

## **MENGATASI MASALAH SILICA SAND MELTING PADA KETEL UAP TEKANAN RENDAH (BUBBLING FLUIDIZER BED) DENGAN MENGGUNAKAN TQM DI PT. DDD TANGERANG**

**Tatan Zakaria<sup>1</sup>, Anita Dyah Juniarti<sup>2</sup>**

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya  
Jl. Ciwaru Raya II No. 73, Kel. Cipare, Kec. Serang, Kota Serang 42117*

*Tizet.tasmal@gmail.com<sup>1</sup>, anitadyahjuniarti@unbaja.co.id<sup>2</sup>*

### **ABSTRACT**

*Steam Boilers are one of the many energy conversion machines that are needed by industries and companies. Either as an electric generating machine or as a producer of steam production processes. To produce steam production, the combustion process in a combustion chamber requires a fuel boiler. Steam boiler consists of 3 categories: Solid, Liquid and Gas. Bubbling Fluidized Bed Boiler (BFBB) is one of the many types of boilers, which for the combustion process in the combustion chamber (furnace) requires silica sand media (Silica Sand). The stability of temperature, the specifications of silica sand, the balance of combustion air and the type of coal are the main requirements for the operation of this type of boiler. One problem is that the boiler fails to operate. One of the causes of the failure of the operation of this boiler is due to melted silica sand (Silica Sand Melting). Data obtained before repair there were 16 times the operation problem caused by melted silica sand. By analyzing the root cause of the problem, planning for improvements, and implementing improvements using the tools of the Total Quality Control (TQC) method, the results obtained for 7 months after repair, the boiler does not fail any more due to melting silica sand (silica sand melting).*

**Keywords:** Fluidized Bed Boiler, Silica Sand, Melting

### **ABSTRAK**

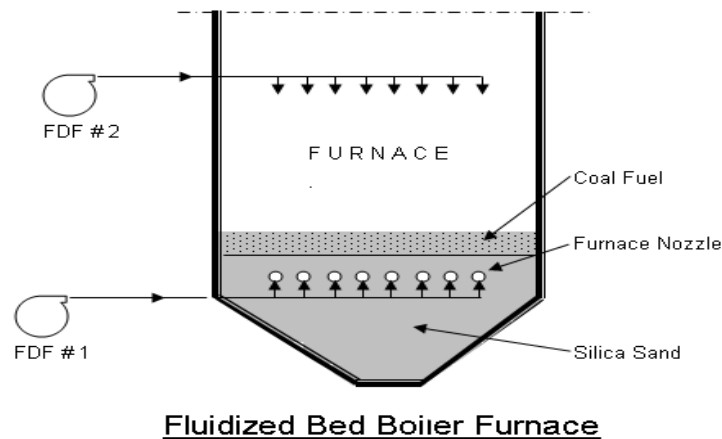
*Ketel Uap adalah salah satu dari sekian banyak mesin konversi energi yang sangat diperlukan industri dan perusahaan. Baik sebagai mesin pembangkit listrik ataupun sebagai penghasil uap proses produksi. Untuk menghasilkan produksi uap air (steam), proses pembakaran dalam ruang bakar suatu ketel uap memerlukan bahan bakar. Bahan bakar ketel uap terdiri dari 3 karegori : Padat, Cair dan Gas. Bubling Fluidized Bed Boiler (BFBB) adalah salah satu dari sekian banyak tipe ketel uap, dimana untuk proses pembakaran di ruang bakar (furnace) memerlukan media pasir silika (Silica Sand). Kestabilan temperatur, spesifikasi pasir silika, keseimbangan udara pembakaran serta jenis batubara adalah persyaratan utama untuk beroperasinya ketel uap jenis ini. Salah satu bermasalah maka mengakibatkan ketel uap gagal beroperasi. Salah satu penyebab gagal beroperasinya ketel uap ini adalah diakibatkan pasir silika leleh (Silica Sand Melting). Data didapatkan sebelum perbaikan ada 16 kali kerusakan akibat pasir silika leleh. Dengan menganalisa akar penyebab masalah, melakukan perencanaan perbaikan, dan mengimplementasikan perbaikan dari tools pada metoda Total Quality Control, didapatkan hasil selama 7 bulan setelah perbaikan, ketel uap tidak terjadi gagal operasi karena pasir silika leleh (silica sand melting).*

