

Peningkatan Kinerja *Demine water System* pada Regenerasi Resin *Cation* Menggunakan Metode *Mixing Tank*

Aldi Arya Wiseno Aji^{a*}, Eko Sutarto^b
^{a,b} Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu
^{*} aaldy09@gmail.com

Diterima : 03-02-2026

Direview : 12-05-2026

Diterbitkan : 30-06-2026

Intisari

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* mampu meningkatkan homogenitas larutan regeneran dan efektivitas pertukaran ion pada resin kation serta anion. 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 (*demine 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 results indicate that the regeneration method using a *mixing tank* improves the homogeneity of the regenerant solution and enhances ion exchange effectiveness in both cation and anion resins. 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-}) (Shahab dan Setiorini, 2023). Spesifikasi air demineralisasi yaitu memiliki nilai pH berkisar 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 (Kurniawan dkk, 2023). 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 (Putra dkk, 2022).

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. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan pendekatan yang lebih efektif dalam proses regenerasi sistem *demine water*, sehingga dapat meningkatkan kinerja keseluruhan sistem dan memenuhi kebutuhan industri akan air berkualitas tinggi.

2. Kerangka Teori

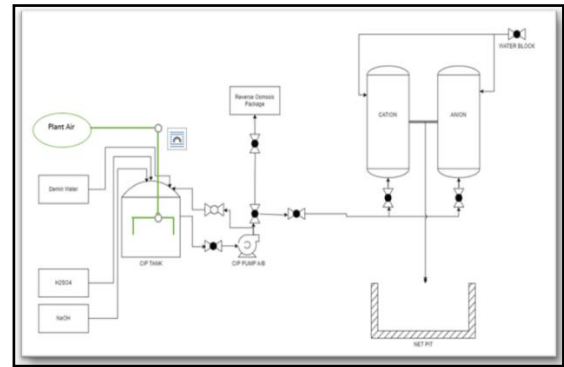
2.1 Demineralisasi Air

Demineralisasi adalah proses penghilangan ion-ion terlarut dalam air untuk menghasilkan air dengan kemurnian tinggi (*demineralized water*) melalui pertukaran ion. Proses ini umumnya menghasilkan air dengan konduktivitas rendah dan hampir tanpa mineral terlarut. Air demineralisasi digunakan dalam aplikasi industri yang membutuhkan air dengan kualitas tinggi, seperti umpan *boiler*, sistem turbin, farmasi, dan elektronik. Ion-ion mineral yang tidak dihilangkan dapat menyebabkan korosi, kerak, dan penurunan efisiensi peralatan (Pratama dan Setiawan, 2023)

2.2 Proses Regenerasi Metode *Mixing tank*

Penelitian ini menggunakan sistem regenerasi dengan metode *mixing tank*. *Mixing tank* pada pengolahan air berkaitan dengan pencampuran larutan kimia regeneran untuk distribusi yang merata ke resin. Prinsip ini sama seperti pada perancangan tangki pencampur dalam teknik proses untuk memaksimalkan kontak dan transfer massa/ion. Prinsip desain *mixing tank* mengikuti teori pencampuran dalam teknik proses, di mana campuran cair homogen diperoleh untuk mempercepat dan meratakan reaksi: Meningkatkan kontak antara resin dengan regeneran ion, meratakan konsentrasi regeneran di seluruh resin, mengurangi area gradien sehingga regenerasi mendekati kondisi equilibrium. Model ini dapat dianalogikan dengan operasi tangki pencampur dalam proses industri lainnya, yang optimal untuk reaksi pertukaran massa dan kimia.

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 (Gambar 1).



Gambar 1. Flow diagram regenerasi metode *mixing tank*

Process flow diagram regenerasi metode *mixing tank* (Gambar 1) 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 kimia 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 kimia 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.

Pada 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 kolam 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.

