AGROFORETECH

Volume 4, Nomor 3, September 2026

Analisis Suhu Deaerator terhadap Konsumsi Bahan Kimia Oxygen Scavenger dan Pengaruh Kadar Oksigen Pada Air Boiler

Cristoporus Andi Prasetio*), Nuraeni Dwi Dharmawati, Gani Supriyanto
Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
INSTIPER Yogyakarta
*)E-mail korespondensi: cristoporuspras23@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja deaerator dalam menghilangkan kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen*/DO) terhadap penggunaan bahan kimia *oxygen scavenger*, menganalisis hubungan suhu air deaerator dengan penggunaan bahan kimia *oxygen scavenger*, menganalisis hubungan suhu air deaerator dengan efisiensi operasi deaerator, serta menganalisis hubungan efisiensi deaerasi dengan konsumsi bahan kimia *oxygen scavenger*. Data diperoleh melalui observasi, dokumentasi, hasil pengujian laboratorium, serta data operasional boiler yang meliputi suhu, tekanan, kadar DO, dan konsumsi bahan kimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja harian deaerator belum optimal karena suhu operasi masih berada pada kisaran 84–96°C, lebih rendah dari standar 103–105°C. Rata-rata suhu operasi 86,20°C dengan tekanan 0,57 kg/cm² mampu menurunkan kandungan oksigen terlarut (DO) dari 3.011 ppb menjadi 70,56 ppb, yang menunjukkan proses deaerasi berlangsung efektif. Peningkatan suhu deaerator juga diikuti penurunan konsumsi *oxygen scavenger* dengan rata-rata 147,5 L per bulan. Efisiensi operasi deaerator mencapai 97,67% sehingga termasuk kategori sangat baik dalam menghilangkan oksigen terlarut.
Kata kunci: Deaerator, *Dissolved Oxygen*, *Oxygen Scavenger*, Boiler, Efisiensi

PENDAHULUAN

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) di Indonesia berkembang dengan sangat pesat dalam 10 tahun terakhir. Sebagian besar lahan-lahan perkebunan non kelapa sawit di seluruh Indonesia berangsur angsur beralih peruntukan menjadi lahan perkebunan kelapa sawit. PKS merupakan salah satu industri agroindustri yang memiliki peranan penting dalam pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit menjadi produk utama yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) atau minyak sawit mentah, yang digunakan sebagai bahan baku industri pangan, kosmetik, dan energi terbarukan. Industri ini juga menghasilkan produk samping seperti kernel, cangkang, dan fibre, yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, misalnya bahan bakar boiler, bahan baku pakan, atau bahan baku industri lainnya (Herviandinata, et al., 2025).

Industri kelapa sawit berkembang pesat seiring tingginya kebutuhan terhadap *Crude Palm Oil* (CPO) yang dapat diolah menjadi berbagai produk seperti minyak goreng, margarin, sabun, dan lilin. Untuk menjaga kelancaran dan kualitas proses produksi, diperlukan unit pendukung yang andal, seperti *boiler* sebagai penghasil uap dan *Water Treatment Plant* (WTP) sebagai penyedia air olahan berkualitas. WTP memiliki peran penting karena kualitas air yang digunakan dapat memengaruhi efisiensi, kinerja, dan keandalan peralatan produksi (Sunanto & Pratama, 2021).

WTP merupakan stasiun untuk mengolah dan mengkondisikan air agar sesuai baku mutu air yang diharapkan. Proses pengolahan air dibagi menjadi 2 bagian, yaitu *external water treatment* dan *internal water treatment*. *External water treatment* digunakan menghilangkan padatan tersuspensi seperti tanah, pasir, dan lumpur dengan diendapkan dan disaring. Sementara, internal *water treatment* digunakan untuk menghilangkan padatan-padatan terlarut (Ca2+, Mg 2+, SO4 2-, dan lain – lain) dan gas terlarut (O2, H2O, H2S, dan lain – lain) (Saziati, et al., 2024).

Ketel uap merupakan peralatan utama dalam pabrik kelapa sawit untuk mengubah air menjadi uap melalui proses pemanasan. Sebelum masuk ke boiler, air umpan perlu diolah untuk mengurangi gas terlarut seperti oksigen dan karbon dioksida yang dapat menyebabkan korosi pada pipa dan peralatan. Proses tersebut dilakukan menggunakan *deaerator*, yang berfungsi menghilangkan gas terlarut sehingga kualitas air umpan dan kinerja boiler tetap terjaga (Rijal & Masykur, 2022).

Sebelum diubah menjadi uap, air umpan boiler melalui proses deaerasi untuk menghilangkan oksigen dan gas terlarut lainnya. Proses ini penting karena gas terlarut dapat menyebabkan korosi dan pembentukan kerak pada peralatan logam sehingga menurunkan kinerjanya. Deaerator bekerja melalui proses pemanasan dan deaerasi secara simultan untuk menurunkan kadar oksigen hingga kurang dari 0,005 ml/liter serta menghilangkan karbon dioksida. Air yang telah terbebas dari gas terlarut kemudian dialirkan melalui *downcomer* menuju tangki penampung. Secara umum, deaerator terdiri atas tangki pemanas dan tangki penampung.

