



Proses Penggantian *Superheater Tube* Pada Takuma Boiler N-900 R

Superheater Tube Replacement Process on Takuma Boiler N-900 R

Ar Rasyid Fathon'D^{1*}, Hadi Sutanto¹, Tino Hermanto²

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jalan Jendral Sudirman 51, Jakarta 12930, Indonesia

² Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding author: arrayid831@gmail.com

Diterima: 29-11-2024

Disetujui: 17-12-2024

Dipublikasikan: 31-12-2024

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan panduan langkah-langkah yang sistematis dalam proses penggantian *superheater tube* pada Takuma Boiler N-900 R. *Superheater tube* merupakan komponen vital dalam sistem *boiler*, yang berfungsi meningkatkan suhu uap hingga mencapai temperatur yang lebih tinggi untuk meningkatkan efisiensi *boiler*. Komponen ini telah digunakan sejak awal abad ke-20 seiring perkembangan teknologi mesin uap. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode observasi langsung untuk menganalisis penyebab kegagalan pada *superheater tube*. Hasil observasi menunjukkan bahwa kegagalan utama disebabkan oleh *overheating*, yang mengharuskan dilakukannya penggantian *superheater tube*. Proses penggantian ini melibatkan beberapa tahapan penting, yaitu pembongkaran *superheater tube* lama, pemasangan *superheater tube* baru, pengujian hidrostatis dan pengujian uap. Hasil akhir dari proses ini menunjukkan peningkatan efisiensi pada *superheater* serta berkontribusi dalam pencegahan kegagalan lebih lanjut pada *superheater tube*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa prosedur penggantian *superheater tube* yang dilakukan tidak hanya meningkatkan performa *boiler*, tetapi juga memastikan keberlanjutan operasional yang lebih aman dan efisien.

Kata Kunci: *Superheater tube*, Takuma Boiler N-900 R, Kegagalan, Penggantian, Efisiensi.

Abstract

This research aims to provide a detailed guideline for the replacement process of *superheater tubes* in the Takuma Boiler N-900 R. The *superheater tube* is a critical component in a boiler that increases the temperature of the steam exiting the boiler to achieve higher temperatures. Superheaters have been utilized since the early 20th century, coinciding with the initial use of steam engines. The research employed direct observation to analyze the causes of failure in the *superheater tubes*. The primary objective is to present the necessary processes and steps for replacing *superheater tubes*. The findings indicate that the primary cause of failure in the *superheater tubes* is *overheating*, necessitating their replacement. The replacement process involves several stages, including disassembling old *superheater tubes*, installing new ones, and testing hydrostatic and steam. The results of this replacement process show improved efficiency in the *superheater* and prevention of further failures in the *superheater tubes*.

Keywords: *Superheater tube*, Takuma Boiler N-900 R, Failure, Replacement.

1. Pendahuluan

Takuma Boiler merupakan salah satu jenis *boiler* unggulan yang dikembangkan oleh PT. Super Andalas Steel di Indonesia bekerja sama dengan Takuma Co., Ltd., Jepang. Kemitraan

strategis ini telah berjalan sejak tahun 1982, menghasilkan teknologi *boiler* yang ramah lingkungan. *Boiler* ini dirancang untuk memanfaatkan bahan bakar biomassa, yaitu bahan bakar yang berasal dari material organik terbarukan. Dengan teknologi ini, Takuma *Boiler* mampu mendukung penghematan energi sekaligus mengurangi emisi karbon, menjadikannya solusi ideal bagi kebutuhan energi industri modern yang juga peduli terhadap keberlanjutan lingkungan (Super Andalas Steel, 2022; Takuma Co., Ltd., 2022).

