

## **IMPLEMENTASI SISTEM INTERLOCK ONLINE MONITORING PADA OZONATOR DALAM UPAYA PENGENDALIAN EMISI**

**Made Dwi Elistina<sup>1</sup>, Wayan Sukadana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Kimia Universitas Udayana

<sup>2</sup>Jurusan Biologi Universitas Udayana

E-mail: kadek.elistina@danone.com

### **ABSTRAK**

Penggunaan ozon saat ini telah banyak diterapkan di berbagai sektor dan membuktikan kegunaannya, termasuk sebagai disinfektan dalam pengolahan air minum. Ozon tidak menimbulkan efek samping seperti klorin, yang dapat menghasilkan senyawa trihalometan bersifat karsinogenik. Teknologi ozon juga ramah lingkungan dan dianggap sebagai senyawa kimia hijau di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sistem interlock pada monitoring online ozonator guna mengendalikan emisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan alat monitoring online di tangki produk akhir memungkinkan pemantauan kadar ozon dalam air secara terus menerus. Sistem ini dilengkapi dengan *interlock* yang secara otomatis menghentikan proses pengolahan air dan produksi jika kadar ozon melebihi batas standar. Alat monitoring terdiri dari sensor pengukur kadar ozon, panel instrumen prominent, dan dihubungkan ke PLC untuk mengontrol sistem interlock. Dengan adanya sistem ini, pengecekan manual menggunakan alat laboratorium "*colorimeter*" hanya perlu dilakukan satu kali per shift, sehingga limbah LB3 berupa LB3 Indigo dari pengujian manual menjadi berkurang sebesar 0,017 ton/semester.

*Kata Kunci: Interlock Online Monitoring, Ozonator, Pengendalian Emisi LB3*

### **ABSTRACT**

*The use of ozone has been widely applied across various sectors, proving its benefits, including as a disinfectant in drinking water treatment. Unlike chlorine, ozone does not produce harmful by-products like carcinogenic trihalomethanes. Ozone technology is also environmentally friendly and regarded as a future green chemical. This study aims to implement an interlock system in the online monitoring of an ozonator to control emissions. Results show that installing an online monitoring tool in the final product tank allows continuous ozone concentration tracking in water. The system includes an interlock feature that automatically halts water treatment and production if ozone levels exceed the standard limits. The monitoring device comprises ozone sensors, a prominent instrument panel, and connects to a PLC to control the interlock system. With this system, manual checks using a colorimeter are reduced to once per shift, cutting LB3 waste by 0.017 tons per semester.*

*Keywords: Interlock Online Monitoring, Ozonator, LB3 Emission Control*

## **PENDAHULUAN**

Selama beberapa dekade terakhir, regulasi terkait emisi polutan berbahaya telah mengalami pengetatan yang signifikan oleh pemerintah dan organisasi internasional. Langkah ini bertujuan untuk mengurangi risiko polusi udara dan melindungi kesehatan manusia serta lingkungan. Udara mengandung berbagai komponen, seperti Oksigen (O<sub>2</sub>), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), Nitrogen (N<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), dan partikel debu halus (PM10 dan PM2.5). Di antara gas-gas ini, ozon (O<sub>3</sub>) memiliki peran penting sebagai agen sterilisasi dan disinfektan (Sadali, dkk. 2022). Namun, ozon juga bersifat sangat reaktif, tidak berwarna, korosif, dan sulit larut dalam air, sehingga berpotensi menimbulkan masalah jika tidak dikelola dengan hati-hati. Menurut standar WHO, konsentrasi ozon di udara yang melebihi 160 µg/m<sup>3</sup> atau 0,08 ppm dalam rata-rata delapan jam dapat memicu inflamasi paru-paru pada orang dewasa, dan bahkan meningkatkan angka kematian harian sebesar 3–5% (Ratnani, 2018). Selain itu, ozon juga menimbulkan masalah kesehatan lingkungan karena berkontribusi pada polusi fotokimia, yang menyebabkan kabut asap (smog) dan menurunkan kualitas udara, terutama di daerah perkotaan. Dalam atmosfer rendah, keberadaan ozon berlebih dapat menimbulkan dampak kesehatan seperti iritasi saluran pernapasan, kerusakan jaringan paru-paru, iritasi mata, dan gangguan kulit (Subagiyo, dkk, 2021). Oleh karena itu, regulasi emisi ozon dan pengendalian paparan di tempat kerja menjadi fokus penting bagi banyak industri. Ozonator, perangkat yang menghasilkan