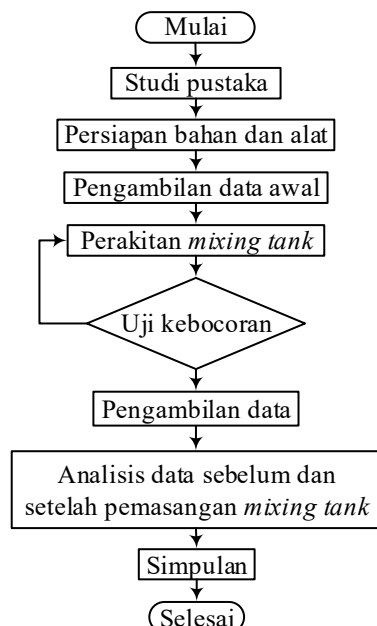
3. Metodologi

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan memberikan perlakuan tertentu terhadap suatu objek untuk mengetahui pengaruhnya (Akbar dkk, 2023). 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. Metode eksperimen dipilih karena memungkinkan peneliti memperoleh data yang objektif melalui pengamatan langsung terhadap perubahan yang terjadi.

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.

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian (Gambar 2) digunakan untuk menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis dari awal hingga akhir. Diagram ini menunjukkan urutan kegiatan mulai dari persiapan hingga penarikan kesimpulan hasil eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah terencana sesuai diagram alir agar hasil yang diperoleh dapat menggambarkan kinerja alat secara akurat.

Tahapan penelitian meliputi beberapa langkah penting. Pertama, dilakukan persiapan alat dan bahan penelitian dengan menyiapkan seluruh komponen dan material yang diperlukan. Kedua, dilakukan perakitan alat sesuai rancangan

sistem untuk memastikan setiap komponen terpasang dengan benar. Setelah itu, 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.

3.3 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.

3.4 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 regenerasi dengan konsentrasi yang diinginkan 2,58%.

Sampel larutan regenerasi 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 regenerasi 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 konduktivitas, 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.

3.5 Teknik Pengumpulan dan Analisis 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.

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.

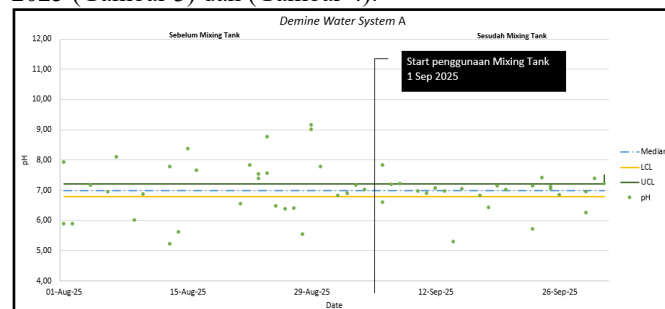
Selain itu, hasil pengujian kuantitas juga dianalisis untuk mengetahui kapasitas dan efisiensi proses regenerasi. Perbandingan hasil pengujian digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan mengenai kinerja alat. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar lebih mudah dipahami. Dengan demikian,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

4. Hasil dan Pembahasan

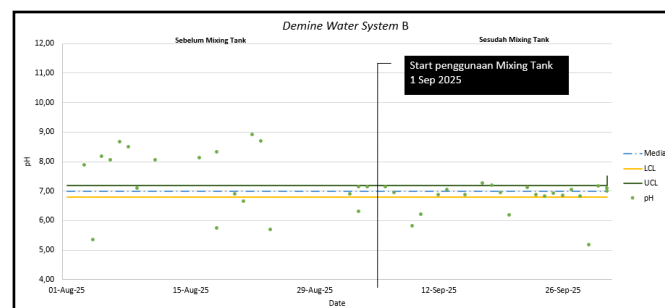
Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan terhadap kualitas dan kuantitas produksi air demineralisasi pada dua bulan berturut-turut, yaitu bulan Agustus dan September 2025. Data pada bulan Agustus mencerminkan kondisi sebelum diterapkannya sistem metode regenerasi dengan *mixing tank*, sementara data 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.

4.1. Pengukuran pH

Stabilitas pH merupakan parameter yang sangat krusial pada proses ini, 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 (Visca dan Anggoto, 2025). 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 (Gambar 3) dan (Gambar 4).



