P-ISSN: 2985-7236

E-ISSN: 2985- 7244

AE INNOVATION
AGRICULTURAL ENGINEERING INNOVATION JOURNAL

AE Innovation: Agricultural Engineering Innovation Journal
Vol. 4, No. 02, July 2026
Journal home page : https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/AEI
Page 61-84
Article history:
Submitted: September 29th, 2025
Accepted : November 20th, 2026
DOI: 10.55180/aei.v4i2.2276

Analisis Penggunaan Bahan Kimia dan Biaya Pengolahan Air di Pabrik Kelapa Sawit

Millenius Valentino Tenri Gangka*), Nuraeni Dwi Dharmawati, Hermantoro
Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta
Jl. Nangka II Maguwoharjo, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55282
*)Email : mvtgangga@gmail.com

ABSTRACT

Water treatment in palm oil mills is an important aspect in supporting smooth production processes, particularly for the supply of boiler feed water and other utilities. Water quality that does not meet standards can cause serious problems, such as scale formation, corrosion, and reduced equipment efficiency. This study aims to analyze raw water quality, determine chemical dosage requirements, and calculate chemical usage costs using the Jartest method. This method allows for direct evaluation of the effectiveness of coagulants and other chemicals in reducing pollutant parameters, thereby enabling the selection of optimal dosages. The results show that the quality of external water is still relatively poor, with an average pH of 5.2, TDS of 42 ppm, hardness of 19 ppm, turbidity of 41 NTU, iron of 1.3 ppm, and silica of 9 ppm, requiring further treatment before it can be used as boiler feed water. The effectiveness of the Sand Filter in reducing the turbidity level of raw water reached 97%. Conversely, the quality of internal water has met operational standards, with a pH of 11, TDS of 1205 ppm, P-alkalinity of 315 ppm, M-alkalinity of 352 ppm, O-alkalinity 209 ppm, Iron 0.7 ppm, Silica 56 ppm, Hardness in trace conditions, Phosphate 23 ppm, and Sulfite 26 ppm. From an economic perspective, the cost of using chemicals for external water treatment reaches IDR 79,180,800.00 per month, and IDR 42,488,600.00 per month for internal water treatment. This study emphasizes the importance of water quality control and chemical management for boiler operational efficiency.

Keywords: Chemical operational costs; Chemical dosage; Effectiveness; Jartest; Water treatment.

ABSTRAK

Pengolahan air pada pabrik kelapa sawit merupakan aspek penting dalam menunjang kelancaran proses produksi, khususnya untuk penyediaan air umpan boiler dan utilitas lainnya. Kualitas air yang tidak memenuhi standar dapat menimbulkan permasalahan serius, seperti terbentuknya kerak (*scale*), korosi, maupun penurunan efisiensi peralatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air baku, menentukan kebutuhan dosis bahan kimia, serta menghitung biaya pemakaian bahan kimia melalui metode *Jartest*. Metode ini memungkinkan evaluasi secara langsung terhadap efektivitas koagulan dan bahan kimia lainnya dalam menurunkan parameter pencemar, sehingga dapat digunakan untuk memilih dosis optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air eksternal masih tergolong

kurang baik, dengan rata-rata pH 5,2, TDS 42 ppm, Hardness 19 ppm, Turbidity 41 NTU, besi 1,3 ppm, dan Silika 9 ppm, sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut sebelum digunakan sebagai air umpan boiler. Efektivitas kinerja *Sand Filter* dalam mengurangi tingkat kekeruhan air baku mencapai 97%. Sebaliknya, kualitas air internal telah memenuhi standar operasional, dengan pH 11, TDS 1205 ppm, P-alkalinity 315 ppm, M-alkalinity 352 ppm, O-alkalinity 209 ppm, *Iron* 0,7 ppm, Silika 56 ppm, Hardness dalam kondisi trace, Phosphate 23 ppm, dan Sulfite 26 ppm. Dari aspek ekonomi, biaya penggunaan bahan kimia *External Water Treatment* mencapai Rp79.180.800,00 per bulan, dan Rp42.488.600,00 per bulan pada *Internal Water Treatnent*. Penelitian ini menegaskan pentingnya pengendalian kualitas air dan pengelolaan bahan kimia untuk efisiensi operasional boiler.
Kata kunci : Biaya operasional bahan kimia, Dosis bahan kimia, Efektivitas, *Jartest*, Pengolahan air.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu zat yang dibutuhkan dalam sektor industri terutama pada pabrik kelapa sawit. Penggunaan air pada industri kelapa sawit harus memenuhi persyaratan berdasarkan standar kualitas air yang telah ditentukan. Pemanfaatan air pada pabrik kelapa sawit adalah untuk kebutuhan energi dan proses pengolahan kelapa sawit menjadi CPO dengan memanfaatkan *steam* yang dihasilkan oleh *boiler*. Pasokan air yang digunakan pada *boiler* diambil dari waduk yang mengandung zat padat yang terlarut dan senyawa – senyawa kimia yang bersifat dapat merusak. Air yang tidak memenuhi standar ini akan menimbulkan masalah seperti kerak dan korosi pada bahan – bahan yang bersifat logam. Sehingga zat – zat yang bersifat merusak ini harus dihilangkan atau setidaknya diturunkan kadarnya agar mendapatkan kualitas air yang diinginkan melalui proses pemurnian dengan penambahan chemical dan pengendapan (Saziati et al., 2024).

WTP (*Water Treatment Plant*) merupakan stasiun khusus yang digunakan untuk mengolah *raw water* yang berasal dari waduk. Kualitas air yang dihasilkan sangat tergantung bagaimana cara pengolahan dan jumlah *chemical* yang dibutuhkan dalam kg/jam, dan kinerja dari *chemical* juga dipengaruhi oleh desain dari *water treatment plant* itu sendiri (Siti, 2021). Pengamatan yang dilakukan adalah *raw water trearment* dimana proses ini adalah proses untuk penjernihan air dari waduk dan mengurangi tingkat turbidity yang sangat tinggi.sehingga diperlukan penambahan bahan kimia yaitu larutan koagulan dan flokulan yang berfungsi untuk menangkap flok – flok hingga menggumpal. Lalu akan ada proses sedimentasi di bak penyimpanan sebelum masuk ke filtrasi. Sumber air baku yang digunakan berasal dari air waduk, oleh karena itu diperlukan analisis kondisi air terlebih dahulu dengan metode *jartest. Jartest* adalah percobaan sampel air yang berfungsi untuk menentukan dosis optimum dari proses koagulasi dan flokulasi yang digunakan dalam proses pengolahan air baku. Apabila percobaan dilakukan dengan tepat, informasi yang berguna akan diperoleh untuk mengoptimalkan pengolahan air baku, serta membantu dalam perhitungan pemakaian bahan kimia yang digunakan. Hal ini dapat berpengaruh untuk menghitung dan menghemat biaya yang dikeluarkan dalam perencanaan pengadaan *chemical* pada periode berikutnya (Nisa & Aminudin, 2019).

Standar air yang baik digunakan untuk air umpan *boiler* ialah air yang memiliki kadar pH (10.5 – 11.5), turbidity (< 1 NTU).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 20 november 2023 sampai dengan 23 desember 2023 bertepatan dengan pelaksanaan magang industri di PT. Perkebunan Nusantara IV

Regional 3 Desa Kembang Damai, Kecamatan Pagaran Tapah, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau.

Alat

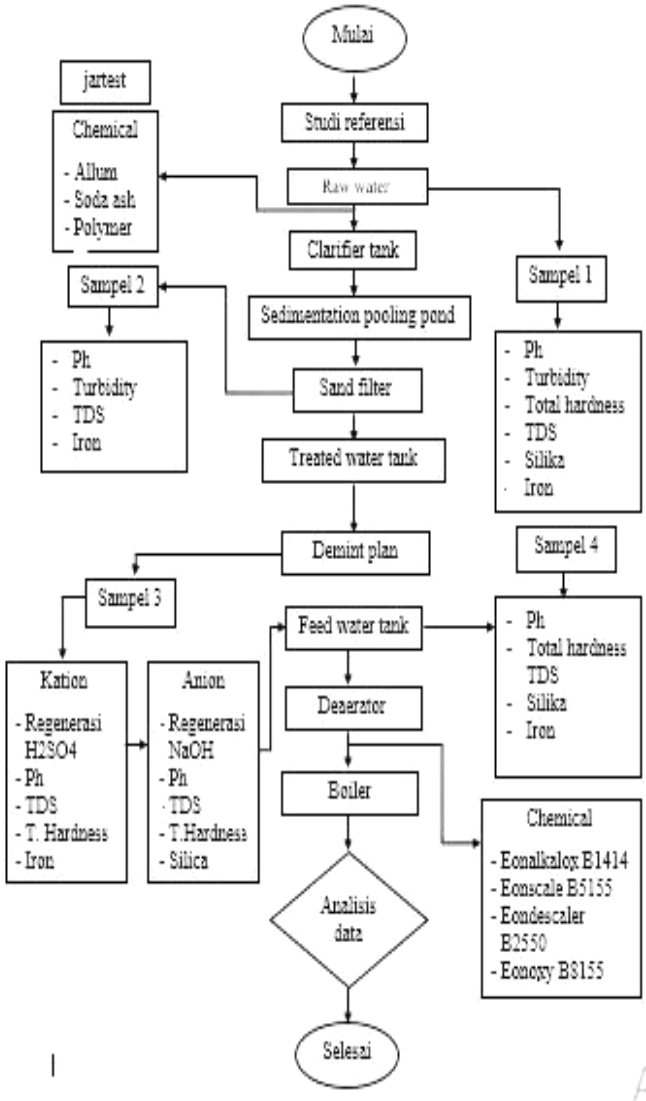
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beaker,erlenmeyer, pipet tetes, Ph meter, turbidity meter, dan TDS meter.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi, air raw water, air sand filter, air anion dan kation, air feed tank, air boiler, alluminium sulfat, soda ash, flocculant/ polimer, Eonalkalox B1414, Eonscale B5155, B2550, dan Eonoxy B8155.

