

SISTEM KENDALI TEKANAN UDARA SEKUNDER PADA FORCED DRAFT FAN DI PLTU PAITON

Alfian Prasetyo Aji*¹, Ilham Arifin Pahlawan²
^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Gresik e-mail: *¹prasetyoaji112233@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas penggunaan Pressure Transmitter pada Force Draft Fan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Evaluasi dilakukan melalui serangkaian pengujian untuk mengukur tekanan udara dan menganalisis respons posisi Inlet damper dalam pengaturan aliran udara. Data dikumpulkan melalui studi literatur, observasi langsung di lapangan, serta wawancara dengan praktisi terkait. Hasil pengukuran menunjukkan adanya variasi tekanan yang signifikan. Untuk set point 100 mmWG, nilai tekanan udara hasil pengukuran berkisar antara 94,37 mmWG hingga 111,31 mmWG, dan persentase pembukaan Inlet damper untuk FDF A & B bervariasi antara 58,28% hingga 63,07%. Terdapat beberapa kesalahan pengukuran yang perlu dievaluasi lebih lanjut, dengan nilai error yang bervariasi antara -11,31 dan 7,72 mmWG. Meskipun demikian, sistem masih berfungsi dalam batas yang dapat diterima.

Kata Kunci: Force Draft Fan (FDF), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pressure transmitter.

Abstract

This research aims to assess the effectiveness of using Pressure Transmitters on the Force Draft Fan in a Steam Power Plant. The evaluation is conducted through a series of tests to measure air pressure and analyze the response of the Inlet damper position in regulating airflow. Data were collected through literature studies, direct field observations, and interviews with relevant practitioners. The measurement results show significant pressure variations. For a set point of 100 mmWG, the measured air pressure values range from 94.37 mmWG to 111.31 mmWG, and the percentage opening of the Inlet damper for FDF A & B varies between 58.28% to 63.07%. There are some measurement errors that need to be further evaluated, with error values ranging from -11.31 to 7.72 mmWG. Nevertheless, the system still operates within acceptable limits.

Keywords: Force Draft Fan (FDF), Pressure transmitter, Steam Power Plant.

1. PENDAHULUAN

PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Paiton merupakan salah satu PLTU terbesar di Indonesia yang memasok sekitar 20% kebutuhan listrik di wilayah Pulau Jawa dan Bali. Perusahaan ini bertujuan membangkitkan energi listrik sebesar-besarnya guna memenuhi kebutuhan listrik di Indonesia, khususnya di wilayah Jawa dan Bali, dengan kapasitas mencapai 4.700 MW yang dihasilkan dari 8 unit pembangkit. Unit 1 & 2 masing-masing memiliki kapasitas 400 MW, unit 3 memiliki kapasitas 800 MW, unit 5 & 6 masing-masing memiliki kapasitas 610 MW, unit 7 & 8 masing-masing memiliki kapasitas 610 MW, sedangkan unit 9 memiliki kapasitas 660 MW.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial dari uap kering untuk memutar turbin dan generator sehingga dapat membangkitkan energi listrik. Uap kering dihasilkan dari perubahan fasa air yang memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar [1]. Dalam operasi PLTU, udara sangat penting untuk proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar (*furnace*). Dalam siklus kerja PLTU, batubara yang digunakan sebagai bahan bakar utama dibakar di dalam *furnace*, menghasilkan energi panas. Energi panas ini digunakan untuk memanaskan pipa-pipa dalam boiler yang berisi air umpan (*feedwater*). Air umpan tersebut menyerap panas dari proses pembakaran dan berubah menjadi uap. Uap ini kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin yang memutar generator. Dan semua proses di dalam PLTU tersebut membutuhkan peralatan untuk melakukan pengendalian atau pengontrolan dari proses tersebut. Sistem kendali atau sistem kontrol adalah alat atau kumpulan alat yang digunakan untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan suatu sistem. Ada beberapa jenis sistem pengendalian, yaitu Sistem Pengendalian Umpan Maju (*open loop*), Sistem Pengendalian Umpan Balik (*Close Loop*).

Open loop ialah suatu sistem yang nilai atau angka keluarannya (*output*) tidak mempengaruhi hasil atau masukan nilai (*input*) pada sistem kontrol tersebut, Sedangkan *Close loop* ialah suatu sistem yang nilai atau angka keluarannya mempengaruhi hasil dan referensi yang jadi nilai masukan (*input*) pada sistem tersebut, dan sistem *close loop* ini memiliki umpan balik (*feedback*) terhadap referensi angka yang telah ditentukan sebelumnya [3]. Kebanyakan, di PLTU menggunakan sistem pengendalian *Close Loop* dengan tujuan untuk kelancaran proses operasi, kestabilan proses dan efisiensi biaya. Pada sistem udara pembakaran terutama pada FDF, parameter yang perlu dikendalikan adalah berupa tekanan (*pressure*) yang ada di ruang pembakaran (*furnace*).

