentingan industri dan domestik. Nilai kesadahan tidak memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan manusia. Nilai kesadahan juga digunakan sebagai dasar bagi pemilihan metode yang diterapkan dalam proses pelunakan air [3]. Proses pelunakan air adalah proses yang berfungsi sebagai penurunan konsentrasi kalsium, magnesium, dan ion lainnya di dalam kategori air baku (hard water)[4][5]. Proses ini mengurangi atau menghilangkan kesadahan pada air sehingga didapatkan air dengan kandungan mineral yang rendah. Softening sendiri digunakan sebagai metode pre-treatment untuk mereduksi air sadah sebelum memasuki proses reverse osmosis (RO) [6].

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. Pada dasarnya proses ini seperti apa yang dilakukan didalam pelunakan air secara pertukaran ion. Bahan penukar ion yang digunakan terdiri dari penukar kation dan penukar anion[7]. Penukar kation dikenal orang dengan sebutan Resin asam karena penukar ion-nya adalah ion hydrogen ( $\text{H}^+$ ), sedangkan penukar anion dikenal dengan sebutan Resin basa karena penukar ion-nya adalah ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) [8].

Kemampuan resin penukar ion pada sistem demineralisasi 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. Dalam keadaan dimana resin penukar kation dan resin penukar anion tidak mampu lagi mengambil pengotor dalam air maka resin penukar ion dikatakan jenuh, sehingga perlu dilakukan regenerasi guna pengaktifan kembali gugus fungsional resin penukar ion yang berfungsi untuk mengambil atau mengikat ion-ion pengotor yang berada dalam air baku. Dengan dilakukannya regenerasi pada resin penukar ion diharapkan akan mengembalikan kemampuan resin penukar ion dalam mengambil pengotor dalam air baku sehingga kualitas air yang dihasilkan oleh sistem air demineralisasi sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan [9][10].

Kondaktivitas (daya hantar listrik/DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL [11]. Kondaktivitas dinyatakan dengan satuan  $\mu\text{mhos/cm}$  atau  $\mu\text{Siemens/cm}$ . Nilai DHL berhubungan erat dengan nilai padatan terlarut total (TDS). Kesadahan dan kekeruhan akan bertambah seiring dengan semakin banyaknya TDS. Analisis TDS biasanya dilakukan dengan penentuan Daya Hantar Listrik (DHL) air[12]. TDS terdiri dari ion-ion sehingga kadar TDS sebanding dengan kadar DHL air [9][10]. Salah satu perusahaan yang menerapkan proses pelunakan air (water softening) ialah PT. DMC TI. Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut mengenai proses pelunakan air dengan metode demineralisasi.

## Metode Penelitian

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu deskriptif, mampu memberikan gambaran secara jelas yang terbatas pada usaha mengungkapkan suatu masalah dan keadaan sebagaimana adanya sehingga hanya merupakan penyikapan suatu fakta dan data yang diperoleh[13][14] untuk digunakan sebagai bahan penulisan serta bertujuan untuk mengetahui bagaimana gambaran proses Pelunakan Air yang berada di PT. DMC Teknologi Indonesia.

## Hasil dan Pembahasan

Proses pelunakan air di PT.DMC Teknologi Indonesia menggunakan alat filter carbon, mesin RO dan 2 pasang mesin demineralisasi yang terdiri dari tabung kation dan tabung anion. Pada satu perangkat mesin demineralisasi memiliki 2 tabung yaitu tabung pertama yang mengandung resin kation, dan tabung ke dua mengandung resin anion. Air yang masuk ke dalam tabung akan di hilangkan kandungan mineral nya dengan resin kation, kandungan mineral yang dihilangkan yaitu Magnesium (Mg), Calcium (Ca), dan kandungan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ). Fungsi resin anion sendiri yaitu untuk menghilangkan karbon organik total (TOC)[15]. Anion merupakan basa kuat yang di kombinasikan dengan resin kation untuk menghasilkan air yang kadar kemurnian nya tinggi. Adapun laurutan kimia yang dibutuhkan untuk regenerasi mesin demin yaitu HCl sebagai regenerant tabung kation dan NaOH sebagai regenerant tabung anion.