Tahapan penelitian

Tahapan – tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart*

1. Penelitian diawali dengan mencari referensi dan menambahkan studi literatur untuk mendukung penelitian yang akan diangkat
2. Mengidentifikasi masalah yang tejadi dilapangan dari proses pengolahan air umpan (water treatment plan)
3. Raw water, air yang diambil dari waduk dengan mengidentifikasi parameter ph, TDS, THD, silica, dan turbidity

4. Melakukan proses jartest utuk dilakukan pemurnian air dan menentukan dosis bahan kimia yang optimal
5. Air yang telah diolah akan dialirkan ke sedimen untuk dilakukan sedimentasi agar mengendapkan padata – padatan yang terdapat pada air
6. Air keluaran dari sand filter akan dianalisa kembali untuk melihat kandungan ph dan turbiditynya
7. Setelah melakukan kontrol ph dan turbidity dari air keluaran sand filter kemudian air akan dimasukkan kedalam pure tank
8. Air yang sudah diolah pada External water treatment akan disalurkan pada demint untuk dilanjutkan ke internal water treatment
9. Dalam demint ini akan dianalisa parameter ph, THD dan regenerasi H2SO4 dan NaOH
10. Keluaran dari demint ini akan masuk ke feed tank dan dikontrol suhunya.
11. Kemudian air akan masuk ke deaerator untuk dikurangi kadar oksigennya dengan proses pelepasan atau diuapkan, pada proses ini diamati suhu dan spesifikasi pompanya
12. Air keluaran deaerator diamati injeksi bahan kimianya seperti, dosis, jenis, dan fungsinya
13. Setelah mennginjeksi bahan kimia, air akan masuk ke boiler dan perhatikan parameter kualitas air yang masuk ke boiler
14. Semua data yang didapat kemudian dianalisa dan diolah
15. Selesai.

Parameter yang diamati

1. Potensial Hidroxide (pH)
2. Total dissolved solid (TDS)
3. Total Hardness (THD)
4. Silika
5. Turbidity
6. Alkalinity
7. Iron
8. Phospate
9. Sulfite

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Kualitas Air Raw Water

Raw water adalah air baku alami yang bersumber dari sungai, waduk, air tanah, dan hujan yang belum melalui proses pengolahan dan masih membawa variasi kontaminan fisik (kekeruhan, warna, suhu) dan kimia (pH, alkalinitas, kesadahan). Berdasarkan karakteristik ini maka diperlukan proses pengolahan seperti, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi agar air olahan tersebut dapat memenuhi standar mutu air baku *boiler* yang baik sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan.

Sampel air pada *raw water* akan diamati terlebih dahulu untuk mengetahui parameter air yang akan diolah. Pengambilan sampel *raw water* dilakukan pada pipa keluaran air waduk atau *raw water* dimulai dari tanggal 20 November 2023 hingga 23 Desember 2023.

Adapun data hasil pengamatan parameter – parameter *Raw water* berupa pH, *total dissolved solid* (TDS), *total hardness* (THD), *turbidity*, *iron*, dan *silica* yang disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4 1 Analisa Sampel Air *Raw Water*

	Raw Water					
	pH	TDS (ppm)	T. Hardness (ppm $CaCO^3$)	Turbidity (NTU)	Iron (ppm Fe)	Silica (ppm SiO_2)
Rata-rata	5,2	42	19	41	1,3	9
Limit	-	-	-	-	-	-

Sumber: Data primer, 2023

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata – rata parameter *raw water*, untuk pH 5,2, TDS 42 ppm, T. *Hardness* 19 ppm, turbidity 41 ppm, iron 1,3 ppm, dan silica 9 ppm dari hasil pengamatan selama 30 hari dengan frekuensi pengambilan sampel harian. Tabel 4.1 menunjukkan nilai pH pada sampel air raw water memiliki sifat cenderung asam, sehingga berpotensi akan mempengaruhi proses koagulan dan menyebabkan korosi pada peralatan. pH yang masih berada dibawah standar ini harus melalui perlakuan khusus dengan pemberian bahan kimia. Menurut (Salim, 2019) pH merupakan faktor penting bagi air karena dapat mempengaruhi proses korosi pada perpipaan, khususnya pada pH < 6,5 akan mempercepat terjadinya raksi korosi pada pipa distribusi. Sementara, tingkat kesadahan air pada sampel air raw water dapat digolongkan kedalam tingkat yang lunak. Menurut (Marsidi, 2001), tingkat kesadahan air biasanya digolongkan seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Klarifikasi Tingkat Kesadahan

Mg/l Ca CO3	**Tingkat Kesadahan**
0 – 75	Lunak (soft)
75-150	Sedang (moderately hard)
150-300	Tinggi (hard)
>300	Tinggi sekali (very hard)

(sumber : jurnal oleh marsidi, 2001)

B. Analisa Kualitas Air *Sand Filter*

Proses filtrasi yang dilakukan adalah air hasil proses koagulasi dan flokulasi dialirkan pada media filter, yaitu *Sand Filter*. *Sand Filter* merupakan salah satu unit penyaringan yang banyak digunakan dalam pengolahan air, termasuk pada sistem *External Water Treatment* di pabrik kelapa sawit. Fungsi utama *Sand Filter* di pabrik kelapa sawit adalah menghasilkan air dengan kekeruhan rendah yang kemudian digunakan sebagai air proses atau air umpan *boiler*. Kualitas air umpan *boiler* sangat menentukan kinerja peralatan, sebab adanya padatan tersuspensi maupun zat organik yang tidak tersaring dapat menimbulkan kerak (*scale*), korosi, dan pada akhirnya menurunkan efisiensi operasi *boiler*.

Adapun parameter – parameter yang diamati pada sampel air *sand filter* adalah *potential hydrogen* (pH), *total dissolved solid* (TDS), turbidity, *iron* (Fe) yang disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Analisa Sampel Air Sand Filter

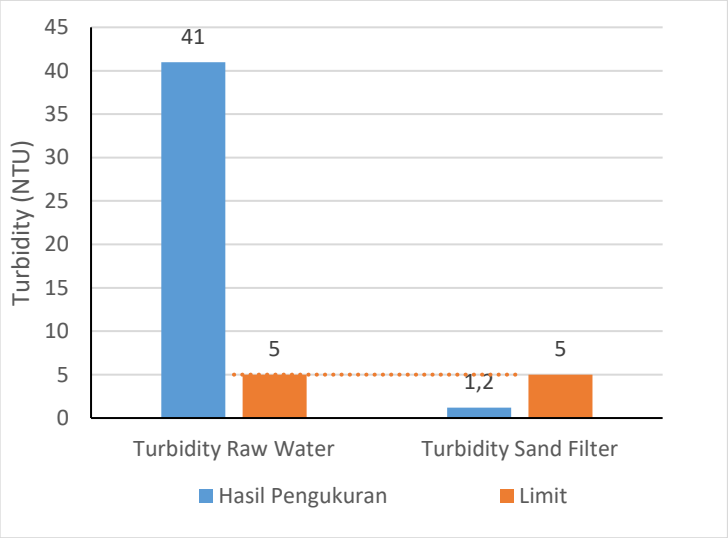
	Sand filter			
	pH	TDS (ppm)	Turbidity (NTU)	Iron (ppm Fe)
Rata - rata	6,5	90	1,2	0,2
Limit	6,5 - 8,5	N/A	Max. 5	Max. 0,3

Sumber: Data primer, 2023

Berdasarkan hasil pemantauan parameter selama satu bulan, Secara keseluruhan menunjukkan kinerja *Sand Filter* baik dalam menurunkan kekeruhan dan kandungan besi, serta menjaga kualitas air tetap stabil. rata – rata parameter pH 6,5 memenuhi standar pabrik yaitu 6,5 – 8,5. Parameter *Turbidity* pada *Sand Filter* mengalami hal yang sama dengan nilai rata – rata 1,2 NTU memenuhi standar *Turbidity* pabrik kelapa sawit *maximal* 5 NTU.

Keseluruhan hasil pengukuran tingkat kekeruhan air menyatakan nilai kekeruhan yang rendah, yang menandakan *Sand Filter* memiliki kinerja yang efektif dalam menyaring partikel tersuspensi.

Pengukuran tingkat kekeruhan atau Turbidity hasil pengolahan *External Water Treatment* (*Sand Filter*) disajikan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Turbidity *External Water Treatment*

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa efektivitas kinerja *Sand Filter* pada pengolahan air baku *(External Water Treatment)* dalam kondisi yang baik dalam menurunkan tingkat kekeruhan atau *Turbidity* dari *Raw water* dengan nilai 41 NTU yang melebihi batas maksimal sebesar 5 NTU.

Efektivitas kinerja *Sand Filter* dalam pengolahan air eksternal dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Efektivitas = \frac{\text{Input} - \text{Output}}{\text{Input}} \times 100\%$$

$$Efektivitas = \frac{41\ \text{NTU} - 1{,}2\ \text{NTU}}{41\ \text{NTU}} \times 100\% = 97\%$$

Unit *Sand Filter* menurunkan tingkat kekeruhan atau *Turbidity* pada kondisi yang baik hingga 1,2 NTU dengan Efektivitas kinerja sebesar 97%.

C. Bahan Kimia *External Water Treatment*

Proses penambahan bahan kimia *External Water Treatment* dilakukan melalui metode *Jartest* dengan prinsip mengevaluasi proses flokulasi dan koagulasi dengan menambahkan dosis tertentu sambil diaduk dan mengamati koagulan dan flokulan yang terbentuk (Rosidi, 2015). Tujuan pengadukan adalah untuk mempercepat homogenisasi koagulan dalam sampel yang diolah. Dalam hal ini, untuk menentukan dosis koagulasi, beberapa aspek harus diperhatikan, seperti jenis koagulan yang sesuai dengan karakteristik air baku.

Proses penambahan bahan kimia melalui metode *Jartest* dapat dilihat pada gambar 4.2berikut ini



Gambar 4.2 Proses Analisa *Jartest*

Penambahan dosis bahan kimia pada pengolahan air *Externa*l dilakukan dengan tujuan agar menghilangkan kontaminan, mengendapkan dan menyaring partikel atau padatan padatan tersuspensi pada air dan meningkatkan kualitas air guna proses selanjutnya pengolahan air Boiler pabrik kelapa sawit.

