

Studi Eksperimental Peningkatan Kinerja *Demine Water System* pada Regenerasi *Cation* Menggunakan Metode *Mixing Tank*

Aldi Arya Wiseno Aji¹, Eko Sutarto²

^{1,2}Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe (Teknik Mesin) E-mail: ¹aaldy09@gmail.com, ²ksutarto@gmail.com

Abstrak – Air demineralisasi (*demine water*) memiliki peran penting dalam menjaga kualitas produk dan efisiensi proses industri. Namun, proses regenerasi resin pada sistem *demine water* sering mengalami penurunan efektivitas akibat metode *chemical mixing* di dalam pipa yang kurang optimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas metode regenerasi *existing* serta mengkaji pengaruh penerapan metode regenerasi dengan *mixing tank* terhadap peningkatan kualitas dan kuantitas air hasil proses demineralisasi. Penelitian dilakukan melalui metode eksperimen dengan membandingkan dua sistem regenerasi, yaitu sistem *existing* dan sistem *mixing tank*. Pengujian dilakukan dengan mengukur parameter kualitas air seperti *conductivity*, pH, dan kadar *silica* (SiO_2) sebelum dan sesudah penerapan metode *mixing tank*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode regenerasi dengan *mixing tank* menstabilkan konsentrasi larutan regeneran sehingga regenerasi resin lebih optimal dan pertukaran ion pada resin kation serta anion lebih efektif. Metode ini menghasilkan kualitas air yang lebih stabil dengan nilai *conductivity* lebih rendah, pH sesuai standar, serta kadar *silica* di bawah ambang batas. Selain itu, metode *mixing tank* juga meningkatkan efisiensi proses, menurunkan frekuensi regenerasi, dan menghemat penggunaan bahan kimia. Dengan demikian, metode regenerasi *mixing tank* terbukti lebih efektif dibandingkan metode *chemical mixing* dalam pipa, baik dari segi kualitas maupun kuantitas air demineralisasi, serta mendukung efisiensi operasional sistem pengolahan air industri.

Kata Kunci — *demine water*, regenerasi resin, *mixing tank*, kualitas air, efisiensi sistem

Abstract – Demineralized water plays an essential role in maintaining product quality and industrial process efficiency. However, the resin regeneration process in demine water systems often experiences reduced effectiveness due to the less optimal chemical mixing method performed inside the pipeline. This study aims to analyze the effectiveness of the existing regeneration method and examine the impact of implementing a regeneration method using a mixing tank on improving the quality and quantity of demineralized water. The research employs an experimental method by comparing two regeneration systems: the existing system and the mixing tank system. Tests were conducted by measuring water quality parameters such as conductivity, pH, and silica (SiO_2) levels before and after applying the mixing tank method. The research results show that the regeneration method with a mixing tank stabilizes the concentration of the regenerant solution so that the regeneration of the resin is more optimal and the ion exchange on the cation and anion resins is more effective. This method produces more stable water quality with lower conductivity values, pH within the standard range, and silica levels below the allowable limit. Moreover, the mixing tank method increases process efficiency, reduces regeneration frequency, and decreases chemical usage. Therefore, the regeneration method using a mixing tank proves to be more effective than the chemical mixing method inside the pipeline in terms of both water quality and quantity, while also supporting operational efficiency in industrial water treatment systems.

Keywords — *demine water*, resin regeneration, *mixing tank*, water quality, system efficiency

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan dan berbagai sektor industri. Dalam industri, kebutuhan air berkualitas tinggi seperti air demineralisasi sangat diperlukan untuk menjaga kualitas produk dan proses produksi. *Demine water* atau yang biasa disebut air demineralisasi adalah jenis air yang telah mengalami proses pemurnian ekstensif untuk menghilangkan hampir semua kandungan mineral terlarut (ion-ion) di dalamnya, seperti Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Sodium (Na^+), Klorida (Cl^-), dan Sulfat (SO_4^{2-}) [1]. Spesifikasi air demineralisasi yaitu memiliki nilai pH 6,8-7,2, *Silica* <0,1 ppm, dan *Conductivity* <5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. *Demine water* diperoleh dari sistem *demine water* yang terdiri dari *vessel cation* dan anion yang berisi resin yang digunakan untuk menghasilkan air berkualitas tinggi untuk menghilangkan mineral dan kontaminan dari air.

Namun, kinerja *Demine water system* sering kali dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama dalam proses regenerasi. Regenerasi resin kation dan anion adalah proses pemulihan kapasitas penukar ion pada resin yang telah jenuh dengan ion-ion dari larutan [2]. Regenerasi kation biasanya menggunakan larutan asam seperti H_2SO_4 untuk menghilangkan ion logam dan kalsium, sedangkan regenerasi anion menggunakan larutan basa seperti NaOH untuk menghilangkan ion anion seperti sulfat dan klorida. Proses regenerasi dalam sistem *demine water* saat ini masih menghadapi berbagai tantangan.

