

Analisis Ketahanan Material *Lance Tube Sootblower* Tipe 2 IK *Superheater* Desain Sendiri Dengan Perbandingan Material Desain Perusahaan Di PLTU Suralaya Unit 1-4

Andika Widya P

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : andika_pram@yahoo.com

Gita Puspa Artiani

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : gita_artiani@yahoo.com

Reza Alfin

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstract

Power Plant is a type of thermal power plant that is widely used, because of its fuel efficiency is good and easily obtained thus producing electrical energy economically. One Supporting Components Boiler ie Furnace, Steam Drum, Superheater, Water Heater, economizer, Safety Valve, Sootblower. Sootblower a boiler auxiliary equipment which serves to clean the dirt produced from the combustion process that is attached to the tube wall pipes, superheater, reheater, economizer, and water heater. The goal is to keep the heat transfer takes place properly and effectively. Long Retractable type Sootblower placed in superheater, Reheat, and economizer. This type is on stand-by condition is outside, and when the work will go spinning and turning it back out. if on the flue gas temperature is still very high, causing Sootblower bent by heat if it is not pulled out.

Keywords: Sootblower Long Retractable superheater, Suralaya

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan mesin konversi energi yang merubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Komponen utama dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap yaitu *Boiler, Turbin, Kondensor, dan Generator*. *Boiler* atau ketel uap adalah perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Gas bakar sisa pembakaran di ruang bakar (*Furnace*) *Boiler* dinamakan *flue gas*. *Flue gas* ini mengandung abu, *flue gas* akan melekat dan membeku saat *flue gas* mencapai area pemanasan konveksi di HRA (*Heat Recovery Area*). *Sootblower* adalah alat pembersih tube-tube pada *Boiler* pada *Heat Recovery Area (HRA)* yaitu area *Superheater, Economizer, Reheat*, serta pada *Air Heater*. Alat-alat bantu mesin pembangkit seperti *Sootblower* yang sering beroperasi secara *Stand By* dan terus menerus dalam waktu yang lama mengalami temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga *Lance Tube* sering mengalami kerusakan seperti terjadi *bending* (lendutan).

Sootblower tipe 2 IK *Superheater* yang dipakai pada PLTU Suralaya dimodifikasi pada bagian

Lance Tube dengan material yang sama yaitu *Seamless Steel* dengan ketebalan 3 mm. PLTU Suralaya melakukan modifikasi dikarenakan material *Lance Tube* dibutuhkan pada bagian tengah dan bagian *Drive Motor*, tidak dengan nozzle tetapi *Lance Tube* tidak berbentuk tirus. Bagian tengah *Lance Tube* tersebut mengalami defleksi sehingga mengalami lendutan tetapi bagian dekat *Drive Motor* masih tetap berjalan optimal. Desain pabrikan *Babcock and Wilcox* memiliki desain *Lance Tube* tirus dengan ukuran 916,9 cm dari ketebalan awal 5 mm sampai dengan 3 mm.

Penelitian ini meliputi pengamatan visual dan pengujian bahan material dimana hasil dari pada analisis pengujian dan data perubahannya ditunjang dengan melakukan beberapa pengujian yaitu uji struktur mikro dengan Metalografi dan SEM, pengujian komposisi kimia dengan EDAX, pengujian struktur mikro dengan spektrometer, pengujian kekerasan serta pengujian dengan uji tarik untuk mengetahui ketahanan dari material tersebut.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. PLTU

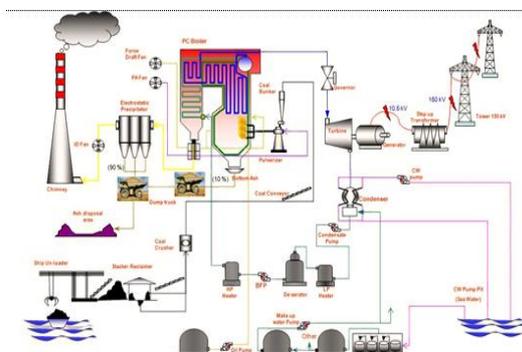
PLTU adalah jenis pembangkit listrik tenaga thermal yang banyak digunakan, karena efisiensinya baik dan bahan bakarnya mudah didapat sehinggamenhasilkan energi listrik yang ekonomis. PLTU merupakan mesin konversi energi yang merubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik.

Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu :Pertama, energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.Kedua, energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.Ketiga, energi mekanik diubah menjadi energi listrik

2.2.Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar.