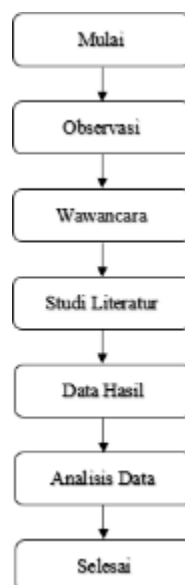
Proses pembakaran di PLTU menghasilkan abu yang mengandung bahan kimia yang berbahaya untuk lingkungan sekitar [6]. Apabila proses pembakaran tidak dikendalikan, akan timbul berbagai masalah, seperti efisien pembakaran yang rendah akan menghasilkan gas buang yang lebih banyak dan bisa berpotensi mencemari lingkungan sekitar PLTU, kondisi pembakaran yang tidak stabil juga dapat merusak peralatan seperti boiler dan alat besar lainnya.

Transmitter merupakan alat atau kelanjutan dari sensor, Dimana *transmitter* ini dapat merubah sinyal proses yang diterima oleh detektor menjadi sinyal listrik serta mengirimkan sinyal tersebut ke alat penerima seperti pencatat, pengatur dan penunjuk [8]. Berdasarkan fungsinya, *transmitter* ada yang berfungsi sebagai pengirim sinyal saja, ada pula *transmitter* yang dapat mengkonversi besaran yang diinginkan sekaligus mengirim sinyal. [9]. Sedangkan *pressure transmitter* merupakan suatu alat yang digunakan pada dunia industri untuk mengukur tekanan pada fluida, baik gas maupun cairan. Fungsinya adalah mendeteksi adanya tekanan statis dari fluida, kemudian *pressure transmitter* akan mengkonversikannya menjadi sinyal listrik dalam rentang 4-20mA atau 1-5 VDC yang dapat dengan mudah kemudian untuk ditransmisikan ke sistem kontrol atau komputer untuk pengelolaan data. *Pressure transmitter* dapat digunakan sebagai pengukuran tekanan pada tangki, penggunaan sebagai sensor tekanan udara pada kompresor, dengan spesifikasi output dan juga kapasitas kerja yang sesuai dengan kebutuhan industri, baik dari rentang output dan batasan tekanan kerja yang sudah diatur oleh industri tersebut [10].

Dalam penelitian ini, penulis bertujuan untuk membahas efektivitas penggunaan *Pressure Transmitter* pada *Force Draft Fan* (FDF) dalam konteks industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Observasi dilakukan di PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Paiton. Pengujian mencakup pengukuran tekanan untuk menentukan batas kesalahan (error),serta analisis respons posisi inlet damper dalam pengaturan aliran udara.

2. METODE PENELITIAN

Peneliti menggunakan metode literatur dengan menelaah standar dan aturan terkait Sistem Kendali Tekanan Udara Sekunder pada *Force Draft Fan* (FDF) PLTU. Studi ini mencakup regulasi mengenai pengendalian tekanan udara, aliran udara pembakaran, spesifikasi teknis *Pressure transmittte*, serta pengaturan *inlet damper*, yang disesuaikan dengan standar operasional PLTU.