Adapun bahan kimia yang digunakan pada proses pengolahan air External Water Treatment dapat dilihat pada Tabel 4.3 yaitu, Aluminium Sulphate, Soda Ash, dan Polimer

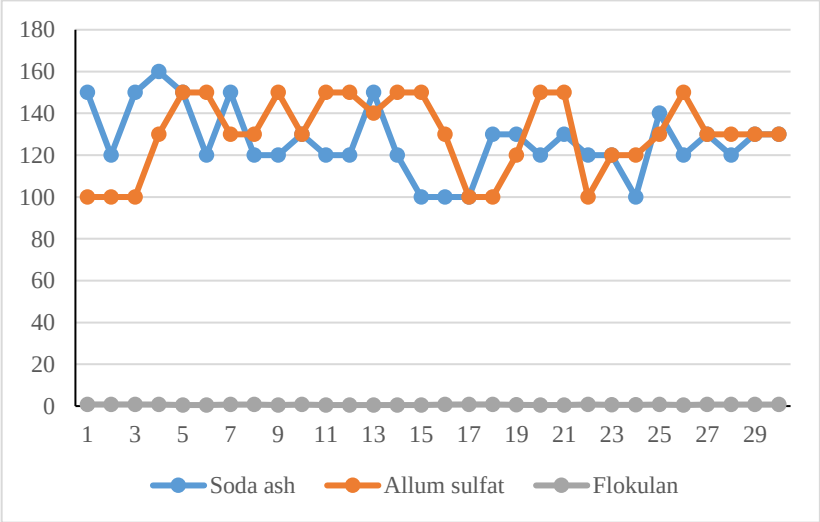
Tanggal	Dosis Jartest		
	Soda ash (ppm)	Allum sulphate (ppm)	Flokulan (ppm)
20/11/2023	150	100	0,8
21/11/2023	120	100	0,8
22/11/2023	150	100	0,8
23/11/2023	160	130	0,7
24/11/2023	150	150	0,5
25/11/2023	120	150	0,5
27/11/2023	150	130	0,7
28/11/2023	120	130	0,7
29/11/2023	120	150	0,5
30/11/2023	130	130	0,7
01/12/2023	120	150	0,5
02/12/2023	120	150	0,5
04/12/2023	150	140	0,5
05/12/2023	120	150	0,5
06/12/2023	100	150	0,5
07/12/2023	100	130	0,7
08/12/2023	100	100	0,8
09/12/2023	130	100	0,8
11/12/2023	130	120	0,6
12/12/2023	120	150	0,5
13/12/2023	130	150	0,5
14/12/2023	120	100	0,8
15/12/2023	120	120	0,6
16/12/2023	100	120	0,6

18/12/2023	140	130	0,7
19/12/2023	120	150	0,5
20/12/2023	130	130	0,7
21/12/2023	120	130	0,7
22/12/2023	130	130	0,7
23/12/2023	130	130	0,7
Total	3800	3900	19,1
Rata-rata	126,67	130	0,64

Sumber: Data primer, 2023

Berdasarkan hasil analisa kebutuhan bahan kimia yang dilakukan melalui proses *Jartest* untuk menentuan dosis bahan kimia selama satu bulan dengan frekuensi pengamatan harian pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat variasi pemberian dosis bahan kimia yang meliputi Soda Ash, Aluminium Sulphate, dan Flokulan. Dosis rekomendasi penggunaan bahan kimia melalui hasil jartest didapatlah Soda Ash berkisar antara 100 – 160 ppm, Aluminium Sulphate 100 – 150 ppm, dan flokulan/ Polimer 0,5 – 0,8 ppm.

Adapun fluktuasi hasil pengukuran kebutuhan bahan kimia *External Water Treatment* disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Rekomendasi Kebutuhan Bahan Kimia *External*

Berdasarkan Tabel 4.3 kebutuhan bahan kimia ekternal menunjukkan peran Aluminuim Sulphate yang dominan dalam proses koagulasi untuk mengendapkan partikel – partikel koloid dengan dosis relatif tinggi dan stabil, berkisar antara 100 – 150 ppm, dengan rata – rata 130 ppm. Dosis rekomendasi Soda Ash bervariasi dari 100 – 160 ppm, dengan rata – rata kebutuhan bahan kimia Soda Ash 126,67 ppm. perubahan ini menunjukkan penyesuaian terhadap perubahan kualitas air baku terutama pada parameter pH. Contoh perhitungan rekomendasi kebutuhan bahan kimia soda ash :

$$= \frac{\text{bahan kimia yang dibutuhkan x flowrate x waktu habis bahan kimia}}{1000}$$

$$= \frac{126{,}67 \text{ ppm x } 40 \text{ m3 per jam x } 12 \text{ jam}}{1000} = 60{,}8\ kg$$

Contoh perhitungan rekomendasi kebutuhan bahan kimia aluminium sulphate

$$= \frac{\text{bahan kimia yang dibutuhkan x flowrate x waktu habis bahan kimia}}{1000}$$

$$= \frac{\text{13,00 ppm x 40 m3 per jam x 5 jam}}{1000} = 26kg$$

Contoh perhitungan rekomendasi kebutuhan bahan kimia flokulan/ polimer :

$$= \frac{\text{bahan kimia yang dibutuhkan x flowrate x waktu habis bahan kimia}}{1000}$$

$$= \frac{\text{0,64 ppm x 40 m3 per jam x 5 jam}}{\text{1000 x 0,1}} = 1{,}28\ L$$

Secara umum, data memperlihatkan bahwa Aluminium Sulphate merupakan bahan kimia yang paling banyak digunakan, sementara Flokulan dipakai dalam jumlah paling sedikit namun tetap berperan penting dalam efisiensi pengolahan air.

Ketiga bahan kimia tersebut bekerja secara sinergis, Soda Ash sebagai penyeimbang pH/alkalinitas, Aluminium Sulphate sebagai koagulan utama yang menetralisasi muatan partikel dan memicu pembentukan flok, serta Flokulan/ Polimer sebagai pendorong aglomerasi dan percepatan endapan.

D. Biaya Bahan Kimia *External Water Treatment*

Biaya penggunaan bahan kimia pada proses Water Treatment merupakan salah satu komponen utama dalam perhitungan biaya operasional penggunaan bahan kimia pada pabrik, karena pemakaian bahan kimia seperti soda ash, aluminium sulphate, flokulan, harus disesuaikan dengan kualitas air baku dan standar mutu yang diinginkan. Pengeluaran biaya tersebut dipengaruhi oleh variasi dosis rekomendasi dan aktual yang digunakan, serta efisiensi sistem pengolahan. Oleh karena itu, perhitungan biaya kimia Water Treatment menjadi indikator penting dalam menilai efektivitas proses, efisiensi produksi, serta upaya pengendalian biaya operasional tanpa mengurangi kualitas air hasil olahan (Said, 2018).

Berdasarkan data administrasi perusahaan tentang harga bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan air baku disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Daftar Harga Bahan Kimia Pengolahan Air Baku

No	Bahan	Satuan	Harga
1	Aluminium Sulphate : AL2(SO4)	Kg	6.000
2	Sodium Carbonate : NA2CO3 (Soda Ash)	Kg	11.000
3	Floculent/ Polimer	Kg	90.000

Sumber: Data Sekunder, 2023

Harga bahan kimia pada tabel 4.5 disajikan dalam satuan kilogram (kg), menentukan biaya yang akan digunakan dalam pengolahan air baku *Boiler* sehingga dapat melihat biaya dan pemaiakan dosis bahan kimia dalam pengolahan air baku.Total biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan bahan kimia *External Water Treatment* disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.3 Total Biaya Penggunaan Bahan Kimia

Bahan Kimia	Kebutuhan Bahan Kimia Per Hari (Kg)	Harga (Rp)	Biaya per hari (Rp)	Biaya per bulan (Rp)
Aluminium Sulphate	124,8 Kg	Rp 6.000,00	Rp748.800,00	Rp22.464.000,00
Soda Ash	121,6 Kg	Rp11.000,00	Rp1.337.600,00	Rp40.128.000,00
Polimer	6,144 L	Rp90.000,00	Rp552.960,00	Rp16.588.800,00
Total			Rp2.639.360,00	Rp79.180.800,00

Sumber; Data Primer,2023

Dari Tabel 4.6 menunjukkan jumlah total biaya penggunaan bahan kimia Aluminium Sulphate, Soda Ash, dan Polimer yang dihitung dari rata – rata penggunaan bahan kimia *External Water Treatment* selama 30 hari untuk pengolahan air eksternal pabrik kelapa sawit berada pada angka Rp79.180.800,00 per bulan.

E. Analisa Kualitas Air *Demin plant*

Demin Plant merupakan sistem kritikal dalam pengolahan air *Boiler* di pabrik kelapa sawit, dengan tujuan utama menurunkan kadar ion-ion terlarut yang bersifat korosif dan menyebabkan kerak. Ion-ion seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, Cl^{-}, dan silika berpotensi merusak sistem *Boiler* bila tidak dihilangkan. Teknologi ion exchange diterapkan dalam unit ini karena resin memiliki afinitas tinggi terhadap kation dan anion, dan air murni dihasilkan ketika ion H^{+} (dari resin kation) berpadu dengan OH^{-} (dari resin anion) menjadi H_2O (Dagde, 2018).

a. Kualitas Air *Cation*

Cation exchanger merupakan salah satu unit utama dalam demineralisasi air yang berfungsi untuk menghilangkan ion – ion bermuatan positif dari air umpan boiler.

Bahan kimia yang digunakan untuk meregenerasi resin *Cation* adalah H2SO4. Regenerasi ini berfungsi untuk mengembalikan kondisi resin ke bentuk semula dengan cara melarutkan ion – ion *Cation* yang menempel agar resin dapat digunakan kembali dalam siklus pertukaran ion berikutnya (NEWater, 2025)

Adapun parameter – parameter yang diamati dalam unit cation ini adalah pH, TDS, THD, dan iron yang disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4.4 Analisa Sampel Air *Cation*

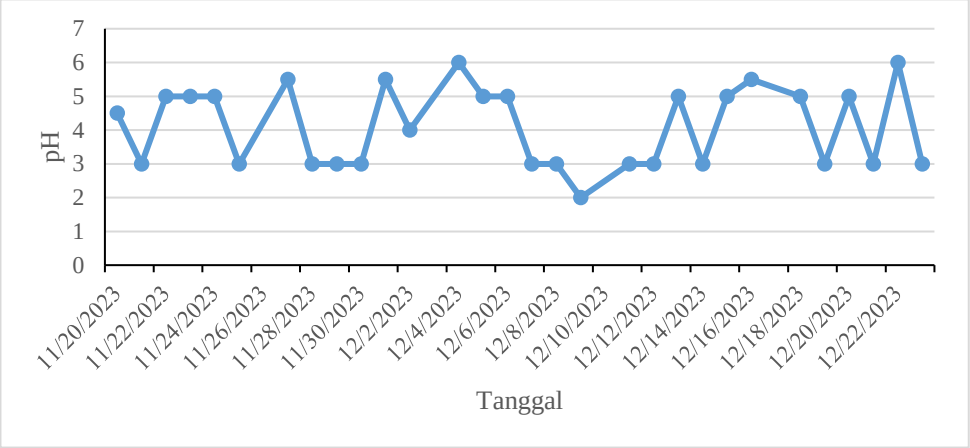
Tanggal	*Cation*			
	pH	TDS (ppm)	T. Hardness (ppm $CaCO_3$)	Iron (ppm Fe)
Rata-rata	4,1	66	Trace	0,2
Limit	3,0 – 5,0	-	Trace	0,3

Sumber; Data Primer, 2023

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa unit *Cation* pada *Demin Plant* berfungsi dengan baik dalam menurunkan tingkat kesadahan air hingga level *Trace* dan menjaga kondisi TDS pada rentang yang relatif rendah. Namun adanya kenaikan terhadap nilai pH yang cukup signifikan dan nilai TDS pada titik tertentu yang membutuhkan perhatian khusus.

