

## BAB III PELAKSANAAN MAGANG

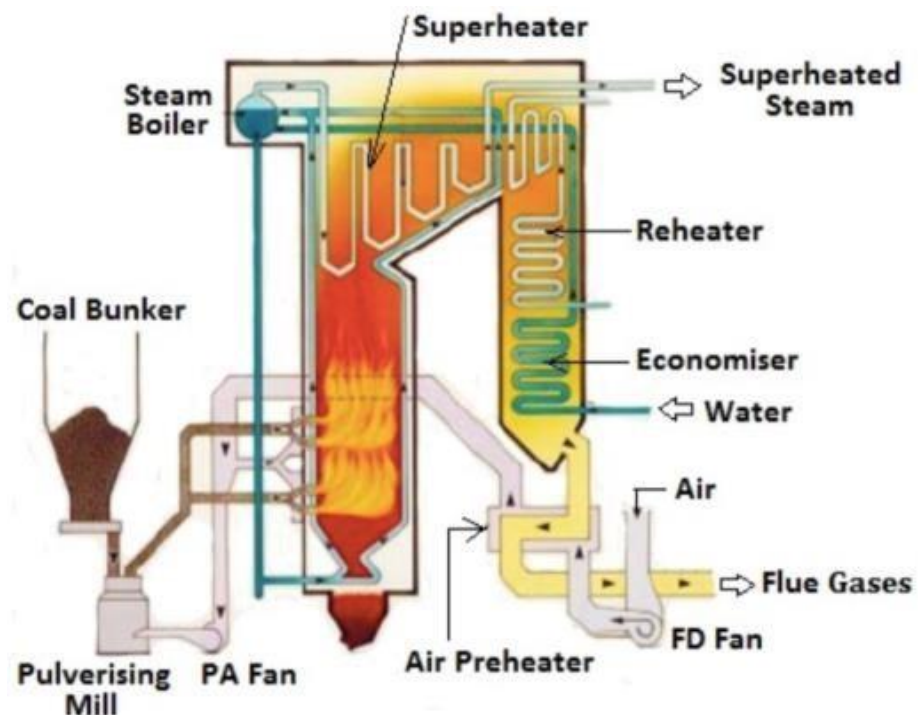
### 3.1 Divisi Kontrol dan Instrumen

Selama melaksanakan kegiatan magang di PT. PLN Nusantara Power UP Pacitan, penulis mendapatkan kesempatan untuk ditempatkan pada Bidang Pemeliharaan, Sub Bidang Pemeliharaan Kontrol dan Instrumen (I&C). Bidang kontrol dan instrumen merupakan bidang yang mengelola instrumen pengukuran seperti sensor suhu, tekanan, aliran, level, kelembaban, dan konsentrasi gas dengan melakukan perawatan serta memastikan bahwa sistem kontrol dan instrumen bekerja secara optimal. Dalam waktu kegiatan tersebut, penulis mengambil laporan akhir yang berjudul “**IDENTIFIKASI SISTEM KERJA DAN PERMASALAHAN SENSOR OXIMETER PADA FURNACE BOILER PT PLN NUSANTARA POWER UP PACITAN**” yang akan dijelaskan pada bab ini yang meliputi penjelasan system pembakaran dan gas buang, sensor oksimeter, cara kerja sensor, hubungan sensor dengan system pembakaran dan langkah-langkah identifikasi, analisis, serta pencegahan yang dapat dirancang secara sistematis untuk mencegah kegagalan pada sensor oksimetri di gas buang boiler, kontribusi mahasiswa terhadap perusahaan, dan kolerasi kegiatan kerja praktik dengan mata kuliah.

### 3.2 Dasar Teori

#### 3.2.1 Skema Sistem Udara Pembakaran dan Gas Buang

Sistem udara pembakaran dan gas buang merupakan suatu sistem yang mengelola pasokan udara untuk proses pembakaran pada boiler dan juga mengatur pengeluaran gas sisa pembakaran dari boiler untuk mencegah pencemaran lingkungan. Skema sistem udara pembakaran dan gas buang terdapat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Skema sistem udara pembakaran dan gas buang

Sebuah pembakaran sempurna pada *boiler*, memiliki 3 persyaratan yang harus terpenuhi, yaitu tersedianya bahan bakar, adanya udara bakar, dan tercapainya temperature pembakaran. Rasio dari udara-bahan bakar yang ideal memastikan seluruh bahan bakar dapat teroksidasi sempurna tanpa meninggalkan residu karbon (Chairat, 2015). Sistem udara pembakaran dimulai dari penghisapan udara dari atmosfer menggunakan *fan*, lalu dialirkan menuju ke boiler, sebelum masuk ke dalam

boiler udara terlebih dahulu dipanaskan dengan alat penukar kalor atau yang biasa disebut dengan *air preheater*. Pemanasan tersebut memanfaatkan panas yang ada pada gas buang hasil pembakaran. Pemanfaatan panas itu juga berguna untuk meningkatkan efisiensi *boiler*.

Udara yang digunakan dalam sistem udara pembakaran dibagi menjadi dua, yaitu udara primer dan sekunder. Perbandingan antara udara primer dan sekunder untuk suplai udara pembakaran adalah 30% udara primer dan 70% udara sekunder. Udara primer didapat dari udara atmosfer yang dihisap oleh *primary air fan* (PA Fan) setelah sebelumnya melalui filter udara. Udara ini kemudian dipanaskan pada *primary air preheater* dengan memanfaatkan gas panas setelah melewati *reheater* dan *economizer* agar udara yang masuk pada boiler sudah mempunyai suhu yang cukup tinggi dan dapat meningkatkan efisiensi boiler. Udara ini kemudian disalurkan ke penggiling batubara (*coal mill*). Udara panas ini akan memanaskan batubara, lalu akan membawa batubara yang sudah dihancurkan menjadi serbuk sebesar 200 *mesh* menuju ke *burner* pada boiler.

Udara sekunder dihisap dengan *forced draft fan* (FD Fan) setelah sebelumnya juga melalui filter udara. Setelah melewati FD Fan udara akan menuju ke *air preheater* untuk dipanaskan lagi dengan memanfaatkan gas pembakaran. Tujuan pemanasan ini adalah udara dibuat cukup panas (kurang lebih 350° C) sehingga memudahkan proses pembakaran. Dari pemanasan ini udara sekunder dialirkan ke *wind box* yang dihubungkan ke lubang udara pembakaran pada *burner*. Fungsi udara ini selain sebagai pensuplai udara pembakaran juga sebagai pendingin bagian-bagian pembakar (*firing system*) agar tidak rusak karena panas radiasi yang disebabkan oleh panas pancaran api.

Proses pembakaran akan terjadi di dalam boiler karena pencampuran antara bahan bakar (HSD ataupun batu bara), udara pembakaran, serta sumber panas. Gas hasil pembakaran inilah yang digunakan untuk memanaskan air sampai menjadi uap dengan suhu dan tekanan tinggi. Setelah digunakan untuk proses pemanasan air, gas hasil pembakaran tidak serta merta dibuang ke atmosfer. Namun, gas sisa hasil pembakaran ini akan melalui sistem gas buang terlebih dahulu agar gas sisa pembakaran tetap aman bagi lingkungan (Efendi, 2021).

### 3.2.2 Oksigen ( $O_2$ )

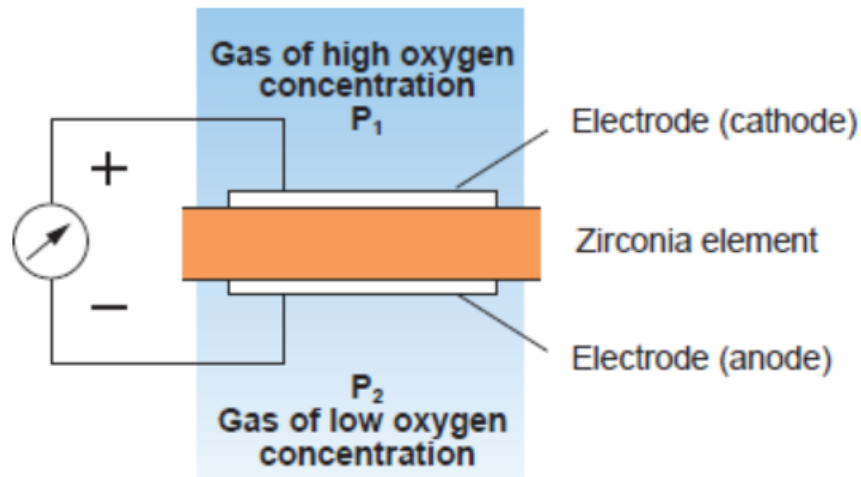
Oksigen merupakan gas unsur kimia yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa yang melimpah dan yang besar di bumi, terperangkap oleh atmosfer. Oksigen sangat erat dengan manusia, karena merupakan komponen vital dari proses respirasi, tanpa itu sebagian besar organisme akan mati dalam beberapa menit. Oksigen merupakan unsur paling melimpah ketiga di alam semesta berdasarkan massanya dan unsur yang berada di kerak Bumi. Pada Temperatur dan tekanan standar, dua atom unsur ini berikatan menjadi dioksigen, yaitu senyawa gas diatomik dengan rumus  $O_2$ . Oksigen dapat digunakan dalam produksi baja, plastik, dan tekstil. Oksigen juga dapat digunakan sebagai propelan roket, penyokong kehidupan pada pesawat terbang, kapal selam, penerbangan luar angkasa, dan penyelaman (Rohmawati, 2017).

