

ANALISIS KETEBALAN WATER WALL PADA BOILER CFB DI PLTU SKS LISTRIK KALIMANTAN

Ramadan^{1*}, Hernawan Novianto¹

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, 58315

*E-mail: ramadandan665@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada analisis ketebalan *water wall* pada boiler CFB di PLTU SKS Listrik Kalimantan, yang terdiri dari 190 pipa dengan ukuran $\varnothing 60 \times 6,5$ mm dan material SA210C. *Water wall* berfungsi sebagai media perpindahan panas antara gas hasil pembakaran dan fluida kerja, dan ketebalan yang tidak tepat dapat mempengaruhi *efisiensi thermal* serta distribusi suhu dan tekanan. Melalui evaluasi tahunan, penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan ketebalan *water wall* dari tahun 2025 hingga 2027 serta menentukan waktu yang tepat untuk pergantian guna mencegah kebocoran. Metode yang digunakan meliputi pengukuran ketebalan dengan *thickness gauge* dan perhitungan *wall loss* serta estimasi ketebalan berdasarkan data historis. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata penurunan ketebalan *water wall* mencapai 11,4% (0,73mm) pada elevasi 15000A. Estimasi ketebalan untuk tahun 2025 adalah 5,49mm, tahun 2026 sebesar 5,01mm, dan tahun 2027 mencapai 4,89mm. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pergantian *water wall* perlu dilakukan sebelum mencapai *limit alarm* (4,55mm) untuk mengurangi risiko kebocoran dan optimasi penggunaan *water wall*.

Kata kunci: *Water Wall*, Penurunan Ketebalan, Estimasi Ketebalan, Plan Pergantian

1. PENDAHULUAN

Boiler adalah alat yang mengubah air menjadi uap, yang digunakan dalam proses pembangkit listrik atau aplikasi industri lainnya [1]. *Water wall* adalah salah satu komponen penting pada boiler, yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses perpindahan panas secara radiasi antara gas panas hasil pembakaran dengan fluida kerja yang digunakan pada boiler [2]. Pada PLTU SKS Listrik Kalimantan mempunyai dua buah unit boiler yang berjenis boiler CFB (*Circulating Fluidized Bed*). Boiler CFB adalah jenis boiler yang menggunakan metode pembakaran dengan sirkulasi fluida untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi [3]. Setiap unit boiler mempunyai 4 (empat) bagian *water wall* yaitu pada *furnace front, rear, left dan right side tube* boiler, diketahui bahwa setiap bagian *water wall* memiliki ketinggian yang sama dengan jumlah *water wall* yang terdiri dari 190 pipa *water wall* dengan *size* $\varnothing 60 \times 6,5$ mm dan material yang dipakai adalah SA210C. Setiap tahun akan dilakukan *outage* yang berskala yang mana setiap *outage* dilakukan pengecekan rutin bersama pihak *external* dan *direcord* sebagai bahan analisa dalam melakukan tindakan pencegahan kebocoran.

Efek tebal *water wall* yang tidak diketahui akan berpengaruh pada kinerja sistem, karena tanpa mengetahui ketebalan *water wall* akan sulit untuk menentukan efisiensi sistem. ketebalan yang tidak tepat bisa mempengaruhi distribusi suhu dan tekanan, sehingga dapat mengurangi efisiensi thermal [4]. Dijelaskan juga oleh Smith dan Doe bahwa ketebalan *water wall* yang optimal dapat meningkatkan transfer panas dan mengurangi resiko kerusakan akibat tekanan tinggi [5]. dan di jelaskan juga oleh Patel dan Kumar bahwa variasi ketebalan *water wall* memiliki dampak signifikan pada efisiensi termal dan kinerja keseluruhan boiler. patel dan kumar juga menemukan bahwa ketebalan yang lebih besar dapat meningkatkan kemampuan transfer panas, namun juga dapat menambahkan beban struktural dan biaya [6]. Johnson dan wang juga melakukan penelitian yang berjudul "*Optimization of water wall thickness of*

