



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**STUDI KASUS KERUSAKAN MESIN WET SCRUBBER
MENGUNAKAN METODE *PREVENTIVE
MAINTENANCE* DI PT ANTAM UBPP LOGAM
MULIA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:

Sani Rachma Aprilia

NIM. 2202311010

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**STUDI KASUS KERUSAKAN MESIN WET SCRUBBER
MENGUNAKAN METODE *PREVENTIVE*
MAINTENANCE DI PT ANTAM UBPP LOGAM
MULIA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Sani Rachma Aprilia

NIM. 2202311010

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2025**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

**STUDI KASUS KERUSAKAN MESIN *WET SCRUBBER* MENGGUNAKAN
METODE *PREVENTIVE MAINTENANCE* DI PT ANTAM UBPP LOGAM MULIA**

Oleh:

Sani Rachma Aprilia

NIM. 2202311010

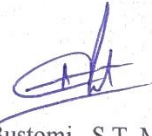
Program Studi Diploma Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir sudah disetujui oleh pembimbing.

Pembimbing 1


Drs. Nugroho Eko
Setijogiarto. Dipl.Ing. MT.
NIP. 196512131992031001

Pembimbing 2


Ahmad Bustomi, S.T.,M.Tr.T.
NIP. 199107252024061001

Kepala Program Studi
Diploma Teknik Mesin


Budi Yuwono, S.T.
NIP. 196306191990031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

STUDI KASUS KERUSAKAN MESIN *WET SCRUBBER*
MENGUNAKAN METODE *PREVENTIVE MAINTENANCE* DI PT
ANTAM UBPP LOGAM MULIA

Oleh:

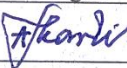
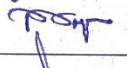
Sani Rachma Aprilia

NIM. 2202311010

Program Studi Diploma Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 19 Juni 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Diploma Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin.

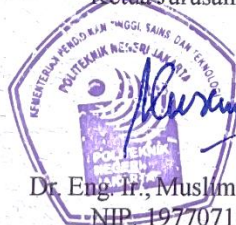
DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Ir. Agus Sukandi, M.T. NIP. 196006041998021001	Penguji 1		19 Juni 2025
2	Budi Yuwono, S.T. NIP. 196306191990031002	Pengujii 2		19 Juni 2025
3	Drs. Nugroho Eko Setijogiarto. Dipl.Ing. MT. NIP. 196512131992031001	Penguji 3/moderator		19 Juni 2025

Depok, 19 Juni 2025

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE.
NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sani Rachma Aprilia

NIM : 2202311010

Program Studi : Diploma Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 19 Juni 2025



Sani Rachma Aprilia

NIM. 2202311010



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STUDI KASUS KERUSAKAN MESIN *WET SCRUBBER* MENGUNAKAN METODE *PREVENTIVE* *MAINTENANCE* DI PT ANTAM UBPP LOGAM MULIA

Sani Rachma Aprilia¹⁾, Nugroho Eko Setijogiarto¹⁾, Ahmad Bustomi¹⁾

- ¹⁾ Program Studi Diploma Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16424.

Email: sani.rachma.aprilia.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Sistem *wet scrubber* sebagai alat pengendali polusi udara, yang bekerja dengan menyemprotkan cairan ke dalam aliran gas kotor guna menangkap serta mengikat zat pencemar yang tidak diinginkan [1]. Dalam kegiatan ini, dilakukan pengamatan terhadap dua unit *scrubber*, yaitu *Scrubber Peleburan 2* dan *Scrubber High Speed Gold Electrolysis (HSGE)*. Data yang diperoleh diolah menggunakan parameter-parameter pemeliharaan seperti laju kerusakan, keandalan, laju perawatan preventif, rata-rata waktu perawatan preventif, serta indikator waktu seperti *MTBM (Mean Time Between Maintenance)*, *MTBF (Mean Time Between Failure)*, dan *MTTR (Mean Time To Repair)* dan *achieved availability*. Dari hasil penghitungan, diketahui bahwa nilai *Achieved Availability* dan laju perawatan preventif paling tinggi adalah *Scrubber High Speed Gold Electrolysis (HSGE)* mencapai 99,72% dan 99,93% hal ini tidak serta-merta menjamin bahwa komponen *scrubber* tidak mengalami kerusakan. Salah satu kendala utama yang ditemukan paling banyak adalah pada bagian motor *impeller*. Untuk mengurangi kerusakan komponen, *preventif maintenance* harus dilakukan seperti pemeriksaan suhu motor secara berkala, pelumasan secara rutin, serta *coating* atau menggunakan material yang tahan korosi untuk mencegah timbulnya getaran akibat erosi pada *blade*.