Gambar 1 Alat Ukur Otomatis dan Mesin Demineralisasi Kondktivitas Proses Demineralisasi

Mesin demin memiliki alat ukur kondktivitas otomatis yaitu bisa di lihat pada (Gambar 6). alat ukur ini sebagai acuan untuk menentukan apakah air dapat di alirkan ke proses RO akhir untuk langsung digunakan bagian produksi. Pada (Gambar 4) menunjukkan bahwa mesin culligan sedang melakukan regenerasi dimana resin sudah mulai jenuh, bisa di lihat dari nilai kondktivitas nya sudah melebihi dari standar baku mutu yang ditetapkan PT. DMC Teknologi Indonesia yaitu  $20\mu\text{s}$ . Dalam keadaan nilai kondktivitas yang tinggi air tidak dapat dialirkan ke proses RO akhir. Sebaliknya, Ketika nilai kondktivitas pada saat regenerasi sudah di bawah  $20\mu\text{s}$ , air boleh digunakan/dialirkan ke proses selanjutnya.



Gambar 2 Tabung Karbon Aktif Mesin RO proses akhir dan alat ukur otomatis kondktivitas

## Alur Proses Pelunakan Air

Proses pertama yaitu air baku jababeka masuk lalu melewati proses carbon aktif untuk menghilangkan padatan yang tersuspensi dari sisa bahan organik yang terkandung dalam air. Karbon aktif merupakan bahan karbon yang memiliki pori-pori sangat banyak dan berfungsi untuk menyerap setiap kontaminan yang melaluinya. Dengan karbon aktif, maka kontaminan dalam air yang masuk dalam pori-pori akan terabsorpsi dan terjebak di dalamnya. Proses selanjutnya yaitu RO (reverse osmosis) awal sebelum masuk ke proses demineralisasi. Tujuan nya agar nilai kondktivitas yang masuk ke mesin culligan tidak terlalu tinggi.

Setelah itu proses demineralisasi dengan menghilangkan kandungan mineral pada air. Setelah melewati proses demineralisasi air akan melewati proses RO kembali untuk mencapai nilai kondktivitas yang lebih rendah. Proses RO akhir memiliki 2 output yaitu output pertama jika nilai kondktivitas di bawah standar yang ditetapkan maka air bisa digunakan untuk proses produksi, dan output kedua untuk recycle kembali air yang nilai kondktivitas nya tinggi. Air yang di butuhkan untuk bagian produksi di PT. DMC Teknologi Indonesia yaitu air yang mempunyai nilai kondktivitas rendah dan nilai TDS yang mendekati 0.

Air Baku ▶ Filter karbon ▶ RO ▶ Demineralisasi ▶ RO

### Karakter Resin Pada Mesin Demineralisasi

Karakter utama dari resin adalah cepat sekali terjadi kejenuhan dalam hitungan hari atau minggu tergantung dari tingkat kesadahan air baku. Mesin demineralisasi butuh diregenerasi dengan maksud untuk mengaktifasi resin yang digunakan. Maka dari itu perlu dilakukan beberapa proses yaitu :

a. Tahap Cuci (Backwashing)

Tahap pencucian dilakukan ketika kemampuan resin berkurang dan habis atau telah banyak kotoran yang ada pada media filter sehingga mengurangi flow/debit air yang dihasilkan. Proses nya yaitu air bersih dengan debit yang besar dialirkan dari bawah ke atas ( upflow) agar memecah sumbatan pada resin, melepaskan padatan halus yang terperangkap di dalamnya lalu melepaskan jebakan gas di dalam resin dan pelapisan ulang resin. Proses ini dilakukan selama 10 menit dan dilakukan 3-6 kali dalam sehari.

b. Tahap Regenerasi

Tahap ini bertujuan untuk mengganti ion yang terjerat resin dengan ion yang semula ada di dalam media resin dan mengembalikan kapasitas tukar resin ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan. Operasi regenerasi ini dilaksanakan dengan mengalirkan larutan regenerasi dari atas resin. Larutan yang digunakan yaitu asam klorida atau larutan HCl pada resin kation sebagai kation exchanger yaitu menukar semua kation dengan ion H<sup>+</sup>. dan pada resin anion yang jenuh menggunakan larutan NaOH. Waktu yang dibutuhkan pada saat inject HCl maupun NaOH yaitu 12 menit.