### 3.2.3 Sensor (Gas Analyzer)

Secara umum pengukuran konsentrasi gas pada gas buang adalah proses untuk mendeteksi dan menganalisis kandungan gas tertentu dalam hasil pembakaran salah satunya Oksigen  $O_2$ . Proses ini dimulai dengan pengambilan sampel gas melalui probe yang biasanya dilengkapi filter untuk menyaring partikel. Setelah itu, gas yang diambil dikondisikan dengan cara menyesuaikan suhu, menghilangkan kelembapan, dan memisahkan partikel tambahan agar tidak mengganggu alat analisis. Gas yang telah dikondisikan kemudian dianalisis menggunakan sensor khusus berdasarkan prinsip seperti irkonika, Paramagnetik dan TDLS. Data dari sensor diproses lebih lanjut untuk menghasilkan informasi kuantitatif mengenai komponen gas, yang dapat ditampilkan secara real-time atau disimpan untuk evaluasi lebih lanjut. Pengukuran ini penting untuk memantau efisiensi pembakaran pada sebuah boiler pembacaan  $O_2$  terdapat berbagai macam atau metode (Yulita, 2018). Pengukuran  $O_2$  dalam gas buang menggunakan 3 metode yang kerap digunakan, yaitu metode pertama adalah menggunakan metode Sistem Pengukuran;

#### A. Metode Zirkonia (*Zirconium Oxide*)

Elektrolit padat seperti zirkonia menunjukkan konduktivitas ion oksigen pada suhutinggi.

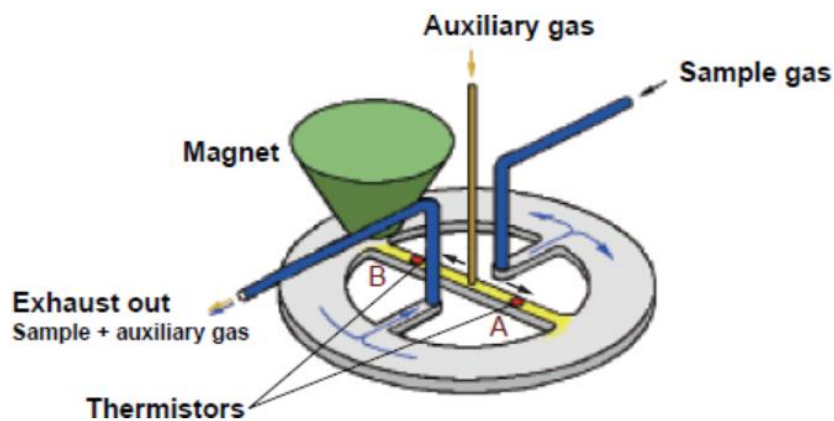


Gambar 3. 2 Prinsip Kerja System Zirkonia

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 diatas, ketika sebuah elektroda platinum berpori dipasang ke kedua sisi elemen zirkonia untuk dipanaskan dan gas dengan konsentrasi oksigen parsial yang berbeda dibawa ke dalam kontak dengan permukaan masing-masing zirkonia, perangkat bertindak sebagai sel konsentrasi oksigen. Fenomena ini menyebabkan gaya gerak listrik yang akan dihasilkan antara kedua elektroda sesuai dengan persamaan Nernst. Dan itu merupakan konsentrasi oksigen proporsional.

### B. Metode magnetic (system paramagnetic)

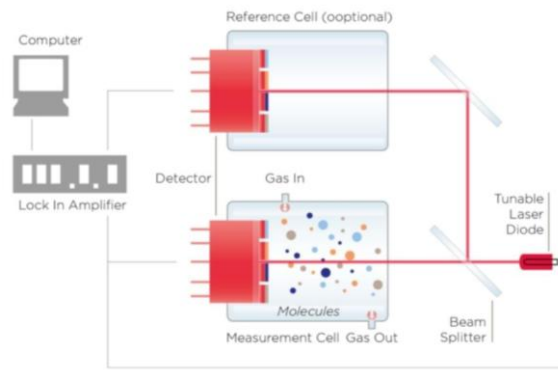
Metode *paramagnetic* seperti gambar 3.3 adalah salah satu metode yang memanfaatkan sifat paramagnetik oksigen. Ketika sebuah sampel gas mengandung oksigen, oksigen akan ditarik ke dalam medan magnet, sehingga menurunkan laju aliran gas bantu di aliran B. Perbedaan kecepatan aliran kedua aliran, A dan B, yang disebabkan oleh efek aliran pembatasan dalam aliran B, sebanding dengan konsentrasi oksigen gas sampel. Laju aliran ditentukan oleh termistor dan diubah menjadi sinyal listrik, perbedaannya dihitung sebagai sinyal oksigen



Gambar 3. 3 System Paramagnetic

### C. Metode TDL (*Tunable Diode Laser*)

Metode TDL atau Spektroskopi Penyerapan Laser Dioda (TDLS) seperti pada gambar 3.4 merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas. Metode ini menggunakan laser dioda merdu ntuk menyelidiki garis serapan molekul gas tertentu, sehingga menghasilkan pengukuran yang sangat sensitif dan selektif. TDL System telah menemukan penerapannya di berbagai bidang, termasuk pemantauan lingkungan, pengendalian proses industri.



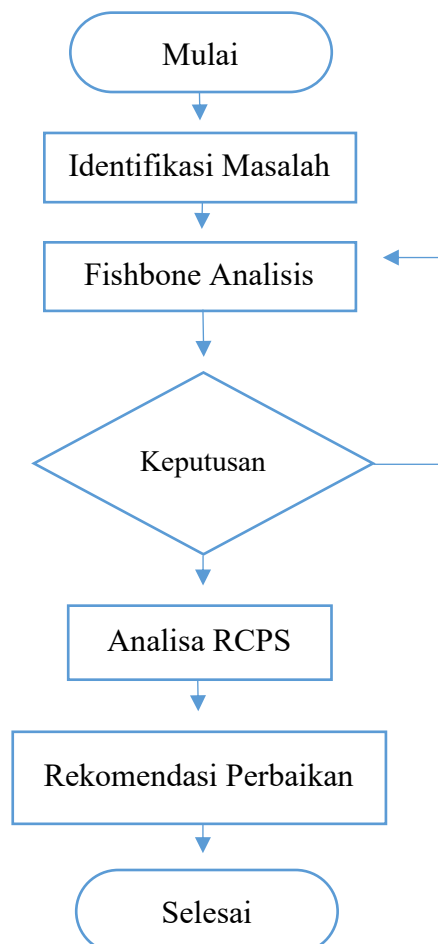
Gambar 3. 4 Metode TDL Spektroskopi Penyerapan Laser Dioda (Naufal, 2023).

### 3.2.4 Sensor Oksimeter

*Sensor Oximetry* (sensor gas) adalah jenis sensor yang dirancang untuk mendeteksi kadar gas oksigen. *Gas Analyzer* ini merupakan salah satu peralatan instrumen yang krusial di dalam *system* pembakaran seperti pada *boiler*. Gas analiser memiliki beberapa komponen penting, salah satunya adalah sensor. Sensor merupakan perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur kadar gas tertentu sesuai jenis sensornya. Sensor dapat bekerja secara optimal karena memenuhi beberapa syarat seperti kondisi lingkungan tempat alat tersebut digunakan dan suhu operasi dari sebuah sensor. Apabila kondisi tersebut tidak terpenuhi maka dapat menyebabkan kinerja sensor tidak optimal, pengurangan umur sensor hingga kerusakan sensor (Rosemout, 2018).

### 3.3 Metodologi Penyelesaian

Metodologi dalam penyelesaian masalah yang digunakan dimulai dari identifikasi masalah yang sering terjadi;



Metode yang saya gunakan pada proses analisis ini dimulai dengan identifikasi masalah, yaitu dengan mengenali gejala kerusakan atau tanda – tanda gangguan pada sebuah alat. Selanjutnya, metode Fishbone Diagram digunakan untuk memetakan kemungkinan penyebab masalah ke dalam berbagai kategori seperti manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Dari hasil ini, dilakukan analisis lebih mendalam menggunakan metode *Root Cause Problem Solving* (RCPS) untuk menemukan akar penyebab yang paling mendasar. Tahapan akhir adalah menyusun rekomendasi perbaikan, seperti pemeliharaan yang rutin, penambahan atau pergantian komponen, serta pelatihan untuk mencegah masalah serupa di masa mendatang. Pendekatan terstruktur ini memastikan bahwa setiap langkah analisis saling mendukung untuk mendapatkan solusi yang efektif dan berkelanjutan.

### 3.4 Hasil Observasi Lapangan

Salah satu sensor yang digunakan dalam aplikasi industri adalah oxymeter Rosmount 4000, yang dirancang khusus untuk mengukur kadar oksigen dalam gas buang. Sensor ini bekerja dengan prinsip pengukuran berbasis *zirconium oxide* seperti pada gambar 3.2, di mana konduktivitas ionik material *zirconium* berubah sesuai dengan konsentrasi oksigen. Teknologi ini memungkinkan pengukuran yang presisi pada suhu tinggi, seperti di sistem pembakaran boiler dan furnace.