Metode regenerasi *existing* saat ini yang digunakan sering kali kurang optimal, dikarenakan chemical regeneran *mixing* terjadi didalam pipa. Sehingga tidak dapat memaksimalkan efektivitas untuk menghilangkan resin yang sudah jenuh karena sulitnya mengontrol konsentrasi larutan regeneran agar tetap stabil. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas air yang dihasilkan dan meningkatkan biaya operasional. Ketika proses regenerasi tidak optimal, salah satu masalah yang sering muncul yaitu cepat jenuhnya resin anion dan *cation* sehingga mempengaruhi kualitas dan kuantitas air demineralisasi yang terproduksi [3].

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi eksperimental guna meningkatkan kinerja proses regenerasi pada sistem *demine water* pada dengan menggunakan metode *mixing tank*. Metode *mixing tank* merupakan salah satu pendekatan yang digunakan dalam berbagai proses industri, termasuk dalam proses regenerasi, untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil akhir. Dalam konteks proses regenerasi, *mixing tank* berfungsi sebagai wadah di mana larutan regeneran dicampur secara intensif sehingga tercapai homogenitas yang optimal. Metode ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk mengatasi masalah yang ada, seperti meningkatkan efisiensi proses regenerasi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan sistem pengolahan air, khususnya dalam meningkatkan aspek kualitas maupun kuantitas produksi air demineralisasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan memberikan perlakuan tertentu terhadap suatu objek untuk mengetahui pengaruhnya [4]. Dalam penelitian ini, perlakuan yang dimaksud adalah penerapan sistem regenerasi dengan metode *mixing tank* untuk memulihkan kemampuan media penukar ion. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja sistem dalam memperbaiki kualitas dan kuantitas air hasil proses.

Desain penelitian ini melibatkan beberapa tahap utama, yaitu persiapan alat dan bahan, perakitan sistem, pengujian kebocoran, pengujian kualitas dan kuantitas air, serta analisis hasil. Variabel yang diamati terdiri atas variabel bebas, yaitu proses regenerasi menggunakan *mixing tank*, dan variabel terikat, yaitu kualitas air hasil pengujian (pH, silika, dan konduktivitas). Hubungan antara variabel-variabel tersebut diobservasi untuk menentukan seberapa besar pengaruh perlakuan terhadap hasil.

Metode eksperimen dipilih karena memungkinkan peneliti memperoleh data yang objektif melalui pengamatan langsung terhadap perubahan yang terjadi. Hasil dari pengujian ini diharapkan dapat memberikan gambaran nyata mengenai efektivitas metode *mixing tank* dalam proses regenerasi sistem penukar ion. Dengan demikian, desain penelitian ini mampu menjadi dasar dalam pengembangan sistem serupa pada skala yang lebih luas di masa mendatang.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digunakan untuk menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis dari awal hingga akhir. Diagram ini menunjukkan urutan kegiatan mulai dari persiapan hingga penarikan kesimpulan hasil pengujian. Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah terencana agar hasil yang diperoleh dapat menggambarkan kinerja alat secara akurat. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:

tu, dilakukan pengujian kebocoran (*leak test*) untuk memastikan sistem tidak mengalami kebocoran saat dioperasikan.

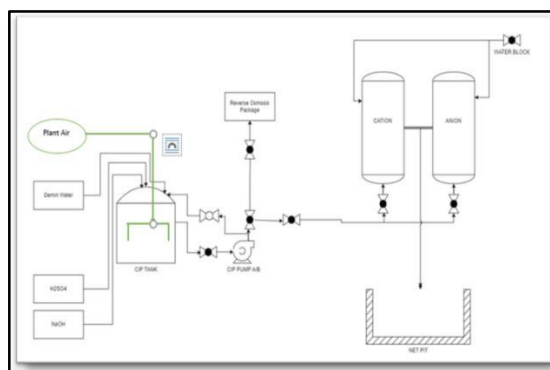
Apabila ditemukan kebocoran, maka dilakukan perbaikan hingga sistem bekerja dengan baik. Tahap berikutnya adalah pengujian data sebelum dan sesudah perlakuan untuk membandingkan perubahan yang terjadi pada kualitas dan kuantitas air. Parameter kualitas yang diuji meliputi pH, kandungan silika, dan konduktivitas, sedangkan parameter kuantitas mencakup volume serta laju aliran air. Hasil pengujian

kemudian dianalisis untuk menentukan efektivitas sistem yang digunakan.

Tahap akhir dari penelitian ini adalah analisis data dan penarikan kesimpulan. Analisis dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu meningkatkan kualitas air sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dibuat kesimpulan yang menggambarkan keberhasilan sistem serta rekomendasi untuk pengembangan penelitian berikutnya.