**Kata kunci :** Fluidized Bed Boiler, Silica Sand, Melting

## 1. PENDAHULUAN

*Bubling Fluidized Bed Boiler* (BFBB) adalah salah satu dari sekian banyak jenis ketel uap yang sering kita gunakan sebagai mesin konversi energi. Energi Potensial kimiawi yang terkandung dalam bahan bakar (dalam hal ini dipakai batubara), dikonversikan menjadi energi panas dalam proses pembakaran, selanjutnya dengan sifat konveksi dan radiasi maka energi panas digunakan untuk merubah air ketel menjadi uap bertekanan. Variasi tekanan uap dari setiap *boiler* akan menentukan klasifikasi ketel uap menjadi ketel uap tekanan rendah (*Low Pressure Boiler*) : 7-8 Bar; ketel uap tekanan sedang (*Medium Pressure Boiler*) : 18-20 Bar; dan ketel uap tekanan tinggi (*High Pressure Boiler*) 90 – 100 Bar.

Konversi energi pada BFBB terjadi pada bagian Tungku (*Furnace*) yang terdiri dari ruangan *furnace*, pipa air, udara pembakaran utama dari FDF#1 dan udara penyekat (*Sealing*) dari FDF#2, seperangkat *Nozzles*, serta campuran media pasir silika dan tentunya bahan bakar batubara., seperti dijelaskan pada Gambar-1 di bawah ini :



**Gambar 1.** Fluidized Bed Boiler Furnace

Kelaikan operasi dan reliabilitas BFBB sangat tergantung dari kestabilan proses pembakaran di unit *furnace* ini, terutama proses pembakaran batubara dengan menggunakan bantuan media pasir silika. Akan tetapi tidak jarang pada kenyataan seringkali terjadi gangguan proses yang disebabkan antara lain udara pembakaran (FDF#1), pasokan batubara kedalam *furnace*, melelehnya pasir silika (*silica sand melting*) dan lain-lain. Dalam salah satu kasus inilah kegagalan operasional BFBB yaitu terjadinya *silica sand melting* dianalisa dengan menggunakan Analisis Penyebab Masalah (*Root Cause Analysis*).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Komponen Sistem Pembakaran BFBB.

#### 2.1.1 Furnace

*Furnace* atau tungku pembakaran adalah ruang utama tempat terjadi konversi energi berupa proses pembakaran batubara menjadi energi panas yang dimanfaatkan ketel uap untuk mendapatkan uap panas bertekanan. Ruang bakar ini dibatasi dengan penyekat tahan api (*refractory*) dan bagian terluar oleh plat pelindung (*Cover Plate*).

#### 2.1.2 Pipa Air

Pipa air ini merupakan alat atau bagian yang mengalirkan air sehingga dibagian *furnace* terdapat kontak radiasi panas dan terjadi aliran konveksi sehingga terjadi

perubahan bentuk air dari menjadi uap bertekanan (*steam*). Bagian terpenting pipa air ini ada pada bagian FBC (*Fluidized Bed Combustion*).

### 2.1.3 Pipa Udara Pembakaran

Syarat terjadinya pembakaran adalah bila ada temperatur, bahan bakar dan udara. Kebutuhan udara pembakaran pada BFBB dialirkan mulai dari FDF #1 sebagai kipas pendorong udara bertekanan, dialirkan melalui saluran (*ducting*), lalu didistribusikan melalui pipa udara dan berakhir pada *nozzle-nozzle* penyembur udara yang tertanam pada campuran batubara dan pasir silika.

