

Research Paper

Evaluasi Kualitas Air pada Sistem Pendinginan PT. XYZ Surabaya : Studi Kasus *Cooling Water* ***Evaluation of Water Quality in the Cooling System of PT. XYZ Surabaya : Cooling Water Case Study***

Nur Ihda Farikhatin Nisa^{*a}, Nurul Fanani^b, Vevi Maritha^c

^aProgram Studi Teknik Kimia Universitas PGRI Madiun, Jl. Auri No.14-16, Kota Madiun 63117, Indonesia

^bJurusan Teknik Kimia Universitas W.R. Supratman, Jl. Arief Rahman Hakim No.14, Kota Surabaya 60111, Indonesia

^cProgram Studi Farmasi Universitas PGRI Madiun, Jl. Auri No.14-16, Kota Madiun 63117, Indonesia

Artikel Histori : Submitted 22 July 2023, Revised 9 August 2023, Accepted 20 November 2023, Online 30 November 2023

 <https://doi.org/10.33096/jcpe.v8i2.975>

ABSTRAK: Sistem pendinginan merupakan komponen penting dalam berbagai proses industri yang mempunyai peranan untuk menjaga suhu peralatan dan kinerja proses agar tetap optimal. Kualitas air yang digunakan dalam sistem ini harus mampu memastikan efisiensi operasional dan meminimalkan risiko kerusakan pada peralatan. Analisis kualitas air pada *cooling water* menjadi sangat penting untuk memantau dan mengendalikan beberapa parameter kunci dalam kualitas air agar tetap dalam batas yang aman dan optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kualitas *cooling water* pada PT. XYZ Surabaya berdasarkan beberapa parameter diantaranya pH, TDS, *turbidity*, M-alkalinitas, Ca-hardness, total-hardness, LSI (*Langelier Saturation Index*), dan RSI (*Ryznar Stability Index*). Metode penelitian yang digunakan terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap pengambilan sampel, tahap persiapan, dan tahap analisis. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil sampel *cooling water* pada pabrik tersebut. Sedangkan tahap persiapan dilakukan dengan melakukan kalibrasi terhadap alat-alat instrumentasi yang digunakan. Selanjutnya dilakukan tahap analisa terhadap beberapa parameter kualitas air tersebut. Hasil analisa menunjukkan bahwa *cooling water* PT. XYZ Surabaya memiliki nilai pH, TDS, *turbidity*, M-alkalinitas, Ca-hardness, total-hardness, LSI, dan RSI berturut-turut sebesar 6,54; 544 ppm; 1,34 NTU; 236,88 ppm; 62 ppm; 16 ppm; -0,77; dan 8,1. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa air memiliki tingkat korosifitas yang tinggi namun tidak terbentuk kerak.

Kata Kunci: *Blowdown*; *Cooling Water*; Kerak; Korosi; Pengolahan Air

ABSTRACT: The cooling system is an important component in various industrial processes and plays a role in maintaining optimal equipment temperature and process performance. The quality of the water used in this system must ensure operational efficiency and minimize the risk of damage to equipment. Water quality analysis in cooling water is very important to monitor and control several key parameters in water quality so that it remains within safe and optimal limits. The aim of this research is to analyze the quality of cooling water at PT. XYZ Surabaya based on several parameters, including pH, TDS, turbidity, M-alkalinity, Ca-hardness, total-hardness, LSI (*Langelier Saturation Index*), and RSI (*Ryznar Stability Index*). The research method used consists of three stages, namely the sampling stage, preparation stage, and analysis stage. Sampling was carried out by taking cooling water samples at the factory. Meanwhile, the preparation stage is carried out by calibrating the instrumentation tools used. Next, an analysis stage is carried out on several water quality parameters. The analysis results show that the cooling water of PT. XYZ Surabaya has pH, TDS, turbidity, M-alkalinity, Ca-hardness, total-hardness, LSI, and RSI values of 6.54, respectively; 544 ppm; 1.34 NTU; 236.88 ppm; 62 ppm; 16 ppm; -0.77; and 8.1. The results obtained show that the water has a high level of corrosiveness but does not form scale.

Keywords: *Blowdown*; *Cooling Water*; Corrosion; Scale; Water Treatment

1. PENDAHULUAN

Sistem pendinginan sangat penting dalam berbagai proses industri karena dapat menghemat energi dan menjaga suhu peralatan serta kinerja proses pada tingkat yang optimal [1][2][3][4]. Kualitas air yang digunakan dalam sistem ini memainkan peran yang penting dalam memastikan efisiensi operasional dan meminimalkan risiko kerusakan pada peralatan. Oleh karena itu, analisis kualitas air pada *cooling water* menjadi sangat penting untuk memantau dan mengendalikan parameter kunci seperti pH, kesadahan, *turbidity*, kandungan logam, *biofouling*, dan alkalinitas agar tetap dalam batas yang aman dan optimal [5][6].