2.3 Process Flow Diagram Regenerasi dengan Metode *Mixing tank*

Penelitian ini menggunakan sistem regenerasi dengan metode *mixing tank*. Proses ini merupakan bagian penting dalam menjaga performa sistem penukar ion agar dapat bekerja optimal. Skema proses kerja sistem yang memperlihatkan alur proses air demineralisasi dari awal hingga akhir penjelasannya ada pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Process Flow Diagram Regenerasi Metode *Mixing tank*

Keterangan *Process Flow Diagram* Regenerasi Metode *Mixing tank* pada gambar 2 tersebut yaitu terdapat *demine water*, plant air, H_2SO_4 atau asam sulfat, NaOH, CIP Tank Atau *Mixing tank*, CIP pump atau *mixing pump*, cation dan anion vessel, serta *neutralizing pit*. *Demine water* adalah air yang telah mengalami proses penghilangan hampir seluruh ion-ion mineral dan garam terlarut, sehingga memiliki kemurnian yang sangat tinggi. Plant Air dalam proses ini digunakan untuk proses dilution antara air dan chemical didalam *mixing tank*. H_2SO_4 atau Asam sulfat adalah senyawa kimia dengan rumus molekul H_2SO_4 Ini adalah asam mineral kuat yang sangat korosif dan berwujud cairan tidak berwarna, kental, dan mudah menyerap air. NaOH adalah senyawa kimia anorganik yang termasuk dalam golongan basa kuat. Senyawa ini terdiri dari ion natrium Na^+ dan ion hidroksida OH^- . CIP Tank atau *Mixing tank* adalah alat yang digunakan untuk mencampur larutan kimia secara merata dalam proses regenerasi yang bertujuan untuk memastikan larutan *chemical* tercampur secara homogen. CIP Pump atau *Mixing Pump* adalah pompa untuk mentransfer fluida yang telah dilarutkan didalam *mixing tank* menuju cation dan anion vessel untuk proses regenerasi. Cation dan anion vessel adalah bejana yang didalamnya berisi resin cation dan anion untuk proses pemurnian air umpan menjadi air demineralisasi. *Neutralizing Pit* adalah kolam penampungan air buangan proses regenerasi yang bersifat asam atau basa. *Neutralizing pit* digunakan untuk menetralkan air tersebut sebelum dialirkan ke kolam utama.

Dalam metode ini, air demineralisasi berfungsi sebagai pelarut bahan kimia regeneran dalam tangki pencampur (*mixing tank*). Setelah itu, bahan kimia seperti larutan asam dan basa ke dalam *mixing tank* yang telah berisi *demine water* dengan konsentrasi tertentu, larutan dialirkan ke kolom resin secara bergantian. Jika konsentrasi masih belum sesuai, dilakukan penyesuaian pada dosis *chemical* agar waktu kontak bahan regeneran dengan resin lebih optimal. Larutan regeneran digunakan untuk mengembalikan kemampuan media resin kation dan anion. Aliran ini bertujuan agar seluruh permukaan resin terpapar bahan regeneran sehingga proses pencucian resin yang telah jenuh berjalan optimal. Tahap akhir dari proses ini adalah pengujian kualitas air hasil regenerasi. *Demine water system* di servicekan setelah itu hasil proses diukur nilai kandungan pH, silika, dan konduktivitasnya untuk memastikan hasil regenerasi berjalan optimal.

2.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *mixing tank*, *mixing pump*, cation vessel, anion vessel, *neutralizing pit*, ph meter, *conductivity meter*, dan *silica meter*. Setiap alat memiliki fungsi yang berbeda, namun saling mendukung dalam proses pengujian sistem. Pemilihan alat dilakukan berdasarkan ketepatan fungsi dan kesesuaian dengan kondisi sistem yang diuji. Seluruh alat terlebih dahulu dikalibrasi agar hasil

pengujian lebih akurat dan konsisten. Sedangkan bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah material pipa *High-Density Polyethylene* (HDPE) yang digunakan untuk menyalurkan fluida dari discharge *mixing pump* menuju *line* regenerasi. Kemudian, terdapat air demineralisasi, resin kation, resin anion, larutan H_2SO_4 , larutan NaOH , serta bahan pendukung lainnya. Semua bahan dipilih berdasarkan kualitas dan kemurniannya untuk menghindari gangguan pada hasil pengujian. Selain itu, bahan kimia disiapkan dalam konsentrasi tertentu sesuai dengan kebutuhan proses regenerasi.

2.5 Prosedur Pelaksanaan Pengujian

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan metode *mixing tank* terhadap peningkatan kinerja sistem *demine water* dalam regenerasi resin kation serta menilai efektivitas kualitas serta kuantitas air demineralisasi yang dihasilkan. Pengujian dilakukan secara sistematis dan terukur dengan memperhatikan keselamatan, efisiensi, dan akurasi hasil.

Tahap awal memastikan ketersediaan H_2SO_4 dalam *storage tank*, lalu mengisi *demine water* ke *mixing tank* hingga 50% kapasitas, kemudian menambahkannya hingga 80% sebelum mengaktifkan H_2SO_4 *injection pump* agar dosis dan laju alir stabil. Setelah pencampuran asam dan air homogen, tangki diisi penuh dan dilakukan sirkulasi menggunakan *mixing pump* untuk memperoleh larutan regeneran dengan konsentrasi yang diinginkan 2,58%.

Sampel larutan regeneran diuji di *laboratorium* untuk memastikan konsentrasi 2,58%. Jika konsentrasi belum tercapai, maka dilakukan penambahan asam sulfat secara bertahap sebanyak 1 liter. Jika lebih dari 2,58 ditambahkan *demine water* secara bertahap sebanyak 10 liter. Penambahan dilakukan secara hati-hati sambil terus memantau perubahan konsentrasi melalui alat H_2SO_4 *analyzer* yang terpasang. Selanjutnya, proses *sequence regeneration* dijalankan otomatis melalui *unit control panel*.

