

**Kontrol kualitas pekerjaan *Retubing, Metal Coating, dan Ceramic Coating* pada boiler CFB sisi belakang PLTU 112 MW**

***Quality Control of Retubing, Metal Coating, and Ceramic Coating Work on the CFB Boiler Backside of a 112 MW Power Plant***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Nama: Faiz Muhammad Dzulfiqar  
NPM: 193030135**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2025**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Faiz Muhammad Dzulfiqar

Nomor Pokok Mahasiswa : 193030135

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 30 Juni 2025

Penulis,



Faiz Muhammad Dzulfiqar

## SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Faiz Muhammad Dzulfikar

NPM 193030135

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Kontrol kualitas pekerjaan *retubing*, *metal coating*, dan *ceramic coating* pada boiler CFB sisi belakang PLTU 112 MW

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 30 Juni 2025

Yang menyatakan,



Faiz Muhammad Dzulfikar

## Lembar Pengesahan Pembimbing

**Kontrol kualitas pekerjaan *retubing, metal coating* dan *ceramic coating* pada *boiler CFB* sisi belakang PLTU 112 MW**



**Nama: Faiz Muhammad Dzulfiqar**  
**NPM: 193030135**

Pembimbing Utama

Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA.

Pembimbing Pendamping

Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**Kontrol kualitas pekerjaan *retubing, metal coating* dan *ceramic coating* di sisi depan dan kanan *boiler CFB PLTU 112 MW***



**Nama: Faiz Muhammad Dzulficar**  
**NPM: 193030135**

Tanggal sidang skripsi: 30 Juni 2025

Ketua : Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA.

Sekretaris : M. Reza Hermawan, S.T., M.T.

Anggota : Dr. Ir. Widiyanti Kwintarini, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

## KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan anugerah-Nya, yang telah menjadi pondasi utama dalam penyelesaian draft skripsi ini yang berjudul “Kontrol kualitas produk *retubing, metal coating dan ceramic coating* pada *boiler* CFB sisi belakang PLTU 112 MW”. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan, namun diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Orang tua saya, Bapak Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T dan Ibu Dr. R. Evi Sofia, S.T., M.T serta kakak saya aldarifa putri Nabilah adik saya zikri Muhammad zulhilmi, yang telah memberikan dukungan, doa, dan motivasi tiada henti.
2. Bapak Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA., pembimbing utama, atas arahan, ilmu, dan dukungannya yang sangat inspiratif selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T., pembimbing kedua, atas bimbingan dan dukungan yang tulus sepanjang proses penyusunan.
4. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T., Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan, sekaligus dosen wali, atas bantuan dan bimbingannya.
5. Seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Pasundan beserta staf dan jajarannya, yang telah memberikan ilmu dan dukungan selama ini.
6. Bapak Lufti Nur Hakim, Manager unit IP Teluk Sirih beserta jajarannya, atas dukungan dan kerjasamanya.
7. Team Lapi Ganeshatama Consulting, atas bantuan dan kesempatan yang telah diberikan.
8. Seluruh teman kopi radono terutama azka dara, atas bantuan dan dukungan dan kerjasamanya.

Akhir kata, semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan, baik bagi Penulis maupun bagi pembacanya.

Bandung, 30 Juni 2025

Penulis,



Faiz Muhammad Dzulfiqar

## DAFTAR ISI

|                                                                       |             |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>SURAT PERNYATAAN .....</b>                                         | <b>i</b>    |
| <b>SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>                    | <b>ii</b>   |
| <b>Lembar Pengesahan Pembimbing .....</b>                             | <b>iii</b>  |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....</b>                                | <b>iv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                           | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                             | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                             | <b>x</b>    |
| <b>ABSTRAK.....</b>                                                   | <b>xi</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                  | <b>xii</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                         | <b>1</b>    |
| 1. Latar belakang.....                                                | 1           |
| 2. Rumusan masalah.....                                               | 2           |
| 3. Tujuan Masalah .....                                               | 3           |
| 4. Batasan masalah .....                                              | 3           |
| <b>BAB II STUDI LITERATUR .....</b>                                   | <b>4</b>    |
| 1. Umum.....                                                          | 4           |
| 2. Penelitian Terdahulu .....                                         | 4           |
| 3. Retubing Boiler .....                                              | 6           |
| 4. Metal Coating pada Boiler .....                                    | 8           |
| 5. Ceramic Coating pada Boiler .....                                  | 9           |
| 6. Metode Pengujian dan Inspeksi Kualitas pada <i>Boiler</i> CFB..... | 10          |
| 7. Pengaruh Kontrol Kualitas terhadap Kinerja Boiler CFB .....        | 11          |
| <b>BAB III METODOLOGI.....</b>                                        | <b>13</b>   |
| 1. Tahapan Penelitian.....                                            | 13          |
| 2. Langkah Penelitian .....                                           | 13          |
| 3. Tempat Penelitian .....                                            | 14          |