Kata kunci: *wet scrubber, preventif maintenance, keandalan, Availability.*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STUDI KASUS KERUSAKAN MESIN WET SCRUBBER MENGUNAKAN METODE *PREVENTIVE* *MAINTENANCE* DI PT ANTAM UBPP LOGAM MULIA

Sani Rachma Aprilia¹⁾, Nugroho Eko Setijogiarto¹⁾, Ahmad Bustomi¹⁾

¹⁾ *Mechanical Engineering Diploma Study Program, Mechanical Engineering Major,
Jakarta State Polytechnic, University of Indonesia, Depok, 16424.*

Email: sani.rachma.aprilia.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

The wet scrubber system as an air pollution control device, which works by spraying liquid into the dirty gas flow to capture and bind unwanted pollutants [1]. In this activity, observations were based on two scrubber units, namely the Smelting Scrubber 2 and the High Speed Gold Electrolysis (HSGE) Scrubber. The data obtained were processed using maintenance parameters such as failure rate, reliability, preventive maintenance rate, average preventive maintenance time, and time indicators such as MTBM (Mean Time Between Maintenance), MTBF (Mean Time Between Failure), and MTTR (Mean Time To Repair) and achieved availability. From the calculation results, it is known that the highest Achieved Availability value and preventive maintenance rate are the High Speed Gold Electrolysis (HSGE) Scrubber reaching 99.72% and 99.93%, this does not necessarily guarantee that the scrubber components are not damaged. One of the main obstacles found most is in the impeller motor section. To reduce component damage, preventive maintenance must be carried out, such as regular motor temperature checks, routine lubrication, and coating or using corrosion-resistant materials to prevent vibrations due to blade erosion.

Keywords: wet scrubber, preventif maintenance, reliability, Achieved Availability.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Kasus Kerusakan Mesin *Wet Scrubber* Menggunakan Metode *Preventive Maintenance* DI PT ANTAM UBPP LOGAM MULIA”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Dipoma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

- 1) Ibu, keluarga kakak, kucing dan hamster serta seseorang yang istimewa karena telah memberikan doa dan semangat kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
- 2) Bapak Dr. Eng. Ir., Muslimin, S.T., M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.
- 3) Bapak Budi Yuwono, S.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
- 4) Bapak Drs. Nugroho Eko Setijogiarto. Dipl.Ing. MT. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, bantuan dan mengarahkan dalam pelaksanaan dan penyelesaian Tugas Akhir.
- 5) Bapak Ahmad Bustomi, S.T.,M.Tr.T. selaku dosen pembimbing kedua yang juga memberikan bimbingan, bantuan dan mengarahkan dalam pelaksanaan dan penyelesaian Tugas Akhir.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 6) Seluruh karyawan PT Antam UBPP Logam mulia terkhusus di Departemen *Maintenance* baik di kantor ataupun di lapangan yang telah berbagi ilmu dan pengalaman.
- 7) Teman-teman Teknik Mesin yang telah memberikan hiburan, candaan, dan bantuan baik dikampus maupun diluar kampus terutama Nur Hidayah yang telah menjadi teman sebangku dan bersama sejak awal perkuliahan hingga akhir ini.
- 8) Para sahabat saya yang telah menemani perjalanan hidup dan studi ini, yaitu Afifah DKK yang telah menjadi sahabat sejak kecil, Alissiya dan Seven Girls Macho sejak masa SMP, serta Tripiyemi dan Fitria DKK yang menjadi sahabat saya selama di SMK.
- 9) Kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir saya.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada Bidang Teknik Mesin.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 06 Juni 2025