Pada tahap *step acid injection*, operator perlahan membuka *additional manual valve mixing tank* sambil secara bersamaan menutup *manual valve line* permanen untuk mengatur keseimbangan tekanan dan memastikan aliran larutan regeneran tetap stabil menuju sistem utama. Selama tahap ini, aliran larutan dijaga agar tetap konstan dengan laju aliran sebesar 14 GPM (*gallon per minute*) menuju *demine package*. Proses ini berlangsung hingga larutan asam seluruhnya tersalurkan ke dalam sistem resin. Setelah tahap *acid injection* selesai, *additional valve line* kembali ditutup dan dilakukan proses *flushing* terhadap *mixing tank* guna membersihkan sisa larutan asam yang mungkin masih tertinggal di dalam sistem. *Flushing* ini dilakukan menggunakan *demine water* hingga proses *auto regeneration sequence* selesai sepenuhnya.

Setelah selesai, dilakukan *flushing* menggunakan *demine water* untuk membersihkan sisa asam dan memastikan sistem bersih. Tahap akhir mencakup pembuangan sisa cairan, sirkulasi akhir, dan pengosongan *mixing tank*.

Semua data conductivity, pH, dan silika (SiO_2) dicatat dan dianalisis guna menilai efektivitas metode *mixing tank* dibanding sistem *chemical mixing* dalam pipa. Prosedur ini diharapkan menggambarkan performa nyata *mixing tank* dan menjadi dasar penerapan regenerasi yang efisien serta ekonomis.

Dengan mengikuti prosedur pelaksanaan pengujian secara cermat dan sistematis ini, diharapkan hasil yang diperoleh dapat menggambarkan performa nyata dari sistem *mixing tank* serta menjadi dasar ilmiah yang kuat dalam penerapan metode regenerasi yang lebih efisien dan ekonomis pada sistem pengolahan air industri.

2.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengujian langsung terhadap sampel air sebelum dan sesudah *demine water* sistem di regenerasi. Data yang dikumpulkan meliputi parameter kualitas (pH, silika, konduktivitas) dan kuantitas air hasil proses. Setiap pengujian dilakukan dengan pengulangan agar diperoleh hasil yang konsisten dan dapat dipercaya. Hasil pengujian dicatat secara sistematis untuk memudahkan analisis dan perbandingan. Data lapangan yang diperoleh kemudian disusun dalam tabel dan grafik agar lebih mudah dianalisis. Dengan demikian, kesimpulan yang diambil dapat didukung oleh data yang kuat dan objektif.

2.7 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif komparatif, yaitu dengan membandingkan hasil pengujian sebelum dan sesudah *demine water* sistem di regenerasi. Data hasil pengujian diolah untuk mengetahui perubahan nilai setiap parameter kualitas air yang diukur. Nilai-nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan

standar yang telah ditetapkan agar dapat diketahui tingkat efektivitas sistem yang diuji. Analisis ini membantu menentukan apakah metode *mixing tank* mampu meningkatkan kualitas air sesuai kriteria yang diharapkan.

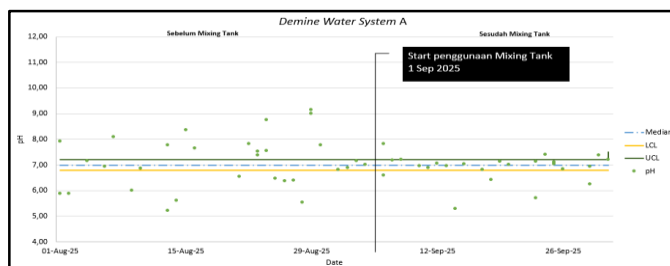
Selain itu, hasil pengujian kuantitas juga dianalisis untuk mengetahui kapasitas dan efisiensi proses regenerasi. Perbandingan hasil pengujian digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan mengenai kinerja alat. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar lebih mudah dipahami. Dengan demikian, dapat diperoleh gambaran menyeluruh mengenai keberhasilan sistem regenerasi menggunakan metode *mixing tank* yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

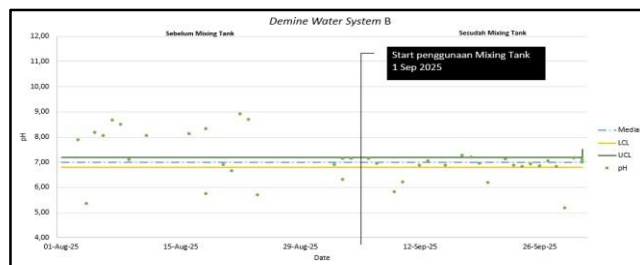
Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan terhadap kualitas dan kuantitas produksi air demineralisasi pada dua bulan berturut-turut, yaitu Agustus dan September 2025. Data pada bulan Agustus mencerminkan kondisi sebelum diterapkannya sistem metode regenerasi dengan *mixing tank*, sementara data pada bulan September mencerminkan kondisi setelah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*. Perbandingan data tersebut memberikan gambaran yang jelas mengenai sejauh mana metode tersebut berperan dalam meningkatkan efisiensi produksi air demineralisasi. Hasil penelitian mencakup dua aspek, yaitu aspek kualitas meliputi data grafik *Conductivity*, pH, dan Silika pada produksi *demine water system* train A dan B. Kemudian, aspek kuantitas meliputi data volume produksi air demineralisasi pada bulan Agustus dan bulan September. Dengan pendekatan ini, diperoleh gambaran menyeluruh mengenai efektivitas penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*, baik dari aspek kualitas maupun kuantitas.