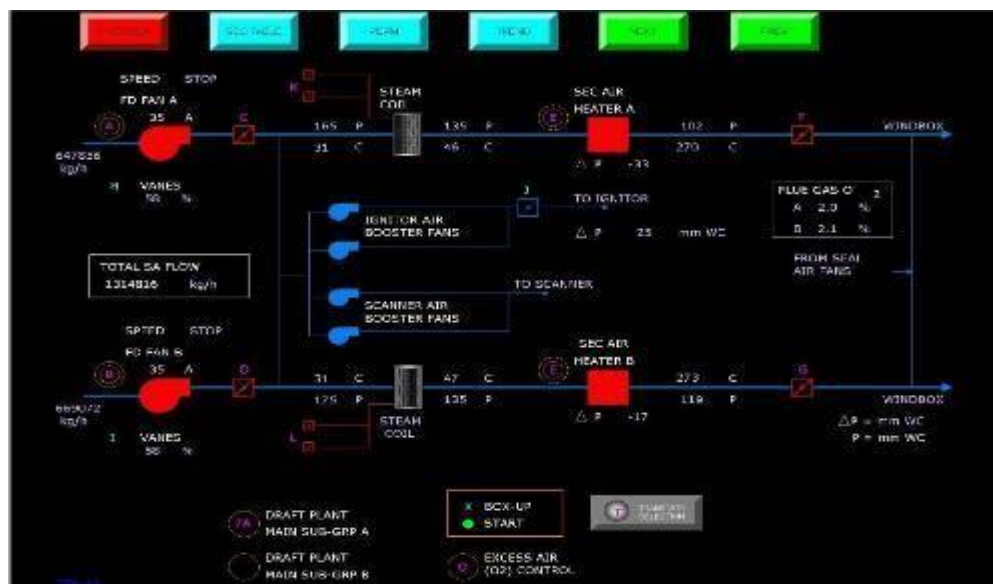
Gambar 1. *Flowchart* Metode Penelitian

Metode penelitian pada gambar 1 tersebut diawali dengan tahap mulai, yang menandai dimulainya seluruh proses penelitian. Selanjutnya, peneliti melakukan observasi untuk mengamati secara langsung kondisi objek penelitian guna memperoleh gambaran awal dan mengidentifikasi permasalahan yang ada. Setelah itu, dilakukan wawancara dengan pihak terkait untuk mendapatkan informasi yang lebih mendalam dan memperkuat hasil observasi. Tahap berikutnya adalah studi literatur, yaitu mengkaji berbagai sumber pustaka seperti buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang relevan sebagai landasan teori dan acuan penelitian. Data yang diperoleh dari observasi, wawancara, dan studi literatur kemudian dikumpulkan sebagai data hasil. Data tersebut selanjutnya diolah dan dikaji pada tahap analisis data untuk menjawab rumusan masalah penelitian dan menarik kesimpulan. Setelah seluruh tahapan dilalui, proses penelitian diakhiri pada tahap selesai, yang menandakan bahwa penelitian telah rampung dilaksanakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sistem Udara Pembakaran

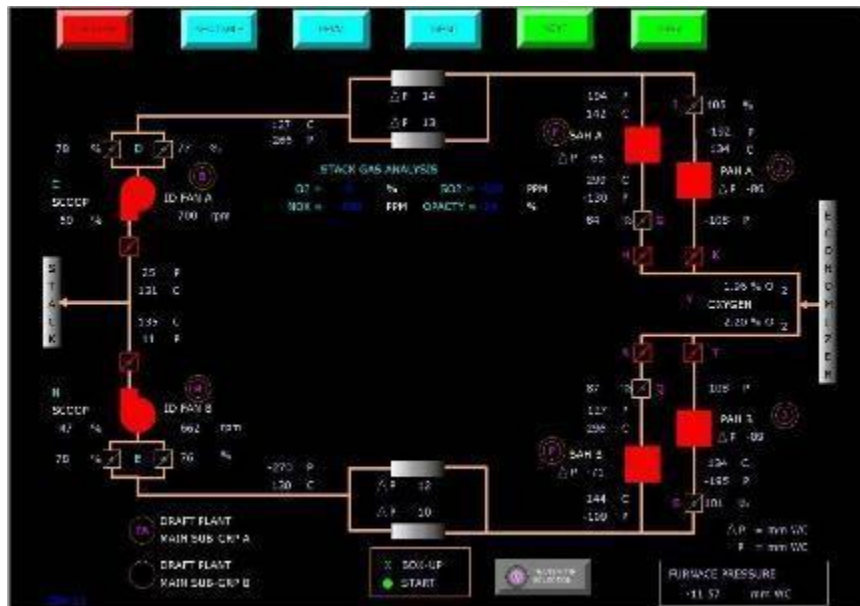
Dalam proses produksi PLTU adanya sistem pengaturan udara pembakaran sangat diperlukan untuk menunjang kesempurnaan proses produksi listrik. Sistem pengaturan udara pembakaran sesuai namanya sistem ini mengatur agar kebutuhan udara pembakaran dapat tercukupi dan menjadikan proses pembakaran di dalam *furnace* menjadi sempurna. Pembakaran sempurna sangat diperlukan dalam proses PLTU, apabila proses pembakaran tidak sempurna maka uap yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar yang diinginkan, hal ini bisa menyebabkan kekurangan pasokan uap untuk pemutar turbin sehingga listrik yang dihasilkan generator jadi lebih sedikit. Selain itu pembakaran yang tidak sempurna juga dapat merusak konstruksi dari *blade* (bilah) turbin apabila uap yang digunakan untuk memutar turbin tidak berupa uap jenuh atau uap kering. Berikut adalah gambar sistem udara pembakaran pada PLTU.