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4. Produk – produk penelitian.....                                               | 14        |
| 5. PENGUKURAN.....                                                               | 17        |
| a.    Rewelding.....                                                             | 18        |
| b.    Sand Blasting.....                                                         | 27        |
| c.    Metal Coating .....                                                        | 30        |
| d.    Ceramic Coating .....                                                      | 32        |
| 6. Proses pekerjaan <i>retubing</i> .....                                        | 34        |
| a. Proses <i>Cutting</i> Tube Lama .....                                         | 34        |
| b. Fabrikasi <i>Tube</i> Baru.....                                               | 34        |
| c. Fit up Tube.....                                                              | 35        |
| d.    Welding Tube.....                                                          | 36        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                                          | <b>37</b> |
| 1. Hasil Data <i>Rewelding</i> pada sisi belakang tube .....                     | 37        |
| a. Data hasil pengukuran <i>Hi-Lo</i> .....                                      | 37        |
| b.    Proses <i>Metal Coating</i> sisi belakang <i>Tube</i> .....                | 45        |
| 2. Data Hasil <i>Metal Coating</i> pada Sisi Belakang Elv 16-18 dan 23-25 .....  | 47        |
| 3. Data Hasil <i>Ceramic Coating</i> pada Sisi Belakang Elv 16-18 dan 23-25..... | 52        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                          | <b>58</b> |
| 1. Kesimpulan.....                                                               | 58        |
| 2. Saran.....                                                                    | 60        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                       | <b>61</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                             | <b>62</b> |
| 1. Data Hasil <i>Retubing</i> .....                                              | 62        |
| 2. Data Hasil <i>Metal Coating</i> .....                                         | 68        |
| 3. Data Hasil <i>Ceramic Coating</i> .....                                       | 98        |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap [11].....                              | 1  |
| Gambar 2. Diagram flowchart .....                                              | 13 |
| Gambar 3. Tempat Penelitian (google earth).....                                | 14 |
| Gambar 4. Material Tube.....                                                   | 18 |
| Gambar 5. Mesin Cutting Grinder .....                                          | 19 |
| Gambar 6. Mesin Angle Grinder.....                                             | 20 |
| Gambar 7. Mesin Beveling .....                                                 | 20 |
| Gambar 8. Klem Tube .....                                                      | 21 |
| Gambar 9. Hi-Lo Gauge .....                                                    | 22 |
| Gambar 10. Taper Gauge .....                                                   | 22 |
| Gambar 11 . Mesin Las GTAW .....                                               | 23 |
| Gambar 12. Kawat Las GTAW.....                                                 | 24 |
| Gambar 13. Mesin Las GTAW .....                                                | 25 |
| Gambar 14. Kawat Las GMAW .....                                                | 26 |
| Gambar 15. Welding Gauge.....                                                  | 26 |
| Gambar 16. Mesin Sand Blasting.....                                            | 27 |
| Gambar 17. Alat Ukur Elcometer 124.....                                        | 28 |
| Gambar 18. Replica Tape .....                                                  | 29 |
| Gambar 19. Material Sand Blasting.....                                         | 29 |
| Gambar 20. Partikel Material Sand.....                                         | 29 |
| Gambar 21. Mesin Metal Coating.....                                            | 30 |
| Gambar 22. Konsumable Metal Coating.....                                       | 31 |
| Gambar 23. Alat Ukur Elcometer 456.....                                        | 32 |
| Gambar 24. Konsumable Ceramic Coating.....                                     | 32 |
| Gambar 25. Alat Spray Gun.....                                                 | 33 |
| Gambar 26. Proses cutting Tube lama.....                                       | 34 |
| Gambar 27. Proses fit up menggunakan klem tube .....                           | 35 |
| Gambar 28. Proses pengukuran Hi-Lo.....                                        | 35 |
| Gambar 29. Proses pengukuran Gap.....                                          | 36 |
| Gambar 30. Diagram Hasil Pengukuran Hi-Lo pada sudut 0°, 90°, 180°, 270° ..... | 38 |
| Gambar 31. Diagram Hasil Pengukuran Gap Pada Sudut 0°, 90°, 180°, 270° .....   | 40 |
| Gambar 32. Contoh Visual V-Groove .....                                        | 41 |
| Gambar 33. Contoh Visual Capping .....                                         | 41 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 34. Diagram Hasil Pengukuran V-Groove .....                      | 44 |
| Gambar 35. Diagram Hasil Pengukuran Capping .....                       | 44 |
| Gambar 36. Contoh Visual dari Metal Coating .....                       | 47 |
| Gambar 37. Diagram Hasil Pengukuran Metal Coating titik Elv 16-18 ..... | 49 |
| Gambar 38. Diagram Hasil Pengukuran Metal Coating titik Elv 23-25 ..... | 49 |
| Gambar 39. Contoh Visual dari Ceramic Coating .....                     | 52 |
| Gambar 40. Diagram Hasil Pengukuran Ceramic Coating Elv 16-18 .....     | 54 |
| Gambar 41. Diagram Hasil Pengukuran Ceramic Coating Elv 23-25 .....     | 54 |