Sani Rachma Aprilia

NIM. 2202311010



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	2
1.3. Manfaat Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	2
1.4. Metode Penulisan Laporan Tugas Akhir	2
1.5. Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konsep Dasar Maintenance	5
2.1.1 Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	5
2.1.2 Jenis – jenis perawatan	6
2.2 Mesin <i>Wet Scrubber</i>	7
2.2.1 Prinsip dasar <i>wet scrubber</i>	8
2.2.2 Efisiensi dan Mekanisme <i>Wet Scrubber</i>	10
2.2.3 Pencegahan (<i>Preventive Maintenance</i>) pada <i>Wet Scrubber</i> ..	12
2.3 Teori Metode <i>Preventive Maintenance</i>	14
2.3.1 Laju Kerusakan dan Keandalan Mesin.....	14
2.3.2 <i>Mean Time Between Maintenance (MTBM)</i>	15
2.3.3 Laju Perawatan Preventif dan Rata-rata Waktu Perawatan Preventif	15
2.3.4 <i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i> dan <i>Mean Time To Repair (MTTR)</i>	16
2.3.5 <i>Achieved Availability (Aa)</i>	16



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III	18
METODE PENELITIAN	18
3.1 Diagram Alir.....	18
3.2 Penjelasan Langkah Kerja	19
3.2.1 Penentuan Topik Penelitian.....	19
3.2.2 Studi Lapangan.....	19
3.2.3 Studi Literatur.....	19
3.2.4 Pengumpulan Data	19
3.2.5 Pengolahan Data.....	19
3.2.6 Evaluasi	20
3.3 Metode Pemecahan Masalah	20
BAB IV	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Temuan pada <i>wet scrubber</i>	23
4.1.1 Dasar Data Perhitungan	26
4.2 Hasil perhitungan	28
4.2.1 Indikator Keandalan	29
4.2.2 Mean Time Between Failure & Mean Time To Repair	31
4.2.3 <i>Achieved Availability (Aa)</i>	32
4.3 Analisis parameter operasional	33
BAB V	34
KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.1.1 Evaluasi <i>Preventive Maintenance</i>	34
5.1.2 Identifikasi Permasalahan.....	34
5.2 Evaluasi Perhitungan	35
5.3 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA.....	40



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

gambar 2 1 skema pembagian perawatan.....	6
gambar 2 2 contoh wet scrubber venturi	8
gambar 2 3 Skematik Sistem Venturi Scrubber	10
gambar 2 4 sistem wet scrubber	12
gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian	18
gambar 5 1 grafik komponen rusak terbanyak pada scrubber.....	34





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Table 1 Temuan pada <i>scrubber</i> peleburan 2 dan <i>scrubber HSGE</i>	24
Table 2 Data Waktu Operasi, Perawatan, dan Keandalan <i>Scrubber</i>	27
Table 3 waktu operasional <i>scrubber</i>	27
Table 4 Frekuensi Pemeliharaan & Waktu Preventif.....	28
Table 5 Jumlah Kerusakan & Waktu Perbaikan	28
Table 6 Hasil perhitungan	28
Table 7 Indikator Keandalan.....	31
Table 8 <i>Mean Time Between Failure & Mean Time To Repair</i>	32
Table 9 <i>Achieved Availability (Aa)</i>	33

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam proses produksi industri, khususnya pada pengolahan logam mulia seperti di PT Antam UBPP Logam Mulia, emisi gas buang yang mengandung partikel dan senyawa berbahaya merupakan salah satu tantangan utama. Untuk mengendalikan hal tersebut, digunakan sistem *wet scrubber*, yaitu perangkat pengendali polusi udara yang bekerja dengan cara menyemprotkan cairan ke dalam aliran gas kotor untuk menangkap dan mengikat partikel atau zat polutan yang tidak diinginkan [1].

Mesin *wet scrubber* berperan krusial dalam memastikan bahwa gas yang dilepaskan ke lingkungan telah memenuhi standar baku mutu emisi [2]. Namun, efektivitas sistem ini sangat bergantung pada kondisi kerja tiap komponen, seperti *pressure gauge*, pompa sirkulasi, pompa air, motor, dan filter. Seiring waktu, komponen-komponen ini dapat mengalami degradasi fungsi akibat frekuensi kerja tinggi dan minimnya perawatan yang tepat. Jika tidak ditangani, kerusakan yang terjadi dapat menyebabkan penurunan efisiensi penyaringan gas bahkan berpotensi menyebabkan *downtime* produksi.

