

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya Perkembangan industri modern, khususnya sektor energi dan transportasi, mendorong peningkatan kebutuhan produksi tembaga. Tembaga merupakan material penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari kabel listrik, komponen elektronik, hingga baterai kendaraan listrik. Namun, peningkatan produksi tembaga juga diikuti oleh meningkatnya emisi gas buang dari proses peleburan konsentrat. Salah satu polutan utama yang dihasilkan adalah sulfur dioksida (SO_2) dan partikulat halus, yang berpotensi menimbulkan pencemaran udara serius. Selain partikulat, kandungan sulfur dioksida (SO_2) tinggi yang terbawa bersama aliran gas buang industri peleburan konsentrat tembaga juga menjadi ancaman serius bagi kelestarian lingkungan. Jika gas polutan ini bereaksi dengan uap air di atmosfer, maka akan terbentuk senyawa asam yang memicu terjadinya fenomena hujan asam. Akumulasi gas asam di udara tersebut berpotensi besar menurunkan derajat kualitas lingkungan hidup, mempercepat korosi pada struktur bangunan, serta merusak ekosistem hutan dan perairan secara masif dalam jangka panjang [5][10].

Selain gas SO_2 , proses peleburan juga menghasilkan partikulat halus (fine particulate matter). Partikulat ini berukuran sangat kecil, bahkan hingga di bawah 2 mikron, sehingga mudah terhirup dan masuk ke sistem pernapasan manusia. Paparan jangka panjang partikulat halus dapat meningkatkan risiko penyakit paru-paru kronis, asma, dan kanker. Dari sisi lingkungan, partikulat halus dapat menurunkan kualitas udara ambien dan memperburuk polusi di kawasan industri. Kadar partikulat halus atau fly ash yang dihasilkan dari proses peleburan tidak dapat diabaikan begitu saja karena memiliki ukuran diameter yang sangat kecil sehingga mudah melayang di udara. Partikulat halus yang terhirup secara kontinu oleh manusia dapat mengendap secara permanen di dalam paru-paru dan memicu komplikasi pernapasan akut, infeksi saluran pernapasan, hingga penyakit kronis pada masyarakat di sekitar area industri [6][7]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem filtrasi gas buang yang memiliki efisiensi tinggi untuk menangkap partikel-partikel mikro tersebut sebelum dilepaskan melalui cerobong asap.

Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan sistem Gas Cleaning dengan Wet Electrostatic Precipitator (WESP). WESP merupakan teknologi pengendalian emisi yang bekerja dengan prinsip elektrostatis,

yaitu memberikan muatan listrik pada partikel sehingga partikel bermigrasi menuju collecting plate dan tertangkap. Keunggulan WESP dibandingkan teknologi konvensional adalah kemampuannya menangkap partikel berukuran sangat kecil dengan efisiensi tinggi, serta dapat beroperasi pada kondisi gas dengan kelembaban tinggi. Secara desain, WESP mampu mencapai efisiensi penangkapan hingga lebih dari 99%. Namun, pada tahap commissioning, efisiensi aktual sering kali jauh lebih rendah dibandingkan efisiensi desain. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti tegangan dan arus operasi yang belum optimal, kondisi mekanis elektroda, distribusi aliran gas yang belum stabil, serta resistivitas partikel yang bervariasi. Perbedaan antara efisiensi desain dan efisiensi aktual menjadi masalah penting yang perlu dianalisis secara mendalam.

Penelitian ini berfokus pada analisis efisiensi WESP sebagai teknologi pengendalian emisi, dengan tujuan membandingkan kinerja aktual terhadap kinerja desain serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk optimasi parameter operasi WESP, sehingga efisiensi penangkapan partikulat dapat mendekati nilai desain dan mendukung upaya pengendalian pencemaran udara di industri. Penelitian mengenai Electrostatic Precipitator (ESP) dan Wet Electrostatic Precipitator (WESP) telah banyak dilakukan sebelumnya. Afrian dkk. (2005) meneliti pengaruh tegangan DC terhadap perubahan emisi pada industri pulp dan paper dan menyimpulkan bahwa peningkatan tegangan berpengaruh terhadap peningkatan efisiensi penangkapan partikulat. Fitrianto (2018) menganalisis kinerja ESP pada pembangkit listrik tenaga uap dengan fokus pada pengaruh perubahan tegangan terhadap efisiensi sistem. Sementara itu, Molek dkk. (2020) mengevaluasi performa cyclone dan electrostatic precipitator pada industri semen dan menunjukkan bahwa kedua teknologi masih mampu memenuhi standar efisiensi pengendalian partikulat. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya dilakukan pada kondisi operasi normal (steady state) dan lebih berfokus pada hubungan antara tegangan operasi dan efisiensi penangkapan partikulat. Penelitian yang secara khusus membahas performa Wet Electrostatic Precipitator (WESP) pada tahap commissioning masih sangat terbatas, terutama pada industri peleburan konsentrat tembaga yang memiliki karakteristik gas buang dan partikulat yang berbeda dibandingkan industri lainnya. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada analisis efisiensi aktual Wet Electrostatic Precipitator (WESP) pada tahap commissioning dengan menggunakan parameter tegangan, arus, kuat medan listrik, kecepatan migrasi partikel, resistivitas partikel, serta efisiensi