Gambar 2. Tampilan HMI Sistem Udara Pembakaran FD Fan

Pada Gambar 2 ditampilkan *Human Machine Interface* (HMI) untuk Sistem Udara Pembakaran. Dalam sistem ini, terdapat berbagai alat yang mendukung operasionalnya, yaitu *Force Draft Fan* (FDF), *Steam Coil*, *Secondary Air Heater*, dan *Wind Box*, yang masing-masing memiliki peran penting dalam proses pembakaran di dalam *furnace* dan menunjang satu sama lain sehingga menjadi sistem udara pembakaran. Udara yang digunakan merupakan udara primer dan udara sekunder. Udara primer dihasilkan dari *Primary Air Fan* (PAF) yang kemudian dipanaskan suhu (temperatur) udaranya dengan *Primary Air Heater* (PAH) sehingga mencapai suhu 280°C . Sedangkan udara sekunder yang dihasilkan dari FDF digunakan untuk membantu proses pembakaran dan penyeimbangan tekanan dalam *furnace* yang sebelumnya udara ini juga dipanaskan terlebih dahulu pada *Secondary Air Heater* agar udara sekunder ini tidak mengganggu proses pembakaran pada boiler.

Selain gas panas biasanya pembakaran juga menghasilkan abu (*ash*), *ash* yang massanya lebih berat dan tidak terbawa hingga menuju cerobong (*stack*) dinamakan *fly ash*, sedangkan gas buang hasil pembakaran tadi karena masih memiliki suhu yang panas akan dimanfaatkan kembali untuk memanaskan *primary air heater* dan *secondary air heater* yang berfungsi sebagai pemanas udara dari ID Fan. Setelah melewati air heater dilanjutkan menuju electrostatic precipitator untuk menangkap *fly ash* dengan prinsip konduktivitas magnet, *ash* yang tertangkap pada sistem ESP ditampung ke transporter untuk selanjutnya diolah lebih lanjut. Gas buang dan *fly ash* yang masih tersisa selanjutnya dibuang menuju ke *stack* dengan bantuan dorongan dari ID Fan yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan HMI Sistem Gas buang

3.2 Cara Kerja Forced Draft Fan (FDF)

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Piton pada proses kerja FDF dalam menyuplai udara untuk pembakaran di dalam boiler. Tahapan-tahapan tersebut tersusun dalam bentuk flowchart yang dapat dilihat pada Gambar 4.

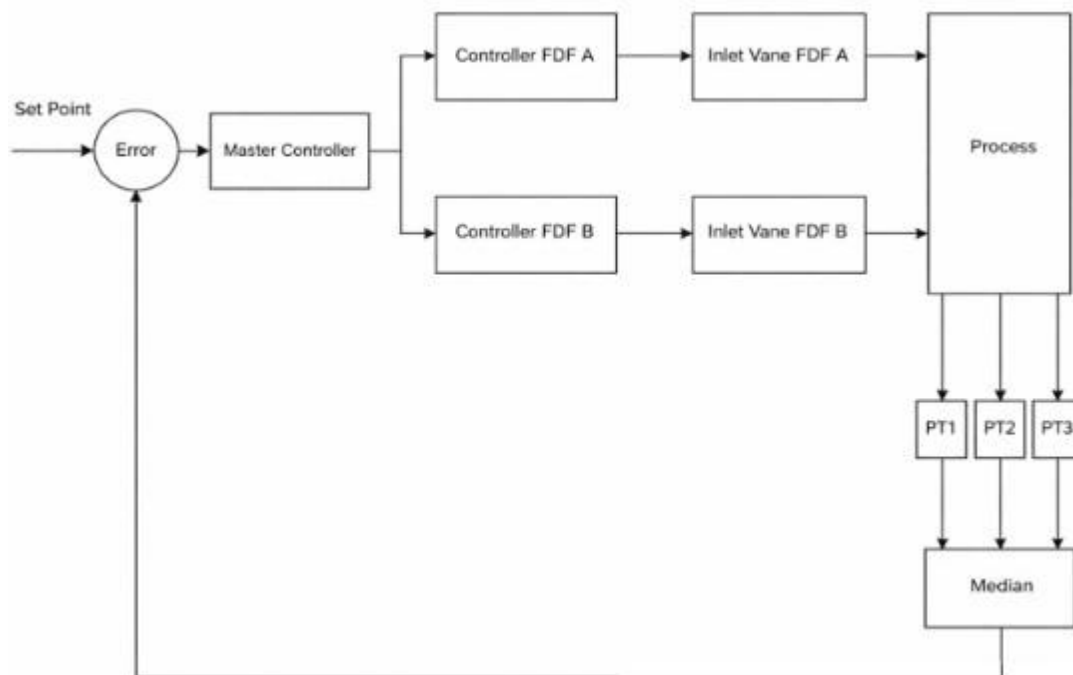


Gambar 4. Flowchart Cara Kerja Forced Draft Fan (FDF)

Pada Gambar 4 dijelaskan tentang cara kerja *Forced Draft Fan* (FDF) yang terdiri dari beberapa tahap. Proses dimulai dengan FDF yang menghisap udara sekunder dari luar sebagai penyuplai udara pembakaran di dalam *boiler*. Udara yang masuk kemudian diukur tekanannya menggunakan *Pressure Transmitter*, yang hasilnya akan dibandingkan dengan set point yang ditentukan, yaitu 100 mmWG. Jika tekanan udara sesuai ataupun mendekati set point, aliran udara masuk dan diatur oleh damper. Udara yang telah diatur alirannya kemudian dialirkan ke dalam *boiler*, di mana ia bercampur dengan bahan bakar seperti batu bara dan minyak solar untuk memulai proses pembakaran di *furnace*. Selama proses ini, tekanan dan aliran udara terus dipantau secara real-time untuk memastikan pembakaran berlangsung optimal di dalam *boiler*.

