

Analisis Dampak Keandalan Sistem Pulverizer Terhadap Daya yang Dihasilkan PLTU

Irham Maulana^{1*}, Jusafwar², dan Sonki Prasetya²

¹ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16425

² Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16425

Abstrak

PT. X merupakan pembangkit listrik dengan daya yang dihasilkan sebesar 3 X 330 MW. Untuk memenuhi target produksi setiap hari dibutuhkan kelancaran proses suplai batubara dari pulverizer menuju burner boiler, sehingga peralatan pulverizer dituntut untuk selalu dalam kondisi handal. Salah satu permasalahan unit 1 PT X pada tahun 2018 adalah banyaknya downtime pada peralatan pulverizer yang merupakan peralatan vital dalam proses produksi listrik. Dibutuhkan solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dengan menganalisis penyebab dan dampaknya terhadap daya yang dihasilkan serta menemukan solusi akhir. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak keandalan system pulverizer terhadap daya yang dihasilkan PLTU PT. X dengan menentukan: kegagalan dengan frekuensi paling banyak, nilai keandalan tiap pulverizer dan system pulverizer, dampak keandalan system pulverizer terhadap daya yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegagalan terbanyak pada system pulverizer adalah plugging pada inlet pulverizer, nilai keandalan untuk Pulverizer 1A = 0.6%, 1B = 1.39%, 1C = 0.18%, 1D = 2.87%, 1E = 2.5%, 1F = 12.45% dan nilai keandalan system pulverizer adalah 18.8%. Hal ini mengakibatkan kehilangan dayanya sebesar 3948.6 MW dan berdampak berkurangnya pendapatan sebesar Rp. 3,139,137,000.00.

Kata-kata kunci: Daya, Downtime, Keandalan, Sistem Pulverizer

Abstract

PT. X is a power generation company with capacity produced 3 X 330 MW. To reach the daily production target, the company required the coal supply sustainability from pulverizer to the boiler burner. Therefore, the pulverizer need to be in a reliable condition. One of problems at PT. X in 2018 is the quantity of pulverizer downtime which is a vital tool in the production process. A solution is needed to solve that problem by analyzing the causes and effects on the power production and finding the final solution. This study purposes is to analyze impact the reliability of the system pulverizzer on the power produced by the PT X by determining: failure with the most frequency, the reliability value of each pulverizer and system pulverizer, the impact reliability of the pulverizer system on the power produced. The result show that the culprit of failures on the pulverizer system mostly was plugging on the pulverizer inlet. The reliability value for Pulverizers 1A = 0.6%, 1B = 1.39%, 1C = 0.18%, 1D = 2.87%, 1E = 2.5%, 1F = 12.45% and value the pulverizer system reliability is 18.8%. Furthermore, loss of power production is 3948.6 MW and it influences the annual earnings to be reduced by Rp. 3,139,137,000.00