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI) Makassar- Sulawesi Selatan
e-mail : jcpe@umi.ac.id

Corresponding Author *
nurihda_fn@unipma.ac.id



Dalam dunia industri modern, *cooling water* digunakan secara luas dalam proses manufaktur, pembangkit listrik, fasilitas pendingin, dan aplikasi lainnya [7][8]. Peran utama sistem ini adalah untuk mengambil panas yang dihasilkan oleh proses produksi atau peralatan operasional dan membuangnya ke lingkungan [9][10]. Namun, selama proses ini, air yang digunakan cenderung mengalami pencemaran dan perubahan kualitas yang dapat mengancam kinerja dan efisiensi sistem jika tidak diawasi dengan cermat [11]. PT. XYZ Surabaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri kimia yang memproduksi bahan kimia untuk berbagai sektor seperti farmasi, pangan, pertanian, dan industri manufaktur lainnya. Penggunaan *cooling water* menjadi salah satu bagian penting dari proses produksi pada perusahaan ini. Dengan mengetahui kualitas *cooling water*, maka perusahaan dapat mengevaluasi dan meningkatkan efektivitas kinerja proses produksinya.

Analisis kualitas air pada *cooling water* melibatkan pemantauan terus-menerus terhadap berbagai parameter fisik, kimia, dan biologis. Sebagai contoh, pH air harus dijaga agar tetap dalam rentang yang optimal untuk mencegah korosi atau pengendapan mineral. Selain itu, kekeruhan air adalah indikator potensial dari pengendapan partikel yang dapat mengganggu aliran air dan kinerja sistem secara keseluruhan. Pentingnya analisis kualitas air pada *cooling water* tidak hanya terbatas pada efisiensi operasional dan perlindungan terhadap kerusakan peralatan, tetapi juga berdampak pada aspek lingkungan [12]. Pengelolaan yang tepat terhadap kualitas air dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sekitar diantaranya meminimalkan pembuangan bahan kimia berbahaya atau mencegah pertumbuhan mikroorganisme berbahaya di dalam sistem. Oleh karena itu, implementasi praktik terbaik dalam analisis kualitas air pada *cooling water* tidak hanya mendukung produktivitas industri yang berkelanjutan tetapi juga menjamin keberlanjutan lingkungan yang lebih luas. Melalui pemahaman yang mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air pada *cooling water*, industri dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi risiko kerusakan peralatan sehingga mendukung tujuan keberlanjutan dan keselamatan operasional yang optimal.

Pemantauan secara teratur dan pengukuran parameter-parameter kualitas air penting untuk mendeteksi perubahan atau penurunan kualitas air yang dapat mempengaruhi kinerja sistem pendingin. Data yang terkumpul dari analisis ini tidak hanya digunakan untuk memantau kondisi saat ini, tetapi juga untuk mengidentifikasi tren jangka panjang dalam kualitas air dan mengambil tindakan pencegahan atau korektif yang diperlukan. Dengan memahami dan mengelola kualitas air secara efektif, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi operasional sistem pendingin, memperpanjang umur peralatan, serta mengurangi biaya perawatan dan dampak lingkungan dari penggunaan air pendingin.

Beberapa penelitian terdahulu tentang *cooling water* diantaranya eksplorasi pemanfaatan air *blowdown cooling tower* untuk *supply make up cooling tower* di bandar udara internasional Yogyakarta [13]; analisis jenis *defect cooling water* pada PT. XYZ menggunakan Six Sigma, analisis ABS dan PDCA [14]; penggunaan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kualitas *cooling tower* guna mendukung proses *blowdown* [15]; analisis kandungan air pendingin pada *service unit* IIIA PT. Petrokimia Gresik [16], serta penelitian tentang penentuan kebutuhan *cooling water* pada proses *ekstrusi film* [17]. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kandungan *cooling water* pada PT. XYZ Surabaya agar memenuhi standar baku mutu *cooling water* PT. XYZ Surabaya. Beberapa parameter yang dianalisis diantaranya pH, TDS (*Total Dissolved Solid*), *turbidity*, M-alkalinitas, Ca-hardness, total-hardness, LSI (*Langelier Saturation Index*), dan RSI (*Ryznar Stability Index*).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi dalam tiga tahapan yaitu tahap pengambilan sampel, tahap persiapan, dan tahap analisa.

2.1 Tahap Pengambilan Sampel

Sampel *cooling water* yang digunakan berasal dari *cooling water* PT. XYZ Surabaya yang diambil pada tanggal 4 April 2023 pada suhu sebesar 34°C dengan volume 1 liter.

2.2 Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan dengan mengkalibrasi alat-alat instrumentasi yang akan digunakan yakni pH meter dan TDS meter. Kalibrasi pH Meter dilakukan dengan menekan tombol ON/OFF yang tertera pada alat hingga pH Meter menyala dan terlihat angka digital pada *display*. Mengkalibrasi pH meter dengan air baku (*aquadest*) hingga pH netral yaitu antara 6,8-7,2. Sedangkan kalibrasi TDS Meter dilakukan dengan menekan tombol ON/OFF yang tertera pada alat hingga TDS meter menyala dan terlihat angka digital pada *display*. Mengkalibrasi alat TDS meter dengan air baku (*aquadest*) sampai nilai TDS berkisar antara 18-20 mg/L.