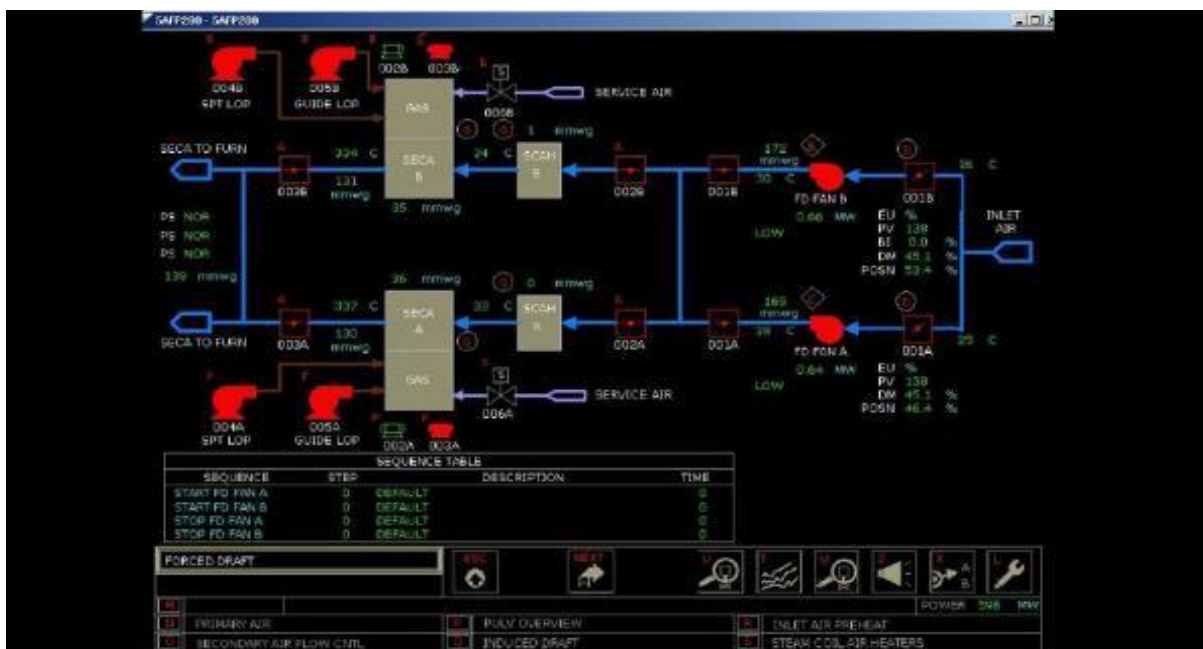
3.3 Sistem Kendali Tekanan Udara Pada *Forced Draft Fan* (FDF)

Penelitian ini berfokus pada sistem kendali tekanan udara pada *Force Draft Fan* (FDF) untuk menjaga kestabilan tekanan udara dalam *boiler*. Dengan memanfaatkan teknologi *Pressure transmitter*, sistem ini dirancang untuk secara otomatis menyesuaikan tekanan udara, meningkatkan efisiensi pembakaran, dan mendukung operasi pembangkit listrik secara keseluruhan, seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Sistem Kendali *Forced Draft Fan* (FDF)

Pada Gambar 5 dijelaskan tentang sistem kendali FDF menggunakan metode pengendalian close loop. Sistem ini disebut close loop karena menggunakan tiga sensor *Pressure Transmitter* yang dipasang di lokasi berbeda untuk memantau tekanan udara. Nilai tekanan yang digunakan dalam proses kendali diambil dari median hasil pengukuran ketiga sensor tidak *Pressure transmitter* tersebut. Jika tekanan yang terdeteksi oleh sensor tidak sesuai dengan set point yang telah ditentukan, sistem akan mengidentifikasi adanya error. Nilai error ini kemudian diproses oleh controller yang akan mengirim perintah untuk menyesuaikan pembukaan inlet damper FDF. Jika tekanan terdeteksi lebih rendah dari set point, master controller akan memerintahkan aktuator untuk memperbesar pembukaan inlet damper FDF. Sebaliknya, jika tekanan lebih tinggi dari set point, master controller akan memerintahkan untuk mengurangi pembukaan inlet damper FDF. Dengan pengendalian tekanan udara sekunder, sistem memastikan bahwa tekanan udara yang disuplai oleh FDF selalu berada dalam kisaran yang optimal untuk mendukung proses pembakaran di dalam *boiler*.