Oleh karena itu, penerapan metode *preventive maintenance* menjadi hal penting untuk menjaga keandalan sistem *wet scrubber*. Metode ini memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi gangguan. Evaluasi terhadap pelaksanaan *preventive maintenance* diperlukan untuk mengetahui sejauh mana kegiatan perawatan tersebut telah berjalan efektif.

Penelitian ini dilakukan dengan mengkaji dua unit mesin *scrubber* aktif, yaitu *Scrubber* Peleburan 2 (Gikoko) dan *Scrubber* HSGE, yang masing-masing memiliki durasi kerja berbeda yaitu 10,5 jam dan 24 jam per hari. Data dikumpulkan selama satu tahun melalui pencatatan histori kerusakan, durasi perbaikan, dan aktivitas pemeliharaan rutin. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran menyeluruh tentang tingkat keandalan masing-masing mesin dan efektivitas program *preventive maintenance* yang telah diterapkan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tujuan Penulisan Laporan Tugas Akhir

Tujuan dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi penerapan *preventive maintenance* pada sistem *wet scrubber* di PT Antam UBPP Logam Mulia.
2. Menganalisis permasalahan pada mesin *wet scrubber* berdasarkan temuan dari kegiatan *preventive maintenance* serta menetapkan parameter operasional untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal.

Manfaat Penulisan Laporan Tugas Akhir

Manfaat penulisan laporan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis : memberikan wawasan bagi mahasiswa mengenai penerapan metode *preventive maintenance* di dunia industri, serta menjadi referensi bagi akademisi dalam mengembangkan kajian lebih lanjut terkait manajemen perawatan peralatan industri, khususnya sistem *wet scrubber*.
2. Manfaat praktis : memberikan solusi kepada perusahaan dalam meningkatkan kinerja *wet scrubber* melalui perawatan yang terjadwal, serta menjadi acuan bagi praktisi industri dalam menerapkan langkah-langkah perawatan yang efektif untuk menjaga performa alat dan mendukung kelancaran proses produksi.

1.4. Metode Penulisan Laporan Tugas Akhir

Metode yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah metode *preventive maintenance* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung laju kerusakan pada mesin *wet scrubber*.
2. Menentukan nilai keandalan pada mesin *wet scrubber*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Menghitung *Mean Time Between Maintenance (MTBM)* untuk pada mesin *wet scrubber*.
4. Menentukan laju perawatan preventif dan rata-rata waktu perawatan preventif komponen pada mesin *wet scrubber*.
5. Menghitung *Mean Time Between Failure (MTBF)* pada mesin *wet scrubber*.
6. Menentukan *Achieved Availability (Aa)* dari mesin *wet scrubber*.
7. Menentukan *Mean Time To Repair (MTTR)* pada mesin *wet scrubber*.

Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir

1.5.1 BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama dalam laporan tugas akhir ini berisi pembahasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan tugas akhir.

1.5.2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mencakup berbagai literatur yang berkaitan dengan penelitian, termasuk teori, konsep, dan metode yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya, yang dapat membantu memahami permasalahan yang dikaji.

1.5.3 BAB III METODE Pengerjaan Tugas Akhir

Bagian ini menjelaskan alur penelitian, termasuk diagram alir serta metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini.

1.5.4 BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini, data penelitian yang telah dikumpulkan akan disajikan dan dianalisis. Hasil dari analisis tersebut kemudian dibahas untuk mendapatkan kesimpulan yang lebih mendalam.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.5.5 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi ringkasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta memberikan rekomendasi yang dapat diterapkan guna menyelesaikan permasalahan yang menjadi fokus penelitian.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

