

Analisis Tidak Optimalnya Kinerja Aeration Blower Pada Sewage Treatment Plant Type SBT-40 di MV. Muhasyir

Bagus Purwo Samudra¹, Dirhamsyah², Elly Kusumawati³, Antonius Edy Kristiyono⁴, Agus Prawoto⁵
Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 12 Juni 2025

Revised: 28 Juni 2025

Accepted: 09 Juli 2022

Keywords:

aeration blower
environmental sustainability
planned maintenance system
preventive maintenance
sewage treatment plant

Published by

Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi
Copyright © 2023 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Pelayaran memiliki peran vital dalam sejarah, ekonomi, dan lingkungan, khususnya di negara kepulauan seperti Indonesia. Salah satu aspek penting dalam pengoperasian kapal modern adalah pengolahan limbah melalui Sewage Treatment Plant (STP), di mana aeration blower berfungsi menyediakan oksigen bagi bakteri aerob yang menguraikan limbah. Penelitian ini menganalisis ketidakoptimalan kinerja aeration blower pada STP tipe SBT-40 di kapal MV. Muhasyir. Penurunan tekanan udara dari 0,02 MPa menjadi 0,008 MPa menyebabkan bau tidak sedap dan gangguan proses biodegradasi. Metode penelitian meliputi observasi, wawancara, studi dokumentasi, dan tinjauan pustaka. Hasil menunjukkan kerusakan pada rotor dan bearing blower akibat kurangnya perawatan berkala dan pelaksanaan Planned Maintenance System (PMS) yang tidak konsisten. Faktor penyebab dianalisis menggunakan diagram fishbone, mencakup aspek manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran. Solusi yang diusulkan meliputi pelatihan teknis, inspeksi rutin, penggantian komponen aus, serta pemasangan sensor tekanan dan getaran. Penelitian ini menekankan pentingnya perawatan preventif dan sistem monitoring untuk menjaga efektivitas STP dalam mendukung pelayaran ramah lingkungan.

Shipping has a vital role in history, economy, and the environment, especially in an archipelagic country like Indonesia. One of the important aspects of modern ship operation is the treatment of waste through the Sewage Treatment Plant (STP), where the aeration blower functions to provide oxygen for aerobic bacteria that decompose waste. This study analyzes the non-optimal performance of aeration blower in SBT-40 type STP on MV ships. Muhasyir. A decrease in air pressure from 0.02 MPa to 0.008 MPa causes unpleasant odors and disruption of the biodegradation process. The research methods include observation, interviews, documentation studies, and literature reviews. The results showed damage to the rotor and blower bearings due to lack of periodic maintenance and inconsistent implementation of the Planned Maintenance System (PMS). The causative factors were analyzed using fishbone diagrams, including human, machine, method, material, environmental, and measurement aspects. The proposed solution includes technical training, regular inspections, replacement of wear components, and installation of pressure and vibration sensors. This study emphasizes the importance of preventive maintenance and monitoring systems to maintain the effectiveness of STPs in supporting environmentally friendly shipping.

Corresponding Author:

Bagus Purwo Samudra

Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Jl. Gunung Anyar Boulevard No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

Email: argasalam.cloth@gmail.com

PENDAHULUAN

Pelayaran adalah suatu kesatuan sistem yang terdiri atas angkutan di perairan, kepelabuhanan, keselamatan dan keamanan, serta perlindungan lingkungan maritim (Iiana, 2008). Aktivitas ini bukan hanya sekadar sarana transportasi, tetapi juga memiliki nilai sejarah dan budaya yang mendalam. Sejak zaman dahulu, pelayaran telah menjadi jalur utama dalam perdagangan antar daerah dan negara, memungkinkan pertukaran barang, ide, dan budaya. Pelayaran juga dijadikan sebagai sarana eksplorasi, migrasi, transportasi, militer, atau rekreasi sehingga memberikan pengaruh yang besar terhadap perekonomian suatu negara.

Indonesia adalah negara kepulauan (Archipelagic State) terbesar di dunia yang terdiri dari 17.499 pulau dan terletak pada posisi silang dunia, yaitu diantara dua samudera dan dua benua (Haryanto, 2015). Sebagai sebuah negara kepulauan transportasi perairan merupakan transportasi yang sangat dominan, sehingga diperlukan pengaturan dalam pelaksanaannya untuk menjamin kepastian hukum. Dalam konteks sejarah, pelayaran memiliki peran penting sebagai sarana untuk memperluas koneksi antar daerah, baik untuk pertukaran barang maupun budaya, misalnya, pada zaman dahulu, pelayaran digunakan untuk menjelajahi wilayah baru, menemukan jalur perdagangan, dan menjalin hubungan diplomatik antar bangsa, Jadi pelayaran merupakan pendorong utama interaksi antarwilayah di dunia, berkontribusi pada perkembangan ekonomi, budaya, dan teknologi. Perkembangannya dari aktivitas tradisional hingga modern menunjukkan betapa pentingnya pelayaran dalam sejarah peradaban manusia.

Menurut undang-undang nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, "kapal" adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah (et al., 2017), baik untuk membawa penumpang, barang, maupun keperluan khusus seperti eksplorasi, militer, atau penelitian. Kapal biasanya berukuran lebih besar dibandingkan perahu dan dilengkapi dengan teknologi canggih untuk keperluan navigasi, keamanan, dan efisiensi operasional. Kapal dapat dibedakan menjadi berbagai macam jenis sesuai dengan muatan yang akan diangkut oleh kapal tersebut dan salah satunya adalah kapal curah. Kapal curah, atau yang dikenal sebagai kapal kargo curah (bulk carrier). Bulk carrier merupakan jenis kapal yang digunakan untuk mengangkut barang atau muatan curah. Kapal ini biasanya dimanfaatkan oleh perusahaan semen dan pupuk untuk mengangkut bahan baku maupun produk dari perusahaan tersebut (Pamungkas et al., 2014). Agar pengoperasian kapal dapat berjalan dengan baik tentunya juga perlu adanya perawatan yang baik terhadap permesinan di kapal, baik mesin induk maupun permesinan bantu, salah satu permesinan bantu yang sangat penting di atas kapal adalah sewage treatment plant.