### 2.1.4 Nozzles

*Nozzles* merupakan bagian ujung distributor udara yang terbuat dari baja cor tahan panas dan tahan abrasif misalnya jenis (NiHAD). Berbagai jenis dan dimensi *nozzle* disesuaikan dengan karakteristik kebutuhan udara tungku bakar ketel uap, seperti kapasitas aliran (*debit*), tekanan dalam temperatur bakarnya, dan lain-lain.

### 2.1.5 Pasir Silika

Spesifikasi pasir silika harus sesuai dengan yang disarankan oleh pabrikan, jika terlalu kecil ukurannya maka pasir akan terbawa oleh hisapan ID *fan* dan jika terlalu besar ukurannya maka pasir silika sukar untuk *bubbling* sehingga akan menyebabkan *overheat* dan pasir akan *melting*. Ukuran pasir silika kisaran 0,8 mm – 1,2 mm, temperatur leleh sampai dengan 12.000 °C. Jika pasir sudah *melting*, maka harus dilakukan pergantian pasir silika total. Pasir silika dimasukkan ke dalam *bed* setinggi 300 mm diatas permukaan *nozzle* dalam ruang bakar. Ketinggian ini diperlukan agar didapat fluidisasi yang merata. Kegunaan dari *bed* material adalah sebagai landasan atau untuk menenggelamkan bahan bakar yang akan dibakar didalam ruang bakar. *Bed* material tidak mengambil panas, tetapi menyediakan panas untuk menguapkan kadar airnya dan membakarnya. Bahan bakar akan terbakar didalam *bed* dan berfungsi untuk menjaga temperatur *bed* konstan.

### 2.1.6 FDF#1 dan FDF#2

FDF #1 atau *Forced Draft Fan* No.1 dan *Forced Draft Fan* No. 2 adalah *blower fan* yang fungsinya mensuplai kebutuhan udara pembakaran. FDF #1 sebagai *blower* utama sedangkan FDF #2 sebagai udara penyekat ruang bakar, agar partikel pembakaran tidak terbawa ke luar ruang bakar.

### 2.1.7 Pemasok Batubara (*Coal Feeder*)

Pemasok udara adalah unit yang memberikan aliran kebutuhan batubara dari penampungan (*hopper*) ke dalam tungku *boiler*. Dalam hal ini adalah berbentuk *screw conveyor*, kapasitas unit *coal feeder* ini disesuaikan dengan laju kebutuhan pemakaian bahan bakar batu bara (*Coal Rate Consumption*).

## 2.2 Analisa Penyebab Akar Masalah (*Root Cause Analysis*)

Analisa penyebab akar masalah atau *root cause analysis* adalah metode analisa dengan menggunakan cara mendata semua masalah yang berpotensi sebagai penyebab, kemudian membuat analisa penyebab dengan diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) selanjutnya membuat analisa 5W+1H dan dibuat perencanaan serta pelaksanaan perbaikannya.

### 2.2.1 *Fishbone Diagram*

*Fishbone diagram* (diagram tulang ikan karena bentuknya seperti tulang ikan) sering juga disebut *Cause and Effect Diagram* atau biasa disebut Ishikawa Diagram, karena diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang, sebagai satu dari tujuh alat kualitas dasar penelitian (*Seven Basic Quality Tools*). *Fishbone diagram* digunakan ketika kita ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah dan terutama ketika sebuah tim cenderung jatuh berpikir pada rutinitas.

*Fishbone diagram* akan mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah dan menganalisa masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan, dan sebagainya. Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi *brainstorming*.

### 2.2.2 5W+1H

Metode analisa, rencana perbaikan, dan pelaksanaan perbaikan atau juga dikenal dengan *5W+1H*, berasal dari urutan menyatan Apa masalah (*What*)? Mengapa (*Why*)? Dimana kejadiannya (*Where*)? Kapan terjadinya (*When*), siapa yang terlibat perbaikan (*Who*)? dan bagaimana cara perbaikannya (*How*)? adalah salah satu alat bantu atau bisa disebut sebagai *tool* yang digunakan untuk menjelaskan masalah apa, bagaimana rencana perbaikan dan oleh siapa. *Tool* ini membantu kita untuk mencari solusi dan perbaikan terhadap suatu masalah.