Sebagai komponen utama dalam sistem pembangkit energi, *boiler* dirancang untuk menghasilkan uap panas dengan tekanan tinggi yang digunakan untuk berbagai keperluan operasional. Agar dapat berfungsi secara optimal, pemilihan material berkualitas tinggi, perlakuan khusus, serta perawatan yang teratur menjadi elemen yang sangat penting. Kegagalan pada *boiler*, seperti korosi, keausan, dan deformasi akibat suhu tinggi (mulur), dapat mengakibatkan penurunan efisiensi dan memperpendek usia pakai *boiler*. Oleh karena itu, desain yang kokoh dan strategi pemeliharaan yang terencana adalah kunci untuk memastikan keandalan dan keamanan operasional *boiler* (Lusiana et al., 2016; Smith & Brown, 2020).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan, di antaranya adalah penggunaan material dengan ketahanan tinggi terhadap tekanan dan suhu ekstrem, penerapan lapisan antikorosi, serta inspeksi berkala untuk mendeteksi kerusakan sejak dini. Selain itu, inovasi teknologi *boiler* modern terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi termal dan meminimalkan dampak lingkungan, sejalan dengan tren global menuju energi bersih (Super Andalas Steel, 2022; Adrian, 2016).

Salah satu komponen krusial pada *boiler* adalah *superheater tube*, yang dipasang pada *upper drum*. Komponen ini berfungsi untuk meningkatkan suhu uap agar mencapai suhu sesuai desain, sehingga mendukung efisiensi termal yang lebih tinggi. Teknologi *superheater* sudah dikenal sejak awal abad ke-20, bersamaan dengan perkembangan mesin uap, dan hingga saat ini tetap digunakan secara luas, khususnya pada *boiler* pipa-air berkapasitas besar yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga uap (Tri et al., 2018; Jones, 2019).

Namun, dalam operasionalnya, *superheater tube* sering menghadapi risiko kegagalan yang signifikan terhadap kinerja *boiler* secara keseluruhan. Analisis penyebab kegagalan menjadi langkah penting untuk mengidentifikasi dan mencegah kerusakan lebih lanjut. Beberapa jenis kegagalan yang umum terjadi meliputi *caustic attack*, *hydrogen damage*, *oxygen pitting*, serangan asam, retak akibat korosi tegangan, kelelahan akibat korosi air, korosi abu pada sisi pembakaran, kelelahan korosi sisi pembakaran, *overheating* jangka pendek, *overheating* jangka panjang, kegagalan las logam berbeda (DMV), erosi, dan kelelahan mekanis (Adrian, 2016; Tri et al., 2018).

Dalam penelitian ini, penulis akan menjelaskan pengalaman dalam proses penggantian *superheater tube* pada Takuma *Boiler* N-900 R. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan panduan sistematis dalam pelaksanaan penggantian *superheater tube*, sekaligus sebagai langkah preventif untuk meningkatkan efisiensi sistem *boiler* serta meminimalkan risiko kegagalan di masa depan.