Pengukuran Ph

Stabilitas pH merupakan parameter yang sangat penting dalam proses pengolahan air, khususnya pada sistem demineralisasi yang menggunakan resin *cation* dan anion. Nilai pH yang terlalu rendah ataupun terlalu tinggi dapat menyebabkan ketidakseimbangan proses, menurunkan efisiensi resin, dan berpotensi merusak peralatan [5]. Oleh karena itu, monitoring pH secara konsisten sangat dibutuhkan. Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap data kualitas air demineralisasi pada train A dan B sebelum dan sesudah penerapan metode regenerasi dengan *mixing tank*, yang mulai digunakan pada tanggal 1 September 2025 yang bisa dilihat pada Gambar 3 dan 4 berikut:



Gambar 3. Grafik Pengaruh pH Metode Regenerasi dengan *Mixing tank* (Before - After) - Train A



Gambar 4. Grafik Pengaruh pH Metode Regenerasi dengan *Mixing tank* (Before - After) - Train B

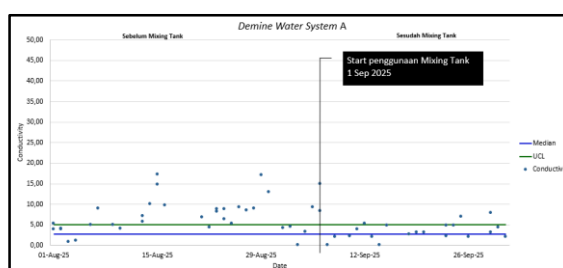
Berdasarkan grafik, sebelum penerapan metode regenerasi dengan *mixing tank*, nilai pH air demineralisasi pada train A dan B bervariasi besar antara 5,5 hingga 9,5 dengan rata-rata sekitar 8,2. Beberapa titik berada di bawah LCL (6,8) dan di atas UCL (7,2). Kondisi ini tidak ideal karena pH terlalu rendah atau tinggi dapat merusak peralatan hilir, serta membuat sistem sulit dikendalikan. Resin harus bekerja lebih keras

menyeimbangkan kondisi air, mempercepat kejenuhan, dan menggambarkan ketidakstabilan sistem regenerasi akibat fluktuasi aliran atau konsentrasi bahan kimia yang kurang stabil pada saat proses regenerasi.

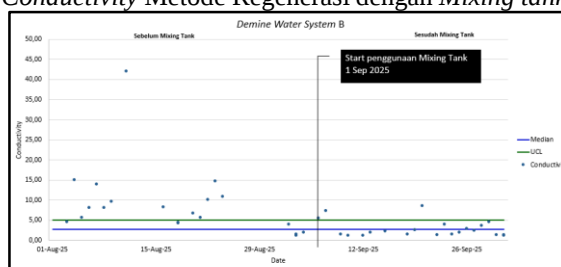
Setelah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* pada 1 September 2025, pH menjadi lebih stabil di kisaran 6,8–7,2. Metode ini meningkatkan homogenitas larutan, menekan variasi pH, dan menjaga kestabilan proses. Kestabilan pH netral mendukung performa resin, mengurangi risiko korosi/*scaling*, serta menghasilkan data yang lebih konsisten dan terkendali.

Pengukuran *Conductivity*

Conductivity merupakan salah satu parameter penting dalam pemantauan kualitas air hasil proses demineralisasi. Nilai *conductivity* yang tinggi dapat menunjukkan adanya penurunan performa resin [6]. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi perbandingan nilai *conductivity* sebelum dan sesudah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* yang mulai dioperasikan pada 1 September 2025. Hasil pengukuran ini dapat dilihat pada gambar 5 dan 6 berikut:



Gambar 5. Grafik Pengaruh *Conductivity* Metode Regenerasi dengan *Mixing tank* (Before - After) - Train A



Gambar 6. Grafik Pengaruh *Conductivity* Metode Regenerasi dengan *Mixing tank* (Before - After) - Train B

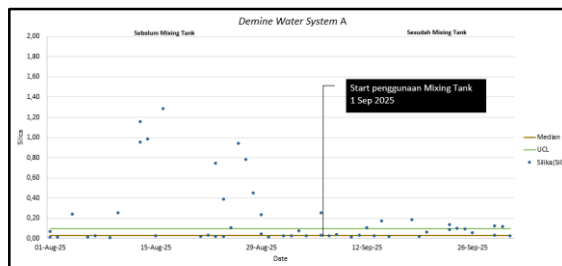
Berdasarkan grafik, sebelum 1 September 2025, kualitas air demineralisasi train A dan B menunjukkan fluktuasi *conductivity* tinggi dengan banyak *outlier*, menandakan ketidakstabilan performa resin sebelum penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*. Pada Anion A, *outlier* mencapai 15–20 µS/cm, sedangkan Anion B melebihi 40 µS/cm. Nilai *conductivity* melonjak jauh di atas median 3 µS/cm, bahkan melewati UCL 5 µS/cm, menunjukkan kualitas air tidak stabil. Kondisi ini menurunkan mutu demineralisasi dan membebani resin karena sebagian sudah jenuh akibat konsentrasi larutan regeneran yang tidak stabil.