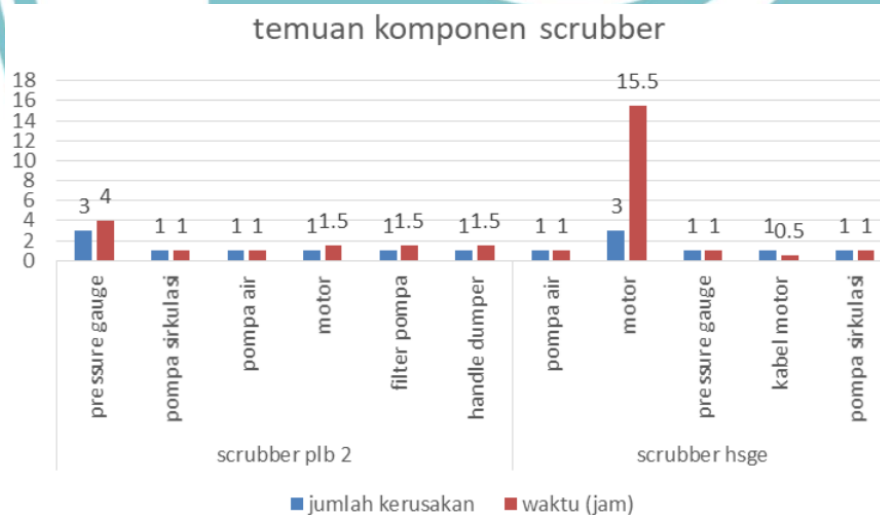
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

5.1.1 Evaluasi *Preventive Maintenance*

Berdasarkan rekap analisis data selama 12 bulan yang sudah diambil, diketahui bahwa *preventive maintenance* pada sistem *wet scrubber* di PT Antam UBPP Logam Mulia telah diterapkan secara rutin setiap bulan. Hal ini terlihat dari tingginya nilai Laju Perawatan Preventif (Fpt), yaitu sebesar 99,87% untuk SCB PLB 2 dan untuk SCB HSGE sebesar 99,93%. Nilai tersebut menunjukkan konsistensi dalam pelaksanaan perawatan terjadwal dan berkontribusi pada tingginya tingkat *availability* kedua mesin (>99%). Artinya penerapan *preventive maintenance* ini sudah baik berdasar *achieved availability* karena Nilai ini mendekati standar industri $\geq 95\%$.

5.1.2 Identifikasi Permasalahan



gambar 5.1 grafik komponen rusak terbanyak pada scrubber

Meskipun *preventive maintenance* berjalan dengan baik, masih terdapat kendala teknis pada masing-masing unit. Pada scrubber peleburan 2, komponen *pressure gauge* sering mengalami kerusakan akibat media yang disirkulasikan berupa air kotor bercampur lumpur. Akumulasi lumpur tersebut menyebabkan saluran ke *pressure gauge* tersumbat, sehingga mengganggu pembacaan tekanan. Selain itu,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sistem sirkulasi pada *scrubber* peleburan 2 yang lebih kompleks (menggunakan filter dan jalur aliran bercabang) menjadikannya lebih rentan terhadap penyumbatan dan gangguan fungsi.

Pada *scrubber* HSGE, masalah utama terletak pada motor *impeller* yang sering menunjukkan gejala abnormal akibat tingginya konsentrasi asam pada gas buangan yang disaring. Kandungan asam pekat ini bersifat korosif, mempercepat degradasi material terutama pada bagian motor dan *impeller*.

5.2 Evaluasi Perhitungan

Berdasarkan hasil rekap analisis data selama 12 bulan, dan perhitungan terhadap mesin *wet scrubber* di PT ANTAM UBPP Logam Mulia, dapat disimpulkan hal-hal berikut :