Menurut Hafaiz (2022) Sewage Treatment Plant adalah mesin bantu yang berguna untuk membuang limbah di kapal ke laut dan digunakan untuk mencegah polusi lingkungan laut. sistem ini berperan penting dalam menjaga kualitas lingkungan laut dan mematuhi peraturan yang berlaku untuk melindungi lingkungan maritim. Sewage Treatment Plant beroperasi dengan cara mempertahankan dan memperbanyak kehidupan bakteri pada limbah dengan memberikan oksigen kepada bakteri aerob sekitar (3,5-9,5 kg/cm²) agar bakteri aerob bisa menguraikan limbah-limbah tersebut, selain itu bahan kimia juga dapat digunakan untuk menguraikan limbah secara langsung namun berbahaya bagi lingkungan laut. (Hafaiz, 2022)

International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) tahun 1973, Diadopsi oleh Konvensi Internasional IMO tentang Polusi Laut dari 8 Oktober - 2 November 1973. Konvensi ini kemudian diubah dengan Protokol 1978, yang diselenggarakan oleh IMO 6-17 Februari 1978, konvensi sebagaimana dimodifikasi oleh 1978 dikenal sebagai Konvensi Internasional untuk Pencegahan Pencemaran dari kapal dan diubah oleh protokol 1978 yang menyangkut atau dalam bentuk singkat MARPOL 73/78/97, peraturan untuk berbagai sumber dari kapal, dan sesuai aturan 8 dari Marpol 73/78/97 ANNEX IV : kapal mengoperasikan suatu sewage treatment plant yang diakui dan telah disertifikasikan sesuai dengan Internasional Sewage Pollution Prevention Certificate 1973 (ISPP'73).

Menurut Alqowi (2019) limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik. Limbah mengandung zat-zat yang dapat merugikan manusia dan mempengaruhi kelestarian lingkungan. Perlu dipertimbangkan efek samping dari banyaknya kapal kargo, kapal penumpang dan lain-lain yang mengangkut ribuan orang setiap harinya, serta perlu dipertimbangkan seperti apa pembuangan limbah itu.

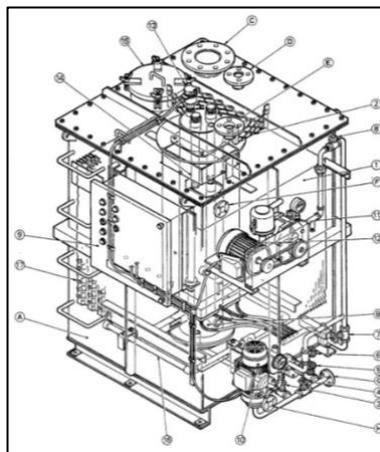
Limbah domestik yang tidak diolah mengandung bahan berbahaya seperti nitrogen, fosfor, bakteri patogen, dan senyawa kimia. Jika langsung dibuang ke laut, limbah ini dapat mengurangi kualitas air laut yang membuat air menjadi keruh, berbau, dan tercemar selain itu limbah yang tidak diolah dan langsung di buang ke laut dapat meracuni hingga membunuh biota yang ada di laut.

Bakteri aerob adalah jenis bakteri yang membutuhkan oksigen untuk memenuhi kebutuhan hidupnya seperti untuk pertumbuhan, respirasi, dan bereproduksi (Safitri, 2019). Bakteri aerob biasanya hidup di lingkungan yang kaya akan oksigen seperti di permukaan tanah dan air. Bakteri aerob sangat penting dalam siklus biogeokimia karena mereka dapat membantu menguraikan senyawa organik yang kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dan mudah diuraikan. Bakteri aerob memiliki peran penting dalam pengolahan limbah di Sewage Treatment Plant (STP) karena kemampuannya untuk menguraikan bahan organik dengan menggunakan oksigen. Proses ini dikenal sebagai biodegradasi aerob, yang sangat efektif dalam mengurangi kandungan polutan dalam limbah cair, Proses ini terjadi melalui respirasi aerobik, di mana oksigen digunakan sebagai akseptor elektron akhir. Tidak hanya itu bakteri aerob juga dapat mencegah bau tidak sedap yang timbul karena pembusukan anaerob sehingga menghasilkan gas berbau seperti hydrogen sulfida (H_2S).

Kehidupan bakteri aerob ini sangatlah bergantung pada kadar oksigen air limbah maka diperlukan pengisian udara setiap saat. namun sewage treatment plant sering mengalami gangguan pada sistem penambahan udara tersebut sehingga mengakibatkan pesawat tidak bekerja secara optimal, dimana saat kapal sedang melakukan perjalanan dari Kalimantan menuju Maluku, aeration blower pada sewage treatment plant yang telah dijalankan selama 2 hari mengalami penurunan tekanan udaranya sampai 0,008 Mpa , sehingga mengeluarkan aroma tidak sedap dari daerah sekitaran sewage treatment plant, hal ini diketahui penulis pada saat dinas jaga dan melaksanakan patroli diarea pesawat tersebut lalu mencium bau tidak sedap. tentu saja hal ini sangat berdampak pada optimalnya kinerja sewage treatment plant yang membuat bakteri aerob tidak bisa menguraikan limbah dengan baik. Berdasarkan latar belakang diatas dan seputar permasalahannya maka penulis membuat skripsi yang berjudul : “Analisis Tidak Optimalnya Kinerja Aeration Blower Pada Sewage Treatment Plant Type SBT-40 Di MV. MUHASYIR”.