c. Tahap Bilas (Slow Rinse dan Fast Rinse)

Proses ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan kimia yaitu HCl dan NaOH yang tersisa dalam media resin. Proses Slow rinse yaitu untuk mendorong regenerasi ke media resin dengan cara air yang dialirkan dari atas dengan laju yang lambat dan waktu yang singkat. 60 menit pada tabung kation dan 90 menit pada tabung anion. Proses fast rinse adalah proses akhir dari tahap regenerasi yaitu air berkecepatan tinggi untuk membilas partikulat di dalam media resin, juga ion kalsium dan magnesium ke pembuangan dan untuk menghilangkan sisa-sisa larutan regenerasi yang terperangkap di dalam resin. Pembilasan dilakukan dengan air bersih aliran ke bawah. Fast rinse hanya dilakukan pada tabung kation dengan waktu 10 menit.



Gambar 5 Penggunaan Air



Gambar 6 Alat Ukur Otomatis Jababeka Pada Saat Proses Kondaktivitas Proses Demineralisasi Saat Backwashing Regenerasi

### Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran diambil dari pertama kali air masuk yaitu Air Jababeka, kemudian melewati fase reverse osmosis (RO) agar nilai kondaktivitas tidak terlalu tinggi sebelum masuk ke mesin culligan. Hasil pengukuran kedua diambil setelah melewati mesin demineralisasi. Selanjutnya, pengukuran ketiga yaitu pada tahap akhir,

dimana air akan melewati fase reverse osmosis (RO) kembali sebelum air di gunakan untuk proses bagian produksi. Parameter yang diukur yaitu konduktivitas, TDS,dan pH. Berikut alat ukur yang di gunakan dan hasil pengukurannya :



Gambar 7 Alat ukur konduktivitas



Gambar 8 Alat ukur TDS



Gambar 9 Alat ukur PH

Tabel 1 Pengukuran Pada Air Baku (Air Jababeka)

No	Pengukuran	Standar Air Produksi		Air Baku (Air Jababeka)	Judgement
		Demin	Demin+ RO		
1	Conductivity	<20 $\mu$ s	<10 $\mu$ s	179 $\mu$ s	NG
2	TDS	<150ppm	<50ppm	157ppm	NG
3	pH	(6-8)	(6-8)	-	N/A

Tabel 2 Pengukuran Setelah Proses Demineralisasi dan R

No	Pengukuran	Standar Air Produksi		Air demin	Air Demin RO	Judgement
		Demin	Demin+ RO			
1	Conductivity	<20 $\mu$ s	<10 $\mu$ s	14 $\mu$ s	3 $\mu$ s	OK
2	TDS	<150ppm	<50ppm	10ppm	1 ppm	OK
3	pH	(6-8)	(6-8)	5	6	OK

Pada proses filterisasi dari proses demineraslisasi pH air cenderung mendekati asam terkadang mendekati basa. Oleh karna itu, air demin melalui proses filterisasi kembali dengan proses riverse osmosis (RO) untuk mendapatkan hasil pH, conductivity, serta TDS yang memasuki standar air untuk produks

### Pengukuran Konduktivitas

Konduktivitas (Daya Hantar Listrik/ DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Pengukuran konduktivitas sangat penting bagi proses demineralisasi di karenakan kandungan air yang digunakan untuk bagian produksi di PT. DMC TEKNOLOGI INDONESIA harus memiliki nilai daya hantar listrik yang rendah, agar row material yang dicuci tidak menimbulkan masalah resistensi. Pengukurun di ambil pada tiga sample, yaitu air baku yang masuk dari Air jababeka meimiliki nilai 179 $\mu$ s, sample kedua di ambil setelah air melalui fase RO awal untuk meminimalisir nilai konduktivitas nilai 145 $\mu$ s, pada sample yang ketiga air di ukur setelah melalui fase demineralisasi dengan nilai 14  $\mu$ s. Untuk nilai pada prsoes RO akhir yaitu 1,7 $\mu$ s. Untuk standar sendiri untuk kebutuhan produksi hanya di tetapkan pada air demin dan air RO/proses akhir. Standar yang di tentukan yaitu air demin <20 $\mu$ s, dan pada air RO <10 $\mu$ s.