Uap yang dihasilkan boiler adalah uap *Superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. Boiler yang konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan *water tube boiler* (lihat Gambar 1 skema PLTU).



Gambar 1. Skema PLTU Suralaya

2.3. Komponen Utama Boiler

1.Furnace

Komponen ini merupakan tempat pembakaran bahan bakar. Beberapa bagian dari *furnace*

antaranya : *refractory*, ruang perapian, *burner*, *exhaust for flue gas*, *charge and discharge door*

2.Steam Drum

Steam Drum adalah salah satu komponen pada boiler pipa air yang berfungsi sebagai reservoir campuran air dan uap air, dan juga berfungsi untuk memisahkan uap air dengan air pada proses pembentukan uap jenuh.

3.Superheater

Komponen ini merupakan tempat pengeringan *steam* dan siap dikirim melalui *main steam pipe* dan siap untuk menggerakkan turbin uap atau menjalankan proses industry.

4.Air Heater

Komponen ini merupakan ruangan pemanas yang digunakan untuk memanaskan udara luar yang diserap untuk meminimalisasi udara yang lembab yang akan masuk ke dalam tungku pembakaran.

5.Economizer

Komponen ini merupakan ruangan pemanas yang digunakan untuk memanaskan air dari air yang terkondensasi dari sistem sebelumnya maupun air umpan baru.

6.Blowdown valve

Komponen ini merupakan saluran yang berfungsi membuang endapan yang berada di dalam pipa *steam*.

7.Sootblower

Sootblower adalah alat pembersih tube-tube pada Boiler pada *Heat Recovery Area (HRA)* yaitu *area Superheater, Economizer, Reheat*, serta pada *Air Heater*. *Sootblower* menyemprotkan uap panas *auxiliary* membersihkan dinding luar *Tube* dan elemen *Heat Exchanger* pada *Air Heater*. Ada dua jenis *Sootblower* yang biasa dipakai, yaitu *Long Retractable Rotating* (ukuran 916,9 cm tipe IK 545 dan ukuran 348 cm tipe IK 525 pada 15 model) dan *Swing Blower* ukuran *Short Retractable Rotating* pada 44 model

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode pengujian laboratorium dan analisis data *Lance Tube Sootblower* tipe 2 IK *Superheater* desain tanpa tirus. Metode ini bertujuan untuk menguji ketahanan material *Lance Tube Sootblower* tipe 2 IK *Superheater*

sesuai dengan standar material untuk *Lance Tube Sootblower* tipe 2 IK *Superheater*.

Data awal pengujian dan analisis data *Lance Tube Sootblower* tipe 2 IK *Superheater* telah diperoleh berdasarkan dari pengujian di laboratorium, referensi-referensi *Manual Book Babcock and Wilcox* dan data lapangan. Data tersebut kemudian diolah dan dikaji sehingga mendapatkan suatu hasil analisis data *Lance Tube Sootblower* tipe 2 IK *Superheater* yang sesuai dengan judul penelitian ini.

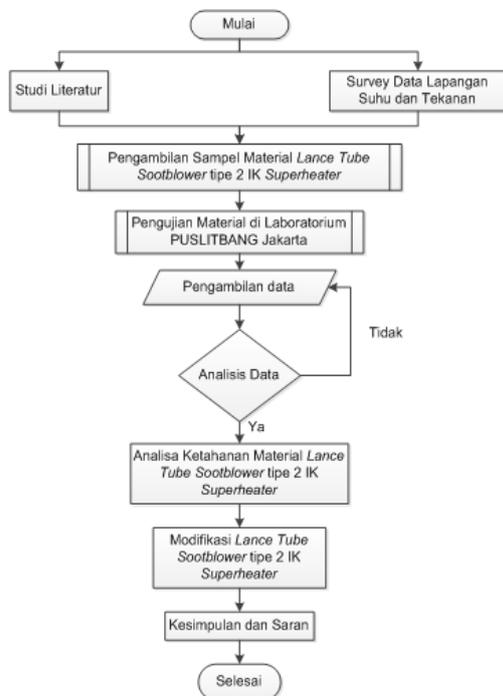
3.1 Teknik Pengumpulan Data

Agar tujuan telah diuraikan sebelumnya dapat tercapai dengan baik, maka diperlukan data yang akurat sebagai dasar penelitian. Data untuk dasar penelitian ini penulis dapat dengan cara sebagai berikut :

1. Studi Lapangan / pengamatan langsung
2. Studi Literatur
3. Wawancara

3.2 Kerangka Pemecahan Masalah

Untuk mempermudah melakukan penelitian maka dibuat kerangka pemecahan masalah pada gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Kerangka Pemecahan Masalah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Uji Kekerasan (*Hardness*)