URAIAN TEORI

Sewage Treatment Plant



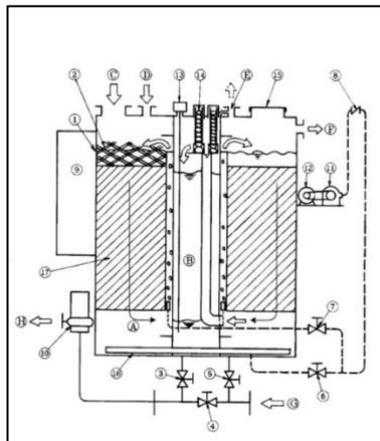
Gambar 1. Sewage Treatment Plant

Menurut Wassell (2005) dalam Saputra (2022) Sewage Treatment Plant adalah suatu pesawat

yang digunakan untuk mengolah atau memproses limbah dari kotoran manusia sehingga setelah di buang ke laut tidak menimbulkan pencemaran lingkungan yang berupa kekeruhan dan berbagai macam penyakit. Sewage treatment plant di atas kapal adalah sistem yang dirancang khusus untuk membersihkan air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan sehari-hari di kapal. Tujuan dari sewage treatment plant di kapal adalah untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan laut dan mematuhi regulasi lingkungan sesuai dengan International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). Disamping itu dengan keberadaan pesawat tersebut di kapal, akan mengurangi penyebaran bakteri dan virus dari berbagai macam penyakit yang di sebabkan oleh excreta, urine, dan air kotor. Oleh sebab itu limbah tidak boleh begitu saja dibuang ke laut, karena bisa mencemari daerah dermaga pelabuhan dan biota laut.

Air kotor yang masuk ke pesawat pengolah limbah mengandung bakteri tidak aktif. Bakteri akan menjadi aktif dengan adanya oksigen pada proses aerasi. Bakteri ini memperbanyak diri dengan adanya oksigen dalam air, sehingga cukup banyak untuk mencerna dan menyerap kotoran organik. Lumpur aktif ini akan menarik kotoran-kotoran halus yang larut, seperti sepotong magnet yang menarik partikel yang larut dalam air sehingga tidak mudah mengendap sendiri. Tetapi dengan adanya sifat magnetik lumpur yang mengendap ini akan membawa serta partikel-partikel kotoran halus ke dasar tangki pengendapan.

Prinsip Kerja Sewage Treatment Plant



Gambar 2. Sewage Treatment Plant

Kotoran atau tinja yang berasal dari toilet terlebih dahulu ditampung dalam satu tangki yang disebut dengan Collecting Tank, selanjutnya apabila Collecting Tank tersebut sudah penuh maka secara otomatis tinja tersebut ditransfer ke sewage treatment plant, yang mana terlebih dahulu posisi pengontrolan untuk high dan low level yang terdapat di Collecting Tank diposisikan pada auto. Tinja yang berasal dari Collecting Tank tersebut terlebih dahulu akan disaring oleh Screen Filter agar kotoran atau tinja yang bersifat kasar dapat diuraikan barulah masuk ke tangki yang pertama, didalam tangki aerasi tersebut tinja diberi udara bertekanan yang berasal dari Aeration Blower yang bertujuan menambah udara ke dalam tangki air dimana bakteri aerob akan memakan bakteri organik didalam air dengan bantuan oksigen dan mencegah terjadinya pengendapan. Suplai udara harus dilakukan terus menerus agar bakteri aerob tetap hidup untuk proses penguraian kotoran, bila bakteri aerob mati maka akan menyebabkan bau akibat kotoran yang tidak diolah. Selanjutnya tinja akan mengalir ke tangki yang kedua atau bisa disebut bio-filter tank, pada proses bio-filter tank ini air hasil penyaringan bakteri aerob akan dimasukkan ke sterilization compartment, bagian dimana mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah tersebut dinetralisir dengan sebuah tablet yang disebut dengan Chlorine tablet. Setelah tinja tersebut melalui sterilization compartment, maka untuk selanjutnya masuk ke tangki yang keempat atau sering disebut dengan setling tank dan secara otomatis tinja yang sudah dinetralisir yang berada di tangki yang keempat akan dibuang ke laut melalui sewage discharge pump yang sebelumnya pengontrolan diposisikan pada auto.

Mengingat pentingnya peranan Sewage Treatment Plant di kapal maka diperlukan perawatan pada bagian-bagiannya, seperti : saluran tinja yang dari toilet, collecting tank, aeration blower, sewage

pump, chlorine tablet tank , kebersihan tangki-tangki dari kotoran yang mengapung maupun yang mengendap dan lainnya yang mungkin dapat mengakibatkan tidak optimalnya kerja dari pesawat tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 13 bulan, dari 2 Agustus 2023 hingga 9 September 2024, saat penulis menjalani praktik layar di kapal MV. Muhasyir milik PT. Gurita Lintas Samudera. Tujuan utama penelitian adalah mengumpulkan data terkait optimalisasi kinerja aeration blower dalam mendukung operasional sewage treatment plant. Data diperoleh melalui pengamatan langsung, wawancara dengan kru kapal, serta studi pustaka dari dokumen dan literatur yang tersedia di kapal. Observasi menemukan tekanan udara pada aeration blower sangat rendah, ditandai dengan aroma tidak sedap di area sekitar sewage treatment plant, yang disebabkan oleh kurangnya pengawasan dan perawatan.