enhanced thermal efficiency in industrial boilers” tentang ketebalan *water wall* dan menyimpulkan bahwa ketebalan yang optimal dapat meningkatkan efisiensi tanpa menambah biaya atau resiko struktural secara signifikan [7]. Liu and Chen juga melakukan penelitian yang berjudul “Assessment of Water Wall Thickness in Circulating Fluidized Bed Boilers” dan memperkuat pernyataan tentang ketebalan *water wall* dan menyimpulkan bahwa ketebalan yang optimal dapat meningkatkan efisiensi tanpa menambah biaya atau resiko struktural secara signifikan [8].

Untuk mengetahui perkiraan titik kebocoran yang dapat terjadi pada *water wall* kedepannya, maka dilakukanlah penelitian untuk mengetahui perkiraan ketebalan *water wall* untuk tahun 2025 sampai 2027 serta mengetahui kapan pergantian *water wall* harus dilakukan guna mencegah penipisan yang berkelanjutan yang dapat menyebabkan kebocoran pada *water wall Front* dengan elevation 15000A pada PT SKS Listrik Kalimantan.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan pada PT SKS Listrik Kalimantan yang merupakan salah satu anak perusahaan dari PT Datang DSSP Power Indonesia yang mengembangkan IPP PLTU Kalteng-1 dengan kapasitas 2 x 100 MW yang berlokasi di Gunung Mas, Kalimantan Tengah. Perhitungan evaluasi *water wall* :

1. Nilai *wall loss*

Nilai *wall loss* merupakan nilai penurunan ketebalan awal yang sudah terjadi sampai saat ini dan akan di hitung sesuai dengan persamaan dari API 570.

2. *Thickness Estimate*

Thickness Estimate merupakan perkiraan ketebalan pipa *water wall* pada tahun 2024 sampai tahun 2027.

$$Wall\ loss = \frac{Str.Thickness - Act.Thickness}{Str.Thickness} \times 100\% \quad (1)$$

$$Thickness\ Estimate = At - \left(\frac{(St - It) + (It - At)}{2} \right), mm \quad (2)$$

Penelitian ini memanfaatkan data *record* pemeriksaan *thickness* tahun 2023 dan 2024 yang dilakukan pada *front water wall* boiler unit 1 di PT SKS Listrik Kalimantan. pemeriksaan *thickness* ini dilakukan pada tiap satu tahun, dilakukan oleh vendor yang menggunakan alat ukur *thickness gauge*. Penelitian ini akan memanfaatkan data *record thickness* untuk menjadi bahan evaluasi untuk mengetahui persentase penurunan ketebalan *water wall* yang sudah terjadi dan juga untuk menentukan perkiraan ketebalan *front water wall* pada tahun 2025 sampai dengan 2027. dengan menggunakan persamaan *thickness estimate* dan juga akan mencari sisa umur dari *water wall* tersebut dengan mengacu pada estimasi ketebalan untuk tahun 2025 sampai 2027, dengan cara melihat pada tahun berapa *thickness estimate front water wall* yang sudah mencapai *warning limit alarm* (4,55mm), berarti pipa *water wall* sudah mencapai sisa umur dan harus segera di ganti. setelah mendapatkan sisa umur pada *water wall* maka dapat di tentukan kapan pergantian *water wall* akan dilakukan.

3. PEMBAHASAN

A. Spesifikasi *Water Wall*

Berikut merupakan spesifikasi dari *water wall* yang di jadikan bahan penelitian dan juga contoh data pengecekan *thickness* dari *water wall* tersebut. Tabel.1 merupakan beberapa *record*

data *thickness* tahun 2023 dan 2024 yang dipakai sebagai bahan perhitungan untuk menemukan persentase penurunan ketebalan yang sudah terjadi dan menjadi dasar untuk mengetahui asumsi ketebalan untuk tahun 2025 sampai 2027.