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan

NO	LOKASI	HASIL UJI	HARDNESS (HV)	NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
5.	Seamless Steel DIN 17175	Struktur mikro berupa ferrit dan perlit terjadi degradasi pada struktur mikro, tidak terdapat indikasi cacat mikro lainnya.	1.137; 2.131; 3.140; 4.137; 5.134; 6.133; 7.140; 8.135; 9.140; 10.141	136,8 HV	Nilai titik pada uji ke-2 yaitu 131 menunjukkan bahwa daya tahan material berkurang.
6.	Seamless Steel ASTM A106	Struktur mikro berupa ferrit dan perlit, terjadi sedikit degradasi pada struktur mikro, tidak terdapat indikasi cacat mikro lainnya.	1.166; 2.160; 3.168; 4.168; 5.160; 6.158; 7.166; 8.160; 9.164; 10.160	163 HV	Nilai titik pada uji ke-2, 5, 8, dan 10 yaitu 160 menunjukkan bahwa daya tahan material berkurang.

Berdasarkan hasil uji kekerasan (*hardness*) (lihat Tabel 1) diatas maka dapat dianalisa bahwa *Seamless Steel* DIN 17175 mengalami penurunan daya tahan material dikarenakan struktur berupa ferrit dan perlit mengalami cacat rongga daripada *Seamless Steel* A106. Cacat rongga ini akan melemahkan material dalam temperatur tinggi seperti di *Superheater*.

4.2. Analisa Uji Tarik

Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang kekuatan suatu material. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang diberikan.

4.3. Analisa Komposisi Kimia

Tabel 2. Komposisi Kimia *Standard ASTM A106*

Element	Grade A	Grade B	Grade C
Carbon max. %	0.25	0.30	0.35
*Manganese %	0.27 to 0.93	*0.29 to 1.06	0.29 to 1.06
Phosphorus, max. %	0.035	0.035	0.035
Sulfur, max. %	0.035	0.035	0.035
Silicon, min. %	0.10	0.10	0.10
Chrome, max. %	0.40	0.40	0.40
Copper, max. %	0.40	0.40	0.40
Molybdenum, max. %	0.15	0.15	0.15
Nickel, max. %	0.40	0.40	0.40
Vanadium, min. %	0.08	0.08	0.08

Dari Tabel didapatkan :

1. **Karbon** (C) 0.30% max berdasarkan hasil dari pengujian komposisi kimia karbon (C) yang terkandung adalah

- 0.0786% yang berarti material A106 Grade B yang digunakan merupakan baja karbon menengah, yang berarti material ini tidak terlalu keras tetapi memiliki keuletan yang baik. Tetapi dari hasil pengujian bahwa karbon yang dihasilkan lebih sedikit dari standar dikarenakan banyak *deposit* yang terkandung dalam material tersebut.
2. **Silikon** (Si) 0.10% dari hasil pengujian, kandungan Si 0,161%. Kandungan silikon ini dapat meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan terhadap panas, karat dan kekuatan baja pada suhu tinggi tanpa mengakibatkan penurunan terhadap keuletan.
 3. **Mangan** (Mn) 0.29-1.06, dari hasil pengujian kandungan mangan 0.438%.Mangan ini dapat mencegah kegetasan pada suhu tinggi.
 4. **Sulfur/belerang** (S) 0.035% max, dari hasil pengujian kandungan sulfur 0.0065%. Hal ini masih didalam batas normal dari standar yang ditentukan, kandungan sulfur yang rendah akan lebih baik karena kandungan sulfur dalam baja dapat menurunkan keuletan dan kekuatan pada baja.
 5. **Phospor** (P) 0.035% max, dari hasil pengujian kandungan phosphor sebesar 0.0050% yang masih dalam batas normal sesuai standar yang ditentukan, fosfor dalam kandungan baja merupakan impuritas yang dapat menurunkan keuletan dan kekuatan pada baja, tetapi fosfor berguna untuk membersihkan material dari unsur penyebab korosi.
 6. **Krom** (S) 0.40% max, dari hasil pengujian kandungan krom 0.0576%. Hal ini jauh dari batas normal dari standar yang ditentukan. Krom akan membuat baja lebih tahan terhadap korosi. Baja tahan karat memiliki kandungan krom diatas 12 %, apabila kandungan krom melebihi 16% maka baja tersebut tidak dapat dikeraskan. Dan bila mengandung krom lebih dari 18% akan kehilangan keuletannya, dan akibatnya lebih mudah patah atau getas.
 7. **Molybdenum** 0,15% max, dari hasil pengujian kandungan molybdenum 0,0040%. Hal ini jauh dari batas normal dari standar yang ditentukan. Merupakan penstabil karbida yang baik dan akan

memperlambat pembentukan grafit pada waktu pemanasan yang lama, unsur ini juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap creep pada suhu tinggi.