Analisis data dilakukan dengan metode Root Cause Analysis (RCA), yang bertujuan mengidentifikasi akar permasalahan dan memberikan solusi yang efektif agar masalah tidak terulang. Proses RCA mencakup identifikasi masalah, pengumpulan data faktual, penentuan faktor penyebab melalui teknik seperti pertanyaan “why”, drill down, dan fishbone diagram. Setelah akar penyebab diketahui, langkah selanjutnya adalah implementasi solusi melalui perbaikan dan perawatan komponen yang terdampak. Dengan pendekatan ini, diharapkan kinerja aeration blower dapat dioptimalkan, mendukung kelancaran operasi sewage treatment plant, dan menjaga kelestarian lingkungan laut.

HASIL PENELITIAN

Identifikasi Masalah

Sering tercium aroma yang tidak sedap di area sekitar instalasi pengolahan air limbah Sewage Treatment Plant . Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pressure gauge pada unit aeration blower , diketahui bahwa tekanan udara yang dihasilkan sangat rendah. Hal ini mengindikasikan adanya penurunan performa pada aeration blower , yang berdampak pada tidak optimalnya proses aerasi dalam sistem pengolahan air limbah. Kondisi tersebut diduga menjadi penyebab utama timbulnya bau tidak sedap di lingkungan sekitar instalasi.

Pengumpulan Data

Berikut data spesifikasi aeration blower di kapal MV. Muhasyir:

Tabel 1 Spesifikasi Aeration Blower type TSA-40

| | |
|--------------------------|------------------------|
| <i>Maker</i> | FU-TSU MACHINERY |
| <i>Type</i> | TSA-40 |
| <i>Discharge</i> | 0.02 Mpa |
| <i>Bore</i> | 40 mm |
| <i>Capacity</i> | 600 l/min |
| <i>Revolution</i> | 1250 min ⁻¹ |
| <i>Lub. Oil Capacity</i> | TURBINE OIL VG 68 |
| <i>Grease No.</i> | No.2 |

Hasil Observasi

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada tanggal 8–9 Mei 2025 di kapal MV. Muhasyir, ditemukan bahwa penurunan tekanan udara pada aeration blower sewage treatment plant (STP) disebabkan oleh kerusakan komponen internal, khususnya keausan pada rotor dan bearing blower. Gejala awal ditandai dengan munculnya bau tidak sedap di sekitar area STP dan turunnya tekanan udara dari 0,02 MPa menjadi 0,008 MPa, disertai getaran berlebih pada blower. Upaya perbaikan diawali dengan pembersihan filter udara dan pengecekan v-belt, namun tidak memberikan hasil signifikan.

Berdasarkan keputusan kepala kamar mesin, dilakukan overhaul pada blower yang mengungkap kondisi internal kotor serta komponen rotor dan bearing yang aus. Setelah dilakukan pembersihan dan penggantian komponen dengan suku cadang yang tersedia, tekanan udara berhasil dikembalikan ke nilai normal sebesar 0,02 MPa, dan proses penguraian limbah kembali optimal. Temuan ini menegaskan pentingnya perawatan rutin dan berkala pada sistem aerasi STP guna menjamin efektivitas pengolahan limbah serta mencegah pencemaran lingkungan laut.

Hasil Dokumentasi

Dokumentasi penelitian ini terdiri atas arsip kapal, laporan kerusakan (Engine Damage Report), serta foto-foto visual kondisi komponen aeration blower yang mengalami kerusakan. Laporan tersebut disusun oleh Masinis 4 dan disahkan oleh Kepala Kamar Mesin, kemudian dikirim ke Technical Superintendent sebagai bentuk pelaporan resmi serta bahan evaluasi dan arsip permesinan kapal. Laporan mencatat terjadinya penurunan tekanan udara pada aeration blower pada tanggal 8 Mei 2025 saat kapal berlayar menuju Maluku, yang mengakibatkan proses penguraian limbah tidak berjalan optimal. Bukti visual berupa foto-foto yang terlampir dalam penelitian ini mendukung hasil observasi, mulai dari kondisi awal blower yang menunjukkan keausan pada rotor dan bearing, proses overhaul, hingga pemasangan kembali dan pengujian akhir. Foto-foto tersebut juga mencakup dokumentasi pembersihan filter udara, perawatan elektro motor, dan hasil running test yang menunjukkan tekanan udara kembali normal. Seluruh dokumentasi ini menegaskan pentingnya tindakan preventif dan pemeliharaan berkala pada sistem aeration blower guna menjamin kinerja optimal sewage treatment plant serta mendukung pengolahan limbah kapal yang sesuai dengan regulasi.

Hasil Wawancara

Hasil wawancara yang dilakukan penulis dengan Kepala Kamar Mesin (KKM), Masinis 2, dan Masinis 4 di kapal MV. Muhasyir menguatkan temuan teknis terkait penurunan tekanan udara pada aeration blower dan dampaknya terhadap kinerja sewage treatment plant (STP). Validasi rubrik wawancara dilakukan terlebih dahulu oleh Masinis 2 untuk menjamin keakuratan data. Dari wawancara tersebut, KKM menekankan bahwa penyebab utama tidak optimalnya blower adalah kurangnya disiplin dalam pelaksanaan Planned Maintenance System (PMS), serta kurangnya perhatian terhadap komponen internal seperti bearing dan rotor. Masinis 2 menambahkan bahwa umur pakai komponen yang melebihi tiga tahun dan kurangnya perawatan berkala turut mempercepat keausan komponen, sehingga tekanan udara menurun drastis dari 0,02 MPa menjadi 0,008 MPa. Sementara itu, Masinis 4 mengidentifikasi penyebab tambahan seperti penyumbatan saluran udara dan kemungkinan kebocoran pipa. Ketiganya sepakat bahwa dampak dari blower yang tidak optimal mencakup terganggunya suplai oksigen untuk bakteri aerob, yang berujung pada proses penguraian limbah yang tidak sempurna dan berpotensi mencemari lingkungan laut. Solusi yang diambil meliputi tindakan overhaul blower, penggantian komponen yang aus, serta penegakan kembali pelaksanaan PMS dan inspeksi rutin. Wawancara ini memperkuat pentingnya perawatan preventif dan pengawasan teknis berkala dalam menjaga kinerja sistem STP secara optimal.