Keywords: Power, Downtime, Reliability, Pulverizer system

* Corresponding author E-mail address: irham.maulana.tm15@mhsw.pnj.ac.id

1. PENDAHULUAN

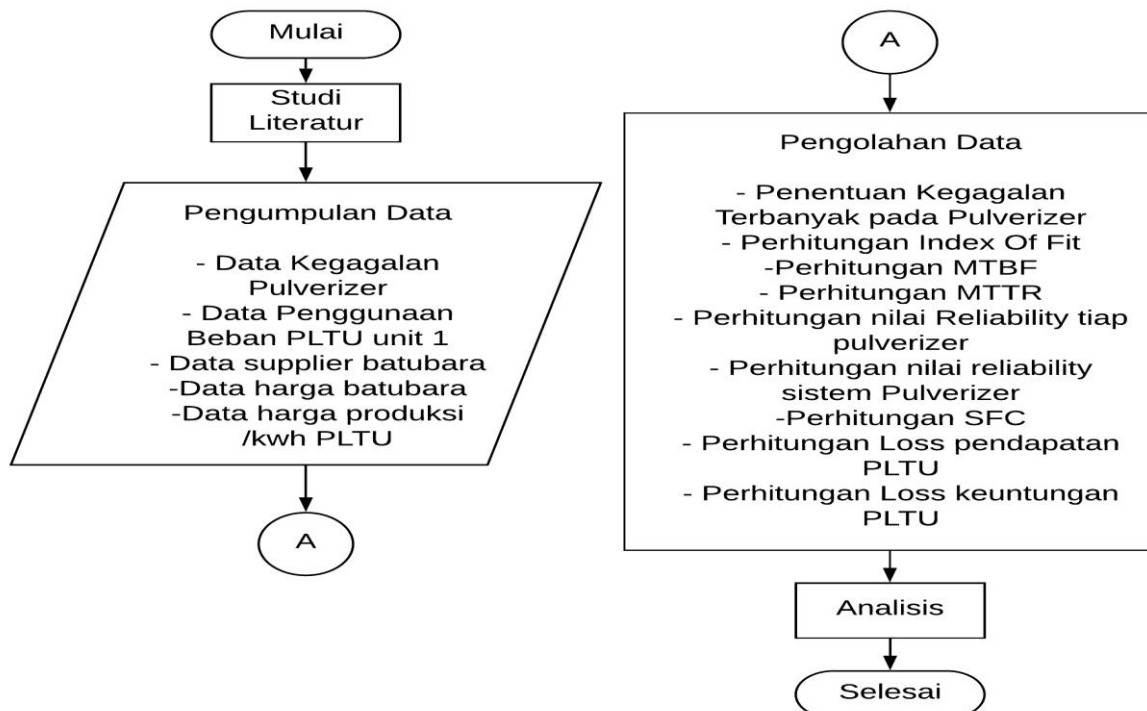
PT X merupakan perusahaan pembangkit listrik dengan bahan bakar batubara berkapasitas 3 x 330 MW dan sudah beroperasi sejak tahun 2011[1]. Untuk mencapai target produksi setiap harinya, proses produksi dilakukan setiap hari selama 24 jam selama 1 tahun[1]. Dengan tingginya target produksi, maka setiap hari perlu kelancaran proses suplai batubara kedalam *burner boiler*. Salah satu komponen vital yang menunjang proses produksi listrik pada PLTU PT. X adalah *pulverizer*[2]. *Pulverizer* berfungsi untuk menghaluskan bongkahan batubara menjadi butiran halus untuk disuplai menuju *burner boiler* sebagai bahan utama proses pembakaran didalam *boiler*[2].

Pada PT X, 1 unit pembangkit terdapat 6 *pulverizer* dengan ketentuan 5 *pulverizer* beroperasi dan 1 *pulverizer* berada dalam posisi *standby*, keenam *pulverizer* tersebut disebut dengan *system pulverizer* unit 1 PT X[1]. kinerja suatu system akan mengalami penurunan kondisi setelah beroperasi pada jangka waktu tertentu. Faktor eksternal juga dapat berpengaruh terhadap penurunan kondisi atau keandalan suatu peralatan, jenis batubara dan kondisi batubara yang digunakan akan mempengaruhi kondisi dari *pulverizer*[3]. Berhentinya proses produksi akibat kegagalan operasi suatu mesin akan mempengaruhi keandalan suatu system[2]. Apabila system tersebut tidak handal maka akan mempengaruhi proses produksi listrik PT X yang mengakibatkan kurangnya suplai listrik PT X kepada pelanggan yang dapat mengakibatkan kerugian