Gambar 6. Tampilan HMI Sistem Kendali *Forced Draft Fan* (FDF)

Pada Gambar 6 merupakan pengendalian FDF yang dilakukan secara digital menggunakan HMI (Human Machine Interface). Terdapat beberapa indikator pengukuran yang berfungsi untuk pemantauan atas sistem yang beroperasi. Indikator yang berasal dari sensor biasanya diletakkan sebelum atau sesudah aktuator. Pada setiap Inlet damper dan FDF terdapat beberapa indikator yang tertampil pada HMI yaitu PV (Procces Variable), indikator ini menandakan set point yang berada pada furnace. PV ini berpengaruh pada demand pembukaan pada Inlet damper FDF apabila sedang dalam kontrol otomatis. selanjutnya adalah DM (Demand) indikator ini merupakan permintaan seberapa besar pembukaan damper. Selajutnya POSN (Position) adalah indikator yang menandakan posisi aktual dari pembukaan damper yang berada dilokal.

3.4 Pressure Transmitter

Penelitian ini membahas *Pressure transmitter*, komponen penting dalam sistem kendali tekanan udara pada *Force Draft Fan* (FDF). Alat ini mengukur tekanan udara secara akurat dan mengirimkan data ke sistem kendali untuk menyesuaikan inlet damper, seperti yang dijelaskan pada Gambar 7.

Gambar 7. Sensor *Pressure Transmitter*

Pressure transmitter adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi tekanan dari suatu fluida dalam ruangan tertutup lalu mengubahnya menjadi besaran analog elektrik yang diinginkan sebelum disampaikan ke kontroler atau ditampilkan pada display di lapangan. Pressure Transmitter ini mengalami kontak langsung dengan fluida yang diukur, tekanannya dialirkan dalam satu pipa kecil (tubing) dan dapat langsung dideteksi berapa nilai tekanan fluida saat itu. Transmitter ini akan dihubungkan dengan set point tertentu sesuai dengan besaran apa yang akan diukur. Besaran tekanan yang didapat biasanya dalam persentase atau sinyal pneumatik (3-15 psig) yang akan dikonversi menjadi besaran digital (4-20 mA).

3.5 Inlet Damper

Penelitian ini juga membahas *Inlet damper*, komponen penting dalam sistem kendali udara pada *Force Draft Fan* (FDF). *Inlet damper* berfungsi untuk mengatur aliran udara yang masuk ke dalam sistem, sehingga dapat menyesuaikan jumlah udara yang disuplai sesuai dengan kebutuhan proses pembakaran. Dengan pengendalian yang tepat, *inlet damper* memastikan bahwa tekanan udara tetap berada dalam kisaran optimal, mendukung efisiensi pembakaran dan kinerja sistem pembangkit listrik secara keseluruhan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Inlet Damper*

Inlet damper adalah alat yang digunakan untuk mengatur aliran udara atau gas yang masuk ke dalam sistem seperti ruang pembakaran pada boiler. Alat ini berfungsi dengan membuka, menutup, atau menyesuaikan posisi bilahnya untuk mengontrol jumlah serta kecepatan aliran udara yang masuk. Pengoperasian *Inlet damper* dapat dilakukan secara digital dengan mode buka atau tutup penuh, atau secara analog dengan pengaturan variabel bukaan dari 0% hingga 100%, tergantung kebutuhan sistem. *Inlet damper* memiliki peran penting dalam industri karena mampu meningkatkan efisiensi, menghemat energi, dan menjaga kestabilan operasi. Dengan mengatur aliran udara yang tepat, proses pembakaran dapat berjalan optimal sehingga meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Selain itu, pengendalian aliran udara yang akurat juga membantu mengurangi konsumsi energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan kipas dan menjaga stabilitas operasi tanpa gangguan yang disebabkan oleh kelebihan atau kekurangan udara.