Setelah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*, grafik *conductivity* membaik dengan hampir seluruh data di bawah 5 µS/cm dan terkonsentrasi di sekitar median 3–5 µS/cm pada *demin water system train A* dan B. Hal ini menandakan resin bekerja lebih merata, menghasilkan air dengan kemurnian tinggi, minim kontaminan ionik, serta stabilitas yang menurunkan frekuensi regenerasi. Air dengan konduktivitas rendah menunjukkan bahwa air tersebut sudah sangat murni dan bebas dari elektrolit terlarut yang bisa mengganggu proses.

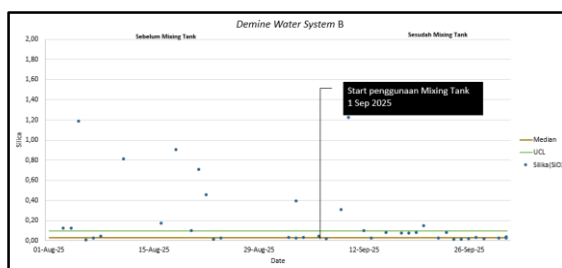
Pengukuran *Silica*

Dalam sistem pengolahan air demineralisasi, silika (SiO₂) merupakan salah satu kontaminan yang sangat penting untuk dikendalikan. Keberadaan silika dalam air dengan konsentrasi tinggi dapat menimbulkan masalah serius, seperti pembentukan kerak (*scaling*) pada peralatan bertekanan tinggi, terutama boiler dan turbin uap. Selain itu, akumulasi silika dalam sistem dapat menurunkan efisiensi operasi, meningkatkan biaya perawatan, dan memperpendek umur peralatan [7]. Pada umumnya, resin anion digunakan untuk menghilangkan ion silikat dari air baku. Namun, kinerja resin sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi, kestabilan aliran, serta tidak terjaganya konsentrasi regeneran pada saat proses regenerasi.

Fluktuasi kadar silika dapat menjadi indikator kejenuhan resin lebih cepat sehingga resin tidak optimal untuk mengikat silikat dalam air. Oleh karena itu, penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* sejak 1 September 2025 diterapkan sebagai solusi untuk menjaga kestabilan konsentrasi larutan regeneran untuk proses regenerasi resin anion dan *cation*. Hasil pengukuran *silica* dapat dilihat pada gambar 7 dan 8 berikut:



Gambar 7. Grafik Pengaruh *Silica* Metode Regenerasi dengan *Mixing tank* (Before - After) - Train A



Gambar 8. Grafik Pengaruh *Silica* Metode Regenerasi dengan *Mixing tank* (Before - After) - Train B

Berdasarkan grafik, sebelum penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* (1–31 Agustus 2025), kadar silika air demineralisasi pada *train A* dan *B* berfluktuasi signifikan dengan pola serupa. Pada *train A*, kadar silika mencapai 1,3–1,4 ppm dengan batas atas 0,1 ppm, mencerminkan ketidakstabilan sistem dan distribusi ion tidak merata. *Train B* juga menunjukkan variasi besar hingga 1,5 ppm, dengan lonjakan ekstrem yang menandakan resin cepat jenuh dan kurang optimal mengikat silikat.

Setelah penerapan metode regenerasi dengan *mixing tank* (1–30 September 2025), kadar silika turun drastis dan stabil di kisaran 0–0,1 ppm, bahkan pada *train B* lebih rapat di 0,0–0,08 ppm. Grafik menunjukkan kestabilan tinggi tanpa lonjakan ekstrem, menandakan distribusi ion merata dan resin tidak mudah jenuh. Regenerasi dengan *mixing tank* terbukti efektif menjaga stabilitas kejenuhan resin, karena ketika proses regenerasi resin dengan sempurna melepas ion-ion negatif yang terikat.

Jika dibandingkan, baik *train A* maupun *train B* menunjukkan tren yang sama sebelum penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*, data *ph*, *conductivity*, dan silika memiliki variasi yang besar dengan banyak *outlier*, sementara setelah penggunaan regenerasi dengan metode *mixing tank*, data menjadi lebih stabil, konsisten, dan terkendali.

Produksi Air Demineralisasi

Air demineralisasi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam berbagai proses industri, khususnya minyak dan gas, pembangkit listrik, petrokimia, maupun manufaktur. Kualitas dan kuantitas air demineralisasi sangat dipengaruhi oleh efektivitas resin penukar ion yang digunakan dalam unit demineralisasi [8]. Salah satu indikator utama kinerja resin kuantitas dimana jumlah air yang dapat diproduksi sebelum resin mencapai titik jenuh dan membutuhkan regenerasi [9]. Dengan kata lain, semakin banyak volume air yang dapat diproduksi dalam satu siklus regenerasi, maka semakin efisien pula sistem yang digunakan [10].

Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan terhadap produksi air demineralisasi pada dua bulan berturut-turut, yaitu Agustus dan September 2025. Data pada bulan Agustus mencerminkan kondisi sebelum diterapkannya penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*, sementara data pada bulan September mencerminkan kondisi setelah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*. Perbandingan data tersebut memberikan gambaran yang jelas mengenai sejauh mana metode regenerasi dengan *mixing tank* berperan dalam meningkatkan efisiensi produksi air demineralisasi.

Pada bulan Agustus produksi *demine water system A*, total produksi air demineralisasi dari delapan kali regenerasi adalah 28.011 m³. Rata-rata produksi per regenerasi adalah sekitar 3.501 m³. Namun, yang perlu dicermati adalah variasi produksi antar regenerasi. Pada regenerasi ke-3, volume produksi mencapai puncak tertinggi yaitu 4.640 m³, sedangkan titik terendah terdapat pada regenerasi ke-6 dengan hanya 2.614 m³. Variasi yang cukup besar ini menunjukkan adanya ketidakstabilan dalam kinerja resin, yang salah satunya dapat disebabkan oleh dikarenakan proses regenerasi tidak optimal. Produksi *demine water system A* sebelum metode regenerasi dengan *mixing tank* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Kuantitas *Demine water System* train A Sebelum Metode Regenerasi dengan *Mixing tank*

<i>Demine water System A</i>		
Bulan	Regenerasi	<i>Demine water Yang Terproduksi (M3)</i>
Agustus	1	3228
	2	4317
	3	4640
	4	4255
	5	2820
	6	2614
	7	2805
	8	3332

Sedangkan pada *demine water system B* pada bulan Agustus total produksi air demineralisasi dari delapan kali regenerasi adalah 28.608 m³. Rata-rata produksi per regenerasi adalah sekitar 3.576 m³. Namun, yang perlu dicermati adalah variasi produksi antar regenerasi. Pada regenerasi ke-4, volume produksi mencapai puncak tertinggi yaitu 4.476 m³, sedangkan titik terendah terdapat pada regenerasi ke-8 dengan hanya 2.414 m³. Variasi yang cukup besar ini menunjukkan adanya ketidakstabilan dalam kinerja resin, yang salah satunya dapat disebabkan oleh cepat jenuhnya resin dikarenakan proses regenerasi tidak optimal. Produksi *demine water system B* sebelum metode regenerasi dengan *mixing tank* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Kuantitas *Demine water System* train B Sebelum Metode Regenerasi dengan *Mixing tank*

<i>Demine water System B</i>		
Bulan	Regenerasi	<i>Demine water Yang Terproduksi (M3)</i>
Agustus	1	3713
	2	4109
	3	4251
	4	4476
	5	3348
	6	3332
	7	2965
	8	2414

Kemudian, pada bulan September setelah dilakukan metode regenerasi dengan *mixing tank*, hasil produksi air demineralisasi dari train A dan B dari empat kali regenerasi. Total produksi *demine water system* train A pada bulan September adalah 26.525 m³. Walaupun jumlah regenerasi hanya setengah dari bulan Agustus, total produksinya hampir menyamai pada bulan Agustus. Rata-rata produksi per regenerasi pada bulan September mencapai 6.631 m³, atau hampir dua kali lipat dari rata-rata produksi bulan Agustus. Sedangkan pada *demine water system B* total produksi pada bulan September adalah 27.230 m³. Walaupun jumlah regenerasi hanya setengah dari bulan Agustus, total produksinya hampir menyamai pada bulan Agustus. Rata-rata produksi per regenerasi pada bulan September mencapai 6.807 m³, atau hampir dua kali lipat dari rata-rata produksi bulan Agustus. *Demine water System* train A dan B setelah Metode Regenerasi dengan *Mixing tank* secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Data Kuantitas *Demine water* System train A dan B Setelah Metode Regenerasi dengan *Mixing tank*

<i>Demine water System A</i>			
Bulan	Regenerasi	<i>Demine water</i>	Yang Terproduksi (M3)
September	1		5720
	2		6982
	3		7171
	4		6652
<i>Demine water System B</i>			
Bulan	Regenerasi	<i>Demine water</i>	Yang Terproduksi (M3)
September	1		6781
	2		6246
	3		7311
	4		6892

Dari hasil perbandingan, terlihat jelas bahwa penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi resin dalam meningkatkan produksi. Pada bulan Agustus, bisa dilihat dengan delapan kali regenerasi diperoleh produksi total 28.011 m³ pada *demine water* system train A dan 28.608 m³ pada *demine water* system train B. Sedangkan pada bulan September setelah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* dengan hanya empat kali regenerasi sudah menghasilkan 26.525 m³ pada *demine water* system train A dan 27.230 m³ pada *demine water* system train B.