Parameter pH pada unit *Cation* menunjukkan variasi nilai antara 2 hingga 6 dengan rata-rata 4,1. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik keluaran proses

pertukaran ion *Cation*, Resin di dalam *Cation Tank* berfungsi menukar ion-ion positif seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, dan Na^{+} dengan ion H^{+} sehingga menyebabkan air menjadi bersifat lebih asam. Pengukuran kandungan pH pada air *Cation* disajikan dalam grafis pada Gambar 4.4 Grafik Analisa pH Sampel Air *Cation.*

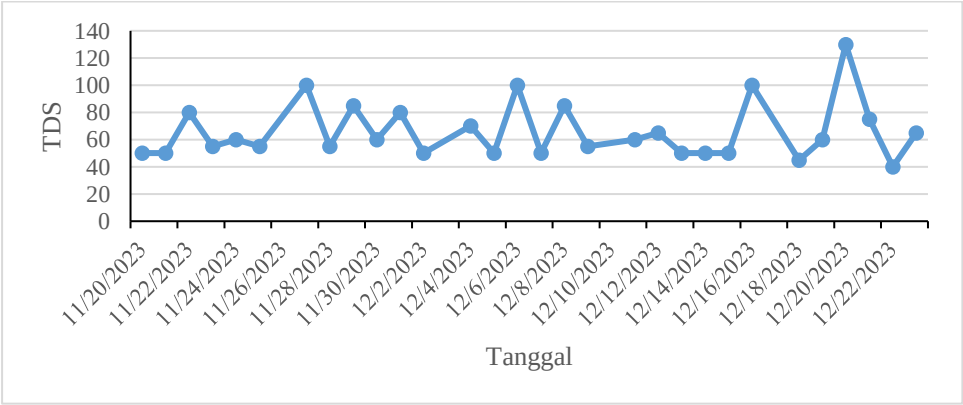


Gambar 4.4 Grafik Analisa pH Sampel Air *Cation*

Fluktuasi pH mendekati kondisi netral atau melebihi 7 (Basa) menunjukkan perbedaan kualitas air baku yang masuk maupun tingkat kejenuhan atau tidak efektifnya resin *Cation* sehingga diperlukan regenerasi resin *Cation* dengan bahan kimia H2SO4.

Hasil pengamatan terhadap parameter TDS (*Total Dissolved Solid*) pada air keluaran *Cation* menunjukkan nilai kadar TDS dalam sampel air *Cation* dengan rata-rata 66 ppm. Nilai tersebut tergolong rendah dan menandakan bahwa sebagian besar zat terlarut telah berhasil dihilangkan melalui proses *Cationisasi*.

Pengukuran kandungan TDS pada air *Cation* disajikan pada Gambar 4.5 Grafik Analisa TDS Sampel Air *Cation.*



Gambar 4.5 Grafik Analisa TDS Sampel Air *Cation*

Adanya lonjakan nilai TDS yang signifikan hingga 130 ppm ini dapat terjadi karena dipengaruhi oleh kualitas air baku yang memiliki kandungan garam terlarut lebih tinggi atau dapat pula mencerminkan penurunan kapasitas resin yang mendekati titik jenuh. Penanganan terhadap lonjakan ini dilakukan dengan cara melakukan *backwash* secara rutin untuk menekan meningkatnya kandungan TDS dalam air *Cation.*

b. Kualitas Air Anion

Anion Exchanger merupakan unit kedua dalam proses demineralisasi air setelah melewati *Cation Exchanger*. Jika *Cation Exchanger* berfungsi untuk menghilangkan ion bermuatan positif (Cation), maka *Anion Exchanger* bertugas untuk menghilangkan ion bermuatan negatif (Anion) dari air. Ion Anion yang biasanya terdapat dalam air baku antara lain adalah klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-), bikarbonat (HCO_3^-), serta silikat (SiO_3^{2-}). Keberadaan Anion-Anion ini dapat menimbulkan masalah serius pada sistem industri, khususnya pada *Boiler* dan Turbin, karena dapat menyebabkan korosi, *carryover*, serta endapan silika yang sangat sulit dihilangkan. Media yang digunakan dalam *Anion Exchanger* adalah Resin dengan gugus fungsi bermuatan positif, biasanya berupa gugus amina primer, sekunder, tersier, atau amonium kuartener.

Bahan kimia yang digunakan sebagai Resin Anion pada penelitian ini adalah NaOH. Resin ini bekerja dengan cara menukar ion OH^- (hidroksida) yang dimilikinya dengan Anion-Anion yang ada di dalam air.

Parameter pengamatan sampel air *Anion* dengan variabel pH, TDS, THD, dan silika disajikan dalam tabel 4.8.

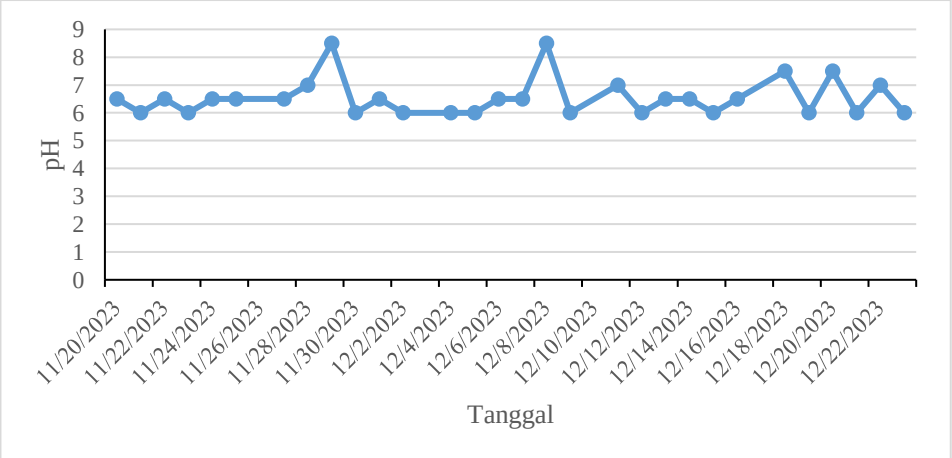
Tabel 4.5 Analisa Sampel Air *Anion*

Tanggal	*Anion*			
	pH	TDS (ppm)	T. Hardness (ppm $CaCO_3$)	Silica (ppm SiO_2)
Rata-rata	7	56	Trace	3
Limit	6,5 – 8,5	Max. 100	Trace	Max. 5

Sumber: Data Primer, 2023

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air keluaran unit *Anion Exchanger* pada *Demin Plant*, diperoleh data beberapa parameter utama, yaitu pH, *Total Dissolved Solid* (TDS), *Total Hardness*, dan Silika. Analisis terhadap parameter-parameter tersebut penting dilakukan untuk mengetahui efektivitas kinerja resin *Anion* dalam menurunkan kadar pengotor, serta untuk mengevaluasi kestabilan kualitas air demineralisasi yang dihasilkan sebelum dialirkan ke tahap proses selanjutnya.

Pengukuran terhadap kandungan *Potential Hidrogen* (pH) pada sampel air *Anion* disajikan pada Gambar 4. 6 Grafik Analisa pH Sampel Air Anion.

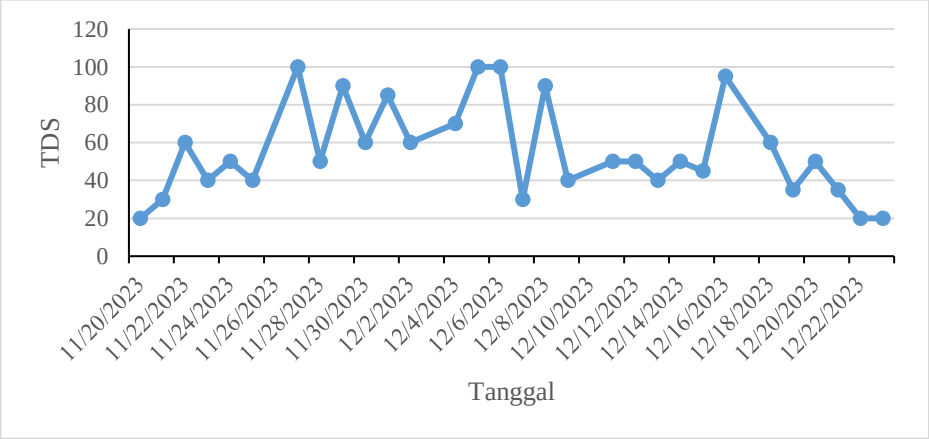


Gambar 4. 6 Grafik Analisa pH Sampel Air Anion

Pengukuran terhadap parameter pH pada air keluaran *Anion* menunjukkan hasil bahwa nilai pH pada unit *Anion* memiliki variasi pada rentang 6,0 – 8,5

dengan hasil rata – rata nilai pH sebesar 7, yang menandakan bahwa air hasil keluaran unit *Anion* berada pada kondisi mendekati netral. Hal ini mengindikasikan bahwa resin *Anion* masih bekerja dengan baik dalam menetralkan air yang sebelumnya telah melewati unit *Cation Exchanger*. Nilai ini menunjukkan kualitas air keluaran *Anion* masih dalam batas parameter yang telah ditentukan oleh perusahaan sebesar max. 6,5 – 8,5. Secara keseluruhan nilai pH yang diperoleh berada pada kondisi stabil.