Tabel 2. Kesimpulan Hasil Wawancara

| Narasumber | Faktor Penyebab Masalah | Dampak Yang Terjadi | Upaya Penyelesaian Masalah |
|------------|---|---|---|
| KKM | Penyebab utama dari tidak optimalnya kinerja <i>aeration blower</i> adalah kurangnya disiplinnya pelaksanaan <i>Planned</i> | Dampaknya tekanan udara blower menurun drastis, sehingga proses penguraian limbah menjadi anaerob dan | KKM menganjurkan dilakukan <i>overhaul</i> blower dan menetapkan jadwal inspeksi berkala agar |

| Narasumber | Faktor Penyebab Masalah | Dampak Yang Terjadi | Upaya Penyelesaian Masalah |
|------------|--|--|--|
| | <i>Maintenance System</i> (PMS). Kru kapal sering mengabaikan pemeriksaan rutin, terutama pada bagian dalam blower seperti rotor dan bearing. | menimbulkan bau tidak sedap. Untuk mengatasi masalah tersebut. | kinerja blower tetap optimal. |
| Masinis 2 | Masinis 2 menekankan bahwa usia pakai blower yang sudah lebih dari tiga tahun dan minimnya perawatan menjadi penyebab utama penurunan tekanan udara. Komponen-komponen penting seperti filter, <i>v-belt</i> , rotor, dan <i>bearing</i> mengalami keausan, sehingga blower tidak dapat menghasilkan tekanan udara yang cukup. | Akibatnya, proses pengolahan limbah terganggu karena limbah tidak terurai dengan sempurna. | Upaya yang dilakukan adalah penggantian komponen yang rusak serta pelaksanaan perawatan sesuai prosedur di <i>manual book</i> . |
| Masinis 4 | Masinis 4 menyampaikan bahwa kerusakan terjadi akibat kurangnya pengecekan kondisi internal blower. Komponen seperti filter dan rotor ditemukan dalam keadaan sangat kotor dan aus. | Turunnya tekanan udara dari 0,02 MPa menjadi 0,008 MPa menyebabkan suplai oksigen untuk bakteri aerob tidak mencukupi. | Melakukan <i>overhaul</i> , mengganti komponen yang rusak, dan memastikan blower kembali normal melalui <i>running test</i> . Menyusun ulang jadwal perawatan dan dokumentasi kerusakan sebagai langkah preventif. |

Hasil Tinjauan Pustaka

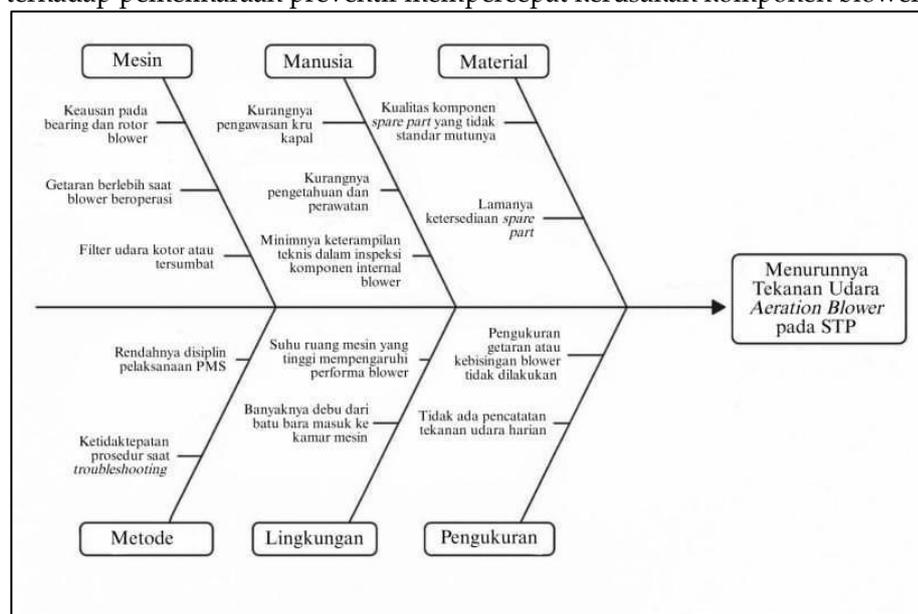
Tinjauan pustaka dalam penelitian ini mencakup kajian terhadap teori dasar serta dokumentasi teknis mengenai sistem sewage treatment plant (STP), khususnya fokus pada karakteristik dan perawatan aeration blower. Sumber utama yang digunakan meliputi buku instruksi manual mesin STP dan aeration blower, yang memberikan pemahaman mendalam mengenai prinsip kerja, pengoperasian, serta langkah-langkah teknis dalam perawatan komponen sistem. Pengetahuan ini penting untuk menjelaskan korelasi antara kinerja blower dan efektivitas proses aerasi dalam pengolahan air limbah, serta untuk mengidentifikasi potensi masalah teknis yang dapat memengaruhi efisiensi sistem secara keseluruhan. Instruksi manual tersebut memberikan dua bagian utama yaitu panduan pengoperasian dan panduan perawatan rutin. Pada aspek pengoperasian, langkah-langkah teknis dijelaskan secara sistematis mulai dari aktivasi sistem, pengecekan arah putaran pompa, pengisian air hingga pemantauan level air, serta

pengaktifan blower dengan prosedur pengecekan oli dan arah putaran yang sesuai standar pabrikan. Sementara itu, panduan perawatan meliputi inspeksi suara dan getaran, pengecekan tekanan udara buang, volume oli, kebersihan filter, kekencangan V-belt, hingga penggantian komponen yang mengalami keausan. Seluruh prosedur ini bertujuan untuk menjaga performa optimal blower agar mendukung proses aerasi yang efisien dalam pengolahan air limbah.