Selain meningkatkan kapasitas produksi, metode regenerasi dengan *mixing tank* juga berhasil menurunkan frekuensi regenerasi. Pada bulan Agustus, regenerasi pada train A dan B. harus dilakukan sebanyak delapan kali, sedangkan pada bulan September hanya empat kali. Artinya, penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* mampu mengurangi frekuensi regenerasi hingga 50%. Penurunan frekuensi regenerasi memberikan dua keuntungan penting. Pertama, mengurangi konsumsi bahan kimia regenerasi yang berimplikasi pada penurunan biaya operasional. Kedua, mengurangi beban kerja resin sehingga memperpanjang umur pakai resin itu sendiri.

4. KESIMPULAN

Penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* terbukti sangat efektif mengatasi ketidakstabilan sistem demineralisasi, ditunjukkan dengan perbaikan signifikan pada kualitas air yang diproduksi kadar *conductivity* dan silika turun drastis, serta pH menjadi stabil yang pada akhirnya mengurangi risiko korosi dan kerusakan peralatan. Selain peningkatan kapasitas, metode ini juga meningkatkan efisiensi dan kuantitas produksi air demineralisasi secara nyata (peningkatan efisiensi hingga 89-90% dan pengurangan frekuensi regenerasi hingga 50%), sekaligus memperpanjang umur resin dengan memastikan proses regenerasi berjalan optimal dan merata.

5. SARAN

Disarankan untuk melakukan monitoring parameter secara berkelanjutan terhadap *conductivity*, pH, dan silika agar gangguan proses dapat dideteksi dan ditangani secara dini. Selain itu, pengembangan penelitian lanjutan harus dilakukan untuk mengkaji parameter kualitas air tambahan (*hardness*, sodium leakage, dll.) guna mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif, diikuti dengan integrasi sistem kontrol otomatis (PLC/SCADA) untuk meningkatkan presisi dan efisiensi operasional. Terakhir, perlu dilakukan evaluasi aspek ekonomi dan keberlanjutan melalui perhitungan ROI untuk mengukur penghematan biaya operasional, perpanjangan umur resin, dan manfaat lingkungan yang dihasilkan.

6. ACKNOWLEDGMENTS

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada salah satu Perusahaan Energi yang telah memberikan akses terhadap fasilitas dan data yang digunakan dalam penelitian ini. Sesuai dengan kesepakatan kerja sama, nama perusahaan tidak dicantumkan untuk menjaga kerahasiaan dan integritas data.

Terima kasih khusus kepada Tim PC Prove CIPUNG atas kerja sama selama pembuatan fasilitas studi tugas akhir baru hingga pengumpulan data dan analisis lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Shabab 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," *J. Innov. Res. Knowl.*, vol. 2, no. 9, pp. 3791–3802, 2023.
- [2] M. Kurniawan, Z. Effendi, and Purjianto, "Feed Water Minerals At the Water Treatment Unit of PT Bakrie," *Agro Fabr.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–8, 2023.
- [3] I. D. Putra, N. Bafdal, and S. Dwiratna N.P, "Kajian Imbangan Resin Anion Kation Sebagai Ion Exchange Terhadap Perubahan Nilai pH dan TDS Air Baku Hidroponik," *RADIKULA J. Ilmu Pertan.*, vol. 1, no. 2, pp. 53–60, 2022, doi: 10.33379/radikula.v1i2.1883.
- [4] R. Akbar, R. A. Siroj, M. Win Afgani, and Weriana, "Experimental Researcrh dalam Metodologi Pendidikan," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. Vol 9 No 2 (2023): Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, pp. 465–474, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/3165>.
- [5] R. Visca and B. Anggoto, "Performa Resin Penukar Ion pada Sistem Mixed Bed Demuneralisasi di Industri Farmasi," *J. Pendidik. Indones.*, vol. 6, no. 8, 2025.
- [6] A. Adinda, S. Rulianah, E. Yulianto, and R. Pahlevi, "Analisis Perubahan Mode Regenerasi Untuk Meningkatkan Performa Operasional Condensate Polisher Plant Pada Pltu Paiton Unit 8 Menuju Amonia Cycle," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 11, no. 3, pp. 519–528, 2025, doi: 10.33795/distilat.v11i3.7235.
- [7] F. Bagus Pamungkas, L. Rubianto, and M. Erryan Yavianda, "Analisis Pengaruh Jenis Chemical Terhadap Potensi Silica (Sio2) Scalling Pada Jalur Pipa Brine Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Menggunakan Silica Saturation Index," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 11, no. 3, pp. 445–453, 2025, doi: 10.33795/distilat.v11i3.7479.
- [8] M. E. Kosim, D. Prambudi, and R. Siskayanti, "Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating," *Pros. Semnastek*, no. November, pp. 1–7, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/11456%0Ahttps://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/download/11456/6507>.
- [9] I. Nurhardin, M. Septiani, and R. Rivalsiansyah, "Evaluasi Performance Regenerasi Mixed Bed Polisher pada Unit Demineralisasi," *Mecha J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 38–45, 2021.
- [10] Haidi, Fadarima, and A. Hasan, "Studi Kasus Pengaruh Waktu dan Laju Air pada Proses Regenerasi Molsieve melalui Pemanasan Pada Kilang Ekstraksi NGL di PT Perta-Samtan Gas," *Kinetika*, vol. 13, no. 02, pp. 24–28, 2022.