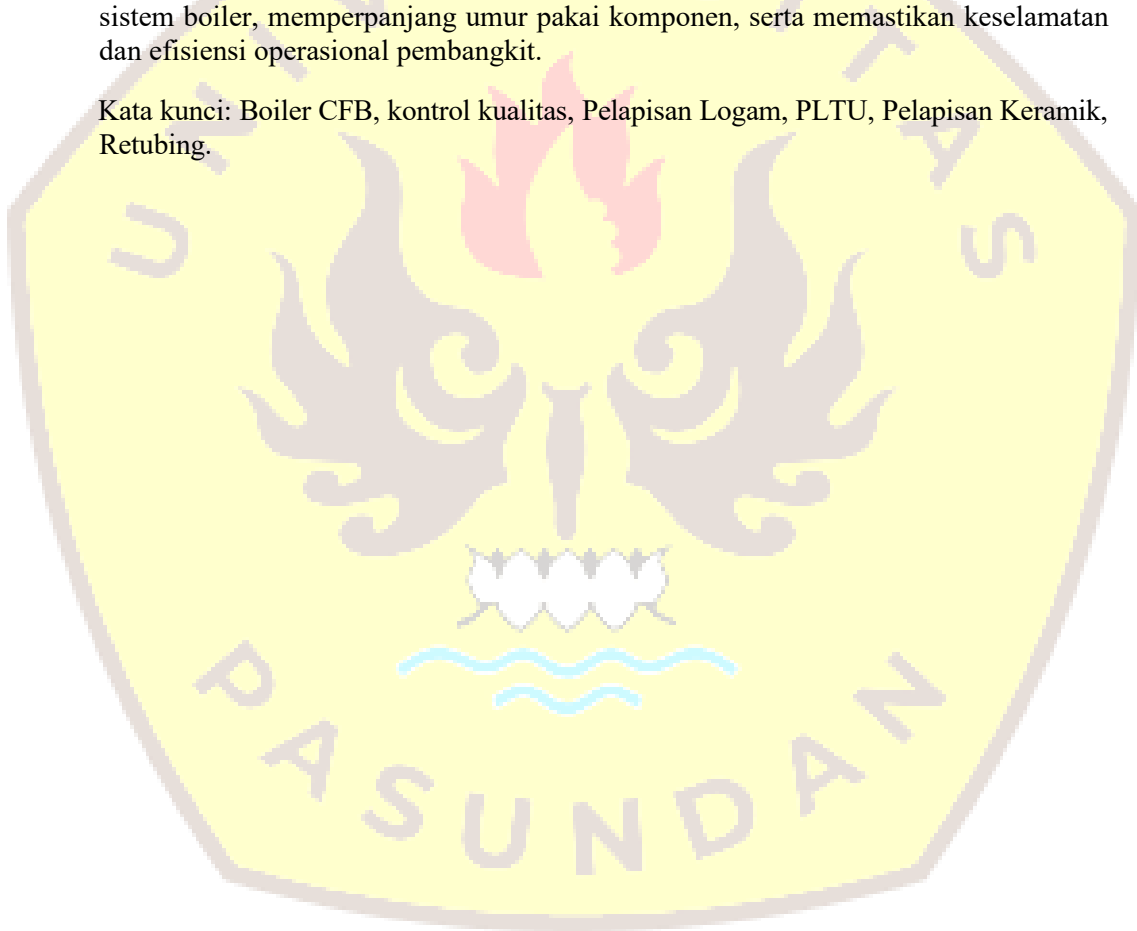
## DAFTAR TABEL

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Table 1. Standar Parameter .....                                | 17 |
| Table 2. Spesifikasi Material Tube baru .....                   | 18 |
| Table 3. Spesifikasi Mesin Grinder .....                        | 19 |
| Table 4. Spesifikasi Mesin Angle Grinder .....                  | 19 |
| Table 5. Spesifikasi Mesin Beveling .....                       | 20 |
| Table 6. Spesifikasi Klem Tube .....                            | 21 |
| Table 7. Spesifikasi Hi-Lo Gauge .....                          | 21 |
| Table 8. Spesifikasi Taper Gauge .....                          | 22 |
| Table 9. Spesifikasi Mesin Las GTAW .....                       | 23 |
| Table 10. Spesifikasi Kawat Las GTAW .....                      | 24 |
| Table 11. Spesifikasi Mesin las GMAW .....                      | 24 |
| Table 12. Spesifikasi Kawat Las GMAW .....                      | 25 |
| Table 13. Spesifikasi Welding Gauge .....                       | 26 |
| Table 14. Spesifikasi Mesin Sand Blasting .....                 | 27 |
| Table 15. Spesifikasi Alat Ukur Elcometer 124 .....             | 27 |
| Table 16. Spesifikasi Replica Tape .....                        | 28 |
| Table 17. Spesifikasi Material Sand Blasting .....              | 29 |
| Table 18. Spesifikasi Mesin Metal Coating .....                 | 30 |
| Table 19. Spesifikasi Konsumable Metal Coating .....            | 31 |
| Table 20. Spesifikasi Alat Ukur Elcometer 456 .....             | 31 |
| Table 21. Spesifikasi Konsumable Ceramic Coating .....          | 32 |
| Table 22. Spesifikasi Alat Spray Gun .....                      | 33 |
| Table 23. Hasil Data Pengukuran Hi-Lo .....                     | 37 |
| Table 24. Hasil Pengukuran Data Gap .....                       | 39 |