2.3 Tahap Analisa

Tahap analisa yang dilakukan meliputi beberapa parameter diantaranya pH, TDS, *turbidity*, M-alkalinitas, Ca-hardness, total-hardness, LSI, dan RSI. Tahapan rinci dari masing-masing analisa dijelaskan sebagai berikut:

a. Analisa pH

Mengambil sampel *cooling water* sebanyak 20 ml dan memasukkan dalam *erlenmeyer*. Mencelupkan elektroda pH meter ke dalam *erlenmeyer* yang telah terisi sampel dan mencatat nilai yang tertera pada *display* pH meter sebagai nilai pH sampel.

b. Analisa TDS

Mengambil sampel sebanyak 20 ml dan memasukkan dalam *erlenmeyer*. Mencelupkan elektroda TDS meter ke dalam *erlenmeyer* yang telah terisi sampel dan mencatat angka yang tertera pada *display* TDS meter sebagai nilai TDS sampel.

c. Analisa *Turbidity*

Mengambil sampel sebanyak 10 ml lalu memasukkan sampel ke dalam kuvet. Memasukkan kuvet yang berisi sampel ke dalam turbidimeter dan mencatat hasil yang terdapat pada *display* turbidimeter.

d. Analisa M-alkalinitas

Mengambil 10 ml sampel dan memasukkan dalam *erlenmeyer*. Menambahkan 1-2 tetes indikator *Metil Orange* (MO) dan melakukan titrasi dengan HCl 0,02 N sampai warna menjadi merah muda. Menghitung M-alkalinitas menggunakan persamaan (1).

$$\text{M - alkalinitas} = \frac{\text{volume HCl}}{\text{volume sampel}} \times 1000 \dots\dots\dots(1)$$

e. Analisa Ca-hardness

Mengambil sampel sebanyak 10 ml dan memasukkan ke dalam *erlenmeyer*. Menambahkan HCl pekat sampai pH 3. Mendidihkan sampel kemudian mendinginkannya sebelum melakukan titrasi. Menambahkan larutan NaOH 1 N hingga pH sampel menjadi 10. Menambahkan indikator *murexid* hingga warna sampel yang semula bening berubah menjadi merah muda. Melakukan titrasi dengan larutan EDTA 0,01 N sampai terjadi perubahan warna dari merah muda menjadi ungu. Menghitung Ca-hardness menggunakan persamaan (2).

$$\text{Ca - hardness} = 1,0009 \times 1000 \times \frac{\text{volume EDTA yang dibutuhkan}}{\text{volume sampel}} \times f \dots\dots\dots(2)$$

Dimana 1,0009 merupakan ekivalensi antara 1 ml EDTA 0,01 M dan 1 mg kesadahan sebagai CaCO₃; sedangkan f adalah faktor perbedaan antara kadar larutan EDTA 0,01 M menurut standarisasi dengan CaCO₃.

f. Analisa Total-hardness

Mengambil sampel sebanyak 10 ml dan memasukkan ke dalam *erlenmeyer*. Menambahkan HCl pekat sampai pH 3. Mendidihkan sampel kemudian mendinginkannya sebelum melakukan titrasi. Menambahkan larutan NaOH 1 N hingga pH sampel menjadi 10. Menambahkan indikator EBT hingga warna sampel yang semula bening berubah menjadi ungu. Melakukan titrasi dengan larutan EDTA 0,01 N sampai terjadi perubahan warna dari ungu menjadi biru. Menghitung total-hardness menggunakan persamaan (3).

$$\text{Total - hardness} = 1,0009 \times 1000 \times \frac{\text{volume EDTA yang dibutuhkan}}{\text{volume sampel}} \times f \dots\dots\dots(3)$$

g. Analisa LSI dan RSI

LSI (*Langelier Saturation Index*) dan RSI (*Ryznar Stability Index*) adalah dua indeks yang digunakan dalam analisis kimia air, khususnya dalam konteks pengendalian kualitas air dalam sistem perpipaan dan instalasi perairan [18]. LSI merupakan indeks yang digunakan untuk menentukan kecenderungan air untuk larut atau mengendapkan kalsium karbonat. Index ini membantu dalam menilai potensi korosif atau penumpukan kerak pada sistem perpipaan dan instalasi perairan. LSI dihitung menggunakan persamaan (4) atau dapat menggunakan *Langier Stability Index calculator*.

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s \dots\dots\dots(4)$$

Dimana pH_s adalah pH jenuh kalsium karbonat, yang dapat dihitung dengan faktor-faktor seperti pH, TDS, *turbidity*, kandungan Ca^{2+} , HCO_3^- dan suhu. Interpretasi dari nilai LSI yaitu jika $\text{LSI} > 0$, maka air cenderung mengendapkan kalsium karbonat (kerak); jika $\text{LSI} = 0$, air berada dalam keseimbangan terhadap kalsium karbonat; jika $\text{LSI} < 0$, maka air cenderung untuk menghilangkan kalsium karbonat.