1. **Laju kerusakan** : seberapa cepat *scrubber* mengalami kegagalan dalam periode waktu tertentu atau pada momen spesifik. Nilai laju kerusakan kedua *scrubber* tersebut diperoleh dari perhitungan jumlah kerusakan dalam 12 bulan ÷ total waktu operasional 12 bulan (jam). *Scrubber* peleburan 2 adalah 0,00132275 kejadian/jam dan *scrubber* HSGE adalah 0,00069444 kejadian/jam. Karena jam operasional SCB HSGE 24 jam/hari maka laju kerusakannya sedikit lebih unggul.
2. **Nilai keandalan** : peluang *scrubber* beroperasi dengan baik sesuai fungsinya dalam jangka waktu tertentu dan dalam kondisi operasi yang telah ditetapkan. Nilai persentase dari kedua *scrubber* tersebut yang diperoleh dari perhitungan $1 - (\text{Laju Kerusakan})$ adalah *scrubber* HSGE 99,93%, *scrubber* peleburan 2 sebesar 99,87%, keduanya tergolong sangat andal (>99%).
3. **Mean Time Between Maintenance (MTBM)** : Waktu rata-rata diantara perawatan pada *scrubber* peleburan 2 adalah 315 jam jadi bila dibagi dengan waktu operasional perharinya 10,5 jam adalah 30 hari, dan untuk *scrubber* HSGE hasilnya 720 jam bila dibagi dengan waktu operasional perharinya yaitu 24 jam maka *MTBM* nya 30 hari.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. **Laju perawatan preventif (*Fpt*)** : intensitas tindakan pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal untuk mencegah terjadinya kerusakan atau kegagalan peralatan. Hasil dari *scrubber* peleburan 2 adalah 99,87% dan *Scrubber HSGE* adalah 99,93% ini menunjukkan nilai laju Perawatan Preventif telah dilakukan secara konsisten dan baik.
5. **Rata-rata waktu perawatan (*Mpt*)** : waktu rata-rata perawatan preventif yang dibutuhkan kedua *scrubber* ini nilainya sama (total waktu perawatan)/(total perawatan) = (24 jam)/(12 bulan) = 2 jam/bulan untuk melakukan satu kali kegiatan perawatan preventif.
6. **Mean Time Between Failure (*MTBF*)** : Nilai *MTBF* dari hasil perhitungan total waktu operasional dibagi jumlah kerusakan pada kedua *scrubber* adalah *SCB PLB 2* yaitu 756 jam bila dibagi dengan waktu operasionalnya 1 hari (10,5 jam) maka bisa beroperasi 72 hari sebelum mengalami kegagalan, sedangkan *HSGE* hasil *MTBF* nya 1440 jam bisa dibagi dengan waktu operasionalnya 1 hari (24 jam) beroperasi 60 hari sebelum mengalami kegagalan.
7. **Mean Time To Repair (*MTTR*)** : rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen pada *scrubber* pelebur 2 adalah 1,4 jam dan pada *scrubber HSGE* adalah 3 jam. Nilai pada *scrubber HSGE* ini menunjukkan perlunya efisiensi waktu perbaikan supaya lebih kecil dari nilai *MTBM*.
8. **Achieved Availability (*Aa*)** : Kesiapan mesin untuk melakukan operasional dalam suatu periode waktu tertentu dengan nilai *availability* dari hasil perhitungan *MTBM* dibagi (*MTBM* + *Mpt*) pada masing-masing *scrubber* peleburan 2 = 99,37% dan *scb HSGE* = 99,72%, nilai ini menunjukkan sistem perawatan yang sudah berjalan dengan baik.

5.3 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi di lapangan, *scrubber HSGE* memiliki karakteristik khusus, yakni menangani gas buang dengan kandungan asam yang relatif tinggi (pekat) dan memiliki konfigurasi satu jalur (*single row*), serta dibantu oleh sistem

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

fume scrubber. Oleh karena itu, saran penentuan parameter operasional berikut perlu diperhatikan guna memastikan kinerja sistem yang optimal:

1. Pemantauan pH Air Sirkulasi

- a. Mengingat sifat korosif dari gas yang masuk kedalam *wet scrubber*, disarankan dilakukan pengukuran pH air sirkulasi secara berkala minimal 2 kali seminggu karena pH air sirkulasi cepat berubah tergantung variasi gas masuk kedalam *wet scrubber*.
- b. Cairan kimia yang digunakan harus memiliki kadar pH12 untuk mencegah percepatan korosi pada pompa dan *impeller*.
- c. Disarankan pemasangan sensor pH otomatis yang terhubung ke panel monitoring, sehingga jika pH turun di bawah standar, sistem dapat memberikan peringatan dini.

2. Pemeriksaan Motor *Impeller*

- a. Lakukan pengecekan temperatur motor setidaknya 1 kali seminggu. Jika terlalu panas, periksa kipas pendingin pada motor. Debu yang terlalu banyak menempel pada *body motor* mengakibatkan radiasi panas, bersihkan selalu debu yang menempel pada motor yang mengakibatkan suara abnormal pada motor sesuai standar ISO 10816-1 class I [21].
- b. Suara abnormal pada motor dapat disebabkan oleh gesekan yang timbul akibat kurangnya pelumasan (*greasing*) sehingga menimbulkan suara bising. Oleh karena itu, pelumasan (*greasing*) secara berkala perlu dijadikan sebagai *preventif maintenance*.
- c. Getaran pada motor disebabkan karena pengikisan *blade* oleh paparan gas asam yang bersifat korosif serta faktor lingkungan lainnya. Ketidakseimbangan tersebut memicu getaran yang tidak normal. Oleh karena itu, *blade* pada motor perlu dilakukan *coating* atau menggunakan bahan yang tahan korosif.
- d. Dilengkapi dengan: Sensor suhu motor, Sensor getaran (*vibration sensor*), Sensor suara abnormal (*acoustic sensor*). Semua terhubung