Gambar 10 Pengukurann konduktivitas pada air baku



Gambar 11 Pengukuran konduktivitas pada air RO awal



Gambar 12 Pengukuran konduktivitas pada air demin



Gambar 13 Pengukuran konduktivitas pada air RO akhir

### Pengukuran TDS

Dalam menentukan kualitas air secara umum, pengukuran TDS pastinya perlu dilakukan, terutama dalam menguji kualitas air yang akan digunakan di bidang industri. Untuk bidang elektronik sendiri terutama di PT DMC TEKNOLOGI INDONESIA salah satu industri yang menggunakan sistem demineralisasi, dimana hasil ukur TDS akan menentukan total padatan terlarut yang merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Hasil ukur TDS di ambil dari tiga sample yaitu air Jababeka 157 ppm, Air demin 10 ppm, Air RO akhir 1 ppm.



Gambar 14 Pengukuran TDS pada air baku



Gambar 15 Pengukuran TDS pada air demin



Gambar 16 Pengukuran TDS pada air RO akhir

### Pengukuran pH

Untuk memenuhi kriteria pengecekan kualitas air, pengukuran pH harus disertakan untuk mengetahui kandungan air apakah netral, mendekati asam atau basa. Pengukuran pH pada proses demineralisasi di PT. DMC TEKNOLOGI INDONESIA menggunakan indikator universal yang merupakan campuran dari berbagai macam indikator yang dapat menunjukkan pH (power of hydrogen) suatu larutan dari perubahan warnanya. Pengukuran diambil pada dua sampel yaitu pada air demin dan air RO proses akhir. Dengan standar yang ditentukan oleh perusahaan 6-8, nilai yang diperoleh pada pengukuran yaitu 5 pada air demin dan 6 pada air RO akhir.



Gambar 17 Pengukuran pH pada Air Demin



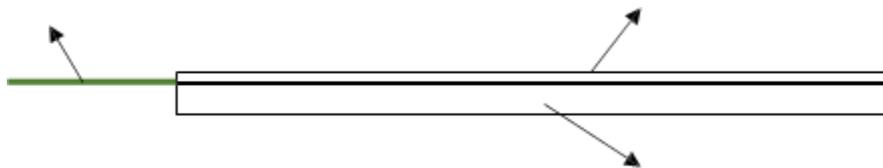
Gambar 18 Pengukuran pH pada Air RO Akhir

### Fungsi Air Demin Untuk Proses Produksi

PT. DMC TEKNOLOGI INDONESIA bergerak di bidang elektronik, produk yang dihasilkan berupa touch panel atau touch screen. Touch panel terdiri dari material glass, film, dan tali. Pada proses produksi air demin hanya digunakan untuk mencuci material glass. Untuk material film pada awal proses produksi tidak di cuci karena material nya sudah bersih dan sangat dijaga proses pembuatannya dari supplier hingga sampai proses produksi di PT. DMC TEKNOLOGI INDONESIA. Dan untuk material tali tidak menggunakan air demin sama sekali.



Gambar 19 Touch panel dari sisi atas Tali (konektor)

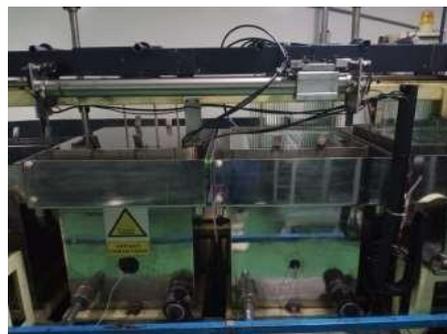


Gambar 20 Touch panel dari sisi samping

Air demin yang digunakan untuk mencuci material glass berada di step awal yaitu proses washing glass. Tujuan dari proses washing glass yaitu untuk membersihkan material dari partikel sebelum melewati proses printing. Fungsi dari air demin untuk mencuci yaitu agar material glass yang dicuci tidak terganggu untuk resistance nya, karna nilai konduktivitas dan TDS pada air yang telah melalui proses demineralisasi sudah rendah dan dibawah standar yang ditentukan pihak perusahaan.