Tangki pemanas deaerator berfungsi sebagai tempat di mana air umpan dipanaskan dan secara bersamaan dilakukan proses deaerasi. Sementara itu, tangki penampung deaerator berperan sebagai wadah untuk menyimpan air umpan yang telah dipanaskan dan mengalami penurunan kadar oksigen di dalam tangki pemanas. Air yang ada di dalam tangki penampung digunakan sebagai sumber air umpan yang fleksibel, yang dapat disesuaikan dengan perubahan kebutuhan jumlah air akibat fluktuasi beban, dan juga berperan sebagai cadangan dalam situasi darurat ketika sistem menghadapi keadaan yang kritis (Ramadhan & Andika, 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan data primer berupa suhu, tekanan, kadar oksigen terlarut (DO), dan dosis bahan kimia, serta data sekunder berupa *logsheet* operasional, catatan penggunaan bahan kimia, dan hasil analisis laboratorium. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai minimum, maksimum, dan rata-rata, efisiensi penurunan DO, serta korelasi Pearson *Product Moment* antara efisiensi deaerator dan konsumsi *oxygen scavenger*. Bahan kimia yang diamati meliputi N-2811 sebagai *oxygen scavenger*, N-3273 sebagai *alkalinity builder*, dan N-8507 sebagai *scale inhibitor*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Deaerator Harian

Sebelum dilakukan analisis, disajikan data hasil pengamatan kinerja deaerator yang meliputi suhu *feed tank*, suhu deaerator, dan konsumsi bahan kimia. Pengamatan dilakukan selama delapan hari, yaitu 28 Januari–5 Februari, dengan pengukuran suhu pada pukul 13.00, 14.00, 15.00, dan 16.00 WIB. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat perubahan selama periode pengamatan serta menganalisis kondisi operasional deaerator dan penggunaan bahan kimia.

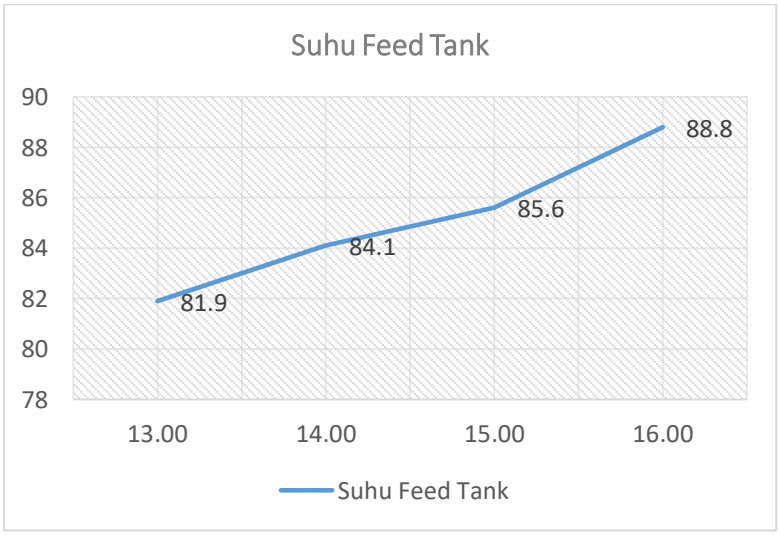
Berdasarkan Tabel 1, suhu deaerator belum mencapai standar operasional 103–105°C. Hal ini diduga karena bukaan *steam* tidak dilakukan secara penuh untuk menghindari guncangan pada tangki deaerator. Guncangan tersebut kemungkinan disebabkan oleh gangguan pada *support steam injector* atau kebocoran pada sistem injeksi *steam*. Selain itu, posisi *temperature gauge* yang cukup jauh dari badan tangki dapat menyebabkan hasil pengukuran lebih rendah akibat pengaruh suhu lingkungan.

Analisis Suhu Feed Tank

Tabel 1. Pengamatan Kinerja Deaerator Harian

Tanggal	Suhu Feed Tank (°C)				Suhu Deaerator (°C)				Bahan Kimia/Hari (Kg)
	Waktu (WIB)				Waktu (WIB)				
	13.00	14.00	15.00	16.00	13.00	14.00	15.00	16.00	
28 Jan	85	88	88	92	91	88	88	90	4
29 Jan	93	93	90	93	94	93	90	92	2
30 Jan	76	82	81	83	84	94	94	96	3,5
31 Jan	85	84	90	94	90	90	89	90	3
2 Feb	95	90	90	94	90	88	88	90	4
3 Feb	66	70	76	80	76	84	90	93	4,5
4 Feb	85	90	90	92	90	90	90	90	3
5 Feb	70	76	80	82	84	86	92	94	5

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada 28 Januari sampai 5 Februari, suhu feed tank menunjukkan adanya fluktuasi selama periode pengamatan.