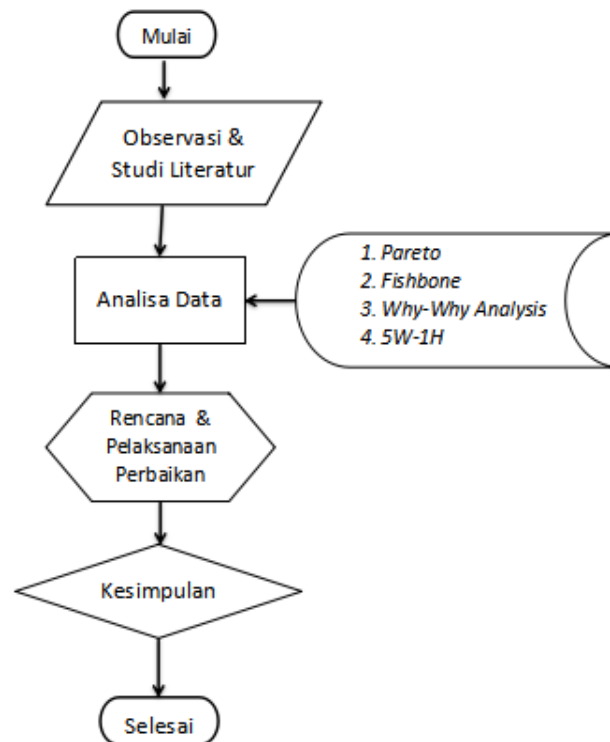
### 2.2.3 Ketel Uap *Bubbling Fluidized Bed Fulton 15 T/H*

*Boiler Fulton 15 T/H* merupakan salah satu *boiler* yang digunakan dalam operasional mesin penghasil uap bertekanan (*steam*) di PT. DDD – Tangerang, dengan jenis *Bubbling Fluidized Bed*. Kapasitas produksinya 15 ton/jam uap tekan dengan temperatur 175 derajat *celcius*.

Data operasional menunjukkan bahwa beberapa kali terjadi masalah *stop boiler* yang disebabkan proses pembakaran di ruang bakar (*furnace*) tidak lancar.

## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada laporan artikel ini adalah deskripsi analisis. Masalah operasional ketel uap *Bubling Fluidized Bed*, dianalisa menggunakan statistika deskripsi, kemudian selanjutnya analisa penyebab masalah dengan diagram tulang ikan maupun *Root Caused Analysis*, selanjutnya ditentukan rencana perbaikan dengan menggunakan *5W-1H*. Secara ringkas alur penelitian dan artikel ini adalah sebagai berikut pada gambar 2 :

**Gambar 2.** Alur Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

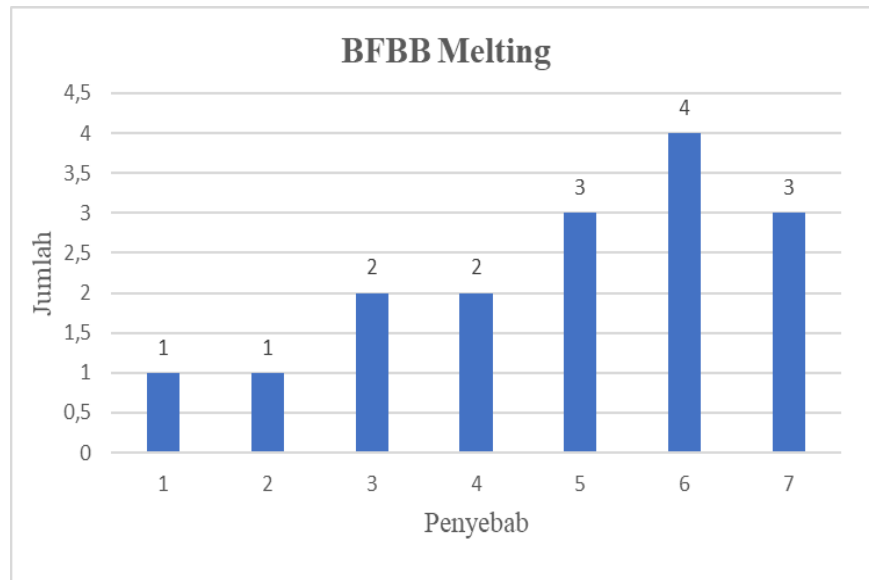
##### 4.1 Data Terjadi *Silica Sand Melting*