Sedangkan RSI adalah indeks yang mengukur tingkat kejenuhan air terhadap kalsium karbonat dengan mempertimbangkan pH, TDS, kandungan Ca^{2+} , HCO_3^- dan suhu. RSI dihitung menggunakan persamaan (5) atau dapat menggunakan *Ryznar Stability Index calculator*. Interpretasi dari nilai RSI yaitu apabila $\text{RSI} < 5,5$ maka kerak akan terbentuk sangat banyak; $5,5 < \text{RSI} < 6,2$ maka akan terbentuk kerak; $6,2 < \text{RSI} < 6,8$ maka tidak terbentuk kerak dan korosi; $6,8 < \text{RSI} < 8,5$ maka air cenderung bersifat korosif; $\text{RSI} > 8,5$ maka air bersifat korosif.

$$\text{RSI} = 2\text{pH}_s - \text{pH} \dots\dots\dots(5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Cooling tower dari PT. XYZ Surabaya menggunakan merek dagang Liang Chi dengan *open recirculating system*. *Cooling tower* tersebut memiliki kapasitas sebesar 50.000 liter, tekanan 2 bar, dan alirannya adalah *counter current*. Adapun standar baku mutu *cooling water* dari PT. XYZ Surabaya ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan hasil analisa ditunjukkan pada Tabel 2.

3.1. Analisa pH

Parameter pH merupakan faktor kritis yang mempengaruhi kualitas air *cooling water* secara substansial. pH yang tidak seimbang dapat menyebabkan masalah serius dalam sistem pendinginan industri. pH yang terlalu rendah atau asam dapat meningkatkan tingkat korosi pada pipa dan peralatan sehingga mengakibatkan kerusakan dan kebocoran. Di sisi lain, pH yang terlalu tinggi atau basa dapat menyebabkan pembentukan kerak yang mengganggu aliran air dan mengurangi efisiensi sistem pendinginan [19][20]. Selain itu, pH air juga mempengaruhi efisiensi pertukaran panas dalam sistem. Dengan pH yang optimal dapat meningkatkan kemampuan sistem untuk menghilangkan panas secara efektif. Pengendalian pH yang tepat juga penting untuk mengurangi pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme lainnya dalam *cooling water* yang dapat mengancam kebersihan dan kesehatan sistem. Oleh karena itu, pemantauan dan pengaturan rutin pH air *cooling water*

adalah langkah penting untuk memastikan kinerja optimal, efisiensi operasional, dan keberlanjutan sistem pendinginan industri.

Dari hasil analisa pada Tabel 2 diperoleh pH *cooling water* sebesar 6,54. Apabila dibandingkan dengan baku mutu *cooling water* pada Tabel 1, maka hasil analisa tersebut telah memenuhi baku mutu pH *cooling water* yaitu sebesar 6 - 8. Apabila pH dalam *cooling water* melebihi baku mutu maka harus ditekan sampai mencapai nilai yang diinginkan dengan menambahkan bahan kimia yang bersifat asam seperti asam sulfat. Namun, perlu hati-hati agar tidak terjadi pengendapan kalsium sulfat. Sebaliknya, apabila pH terlalu asam maka dapat menambahkan bahan kimia yang bersifat basa seperti *polyphosphonate* sehingga *cooling water* bisa lebih efektif karena pH telah memenuhi baku mutu.

Tabel 1. Baku Mutu *Cooling Water* PT. XYZ Surabaya

Parameter	Nilai
pH	6 – 8
TDS	1050 ppm
Turbidity	<15 NTU
M-Alkalinitas	≤ 100 ppm
Ca-Hardness	≤ 150 ppm
Total Hardness	≤ 200 ppm

Tabel 2. Hasil Analisa *Cooling Water* PT. XYZ Surabaya

Parameter	Nilai	Keterangan
pH	6,54	Memenuhi
TDS	544 ppm	Memenuhi
Turbidity	1,34 NTU	Memenuhi
M-Alkalinitas	236,88 ppm	Tidak memenuhi
Ca-Hardness	62 ppm	Memenuhi
Total Hardness	16 ppm	Memenuhi

3.2. Analisa TDS (*Total Dissolved Solids*)

Analisa TDS dalam *cooling water* sangat penting untuk memastikan efisiensi dan keefektifan sistem pendingin. Konsentrasi TDS yang tinggi dapat menimbulkan beberapa dampak negatif. Pertama, TDS yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan risiko korosi pada komponen-komponen sistem pendingin. Hal ini disebabkan oleh kemampuan ion-ion dalam TDS untuk meningkatkan konduktivitas air, yang juga diikuti dengan peningkatan kecenderungan air untuk menghantarkan arus listrik. Dimana hal tersebut merupakan faktor utama dalam korosi. Selain itu, TDS yang tinggi juga dapat menyebabkan penurunan efisiensi pertukaran panas dalam sistem pendingin. Endapan mineral yang dihasilkan oleh TDS tinggi dapat mengakibatkan pembentukan lapisan pada permukaan penukar panas sehingga mengurangi transfer panas antara *cooling water* dengan media yang didinginkan. Oleh karena itu, analisis rutin terhadap konsentrasi TDS dalam *cooling water* perlu dilakukan untuk memastikan bahwa nilai TDS tetap dalam rentang yang aman, yang tidak hanya menjaga keefektifan sistem tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Dari hasil analisa pada Tabel, diperoleh nilai TDS sebesar 544 mg/L atau 544 ppm. Nilai tersebut masih memenuhi baku mutu pada Tabel 1. Apabila nilai TDS melebihi baku mutu maka hal yang dapat dilakukan yaitu perbaikan pada pengolahan external dengan cara meregenerasi resin pada ion *exchanger* menggunakan fosfat [21].