Gambar 3. 5 *Sensor Oximetry Type* (Rosemount Oxymeter 4000)



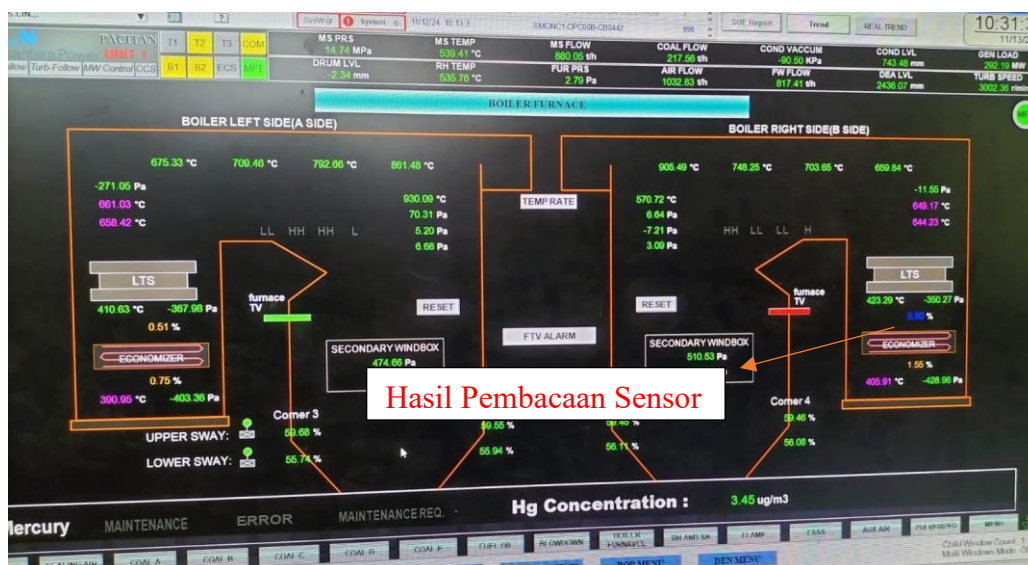
Gambar 3. 6 *Sensor Oximetry Type* (Rosemount Oxymeter 4000) PLTU Pacitan

Pada PLTU Pacitan Sensor Rosmount 4000 ini telah digunakan sejak awal unit beroperasi hingga saat ini. Sensor ini dilengkapi dengan fitur integrasi ke sistem kontrol, sehingga mendukung optimasi proses pembakaran dan pengurangan emisi. Sensor ini tidak hanya menawarkan akurasi tinggi, tetapi juga kemudahan perawatan serta keandalan dalam berbagai kondisi operasional, sensor ini memiliki maksimal suhu 1380 °F (750 °C). Sehingga sensor ini menjadikannya pilihan utama sampai saat ini di PLTU Pacitan. Adapun beberapa komponen paket dari Oximeter rosemount ini dapat dilihat pada gambar 3.7 namun saat ini di PLTU Pacitan belum menggunakan paket lengkap keseluruhan ini sehingga fitur kalibrasi otomatis belum tersedia.

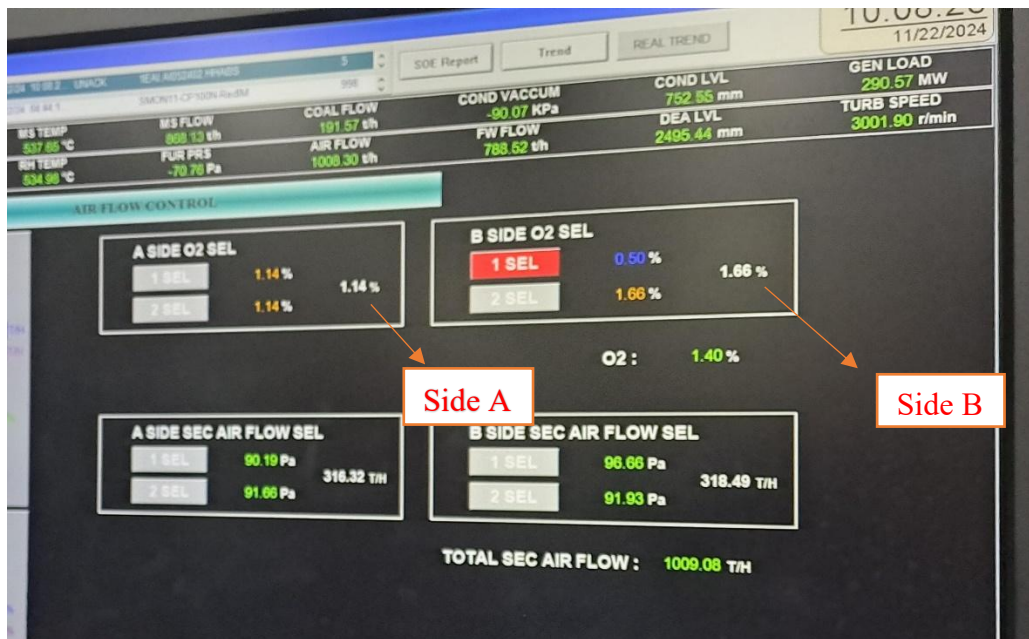
Cara kerja dimulai ketika gas yang akan diukur (proses gas) dialirkan ke sensor, gas tersebut masuk ke salah satu sisi material zirkonia yang dilengkapi dengan elektroda berbahan logam mulia seperti platinum. Pada sisi lain material zirkonia, terdapat gas referensi dengan konsentrasi oksigen yang sudah diketahui, biasanya udara atmosfer dengan kadar oksigen 21%. Zirkonia dipanaskan oleh elemen pemanas di dalam sensor hingga mencapai suhu tinggi, biasanya antara 500–750°C. Pada suhu ini, material zirkonia menjadi konduktor ion-ion oksigen. Molekul oksigen dari kedua gas (proses dan referensi) yang berada di permukaan elektroda mengalami reaksi ionisasi. Reaksi ini memecah molekul oksigen menjadi ion-ion oksigen bermuatan negatif ( $O_2^-$ ) yang kemudian dapat bergerak melalui material zirkonia.

Dari hal ini perbedaan konsentrasi oksigen antara gas proses dan gas referensi menciptakan gradien tekanan parsial oksigen. Ion-ion oksigen bermigrasi melalui zirkonia dari sisi dengan konsentrasi oksigen yang lebih tinggi menuju sisi dengan konsentrasi oksigen yang lebih rendah. Proses migrasi ion ini menghasilkan aliran listrik mikro yang menciptakan perbedaan potensial listrik (tegangan) antara kedua elektroda.

Tegangan yang dihasilkan ini mengikuti prinsip termodinamika yang dikenal sebagai Persamaan Nernst. Besarnya tegangan berbanding logaritmis dengan rasio tekanan parsial oksigen di kedua sisi zirkonia seperti dijelaskan pada Gambar 3.2 diatas. Tegangan yang terbaca oleh elektroda dikirimkan ke rangkaian elektronik sensor, di mana nilai tegangan ini diolah dan dikonversi menjadi kadar oksigen yang terukur. Data kadar oksigen yang dihasilkan oleh sensor kemudian dapat ditampilkan dalam satuan persen volume oksigen atau tekanan parsial oksigen, sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Proses ini berlangsung secara *real-time* sehingga memungkinkan pengukuran yang cepat dan akurat langsung dapat dipantau pada *Distributed Control System* (DCS).

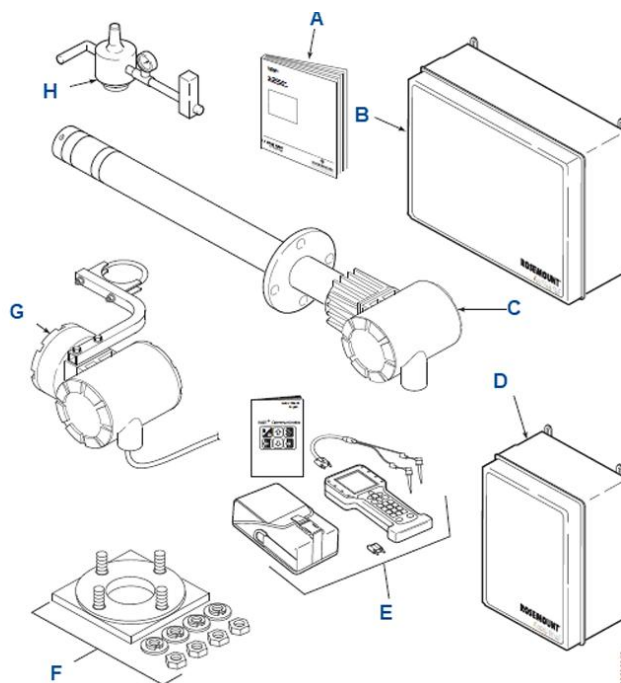


Gambar 3. 7 Hasil Pembacaan Sensor pada *Distributed Control System*



Gambar 3. 8 Hasil Pembacaan Oksigen pada *Distributed Control System*

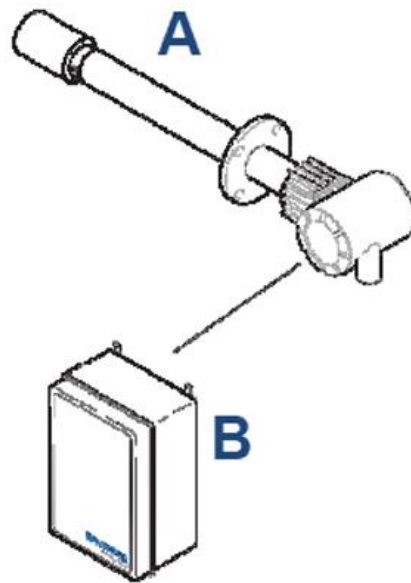
Dalam proses pemantauan pada gambar 3.8 menunjukkan monitor *Distributed Control System* (DCS) menampilkan data *real-time* mengenai kadar oksigen yang terdeteksi di gas buang, yang diperoleh dari sensor oksimeter. Pembacaan ini sangat penting karena memberi indikasi langsung mengenai efisiensi pembakaran, serta membantu operator untuk mengatur rasio udara dan bahan bakar dengan tepat.