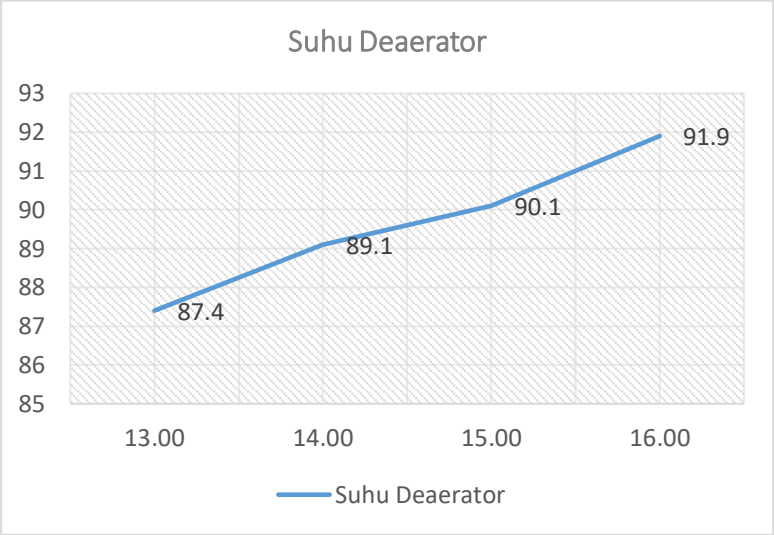


Gambar 1. Suhu Feed Tank

Berdasarkan hasil pengamatan, suhu *feed tank* pada pukul 13.00–16.00 WIB menunjukkan kecenderungan meningkat, dengan rata-rata masing-masing 81,9°C, 84,1°C, 85,6°C, dan 88,8°C. Suhu tertinggi berdasarkan rata-rata harian terjadi pada 2 Februari sebesar 92°C, sedangkan terendah pada 3 Februari sebesar 73°C. Fluktuasi tersebut diduga dipengaruhi oleh ketersediaan uap pemanas dan volume air umpan yang masuk. Suhu *feed tank* yang lebih tinggi dapat membantu meningkatkan efisiensi pemanasan pada deaerator karena kebutuhan energi untuk mencapai suhu operasi menjadi lebih rendah.

Analisis Suhu Deaerator

Berdasarkan hasil pengamatan, suhu deaerator selama periode pengamatan berada pada kisaran 84°C hingga 96°C.



Gambar 2. Suhu Deaerator

Berdasarkan hasil pengamatan, rerata suhu deaerator pada pukul 13.00–16.00 WIB masing-masing sebesar 87,4°C, 89,1°C, 90,1°C, dan 91,9°C. Suhu tertinggi tercatat 96°C pada 30 Januari pukul 16.00, sedangkan terendah 76°C pada 3 Februari pukul 13.00. Fluktuasi suhu dipengaruhi oleh tekanan *steam*, jumlah air umpan, dan kondisi operasi boiler. Secara umum, pemanasan menggunakan *steam* membantu pelepasan oksigen dan gas terlarut dari air umpan, meskipun suhu deaerator selama pengamatan masih berada di bawah standar operasi 103–105°C.

Hubungan Suhu dengan Kandungan Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO)

Subbab ini menyajikan data suhu, tekanan, serta kadar oksigen terlarut pada air umpan boiler di unit deaerator selama periode pengamatan. Data diperoleh dari pencatatan operasional dan hasil pengujian laboratorium. Data suhu dan tekanan digunakan untuk menggambarkan kondisi operasi deaerator, sedangkan DO inlet dan outlet digunakan untuk menilai efektivitas proses deaerasi. Selanjutnya, data dianalisis secara deskriptif dan digunakan untuk menghitung efisiensi deaerasi serta hubungannya dengan konsumsi bahan kimia *oxygen scavenger*.