| Table 25. Hasil Data Pengukuran V-Groove .....                  | 42 |
| Table 26. Hasil Data Pengukuran Capping .....                   | 43 |
| Table 27. Parameter Proses Metal Coating .....                  | 46 |
| Table 28. Hasil Data Pengukuran Metal Coating Elv 16-18 .....   | 47 |
| Table 29. Hasil Data Pengukuran Metal Coating Elv 23-25 .....   | 51 |
| Table 30. Hasil Data Pengukuran Ceramic Coating Elv 16-18 ..... | 53 |
| Table 31. Hasil Data Pengukuran Elv 23-25 .....                 | 56 |

## ABSTRAK

Boiler tipe *Circulating Fluidized Bed* (CFB) pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berkapasitas 112 MW mengalami tantangan operasional akibat degradasi material seperti korosi, erosi dan kelelahan termal, khususnya di area sisi belakang. Untuk mempertahankan kinerja optimal dan efisiensi system, dilakukan Tindakan perbaikan berupa penggantian pipa (*retubing*), pelapisan logam (*metal coating*), serta pelapisan keramik (*ceramic coating*). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi mutu hasil pekerjaan tersebut melalui inspeksi lapangan, yang hasilnya kemudia dibandingkan dengan spesifikasi teknis dalam dokumen pengadaan. Prosedur pengumpulan data meliputi pengukuran parameter sambungan seperti *Hi-Lo*, *Gap*, *V-Groove*, dan *Capping*, serta pengukuran ketebalan pelapisan. Berdasarkan hasil analisis, Sebagian besar pekerjaan telah sesuai dengan standar yang berlaku, meskipun masih ditemukan beberapa ketidaksesuaian minor yang perlu pembenahan. Temuan ini menegaskan pentingnya pelaksanaan kontrol kualitas secara menyeluruh dalam menjaga keandalan sistem boiler, memperpanjang umur pakai komponen, serta memastikan keselamatan dan efisiensi operasional pembangkit.

Kata kunci: Boiler CFB, kontrol kualitas, Pelapisan Logam, PLTU, Pelapisan Keramik, Retubing.