Gambar 3. 9 Sistem Paket Oxymeter Rosemount 4000

Pada gambar 3.9 adalah Sistem Paket Keseluruhan Oksimeter Rosemount 4000

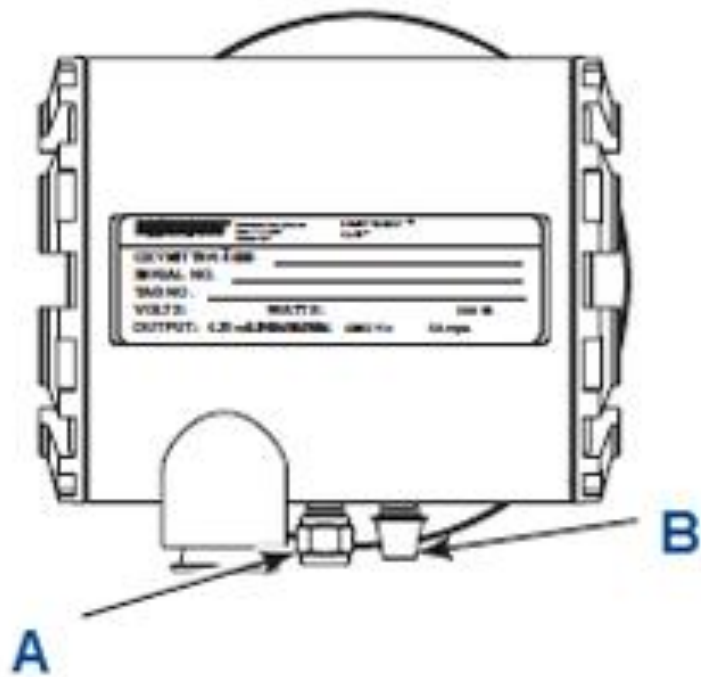
- A. Buku Panduan
- B. Rosemount IMPS 4000 *Intelligent Multiprobe Test Gas Sequencer* (opsional)
- C. *Rosemount Oxymitter 4000* dengan elektronik integral
- D. Rosemount SPS 4001B *Single Probe Autocalibration Sequencer* (opsional) (hanya area aman)
- E. Paket HART *Communicator* (opsional) F. Pelat pemasangan dengan perangkat keras pemasangan dan paking
- G. *Rosemount Oxymitter 4000* dengan elektronik jarak jauh (opsional)
  
- H. Set udara referensi (digunakan jika Rosemount SPS 4001B tanpa opsi udara referensi atau Rosemount IMPS 4000 tidak disediakan)



Gambar 3. 10 Oxymeter Rosemount 4000 & 4001B

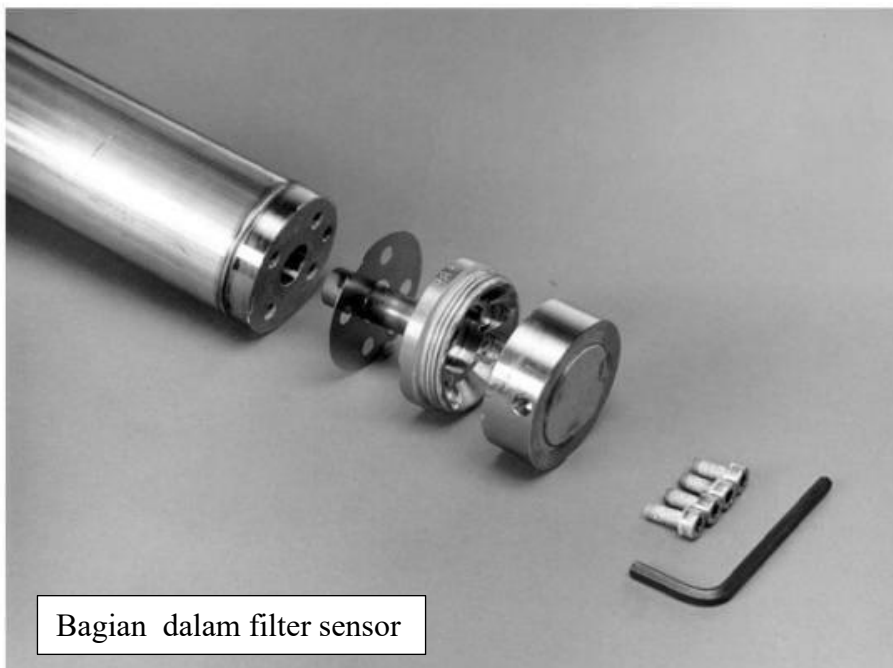
- A. Rosemount Oxymitter 4000
- B. Rosemount SPS 4001B (di area aman)

Emerson secara khusus merancang *Rosemount SPS 4001B Single Probe Autocalibration Sequencer* untuk melakukan perhitungan otomatis atau sesuai permintaan. Sistem Rosemount SPS 4001B harus dipasang di area terpencil dan aman jika Rosemount Oxymitter 4000 dipasang di area berbahaya. Rosemount SPS 4001B bekerja bersama dengan Rosemount Oxymitter 4000.



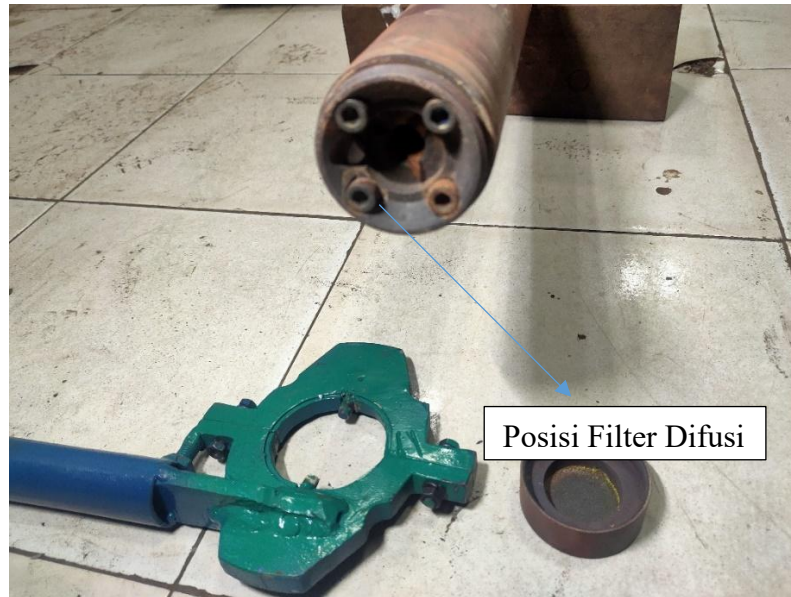
Gambar 3. 11 Rosemount Oxymitter 4000 Probe Head

- A. Gas kalibrasi digunakan sebagai aliran gas untuk kalibrasi sensor
- B. Udara referensi sebagai aliran udara



Bagian dalam filter sensor

Gambar 3. 12 Bagian dalam Filter Difusi



Gambar 3. 13 Filter Difusi Sensor Sel Oksimeter Rosemount 4000



Gambar 3. 14 Slagging pada Filter Difusi

Filter ini adalah komponen yang berfungsi untuk melindungi elemen sensor oksigen dari partikel padat, debu, atau zat asing lainnya yang terdapat dalam aliran gas buang. Filter ini memastikan bahwa hanya gas yang telah difiltrasi yang mencapai elemen penginderaan, sehingga mencegah kerusakan pada sensor dan menjaga akurasi pengukuran.