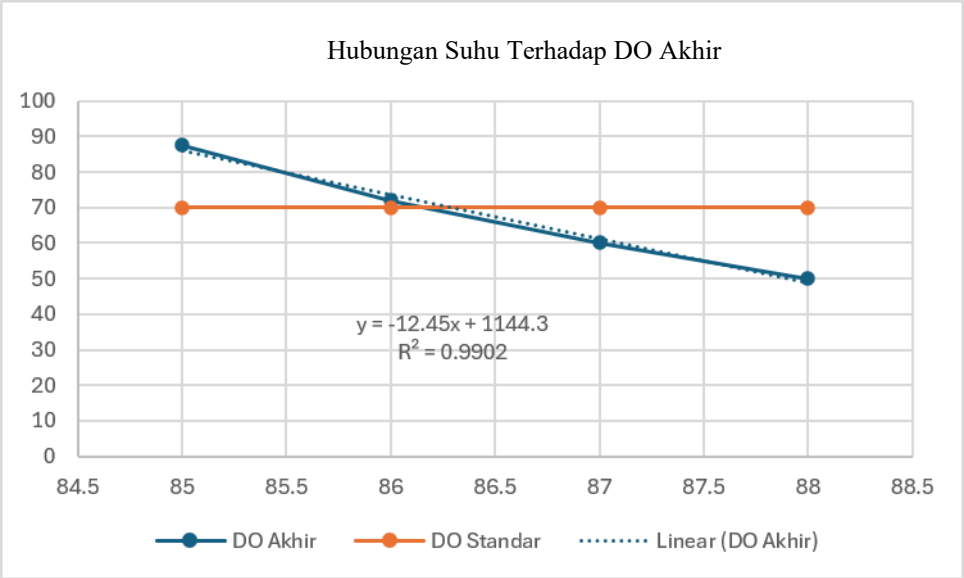
Tabel 2. Parameter Operasi Deaerator

Bulan (2025)	Suhu (°C)	Tekanan (kg/cm²)	DO In (ppb)	DO Out (ppb)
Maret	85	0,45	3.200	90
April	85	0,45	3.100	85
Mei	86	0,55	3.050	75
Juni	86	0,55	3.000	70
Juli	87	0,65	2.950	60
Agustus	86	0,55	3.000	70
September	86	0,57	3.011	70
Oktober	86	0,55	3.050	75
November	87	0,65	2.900	60
Desember	88	0,75	2.850	50
Rerata	86,20 °C	0,57 kg/cm²	3.011 ppb	70,56 ppb

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh rerata suhu operasi deaerator sebesar 86,20°C dan tekanan 0,57 kg/cm². Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu berperan dalam

menurunkan kelarutan oksigen sehingga memudahkan pelepasan oksigen dari air umpan. Tekanan yang relatif stabil juga mendukung proses deaerasi agar berlangsung secara konsisten (Anto, et al., 2023). Berdasarkan hasil pengamatan, rata-rata DO inlet sebesar 3.011 ppb, kemudian menurun menjadi 70,56 ppb setelah melewati deaerator. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa sekitar 97,66% oksigen terlarut berhasil dihilangkan.

.



Gambar 3. Hubungan Suhu Terhadap DO Akhir

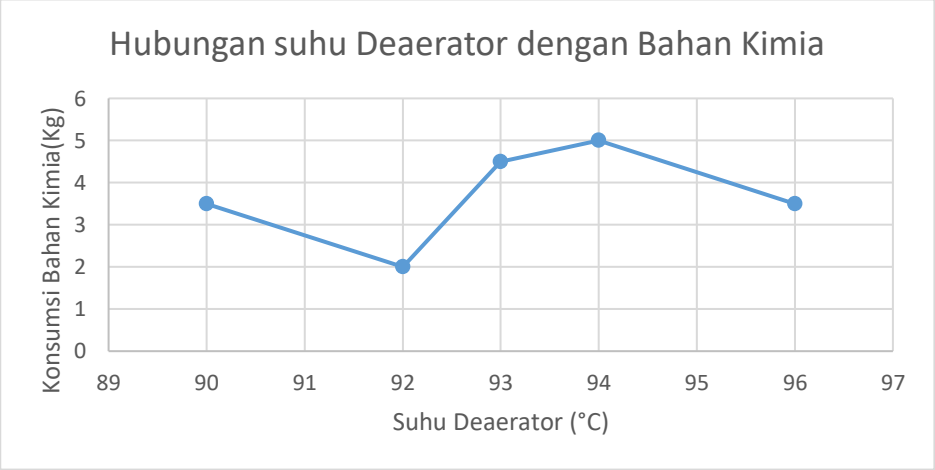
Berdasarkan grafik dan persamaan regresi linear y = -12,45x + 1144,3, diperoleh R^2 = 0,9902, yang menunjukkan hubungan sangat kuat antara suhu deaerator dan kadar DO. Sebanyak 99,02% variasi kadar DO dapat dijelaskan oleh perubahan suhu deaerator, sedangkan 0,98% dipengaruhi faktor lain. Berdasarkan persamaan regresi, suhu untuk mencapai kadar DO 70 ppb adalah sekitar 86,28°C. Dengan demikian, peningkatan suhu deaerator cenderung menurunkan kadar DO dan meningkatkan efektivitas proses deaerasi.

Semakin tinggi nilai R^2, semakin besar proporsi variasi kadar DO yang dapat dijelaskan oleh perubahan suhu, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti tekanan operasi, laju aliran air umpan, efisiensi venting, serta kondisi injeksi bahan kimia *oxygen scavenger*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa temperatur merupakan salah satu parameter yang memengaruhi proses penghilangan oksigen terlarut dari air (Jokar, et al., 2021). Peningkatan temperatur mendukung pelepasan oksigen terlarut, sehingga pengendalian suhu deaerator menjadi faktor penting dalam menjaga efektivitas deaerasi dan meminimalkan risiko korosi pada sistem boiler.