penangkapan partikulat untuk mengidentifikasi penyebab perbedaan antara efisiensi desain dan efisiensi aktual. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam optimasi parameter operasi WESP sehingga kinerja alat dapat mendekati nilai desain yang telah ditetapkan. Sebagai langkah konkret dalam memenuhi ambang batas baku mutu emisi lingkungan yang ditetapkan oleh pemerintah, pihak industri mengintegrasikan teknologi Wet Electrostatic Precipitator (WESP) pada sistem pengolahan gas buang utamanya [9][11]. Unit WESP ini secara teoritis didesain oleh pabrikan untuk mampu beroperasi dengan efisiensi penangkapan sangat tinggi mencapai 99,52% menggunakan tegangan setting sebesar 80 kV. Namun, berdasarkan data operasional aktual yang diambil sepanjang periode Februari–April 2024, realisasi efisiensi unit penangkap debu elektrostatis tipe basah ini di lapangan baru mencapai kisaran $\pm 35\%$ akibat kondisi sistem yang masih berada dalam fase awal pengujian atau commissioning.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efisiensi aktual Wet Electrostatic Precipitator (WESP) sebagai teknologi pengendalian emisi gas buang?
2. Bagaimana pengaruh tegangan dan arus operasi terhadap efisiensi penangkapan partikulat WESP?
3. Faktor apa saja yang menyebabkan perbedaan antara efisiensi desain dan efisiensi aktual WESP?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis efisiensi aktual Wet Electrostatic Precipitator sebagai teknologi pengendalian emisi gas buang.
2. Membandingkan efisiensi aktual WESP dengan efisiensi desain untuk mengetahui gap performa.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi penurunan efisiensi WESP serta memberikan rekomendasi teknis untuk peningkatan kinerja.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Kontribusi Akademis, Memberikan informasi teknis mengenai efisiensi Wet Electrostatic Precipitator (WESP) sebagai salah satu teknologi pengendalian emisi gas buang.
2. Kontribusi Lingkungan, Mendukung upaya pengendalian

- pencemaran udara dengan menyediakan data dan analisis yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas udara.
3. Kontribusi Industri, Menjadi dasar pertimbangan bagi pengelola smelter tembaga atau pabrik asam sulfat dalam mengoptimalkan operasi WESP agar efisiensi mendekati desain.
 4. Kontribusi Regulasi, Memberikan referensi bagi pemenuhan standar emisi dan regulasi lingkungan, serta mendukung pencapaian program PROPER.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Objek penelitian terbatas pada analisis efisiensi Wet Electrostatic Precipitator (WESP) sebagai teknologi pengendalian emisi gas buang.
2. Data operasional yang digunakan merupakan data aktual periode Februari–April 2024 pada tahap commissioning.
3. Parameter analisis meliputi tegangan, arus, kuat medan listrik, kecepatan migrasi partikel, dan efisiensi penangkapan.
4. Kondisi penelitian hanya mencakup tahap commissioning, sehingga hasil belum merepresentasikan kondisi steady state.
5. Lingkup pembahasan tidak mencakup aspek ekonomi, biaya operasional, maupun kebijakan perusahaan, melainkan fokus pada aspek teknis efisiensi WESP.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran tentang langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penyusunan penelitian ini, maka perlu diuraikan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan, yang menjelaskan gambaran umum dari kasus yang akan diteliti pada penulisan tugas akhir ini. Bab 1 diuraikan dalam 6 sub bab, yaitu latar belakang, rumusan masalah, manfaat penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka yang isinya penelitian terdahulu dan menitik beratkan pada landasan teori yang dipakai oleh penulis untuk melakukan penelitian pada tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Metodologi Penelitian, berisikan tentang metode pustaka, metode lapangan, diskusi dan eksekusi.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penjelasan mengenai contoh pengolahan data dari metode-metode yang telah dipaparkan pada bab 3 dengan tujuan mengubah data mentah dari hasil observasi. Setelah itu proses pengolahan dan hasilnya akan dianalisis untuk mendapatkan kejelasan proses beserta pembuktiannya dari tahapan metode yang digunakan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Penutup, berisi mengenai kesimpulan dan hasil-hasil yang dicapai untuk menjawab tujuan dari penelitian ini baik berupa kelebihan, kekurangan ataupun saran yang terkandung untuk kemajuan penelitian kedepannya.