3.3. Analisa Turbidity

Turbidity atau kekeruhan dalam *cooling water* juga merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air. Tingkat *turbidity* mengindikasikan jumlah partikel padat yang terlarut dalam air seperti lumpur, tanah, dan partikel organik halus lainnya. Kondisi air yang keruh dapat mengakibatkan beberapa masalah serius dalam sistem pendinginan seperti menurunkan efisiensi pertukaran panas, meningkatkan risiko korosi, dan mengurangi keefektifan bahan kimia yang ada dalam pengolahan air. Selain itu, *turbidity* yang tinggi juga dapat mempengaruhi kejernihan visual air yang merupakan hal penting untuk kegiatan inspeksi dan pemeliharaan peralatan pendingin. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian tingkat *turbidity* dalam *cooling water* sangat diperlukan untuk memastikan operasi sistem pendinginan yang optimal dan efisien.

Dari hasil analisa *cooling water* pada Tabel 2 diperoleh nilai *turbidity* sebesar 1,34 NTU. Nilai tersebut masih memenuhi baku mutu pada Tabel 1 yang menyebutkan bahwa nilai *turbidity cooling water* maksimal 15 NTU.

3.4. Analisa M-alkalinitas

M-alkalinitas memainkan peran penting dalam analisis kualitas air pada sistem pendinginan. Pengukuran mengindikasikan jumlah total ion karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-), dan hidroksida (OH^-) dalam air yang berperan dalam menstabilkan pH. Dalam konteks *cooling water*, M-alkalinitas penting karena dapat memberikan gambaran tentang kemampuan air untuk menetralkan asam yang mungkin masuk ke dalam sistem, baik dari sumber internal maupun eksternal. Dengan memantau M-alkalinitas secara teratur, operator dapat mengidentifikasi potensi masalah seperti peningkatan korosi yang disebabkan oleh penurunan pH yang tidak terkendali atau pengaruh bahan kimia tambahan dalam air. Pengendalian M-alkalinitas juga mendukung efisiensi operasional sistem pendinginan dengan memastikan bahwa lingkungan kimia air tetap optimal untuk melindungi peralatan dari kerusakan dan memaksimalkan kinerja pertukaran panas.

Dari analisa dan perhitungan M-alkalinitas pada Tabel 2, diperoleh nilai M-alkalinitas sebesar 236,88 mg CaCO_3/L atau 236,88 ppm. Menurut baku mutu *cooling water* pada Tabel 1, nilai M-alkalinitas *cooling water* PT. XYZ Surabaya tersebut melebihi baku mutu yang dipersyaratkan yakni sebesar ≤ 100 ppm. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan M-alkalinitas adalah dengan melakukan proses *blowdown* (proses pengeluaran sebagian air dari sistem pendingin untuk mengontrol konsentrasi zat terlarut yang terakumulasi, seperti mineral dan padatan terlarut) [5].

3.5. Analisa Ca-hardness

Kesadahan kalsium (*Ca-hardness*) adalah parameter yang mengacu pada konsentrasi ion kalsium dalam air, yang bersama dengan ion magnesium dapat menyebabkan pembentukan endapan mineral seperti kapur (kalsium karbonat) dan garam-garam magnesium. Endapan ini dapat mengendap pada permukaan pipa dan peralatan sehingga menghambat aliran air dan mengurangi efisiensi pertukaran panas dalam sistem pendinginan [21]. Selain itu, *Ca-hardness* yang tinggi dapat meningkatkan risiko korosi pada logam dalam sistem pendinginan. Hal ini disebabkan karena endapan mineral merupakan tempat terjadinya korosi yang merugikan.

Pengukuran dan pemantauan *Ca-hardness* secara teratur sangat penting untuk mencegah akumulasi endapan dan mengoptimalkan kinerja sistem pendingin. Dengan memahami dan mengelola *Ca-hardness* dengan baik, operator dapat mengurangi biaya perawatan dan perbaikan serta memperpanjang umur operasional peralatan. Penggunaan bahan kimia tambahan untuk penghambat kerak [22][23]; dan *reverse osmosis* [24][25] dapat membantu mengontrol dan mengurangi efek negatif dari *Ca-hardness* yang tinggi dalam *cooling water*.

Dari analisa dan perhitungan *Ca-hardness* pada Tabel 2, diperoleh nilai sebesar 62 mg CaCO_3/L . Hasil tersebut menunjukkan bahwa air yang digunakan pada *cooling water* telah memenuhi baku mutu pada Tabel 1. Apabila kandungan *Ca-hardness* melebihi batas baku mutu, maka dapat ditambahkan zeolit yang sangat efektif untuk mengurangi kandungan *Ca-hardness* [26].

3.6. Analisa Total-hardness

Kesadahan total (*total-hardness*) dalam analisis *cooling water* merujuk pada konsentrasi total ion kalsium dan magnesium dalam air [26]. Dalam konteks sistem pendinginan, tingkat kesadahan total dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja dan keoptimalan operasional peralatan. Kalsium dan magnesium dalam air dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa kimia seperti deterjen dan bahan kimia pengolahan air lainnya membentuk endapan yang dapat mengurangi efisiensi pertukaran panas. Endapan mineral seperti kapur dan garam-garam magnesium dapat mengendap pada permukaan pipa dan peralatan sehingga menyebabkan penurunan aliran air dan meningkatkan tekanan dalam sistem.