Lelehnya pasir silika menyebabkan berhentinya proses pembakaran di ketel uap. Kejadian seperti ini sangat merugikan efisiensi dan reliabilitas ketel uap. Dari data didapatkan masalah berhentinya ketel uap dari Juli 2016 sampai dengan Mei 2018 seperti pada Tabel 1 berikut ini :

**Tabel 1.** Frekuensi dan Penyebab *Melting* BFBB 2016-2018

| No    | Penyebab                    | Jumlah |
|-------|-----------------------------|--------|
| 1     | Barubara basah              | 1      |
| 2     | <i>Plat crusher</i> lepas   | 1      |
| 3     | <i>Screw</i> macet          | 2      |
| 4     | Bata api <i>screw</i> rusak | 2      |
| 5     | Gagal <i>start</i>          | 3      |
| 6     | <i>Nozzle</i> rusak         | 4      |
| 7     | Pasir silika jelek          | 3      |
| Total |                             | 16     |

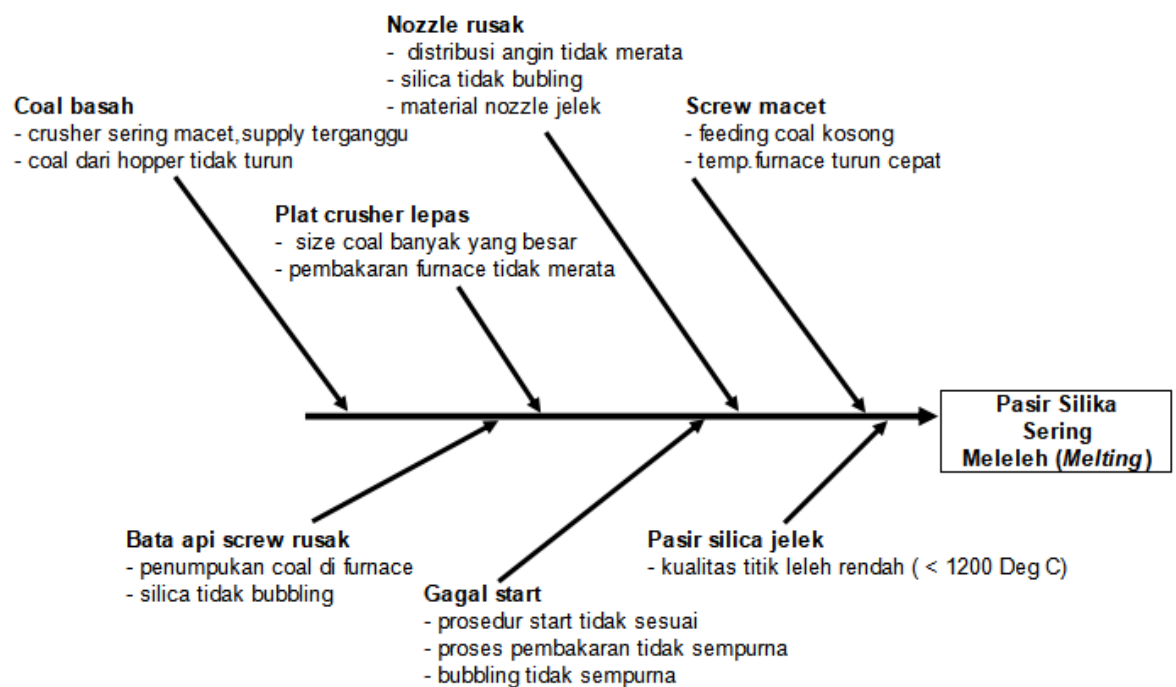
Adapun total kejadian *stop abnormal* Ketel Uap disebabkan karena *melting* juga dapat dinyatakan dengan grafik pada gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3. BFBB Melting