## ABSTRACT

*The Circulating Fluidized Bed (CFB) boiler used in a 112 MW Steam Power Plant (PLTU) faces operational challenges due to material degradation such as corrosion, erosion, and thermal fatigue, particularly at the rear section. To maintain optimal performance and system efficiency, corrective actions including tube replacement (retubing), metal coating, and ceramic coating are carried out. This study aims to evaluate the quality of these maintenance activities through field inspections, with results compared against technical specifications outlined in procurement documents. Data collection involves measurements of welding parameters such as Hi-Lo, Gap, V-Groove, and Capping, as well as coating thickness. The findings indicate that most of the work meets the required standards, although some minor discrepancies were observed and require corrective action. These results highlight the critical role of comprehensive quality control in ensuring boiler reliability, extending component lifespan, and supporting the safe and efficient operation of the power plant unit.*

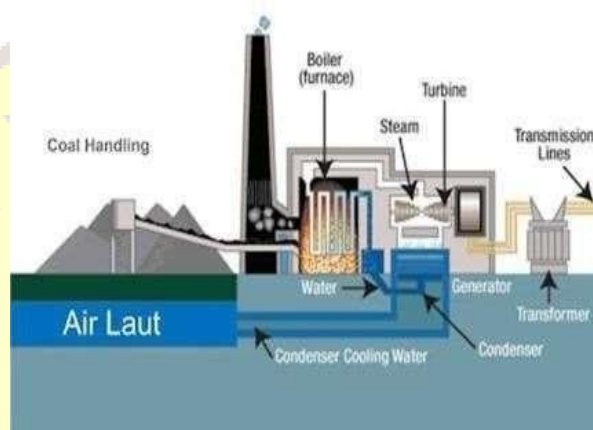
*Keywords: Ceramic Coating, CFB Boiler, Metal Coating, Quality Control, Retubing Steam Power Plant.*



# BAB I PENDAHULUAN

## 1. Latar belakang

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) merupakan pembangkit yang memanfaatkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan listrik. Fungsi utama PLTU adalah memproduksi listrik dalam kapasitas besar guna memenuhi kebutuhan energi, khususnya di wilayah dengan permintaan yang tinggi, seperti perkotaan besar dan area industri. PLTU memiliki komponen utama yaitu *boiler*, turbin uap, kondensor, generator, dan pompa



Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap [11]

Prinsip kerja PLTU melibatkan proses konversi energi yaitu mengubah energi panas menjadi energi listrik melalui siklus yang berulang. Langkah pertama dalam prinsip kerja PLTU adalah pembakaran bahan bakar. Pada proses ini batubara, minyak, atau gas dilakukan pembakaran didalam *boiler*. Proses tersebut menghasilkan energi panas yang tinggi. Selanjutnya yaitu mengubah air menjadi uap. Pada proses ini, panas yang dihasilkan dari proses sebelumnya digunakan untuk memanaskan air dalam *boiler*. Proses ini mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Ketika uap melewati bilah-bilah turbin, tekanan dari uap tersebut menyebabkan turbin berputar. Proses ini mengubah energi panas menjadi energi mekanis. Turbin yang berputar terhubung dengan generator, dengan begitu generator juga akan ikut berputar. Proses ini mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Setelah uap melewati turbin, uap yang telah kehilangan sebagian besar energinya masuk ke kondensor untuk didinginkan dan diubah kembali menjadi air. Air yang sudah didinginkan kemudian dialirkan kembali ke *boiler* dengan menggunakan pompa. Dengan begitu siklus pembangkitan uap dapat dilakukan kembali.

*Boiler* merupakan salah satu komponen utama yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap dengan memanfaatkan panas dari pembakaran bahan bakar. Seiring

waktu, boiler dapat mengalami penurunan efisiensi akibat erosi, penipisan, dan kerusakan mekanis.

Oleh karena itu, rehabilitasi boiler sangat penting untuk menjaga kinerja dan keselamatan PLTU, memperpanjang usia operasionalnya, serta memenuhi standar lingkungan. Rehabilitasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga dapat berkontribusi pada pengurangan biaya operasional dan emisi gas rumah kaca. Proses rehabilitasi *boiler* biasanya mencakup pemeriksaan menyeluruh terhadap kondisi boiler, perbaikan atau penggantian komponen yang rusak, pembersihan, dan peningkatan teknologi.