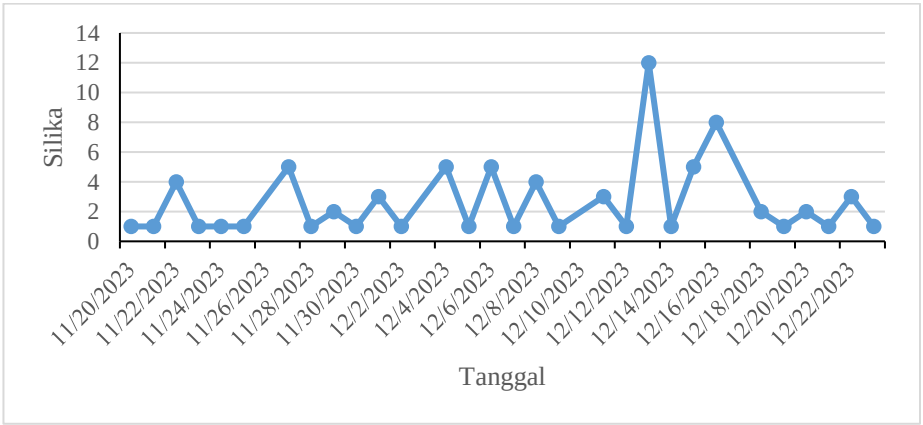
Pengukuran kandungan *Total Dissolved Solid* (TDS) pada sampel air keluaran *Anion* disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Analisa TDS Sampel Air Anion

Hasil pengukuran *Total Dissolved Solid* (TDS) menunjukkan variasi nilai antara 20 hingga 100 ppm, dengan rata-rata berada di bawah 70 ppm. Hal ini menandakan kemampuan Resin *Anion* dalam menurunkan kadar zat terlarut masih berjalan secara optimal. Namun terdapat beberapa titik dengan nilai TDS lebih tinggi, yaitu mencapai 100 ppm. Secara umum nilai TDS yang diperoleh masih tergolong rendah dan tetap sesuai dengan persyaratan kualitas air *Anion* sebesar max. 100 ppm.

Parameter terakhir yang diamati pada air keluaran *Anion* adalah kadar Silika yang disajikan pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik Analisa Silika Sampel Air Anion

Parameter Silika (SiO_2) pada air keluaran *Anion* menunjukkan hasil yang lebih fluktuatif dibandingkan parameter lainnya, dengan rentang nilai antara 1 hingga 12 ppm. Pada sebagian besar titik pengamatan, konsentrasi silika berada pada kisaran rendah (1–5 ppm) yang mengindikasikan bahwa resin *Anion* masih

memiliki kemampuan cukup baik dalam mengikat ion silikat. Terdapat beberapa titik dengan nilai yang cukup tinggi, seperti 12 ppm pada tanggal 13 Desember 2023 dan 8 ppm pada tanggal 16 Desember 2023. Nilai silika yang meningkat signifikan ini dapat menjadi indikator bahwa resin *Anion* telah mendekati kejenuhan atau proses regenerasi tidak berlangsung dengan sempurna. Tercatat sebanyak 6,6% kadar Silika pada air keluaran *Anion* melebihi atau tidak memenuhi standar kualitas air *Anion.*

F. Analisa Kualitas Air *Feed Tank*

Feed Tank atau tangki air umpan merupakan salah satu komponen vital dalam sistem ketel uap (*Boiler*) yang berfungsi sebagai unit penampung sekaligus pengondisian air sebelum dipompakan ke dalam *boiler*. Pada *Feed Tank* tidak ada perlakukan (*Treatment*) hanya dipanaskan pada suhu antara 70°C – 85°C. Pemanasan pada *Feed Tank* bertujuan untuk memberikan pemanasan awal sebelum di naikkan sehingga menjadi 95°C-103°C di *Deaerator*.

Pada Tabel 4.9 disajikan hasil pengamatan yang telah diukur dari masing – masing parameter pada sampel air *Feed Tank*.

Tabel 4.9 Analisa Sampel Air Feed Tank

Tanggal	Feed Tank			
	pH	TDS (ppm)	Suhu Feed Tank (^oC)	Suhu Deaerator (^oC)
Rata-rata	7	65	85	95
Limit	6,5 -8,5	Max. 100	70 - 85	95 - 103

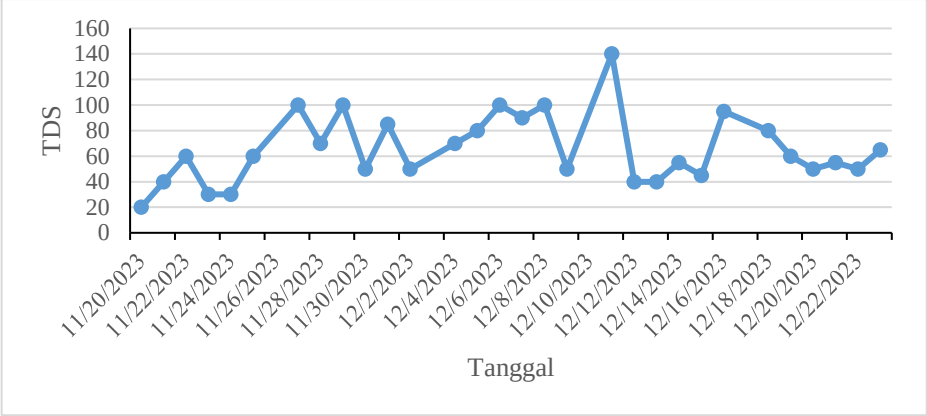
Sumber: Data Primer, 2023

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap parameter-parameter kualitas air umpan (*Feed Water*), diperoleh beberapa temuan penting yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengolahan air serta kestabilan kualitas air yang digunakan sebagai umpan *Boiler*. Parameter-parameter yang diamati meliputi nilai pH, kadar *Total Dissolved Solids* (TDS), Suhu *Feed Tank* dan *Deaerator*.

Pada pengukuran pH sampel air *Feed Tank* memiliki standar kandungan pH sebesar 6,5 sampai 8,5. Dari data hasil pengukuran diatas diketahui bahwa rata – rata kandungan pH *Feed Tank* sebesar 7, dengan variasi pH dalam rentang 6,0 sampai 8,0.

Untuk memenuhi kualitas air *Boiler* dari pH antara 6,0 – 8,0 harus dilakukan penambahan bahan kimia Eonalkalox B1414 (*Alkali Booster*) yang dilakukan setelah proses di *Deareator* hingga kandungan pH mencapai nilai 10,5 – 11,5. Oleh karena itu, pengukuran secara rutin terhadap kandungan pH pada air *Feed Tank* perlu dilakukan untuk perhitungan dalam penentuan bahan kimia internal pada air *Boiler*.

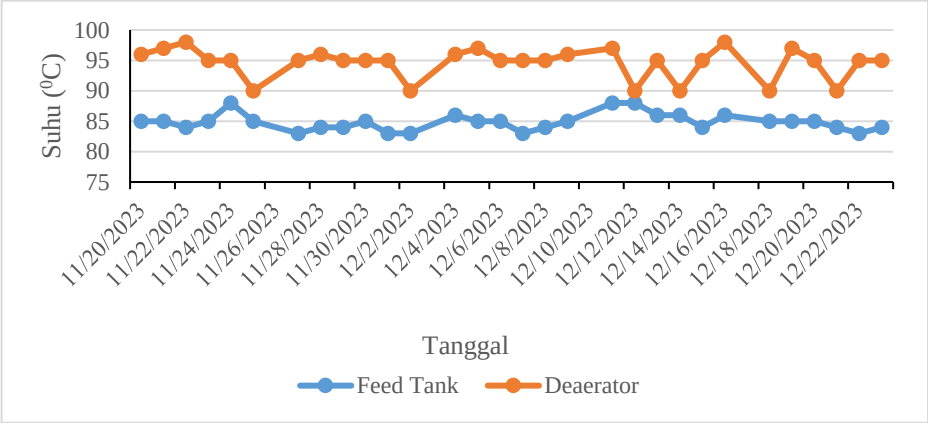
Parameter selanjutnya adalah kandungan zat terlarut atau *Total Dissolved Solid* (TDS) air *Feed Tank* disajikan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Grafik Analisa TDS Sampel Air Feed Tank

Parameter TDS menunjukkan kenaikan nilai TDS yang cukup signifikan, dengan nilai berkisar antara 20 hingga 140 ppm dan rata-rata sebesar 65 ppm. Nilai TDS yang relatif rendah menunjukkan bahwa proses pengolahan air berjalan dengan baik, namun adanya lonjakan hingga 140 ppm pada tanggal 11 Desember 2023. Hal tersebut perlu mendapatkan perhatian lebih karena dapat menjadi indikator masuknya kontaminan atau ketidakefektifan sistem *pretreatment*. Kenaikan TDS yang tidak terkendali dapat meningkatkan potensi terbentuknya endapan dalam sistem *Boiler*, sehingga dilakukan penanganan dengan melakukan *blowdown* secara rutin setiap hari untuk menekan kenaikan angka TDS pada air *Feed Tank.*

Pengukuran suhu air umpan *Boiler* dilakukan pada *Feed Tank* dan *Deareator* seperti yang disajikan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Analisa Suhu Sampel Air *Feed Tank*

Berdasarkan hasil pengamatan suhu pada unit *Feed Water Tank* dan *Deaerator*, diperoleh hasil yang menunjukkan kestabilan relatif baik dengan variasi nilai yang tidak terlalu signifikan.

Suhu Feed Tank tercatat berada pada kisaran 83 hingga 88°C dengan nilai rata-rata sebesar 85°C. Kondisi ini memperlihatkan bahwa sistem pemanasan awal pada Feed Tank telah berfungsi dengan baik, karena mampu menjaga suhu air umpan dalam rentang yang sesuai untuk menunjang efisiensi proses selanjutnya. Fluktuasi yang terjadi hanya sekitar 2–3°C dari rata-rata, yang masih dianggap normal dalam operasi lapangan.

Sementara itu, hasil pengamatan suhu deaerator menunjukkan kisaran 90 hingga 98°C dengan rata-rata sebesar 95°C. Suhu ini berada mendekati titik didih air pada tekanan atmosfer, yang menandakan bahwa proses deaerasi berlangsung secara

efektif dalam menghilangkan gas-gas terlarut, khususnya oksigen dan karbon dioksida. Konsistensi suhu pada kisaran 95–97°C membuktikan bahwa kinerja Deaerator berada pada kondisi optimal. Namun demikian, terdapat beberapa data yang menunjukkan penurunan suhu hingga 90°C. Penurunan ini, meskipun tidak terlalu sering terjadi, perlu mendapat perhatian karena dapat mengurangi efisiensi proses penghilangan gas terlarut. Apabila kondisi tersebut terjadi secara berulang, maka keberadaan oksigen terlarut berpotensi meningkat, yang pada akhirnya dapat memicu permasalahan korosi pada sistem Boiler.