Selain itu, tingkat kesadahan total yang tinggi dapat meningkatkan risiko korosi pada peralatan pendingin. Endapan mineral yang terbentuk dapat berperan sebagai katalis untuk reaksi korosi, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kerusakan pada logam dalam sistem pendingin. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian kesadahan total dalam *cooling water* sangat penting untuk menjaga efisiensi operasional, meminimalkan biaya perawatan, dan memperpanjang umur pakai peralatan. Dengan memahami pengaruh kesadahan total dan mengimplementasikan strategi pengelolaan yang tepat, seperti penggunaan penghambat *scale* dan pemantauan rutin, operator dapat mengoptimalkan performa sistem pendinginan dan mengurangi risiko kerusakan yang disebabkan oleh endapan mineral dan korosi.

Dari analisa dan perhitungan *total-hardness* pada Tabel 2, diperoleh nilai sebesar 16 mg CaCO_3/L . Menurut baku mutu pada Tabel 1, air ini masih memenuhi jika digunakan sebagai *cooling water* PT. XYZ Surabaya. Jika kandungan *total-hardness* melebihi baku mutu, maka dapat ditambahkan bahan penghambat *scale* [22] maupun *ion exchange* [26].

3.7. Analisa LSI dan RSI

Langier Stability Index (LSI) adalah parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kecenderungan air membentuk endapan mineral atau korosi pada logam dalam sistem. Indeks ini menggabungkan faktor-faktor seperti kesadahan air (konsentrasi ion kalsium dan magnesium), alkalinitas, pH, dan suhu air [18]. LSI menghitung perbedaan antara nilai pH aktual air dengan nilai pH jenuh kapur (pHs) yang merupakan pH di mana air tidak lagi mampu menahan tambahan kalsium karbonat dalam larutan. Jika nilai LSI positif, artinya air cenderung mengendapkan kapur. Sedangkan LSI negatif menunjukkan air cenderung menyebabkan korosi logam.

Dalam konteks *cooling water*, LSI yang tinggi dapat menyebabkan akumulasi endapan kapur pada permukaan pipa dan peralatan, menghambat aliran air, dan mengurangi efisiensi pertukaran panas. Di sisi lain, LSI yang rendah dapat meningkatkan risiko korosi pada logam dalam sistem pendinginan. Oleh karena itu, pemantauan LSI secara teratur dan pengelolaan pH, kesadahan, dan alkalinitas air menjadi kunci untuk mengoptimalkan kinerja sistem pendinginan. Dengan memahami pengaruh LSI dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang sesuai, seperti penggunaan bahan kimia pada pengolahan air dan pengaturan pH yang tepat, operator dapat menjaga sistem pendinginan beroperasi secara efisien dan memperpanjang umur operasional peralatan. Dari analisa dan perhitungan LSI pada Tabel 2, diperoleh nilai sebesar -0,77. Hal ini mengindikasikan bahwa air memiliki kecenderungan untuk menghilangkan kalsium karbonat. Hasil perhitungan *Langier Stability Index calculator* ditunjukkan pada Gambar 1.

Ryznar Stability Index (RSI) adalah indikator penting dalam analisis kualitas air pada sistem pendinginan, yang memberikan gambaran tentang potensi endapan mineral dan korosi dalam air. Indeks ini menggambarkan keseimbangan antara kesadahan air (konsentrasi ion kalsium dan magnesium) dan pH air. Semakin tinggi nilai RSI, semakin besar kemungkinan terbentuknya endapan kapur (kalsium karbonat). Sedangkan nilai RSI yang rendah dapat meningkatkan risiko korosi logam.

Langelier Saturation Index Calculator

This calculator helps you determine the scaling potential of the water by using the Langelier Saturation Index.

Give the values of your water analysis. All the fields with * are required.

Table 1: Input table

pH =

Conductivity / TDS =

[Ca²⁺] =

[HCO₃] =

Water temperature =

Table 2: Additional data

If you do not have a water analysis you can use the values in table 2. Click on a button at the bottom of table 2

pH =	7.7	8	8.6	
TDS =	20	34483	273	mg/l
[Ca ²⁺] =	5	400	49	mg/l
[HCO ₃] =	10	140	121	mg/l
T =	20	20	20	degree C

Table 3: Results Langelier Saturation Index

pH_s =

LSI =

Indication based on Langelier (1936)

Indication based on improved Langelier by Carrier (1965)

Water is undersaturated with respect to calcium carbonate. Undersaturated water has a tendency to

The Langelier Saturation Index formula is

$$LSI = pH - pH_s$$

For an explanation of the formula click [here](#).

Serious corrosion.

Gambar 1. Hasil perhitungan Langelier Stability Index

Ryznar Stability Index Calculator

This calculator helps you determine the scaling potential of the water by using the Ryznar Stability Index

Give the values of your water analysis. You have to fill all the boxes with *.