3.6 Hasil Pengukuran Pressure

Penelitian ini membahas hasil pengukuran tekanan pada sistem kendali *Force Draft Fan* (FDF). Pengukuran tekanan udara dilakukan secara terus menerus menggunakan *Pressure transmitter* untuk memastikan bahwa tekanan yang disuplai ke dalam *boiler* sesuai dengan set point yang ditentukan. Hasil pengukuran ini menjadi dasar bagi sistem kendali untuk melakukan penyesuaian yang diperlukan, seperti mengatur posisi *inlet damper*. Dengan pemantauan dan pengendalian yang akurat, sistem dapat meningkatkan efisiensi proses

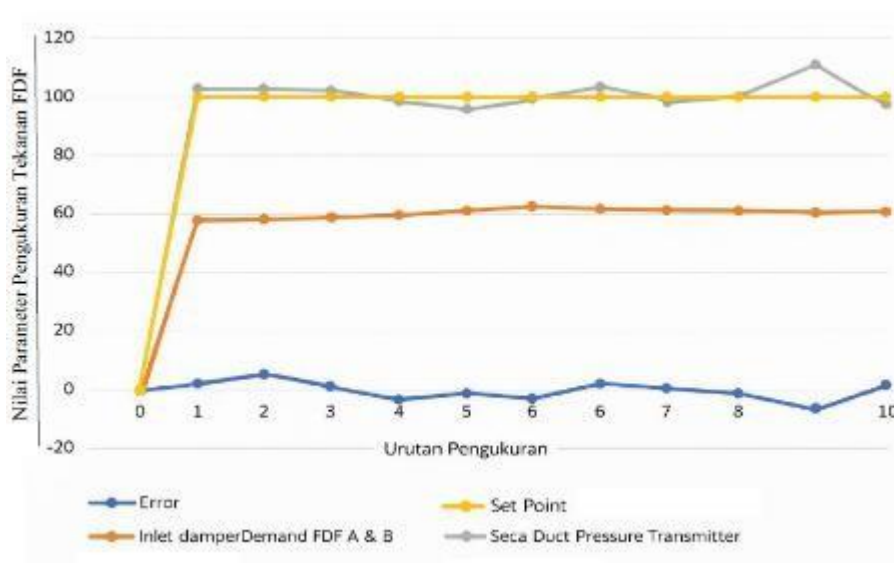
pembakaran dan menjaga kinerja optimal dari pembangkit listrik, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Set Point	Seca Duct Pressure transmitter (mmWG)	Inlet damperDemand FDF A & B (%)	Error
100	102.85	58.28	2.85
100	107.72	58.46	7.72
100	101.87	59.39	1.87
100	94.37	60.03	-5.63
100	98.31	63.07	-1.69
100	104.53	61.22	-4.53
100	96.66	61.47	3.34
100	100.76	60.79	-0.76
100	111.31	59.92	-11.31
100	96.43	60.15	3.57

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tekanan Pada *Forced Draft Fan* (FDF)

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran tekanan udara menggunakan *pressure transmitter* dengan set point sebesar 100 mmWG. Tekanan yang terukur itu bervariasi, mulai dari yang terkecil yaitu 94,37 mmWG, hingga nilai terbesar yaitu 111,31 mmWG, dan nilai error terbesar mencapai 7,72 mmWG dan error terkecil sebesar -11,31 mmWG. Adapun Perubahan posisi inlet damper berkisar antara 58.28% hingga 63,07% yang menunjukkan respons sistem terhadap nilai tekanan.

Berdasarkan Tabel 1, untuk memperjelas data yang disajikan, dapat dilihat dalam bentuk grafik diagram balok pada Gambar 9. Grafik ini memvisualisasikan perbandingan antara set point, tekanan duct, permintaan *inlet damper*, dan error yang terjadi, sehingga memudahkan pemahaman terhadap dinamika sistem.



Gambar 9. Grafik Representasi Hasil Pengukuran Tekanan Pada FDF

Setelah menganalisis Gambar 9, terlihat bahwa sistem duct *pressure transmitter* menunjukkan variasi yang mencolok dalam nilai pengukuran tekanan, dengan rentang antara 94,37 mmWG hingga 111,31 mmWG. Meskipun terdapat beberapa titik dengan error yang cukup besar, banyak pengukuran tetap mendekati set point 100 mmWG, menandakan bahwa sistem memiliki kemampuan untuk kembali ke nilai target meskipun menghadapi tantangan. Permintaan *inlet damper* yang bervariasi juga berkontribusi terhadap perubahan tekanan, sehingga pemantauan yang cermat diperlukan. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan penyesuaian pada kontrol *inlet damper* guna meningkatkan respons terhadap variasi tersebut, serta melakukan pemantauan rutin untuk mengidentifikasi pola dan penyebab ketidakstabilan. Selain itu, analisis lebih mendalam terhadap titik-titik dengan error tinggi sangat penting untuk menentukan tindakan perbaikan yang tepat. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan kinerja sistem dapat ditingkatkan dan stabilitas tekanan dapat lebih terjaga.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *pressure transmitter* pada *Force Draft Fan* (FDF) di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Paiton sangat efektif dalam pengendalian tekanan udara. Nilai tekanan yang terukur bervariasi mulai dari 94,37 mmWG hingga 111,31 mmWG, dengan set point ditetapkan pada 100 mmWG. Meskipun terdapat beberapa kesalahan pengukuran yang perlu dievaluasi lebih lanjut, sistem tetap beroperasi dalam batasan yang dapat diterima. Respons sistem terhadap posisi *inlet damper* menunjukkan bahwa pengaturan aliran udara dilakukan secara dinamis untuk mempertahankan tekanan optimal. Keberadaan tiga sensor *pressure transmitter* dalam sistem kendali *close loop* terbukti efektif dalam memantau dan menyesuaikan pembukaan *inlet damper* FDF, sehingga memastikan stabilitas dan efisiensi pembakaran dalam *boiler*. Penelitian ini menekankan pentingnya pengendalian tekanan udara di FDF untuk meningkatkan efisiensi operasi PLTU serta mengidentifikasi potensi risiko dari pengendalian yang tidak optimal. Hasil penelitian ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem kendali tekanan di industri pembangkitan listrik, bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan keselamatan operasional secara keseluruhan.