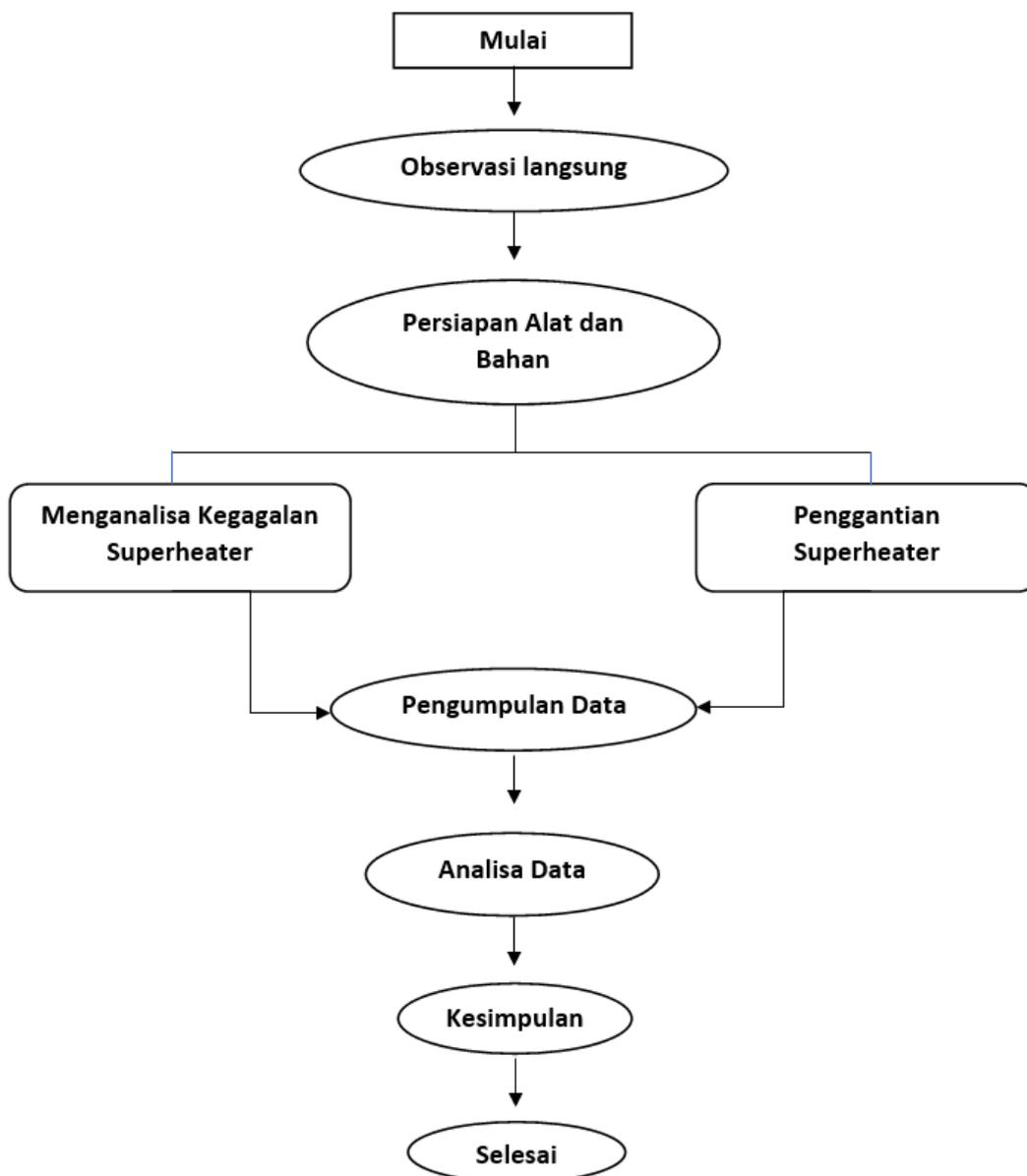
2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di PKS PT. Prima Mas Lestari, Desa Rantau Kloyang, Kecamatan Pelepat Muara Bungo. Adapun alat dan bahan yang digunakan meliputi *boiler*, alat ukur tekanan (*pressure gauge*), alat ukur suhu (*temperature gauge*), katup pengaman (*safety valve*), serta *superheater tube*. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode observasi

langsung untuk mendapatkan data yang akurat terkait kegagalan *superheater tube* dan proses pengantiannya.

Pada penelitian ini, peneliti memastikan identifikasi setiap komponen *superheater tube* yang mengalami kerusakan atau kegagalan. Dokumentasi dilakukan secara terstruktur, dimulai dari pengamatan awal hingga proses perbaikan selesai. Proses penelitian ini dijabarkan secara detail melalui alur yang ditampilkan pada Gambar 1. Fokus utama penelitian adalah menganalisis penyebab kegagalan serta mendokumentasikan langkah-langkah penggantian *superheater tube*.