Salah satu permasalahan unit 1 PT X pada Januari 2018 – Desember 2018 adalah banyaknya *downtime* pada peralatan *pulverizer*, Sehingga menyebabkan berhentinya proses produksi[4]. Penelitian yang dilakukan Dandy Nugroho menyatakan bahwa dengan mengubah dimensi inlet *pulverizer* dapat mengurangi terjadinya *plugging* pada *pulverizer* namun pada PT X dengan mengganti inlet *pulverizer* belum menyelesaikan masalah[3]. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut diperlukan suatu tindakan yang tepat dengan menganalisis penyebab terjadinya *downtime* pada peralatan *pulverizer* dan dampak terjadinya *downtime* terhadap daya yang dihasilkan PLTU serta menemukan solusi untuk menanggulangi kejadian serupa agar tidak terjadi lagi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisa dampak keandalan *system pulverizer* terhadap daya yang dihasilkan PLTU PT. X dengan menentukan: kegagalan dengan frekuensi paling banyak terjadi pada *system pulverizer*, nilai keandalan tiap *pulverizer* dan *system pulverizer* apakah sesuai dengan *standard* perusahaan, dan dampak keandalan *system pulverizer* terhadap daya yang dihasilkan PLTU PT. X

2. METODE

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Dibawah ini .



Gambar 1. Flow Chart

Metode penelitian ini merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian. Adapun langkah-langkah penelitiannya adalah sebagai berikut : Studi Literature dimana pada langkah ini dilakukan dengan melakukan kajian pustaka mengenai referensi-referensi yang berkaitan dengan penelitian berupa jurnal nasional maupun internasional, manual book dan buku – buku mengenai teori keandalan. Pengumpulan data berupa data kegagalan pulverizer tahun 2018, data penggunaan beban tahun 2018, data supplier batubara, dan data harga batubara. Pengolahan meliputi penentuan kegagalan terbanyak pada pulverizer langkah ini dengan melakukan ranking kegagalan yang paling banyak terjadi pada tiap pulverizer. Sehingga akan diketahui kegagalan terbanyak dan dilakukan analisis untuk mencari solusi penanganan kegagalan tersenu agar tidak terjadi lagi. Analisis data menggunakan metode RCFA akan dilakukan pada kegagalan yang paling banyak terjadi pada pulverizer. Data akan dianalisis menggunakan diagram ishikawa atau biasa disebut fishbone diagram. Pada analisis ini akan dicari akar penyebab dari kegagalan tersebut.

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode :

Perhitungan Nilai Index of Fit

Menurut Ronald E. Walpole index of fit (r) adalah persamaan matematika yang memungkinkan kita untuk meramalkan nilai – nilai tak bebas dari nilai – nilai satu atau lebih peubah bebas. Nilai (r) berada diantara -1 sampai dengan 1[5]. Nilai (r) terbesar akan terpilih untuk menentukan distribusi yang digunakan untuk menghitung nilai MTBF, MTTR, dan Reliability[5]. Rumus untuk nilai index of fit adalah :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \quad (1)$$

Goodness of Fit Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa tepat data yang ada memiliki kesesuaian dengan distribusi probabilitas tertentu untuk memodelkan kegagalan komponen[6]. Pengujian ini dilakukan menggunakan nilai r terbesar dari perhitungan index of fit dengan cara membandingkan hipotesa nol (H0) yang menyatakan bahwa data mengikuti distribusi pilihan, dan hipotesa alternative (H1) yang menyatakan bahwa data tidak mengikuti distribusi pilihan[6]. Apabila setelah melakukan pengujian data tidak mengikuti distribusi pilihan maka dilakukan pengujian kembali dengan menggunakan nilai terbesar kedua[6]. Terdapat tiga macam uji kebaikan yaitu uji Kolmogorov-Smirnov untuk data berdistribusi normal dan lognormal, uji Mann Test untuk data berdistribusi Weibull, dan uji Bartlett Test untuk data berdistribusi Eksponensial[6].

Rumus untuk Goodness Of fit tiap distribusi adalah[6]:

- Kolmogorov-Smirnov

$$D_n = \text{Max} (D_1, D_2) \quad (2)$$

H0 diterima jika $D_n < D_{\text{erit}}$. Nilai D_{erit} diperoleh dari tabel *critical value for kolmogorv smirnov*

- Mann Test

$$M = \frac{K1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} [\ln ti+1 - \ln ti] / Mi}{K2 \sum_{i=1}^{k1} [\ln ti+1 - \ln ti] / Mi} \quad (3)$$

H0 diterima jika $M < M_{\text{erit}}$. Nilai M_{erit} diperoleh dari tabel F dimana $V1 = K1$, $V2 = K2$