5. SARAN

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan variasi set point tekanan yang berbeda untuk mengetahui kinerja sistem kendali Pressure Transmitter pada berbagai kondisi operasi. Perlu dilakukan pengujian dengan periode waktu yang lebih panjang agar dapat diperoleh data kestabilan sistem secara lebih menyeluruh terhadap perubahan beban operasi PLTU. Penelitian lebih lanjut dapat mengkaji pengaruh kalibrasi berkala pada Pressure Transmitter terhadap tingkat error pengukuran yang terjadi. Penelitian lanjutan dapat memfokuskan pada integrasi data hasil pengukuran Pressure Transmitter dengan sistem pemantauan digital berbasis real-time agar analisis kesalahan dapat dilakukan lebih cepat

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yunitasari, Aulia Vici, Aulia Vici Yunitasari, and Subuh Pramono. 2021. "Sistem Proteksi Over Current Relay Motor Forced Draft Fan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap." *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta* 13(1): 55–62. doi:10.24853/jurtek.13.1.55-62.
- [2] Kelvin, Pram Eliyah Yuliana, and Sri Rahayu. 2015. "Pemetaan Lokasi Kebakaran Berdasarkan Prinsip Segitiga Api Pada Industri Textile." *Seminar Nasional "Inovasi dalam Desain dan Teknologi"* 5(January 2015): 1– 8.

- [3] Putranto, Juni, Naili Saidatin, Hasan Syafik Maulana, and Desmas Arifianto Patriawan. 2023. "Analisis Ekperimental Sistem Kontrol Otomatis Pada Pengisian Air Berbasis Rangkaian Close Loop Dan Open Loop." *Senastitan Iii* 2(2)(Senastitan Iii): 1–6. <https://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/view/3956>.
- [4] Chairat, Arief Suardi Nur, and Rahmadino Yuda. 2016. "Analisa Kapasitas Force Draft Fan Dengan Bahan Bakar Batubara Kualitas Rendah." *Jurnal Power Plant*: 6–11.
- [5] Frastiyo, Andi, and Mohammad Arsyad. 2020. "Pengoperasian Mesin Boiler Tuff." *Program Studi D3 Teknik Elektronika Institut Teknologi Nasional Yogyakarta*.
- [6] Rofandi, Mohammad Nandi, and Irwanto. 2022. "Sistem Kerja Electrostatic Precipitator (ESP) Untuk Menangkap Abu Hasil Proses Pembakaran Di PLTU PT. Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant." *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan* 6(2): 376–86. doi:10.33379/gtech.v6i2.1743.
- [7] Suharti, Profiyanti Hermien, Ade Sonya Suryandari, and Rahma Nur Amalia. 2022. "Analisis Kinerja Modul Pengendali Tekanan Udara Pct-14 Berbasis Plc Dengan Berbagai Metoda Tuning." *Sebatik* 26(2): 420–27. doi:10.46984/sebatik.v26i2.2134.
- [8] Mansyur, Mansyur, Said Hanief, and Yuniyanto Yuniyanto. 2023. "Sistem Level Kontrol Menggunakan Differential Pressure Transmitter Untuk Tangki Timbun CPO." *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1(3): 10–19. doi:10.56862/irajtma.v1i3.25.
- [9] Gatari, Arianne, and Yuliarman Saragih. 2023. "Setting Parameter DP Transmitter Dengan Metode Zero Suppression Pada Tangki Setting DP Transmitter Parameters with Zero Suppression Method on Tanks." *Jurnal Teknologika* 13(1): 3–7.
- [10] Fatimah, Laila Aida, and Rahmat Hidayat. 2024. "Analisis Hasil Studi Kasus Kalibrasi Pressure Transmitter Dengan Metode Zero Calibration." *ELECTRON Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 5(1): 21–29. doi:10.33019/electron.v5i1.109.
- [11] Santosa, Hans Nova, and Wiwin Sulisty. 2025. "Model Sensor." 10(3): 2391–2401.