### 3.4.1 Permasalahan Yang Sering Terjadi

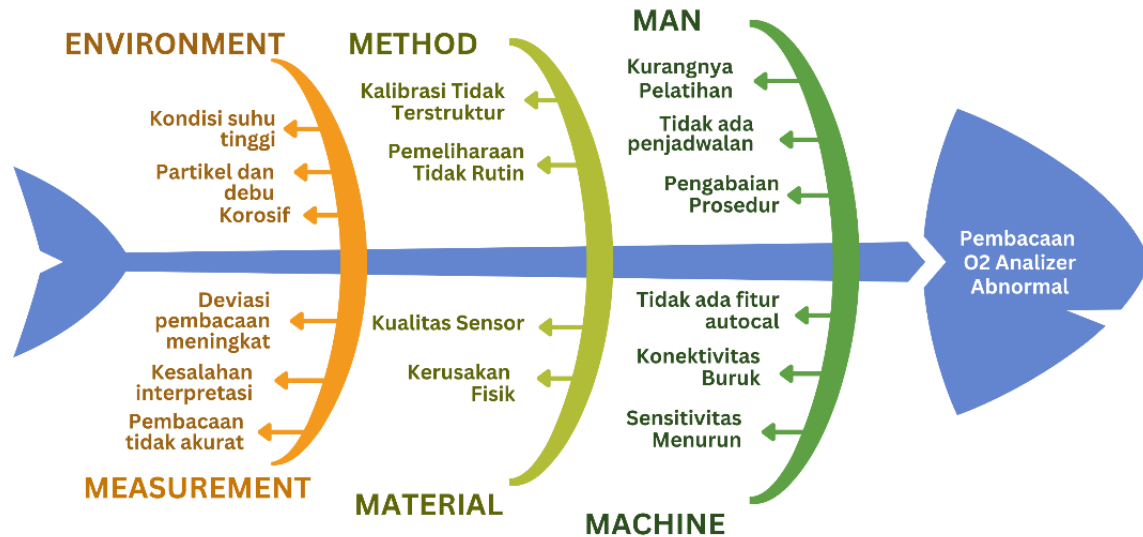
Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa sering ditemukan permasalahan pada pembacaan  $O_2$  *abnormal*. Dengan hal tersebut dapat mempengaruhi performa system pembakaran pada boiler

Tabel 3. 2 Permasalahan pada Sensor Oksigen Analizer

| Tanggal    | Permasalahan  |
|------------|---|
| 02/24/2019 | Boiler 1 – Pembacaan $O_2$ content side B1 abnormal                                 |
| 09/10/2019 | Permohonan pengecekan $o_2$ content unit 2, pembacaan menyimpang                    |
| 11/18/2020 | Sensor $O_2$ content flue gas sistem side B abnormal                                |
| 05/05/2020 | Penunjukkan $O_2$ content B side SH out no 1  |
| 04/05/2021 | Penunjukkan $O_2$ content B side SH out no 2  |
| 04/28/2022 | Boiler 1 – Sensor $O_2$ content side B1 unit 1 abnormal                             |
| 06/14/2022 | Boiler 2 – B side SH out $O_2$ content 1 error                                      |
| 04/28/2023 | Flue Gas – Kalibrasi $O_2$ Content, ada deviasi antara DCS dan alat manual di lokal |
| 03/01/2024 | Boiler 2 - Nilai oksigen content antara side A dan side B berbeda jauh              |
| 05/19/2024 | Flue Gas – $O_2$ content inlet APH side B abnormal (over )                          |

### 3.4.2 Analisis Kegagalan *Oxygen Analyzer*

*Fishbone* analisis adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai penyebab masalah secara sistematis. Dalam kasus ini, analisis ditujukan untuk memahami penyebab kegagalan pada sensor oksimeter atau *oxygen analyzer*. Faktor-faktor penyebabnya dapat dikategorikan menjadi *Man*, *Machine*, *Method*, *Material*, *Environment*, dan *Measurement*.



Gambar 3. 15 Diagram *Fishbone*

#### a. *Man* (Manusia)

Kategori ini mencakup semua faktor yang berkaitan dengan manusia atau SDM yang terlibat dalam proses system ini, seperti operator dan teknisi. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan masalah kegagalan antara lain:

1. Operator & teknisi kurang kompeten mengenai pentingnya jadwal kalibrasi rutin sehingga sering terjadi tindakan ketika ada nya kegagalan.
2. Tidak ada penjadwalan pembersihan filter sensor secara berkala.
3. Kurangnya pengawasan atau inspeksi manual terhadap kondisi sensor.

#### b. *Machine* (Mesin)

1. Sensor oksigen analyzer tidak dilengkapi fitur *autocalibration*.
2. Filter sensor tidak memiliki indikator kondisi untuk menunjukkan waktu pembersihan.
3. Sensitivitasnya alat menurun terhadap pembacaan gas.

#### c. *Method* (Metode)

1. Jadwal kalibrasi tidak terstruktur dan hanya dilakukan berdasarkan adanya masalah.
2. Prosedur pembersihan filter sensor tidak masuk dalam SOP (*Standard Operating Procedure*).
3. Pemeliharaan tidak dilakukan secara rutin.

#### d. *Material* (Material):

1. Material filter mudah terkontaminasi oleh debu atau gas pembakaran
2. Slagging yang terbentuk sulit dibersihkan tanpa peralatan khusus.
3. Filter sensor tidak diganti secara berkala sesuai rekomendasi pabrik.

e. *Environment* (Lingkungan):

1. Kandungan gas buang yang tinggi debu dan sulfur mempercepat pembentukan slagging pada filter sensor
2. Suhu tinggi di area boiler mempercepat kerusakan filter sensor.

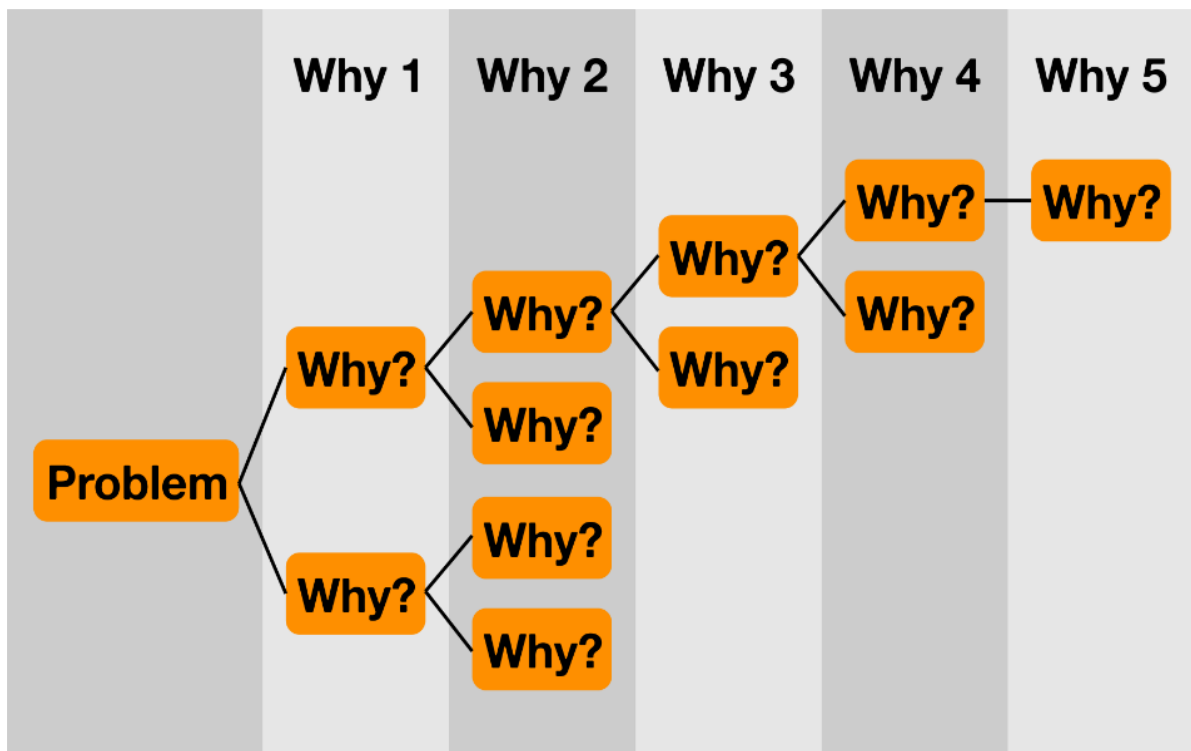
f. *Measurement* (Pengukuran)

1. Tidak adanya *cross-check* hasil pembacaan antara *analyzer* utama dengan alat referensi.
2. Deviasi pembacaan meningkat akibat akumulasi kerak pada filter sensor.
3. Kesalahan interpretasi hasil karena kalibrasi tidak dilakukan secara rutin.

Dari beberapa penyebab masalah kegagalan Oksigen Analyzer *Abnormal* diatas dapat di ambil permasalahan utama yaitu Jadwal kalibrasi yang tidak terstruktur dan terjadinya *slagging* pada filter difusi sensor. Penentuan permasalahan utama ini didasarkan pada data *Service Request* bidang kontrol dan instrumen, dan wawancara yang dilakukan oleh peneliti dengan teknisi.

### 3.4.3 Analisa RCPS (*Root Cause Problem Solving*)

*Root Cause Problem Solving* (RCPS) adalah metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab dari suatu masalah atau kegagalan dalam suatu sistem. Metode ini bertujuan untuk membedakan antara gejala masalah dan penyebab yang mendasarinya. Hasil analisis RCPS yaitu pemilihan tindakan solusi berdasarkan “*5 Why's analysis*” untuk menemukan solusi yang tepat sesuai dengan permasalahan yang terjadi



Gambar 3. 16 Analisis RCPS

Berdasarkan dari pengumpulan penyebab masalah yang terdapat pada diagram fishbone pada subbab sebelumnya terdapat 2 permasalahan utama yaitu kalibrasi yang tidak terjadwal dan sering terjadi *slagging* pada filter difusi sensor. Dengan hal tersebut untuk menemukan akar dari permasalahan yang ada akan dilakukan analisa menggunakan metode RCPS.