Table 1: Input table

pH =

Conductivity in TDS =

[Ca²⁺] =

[HCO₃] =

Water temperature =

Table 2: Additional data

If you do not have a water analysis you can use the values in table 2. Click on a button at the bottom of table 2

pH =	7.7	8	8.6	
TDS =	20	34483	273	mg/l
[Ca ²⁺] =	5	400	49	mg/l
[HCO ₃] =	10	140	121	mg/l
T =	20	20	20	degree C

Table 3: Results Ryznar Stability Index

pH_s =

RI =

Indication base on Ryznar (1942)

Indication based on improved Ryznar index by Carrier 1965

The Ryznar Stability Index formula is

$$RI = 2 \cdot pH_s - pH$$

For an explanation of the formula click [here](#).

Water is aggressive

Heavy corrosion

Gambar 2. Hasil perhitungan Ryznar Stability Index

Dalam aplikasi *cooling water*, nilai RSI yang optimal (biasanya berkisar antara 6 hingga 9) mengindikasikan kondisi air yang stabil secara kimia. Ketika nilai RSI terlalu tinggi, endapan kapur dapat mengendap pada permukaan peralatan dan pipa-pipa sehingga mengurangi efisiensi pertukaran panas dan memperpendek umur operasional peralatan. Di sisi lain, nilai RSI yang rendah dapat mempercepat proses korosi pada logam dalam sistem pendinginan. Pemantauan dan pemeliharaan nilai RSI secara teratur sangat penting dalam menjaga operasi yang efektif dan efisien. Strategi pengelolaan, termasuk penggunaan bahan kimia dalam pengolahan air untuk menjaga pH dan kesadahan dalam kisaran yang diinginkan; serta pemantauan rutin untuk deteksi dini permasalahan yang mungkin terjadi. Dari analisa dan perhitungan RSI

cooling water PT. XYZ Surabaya diperoleh nilai RSI sebesar 8,1. Hal ini mengindikasikan bahwa air sangat agresif dan mudah terjadi korosi. Tampilan perhitungan menggunakan *Ryznar Stability Index calculator* ditunjukkan pada Gambar 2.

4. KESIMPULAN

Kualitas *cooling water* mempunyai peran penting untuk memastikan efisiensi operasional dan meminimalkan risiko kerusakan pada peralatan. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa cooling water pada PT.XYZ Surabaya memiliki nilai pH, TDS, *turbidity*, M-alkalinitas, Ca-hardness, total-hardness, LSI, dan RSI berturut-turut sebesar 6,54; 544 ppm; 1,34 NTU; 236,88 ppm; 62 ppm; 16 ppm; -0,77; dan 8,1. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa air memiliki tingkat korosifitas yang tinggi namun tidak terbentuk kerak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Pandelidis, W. William, and S. Cetin, "Analysis of Heat and Mass Transfer Potential of a Dew-point Cooling Tower in Different Climatic Conditions," *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, vol. 156, 2024.
- [2] Y. Sun, Z. Guan, and K. Hooman, "A Review on the Performance Evaluation of Natural Draft Dry Cooling Towers and Possible Improvements via Inlet Air Spray Cooling," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 79, no. September 2016, pp. 618–637, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.151.
- [3] D. Pandelidis, "Numerical Study and Performance Evaluation of the Maisotsenko Cycle Cooling Tower," *Energy Convers. Manag.*, vol. 210, no. June 2019, p. 112735, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2020.112735.
- [4] D. Pandelidis, M. Drag, P. Drag, W. Worek, and S. Cetin, "Comparative Analysis Between Traditional and M-Cycle Based Cooling Tower," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 159, 2020, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120124.
- [5] H. I. Abdel-Shafy, M. A. Shoeib, M. A. El-Khateeb, A. O. Youssef, and O. M. Hafez, "Electrochemical Treatment of Industrial Cooling Tower Blowdown Water using Magnesium-rod Electrode," *Water Resour. Ind.*, vol. 23, 2020, doi: 10.1016/j.wri.2019.100121.
- [6] K. Helmi, F. David, P. Di Martino, M. P. Jaffrezic, and V. Ingrand, "Assessment of Flow Cytometry for Microbial Water Quality Monitoring in Cooling Tower Water and Oxidizing Biocide Treatment Efficiency," *J. Microbiol. Methods*, vol. 152, no. June, pp. 201–209, 2018, doi: 10.1016/j.mimet.2018.06.009.
- [7] S. Kumar *et al.*, "Estimation of Performance Parameters of a Counter Flow Cooling Tower using Biomass Packing," *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 44, no. 1, 2023.
- [8] B. K. Naik, V. Choudhary, P. Muthukumar, and C. Somayaji, "Performance Assessment of a Counter Flow Cooling Tower - Unique Approach," *Energy Procedia*, vol. 109, no. November 2016, pp. 243–252, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.056.
- [9] M. Shublaq and A. K. Sleiti, "Experimental Analysis of Water Evaporation Losses in Cooling Towers using Filters," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 175, no. December 2019, p. 115418, 2020, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115418.
- [10] A. Khaloo, M. Vasheghani, and J. Sedeghi, "Contribution of Water-soluble Ions in the Corrosion of Reinforced Concrete Cooling Towers using the Response Surface Method," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 20, no. February, 2024, doi: 10.1016/j.cscm.2024.e02966.
- [11] F. H. Wang *et al.*, "Bench-scale and Pilot-scale Evaluation of Coagulation Pre-treatment for Wastewater Reused by Reverse Osmosis in a Petrochemical Circulating Cooling Water System," *Desalination*, vol. 335, no. 1, pp. 64–69, 2014, doi: 10.1016/j.desal.2013.12.013.