Keberhasilan penurunan DO ini sangat penting karena oksigen merupakan salah satu penyebab utama terjadinya korosi pada sistem perpipaan dan peralatan boiler, seperti *feedwater line*, *economizer*, drum, dan *tube boiler*. Korosi tidak terkendali pada sistem boiler dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan logam dan menurunkan keandalan peralatan. Selain mengganggu kondisi material, proses korosi juga dapat meningkatkan risiko kerusakan dan kebocoran pada komponen yang bekerja secara terus-menerus. Pengendalian korosi menjadi salah satu aspek penting menjaga keamanan dan umur operasi sistem boiler (Yu, et al., 2022).

Hubungan Suhu Air Deaerator dengan Bahan Kimia

Suhu air deaerator memiliki hubungan yang erat dengan efektivitas bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan air umpan boiler. Peningkatan suhu akan mempercepat pelepasan oksigen terlarut sehingga kinerja *oxygen scavenger* menjadi lebih optimal, sedangkan *anti scale* dan *iron remover* bekerja lebih efektif dalam mencegah pembentukan kerak dan mengurangi korosi. Oleh karena itu, pengendalian suhu deaerator yang sesuai sangat penting untuk mendukung efektivitas bahan kimia serta meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem boiler.



Gambar 4. Hubungan Suhu Deaerator dengan Bahan Kimia

Berdasarkan Gambar 4.4, hubungan antara suhu deaerator dan konsumsi bahan kimia menunjukkan pola yang berfluktuasi. Pada suhu 90°C, konsumsi bahan kimia sebesar sekitar 3,5 kg, kemudian menurun menjadi sekitar 2,0 kg pada suhu 92°C. Selanjutnya, konsumsi bahan kimia meningkat cukup tajam menjadi sekitar 4,5 kg pada suhu 93°C dan mencapai nilai tertinggi sekitar 5,0 kg pada suhu 94°C. Setelah itu, konsumsi bahan kimia kembali menurun menjadi sekitar 3,5 kg pada suhu 96°C. Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suhu deaerator tidak selalu diikuti oleh peningkatan konsumsi bahan kimia secara linier.

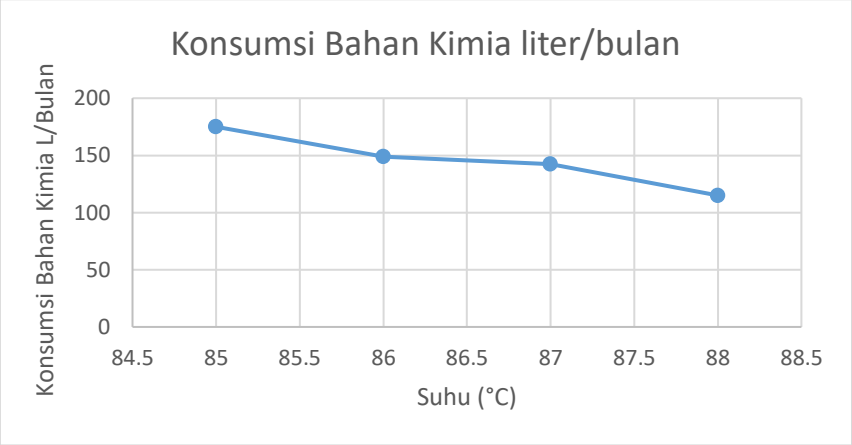
Data pada Tabel 4 menunjukkan jumlah pemakaian bulanan masing-masing jenis bahan kimia, yaitu N-2811, N-3273, dan N-8507, yang berfungsi untuk mengikat sisa oksigen terlarut yang tidak sepenuhnya terlepas melalui proses deaerasi.

Tabel 3. Konsumsi Bahan Kimia Bulanan *Oxygen Scavenger*

No.	Bulan	Suhu	Konsumsi (L/bulan)
1.	Maret	85	180
2.	April	85	170
3.	Mei	86	155
4.	Juni	86	145
5.	Juli	87	130
6.	Agustus	86	145
7.	September	86	150
8.	Oktober	86	155
9.	November	87	130
10.	Desember	88	115

Berdasarkan data pada Tabel 3, diperoleh rata-rata konsumsi oxygen scavenger sebesar 147,5 L per bulan. Angka ini menggambarkan penggunaan bahan kimia penangkap oksigen dalam sistem pengolahan air umpan boiler berada pada tingkat yang relatif stabil selama periode pengamatan, yang sesuai dengan temuan bahwa pengendalian dosis bahan

kimia yang konsisten merupakan indikator operasi boiler yang baik (Singh, et al., 2018). Kestabilan konsumsi ini menunjukkan proses pengendalian oksigen terlarut berjalan secara konsisten dan terkontrol, sehingga tidak diperlukan fluktuasi dosis yang besar dari bulan ke bulan.