- Barlett Test

$$B = \frac{2r [\ln \left(\left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r ti \right) - \sum_{i=1}^r \ln ti]}{1 + (r+1)/(6r)} \quad (4)$$

H0 diterima jika

$$X^2_{1-\frac{\alpha}{2}, r-1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2}, r-1}$$

Perhitungan MTBF

Mean time between failure (MTBF) adalah rata-rata waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan. Rumus untuk mean time between failure masing-masing distribusi kerusakan adalah [7]:

- MTBF distribusi Normal

$$MTBF = \mu \quad (5)$$

- MTBF distribusi Lognormal

$$MTBF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (6)$$

- MTBF distribusi Weibull.

$$MTBF = \theta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \quad (7)$$

- MTBF distribusi Eksponensial

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (8)$$

Perhitungan MTTR

Mean Time To Repair (MTTR) merupakan nilai rata-rata waktu perbaikan dari distribusi data waktu perbaikan yang telah diketahui. Rumus untuk masing – masing distribusi adalah [7]:

- MTTR distribusi Lognormal

$$MTTR = \mu \quad (9)$$

- MTTR distribusi Normal

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (10)$$

- MTTR distribusi Weibull.

$$MTTR = \theta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \quad (11)$$

- MTTR distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad (12)$$

Perhitungan Reliability Tiap Pulverizer

Keandalan merupakan peluang suatu peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya dalam periode tertentu. Jika keandalan bernilai $R(t)$ maka keandalan berkisar antara $0 < R(t) < 1$. Rumus keandalan tiap distribusi adalah [6]:

- Reliability distribusi Normal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (13)$$

- Reliability distribusi Lognormal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (14)$$

- Reliability distribusi Weibull.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (15)$$

- Reliability distribusi Eksponensial

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (16)$$

Perhitungan Reliability System Pulverizer

Karena pada pulverizer ini beroperasi dengan menggunakan formasi 5 operasi 1 standby maka digunakan rumus keandalan system pulverizer dengan metode reliability block diagram parallel seri dengan perfect switch, dimana persamaannya [6]:

$$R_s = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)(1 - R_3)(1 - R_n) \quad (17)$$

Perhitungan Spesific Fuel Consumption (SFC)

Specific Fuel Consumption merupakan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu dapat dihitung dengan berdasarkan SPLN. No 80 Tahun 1989. Rumus SFC dapat dilihat pada persamaan berikut [8]:

$$SFC = \frac{Qf}{MW} \quad (18)$$

Perhitungan Biaya Produksi

Untuk menghitung biaya Produksi dapat menggunakan persamaan[8]:

$$BPP = SFC \times \text{Harga Batubara} \quad (19)$$

Perhitungan Losses Pendapatan PLTU

Perhitungan ini adalah untuk mengetahui berapa kehilangan pendapatan PLTU akibat kehilangan daya produksi yang diakibatkan kurangnya coal flow pada boiler karena tidak beroperasinya pulverizer. Persamaan untuk mengitung loss ini adalah[8]

$$\text{Losses Pendapatan} = \text{Harga Jual listrik PLTU/kwh} \times \text{MW Loss} \quad (20)$$