ozon, banyak digunakan di sektor industri seperti pengolahan air minum, sterilisasi pangan, fasilitas medis, dan pabrik kimia. Ozon dipilih sebagai disinfektan karena kemampuannya untuk membunuh mikroorganisme dengan cepat tanpa meninggalkan limbah berbahaya. Namun, penggunaan ozon memerlukan pengawasan ketat karena potensi pelepasan gas berlebih yang disebabkan oleh kegagalan teknis atau kelalaian operasional dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan risiko kesehatan bagi pekerja (Sabiq, dkk. 2017). Paparan ozon di tempat kerja dapat dengan mudah melebihi batas yang ditetapkan dalam standar keselamatan kerja, yaitu 0,05–0,10 ppm untuk paparan jangka pendek (Setiawan, dkk. 2019). Risiko ini menuntut penerapan teknologi yang mampu mengontrol dan memantau emisi secara otomatis agar tetap dalam batas aman. Salah satu tantangan terbesar dalam pengelolaan ozon adalah sifatnya yang tidak stabil dan mudah lepas ke udara jika terjadi kebocoran atau malfungsi sistem, sehingga tanpa pengendalian yang tepat, konsentrasi ozon dapat dengan cepat mencapai tingkat berbahaya, mengancam keselamatan pekerja dan mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan dan kontrol otomatis yang dapat berfungsi tanpa intervensi manual.

Sistem *interlock* adalah mekanisme keamanan yang menghentikan operasi secara otomatis jika terjadi anomali, seperti konsentrasi ozon berlebihan atau kerusakan perangkat (Rummpuk, dkk. 2021). Selain itu, *monitoring online* memungkinkan pemantauan parameter kritis, seperti suhu,

tekanan, dan konsentrasi ozon, secara *real-time*. Pemantauan ini memastikan bahwa setiap perubahan kondisi dapat dideteksi lebih awal dan diatasi sebelum menimbulkan masalah serius. Sistem ini sangat penting untuk mengurangi risiko kebocoran ozon dan menjaga keselamatan operasional. Pemanfaatan sistem *monitoring online* dan *interlock* tidak hanya meningkatkan keamanan tetapi juga memastikan efisiensi operasional (Apriyanto, dkk. 2018). Teknologi ini membantu mengidentifikasi potensi masalah lebih cepat, mengurangi risiko kebocoran, dan mencegah terjadinya pelepasan ozon berlebih. Selain menjaga keselamatan pekerja, teknologi ini juga berperan penting dalam melindungi lingkungan dengan menghentikan operasi sebelum parameter mencapai tingkat berbahaya. Implementasi otomatisasi dan *interlock* memastikan bahwa proses pengolahan ozon berjalan secara terkendali dan berkelanjutan, memenuhi standar regulasi terkait emisi, serta mengurangi ketergantungan pada pengecekan manual (Damayanti, 2022). Dengan demikian, kombinasi teknologi ini mengoptimalkan kinerja sistem ozonator, meningkatkan keandalan operasional, dan mendukung keberlanjutan industri dalam jangka panjang. Berdasarkan latar belakang ini, penelitian mengenai implementasi sistem *interlock* dan *monitoring online* pada *ozonator* dilakukan sebagai solusi untuk pengendalian emisi ozon secara efektif dan efisien

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT Tirta Investama Pabrik Mambal, Desa Mambal, Kecamatan Abiansemal, Kabupaten Badung. Penelitian dilakukan mulai bulan Juni-Agustus 2024. Penelitian

ini bersifat eksperimen terapan, di mana sistem *interlock* dan *monitoring online* diuji secara langsung pada perangkat ozonator dalam lingkungan industry. Ozonator berperan sebagai objek utama penelitian, dengan fokus pada emisi ozon dan efisiensi sistem otomatisasi. Peralatan penunjang penelitian yakni: sensor ozon untuk mengukur konsentrasi ozon secara *real-time*. Panel instrumen (*prominent* atau sejenisnya) untuk memantau parameter penting. PLC (*Programmable Logic Controller*) untuk mengatur dan menjalankan fungsi *interlock* otomatis. Sistem *online monitoring* berfungsi untuk merekam data konsentrasi ozon, suhu, dan tekanan. Prosedur dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Persiapan alat dan sistem melalui instalasi *ozonator* dan integrasi dengan sensor serta sistem *interlock*.
2. Kalibrasi sensor dengan memastikan sensor ozon dan panel instrumen memberikan hasil akurat.
3. Uji Operasional Awal dengan memantau kinerja sistem tanpa *interlock* untuk mendapatkan data *baseline*.
4. Implementasi *interlock* dan *monitoring online* dengan mengaktifkan sistem otomatisasi dan pemantauan *real-time*.