8. **Nikel** (Ni) 0,40% max, dari hasil pengujian nikel 0,0319%.Hal ini jauh dari batas normal dari standar yang ditentukan. Nikel baik sekali dalam ketahanan panas dan ketahanan korosinya, tidak rusak oleh air kali/air laut dan alkali.

Dari hasil pengujian dapat dianalisa bahwa unsur yang dihasilkan jauh dibatas normal dikarenakan material sedikit mengandung *deposit* sehingga material ini menyebabkan sedikit korosi tetapi masih berjalan optimal

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan, antara lain sebagai berikut:

1. Dalam analisa data pengamatan langsung hal ini, *lance tube* mengalami *defleksi*. Kejadian ini diakibatkan karena desain dari *lance tube* tanpa tirus sehingga ketika *Sootblower* tipe 2 IK *Superheater* beroperasi *forward-reverse*, *lance tube* mengalami *Overload* dan dalam waktu yang lama akan mengalami bending (lendutan).
2. Dari hasil pengujian menggunakan SEM dan EDX, sampel yang diuji dari *lance tube* 2 IK *Superheater* pada material DIN 17175 terdapat kandungan garam baik *Sulfur*, *Sodium* dan *Chlorine*. Maka dari itu kadar S harus dibuat serendah-rendahnya yaitu lebih rendah dari 0,05%. Berbeda dengan hasil pengujian material ASTM A106 yang hanya memiliki kandungan *chlorine* sehingga material masih dapat beroperasi secara optimal.
3. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia *lance tube* mengalami lendutan karena terdapat uap yang masih mengandung air sehingga *lance tube* mengalami *deposit* sehingga material mengalami korosif dan terjadi kegagalan pada sambungan las yang masih terdapat *pitting* (celah-celah oksigen).
4. Geometri yang tidak tirus dapat menyebabkan defleksi yang besar pada *lance tube Sootblower* sehingga terjadi *bending*.

Daftar Pustaka

Kadir, Abdul. *"Pembangkit Tenaga Listrik"*. Jakarta: Universitas Indonesia. 2010.

Eddi, Bambang Isty. *"Buku pedoman PLTU"*. Jakarta.

Khairuddinsyah, Dicky., Sudana, I Putu Adi. *"Analisa Perbedaan Perpindahan Panas Line Steam Tube dengan Insulator Glasswool dan Insulator Silica Aerogel"*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknik - PLN. 2012.

Setia, Freddy., Safii, Alfian. *"Analisa Perbandingan Perpindahan Panas Pipa Sootblower dalam Kondisi Tanpa Insulator dan Menggunakan Insulator Unit 1-4"*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta. 2011.

Corporation, Marubeni. *"Maintenance Manual Book Suralaya Steam Power Plant 1&2"*. Bristol, Canada: Perusahaan Umum Listrik Negara. 1984

Corporation, Marubeni. *"Design Manual Book Suralaya Steam Power Plant 1&2"*. Bristol, Canada: Perusahaan Umum Listrik Negara. 1984

Marsudi, Ir. Djiteng. *"Pembangkitan Energi Listrik"*. Jakarta: Penerbit Erlangga. 2005

Gilman, G. F., Gilman, Jerry. *"Boiler Control Systems Engineering"*. Second Edition. ISA. 2010

Suharno, Bambang & Sri Harjanto. Bahan Kuliah Baja Paduan dan Paduan Super. *"Heat Resistant Steel"*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI. 2010

Wilson, Jason. *"Understanding Various Factors that Reduce Heat-Resistant-Alloy Component Life"*. *"Heat & Corrosion Resistant Material/Composites"*. 2007

Donachie, Mathew J. & Stephen J. Donachie. *"Superalloy"*. A technical Guide second edition. ASM International. 2002

Degarmo, E. Paul; Black, J T.; Kohser, Ronald A. *"Materials and Processes in Manufacturing"*. Edition 9th. Wiley. ISBN 0-47165653-4. 2003

Prawaningrum Harli *"Pengetahuan Bahan Teknik Baja Paduan (Alloy Steel)"*. Disertasi tidak diterbitkan: IPB 2009