*Boiler tipe Circulating Fluidized Bed (CFB)* merupakan salah satu elemen penting dalam sistem pembangkit listrik dengan kapasitas 112 MW. Sebagai komponen utama, performa dan keandalan boiler sangat ditentukan oleh kondisi permukaan bagian dalam pipa serta efektivitas proses perpindahan panas. Dalam operasional jangka panjang, pipapipa pada *boiler* mengalami degradasi kualitas akibat faktor-faktor seperti korosi, erosi, dan kelelahan termal, khususnya di area belakang boiler yang mengalami suhu tinggi, tekanan besar, *abrasive refractory* pada *corner* oleh *bed material*, putaran udara (*vortex*) pada area spot abrasif mengakibatkan laju kerusakan semakin parah sehingga menyebabkan kebocoran, material asing yang masuk ke dalam *furnace*.

Untuk mempertahankan kinerja yang efisien dan operasi yang aman, dilakukan proses *retubing* guna mengganti pipa-pipa yang telah rusak. Selain itu, diterapkan pelapisan logam (*metal coating*) dan keramik (*ceramic coating*) untuk menambah perlindungan terhadap korosi dan erosi. Setiap tahap dalam pekerjaan ini memerlukan pengawasan dan kontrol mutu yang ketat agar hasilnya sesuai dengan ketentuan teknis, memperpanjang masa pakai peralatan, serta mencegah potensi gangguan pada operasional unit pembangkit.

Dengan demikian, pengendalian kualitas menjadi aspek yang sangat penting untuk memastikan seluruh material, prosedur pelaksanaan, dan hasil akhir memenuhi persyaratan teknis dan standar keselamatan yang berlaku.

## **2. Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah diuraikan tersebut, maka penulis dapat merumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil inspeksi *rewelding*, inspeksi *metal coating*, dan inspeksi *ceramic coating* yang dilakukan di lapangan dibandingkan dengan dokumen pengadaan dan dokumen standar?
2. Berapa persen tingkat keberhasilan dari inspeksi *rewelding*, inspeksi *metal coating* dan inspeksi *ceramic coating*?

### 3. Tujuan Masalah

Berdasarkan pada permasalahan yang sudah diuraikan di atas tujuan penelitian ini adalah:

1. Memahami perbedaan antara hasil pengukuran di lapangan dengan spesifikasi yang tercantum dalam dokumen pengadaan dan dokumen standar.
2. Memahami persentase keberhasilan hasil *rewelding*, *metal coating* dan *ceramic coating*.

### 4. Batasan masalah

1. Penelitian hanya fokus pada pekerjaan inspeksi *rewelding*, inspeksi *metal coating*, dan inspeksi *ceramic coating* pada boiler CFB kapasitas 112 MW
2. Analisis pekerjaan *rewelding*, *metal coating*, dan *ceramic coating* dilakukan pada sisi belakang dari boiler CFB
3. Standar yang digunakan adalah dokumen pengadaan dan dokumen standar
4. Parameter yang diukur akan focus pada *welding inspection* (HiLo, Gap, Capping, V-Groove), dan mengukur ketebalan *coating*.

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab pertama membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta sistematika Penulisan.

## **BAB II STUDI LITERATUR**

Bab kedua ini menguraikan teori-teori dasar, termasuk tentang pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), *boiler fluidized bed*, *metal coating*, *ceramic coating*, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian.

## **BAB III METODOLOGI**

Bab ketiga mencakup tahapan penelitian, langkah-langkah yang dilakukan, tempat penelitian, serta metode yang digunakan didalam pengumpulan dan analisis data.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab keempat menyajikan hasil dari pengukuran, analisis data, dan pembahasan tentang kualitas pekerjaan *retubing*, *metal coating*, *ceramic coating* pada sisi belakang *boiler CFB* PLTU 112 MW, beserta parameter yang ditentukan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab terakhir yang berisi Kesimpulan dan saran dari hasil penelitian untuk perbaikan lanjutan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap kontrol kualitas pekerjaan retubing, metal coating, dan ceramic coating pada boiler Circulating Fluidized Bed (CFB) sisi belakang PLTU berkapasitas 112 MW, terdapat perbedaan signifikan antara hasil pengukuran di lapangan dengan spesifikasi pada dokumen pengadaan dan standar, yang dipengaruhi oleh kondisi material, metode pengukuran, serta deviasi saat pemasangan. Persentase keberhasilan *rewelding*, *metal coating*, dan *ceramic coating* umumnya telah memenuhi ketentuan, namun beberapa bagian masih memerlukan perbaikan sehingga diperlukan kontrol kualitas yang lebih ketat, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

#### a. Kualitas Sambungan Las (Rewelding)

Secara umum, hasil pengukuran parameter Hi-Lo, V-Groove, dan capping menunjukkan bahwa sebagian besar sambungan las telah memenuhi standar spesifikasi yang tercantum dalam dokumen pengadaan. Namun masih ditemukan ketidaksesuaian pada parameter Gap di beberapa titik tertentu, khususnya pada sudut  $90^\circ$  dan  $270^\circ$ , yang menunjukkan kurangnya konsistensi dalam proses pemasangan pipa sebelum pengelasan.