Gambar 5. Konsumsi Bahan Kimia/Bulan

Kecenderungan konsumsi yang relatif stabil bahkan menunjukkan tren penurunan secara bertahap. Kondisi tersebut dikaitkan dengan semakin efektifnya proses deaerasi dalam mengurangi kandungan oksigen terlarut secara mekanis melalui pemanasan dan pelepasan gas. Dengan berkurangnya oksigen terlarut yang masuk ke sistem boiler, kebutuhan bahan kimia *oxygen scavenger* untuk mengikat oksigen residual dapat menjadi lebih terkendali (Jokar, et al., 2021). Semakin efektif deaerator menghilangkan oksigen pada tahap awal, maka semakin kecil pula sisa oksigen yang harus diikat secara kimia oleh *oxygen scavenger*. Peran bahan kimia lebih bersifat sebagai pelengkap, bukan pengendali utama kadar oksigen.

Hubungan Suhu Deaerator dengan Efisiensi Operasi Deaerator

Subbab ini membahas perhitungan efisiensi deaerasi berdasarkan data aktual kadar oksigen terlarut (DO) pada air umpan boiler sebelum dan sesudah melewati deaerator. Data yang digunakan menunjukkan bahwa nilai DO inlet berada pada kisaran 2.850–3.200 ppb, sedangkan DO outlet berkisar antara 50–90 ppb. Perhitungan efisiensi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kinerja deaerator dalam menghilangkan oksigen terlarut yang berpotensi menimbulkan korosi pada sistem boiler. Efisiensi deaerasi dihitung menggunakan rumus Efisiensi $\frac{DOin-DOout}{DOin} \times 100\%$, sehingga dapat diperoleh gambaran kuantitatif mengenai tingkat keberhasilan proses deaerasi selama periode pengamatan.

Tabel 4. Efisiensi Deaerasi

No.	Bulan	DO In (ppb)	DO Out (ppb)	Efisiensi (%)
1.	Maret	3.200	90	97,19
2.	April	3.100	85	97,26
3.	Mei	3.050	75	97,54
4.	Juni	3.000	70	97,67
5.	Juli	2.950	60	97,97
6.	Agustus	3.000	70	97,67
7.	September	3.011	70	97,67
8.	Oktober	3.050	75	97,54
9.	November	2.900	60	97,93
10.	Desember	2.850	50	98,25
	Total	30.111	705	976,69

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi deaerasi bulanan, diperoleh total nilai efisiensi sebesar 97,67%. Rata-rata efisiensi deaerasi dihitung dengan membagi total efisiensi dengan jumlah bulan pengamatan, yaitu:

$$Rata - rata\ Efisiensi = \frac{DOin - DOout}{DOin} \times 100\%$$

$$Rata - rata\ Efisiensi = \frac{30.111 - 705}{30.111} = 97.67\%$$

Berdasarkan kriteria penilaian kinerja deaerator, efisiensi deaerasi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Efisiensi < 90% : kurang
b. Efisiensi 90–94% : cukup
c. Efisiensi ≥ 95% : sangat baik

Dengan nilai rata-rata efisiensi sebesar 97,67%, maka kinerja deaerator dalam menghilangkan oksigen terlarut termasuk dalam kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan sebagian besar oksigen terlarut pada air umpan boiler dapat dihilangkan melalui proses deaerasi sebelum air memasuki sistem boiler. Efektivitas penghilangan oksigen pada deaerator dipengaruhi kondisi operasi, termasuk tekanan, laju aliran air, dan karakteristik kontak antara air dan uap (Sharma, 2010). Deaerator mampu menurunkan kadar DO dari 2.850–3.200 ppb menjadi 50–90 ppb dengan efisiensi lebih dari 97%. Hasil tersebut menunjukkan proses pemanasan dan pelepasan gas terlarut berlangsung efektif. Penurunan kadar oksigen ini penting untuk mengurangi risiko korosi pada pipa, drum, dan peralatan boiler, sehingga dapat mendukung keandalan serta umur pakai peralatan (Setyawan, et al., 2021).

Data yang disajikan pada Tabel 5 memuat nilai suhu operasi deaerator selama tahun 2025 yang digunakan untuk menganalisis pengaruh perubahan suhu terhadap tingkat efisiensi operasi deaerator.

Tabel 5. Hubungan Suhu Deaerator dengan DO Outlet Tahun 2025

No.	Suhu Deaerator (°C)	DO Outlet (ppb)	Keterangan Kinerja
1.	85	90	DO masih tinggi
2.	86	70–75	Mulai menurun
3.	87	60	Lebih efektif
4.	88	50	Paling optimal

Berdasarkan Tabel 5, terdapat hubungan negatif antara suhu deaerator dan kadar DO outlet, yaitu peningkatan suhu dari 85°C menjadi 88°C diikuti penurunan DO dari sekitar 90 ppb menjadi 50 ppb. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu, semakin efektif proses pelepasan oksigen terlarut melalui pemanasan dan *steam stripping*. Nilai DO outlet 50–90 ppb menunjukkan deaerator masih berfungsi dengan baik, namun variasinya mengindikasikan pengendalian suhu belum konsisten. Oleh karena itu, pengaturan suhu yang lebih stabil diperlukan untuk mempertahankan DO pada tingkat rendah dan mengurangi kebutuhan bahan kimia *oxygen scavenger*.