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



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

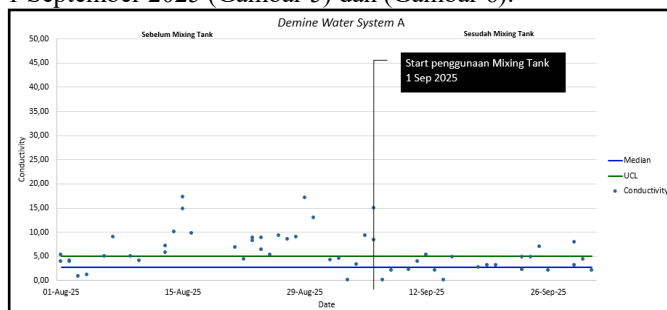
Berdasarkan Gambar 3 dan 4 sebelum penerapan metode regenerasi dengan *mixing tank*, nilai pH air demineralisasi pada train A dan B bervariasi besar antara 5,5 hingga 9,5

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 hal ini menggambarkan ketidakstabilan sistem regenerasi akibat fluktuasi aliran atau konsentrasi bahan kimia yang kurang stabil pada saat proses regenerasi.

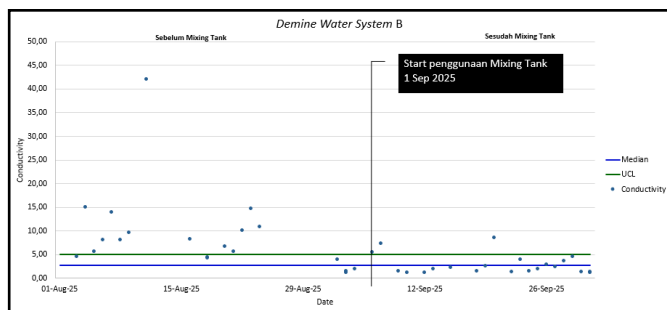
Setelah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* pada 1 September 2025, pH menjadi lebih stabil di kisaran 6,8–7,2. Metode ini meningkatkan homogenitas larutan, menekan variasi pH, dan menjaga kestabilan proses. Kestabilan pH netral mendukung performa resin, mengurangi risiko korosi/*scaling*,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

4.2. 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 (Adinda dkk, 2025). Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi perbandingan nilai *conductivity* sebelum dan sesudah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank* yang mulai dioperasikan pada 1 September 2025 (Gambar 5) dan (Gambar 6).



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



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

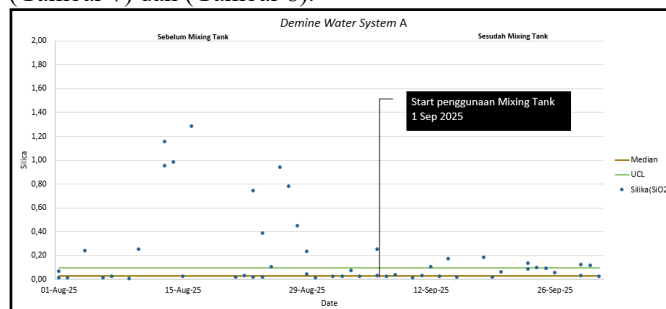
Berdasarkan Gambar 5 dan 6, sebelum 1 September 2025, kualitas air demineralisasi *train* A dan B menunjukkan fluktuasi *conductivity* tinggi dengan banyak *outlier*, menandakan ketidakstabilan performa resin sebelum penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*. Pada Anion A, *outlier* mencapai 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 regenerasi yang tidak stabil.

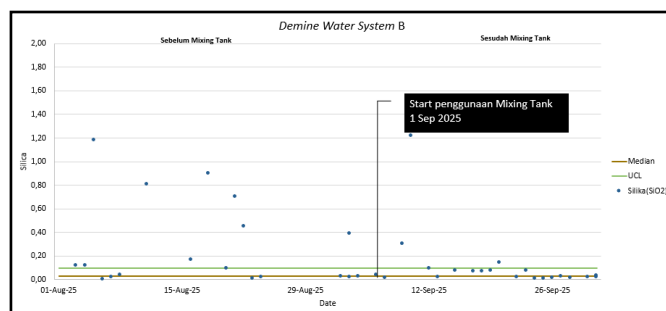
Setelah penggunaan metode regenerasi dengan *mixing tank*, *conductivity* membaik dengan hampir seluruh data di bawah 5 µS/cm dan terkonsentrasi di sekitar median 3–5 µS/cm pada *demine water system train* A dan B. Hal ini menandakan resin bekerja lebih merata, menghasilkan air dengan kemurnian tinggi, 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 dapat mengganggu proses.

4.3. Pengukuran Silica

Pengendalian konsentrasi silika merupakan salah satu kontaminan yang sangat penting, 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 (Pamungkas dkk, 2025). 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 regenerasi 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 regenerasi untuk proses regenerasi resin anion dan *cation* (Gambar 7) dan (Gambar 8).