- Pada Hi-Lo sudut  $0^\circ$  terdapat 83,33% sedangkan yang tidak memenuhi 16,67%, disudut  $90^\circ$  terdapat 83,33% yang memenuhi dan 16,67% yang tidak memenuhi, sudut  $180^\circ$  terdapat 80% yang memenuhi sedangkan yang tidak memenuhi terdapat 20% lalu pada sudut  $270^\circ$  terdapat 85% yang memenuhi dan yang tidak memenuhi syarat terdapat 15% titik.
- Pada Gap Sudut  $0^\circ$  terdapat 73,33% yang memenuhi syarat sedangkan 26,67% yang tidak memenuhi syarat, lalu pada sudut  $90^\circ$  terdapat 21,67% yang memenuhi syarat sedangkan 78,33% yang tidak memenuhi syarat, pada sudut  $180^\circ$  terdapat 41,67% yang memenuhi syarat dan yang tidak memenuhi syarat terdapat 58,33% titik, pada sudut  $270^\circ$  terdapat 23,33% yang memenuhi syarat sedangkan 76,67% yang tidak memenuhi syarat.
- Pada V-Groove terdapat 85% yang telah memenuhi syarat sedangkan 15% tidak memenuhi syarat.
- Pada Capping terdapat 90% titik yang memenuhi syarat sedangkan 10% titik tidak memenuhi syarat.

b. Hasil Pekerjaan Metal Coating

Evaluasi terhadap pelapisan metal coating menunjukkan perbedaan kualitas antara dua elevasi. Pada elevasi 16-18, sekitar 80% titik hasil inspeksi memenuhi kriteria (412 dari 516 titik), sedangkan pada elevasi 23-25, hanya 12 titik yang memenuhi standar dari total 516 titik. Penurunan kualitas di elevasi 23-25 mengindikasikan adanya ketidaksesuaian dalam prosedur pelaksanaan, seperti ketidaksempurnaan persiapan permukaan atau parameter penyemprotan yang tidak terkontrol.

- Pada elevasi 16-18m terdapat 70,84% yang memenuhi syarat sedangkan 20,16% yang tidak memenuhi syarat.
- Pada elevasi 23-25m terdapat 2,33% yang memenuhi syarat sedangkan 97,67% yang tidak memenuhi syarat.

c. Hasil Pekerjaan Ceramic Coating

Sama seperti metal coating, kualitas hasil ceramic coating juga menunjukkan inkonsistensi antar elevasi. Pada elevasi 16-18, sebanyak 501 titik memenuhi syarat dan hanya 15 titik yang tidak. Namun, pada elevasi 23-25, kondisi berbanding terbalik, di mana hanya 59 titik yang sesuai standar dari total 516 titik. Hal ini menandakan perlunya evaluasi menyeluruh terhadap pelaksanaan aplikasi ceramic coating di area tersebut.

- Pada elevasi 16-18 terdapat 97,09% yang memenuhi syarat sedangkan 2,91% titik tidak memenuhi syarat.
- Pada elevasi 23-25 terdapat 11,43% yang memenuhi syarat sedangkan 88,57% titik tidak memenuhi syarat.

d. Efektivitas Sistem Kontrol Kualitas

Sistem kontrol kualitas yang diterapkan dalam pekerjaan ini belum sepenuhnya efektif. Hal ini terlihat dari banyaknya ketidaksesuaian di beberapa tahapan pekerjaan, terutama pada pelapisan di elevasi 23-25. Faktor-faktor seperti prosedur yang tidak konsisten, kurangnya validasi parameter proses, serta kurang optimalnya pengawasan lapangan menjadi penyebab utama ketidaksesuaian tersebut.