#### 4.2 Analisa Tulang Ikan (Penyebab Masalah)

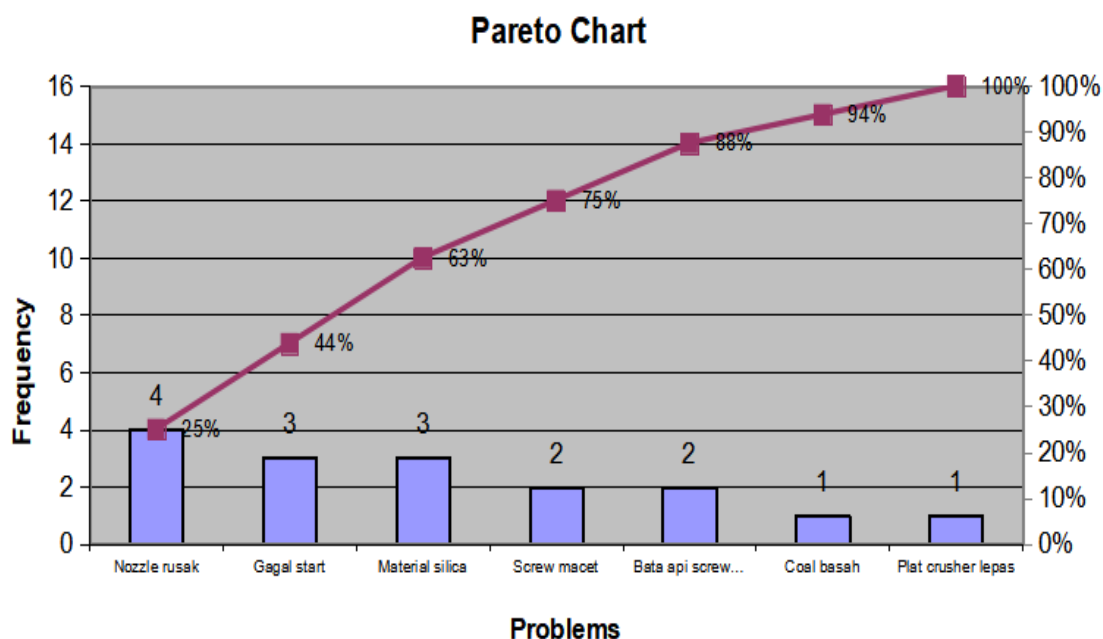
Selanjutnya data kerusakan tersebut diatas dianalisa penyebabnya dan digunakan metoda analisa sebab akibat tulang ikan (*fishbone*) seperti pada gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Diagram Sebab Akibat Penyebab Silica Sand Melting

#### 4.3 Prioritas Perbaikan (Diagram Pareto)

Dari analisa didapatkan bahwa penyebab kerusakan dan terjadinya silika leleh yang mengakibatkan ketel uap berhenti ada 7 (tujuh), yaitu batubara basah, *plat crusher* lepas, *screw* macet, bata api rusak, gagal *start*, *nozzle* rusak, dan pasir silika jelek. Untuk melakukan prioritas perbaikan digunakan Pareto, tetapi karena data rasio tidak menunjukkan 80 : 20, maka perbaikan dilakukan terhadap ketujuh jenis penyebab. Gambar 5 menunjukkan diagram Pareto penyebab masalah pasir sikika leleh (*silica sand melting*).