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ke panel kontrol sebagai sistem monitoring gangguan motor secara *real-time*.

3. Pemeriksaan dan Pembersihan Sump Tank

- a. Pemeriksaan kondisi air didalam sumptank selalu dalam posisi *green level*/batas aman, sebaiknya dilakukan 1 kali setiap minggu, tujuannya untuk mencegah terakumulasinya penggaraman pada saat akumulasi, karena saat proses air sirkulasi di *inject* dengan *costic soda*, bila tidak dilakukan penggantian air secara rutin, akan terjadi gumpalan garam, yang mengakibatkan tersumbat dan efek lainnya.
- b. Lakukan pengurasan dengan cara menambahkan *liquid outlet* yang terletak dibawah *sump tank*. *Liquid outlet* ini berfungsi untuk membuang lumpur atau endapan berlebihan atau kadar kejenuhan tinggi yang dapat menurunkan efisiensi serapan gas.
- c. Tambahkan sensor level air dan sensor *TDS (Total Dissolved Solid)* untuk mendeteksi kejenuhan air sirkulasi. Sensor ini akan memberi sinyal jika perlu dilakukan penggantian air atau pengurasan.

4. Pembersihan dan Penggantian Komponen Pendukung

- a. Pembersihan *spray nozzle* secara rutin setiap 3 bulan sekali dengan tujuan membersihkan kotoran-kotoran akibat residu asam pada *hole tip nozzle*.
- b. Pemeriksaan *packing* dan *seal* diseluruh *manhole* pada *scrubber* dilakukan minimal setahun sekali untuk mencegah terjadinya kebocoran, serta mencuci *manhole* dengan cara dicabut/dilepas dan dibersihkan bisa dengan cara digosok menggunakan larutan HCL 10% untuk menghindari akumulasi kerak akibat reaksi kimia.
- c. Pasang sensor tekanan aliran di *nozzle* untuk mendeteksi jika *nozzle* tersumbat. Juga disarankan pemasangan sensor kebocoran (*leak sensor*) di sekitar *manhole*.

5. Pemeriksaan Kekencangan Baut dan Komponen Mekanis

- a. Seluruh bagian *wet scrubber* yang mengalami getaran selama operasi perlu dicek kekencangan bautnya seperti baut-baut *manhole*,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

base frame, housing impeller, dan pompa setiap 1 bulan sekali untuk mencegah potensi kebocoran, getaran atau keausan komponen akibat sambungan yang tidak kencang.