FRONT Furnace

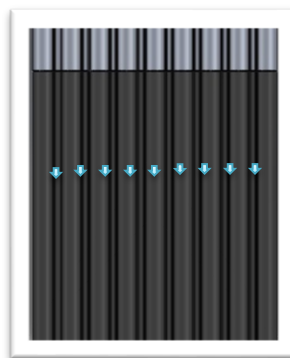
- Unit : 1 Boiler
- Elevasi : 15000A
- *Outside diameter and Thickness* : Ø60x6,5 mm
- Material : SA-210C
- Jumlah *water wall* : 190 buah/titik
- *Minimum Allowable Thickness* : 5,85 mm
- *Warning Limit alarm* : 4,55 mm

Table 1. Thickness Water Wall Tahun 2023-2024

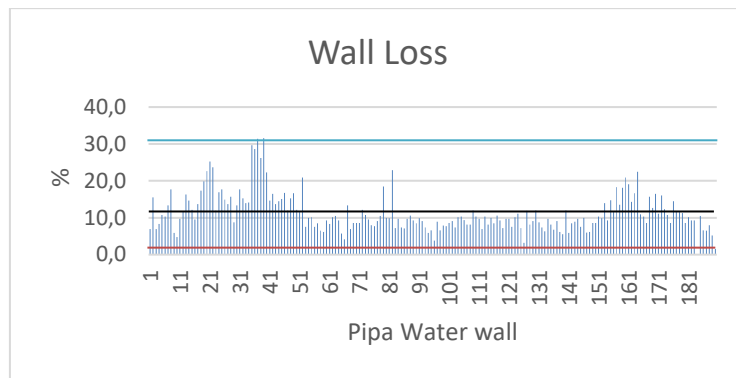
Titik	Posisi	Ketebalan	
		2023	2024
1	Front	6,28 mm	6,05 mm
2	Front	5,85 mm	5,49 mm
3	Front	6,31 mm	6,05 mm
4	Front	6,37 mm	5,96 mm
5	Front	6,40 mm	5,8 mm
6	Front	6,16 mm	5,83 mm
7	Front	5,96 mm	5,63 mm
8	Front	6,14 mm	5,35 mm
9	Front	6,54 mm	6,12 mm
10	Front	6,54 mm	6,19 mm

B. Nilai Evaluasi

Dalam perhitungan evaluasi ada beberapa nilai yang akan di cari untuk digunakan sebagai bahan evaluasi, yaitu *wall loss*, ketebalan dan sisa umur *water wall*. Gambar 1 merupakan gambaran dari *front water wall* pada PT SKS Listrik Kalimantan dengan titik ketinggian dari 15000A sampai 17000. Pipa yang berwarna coklat merupakan area pengecekan titik *thickness* untuk *front water wall* ketinggian dari 15000A dan tanda panah biru merupakan titik pengecekan *thickness* pada ketinggian 15000A.