Gambar 5. Diagram Pareto Penyebab *Silica Sand Melting*

#### 4.4 Rencana dan Pelaksanaan Perbaikan (5W-1H)

Pada tahap selanjutnya semua jenis permasalahan yang menyebabkan silika leleh dan mengakibatkan ketel uap berhenti, dibuatkan rencana perbaikan dan pelaksanaan perbaikan dengan menggunakan analisa 5W+1H, seperti tabel 2 dibawah ini :

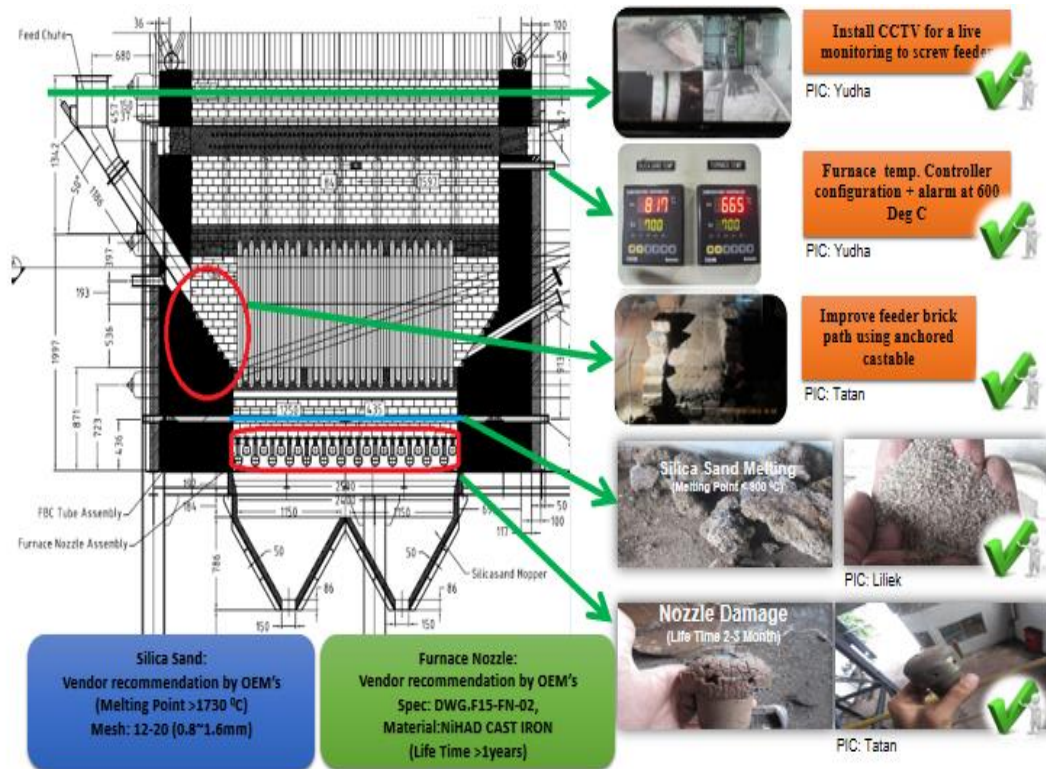
Tabel 2. Perencanaan dan Pelaksanaan Perbaikan

| No | What (Apa)?    | Why (Mengapa)?                                                 | Where (Dimana)?       | When (Kapan)? | Who (Siapa)?              | How (Bagaimana)?                                                                                                     |
|----|----------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Batubara basah | Persediaan batubara pada ruang terbuka ( <i>open storage</i> ) | <i>Dry Coal Sheed</i> | Januari 2019  | Operator<br><i>Leader</i> | 1. Atur sistem pemakaian batubara dengan metode FIFO<br>2. Jemur batubara yang basah<br>3. Tutup batubara jika hujan |