Gambar 21 Mesin washing glass



Gambar 22 Proses wahing glass

### Kesimpulan

Hasil pengukuran langsung dilapangan menggunakan alat ukur manual menunjukkan nilai dari parameter konduktivitas, dan TDS masih dibawah dari standar baku yang ditetapkan perusahaan. Nilai pada pH air demin cenderung mendekati asam. Pada proses demineralisasi untuk mendapatkan air yang ringan dengan nilai konduktivitas yang rendah dan nilai TDS yang mendekati angka 0, PT DMC TEKNOLOGI INDONESIA menggunakan 2 kali proses reverse osmosis (RO) yaitu di awal dan akhir. Penggunaan proses reverse osmosis (RO) awal bertujuan agar air yang masuk ke proses demineralisasi memiliki nilai konduktivitas yang tidak terlalu tinggi, karena jika langsung menggunakan air baku dari jababeka untuk proses demineralisasi akan membuat resin lebih mudah jenuh, dikarenakan nilai konduktivitas nya terlalu tinggi. Proses demineralisasi di PT DMC TEKNOLOGI INDONESIA menggunakan resin kation dengan regenerasi HCl dan resin anion dengan regenerasi NaOH. Dalam mengoptimalkan efisiensi penggunaan air, pada proses backwashing menggunakan air baku Jababeka dikarenakan pada saat proses tersebut membutuhkan debit air yang banyak. Alat ukur konduktivitas otomatis memudahkan proses demineralisasi dan regenerasi resin yang jenuh. Pada proses RO akhir terdapat dua ouput, air yang nilai konduktivitas nya sudah dibawah standar maka sudah bisa digunakan proses produksi atau dialirkan ke tanki sebagai stock untuk di supply ke produksi. Output kedua untuk air yang nilai konduktivitas nya masih tinggi untuk di recycle Kembali ke proses awal lagi.

### Daftar Rujukan

- [1] Amjad, Z. "The Science And Technology Of Industrial Water Treatment". *IWA:London*. 2012.
- [2] Aritonang, C.D., Kesadahan : Analisa dan Permasalahannya Untuk Air Industri, *Universitas Sumatera Utara, Medan*, 2008.
- [3] Barus, I.T.A. Pengantar Limnologi. *Medan : Jurusan Biologi FMIPA USU*. 2002.

- [4] Chandra, budiman. Pengantar kesehatan lingkungan. *Jakarta: Penerbit buku kedokteran EGC.* 2007.
- [5] Effendi, Hefni. Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. *Penerbit : Kanisius. Yogyakarta.* 2003.
- [6] Fardiaz, Srikandi. Pencemaran Air dan Udara. Yogyakarta: Penerbit Kanisius [7] Kusnaedi. 2010. Mengolah Air Kotor untuk Air Minum. *Jakarta: Swadaya.* 1992.
- [8] Machdar, Izarul. Pengantar Pengendalian Pencemaran : *Pencemaran Air*, 2018.
- [9] Pencemaran Udara dan Kebisingan. *Yogyakarta: CV Budi Utama.* 2011.
- [10] Situmorang, M. Kimia Lingkungan. FMIPA-UNIMED. Medan Slamet, JS. *Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: UGM.* 2007.
- [11] Sutopo, E. H. Proses Demineralisasi Air Tanah Menjadi Air Tds 0 Ppm Menggunakan Metode. *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 33-38. 2019.
- [12] Sutrisno. Teknologi Penyediaan Air Bersih. *Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.* 1987.
- [13] Tuhuloula, A. Studi Kasus : Pelunakkan Air Menggunakan Penukar Kation. *Info Teknik*, Volume 7 No. 2, 97-102. 2006.
- [14] Widayat, W. Teknologi Pengolahan Air Sadah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 3, No. 3, 256-266. 2002.
- [15] Zahara, A. Analisa Kesadahan (Cadan Mg) Pada Air Sumur Bor. *Universitas Sumatra Utara, Medan.* 2018.