- Pada elevasi 16-18 meter, sistem kontrol kualitas masih cukup efektif dengan tingkat keberhasilan sekitar 79,84%.
- Namun pada elevasi 23-25 meter, efektivitasnya sangat rendah, hanya 2,33% hasil pekerjaan yang memenuhi standar kualitas.
- Ini mengindikasikan bahwa kontrol kualitas tidak berjalan dengan baik di elevasi 23-25, kemungkinan besar akibat kurangnya konsistensi

prosedur pelapisan, pengawasan lapangan yang lemah, tidak tervalidasinya parameter proses (seperti suhu, waktu curing, dan kebersihan permukaan)

## 2. Saran

Untuk meningkatkan kualitas dan keandalan pekerjaan retubing, metal coating, dan ceramic coating pada boiler CFB di PLTU 112 MW, memberikan beberapa saran sebagai berikut:

a. Penguatan Prosedur Kerja dan Validasi Lapangan

Setiap tahapan pekerjaan harus dijalankan berdasarkan prosedur standar yang telah diterapkan. Validasi hasil lapangan secara berkala dan ketat perlu dilakukan untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai parameter teknis yang diatur dalam dokumen pengadaan.

b. Peningkatan Kompetensi Personel

Diperlukan pelatihan rutin bagi tenaga kerja, khususnya yang terlibat langsung dalam proses pengelasan dan pelapisan, agar memiliki pemahaman menyeluruh terhadap standar mutu dan teknik pelaksanaan yang benar.

c. Optimalisasi Proses Persiapan Permukaan

Kualitas coating sangat dipengaruhi oleh kebersihan dan profil permukaan logam. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengawasan lebih ketat terhadap tahapan *surface preparation*, terutama pada area yang sulit dijangkau.

d. Audit Mutu Berkala dan Perbaikan Prosedur

Lakukan audit berkala terhadap seluruh tahapan pekerjaan, mulai dari persiapan, pelaksanaan, hingga inspeksi akhir. Audit ini akan menjadi dasar untuk mengidentifikasi kelemahan dalam sistem dan mengembangkan prosedur kerja yang lebih baik.

e. Tindakan Korektif pada Area Bermasalah

Untuk area-area dengan tingkat ketidaksesuaian tinggi, seperti pada elevasi 23-25, diperlukan tindakan korektif berupa rework atau perbaikan ulang guna memastikan bahwa seluruh sistem boiler berada dalam kondisi operasional yang aman dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Andrianto, “Re-design surface condenser di PLTU Unit 4 PT. Pembangkitan Jawa- Bali Unit Pembangkitan Gresik dengan analisis termal,” Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.
- [2] A. A. A. Aldium, “Pengaruh combustion inspection, turbine inspection, dan major inspection terhadap unjuk kerja turbin gas Unit 1.2 PLTGU PT. PJB UP Gresik,” Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [3] R. Wicaksono and M. N. Ilham, “Investigasi kebocoran pipa boiler pembangkit listrik tenaga uap 65 MW,” Universitas Gadjah Mada, 2018.
- [4] K. A. Munif, “Analisa kerusakan dan perhitungan sisa umur tube superheater boiler PLTU Suralaya Unit 7,” Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [5] Rhys-Jones, “Thermal spray coating (TSC) applications in aerospace components,” 1990.
- [6] N. A. Hindi, S. F. Dakhil, and K. A. Abbas, “Experimental study to improve solar photovoltaic performance by utilizing PCM and finned wall,” *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 102, no. 1, pp. 153–170, 2023, doi: <https://doi.org/10.37934/arfmts.102.1.153170>.
- [7] I. Masalha et al., “Outdoor experimental and numerical simulation of photovoltaic cooling using porous media,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 42, p. 102748, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102748>.
- [8] S. S. Chandel and T. Agarwal, “Review of cooling techniques using phase change materials for enhancing efficiency of photovoltaic power systems,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 73, pp. 1342–1351, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.001>.
- [9] NRDC, “Fossil fuels: The dirty facts,” Natural Resources Defense Council, 2023. [Online]. Available: <https://www.nrdc.org/stories/fossil-fuels-dirty-facts>.
- [10] Q. Ha and M. D. Phung, “IoT-enabled dependable control for solar energy harvesting in smart buildings,” *IET Smart Cities*, vol. 1, no. 2, pp. 61–70, 2019, doi: <https://doi.org/10.1049/iet-smc.2019.0052>.
- [11] Ardhy Yuliawan Norma Sakti, Universitas Sebelas Maret <https://www.cara-kerja.com/2021/01/pltu-pembangkit-listrik-tenaga-uap.html>