Identifikasi Faktor Penyebab Masalah

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka, tidak optimalnya kinerja aeration blower pada sewage treatment plant (STP) di kapal MV. Muhasyir disebabkan oleh penurunan tekanan udara dari 0,02 MPa menjadi 0,008 MPa. Hal ini mengakibatkan suplai oksigen ke tangki aerasi tidak mencukupi, sehingga proses penguraian limbah oleh bakteri aerob terganggu dan menimbulkan bau tidak sedap serta potensi pencemaran laut.

Akar permasalahan utamanya adalah keausan pada bearing dan rotor blower akibat tidak dilaksanakannya perawatan berkala sesuai Planned Maintenance System (PMS). Ketiadaan inspeksi rutin, keterlambatan dalam mendeteksi gejala kerusakan seperti getaran berlebih, serta rendahnya pemahaman kru terhadap pemeliharaan preventif mempercepat kerusakan komponen blower.



Gambar 3. Fishbone

Untuk menelusuri akar permasalahan secara sistematis, digunakan pendekatan fishbone diagram yang mengelompokkan faktor-faktor penyebab ke dalam enam kategori utama, yaitu: Manusia, Mesin, Metode, Material, Lingkungan, dan Pengukuran.

1. Manusia

Permasalahan kinerja blower sebagian besar disebabkan oleh kelalaian dalam aspek sumber daya manusia. Kru kapal belum memiliki kesadaran yang tinggi terhadap pentingnya pemeliharaan aeration blower secara berkala. Selain itu, kurangnya pengetahuan teknis tentang komponen-komponen internal blower, seperti bearing dan rotor, menyebabkan gejala awal kerusakan tidak dikenali sejak dini. Ketiadaan pelatihan rutin dan minimnya dokumentasi pengalaman teknis turut memperburuk situasi.

2. Mesin

Komponen blower mengalami keausan, khususnya pada bearing dan rotor, akibat waktu pakai yang melewati usia ideal serta kondisi operasional yang berat. Tidak adanya sistem deteksi dini

terhadap getaran berlebih maupun penurunan tekanan menyebabkan kerusakan tidak terdeteksi tepat waktu. Selain itu, tidak tersedianya sistem cadangan (redundancy) menjadikan blower yang rusak tidak dapat segera digantikan.

3. Metode

Metode pemeliharaan yang diterapkan tidak konsisten dengan standar Planned Maintenance System (PMS). Beberapa prosedur penting, seperti inspeksi rutin dan jadwal overhaul berkala, tidak dilaksanakan secara sistematis. Ketidaktepatan prosedur saat troubleshooting, seperti hanya membersihkan filter tanpa memeriksa komponen internal, juga menjadi penyebab kegagalan perbaikan pada tahap awal.

4. Material

Kualitas komponen suku cadang yang digunakan belum dapat dipastikan standar mutunya. Spare part blower seperti bearing dan rotor tidak diganti sesuai spesifikasi pabrik. Selain itu, ketersediaan suku cadang yang terbatas di kapal menyebabkan proses perbaikan harus menunggu pengadaan dari darat, sehingga blower dibiarkan dalam kondisi rusak lebih lama.

5. Lingkungan

Kondisi ruang mesin yang panas, lembab, dan banyaknya debu dari batu bara masuk ke kamar mesin memberikan kontribusi terhadap percepatan kerusakan komponen blower. Sistem ventilasi ruang blower yang kurang optimal memperburuk keausan mekanis dan menyebabkan penyumbatan filter lebih cepat.

6. Pengukuran

Ketiadaan alat ukur tekanan udara yang dapat memantau perubahan tekanan secara monitoring dan tersambung ke engine control room mengakibatkan kerusakan blower tidak segera diketahui. Selain itu, pengukuran getaran atau kebisingan blower tidak dilakukan secara berkala karena tidak tersedianya alat ukur getaran (vibration meter) dan sound level meter di atas kapal.

Implementasi dan solusi

Untuk mengatasi permasalahan tidak optimalnya kinerja aeration blower pada sewage treatment plant (STP) di kapal MV. Muhasyir, diperlukan implementasi solusi yang menyeluruh berdasarkan hasil analisis fishbone. Dari aspek sumber daya manusia, perlu dilakukan pelatihan teknis secara berkala bagi kru kapal guna meningkatkan pemahaman mengenai perawatan dan tanda-tanda awal kerusakan aeration blower. Disamping itu, diterapkan prosedur tetap berupa inspeksi harian dan mingguan yang terdokumentasi, serta evaluasi rutin terhadap pelaksanaan Planned Maintenance System (PMS) oleh setiap personel mesin. Dari sisi mesin, dilakukan overhaul berkala terhadap blower, termasuk penggantian rotor dan bearing secara preventif, serta penambahan blower cadangan dan sensor tekanan atau getaran otomatis untuk mendeteksi kerusakan lebih dini.

Dari aspek metode, perawatan harus mengikuti prosedur standar yang telah ditetapkan dalam manual book. Hal ini didukung dengan pencatatan log book perawatan yang sistematis dan checklist inspeksi yang harus ditandatangani oleh teknisi dan diverifikasi oleh kepala kamar mesin. Sementara itu, pada aspek material, penggunaan suku cadang original dan berkualitas harus diprioritaskan, serta memastikan tersedianya komponen penting seperti v-belt, rotor, dan bearing dalam kondisi siap pakai di atas kapal. Pada aspek lingkungan, perlu dilakukan perbaikan sistem ventilasi dan pembersihan rutin area blower agar tidak terjadi overheat atau kelembaban berlebih yang dapat mempercepat kerusakan komponen.