G. Analisa Kualitas Air *Boiler*

Boiler merupakan salah satu unit operasi yang penting dalam proses pengolahan kelapa sawit, terutama pada pabrik kelapa sawit (PKS). *Boiler* berfungsi sebagai penghasil uap (*steam*) yang digunakan untuk berbagai keperluan, seperti proses sterilisasi buah sawit, penggerak turbin uap untuk menghasilkan energi listrik, serta sebagai sumber panas untuk proses pemurnian minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil*/CPO).

Pengendalian kualitas air pada sistem *Boiler* merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan operasional pabrik kelapa sawit. Meskipun telah dilakukan pengolahan awal melalui unit *External Water Treatment*, air umpan masih berpotensi mengandung zat terlarut, gas, maupun ion-ion yang dapat menimbulkan permasalahan teknis seperti pembentukan kerak (*scaling*), korosi (*corrosion*), *foaming*, dan *carry over*. Oleh karena itu, diperlukan proses lanjutan berupa *Internal Water Treatment* melalui penambahan bahan kimia.

Adapun bahan kimia yang digunakan untuk menjaga kualitas air *boiler* berupa, (Eonalkalox B1414) yang berfungsi sebagai *alkalinity booste*r untuk meningkatkan dan mempertahankan pH, (Eonscale B5155) sebagai *scale inhibitor* untuk menghambat terbentuknya kerak pada permukaan pipa *boiler*, (Eondescaler B2550) sebagai *descaling agent* atau pembersih kerak yang telah terbentuk pada sistem *boiler*, dan (Eonoxy B8155) sebagai *oxigen scavenger* yang diformulasikan untuk pengikat oksigen.

Hasil pengukuran kualitas air *Boiler* meliputi pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), kesadahan (*Hardness*), Iron (Fe), Silika (SiO_2), Alkalinity, Phosphate, Sulfite disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Analisa Sampel Air Boiler

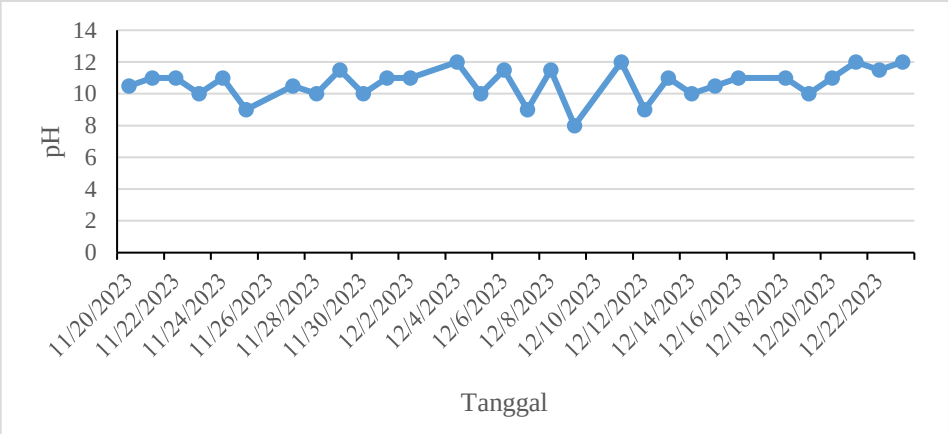
Tanggal	*Boiler*									
	pH	TDS	P Alkalinity	M-alkalinity	O-Alkalinity	Iron	Silica	T. Hardness	Phosphate	Sulfite
Rata-rata	11	1205	315	352	209	0,7	56	Trace	23	26
Limit	10-11,5	2000	600	800	2,5 x SiO2	2	< 90	Trace	20-40	20-40

Sumber: Data Primer, 2023

Secara keseluruhan, hasil pengamatan menunjukkan bahwa pengendalian kualitas air *Boiler* pada pabrik kelapa sawit telah dilakukan dengan cukup baik, khususnya pada parameter kesadahan, Phosphate, dan Sulfite yang berada dalam kondisi stabil. Namun demikian, terdapat dua permasalahan utama yang perlu mendapat perhatian lebih lanjut, yaitu fluktuasi nilai pH dan Alkalinitas yang menandakan dosis bahan kimia belum konsisten, serta tingginya kadar Silika yang jauh melebihi standar kualitas air umpan *Boiler*. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian

yang lebih ketat terhadap dosis bahan kimia, optimalisasi unit demineralisasi, serta penyesuaian prosedur *blowdown* untuk menekan kadar Silika. Dengan perbaikan tersebut, diharapkan kinerja *Boiler* dapat lebih optimal, efisiensi energi meningkat, dan umur pakai peralatan dapat dipertahankan lebih lama.

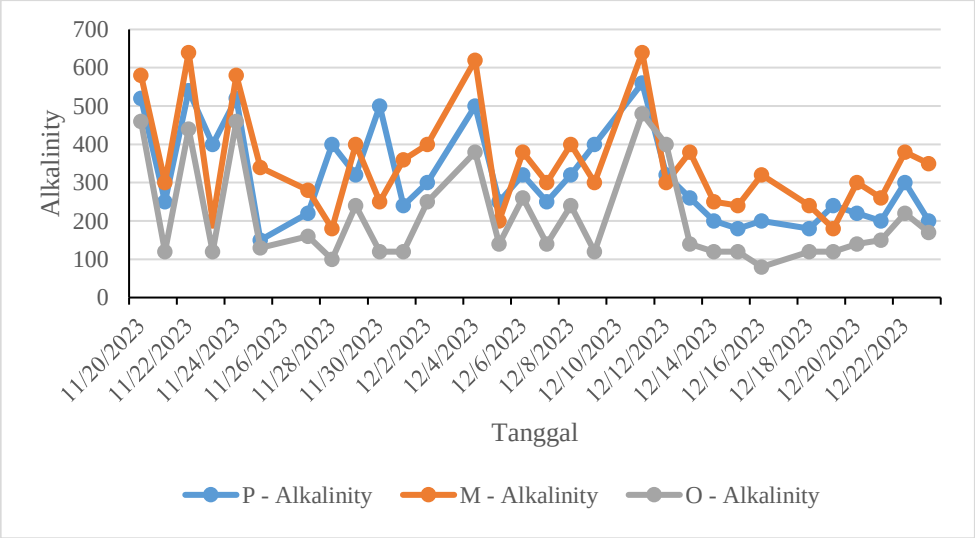
Pengukuran nilai pH terhadap air boiler dapat dilihat pada grafik yang disajikan pada Gambar 4. 11.



Gambar 4. 11 Grafik Analisa pH Air *Boiler*

Parameter pH tercatat berada pada kisaran 8–12 dengan nilai rata-rata 11. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian pH secara umum telah berada dalam rentang yang sesuai dengan standar operasional 10,5–11,5. terjadi fluktuasi yang cukup ekstrem, khususnya pada nilai pH terendah 8 dan tertinggi 12.

Pengukuran PMO-Alkalinity air *Boiler* disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.12.

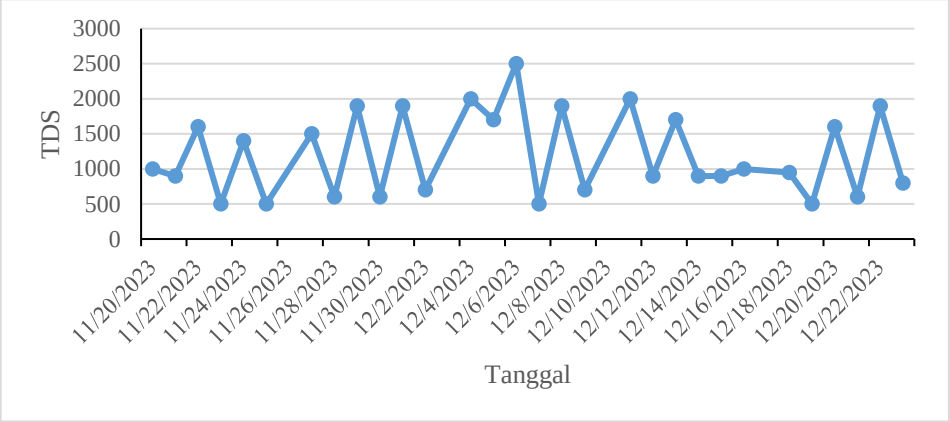


Gambar 4.12 Grafik Analisa PMO – Alkalinity Air *Boiler*

Pengukuran parameter Alkalinity pada air *Boiler* masing masing parameter P-alkalinity, M-alkalinity, dan O-alkalinity menunjukkan hasil yang cukup bervariasi. P-alkalinity berada pada kisaran 150–560 ppm dengan rata-rata 315 ppm, M-alkalinity pada kisaran 180–640 ppm dengan rata-rata 352 ppm, sedangkan O-alkalinity pada kisaran 80–480 ppm dengan rata-rata 209 ppm. Kondisi ini pada umumnya masih dalam rentang operasional. Namun terdapat lonjakan nilai Alkalinitas pada tanggal tertentu yang menunjukkan adanya pemberian bahan kimia *alkalinity booster* dalam dosis yang

kurang tepat. Hal ini dapat meningkatkan risiko pembentukan busa dan endapan pada sistem *Boiler*.

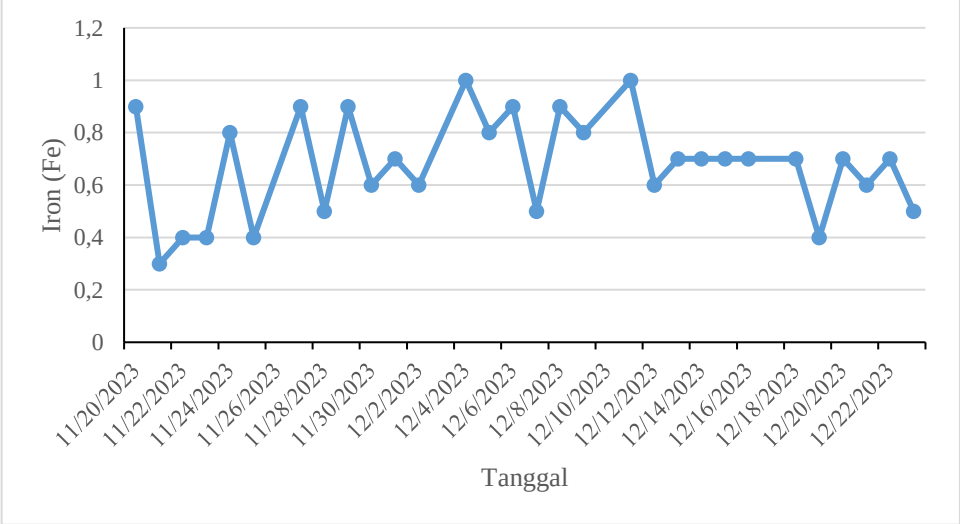
Pengukuran kandungan TDS air *Boiler* disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4. 13.