**Lanjutan Tabel 2.** Perencanaan dan Pelaksanaan Perbaikan

| No | What (Apa)?        | Why (Mengapa)?                               | Where (Dimana)?     | When (Kapan)? | Who (Siapa)?          | How (Bagaimana)?                                                                                |
|----|--------------------|----------------------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | Plat crusher lepas | Support engsel terkikis dan lepas            | Crusher             | Januari 2019  | Mtn-A                 | Perbaikan dan pemasangan kembali plat                                                           |
| 3  | Screw macet        | Ada benda asing yang masuk (baru/plat)       | Coal feeder         | April 2019    | Mtn-B                 | 1. Pasang CCTV screw<br>2. Modifikasi system alarm screw                                        |
| 4  | Bata api rusak     | Refractory rusak karena waktu                | Furnace repactory   | April 2019    | Mtn-A                 | 1. Modifikasi turunan batubara<br>2. Perbaiki dengan castable                                   |
| 5  | Gagal start        | Gagal start boiler                           | Boiler control room | Januari 2019  | Operator Section Head | 1. Revisi WI<br>2. Training kembali dari senior boiler                                          |
| 6  | Nozzle rusak       | Nozzle rusak, bolong, leleh sebelum waktunya | Furnace             | April 2019    | Operator Group 1      | 1. Modifikasi nozzle yang rusak<br>2. Cek material nozzle dan ganti yang bagus                  |
| 7  | Pasir silika jelek | Tidak ada sistem penerimaan pasir silika     | Gudang              | Februari 2019 | PPIC Head             | 1. Konfirmasi material silika yang dipakai<br>2. Ganti silika yang bagus (>1200 °C, 0.8-1.2 mm) |

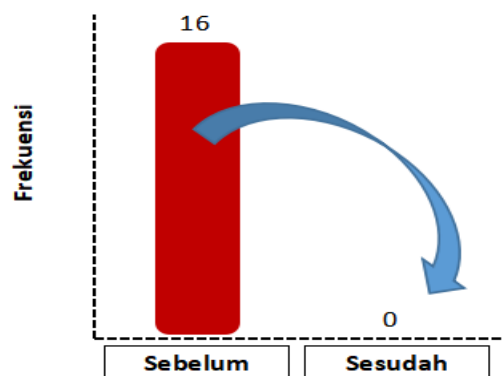
Berikut adalah beberapa perbaikan yang telah dilakukan pada tabel 2 di atas, seperti pada gambar 6 berikut ini :



**Gambar 6.** Pelaksanaan Perbaikan

#### 4.5 Hasil Perbaikan

Berdasarkan monitoring setelah melakukan perbaikan pada ketujuh penyebab masalah, maka selama 7 (tujuh) bulan tidak terjadi masalah pada operasional ketel uap yang disebabkan oleh pasir silika leleh (*silica sand melting*), seperti ditunjukkan pada gambar 7 berikut ini :



**Gambar 7.** Hasil Perbaikan Masalah *Silica Sand Melting* (Jan-Mei 2019)

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa, rencana perbaikan serta pelaksanaan perbaikan tentang kejadian leleh pasir silika, penyebab *stop* ketel uap (*boiler outages*), maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Penyebab yang mengakibatkan kejadian *stop* ketel uap karena leleh pasir silika atau *silica melting* ada 7 (tujuh) penyebab , yaitu : batubara basah, *plat crusher* lepas, *screw* macet, bata api rusak, gagal *start*, *nozzle* rusak, dan pasir silika jelek.
- b. Berdasarkan analisa dan perbaikan menggunakan 5W+1H, didapatkan hasil signifikan terhadap masalah *stop* ketel uap karena pasir silika leleh, menjadi 0 (nol) kejadian selama monitoring 7 bulan setelah pelaksanaan perbaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

Hamada, Kazuhiro. 2010. *Hamada Fluidized Bed Boiler*. Manual Book Catalogue

Suprianto, Pandi D., 2017. *Prosiding-Seminar Nasional Teknik Mesin 12*. Program Studi Teknik Mesin. Universitas Kristen Petra

Tarmizi, Ahmad. 2017. *Studi Numerik Pengaruh Perubahan Mass Flow dari Secondary Air terhadap Karakteristik Cirkulating Fluidized Bed Boiler*. Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya

Mahidin, 2014, *Karakteristik Pembakaran Beberapa jenis Biomassa dalam Fluidized Bed Boiler*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan , Vol.10 No.1 Halaman 7-14, 2014, ISSN 1412-5064.