Tabel 3. 3 Analisa RCPS

| Analisis RCPS   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| Problem   | Why 1                                     | Why 2  | Why 3  | Solving   |
| Kalibrasi tidak terjadwal dan sering terjadi <i>slagging</i> pada filter difusi | Kalibrasi tidak rutin                     | Tidak terdapat penjadwalan secara periodik               |  | Menyusun SOP Kalibrasi Manual secara periodik ( <i>preventive maintenance</i> )           |
|   |   | Tidak menggunakan oxymeter dengan <i>autocalibration</i> | Tidak terdapat system <i>Autocalibration</i> | Terapkan <i>Autocalibration</i> pada perangkat oxymeter melalui upgrade system perangkat. |
|   | Filter sering mengalami <i>slagging</i> ? | Tidak dilakukan pembersihan terjadwal                    | SOP belum ada                                | Menyusun SOP pembersihan filter secara periodik ( <i>preventive maintenance</i> ).        |

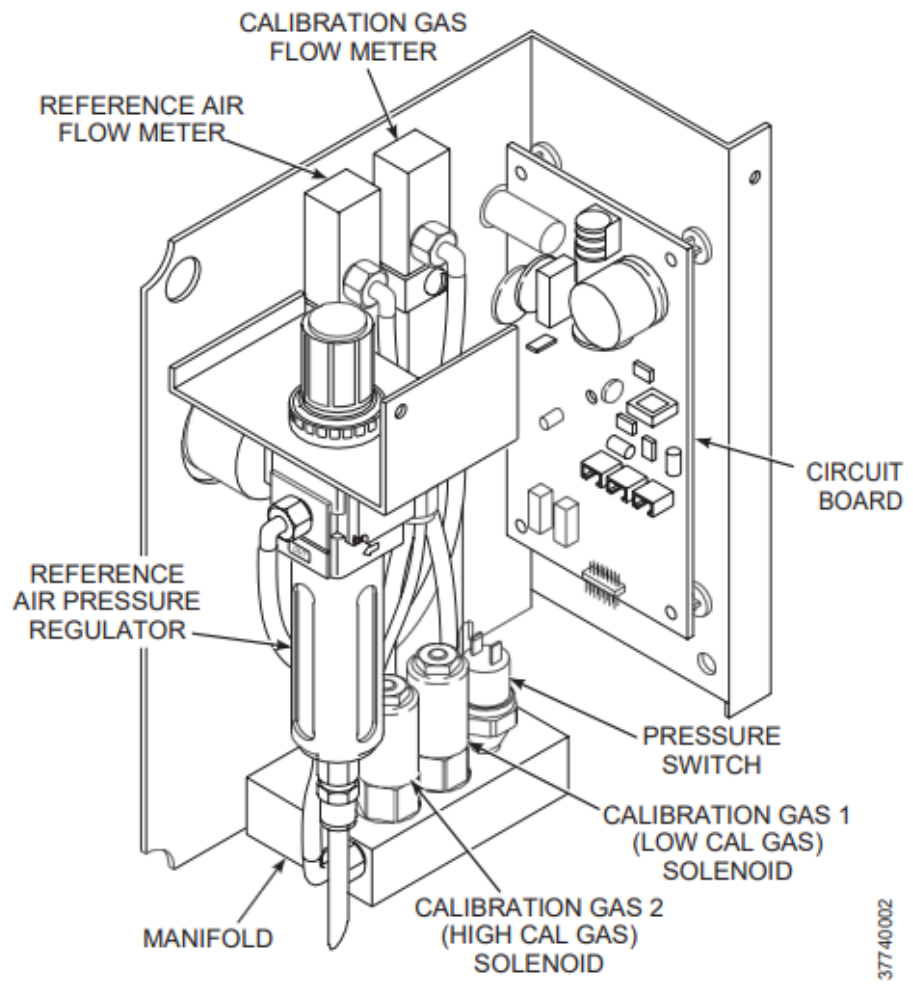
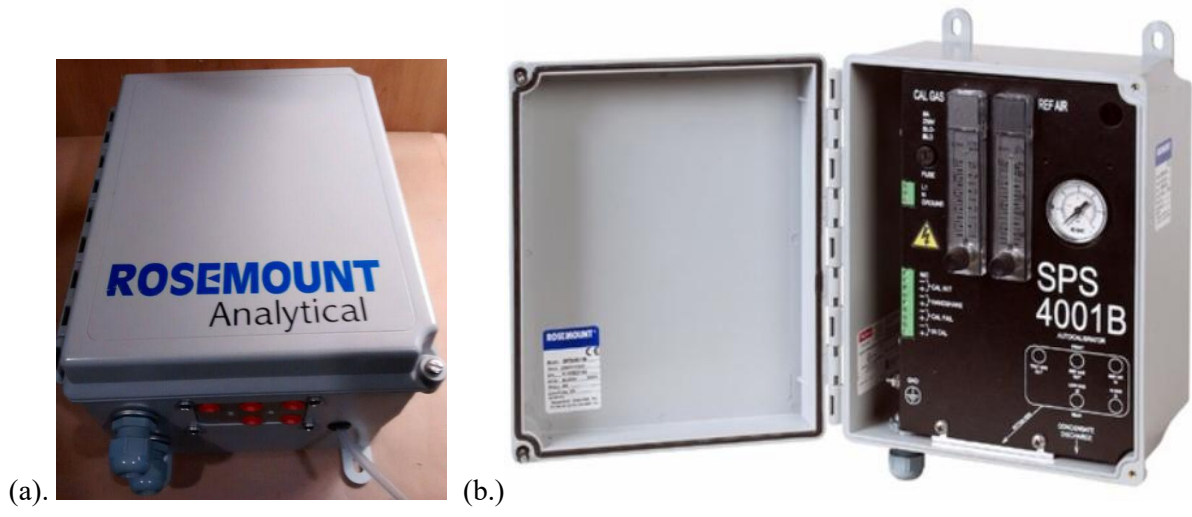
Pada tabel 3.3 diatas dapat diidentifikasi bahwa penyebab tidak dilakukan kalibrasi secara terjadwal adalah tidak adanya SOP kalibrasi manual secara terjadwal dan tidak terdapat *Autocalibration system* pada perangkat, karena alat masih menggunakan system manual kalibrasi. Kemudian sering terjadinya *slagging* pada filter difusi sensor adalah serta pada filter yang sering terjadi *slagging* karena tidak dilakukan preventive maintenance pada filter difusi secara periodik. Dari permasalahan tersebut hasil penyelesaian 2 akar permasalahan yang paling dasar dapat memastikan keandalan alat operasional melalui autocalibration dan jadwal perawatan rutin serta meningkatkan efisiensi teknis dengan pengurangan downtime dan potensi kerusakan.

### 3.4.4 Rekomendasi Solusi

Berdasarkan analisa identifikasi permasalahan yang telah dilakukan pada subbab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penyebab dari pembacaan O2 *Analizer Abnormal* karena tidak adanya kalibrasi sensor dan perawatan pembersihan filter difusi secara periodik atau terjadwal. Hal ini dapat menyebabkan pembacaan sensor sering terjadi abnormal. Opsi rekomendasi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah menerapkan alat autocalibration *Single Probe Sequencer (SPS) 4001B* pada sensor *oximeter* serta dalam perawatan filter difusi sensor diterapkan SOP *preventif maintenance* secara terjadwal untuk mengurangi potensi kerusakan yang disebabkan *slagging* pada filter difusi.

#### 1. Implementasi Autocalibration:

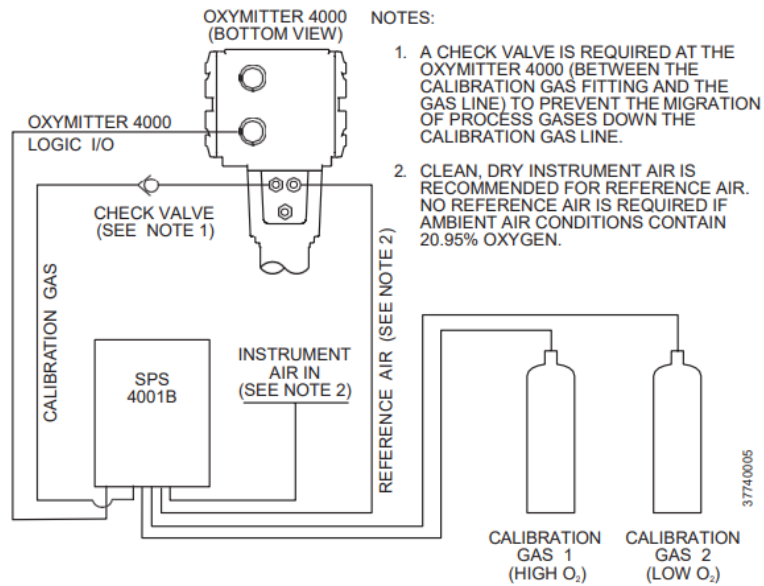
- a) Upgrade perangkat oxymeter untuk mendukung fitur *autocalibration*.
- b) Pastikan perangkat dapat melakukan kalibrasi otomatis secara berkala tanpa intervensi teknisi.



(c.)  
 Gambar 3. 17 Gambar (a) Single Probe Sequencer Tampak Luar. Gambar (b.) Single Probe Sequencer Tampak Dalam. Gambar (c.) Part dan komponen Single Probe Sequencer

Single Probe Sequencer (SPS) 4001B adalah perangkat yang memungkinkan kalibrasi otomatis, baik secara terjadwal maupun sesuai kebutuhan, untuk satu perangkat Oxymitter 4000 tanpa perlu teknisi datang ke lokasi. Sebagai penambahan model sebelumnya, SPS 4000, perangkat ini menawarkan parameter operasi yang sama namun dilengkapi kabinet NEMA yang kokoh untuk perlindungan ekstra

dari korosi dan kerusakan fisik. Emerson juga menawarkan sistem autokalibrasi multiprobe yang hemat biaya untuk proses pembakaran dengan banyak probe, tetapi SPS 4001B menjadi solusi praktis bagi pengguna dengan hanya satu probe per proses pembakaran, memberikan efisiensi dan keandalan dalam kalibrasi.