Gambar 4.13 Grafik Analisa TDS Air *Boiler*

Nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) berkisar antara 500–2500 ppm dengan rata-rata 1205 ppm. Meskipun nilai ini masih berada dalam batas aman untuk *boiler* bertekanan menengah (maksimal 2000 ppm), keberadaan TDS yang relatif tinggi berpotensi menimbulkan masalah *foaming* dan *carry over* jika tidak dikendalikan dengan prosedur *blowdown* yang tepat. Perlu dilakukan penanganan dalam mengendalikan TDS air *Boiler* dengan cara melakukan *blowdown* secara rutin setiap hari agar tidak menyebabkan terbentuknya endapan akibat akumulasi TDS dan dapat berpengaruh terhadap peningkatan suhu air *Boiler* (*Overheating*) sehingga menurunkan kualitas *Steam*.

Pengukuran kualitas parameter *Iron* air *Boiler* disajikan pada Gambar 4.14 Grafik Analisa *Iron* Air *Boiler.*

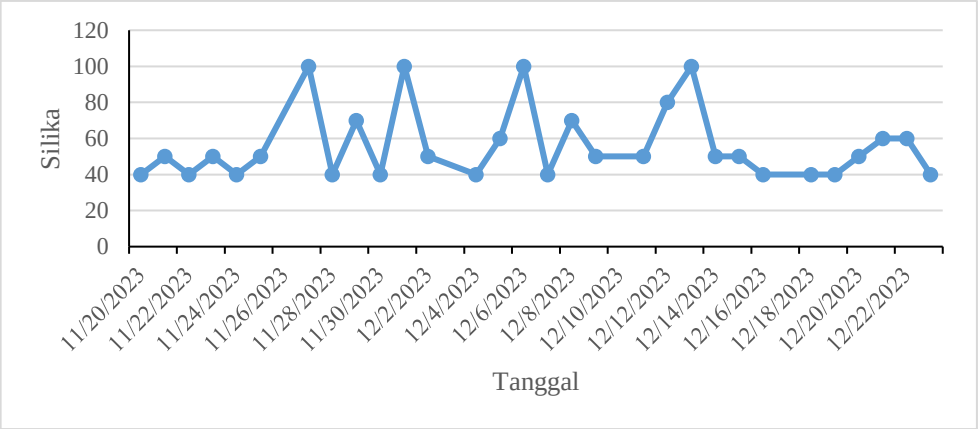


Gambar 4.14 Grafik Analisa *Iron* Air *Boiler*

Dari hasil pengukuran diatas diketahui bahwa rata-rata kandungan *Iron* pada sampel air *Boiler* sebesar 0,7 ppm dengan nilai *Iron* tertinggi yaitu 1,0 ppm dan untuk standar maksimalnya adalah 2 ppm sehingga kandungan *Iron* pada air *Boiler* masih berada didalam batas aman. Menurut (Firdaus et al., 2016) Standar kandungan besi dari *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) yaitu 2 ppm.

Fenomena ini menunjukkan bahwa kontrol terhadap oksigen terlarut melalui *Deaerator* maupun penambahan *Oxygen Scavenger* mampu bekerja dengan baik dan dapat meminimalisasi laju korosi. secara keseluruhan parameter *Iron* pada air *Boiler* dalam kondisi yang baik dan masih pada batas kontrol.

Pengukuran kualitas parameter Silika air *Boiler* ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.15



Gambar 4.15 Analisa Silika Air *Boiler*

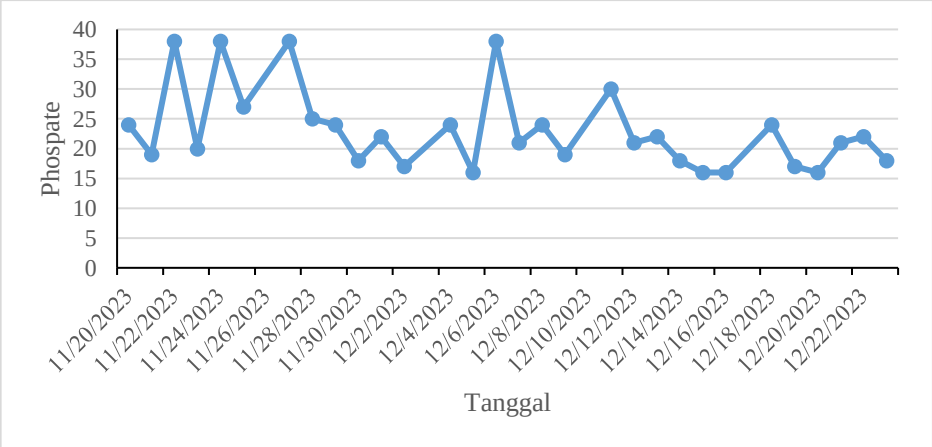
Silika (SiO_2)**,** yang berada pada kisaran 40–100 ppm dengan rata-rata 56 ppm. Standar atau *limit control* untuk kandungan silika pada air boiler berada pada angka kurang dari 90 ppm.

Tercatat bahwa terdapat beberapa pengamatan yang menunjukkan kandungan Silika melebihi 90 ppm. Penanganan yang dilakukan untuk mengurangi kandungan Silika pada air *Boiler* adalah dengan melakukan *continuous blowdown* hingga kadar Silika berada dibawah *limit control*.

Pengukuran kandungan *Hardness* pada air *Boiler* menunjukkan bahwa parameter T. *Hardness* air pada *Boiler* berada pada standar yang ditetapkan oleh pabrik yaitu *Trace* atau hampir tidak terdeteksi.

Hardness merupakan air yang mengandung ion – ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) sehingga harus dihilangkan agar tidak menyebabkan pembentukan kerak pada pipa – pipa distribusi atau peralatan lainnya.

Pengukuran Phosphate air *Boiler* yang ditunjukan dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 4.16.



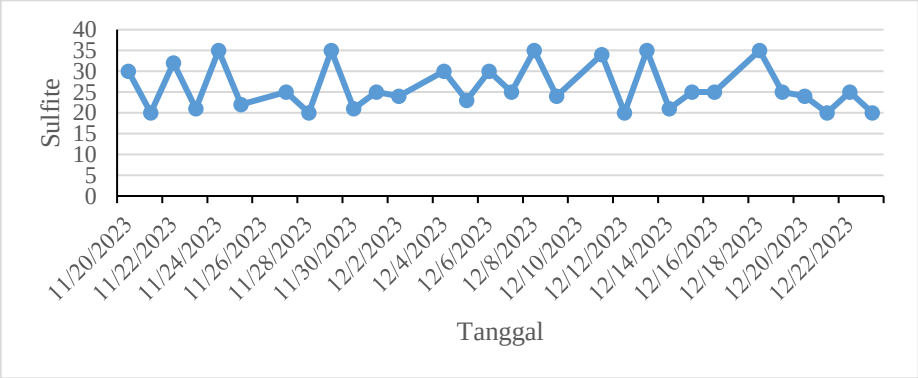
Gambar 4.16 Analisa Phosphate Air *Boiler*

Berdasarkan hasil pengamatan, kandungan phosphate pada air *boiler* menunjukkan nilai rata-rata sekitar 23,3 ppm dengan rentang fluktuasi antara 16 hingga

38 ppm yang menunjukkan kandungan phospate masih berada pada standar yang ditetapkan sebesar 40 ppm. Kondisi ini mengindikasikan adanya variasi yang cukup tinggi dalam residu Phosphate selama periode pengamatan.

Secara fungsional, penambahan senyawa Phosphate berperan penting dalam pengendalian kesadahan melalui proses pengendapan ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) dalam bentuk *sludge* yang mudah dibuang melalui proses *blowdown*. Akan tetapi, variasi data menunjukkan bahwa pada beberapa kesempatan kadar Phosphate berada di bawah 20 ppm yang dapat dikategorikan sebagai *underdose*, sehingga berpotensi menurunkan efektivitas pengendalian kesadahan dan meningkatkan risiko terbentuknya kerak (*scaling*) pada pipa-pipa *boiler*. Sebaliknya, ketika kadar Phosphate melebihi 35 ppm (*overdose*), kondisi tersebut berpotensi meningkatkan total padatan terlarut (TDS) di dalam air *boiler* yang dapat menyebabkan timbulnya permasalahan *foaming* maupun *carryover*. Dengan demikian, stabilitas kadar Phospate menjadi hal yang sangat penting untuk menjaga keseimbangan antara pencegahan kerak dan kontrol terhadap kenaikan TDS.

Pengukuran kadar Sulfite disajikan pada Gambar 4.17 Grafik Analisa Sulfite Air *Boiler*.



Gambar 4.17 Grafik Analisa Sulfite Air *Boiler*

Keberadaan Sulfite juga membantu menciptakan kondisi reduktif dalam sistem air *Boiler*, yang semakin menurunkan kecenderungan oksidasi logam. Dosis yang terlalu sedikit tidak mampu mengikat seluruh oksigen, sedangkan dosis berlebih dapat menimbulkan padatan terlarut yang tinggi (TDS), sehingga meningkatkan frekuensi *blowdown*. Senyawa sulfit, umumnya digunakan dalam bentuk sodium sulfite (Na_2SO_3), berfungsi sebagai *oxygen scavenger* atau pengikat oksigen terlarut dalam air *Boiler*.

Pengukuran terhadap kandungan sulfite menunjukkan hasil yang lebih konsisten dengan nilai rata-rata sekitar 26,2 ppm, rentang 20 hingga 35 ppm, dengan batas kontrol 20-40 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengendalian oksigen terlarut berjalan dengan cukup baik. Konsistensi nilai Sulfite juga menandakan bahwa sistem pemberian bahan kimia relatif stabil dan efektif dalam menjaga lingkungan internal *Boiler* tetap terproteksi dari potensi korosi.

H. Bahan Kimia *Internal Water Treatment*

Pengendalian kualitas air pada *Internal Water Treatment* dilakukan dengan penambahan bahan kima tertentu dengan tujuan mencegah terbentuknya kerak, korosi, foaming, dan carryover yang dapat merusak peralatan dan menurunkan efektifitas kerja Boiler.

Dalam sistem pengolahan air internal Boiler terdapat beberapa bahan kimia yang berfungsi secara sinergis menjaga kualitas dan efektivitas operasi. Oxygen scavenger seperti sodium sulfite atau hydrazine secara cepat menghilangkan oksigen terlarut yang

belum terangkat oleh Deaerator, mencegah terjadinya korosi pitting pada permukaan logam Boiler (Harfst, 2018).