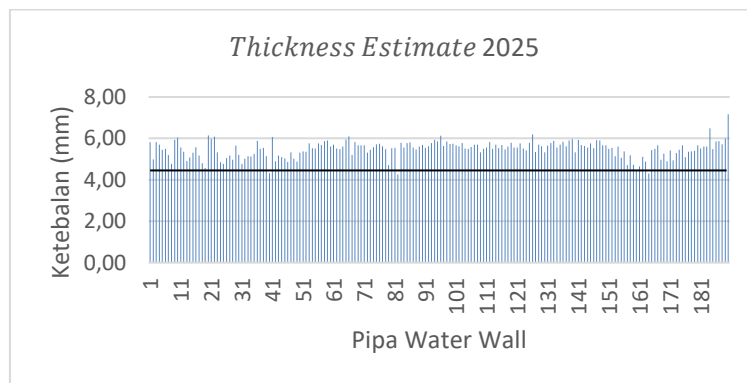


Gambar 1. Front Water Wall

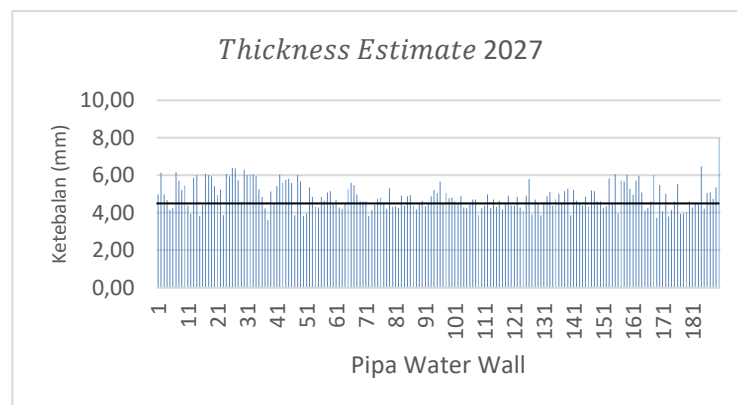


Gambar 2. Grafik Wall Loss

Setelah dilakukan perhitungan nilai *wall loss* menggunakan persamaan (1) dengan menggunakan data ketebalan awal pipa sebagai *Str.Thickness* dan data ketebalan *water wall* tahun 2024 sebagai data *Act.Thickness* dan didapatkanlah grafik pada gambar 2. Bahwa nilai *wall loss* yang sudah terjadi pada tahun 2024 dengan rata-rata adalah 11,4 % (Bisa di liat pada garis hitam) atau 0,73 mm dan untuk nilai maksimum dan minimumnya adalah 0,2 % (Bisa di liat pada garis merah) dan 31,5 % (Bisa di liat pada garis biru).



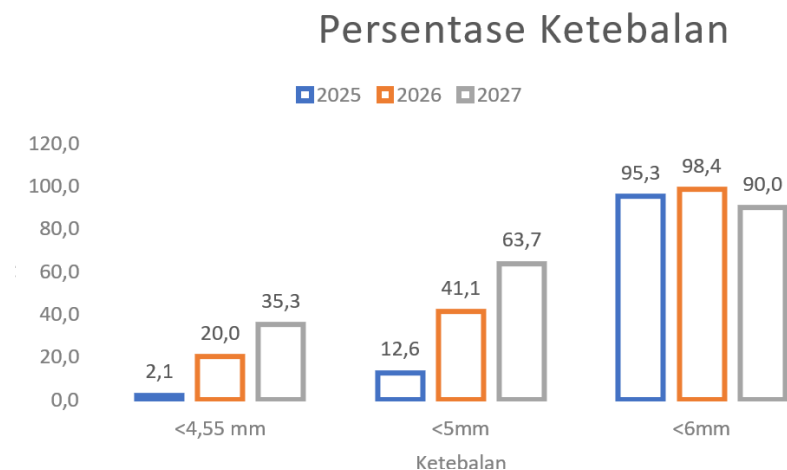
Gambar 3. Grafik Thickness Estimate Tahun 2025



Gambar 4 Grafik Thickness Estimate Tahun 2027

Untuk melakukan perhitungan nilai *thickness estimate* untuk tahun 2025 sampai dengan tahun 2027 dapat menggunakan persamaan 2 (*thickness estimate*) dengan menggunakan data *Thickness water wall* tahun 2024 pada tabel 1 sebagai *At*, data *Thickness water wall* tahun 2023 pada tabel 1 (satu) sebagai *It*, dan data desain awal (6,5 mm) sebagai *St*. Setelah dilakukan perhitungan *thickness estimate* untuk tahun 2025 sampai dengan tahun 2027 dan didapatkan