Perhitungan Losses Keuntungan PLTU

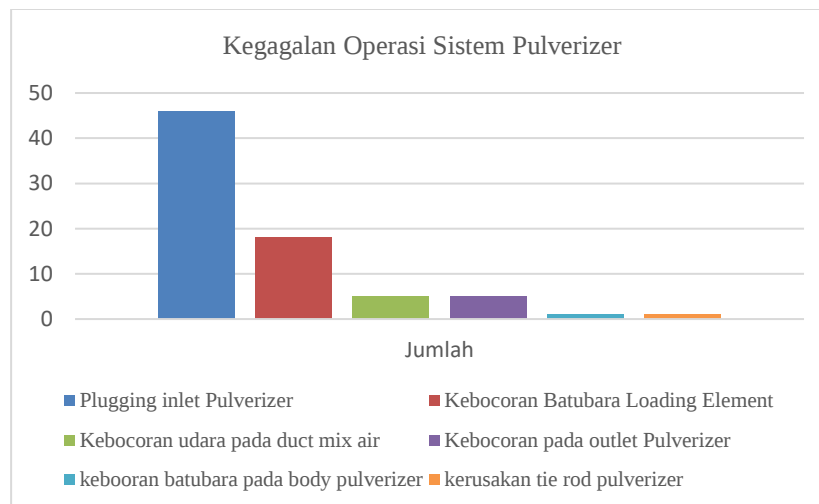
Perhitungan ini adalah untuk mengetahui berapa kehilangan keuntungan PLTU akibat kehilangan daya produksi yang diakibatkan kurangnya coal flow pada boiler karena tidak beroperasinya pulverizer. Persamaan untuk mengitung loss ini adalah[8]

$$\text{Losses Keuntungan} = (\text{Harga Jual Listrik} - \text{Harga Produksi}) \times \text{MW Loss} \quad (21)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Jenis Kegagalan Terbanyak

Gambar 2 merupakan grafik frekuensi kegagalan sistem yang bersumber dari data departemen engineering PT X . dengan mengurutkan frekuensi kegagalan yang sering terjadi pada sistem pulverizer maka dapat diilustrasikan dengan grafik pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kegagalan Pulverizer

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa kegagalan terbanyak pada system pulverizer tahun 2018 adalah mode kegagalan plugging pada inlet pulverizer dengan total kegagalan operasi sebesar 46 kegagalan atau sebesar 60.5 % dari total kegagalan system pulverizer sebesar 76. Sehingga mode kegagalan plugging pada inlet pulverizer akan dianalisa menggunakan RCFA dengan diagram Ishikawa.

Perhitungan Index of Fit (r)

Berikut adalah beberapa informasi mengenai kegagalan pulverizer 1A yang tercatat pada Tabel1[4]

Tabel 1. Tabel Kegagalan Pulverizer 1A

No	JENIS KEGAGALAN	ACT START	ACT FINISH	TIME TO REPAIR	WAKTU OPERASI KUMULATIF	TIME BETWEEN FAILURE
1	Plugging Inlet Pulverizer	09/01/2018 7:35	09/01/2018 15:35	8	0	0
2	Plugging Inlet Pulverizer	11/01/2018 16:00	12/01/2018 0:00	8	48	40
3	Plugging Inlet Pulverizer	03/02/2018 21:20	04/02/2018 5:20	8	606	549
4	Plugging Inlet Pulverizer	04/02/2018 20:05	05/02/2018 4:05	8	629	15
5	Plugging Inlet Pulverizer	05/02/2018 5:16	05/02/2018 12:16	7	638	1
6	Plugging Inlet Pulverizer	05/02/2018 16:57	06/02/2018 0:57	8	649	5
7	Plugging Inlet Pulverizer	07/02/2018 12:03	07/02/2018 14:03	2	692	35
8	Plugging Inlet Pulverizer	11/02/2018 18:58	12/02/2018 2:58	8	795	101
9	Plugging Inlet Pulverizer	01/03/2018 13:47	01/03/2018 21:47	8	1222	419

Perhitungan Index Of Fit (r) Time Between Failure (TBF) Pulverizer

Tabel1 merupakan tabel kegagalan yang terjadi pada pulverizer 1A beserta dengan waktu Time Between Failure dan Time To Repair. Dengan menggunakan persamaan (1) maka didapatkan nilai index of fit (r) untuk TBF dengan contoh perhitungan pada distribusi normal:

- Distribusi normal (r) = 0.436
- Distribusi Lognormal (r) = 0.534
- Distribusi Weibull (r) = 0.481
- Distribusi Eksponensial (r) = 0.505

Berdasarkan perhitungan Index Of Fit dengan nilai (r) terbesar[5], maka distribusi yang terpilih adalah distribusi Lognormal dengan (r) = 0.534