Tabel 4.6 Bahan Kimia *Internal Water Treatment*

Bahan Kimia	Dosis Rekomendasi	Dosis Aktual
Sulphuric Acid : NaCL	80 Kg/ minggu	80 Kg/ minggu
Sodium Hydroxide : NaOH	75 Kg/ minggu	75 Kg/ minggu
Eonalkalox B1414	10,4 ppm (6 L/ 24 jam)	10,4 ppm (6 L/ 24 jam)
Eonscale B5155	8,7 ppm (5 kg/ 24 jam)	8,7 ppm (5 kg/ 24 jam)
Eondescaler B2550	3 ppm (1,7 L/ 24 jam)	3 ppm (1,7 L/ 24 jam)
Eonoxy B8155	8,7 ppm (5 kg/ 24 jam)	8,7 ppm (5 kg/ 24 jam)

Sumber: Data Sekunder 2023

a. Sulphuric acid (H2SO4), digunakan sebagai bahan kimia dalam proses regenerasi *Cation Exchanger*
b. Sodium Hydroxide (NaOH), digunakan sebahai bahan kimia dalam regenerasi *Anion Exchanger*
c. Eonalkalox B1414, berfungsi sebagai *alkalinity booster* sekaligus pH *controller* pada sistem *Boiler*.
d. Eonscale B5155, sebagai *antiscalant* atau scale inhibitor, yang berfungsi untuk mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada permukaan *Boiler*.
e. Eondescaler B2550, bahan kimia pembersih (*descaling agent*) yang digunakan untuk menghilangkan kerak yang sudah terbentuk pada sistem *Boiler.*
f. Eonoxy B8155, berfungsi sebagai *oxygen scavenger*, yaitu bahan kimia yang digunakan untuk mengikat oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) dalam air *Boiler*.

I. Biaya Pemakaian Bahan *Kimia Internal Water Treatment*

Dalam pengoperasian Boiler pada pabrik kelapa sawit, salah satu komponen biaya operasional yang cukup signifikan adalah penggunaan bahan kimia Internal Water Treatment. Biaya ini dihitung berdasarkan jumlah pemakaian bahan kimia harian atau bulanan, harga per satuan bahan kimia, serta kebutuhan aktual yang disesuaikan dengan kondisi air umpan dan parameter operasional Boiler.

Pada tabel 4.12 disajikan harga satuan bahan kimia yang digunakan pada pengolahan air internal.

Tabel 4.12 Daftar Harga Bahan Kimia *Internal Water Treatment*

No	Bahan	Satuan	Harga
1	Sulphuric Acid : H2SO4	Kg	Rp7.000.00
2	Sodium Hydroxide : NaOH	Kg	Rp22.902.00
3	*Boiler* Compound : Alkalinity Booster	L	Rp23.900.00
4	*Boiler* Compound : Scale Deposit	L	Rp35.000.00
5	*Boiler* Compound : Oxygen Scavenger	Kg	Rp27.000.00
6	*Boiler* Compound : Deposit Removal	Kg	Rp38.000.00

Sumber: Data Sekunder, 2023

Harga bahan kimia pada tabel 4.12 dalam satuan kilogram (kg), menentukan biaya yang akan digunakan dalam pengolahan *Internal Water Treatment* sehingga dapat melihat penghematan biaya dan pemaiakan dosis bahan kimia dalam pengolahan air umpan *Boiler*.

1) Kebutuhan bahan kimia Sulphuric Acid (H2SO4)

Biaya pemakaian bahan kimia (Rp) = kebutuhan bahan kimia (Kg/hari) x harga produk (Rp)

= 80 Kg/ minggu x 7.000.00

= Rp560.000.00

Biaya pemakaian bahan kimia per bulan = biaya bahan kimia per minggu x 4 minggu

= 560.000.00 x 4 minggu

Biaya pemakaian H2SO4 = Rp2.240.000.00/ bulan

2) Kebutuhan bahan kimia Sodium Hydroxid (NaOH)

Biaya pemakaian bahan kimia (Rp) = kebutuhan bahan kimia (Kg/hari) x harga produk (Rp)

= 75 Kg/ minggu x 22.902.00

= Rp1.717.650.00

Biaya pemakaian bahan kimia per bulan = biaya bahan kimia per hari x 30 hari

= 1.717.650.00 x 4 minggu

Biaya pemakaian NaOH = Rp6.870.600.00/ bulan

3) Kebutuhan bahan kimia Eonalkalox B1414

Biaya pemakaian bahan kimia (Rp) = kebutuhan bahan kimia (Kg/hari) x harga produk (Rp)

= 6 L/ hari x 23.900.00

= Rp143.400.00

Biaya pemakaian bahan kimia per bulan = biaya bahan kimia per hari x 30 hari

= 143.400.00 x 30 hari

Biaya pemakaian Eonalkalox B1414 = Rp4.302.000.00/ bulan

4) Kebutuhan bahan kimia Eonscale B5155

Biaya pemakaian bahan kimia (Rp) = kebutuhan bahan kimia (Kg/hari) x harga produk (Rp)

= 5 Kg/ hari x 35.000.00

= Rp175.000.00

Biaya pemakaian bahan kimia per bulan = biaya bahan kimia per hari x 30 hari

= 175.000.00 x 30 hari

Biaya pemakaian Eonscale B5155 = Rp5.250.000.00/ bulan

5) Kebutuhan bahan kimia Eonoxy B8155

Biaya pemakaian bahan kimia (Rp) = kebutuhan bahan kimia (Kg/hari) x harga produk (Rp)

= 5 Kg/ hari x 27.000.00

= Rp135.000.00

Biaya pemakaian bahan kimia per bulan = biaya bahan kimia per hari x 30 hari

= 135.00.00 x 30 hari

Biaya pemakaian Eonoxy B8155 = Rp21.888.000.00/ bulan

6) Kebutuhan bahan kimia Eondescaler B2550

Biaya pemakaian bahan kimia (Rp) = kebutuhan bahan kimia (Kg/hari) x harga produk (Rp)

= 1,7 L/ hari x 38.000.00

= Rp64.600.00

Biaya pemakaian bahan kimia per bulan = biaya bahan kimia per hari x 30 hari

= 64.600.00 x 30 hari

Biaya pemakaian Eondescaler B22550 = Rp1.938.000.00/ bulan

Total biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan bahan kimia *Internal Water Treatment* selama satu bulan dari hasil perhitungan diatas adalah 42.488.600.00/ bulan.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan terhadap pengolahan air eksternal dan internal pabrik kelapa sawit dapat disimupulkan bahwa :

1. Kualitas air *Raw Water* (*External*) menunjukkan kondisi yang kurang baik dengan rata – rata pH sebesar 5,2, TDS sebesar 42 ppm, Hardness sebesar 19 ppm, Turbidity sebesar 41, Iron sebesar 1,3 ppm, serta Silika sebesar 9 ppm dengan efektivitas kinerja sand filter dalam mengurangi tingkat kekeruhan/ Turbidity air baku sebesar 97 %.
2. Kualitas air Boiler (*Internal*) memenuhi standar kualitas air *Boiler* dengan rata – rata pH sebesar 11 dengan standar 10,5 – 11,5, TDS 1205 ppm dengan standar 200 ppm, P – Alkalinity 315 ppm dengan standar 600 ppm, M- alkalinity 352 dengan standar 800 ppm, O – alkalinity 209, Iron 0,7 ppm Fe dengan standar 2,0 ppm Fe, Silika 56 ppm SiO2 dengan standar 150 ppm SiO2, *Hardness* pada kondisi Trace sesuai standar, Phosphate 23 ppm dengan standar 40 ppm, Sulfite 26 ppm dengan standar 40 ppm.
3. Total biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan bahan kimia *External Water Treatment* adalah Rp79.180.800,00/ bulan.
4. Total biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan bahan kimia *Internal Water Treatment* adalah Rp42.488.600.00/ bulan.

B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan pengaruh jumlah dosis bahan kimia *External Treatment* maupun bahan kimia *Internal Treatment* terhadap penghematan biaya pengolahan air di pabrik kelapa sawit.
2. Untuk perusahaan disarankan untuk tetap menjaga kinerja peralatan *Water Treatment Plan* dan rutin melakukan perawatan khususnya terhadap *Sand Filter* agar turbidity pada air umpan *boiler* tetap terjaga kejernihannya, dan selalu melakukan pemantauan secara rutin terhadap parameter – parameter air umpan *boiler*.

DAFTAR PUSTAKA

Dagde, K. K. (2018). Development of Performance Models for Boiler Feed Water Treatment Ion Exchange Facility. *Advances in Chemical Engineering and Science*, *08*(04), 280–297. https://doi.org/10.4236/aces.2018.84020

Firdaus, M., Sefentry, A., Editorial, P., Editorial, D., Fatimura, M., Masriatini, R., Fitrianti, R., Maharanti, A., Bestari, M., Mohadi, R., & Ariyanto, E. (2016). admin,+6+Muhrinsyah+49-57. *Jurnal Redoks : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, *1*(1).

Harfst, W. F. (2018).. https://watertechnologyreport.wordpress.com/blog/

Marsidi, R. (2001). Zeolit untuk mengurangi kesadahan air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, *2*(1), 1–10. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3476-13.2014

NEWater. (2025). *Anion vs Cation l Ion Exchanges Resin*. https://www.newater.com/anion-vs-cation-resins/

Nisa, N. I. F., & Aminudin, A. (2019). Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Parameter Kualitas Air dengan Metode Jartest. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, *3*(2), 61. https://doi.org/10.30595/jrst.v3i2.4500

Rosidi, M. (2015). *Metode jar-test guna menetapkan dosis koagulan*. 1–5.

Said, N. I. (2018). Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan

Teknologi.” *Jurnal Air Indonesia*, *7*(2), 119–138. https://doi.org/10.29122/jai.v7i2.2411
Salim, M. A. (2019). Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih (Studi Kasus Kecamatan Bekasi Utara). In *Skripsi*.
Saziati, O., Hadary, F., & Bach, D. I. S. (2024). Sistem Monitoring Kualitas Air Boiler pada Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *12*(4), 1047–1059. https://doi.org/10.26418/jtllb.v12i4.86658
Siti. (2021). Uji Kualitas Air Boiler Pada ProsesPengolahan Tandan Buah Segar Di PabrikKelapa Sawit. *Karya Ilmiah*, 1–18.