Dalam teknik pengumpulan data penelitian, observasi langsung dilakukan dengan mencatat kondisi operasional dan aktivasi *interlock*. Kemudian, *log monitoring* berfungsi sebagai data otomatis dari sistem *online monitoring*. Selanjutnya, wawancara melalui diskusi dengan operator mengenai kendala selama implementasi. Dalam menganalisis data menggunakan analisis deskriptif kualitatif dalam implementasi teknologi otomatisasi tidak hanya memenuhi standar emisi, tetapi juga meningkatkan

keberlanjutan operasional dan keamanan industri.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem *interlock* dan pemantauan *online* yang diterapkan pada *ozonator* terdiri dari beberapa komponen dan fitur utama. Pertama, sistem ini dilengkapi dengan tiga jenis sensor untuk pemantauan *real-time*: sensor gas ozon yang secara terus menerus mendeteksi konsentrasi ozon, serta sensor suhu dan tekanan untuk memastikan kondisi lingkungan operasional yang optimal. Sistem ini juga memiliki alarm yang memberikan peringatan saat konsentrasi ozon mendekati atau melampaui batas aman. Sistem *interlock* otomatis akan mematikan ozonator jika konsentrasi ozon terdeteksi melebihi ambang batas tertentu

(Barezutskyi, dkk. 2021). Mekanisme *Lock-Out Tag-Out* (LOTO) memastikan bahwa peralatan tidak dapat dioperasikan kembali sebelum dilakukan inspeksi. Selain itu, sistem *interlock* dapat terintegrasi dengan sistem ventilasi untuk mengeluarkan ozon secara aman saat kebocoran terjadi. Dashboard pemantauan *online* memungkinkan visualisasi data *real-time* melalui perangkat seperti komputer atau *smartphone*. Data historis dan logging dapat merekam konsentrasi ozon serta status sistem untuk analisis lebih lanjut. Notifikasi otomatis juga dapat mengirim peringatan kepada operator melalui email atau SMS jika terdeteksi anomali. Terakhir, integrasi IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian otomatis dari jarak jauh berdasarkan data yang dikumpulkan.



Gambar 1. Implementasi *Sistem Interlock Online Monitoring* Pada Ozonator Dalam Upaya Pengendalian Emisi

Berdasarkan hasil penelitian, pengawasan kadar ozon dalam air pada tangki sangat penting untuk menjaga kualitas produk dan menjamin kelangsungan

proses pengolahan air. Metode pengecekan manual menggunakan *colorimeter* membutuhkan bahan kimia indigo yang tidak hanya memakan waktu dan tenaga,

tetapi juga menghasilkan limbah berbahaya (B3) yang memerlukan pengelolaan tambahan sesuai dengan regulasi yang berlaku. Pengelolaan limbah berbahaya (B3) tersebut menambah beban operasional serta biaya yang dikeluarkan suatu perusahaan (Ratnani, 2018)s. Mengingat pentingnya efisiensi dan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan, perusahaan kemudian mengambil langkah untuk menerapkan sistem monitoring online. Pengurangan 0,017 ton limbah B3 per semester menunjukkan adanya penurunan volume limbah kimia berbahaya. Dalam hal ini, limbah yang mengandung indigo dari pengecekan manual setelah implementasi sistem monitoring online. Artinya, perusahaan berhasil mengurangi produksi limbah berbahaya sebanyak 17 kilogram setiap 6 bulan. Implementasi sistem ini memberikan beberapa manfaat signifikan, antara lain sebagai berikut. Pertama, pengendalian emisi yang lebih efektif melalui pemantauan dan kontrol otomatis, konsentrasi ozon dapat dipertahankan dalam batas aman, yang berfungsi untuk mengurangi risiko pencemaran udara serta pelanggaran regulasi yang ada. Kedua, peningkatan keamanan dan keselamatan kerja karena dengan menggunakan sistem interlock otomatis, paparan ozon berlebih terhadap pekerja dapat dicegah, serta risiko kecelakaan akibat kerusakan perangkat atau kebocoran dapat diminimalkan. Ketiga, monitoring online memfasilitasi tindakan perbaikan yang lebih cepat, sehingga mengurangi waktu tidak produktif dan meningkatkan tingkat produktivitas secara keseluruhan. Keempat, sistem ini membantu industri untuk mematuhi peraturan terkait lingkungan dan kesehatan kerja, serta

berkontribusi dalam meningkatkan reputasi perusahaan sebagai entitas yang peduli terhadap isu-isu lingkungan. Terakhir, mampu mengurangi risiko kerusakan, kecelakaan, dan denda akibat pelanggaran regulasi, sistem ini berkontribusi pada efisiensi biaya operasional dalam jangka panjang.