Hubungan Efisiensi dengan Konsumsi Bahan Kimia

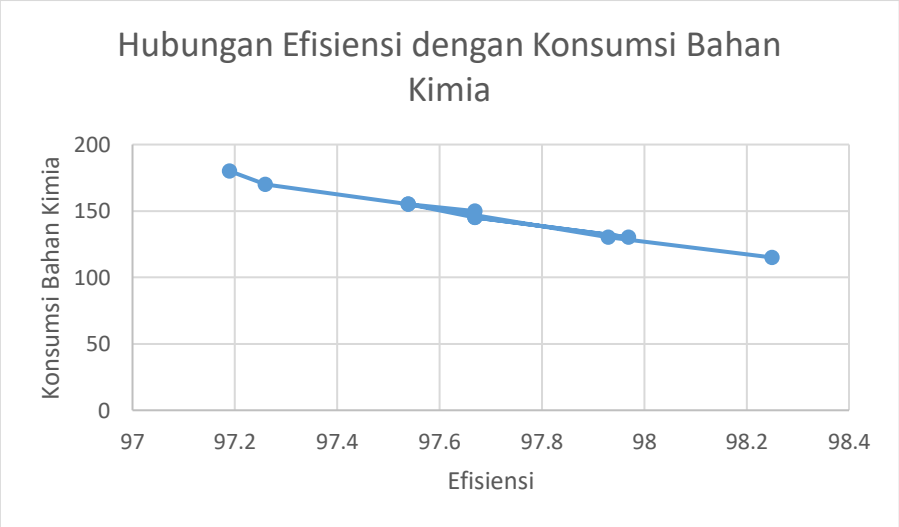
Subbab ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kinerja deaerator yang ditunjukkan melalui nilai efisiensi deaerasi dengan tingkat konsumsi bahan kimia *oxygen scavenger* yang digunakan dalam sistem air umpan boiler. Oleh karena itu, dilakukan uji korelasi Pearson untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan antara kedua variabel

tersebut, sehingga dapat diketahui sejauh mana kinerja deaerator berpengaruh terhadap penghematan konsumsi bahan kimia.

Tabel 6. Hubungan Efisiensi dengan Konsumsi Bahan Kimia

No	Efisiensi	Konsumsi Bahan Kimia
1	97,19	180
2	97,26	170
3	97,54	155
4	97,67	145
5	97,97	130
6	97,67	145
7	97,67	150
8	97,54	155
9	97,93	130
10	98,25	115

Berdasarkan Tabel 6, terlihat terdapat hubungan berbanding terbalik antara efisiensi deaerator dengan konsumsi bahan kimia. Semakin tinggi nilai efisiensi yang dicapai, semakin rendah konsumsi bahan kimia yang dibutuhkan dalam proses pengolahan. Efisiensi terendah sebesar 97,19% terjadi pada penggunaan bahan kimia sebanyak 180, sedangkan efisiensi tertinggi sebesar 98,25% dicapai dengan konsumsi bahan kimia hanya 115. Pola yang sama juga terlihat pada efisiensi 97,93–97,97% yang diperoleh dengan konsumsi bahan kimia sebesar 130.



Gambar 6 Efisiensi dan Konsumsi Bahan Kimia

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa terdapat hubungan negatif antara efisiensi deaerator dan konsumsi bahan kimia. Seiring dengan meningkatnya efisiensi dari sekitar 97,19% hingga 98,25%, konsumsi bahan kimia cenderung menurun dari 180 ppm menjadi sekitar 115 ppm. Hasil ini sejalan dengan nilai koefisien korelasi r = -0,38, yang menunjukkan adanya hubungan negatif dengan kekuatan hubungan pada kategori lemah hingga sedang. Hal ini sejalan prinsip dasar proses deaerasi, di mana semakin besar kemampuan deaerator dalam menghilangkan oksigen terlarut secara mekanis dan termal, maka semakin sedikit sisa oksigen yang harus diikat oleh *oxygen scavenger* (Maulizar, et al., 2022).