nilai rata-rata ketebalan pipa *water wall* yang dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4. Didapatkan nilai rata-rata estimasi ketebalan untuk tahun 2025 sebesar 5,49 mm dan pada tahun 2026 didapatkan nilai rata-rata estimasi sebesar 5,01 mm dan untuk nilai rata-rata untuk tahun 2027 adalah 4,89 mm. dapat dilihat dari hasil perhitungan estimasi ketebalan tahun 2025-2027, bahwa tiap tahunnya akan ada penurunan ketebalan *water wall*. ketebalan ini akan berpengaruh pada efisiensi transfer panas, seperti hasil penelitian dari Garcia and Zhou yang menjelaskan bahwa ketebalan yang lebih besar dapat meningkatkan daya tahan tetapi dapat mengurangi efisiensi transfer panas, sedangkan ketebalan yang lebih tipis dapat meningkatkan efisiensi namun resiko terdapat kerusakan struktur [9].



Gambar 5 Grafik Jumlah Persentase *Thickness Estimate* Tahun 2025-2027

Setelah melakukan estimasi ketebalan *water wall* untuk tahun 2025 sampai tahun 2027 dan didapatkan estimasi persentase untuk ketebalan *water wall* tersebut dengan cara pembagian jumlah titik pada tahun 2025,2026, dan 2027 yang di bawah 4,55 mm dengan jumlah total titik pada *front water wall* (190 titik) tersebut dan di kalikan dengan 100% dan didapatkanlah persentase untuk ketebalan *water wall* yang berada di bawah ketebalan 4,55 mm pada tahun 2025, 2026, dan 2027. Dapat di liat dari gambar 5 bahwa pada tahun 2025 akan ada 2,1% yang memiliki ketebalan dibawah 4,55 dan tahun 2026 akan ada 20 % yang memiliki ketebalan dibawah 4,55 dan tahun 2026 akan ada 35,3% yang memiliki ketebalan dibawah 4,55 dan untuk ketebalan selanjutnya bisa dilihat pada gambar 5.

Tabel 2. *Thickness Estimate* Tahun 2025-2027

Titik	Ket	Tahun		Ketebalan		
		2023	2024	2025	2026	2027
1	Front	6,28 mm	6,05 mm	5,83 mm	5,49 mm	4,98 mm
2	Front	5,85 mm	5,49 mm	4,99 mm	4,23 mm	6,14 mm
3	Front	6,31 mm	6,05 mm	5,83 mm	5,49 mm	4,98 mm
4	Front	6,37 mm	5,96 mm	5,69 mm	5,29 mm	4,68 mm
5	Front	6,40 mm	5,8 mm	5,45 mm	4,93 mm	4,14 mm
6	Front	6,16 mm	5,83 mm	5,50 mm	4,99 mm	4,24 mm
7	Front	5,96 mm	5,63 mm	5,20 mm	4,54 mm	6,17 mm
8	Front	6,14 mm	5,35 mm	4,78 mm	3,91 mm	5,71 mm
9	Front	6,54 mm	6,12 mm	5,93 mm	5,65 mm	5,22 mm
10	Front	6,54 mm	6,19 mm	6,04 mm	5,80 mm	5,45 mm

Sisa umur dilihat dari perhitungan estimasi ketebalan *water wall* tahun 2025 sampai 2027, sisa umur adalah sisa waktu *water wall* yang akan di gantikan, apa bila estimasi ketebalan

water wall sudah mencapai *limit alarm* yaitu pada ketebalan 4,55 mm maka sisa umur *water wall* tersebut sudah tercapai. Bisa dilihat pada tabel 2 pada titik 2, bahwa estimasi ketebalan *water wall* pada tahun 2026 sudah mencapai limit alarm dan akan dilakukan pergantian *water wall*. Hal ini disebabkan karena pergantian *water wall* sebelum mencapai *limit alarm* adalah hal yang bagus untuk mencegah kebocoran [10]. Karena kegagalan yang sering terjadi pada *water wall* disebabkan pipa *water wall* terlalu tipis dan yang dipengaruhi oleh suhu pembakaran pada boiler yang tinggi [11]. Karena itulah dilakukan pergantian *water wall* untuk mencegah kegagalan terjadi pada *water wall* tersebut.