Dengan menggunakan persamaan yang sama maka didapatkan nilai Index Of Fit untuk TBF Pulverizer 1B, 1C, 1D, 1E, dan 1F. Berikut pada Tabel 2 adalah rekapitulasi nilai Index Of Fit untuk keenam Pulverizer

Tabel 2. Hasil Perhitungan Index of Fit TBF

Pulverizer	Nilai Index Of Fit (r) TBF	Distribusi Terpilih
1A	0.534	Lognormal
1B	0.203	Lognormal
1C	0.539	Lognormal
1D	0.523	Lognormal
1E	0.787	Eksponensial
1F	0.484	Weibull

Perhitungan Index Of Fit (r) Time To Repair (TTR) Pulverizer

Dengan menggunakan persamaan (1) didapatkan nilai Index Of Fit Terpilih seperti yang terangkum dalam Tabel 3 yaitu sebagai berikut.:

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Index of Fit* TTR

Pulverizer	Nilai Index Of Fit	Distribusi Terpilih
1A	-0.138	Ekspensial
1B	0.258	Weibull
1C	0.730	Ekspensial
1D	0.010	Normal
1E	0.376	Ekspensial
1F	-0.138	Ekspensial

Goodness Of Fit Test

Dengan menggunakan persamaan (2), (3) dan (4) Maka didapatkan hasil dari *Goodness Of Fit* seperti yang terangkum dalam Tabel 4a dan Tabel 4b

Tabel 4 (a). Parameter Distribusi terpilih TBF (b) Parameter distribusi terpilih TTR

(a)

Pulverizer	Distribusi Terpilih	Parameter
1A	Lognormal	$S = 1.83$ $t_{med} = 86.94$
1B	Lognormal	$S = 1.37$ $t_{med} = 419.25$
1C	Lognormal	$S = 1.17$ $t_{med} = 284.60$
1D	Lognormal	$S = 1.80$ $t_{med} = 281.77$
1E	Lognormal	$S = 2.07$ $t_{med} = 148.59$
1F	Weibull	$\theta = 969.84$ $\beta = 0.333$

(b)

Pulverizer	Distribusi Terpilih	Parameter
1A	Weibull	$\beta = -0.66$ $\theta = 2.46$
1B	Lognormal	$S = 1.11$ $t_{med} = 7.77$
1C	Lognormal	$S = 1.31$ $t_{med} = 11.36$
1D	Ekspensial	$\lambda = 0.10$
1E	Ekspensial	$\lambda = 0.06$
1F	Ekspensial	$\lambda = 0.08$

Perhitungan MTBF dan MTTR

Dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) serta menggunakan parameter pada tabel 4 (a) maka didapatkan MTBF distribusi Lognormal pulvriker 1A, 1B,1C 1D,dan 1E serta distribusi weibull pada pulverizer 1F seperti pada tabel 5 (a). Dengan persamaan (11), (9), dan (12) serta menggunakan parameter pada tabel 4 (b) maka didapatkan nilai MTTR untuk keenam Pulverizer seperti pada Tabel 5(b).

Tabel 5 (a). Hasil Perhitungan MTBF (b) Hasil Perhitungan MTTR

(a)

Pulverizer	MTBF
1A	399.04 jam
1B	1079.9 jam
1C	568.128 jam
1D	568.128 jam
1E	568.128 jam
1F	5746.302 jam

(b)

Pulverizer	MTTR
1A	9.04 jam
1B	14.42 jam
1C	27.13 jam
1D	9.18 jam
1E	16.05 jam
1F	12.47 jam

Perhitungan Reliability Tiap Pulverizer

Dengan Menggunakan Persamaan (14) dan menggunakan parameter pada tabel 4 (a) maka didapatkan nilai keandalan pulverizer 1A = 0.6% 1B = 1.39%, 1C = 0.18%, 1D = 2.87%, 1E = 2.5% dan menggunakan persamaan (15) dan menggunakan parameter pada tabel 4 (a), maka nilai keandalan pulverizer 1F = 12.45%.