- b. Disarankan pemasangan sensor getaran struktural pada area kritis seperti *housing* dan *frame*. Jika nilai getaran melewati ambang batas, sistem akan mengirim notifikasi melalui panel kontrol.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. C. Trisyanayanti, "291465572," *Anal. Absorpsifitas gas H₂S Pada Filter Purifikasi Biogas Dengan Mempergunakan Wet Scrubber*, 2017.
- [2] N. A. Firdaus, B. M. Wulandari, and R. Novembrianto, "Analisa Efisiensi Unit Bag Filter dan Wet Scrubber terhadap Parameter Partikulat, SO₂, NO₂, dan Opasitas Pada Industri Besi dan Baja di Surabaya," *Environ. Eng. J. ITATS*, vol. 3, no. 1, pp. 57–64, 2023, doi: 10.31284/j.envitats.2023.v3i1.3838.
- [3] A. C. TEKMAPRO, "Analisa Reliability Centered Maintenance (Rcm) Mesin Sablon Digital," *Tekmapro*, vol. 17, no. 2, pp. 37–48, 2023, doi: 10.33005/tekmapro.v17i2.294.
- [4] W. N. Muslih Nasution, Ahmad Bakhori, "Manfaat Perlunya Manajemen Perawatan Untuk Bengkel Maupun Industri," *Bul. Utama Tek.*, vol. 3814, pp. 248–252, 2021.
- [5] A. Daryus, "Manajemen Perawatan Mesin," *Univ. Darma Persada*, p. 115, 2019,
- [6] M. S. Ummah, *Sistem dan Manajemen Perawatan* vol. 11, no. 1. 2019. [Online].
- [7] The Ministry of Environment and Forestry, "Ministry of Environment and Forestry Decree No. 13 year 1995 about the unmoved source emission," pp. 23–35, 1995.
- [8] Environmental Protection Agency, "CAM Technical Guidance Document: Appendix B Wet Scrubbers For Gaseous Control," 2023.
- [9] A. Rozaq, "Perancangan Filter Purifikasi Biogas Menggunakan Wet Scrubber," *Inst. Teknol. Sepuluh Novemb.*, pp. 1–75, 2016.
- [10] A. K. Ashtari, A. M. S. Majd, G. L. Riskowski, S. Mukhtar, and L. Zhao, "Removing ammonia from air with a constant pH, slightly acidic water spray wet scrubber using recycled scrubbing solution," *Front. Environ. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 6, pp. 1–10, 2016, doi: 10.1007/s11783-016-0869-3.
- [11] R. B. Waode Nurul Roisyah Aminy Budiman, "Perecanaan Emisi PM 10 pada Industri Peleburan Baja Cilegon - Banten," pp. 1–124, 2018.
- [12] B. Zhang, C. Hu, J. He, C. Sui, and W. Chen, "Performance evaluation of a three-stage composite wet scrubber for removing particulate matter," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 615, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/615/1/012117.
- [13] Y. Ru, L. Zhao, L. J. S. Hadlocon, H. Zhu, and S. K. Ramdon, "Laboratory evaluation of electrostatic spray wet scrubber to control particulate matter emissions from poultry facilities," *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 38, no. 1, pp. 23–



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 33, 2017, doi: 10.1080/09593330.2016.1184319.
- [14] H. Ali, F. Plaza, and A. Mann, "Flow visualization and modelling of scrubbing liquid flow patterns inside a centrifugal wet scrubber for improved design," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 173, pp. 98–109, 2017, doi: 10.1016/j.ces.2017.06.047.
- [15] J. H. Sung, S. Kim, S. Kim, B. Han, Y. J. Kim, and H. J. Kim, "Development of an Integrated Electrostatic Precipitator and Wet Scrubber System for Controlling Noxand Particulate Matter Emissions from a Semiconductor Manufacturing Process," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 56, no. 6, pp. 7012–7019, 2020, doi: 10.1109/TIA.2020.3023670.
- [16] R. Adolph, *Perencanaan Perawatan Pada Pompa Sentrifugal Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)*, 2016.
- [17] T. Sukmono, Pratikto, S. Suparman, and Purnomo Budi Santoso, "Pengembangan Knowledge Sharing Pada Peningkatan Keterhandalan," *Tek. Mesin Dan Tek. Ind. Ub Malang*, pp. 103–110, 2016.
- [18] W. Novarika, M. Arfah, and Ridho Agustian, "Analisis Preventive Maintenance pada Mesin Heater Kernel Dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR) di PT. Supra Matra Abadi," *J. Unitek*, vol. 16, no. 2, pp. 259–267, 2023, doi: 10.52072/unitek.v16i2.544.
- [19] O. Sunardi, Mardiana, and Isdaryanto Iskandar, "Analisis efektivitas mesin dengan total productive maintenance (studi kasus pada proses mixing)," *J. TESLINK Tek. Sipil dan Lingkungan*, vol. 4, no. 2, pp. 98–106, 2023, doi: 10.52005/teslink.v4i2.127.
- [20] M. A. Laumma, K. Yunus, and H. Haslinda, "Analisis Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada CV. Sumber Jaya Makassar," *Jnsta Adptersi J.*, vol. 4, no. 1, pp. 19–25, 2024, doi: 10.62728/jnsta.v4i1.517.
- [21] M. Engineers and G. Machines, "Why ISO 10816 Is Important For Vibration ISO 10816-1 ISO10816-2," pp. 1–10.