Superheater tube yang mengalami *overheating* menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Ketika kegagalan pada pipa *boiler superheater* teridentifikasi, dilakukan pengamatan menyeluruh dan pengambilan spesimen untuk analisis lebih lanjut. Tahapan penelitian dirancang untuk memastikan proses penggantian dilakukan dengan efisiensi tinggi serta meminimalkan potensi kegagalan di masa mendatang.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahapan penelitian proses penggantian *superheater tube boiler* mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pembongkaran *superheater tube* lama
Proses pertama yang dilakukan setelah menganalisis kerusakan atau kegagalan pada *superheater* yaitu pembongkaran *superheater* yang telah rusak.
2. Pemasangan *superheater tube* baru
Proses kedua setelah pembongkaran yaitu pemasangan yang akan dilanjutkan dengan beberapa tahapan sebelum *hydrostatic test*.
3. *Hydrostatic test*
Uji *hydrostatic test* dilakukan dengan mengisi *boiler* dengan air dingin yang dipompa secara perlahan-lahan hingga mencapai 1,5 kali tekanan design *boiler*. *Design pressure boiler* baru yang dipasang adalah 10 kg/cm^2 , oleh karena itu uji *hydrostatic test* dilakukan hingga 15 kg/cm^2 (Sugianto, 2018).
4. *Steam test*
Uji fungsi *steam test* dilakukan dengan mengoperasikan *boiler* sebagaimana operasi sesungguhnya dengan menghidupkan *burner boiler* dan dilakukan pengamatan tingkat pengaman I (*safety valve 1*) dan tingkat pengaman II (*safety valve 2*), serta parameter data lainnya (Sugianto, 2018).

3. Hasil dan Pembahasan

Penggantian *superheater* pada *boiler* yang mengalami *overheating* membutuhkan beberapa langkah agar menghasilkan *superheater* yang dapat digunakan kembali pada *boiler*.

1. Pembongkaran *superheater tube* lama

Pada tahap ini, peneliti melakukan pemotongan 16 item pada *superheater* yang akan diganti.



Gambar 2. Proses pembongkaran *superheater tube*



Gambar 3. Tube yang telah mengalami *overheating*

Pada proses pembongkaran *superheater tube*, terdapat *tube* yang sudah tidak efisien untuk digunakan maka setelah melakukan pembongkaran. Selanjutnya dilakukan pembersihan stub pada *header superheater* dan pembersihan *grooving superheater* di *upper drum*.

2. Pemasangan *super heater tube* baru

Setelah proses pembongkaran, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan *superheater tube* baru, dimulai dari penyetulan 16 *superheater tube* yang baru dan dilanjutkan dengan pengelasan 16 item *superheater tube* menggunakan proses las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Lalu setelah selesai dengan seluruh pengelasan 16 item. Maka, dilanjutkan dengan melakukan pengujian *penetrant test* untuk mendeteksi ada atau tidaknya cacat pada pengelasan.



Gambar 4. Produk *superheater tube* baru

3. *Hydrostatic test*



Gambar 5. *Hydrostatic test*

Pada proses ini dilakukannya *Hydrotest* pada *Boiler* dengan merujuk peraturan uap 1930 yaitu dengan tekanan 33 bar yaitu *working pressure* 30 bar + 3 bar dan ditahan selama 30 menit. Kemudian diperiksa secara visual untuk memastikan ada tidaknya kebocoran dan perubahan bentuk pada *expand/pengerolan* 16 set *Superheater tube* oleh ahli PJK3 PUBT dan diketahui oleh Disnaker.

4. *Steam test*

Proses terakhir penggantian *superheater* yaitu melakukan *Steam test* setelah melakukan penggantian 16 set *Superheater tube* dan juga untuk menguji fungsi dari *safety valve*

Superheater dan *safety valve upper drum* dan diuji oleh ahli PJK3 PUBT dan diketahui oleh Disnaker.