Gambar 3. 18 Sistem pemasangan *Single Probe Sequencer*

Sistem *Oxymitter* 4000 memungkinkan kalibrasi otomatis tanpa harus melibatkan operator atau teknisi ke lokasi sensor. Fitur ini bekerja dengan bantuan alat tambahan bernama SPS 4001B. Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut



Gambar 3. 19 Flowchart Cara Kerja *Autocalibration*

Diagram diatas merupakan proses kalibrasi otomatis atau *Autocalibration* pada sensor Oxymitter 4000. Langkahnya dimulai dari penerimaan sinyal kebutuhan kalibrasi oleh Oxymitter 4000. Setelah mendeteksi bahwa kalibrasi diperlukan, perangkat ini mengirimkan sinyal ke sequencer untuk memulai proses. Langkah pertama adalah pengaliran gas kalibrasi 1, yaitu gas dengan kandungan oksigen tinggi. Sequencer akan mengaktifkan solenoid pertama, yang kemudian membuka jalur gas kalibrasi 1. Gas ini kemudian mengalir menuju sensor Oxymitter 4000, di mana kandungan oksigennya diukur dengan presisi. Setelah pengukuran selesai, Sensor Oxymitter 4000 mengirimkan hasilnya kembali ke sequencer. Selanjutnya, sequencer akan mematikan solenoid pertama, sehingga aliran gas kalibrasi 1 dihentikan. Setelah itu, proses kedua berlanjut yaitu ke pengaliran gas kalibrasi 2, yang ke 2 ini gas

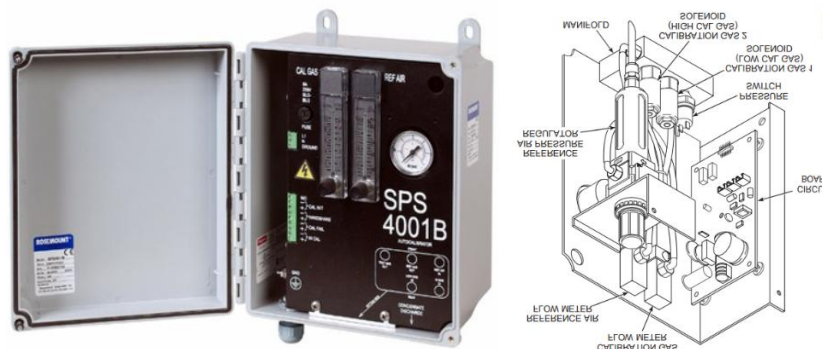
dengan kandungan oksigen rendah. Sequencer akan mengaktifkan solenoid kedua untuk membuka jalur gas kalibrasi 2. Kemudian gas ini dialirkan ke sensor Oxymitter 4000, dan kandungan oksigennya diukur seperti pada langkah sebelumnya. Hasil pengukuran dikirim kembali ke *sequencer*, yang kemudian mematikan solenoid kedua untuk menutup jalur gas kalibrasi 2. Langkah terakhir dalam proses ini adalah penyesuaian otomatis pada sistem pengukuran Oxymitter 4000. Berdasarkan hasil pengukuran dari kedua jenis gas kalibrasi, perangkat ini secara otomatis akan mengkalibrasi ulang sistemnya agar tetap akurat. Setelah semua langkah selesai, semua solenoid tetap tertutup hingga sistem akan mendeteksi kebutuhan untuk kalibrasi yang berikutnya.

Proses kalibrasi ini sudah dilakukan secara otomatis (*Autocalibration*) sehingga tanpa memerlukan intervensi manual oleh operator, sehingga risiko kesalahan manusia dapat diminimalkan. Selain itu, efisiensi sistem juga meningkat karena aliran gas akan dihentikan secara otomatis setelah pengukuran selesai, dengan proses seperti ini tidak hanya menghemat penggunaan gas kalibrasi tetapi juga mendukung keberlanjutan operasional secara keseluruhan. Hal ini menjadikan SPS 4001B sebagai solusi yang andal untuk meningkatkan efektivitas proses kalibrasi dengan efisien dan konsisten.

### 3.5 Hasil dan Pembahasan

Hasil observasi di lapangan dilakukan analisis menggunakan metode fishbone yang bertujuan untuk mngumpulkan kemungkinan penyebab permasalahan yang sering terjadi setelah ditemukan kemungkinan penyebabnya dilakukan analisis masalah menggunakan metode *Root Cause Problem Solving* (RCPS) untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab dari suatu masalah atau kegagalan dalam suatu sistem. Dari analisis yang dilakukan ditemukan permasalahan utama yang memengaruhi efisiensi dan keandalan sensor oksimeter. Permasalahan pertama adalah tidak adanya jadwal kalibrasi yang terstruktur dan rutin sehingga hal ini sangat memengaruhi keakuratan dalam pembacaan. Kalibrasi sensor oksimeter, yang seharusnya dilakukan secara berkala sesuai rekomendasi alat pada *manual book*, justru sering diabaikan dan hanya dilakukan ketika terjadi kegagalan fungsi atau anomali data. Ketidaksiplinan dalam kalibrasi ini menyebabkan penurunan keakuratan pengukuran dari waktu ke waktu, sehingga berdampak langsung pada efisiensi pembakaran boiler. Dalam beberapa kasus, pengabaian kalibrasi ini bahkan mengakibatkan interpretasi data yang salah, yang berpotensi meningkatkan konsumsi bahan bakar dan menurunkan efisiensi operasional.

Dengan hal ini maka sangat diperlukan adanya *System Autoclibration* di PLTU Pacitan ini sehingga kalibrasi bisa dilakukan secara otomatis dengan penambahan SPS4001 yang terintegrasi dengan Rosemount 4000 yang sudah ada pada unit PLTU Pacitan dengan penambahan alat ini operator maupun teknisi dapat lebih mudah dan efisien dalam kalibrasi alat.



Gambar 3. 20 SPS 4001 Autocalibration

Namun alat ini belum bisa diterapkan saat ini karena beberapa faktor pada aspek prosedur administrasi dan birokrasi pengadaan alat. Proses pengadaan sering kali memerlukan waktu yang cukup lama karena harus melalui tahapan perencanaan, persetujuan, dan pelelangan yang sesuai dengan

regulasi yang berlaku. Meski demikian, penerapan sistem *Autoclibration* tetap menjadi langkah strategis yang perlu diwujudkan dalam jangka panjang untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sensor oksimeter di PLTU Pacitan. Oleh karena itu, rekomendasi utama adalah melakukan perencanaan bertahap untuk penerapan teknologi ini. Langkah awal dapat dimulai dengan studi kelayakan untuk mengevaluasi kebutuhan teknis, anggaran, dan infrastruktur yang diperlukan. Setelah itu, penyusunan rencana investasi yang mencakup estimasi biaya, jadwal implementasi, dan pelatihan teknis bagi teknisi dan operator harus menjadi prioritas.

Selain itu, penting untuk menjalin kerja sama dengan pihak penyedia teknologi seperti Rosemount, guna memastikan perangkat yang diintegrasikan dapat memenuhi kebutuhan spesifik di PLTU Pacitan. Dengan pendekatan yang terencana dan sistematis, implementasi sistem *Autoclibration* diharapkan dapat terealisasi dalam waktu yang tidak terlalu lama, sehingga efisiensi operasional dan keandalan sensor oksimeter dapat ditingkatkan secara signifikan.

Permasalahan kedua yang ditemukan adalah *slagging* atau penyumbatan pada filter difusi sensor oksimeter.



Gambar 3. 21 Filter Difusi Sensor Oksimeter PLTU Pacitan

Filter difusi berperan penting dalam melindungi elemen pengukur dari kontaminasi partikel seperti debu atau abu pembakaran. Namun, tidak adanya prosedur pembersihan yang terjadwal secara khusus menyebabkan penumpukan partikel ini, sehingga menghambat difusi gas ke dalam elemen pengukur. Akibatnya, sensor oksimeter tidak dapat memberikan data yang akurat, dan dalam jangka panjang hal ini dapat memperpendek masa pakai sensor serta meningkatkan biaya pemeliharaan.

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan *preventive maintenance* secara terjadwal dan rutin. Rekomendasi solusi yang dapat diterapkan meliputi penerapan jadwal kalibrasi rutin sesuai spesifikasi teknis sensor, yang dapat dilakukan setiap tiga hingga enam bulan sekali, tergantung pada tingkat penggunaan dan kondisi lingkungan. Selain itu, perlu dilakukan pembersihan berkala pada filter difusi dengan metode yang sesuai untuk mencegah *slagging*. Implementasi jadwal perawatan ini tidak hanya akan meningkatkan keakuratan dan keandalan sensor oksimeter tetapi juga memastikan efisiensi pembakaran boiler tetap optimal.

Dengan memahami sistem kerja, permasalahan, dan solusi yang dapat diterapkan, hasil identifikasi ini diharapkan mampu memberikan kontribusi signifikan dalam upaya meningkatkan efisiensi pembakaran di PLTU Pacitan. Optimalisasi kinerja sensor oksimeter tidak hanya membantu menjaga efisiensi operasional tetapi juga mendukung pengurangan emisi, yang sejalan dengan komitmen PT. PLN Nusantara Power untuk menerapkan prinsip keberlanjutan dalam operasinya.