- [12] Y. Meng, G. Liu, S. Hou, and H. Chen, "Performance and Economic Analysis of the Cooling Tower Blowdown Water Treatment System in a Coal-fired Power Plant," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 201, no. November 2023, pp. 321–331, 2024, doi: 10.1016/j.cherd.2023.11.061.
- [13] H. Kurniawanto, N. I. Suwono, E. N. Putri, R. B. Santoso, R. M. Fenesa, and G. S. M. Jaya, "Perencanaan Pemanfaatan Air Blowdown Cooling Tower untuk Supply Make Up Cooling Tower di Bandar Udara International Yogyakarta," *Langit Biru J. Ilm. Aviasi*, vol. 2, no. 1, pp. 16–21, 2023.
- [14] I. Renaldi, A. D. Juniarti, and A. B. Sulisty, "Analisa Kualitas Cooling Water Pada Cooling Water System Di Butadiene Plant PT XYZ Dengan Metode Six Sigma Dan PDCA," *J. InTent*, vol. 1, no. 1, pp. 45–57, 2018.
- [15] N. N. Aini, D. Siswanto, and G. Priyandoko, "Monitoring Kualitas Air pada Cooling Tower untuk Mendukung Pengendalian Proses Blowdown berbasis Internet of Things (IoT)," *SinarFe7 Semin. Nas. Fortei Reg.* 7, vol. 4, no. 1, pp. 107–111, 2021.
- [16] W. Pujiyanto, H. P. Sudarminto, and R. Taufiqi, "Analisa Kandungan Air Pendingin (Sirkulasi) T. 6520 Dan T.6530 Pada Service Unit III A PT Petrokimia Gresik," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 606–612, 2021, doi: 10.33795/distilat.v7i2.276.
- [17] D. Paranita, Donda, and D. F. Simatupang, "Determination of Cooling Water Requirement for Plastic Film Extrusion Process at PT. XYZ North Sumatra," *JUSTEK J. Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 4, pp. 513–518, 2023, [Online]. Available: <http://journal.ummat.ac.id/index.php/justek>.
- [18] Shankar BS, "Determination of Scaling and Corrosion Tendencies of Water through the Use of Langelier and Ryznar Indices," *Sch. J. Eng. Technol.*, vol. 2, no. SJET, pp. 123–127, 2014, [Online]. Available: www.saspublisher.com.
- [19] J. O. Haolat, A. George, M. Issa Suleiman, M. Berthod, and K. Wang, "UV-TiO₂ Treatment of the Cooling Water of an Oil Refinery," *J. Water Process Eng.*, vol. 26, no. August, pp. 176–181, 2018, doi: 10.1016/j.jwpe.2018.10.013.
- [20] D. Rubio, C. López-Galindo, J. F. Casanueva, and E. Nebot, "Monitoring and Assessment of an Industrial Antifouling Treatment. Seasonal Effects and Influence of Water Velocity in an Open Once-Through Seawater Cooling System," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 67, no. 1–2, pp. 378–387, 2014, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2014.03.057.
- [21] O. M. Hafez, M. A. Shoeib, M. A. El-Khateeb, H. I. Abdel-Shafy, and A. O. Youssef, "Removal of Scale Forming Species from Cooling Tower Blowdown Water by Electrocoagulation using Different Electrodes," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 136, pp. 347–357, 2018, doi: 10.1016/j.cherd.2018.05.043.
- [22] J. N. Hakizimana *et al.*, "Assessment of Hardness, Microorganism and Organic Matter Removal from Seawater by Electrocoagulation as a Pretreatment of Desalination by Reverse Osmosis," *Desalination*, vol. 393, pp. 90–101, 2016, doi: 10.1016/j.desal.2015.12.025.
- [23] T. Neveux, M. Bretaude, N. Chhim, K. Shakourzadeh, and S. Rapenne, "Pilot Plant Experiments and Modeling of CaCO₃ Growth Inhibition by the use of Antiscalant Polymers in Recirculating Cooling Circuits," *Desalination*, vol. 397, pp. 43–52, 2016, doi: 10.1016/j.desal.2016.06.018.
- [24] Y. Luo, R. Qiu, X. Zhang, and F. Li, "Biofouling Behaviors of Reverse Osmosis Membrane in the Presence of Trace Plasticizer for Circulating Cooling Water Treatment: Characteristics and Mechanisms," *Water Res.*, vol. 260, 2024.

- [25] T. Wagner, P. Saha, H. Bruning, and H. Rijnaarts, “Lowering the Fresh Water Footprint of Cooling Towers: A Treatment-train for the Reuse of Discharged Water Consisting of Constructed Wetlands, Nanofiltration, Electrochemical Oxidation and Reverse Osmosis,” *J. Clean. Prod.*, vol. 364, no. January, p. 132667, 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.132667.
- [26] Herdini, V. Hadi, and T. Novalina, “Analisis Kesadahan Total (CaCO_3), Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}) pada Air Sumur Tanah di Jakarta Utara,” *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.37373/tekno.v10i1.192.