Terakhir, dari aspek pengukuran, diperlukan pengadaan alat ukur tekanan dan getaran yang terkalibrasi secara berkala serta pemasangan sistem pemantauan digital untuk mencatat parameter operasi blower secara real-time. Dengan pelaksanaan solusi-solusi ini secara konsisten, diharapkan aeration blower dapat beroperasi secara optimal sehingga mendukung efektivitas proses pengolahan limbah dan menjaga kelestarian lingkungan laut dari pencemaran.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka yang dilakukan selama praktik laut di kapal MV. Muhasyir, ditemukan bahwa tidak optimalnya kinerja aeration blower pada *sewage treatment plant* (STP) type SBT-40 disebabkan oleh kerusakan mekanis pada komponen inti blower, seperti rotor dan bearing. Kondisi ini memicu penurunan tekanan udara secara signifikan dari tekanan normal 0,02 MPa menjadi hanya 0,008 MPa. Hal tersebut berdampak langsung terhadap proses biologis penguraian limbah yang sangat bergantung pada keberadaan oksigen terlarut dalam tangki aerasi. Ketika tekanan udara tidak mencukupi, suplai oksigen menjadi minim dan menyebabkan bakteri aerob tidak mampu bekerja secara optimal dalam mengurai limbah organik.

Kondisi tersebut diperparah dengan tidak dilaksanakannya perawatan secara berkala sesuai dengan sistem *Planned Maintenance System* (PMS). Hasil wawancara dengan Kepala Kamar Mesin dan Masinis 2 menunjukkan bahwa inspeksi rutin terhadap blower sering kali diabaikan, terutama pada bagian dalam seperti bearing dan rotor yang tidak kasat mata. Keausan pada kedua komponen tersebut menimbulkan getaran berlebih saat blower beroperasi dan menurunkan kemampuan *blower* dalam menghasilkan tekanan udara. Selain itu, umur pakai komponen yang sudah cukup lama tanpa penggantian juga turut menjadi faktor pemicu utama penurunan performa blower.

Dampak dari kerusakan ini tidak hanya dirasakan dari sisi teknis, namun juga berdampak terhadap aspek lingkungan. Limbah yang tidak terurai secara sempurna menghasilkan bau tidak sedap di sekitar area STP, yang menjadi indikasi kuat bahwa proses biodegradasi aerob tidak berjalan. Lebih jauh, bila limbah tersebut dibuang ke laut dalam kondisi belum steril, maka akan mencemari ekosistem laut dan melanggar ketentuan Annex IV MARPOL 73/78. Hal ini berpotensi menjadi temuan serius saat dilakukan inspeksi oleh pihak otoritas pelayaran.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, tim teknis di kapal mengambil langkah perbaikan dengan melakukan overhaul terhadap aeration blower. Komponen-komponen yang aus seperti bearing dan rotor diganti dengan yang baru, dan bagian dalam casing dibersihkan dari kotoran yang menghambat perputaran rotor. Setelah proses perakitan ulang dan pengujian (*running test*), tekanan udara blower kembali mencapai nilai normal, yaitu 0,02 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan telah berhasil mengembalikan fungsi aeration blower ke kondisi optimal.

Selain tindakan teknis, pembenahan dari sisi manajemen perawatan juga sangat diperlukan. Penjadwalan ulang *Planned Maintenance System* secara disiplin harus diterapkan dan didokumentasikan dengan baik. Selain itu, kru kapal juga perlu diberikan pelatihan berkala mengenai pengenalan dini tanda-tanda kerusakan blower serta tata cara inspeksi yang benar. Disarankan pula untuk menyediakan alat bantu pengukuran tekanan dan getaran yang terkalibrasi secara berkala guna memastikan deteksi dini atas penurunan performa blower.

Melalui kombinasi antara tindakan teknis (*corrective maintenance*) dan strategi manajerial (*preventive maintenance*), diharapkan kinerja aeration blower tetap optimal dalam jangka panjang, sehingga proses pengolahan limbah di atas kapal dapat berjalan efektif dan tidak mencemari lingkungan laut.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tidak optimalnya kinerja aeration blower pada *sewage treatment plant* (STP) tipe SBT-40 di kapal MV. Muhasyir disebabkan oleh beberapa faktor utama. Faktor-faktor tersebut meliputi keausan komponen internal seperti rotor dan bearing, pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) yang belum optimal, serta kurangnya pemahaman kru terhadap prosedur perawatan blower. Kondisi ini mengakibatkan penurunan signifikan pada tekanan udara, yaitu dari nilai normal sebesar 0,02 MPa menjadi hanya 0,008 MPa. Penurunan tekanan ini menyebabkan pasokan oksigen ke dalam sistem aerasi berkurang, sehingga bakteri aerob tidak dapat menjalankan proses dekomposisi limbah organik secara efektif. Dampak dari menurunnya kinerja aeration blower sangat signifikan terhadap efisiensi sistem

pengolahan limbah secara keseluruhan. Kurangnya suplai oksigen menyebabkan aktivitas mikroorganisme pengurai limbah menjadi tidak optimal, yang kemudian memicu timbulnya bau tidak sedap dari tangki aerasi. Selain menurunkan kualitas pengolahan limbah, kondisi ini juga berpotensi mencemari lingkungan laut dan bertentangan dengan ketentuan MARPOL Annex IV yang mengatur pembuangan limbah kapal. Untuk mengatasi permasalahan ini, dilakukan tindakan perbaikan berupa overhaul pada unit blower, termasuk pembersihan bagian dalam, penggantian rotor dan bearing yang aus, serta pengujian tekanan udara setelah perakitan. Setelah tindakan perbaikan dilakukan, tekanan udara kembali normal pada angka 0,02 MPa. Di samping tindakan teknis, solusi jangka panjang yang diusulkan mencakup peningkatan disiplin dalam pelaksanaan PMS, pelatihan teknis bagi kru kapal tentang perawatan STP, serta pengadaan alat ukur getaran dan tekanan sebagai sistem deteksi dini terhadap potensi kerusakan.