Perhitungan Reliability SystemPulverizer

Menggunakan persamaan (17) maka didapatkan nilai keandalan sistem pulverizer sebesar $R_s = 18.8\%$. Nilai keandalan ini berada jauh dibawah standar perusahaan yaitu sebesar 89%. Hal ini disebabkan karena banyaknya kegagalan yang terjadi pada tiap pulverizer, sehingga jika nilai keandalan tiap pulverizer rendah maka nilai keandalan sistem pulverizer juga akan rendah

Perhitungan Nilai SFC (Specific Fuel Consumption)

Berdasarkan data permintaan beban PT. X pada tahun 2018 adalah sebesar 263 MW dengan flow sebesar 154.34 ton/h. Maka dengan menggunakan persamaan (18) nilai SFC PT X sebesar 0.588 Kg/Kwh, sehingga untuk menghasilkan daya sebesar 1 kw/h dibutuhkan batubara sebesar 0.588 Kg

Perhitungan Biaya Produksi Pembangkit (BPP)

Harga batubara yang digunakan PT X adalah Rp 706.09/Kg[9]. Maka menggunakan persamaan (19) BPP PT X sebesar Rp. 414.88/Kwh

Perhitungan Loss Pendapatan PT X

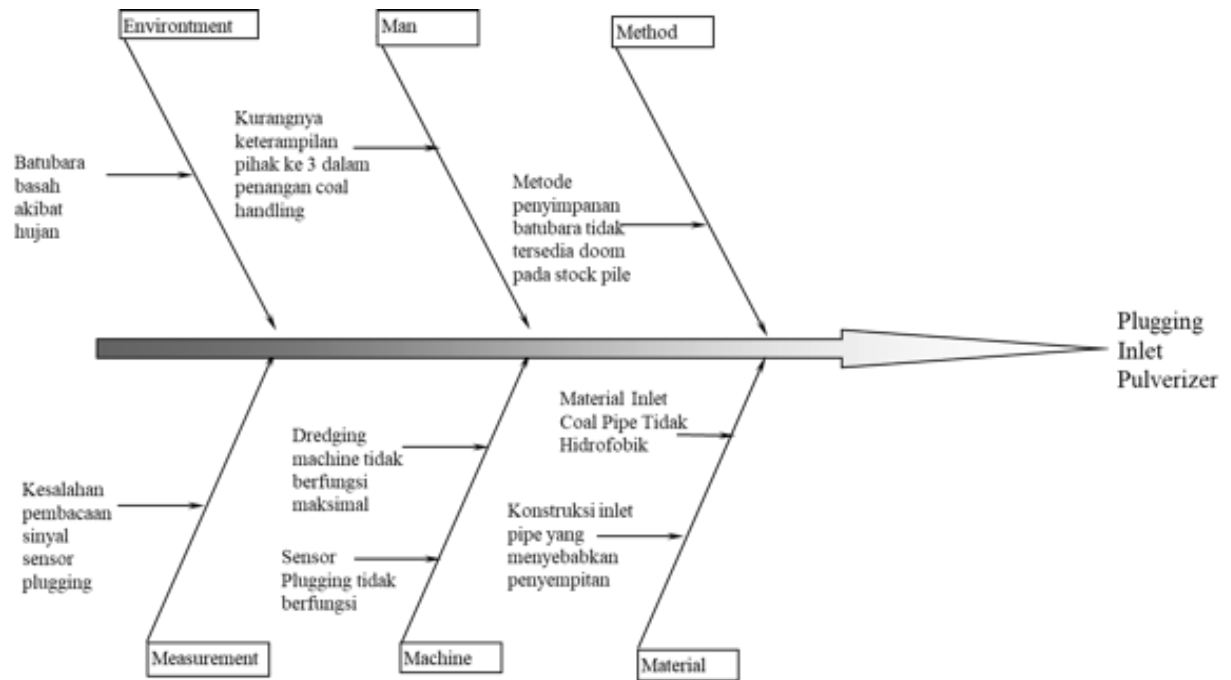
Harga Jual Kwh Listrik PT X adalah sebesar Rp 795/Kwh, sedangkan Loss MW yang dihasilkan akibat dari Plugging Inlet Pulverizer selama tahun 2018 adalah sebesar 3948.6MW dengan menggunakan persamaan (20) Loss pendapatan PT X sebesar Rp. 3,139,137,000.00