Dengan demikian, hasil uji korelasi ini mengindikasikan peningkatan efisiensi deaerator saja belum cukup untuk mencapai penghematan bahan kimia yang maksimal. Diperlukan pendekatan yang lebih terpadu melalui pengendalian mutu air umpan, perbaikan prosedur

operasi, kalibrasi instrumen pengukuran, serta penyesuaian dosis *scavenger* berbasis data DO outlet secara real-time. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penerapan *e-monitoring* dan *e-logsheet* pada sistem boiler dapat menyediakan informasi operasional secara digital sebagai pendukung pengambilan keputusan dan pengendalian proses (Pratama, et al., 2023).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa suhu feed tank dan suhu deaerator menunjukkan fluktuasi selama proses operasi. Suhu deaerator berada pada kisaran 84–96°C masih berada di bawah standar operasi optimal 103–105°C. Suhu operasi deaerator sebesar 86,20°C dengan tekanan 0,57 kg/cm² mampu menurunkan kandungan oksigen terlarut (DO) di bawah standar, yaitu 70,56 ppb. Peningkatan suhu deaerator berpengaruh terhadap penurunan konsumsi bahan kimia *oxygen scavenger*. Deaerator memiliki rata-rata efisiensi 97,67% dalam kategori sangat baik dalam menghilangkan oksigen terlarut dari air umpan boiler. Peningkatan suhu operasi deaerator dari 85°C menjadi 88°C terbukti menurunkan kadar DO outlet dari 90 ppb menjadi 50 ppb, yang menunjukkan bahwa suhu operasi berpengaruh terhadap peningkatan efektivitas deaerasi

DAFTAR PUSTAKA

Anto, M. A., Dewi, R., Fahirul, A., & Sylvia, N. (2023). Pemodelan aplikasi kontrol PID-level control pada deaerator 61-101-U pada PT. Pupuk Iskandar Muda dengan menggunakan metode Response Surface Methodology. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS), 3(1)*, 22-41. https://doi.org/10.29103/cejs.v3i1.8019. .

Herviandinata, B. A., Krisdiarto, A. W., & Uktoro, A. I. (2025). Utilisasi dan efisiensi truk angkut tandan buah segar (TBS) kelapa sawit: Dalam pengelolaan perusahaan swasta dan pengelolaan kontraktor angkutan masyarakat. *Agroteknika, 8(1)*, 1–15. https://doi.org/10.55043/agroteknika.v8i1.393.

Jokar, S., Aghel, B., Fathi, S., & Karimi, M. (2021). Removal of dissolved oxygen from industrial raw water in a microchannel. *Environmental Technology & Innovation, 23*, 101672. https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101672.

Maulizar, A., Masykur, & Supardi, J. (2022). Analisis pH, TDS, total hardness, alkalinity, dan silica pada boiler feed water di PT. Socfindo Perkebunan Kelapa Sawit di Seunagan. *Jurnal Mekanova, 8(1)*.

Pratama, I. P., Danendra, D. P., Darmawan, E., Romadhon, M. F., Puspita, N. Y., & Danaba, B. (2023). Implementation of E-Monitoring and E-Logsheet at Gresik Gas Co-Generation Plant PT Pupuk Indonesia Utilitas in Package Boiler. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi, 15(1)*, 50-62. https://doi.org/10.5614/joki.2023.15.1.5.

Ramadhan, M. H., & Andika, J. (2024). Desain sistem kontrol level deaerator menggunakan kontrol cascade dan logika fuzzy di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Muara Karang. *Jurnal Teknologi Elektro, 15(1)*, 78–82. https://doi.org/10.22441/jte.2024.v15i1.012.

Rijal, S., & Masykur. (2022). Analisa kehilangan panas pada boiler tipe SFW 7000 di PT. Socfindo Kebun Seunagan. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin, 7(2)*, 129-136. https://doi.org/10.21831/dinamika.v7i2.52762.

Saziati, O., Hadary, F., & Bach, D. I. (2024). Sistem monitoring kualitas air boiler pada pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 12(4)*, 1047–1054. https://doi.org/10.26418/jtllb.v12i4.86658.

Setyawan, S., Putra, I. S., Putra, A. D., & Cahyono, R. B. (2021). Modifikasi proses pengolahan Boiler Feed Water (BFW) dari All Volatile Treatment (AVT) menjadi Oxygenated Treatment (OT) untuk produksi listrik ramah lingkungan. *Jurnal Rekayasa Proses, 15(2)*, 1-9. https://doi.org/10.22146/jrekpros.65976. .

Sharma, K. V. (2010). Experimental investigations of oxygen stripping from feed water in a spray cum tray type deaerator. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 1*, 46–65. https://doi.org/10.15282/ijame.1.2010.5.0005.

Singh, A., Sharma, V., Mittal, S., Pandey, G., Mudgal, D., & Gupta, P. (2018). An overview of problems and solutions for components subjected to fireside of boilers. *International Journal of Industrial Chemistry, 9*, 1–15. https://doi.org/10.1007/s40090-017-0133-0.

Sunanto, S., & Pratama, R. P. (2021). Implementasi logika FIS Tsukamoto untuk menentukan takaran zat kimia pada proses pengolahan air di pabrik kelapa sawit. *JOISIE (Journal of Information Systems and Informatics Engineering), 5(2)*, 1 - 15. https://doi.org/10.35145/joisie.v5i2.1756.

Yu, X., Zhang, Y., Li, X., & Chen, Z. (2022). Corrosion inhibition of hydrazine on carbon steel in water solution. *Corrosion Reviews, 40(6)*, 587–596. https://doi.org/10.1515/corrrev-2022-0029.