### 3.6 Pembelajaran Hal Baru

Pembelajaran baru yang telah saya lakukan dalam pelaksanaan magang ini adalah melakukan kalibrasi sensor *Load Cell* pada *Coal Feeder* ;

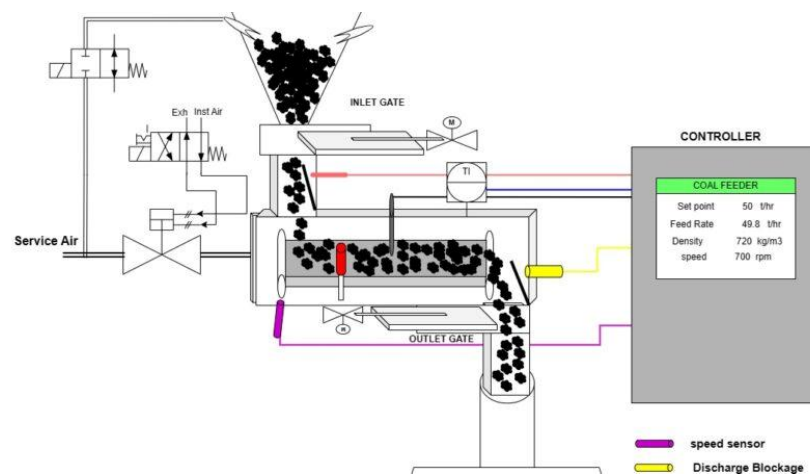
#### A. Melakukan Kalibrasi Sensor *Load Cell Coalfeeder*

*Coal feeder* adalah perangkat vital dalam proses suplai bahan bakar batubara ke boiler, batubara sebelumnya telah dipindahkan dari penampungan atau *coalyard* melalui *conveyor belt* menuju *crusher* untuk dihaluskan menjadi batubara yang berukuran sama. setelah dihaluskan batubara disimpan pada *coalbunker*. Kemudian dari *coalbunker*, batu bara dialirkan ke *pulverizer* atau *mill* untuk dihaluskan kembali menjadi serbuk melalui *coal feeder*. *Coal feeder* memainkan peran penting dalam menjaga kelangsungan dan efisiensi proses pembakaran. Fungsi utama *coal feeder* adalah mengatur laju aliran batu bara dari *coal bunker* menuju *pulverizer*. Pengaturan ini dilakukan secara otomatis berdasarkan kebutuhan beban boiler yang dikendalikan oleh *Boiler Management System (BMS)*. Dengan demikian, *coal feeder* memastikan bahwa pasokan batu bara ke *pulverizer* sesuai dengan kebutuhan pembakaran, baik dalam kondisi beban rendah maupun tinggi.

Selain itu, *coal feeder* juga dilengkapi dengan sensor untuk memantau berat atau laju aliran batu bara yang masuk ke *pulverizer*. Data dari sensor ini digunakan oleh sistem kontrol untuk menyesuaikan kecepatan *coal feeder*, sehingga rasio udara dan bahan bakar di dalam boiler tetap optimal. Rasio yang tepat ini sangat penting karena memengaruhi efisiensi pembakaran, emisi gas buang, dan performa keseluruhan pembangkit.

Keandalan sistem pengukuran berat sangat memengaruhi kestabilan pembakaran dan efisiensi energi oleh karena itu dibutuhkan kalibrasi sensor ini.

Fungsi dari kalibrasi sensor load merupakan langkah penting untuk memastikan akurasi pembacaan massa batubara yang dikirimkan dari bunker melalui *coalfeeder* dan menuju ke boiler. Sensor load digunakan untuk mendeteksi berat batubara yang bergerak di *belt conveyor*. Akurasi data ini sangat penting dalam mengoptimalkan efisiensi pembakaran dan menjaga stabilitas operasi PLTU. Pada PLTU Pacitan kalibrasi *coalfeeder* dilakukan secara terjadwal 3 bulan sekali.



Gambar 3. 22 Instrument Coalfeeder

#### B. Tujuan Kalibrasi Sensor *Load Cell*

1. Memastikan keakuratan pembacaan berat oleh sensor load.
2. Meningkatkan efisiensi operasi PLTU melalui pengukuran yang presisi.
3. Mengidentifikasi dan mengatasi potensi kerusakan pada sensor atau sistem terkait.

#### C. Alat dan Bahan

1. Sensor load (*load cell*)
2. Multimeter digital
3. *Weights* standar (beban uji dengan nilai terkalibrasi)

4. Sistem kontrol coal feeder
5. Laptop atau perangkat dengan software konfigurasi sensor
6. Alat bantu (kunci, obeng, dll.)

#### **D. Tahapan Proses Kalibrasi**

##### **a. Persiapan**

1. Matikan aliran bahan bakar pada *coalfeeder* untuk menghindari gangguan selama proses kalibrasi.
2. Pastikan area kerja aman dan bebas dari gangguan.
3. Lepaskan beban pada conveyor untuk memastikan sensor load dalam kondisi nol beban.

##### **b. Pemeriksaan Awal**

1. Periksa fisik *load cell*, pastikan tidak ada kerusakan mekanis atau kabel putus.
2. Gunakan multimeter untuk memeriksa resistansi kabel *load cell*, memastikan koneksi dan tegangan output saat tanpa beban.

##### **c. Kalibrasi Nol (*Zero Calibration*)**

1. Hubungkan *load cell* ke sistem kontrol dan software konfigurasi.
2. Pastikan tidak ada beban pada conveyor.
3. Masukkan perintah *zero calibration* melalui software panel untuk menyetel pembacaan awal *load cell* menjadi nol.

##### **d. Kalibrasi Span (*Span Calibration*)**

1. Tempatkan beban standar di atas conveyor secara hati-hati.
2. Masukkan nilai berat beban standar ke dalam software.
3. Sistem akan menyesuaikan output *load cell* untuk mencocokkan nilai berat aktual dengan pembacaan sensor.
4. Ulangi langkah ini 3 kali dengan beban standar untuk memastikan linieritas sensor.

##### **e. Verifikasi dan Pengujian**

1. Setelah kalibrasi selesai, uji kembali dengan beban standar untuk memastikan hasil pembacaan sesuai.
2. Jika terdapat deviasi signifikan, ulangi proses kalibrasi.
3. Dokumentasikan hasil kalibrasi dan pastikan data disimpan dalam sistem kontrol.

#### **E. Dokumentasi dan Pelaporan**

1. Catat Tanggal dan waktu pelaksanaan kalibrasi
2. Dokumentasikan hasil kalibrasi, termasuk:
  - a. Nilai sebelum dan sesudah kalibrasi.
  - b. Deviasi yang terdeteksi.
3. Simpan data hasil kalibrasi dalam sistem kontrol dan salinan laporan untuk keperluan audit.

#### **F. Kesimpulan Hasil Kalibrasi**

Proses kalibrasi sensor load pada coal feeder sangat penting untuk menjaga keakuratan pengukuran bahan bakar di PLTU. Kalibrasi yang dilakukan secara sistematis dan berkala dapat mengurangi risiko kesalahan operasional, meningkatkan efisiensi pembakaran, serta memastikan keandalan sistem bahan bakar. Dengan hasil kalibrasi ini, coal feeder membantu memastikan bahwa pembakaran di boiler berlangsung stabil, efisien, dan aman. Aliran batu bara yang terkontrol dengan baik melalui *coal feeder* juga mencegah pemborosan bahan bakar dan menjaga boiler beroperasi dalam kondisi optimal..



Gambar 3. 23 (a),(b),(c),(d) Lampiran Dokumentasi Proses Kalibrasi *Coal feeder*

Selama menjalani kerja praktik di PT PLN Nusantara Power UP Pacitan sejak tanggal 1 September-29 November 2024, penulis berkontribusi dalam beberapa kegiatan yaitu:

- a) Melakukan pemasangan *support instrument* MED
- b) Melakukan kalibrasi *coal feeder* pada unit 1 dan 2
- c) Melakukan *preventive maintenance* pada *oil gun* unit 1 dan 2
- d) Melakukan *corrective maintenance* pada *sootblower* unit 2
- e) Mengikuti *preventive maintenance* *Stacker Reclaimer*
- f) Melakukan *preventive maintenance* pada PA fan dan ID fan
- g) Melakukan *preventive maintenance* pada ruang DCS (*Distributor Control System*)
- h) Melakukan *corrective maintenance* *Limit Switch Sootblower*
- i) Melakukan *corrective maintenance* pada *Horn Alarm* Area BC 4

### 3.7 Korelasi Kegiatan Magang dengan Mata Kuliah

Kegiatan kerja praktik di PT PLN Nusantara Power UP Pacitan memiliki korelasi dengan mata kuliah yang selama ini dipelajari di kampus. Beberapa mata kuliah tersebut diterapkan oleh penulis selama melakukan kerja praktik dan pengerjaan laporan kerja praktik. Berikut beberapa mata kuliah yang berkaitan.

1. Pengantar Instrumentasi
2. Manajemen Laboratorium
3. Elektronika Dasar

4. Sistem Pengukuran
5. Mikrokontroller
6. Instrumentasi Industri
7. Sistem Pengendalian
8. Fisika Komputasi
9. Kepemimpinan