4. SIMPULAN

Setelah melakukan penelitian *water wall* dengan jumlah 190 titik dan didapatkan bahwa nilai penurunan ketebalan dari awal sampai sekarang memiliki nilai yang berbeda-beda. dengan tebal minimum adalah 0,2 % (0,01mm) yang terletak pada titik 184, sedangkan untuk nilai maksimum *wall loss*nya adalah 31,5 % (2,05mm) yang terletak pada titik 39, Dan untuk nilai rata-rata *wall loss* untuk *water wall* pada Elevasi 15000A adalah 11,4% (0,73 mm). Didapatkan nilai rata-rata estimasi ketebalan untuk tahun 2025 sebesar 5,49 mm dan pada tahun 2026 didapatkan nilai rata-rata estimasi sebesar 5,01 mm dan untuk nilai rata-rata untuk tahun 2027 adalah 4,89 mm. Estimasi ketebalan *water wall* memiliki penurunan dari tahun 2025 sampai tahun 2027, hal ini disebabkan karena penurunan ketebalan yang disebabkan karena korosi, erosi dan lain-lainnya. Rata-rata *water wall front* 15000A akan memasuki *limit alarm* pada tahun 2027 dengan jumlah titik limit alarm 74 titik serta pada tahun 2026 didapatkan 42 titik *limit alarm* dan 2025 dengan 4 titik limit alarm. Pergantian *water wall* akan dilakukan sebelum ketebalan *water wall* mencapai limit alarm (4,55 mm) hal ini disebabkan untuk mengurangi resiko kebocoran dan mengoptimalkan pemakaian *water wall* tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arafat, H. A., and Shams, K. "Fundamental of Power Plant Engineering," Jakarta: Penerbit Energi, 2019.
- [2] Arifin, Z., & Pramono, A. "Sistem dan Proses dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap," Surabaya: Penerbit Erlangga, 2022.
- [3] Huang, Y., and Zeng, Y. "Numerical Study on the Flow and Heat Transfer in CFB Boiler," Chemical Engineering Science, 165, 107-118, 2017
- [4] Rahman, M. M., and Islam, S. "Thermal Performance of Water Wall Tubes in Circulating Fluidized Bed Boilers," Journal of Engineering Science and Technology, 14(3), 1234-1248, 2019.
- [5] Zhang, L., and Wang, Y. "Effects of water wall thickness on heat transfer efficiency." international journal of energy research, 43(12), 5678-5690, 2019.
- [6] Patel, S., and Kumar, R. "Comparative analysis of water wall thickness in different boiler designs," Jurnal of Energy Resources Technology, 140(6), 062001, 2018.
- [7] Johnson, L. M., and Wang, H. "Optimization of water wall thickness of enhanced thermal efficiency in industrial boilers," International Journal of Heat and Mass Transfer, 75, 456-465.
- [8] Liu, X., and Chen, Y. "Assessment of Water Wall Thickness in Circulating Fluidized Bed Boilers," Energy Procedia, 158, 234-241, 2021.
- [9] Garcia, M.J., and Zhou, L. "Influence of water wall design on the efficiency of CFB Boilers." International journal of thermal sciences, 143, 132-142, 2019.
- [10] Smith, J. A., and Doe, R. "Investigation of water wall thickness in modern boiler designs," Journal of Thermal Engineering, 45(3), 215-230, 2020
- [11] Li, H., and Zhang, J. (2020). "Analysis of Thin Water Wall Tubes in High Temperature Boilers: Failure Modes and Mitigation Strategies," Journal of Pressure Vessel Technology, 142(4), 041701, 2020.

Daftar Simbol

<i>At (Act.Thickness)</i>	=	Ketebalan Akhir, mm
<i>It</i>	=	Ketebalan Awal, mm
<i>St (Str.Thickness)</i>	=	Ketebalan Desain, mm