REFERENSI

- Ari, H. P. (2008). Metode Analisis Akar Masalah dan Solusi. *Makara Sosial Humaniora*, 12(2), 72–81.
- Aslam, A. P. (2023). *Metodologi Penelitian*. 35.
- Aulia, T. (2023). Teknik Analisis Data: Pengertian, Jenis dan Cara Memilihnya. *Teknik Analisis Data: Pengertian, Jenis Dan Cara Memilihnya*.
- Budi Alqowi, A. (2019). Analisa Pengaruh Perbedaan Tekanan Terhadap Nilai Rm dan α Pada Filtrasi Lumpur Limbah Dengan Menggunakan Plate and Frame Filter Press. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.
- Creswell. (2013). Bagaimana Simbol Komunikasi Pada Kelompok Touring? Studi Interaksi Simbolik Pada Anggota Komunitas Fast Rider Di Bandung, 71–92.
- Christian, Agung S., J. M. (2020). Penerapan Metode Root Cause Analysis (Rca) Untuk Menentukan Akar Penyebab Keluhan Konsumen Destree Christian, Agung S., Jefferson Mende Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 7(2), 111–124.
- Eni. (1967). Metode Penelitian. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., Mi, 5–24.
- G, S. G. (2013). Analisis Deskriptif Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kenyamanan Membaca Pemustaka. *Diponegoro University | Institutional Repository (UNDIP-IR)*, 37–54.
- Hafaiz, L. S. H. (2022). Analisis Kinerja Sewage Treatment Plant dalam Upaya Menjaga Kelestarian Lingkungan Laut di Kapal KM. Niki Barokah. Makassar : Diploma IV Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
- Haryanto, A. (2015). Faktor Geografis dan Konsepsi Peran Nasional sebagai Sumber Politik Luar Negeri Indonesia. *Jurnal Hubungan Internasional*, 4(2), 136–147.
- Hasil Karya Ilmiah, J., Pengaruh Kedalaman, A., Tinggi Gelombang Perairan Terhadap Olah Gerak Kapal Hafidh Ivandri, S., & Pujo Mulyatno, I. (2017). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(4), 785.
- Iiana, B. A. B. (2008). Hussyen Umar, Hukum Maritim dan Masalah-Masalah Pelayaran di Indoneisa : Buku I , Pustaka Sinar Harapan, Jakarta, 2001, hlm. 9. 1 26. 26–54.
- Iii, B. a B. (2008). Bab iii metodologi penelitian. i, 16–28.
- Jannatul Aulia, & Bashori. (2024). Penyusunan Kerangka Berpikir Dalam Penelitian. *Univeristas Islam Negeri Antasari Banjarmasin*, 1–5.
- Jireh, C. H. (2024). Optimalisasi Plan Maintenance System Aeration Blower guna Meningkatkan Kinerja Sewage Treatment Plant di Kapal MV. CNC LION. Jakarta : Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
- Mudasir. (2024). Wawancara dan Observasi. In *Pembangunan DAM (Issue July)*.
- Muri Yusuf, M. P. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif & Penelitian Gabungan. Muri Yusuf.
- Nafik, A. U. (2024). Analisis Kurang Optimalnya Kinerja Sewage Treatment Plant terhadap Kelestarian Lingkungan Laut di MV. Pan Energen. Semarang : Diploma IV Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

- Noor, J. (2016). *Metodologi Penelitian: Skripsi, Tesis, Disertase, & Karya Imiah*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Pamungkas, Samuel, & Mulyatno, imam pujo. (2014). Perancangan Kapal Bulk Carrier 6200 Dwt Untuk Rute Pelayaran Jakarta - Palngkaraya. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2(2), 343-354.
- Pencemaran, P., Kapal, D., & Kotoran, O. (n.d.). KALK III B. 13-16.
- Pipit Muliyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, T. (2020). *Journal GEEJ*, 7(2), 9-27.
- Rahman, J. H. (2021). Jenis jenis data penelitian. *Jurnal Teknik Pengumpulan Data Dalam Rancangan Penelitian*, August, 1-7.
- Safitri, I. (2019). Pemantauan Mikroorganisme Bakteri Aerob Udara Melayang Pada Ruang Rawat Inap Kemuning Tuberkulosis Dan Ruang Anturium Di Rsup. Hasan Sadikin Bandung. Skripsi, 1-15.
- Saputra, A. T. (2022). Analisis Rusaknya Vacuum Pump Terhadap Kinerja Sewage Treatment Plant di MV. SPIL NITA. Semarang : Diploma IV Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- Saputra, Y. (2023). Optimalisasi Penggunaan Sewage Treatment Plant Guna Mengurangi Pencemaran laut Di MT. ZANTORO. Semarang : Diploma IV Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- Sari, M. S., & Zefri, M. (2019). Pengaruh Akuntabilitas, Pengetahuan, dan Pengalaman Pegawai Negeri Sipil Beserta Kelompok Masyarakat (Pokmas) Terhadap Kualitas Pengelola Dana Kelurahan Di Lingkungan Kecamatan Langkapura. *Jurnal Ekonomi*, 21(3), 311.
- Sari, R. N. I., & Hadijah, H. S. (2016). Peningkatan Kinerja Pegawai Melalui Kepuasan Kerja Dan Disiplin Kerja. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 1(1), 204.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. In Alvabeta. CV.
- Wassell, M. (2005). *The IEE Computing and Control Engineering*. 25.
- Wibowo, L. T. (2019). Pengaruh Tidak Optimalnya Kerja Sewage Treatment Plant terhadap Kelestarian Lingkungan Laut Di MT. Gas Eva. Semarang : Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.