Penerapan sistem monitoring online membawa banyak perubahan positif, termasuk pengurangan frekuensi pengecekan manual. Sebelumnya, pengecekan dilakukan dua kali per shift, kini cukup satu kali per shift. Penurunan frekuensi ini berdampak pada pengurangan jumlah limbah cair yang mengandung indigo, sehingga mengurangi beban pengelolaan limbah. Selain itu, *interlock* otomatis dan sensor ozon yang terhubung dengan panel instrumen dan PLC berfungsi untuk menghentikan proses pengolahan air secara otomatis ketika kadar ozon melampaui batas standar, sehingga mencegah kerusakan produk dan masalah kualitas (Kalaiyani, dkk, 2021). Sistem ini juga berkontribusi dalam efisiensi operasional melalui pemantauan berkesinambungan yang memungkinkan deteksi dini potensi masalah, mempercepat respons, dan meminimalkan gangguan dalam proses produksi (Fatkhurrahman, dkk. 2016). Teknologi otomatis yang diterapkan diharapkan dapat menjaga konsistensi kualitas produk, mengurangi timbulan limbah, dan meningkatkan produktivitas operasional secara keseluruhan. Dengan berkurangnya penggunaan bahan kimia indigo dan volume limbah B3, perusahaan juga memperoleh efisiensi biaya yang signifikan dalam operasional dan pengelolaan limbah

## KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, implementasi sistem monitoring online berperan penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung manajemen lingkungan. Dengan mengurangi frekuensi pengecekan manual menjadi satu kali per shift, volume limbah B3 dari pengujian manual dapat ditekan secara signifikan, mengurangi dampak lingkungan dan biaya operasional. Pengurangan 0,017 ton limbah B3 per semester menunjukkan adanya penurunan volume limbah kimia berbahaya. Dalam hal ini, limbah yang mengandung indigo dari pengecekan manual setelah implementasi sistem monitoring online. Sistem ini juga mampu menghentikan produksi secara otomatis melalui mekanisme interlock jika kadar ozon melebihi ambang batas, sehingga menjaga kualitas produk dan mencegah risiko. Integrasi otomatisasi, pemantauan real-time, dan analisis data memungkinkan industri untuk mematuhi regulasi emisi dan keselamatan kerja secara lebih efektif. Ke depan, sistem monitoring harus dikalibrasi secara berkala guna memastikan sensor bekerja akurat dan mekanisme interlock berfungsi tepat waktu. Selain kadar ozon, perusahaan disarankan untuk memonitor parameter kualitas lain secara otomatis demi meningkatkan kendali dan konsistensi proses produksi secara menyeluruh

## DAFTAR PUSTAKA

- Aprianto Y., Nurhasanah, and Sanubary I. 2018. Prediksi Kadar Particulate Matter (PM10) untuk Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Studi Kasus Kota Pontianak. *Jurnal Positron*, 8 (1), 15-23.
- Berezutskyi, V., Khondak, I., and Berezutska, N. 2021. Determining The Dynamics Of Carbon Monoxide Formation During Gas Welding Processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10), 33-39.
- Damayanti V and R. E. Handriyono. 2022. Monitoring Kualitas Udara Ambien Melalui Stasiun Pemantau Kualitas Udara Wonorejo, Kebonsari Dan Tandes Kota Surabaya. *Journal of Environment and Management*, 2 (1), 11-18.
- Fatkhurrahman, Sari I. J, and Pratiwi L. 2016. Verifikasi Sensor Partikulat Sebagai Instrumentasi Pemantauan PM2.5 dan PM10 berbasis Low Cost Sensor. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 10 (3), 25-32.
- Kalaivani G. and Mayilvahanan, P. 2021. Air Quality Prediction and Monitoring using Machine Learning Algorithm based IoT Sensor A Researcher's Perspective. *Jurnal Ilmu Informasi Komputer*, 8 (2): 44-52.
- Ratnani, D. 2018. Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel. *Jurnal Momentum*, 4(2), 27-32.
- Rumampuk G, Poekoel V., and Rumagit A. 2021. Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Informasi*, 17 (1), 11-18.
- Sabiq A., Nurmaya N., Alfarisi T., and Pratama A. 2017. Purwarupa Sistem Pemantauan Kualitas Udara dan Cuaca Melalui Web Berbasis Wireless Sensor Network. *JST: Jurnal Sains dan Teknologi*, 6 (2): 248-257.
- Sadali, M., Putra K., Kertawijaya I., and Gunawan I. 2022. Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara Dijalan

Raya Dengan Platform IOT. *INFOTEK: Jurnal Informasi dan Teknologi*, 5 (1), 11-21.

Setiawan P, Tanudjaja H, and S. Octaviani. 2019. Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik. *TESLA: Jurnal Teknologi Elektro*, 20 (2), 80-89.

Subagiyo H, Tri Wahyuni, Akbar M, and Ulfa P. 2021. Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Kualitas Udara. *Jurnal Sains dan Teknologi Informatika*, 18 (1), 72-80.