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



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

Berdasarkan Gambar 7 dan 8, 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. Gambar 8 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.

4.4 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 (Kosim dan Siskayanti, 2021). Salah satu indikator utama kinerja resin kuantitas dimana jumlah air yang dapat diproduksi sebelum resin mencapai titik jenuh dan membutuhkan regenerasi (Nurhardin dan Rivalsiansyah, 2021). Dengan kata lain, semakin banyak volume air yang dapat diproduksi dalam satu siklus regenerasi, maka semakin efisien pula sistem yang digunakan (Haidi dan Hasan, 2022).

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 antarregenerasi. 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* (Tabel 1).

Tabel 1. Kuantitas *Demine water System train A* Sebelum

Metode Regenerasi dengan <i>Mixing tank</i>		
<i>Demine water System A</i>		
Bulan	Regenerasi	<i>Demine water</i> terproduksi (M ³)

Agustus	1	3.228
	2	4.317
	3	4.640
	4	4.255
	5	2.820
	6	2.614
	7	2.805
	8	3.332

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.

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

<i>Demine water System B</i>		
Bulan	Regenerasi	<i>Demine water</i> terproduksi (M3)
Agustus	1	3.713
	2	4.109
	3	4.251
	4	4.476
	5	3.348
	6	3.332
	7	2.965
	8	2.414

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 (Tabel 3).

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

Dari Tabel 3, terlihat 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.

5. Simpulan

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 secara signifikan, serta pH menjadi stabil yang pada akhirnya mengurangi risiko korosi dan kerusakan peralatan. Selain peningkatan kualitas, metode ini juga meningkatkan efisiensi dan kuantitas produksi air demineralisasi meningkat hingga 89-90% serta pengurangan frekuensi regenerasi mencapai 50%. Hal ini memperpanjang umur resin dengan memastikan proses regenerasi berjalan optimal dan merata. Monitoring berkelanjutan perlu dilakukan terhadap nilai *conductivity*, pH, dan silika agar gangguan proses dapat dideteksi dan ditangani secara dini.

Daftar Pustaka

- Adinda, S. Rulianah, E. Yulianto, dan R. Pahlevi, (2025) "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, doi: 10.33795/distilat.v11i3.7235.
- A. Shabab dan I. A. Setiorini, (2023) "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,.
- B. A. Pratama dan O. Setiawan, (2023) "Analisis efisiensi penukaran ion pada unit demineralisasi di PT Petrowidada", *Jurnal Integrasi Proses dan Lingkungan*, Vol. 1, No. 1, 12–17.
- F. B. Pamungkas, L. Rubianto, dan M. E. Yavianda, (2025) "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.
- Haidi, Fadarima, dan A. Hasan, (2022), "Studi Kasus Pengaruh Waktu dan Laju Air pada Proses Regenerasi Molsieve melalui Pemanasan Pada Kilang Ekstraksi NGL di PT Perta-Santan Gas," *Kinetika*, vol. 13, no. 02, pp. 24–28.

- I. D. Putra, N. Bafdal, dan S. Dwiratna N.P, (2022) "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, doi: 10.33379/radikula.v1i2.1883.
- I. Nurhardin, M. Septiani, dan R. Rivalsiansyah, (2021) "Evaluasi Performance Regenerasi Mixed Bed Polisher pada Unit Demineralisasi," *Mecha J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 38–45..
- M. E. Kosim, D. Prambudi, dan R. Siskayanti, (2021) "Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating," *Pros. Semnastek*, no. November, pp. 1–7, [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>, (Accessed: 20 Oktober 2025)
- M. Kurniawan, Z. Effendi, dan Purjianto, (2023) "Feed Water Minerals At the Water Treatment Unit of PT Bakrie," *Agro Fabr.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–8,
- R. Akbar, R. A. Siroj, M. W. Afgani, dan Weriana, (2023) "Experimental Research dalam Metodologi Pendidikan," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. Vol 9 No 2: *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, pp. 465–474, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/3165>. (Accessed: 24 Oktober 2025)
- R. Visca dan B. Anggoto, (2025) "Performa Resin Penukar Ion pada Sistem Mixed Bed Demuneralisasi di Industri Farmasi," *J. Pendidik. Indones.*, vol. 6, no. 8,.