Gambar 6. *Steam test*

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil observasi dan analisis yang dilakukan pada *superheater boiler* Takuma N-900 R di PKS PT. Prima Mas Lestari, Desa Rantau Kloyang, Kecamatan Pelepat Muara Bungo, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Pelaksanaan pemeliharaan rutin sangat penting untuk mencegah kerusakan pada *superheater* tube. Langkah-langkah seperti pembersihan secara berkala perlu dilakukan untuk menghindari penumpukan debu yang dapat memicu *overheating*. Selain itu, penerapan metode perawatan basah atau kering harus dilakukan ketika *boiler* tidak dioperasikan dalam jangka waktu lama, guna melindungi komponen internal dari korosi atau kerusakan lainnya.
2. Mengelola kualitas air secara optimal dimulai dari sumber air baku hingga proses pengolahan merupakan langkah esensial untuk mencegah pembentukan kerak (*scale*). Kerak yang menumpuk tidak hanya menurunkan efisiensi transfer panas pada *boiler*, tetapi juga berpotensi menyebabkan berbagai jenis kerusakan pada *superheater* tube. Oleh karena itu, pengawasan kualitas air dan pemanfaatan teknologi pengolahan air yang lebih baik sangat diperlukan untuk menjaga keandalan *boiler*.
3. Pengoperasian *boiler* harus mengikuti prosedur operasi standar (SOP) yang telah ditetapkan oleh PT. Super Andalas Steel sebagai pemilik merek *Boiler* Takuma. Kepatuhan terhadap SOP ini penting untuk menghindari kerusakan yang diakibatkan oleh kesalahan operasional, seperti lonjakan tekanan mendadak atau ketidaksesuaian suhu. Dengan pengoperasian yang tepat, risiko kerusakan dapat diminimalkan dan efisiensi sistem *boiler* dapat terus terjaga.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PKS PT. Prima Mas Lestari, Desa Rantau Kloyang, Kecamatan Pelepat Muara Bungo, yang telah memberikan dukungan dan izin untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya dan Universitas Medan Area atas dukungan akademis dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian. Tidak lupa, penulis mengapresiasi semua pihak yang terlibat

secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini, yang telah memberikan kontribusi berharga bagi keberhasilan studi ini.

Daftar Pustaka

- Adrian, J. 2016. "Boiler Tube Failures and Their Prevention: A Comprehensive Guide." *Power Engineering Journal* 34 (5): 15–25.
- Adrian, J., L. Noerochim, and B. A. Kurniawan. 2016. "Analisa Kerusakan *Superheater tube Boiler* Tipe ASTM A213 Grade T11 pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap." *Jurnal Teknik ITS* 5 (2): ISSN 2337-3539.
- Cholis, Nur, Ahmad Yunus Nasution, Farida Ariani, and Dion Pakpahan. 2023. "Boiler *Superheater* Pipe Failure Analysis Through Corrosion Rate and Mechanical Properties Testing." *Dinamis* 11 (2): 13–23. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v11i2.14347>.
- Jones, R. 2019. "Efficiency Improvement through *Superheater* Upgrades." *Energy Today* 45 (2): 30–35.
- Lusiana, D., H. Setiawan, and R. Wahyudi. 2016. "Analisis Kegagalan Material pada *Boiler*." *Jurnal Teknik Mesin* 12 (3): 45–52.
- Lusiana, Fatayalkadri, C. Erie, M., and G. Gugum. 2019. "Analisis Kegagalan Pipa *Boiler Superheater* Pada Pabrik Kelapa Sawit." *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*.
- Simanjuntak, Eli, Muhammad Idris, and Jufrizal Jufrizal. 2023. "Analysis of *Boiler* Performance Using Fiber And Shell Combinations In A Takuma N-600 SA". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 2 (1):34-42. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i1.41>.
- Smith, J., and P. Brown. 2020. *Advances in Boiler Technology and Maintenance*. New York: Energy Press.
- Sugianto. 2018. "Uji Fungsi Pembangkit Uap Bertekanan (*Boiler*) Sebagai Pendukung Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Dengan Evaporasi." *Prosiding Hasil Penelitian dan Kegiatan*.
- Super Andalas Steel. 2022. "Takuma *Boiler* – Teknologi Ramah Lingkungan dengan Biomassa." Accessed from <https://www.superandalassteel.com>.
- Takuma Co., Ltd. 2022. "Biomass *Boilers* and Their Applications." Accessed from <https://www.takuma.co.jp>.
- Tri, H., M. Arifin, and T. Susilo. 2018. "*Superheater* Technology in Steam *Boilers*: An Overview." *Proceedings of the Indonesian Boiler Symposium* 2 (1): 87–95.
- Tri, H. N., F. Anggara, and A. Ghoni. 2018. "Proses Produksi *Superheater tube* Yoshimin *Boiler* H-3500 Tipe CAP120 T/H." <https://doi.org/10.26740/otopro.v14n1.p35-39>.