Perhitungan Loss Keuntungan PT X

Dengan menggunakan persamaan (21) maka loss keuntungan PT X akibat Plugging Pulverizer selama tahun 2018 adalah sebesar Rp 1,500,924,047.92

Analisis RCFA

Berdasarkan gambar 2. Kegagalan terbanyak yang terjadi pada pulverizer adalah plugging pada inlet pulverizer maka kegagalan tersebut akan dianalisis menggunakan RCFA menggunakan diagram ishikawa. Diagram ishikawa dipilih karena dapat menentukan penyebab permasalahan sehingga tindakan penanganan yang ditetapkan lebih tepat sasaran. Adapun faktor yang menjadi pertimbangan pada diagram ishikawa adalah *Man, method, enviroment, material, machine, measurement*[10].



Gambar 3. Diagram Ishikawa Plugging Inlet Pulverizer

Berikut adalah analisis RCFA menggunakan diagram ishikawa pada Plugging inlet Pulverizer. Dapat dilihat pada gambar 3 bahwa terdapat 6 faktor yang menyebabkan plugging pada pulverizer.

Faktor pertama adalah *Method*, penyebab terjadinya plugging pada faktor ini adalah karena belum adanya shelter/kanopi pada stock pile untuk melindungi batubara dari hujan. sehingga apabila terjadi hujan maka batubara akan langsung terkena air hujan yang akan berdampak pada meningkatnya kadar moisture batubara dan menyebabkan batubara menjadi lengket karena bercampurnya batubara dengan tanah sehingga menyebabkan penyumbatan pada *inlet pulverizer*[3].

Faktor *Man*, kurangnya kompetensi dan sense of belonging dari pihak ketiga dibagian coal handling dalam melaksanakan SOP untuk Coal Handling Facility (CHF). Sehingga terkadang penyebab dari plugging adalah benda – benda yang digunakan untuk melakukan pekerjaan di CHF yang tersangkut ke inlet pulverizer[11].

Faktor *Environment* yang menyebabkan plugging pada faktor ini adalah Musim hujan sehingga batubara menjadi basah dan menempel pada sisi – sisi pipa inlet pulverizer[12].

Faktor *Measurement* adanya pembacaan sinyal palsu atau salah yang menyebabkan tidak terdeteksinya kondisi penumpukan batubara pada sisi inlet pulverizer[13].

Faktor *Machine* adalah tidak berfungsi secara maksimalnya peralatan dredging untuk menggetarkan sisi inlet pulverizer saat terjadi penumpukan menyebabkan flow batubara tersendat. Kemudian sensor plugging yang tidak berfungsi juga menyebabkan tidak adanya antisipasi dari pihak operator[13].

Faktor *Material*. Pada faktor ini material coal pipe yang tidak licin/ Hidrofobik menyebabkan batubara tersangkut dibagian pipa coal pipe dan dimensi pipa yang berubah saat menuju kedalam pulverizer menyebabkan terjadinya penyempitan jalur masuk batubara[13].

4. KESIMPULAN

Dari analisis seperti yang dipaparkan pada bagian sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa:

1. Keandalan pada system pulverizer dipengaruhi oleh adanya kegagalan operasi pada system pulverizer dan setelah dilakukan ranking dengan mengacu data dari perusahaan PT. X maka kegagalan terbanyak selama tahun 2018 pada system pulverizer adalah plugging pada inlet pulverizer
2. Nilai Keandalan dari masing – masing Pulverizer 1A = 0.6%, 1B = 1.39%, 1C = 0.18%, 1D = 2.87%, 1E = 2.5%, 1F = 12.45% sehingga nilai keandalan system pulverizer adalah 18.8% yang mana nilai ini dibawah standar perusahaan yaitu sebesar 89%
3. Dampak dari ketidakandalan system pulverizer PT X tahun 2018 yang disebabkan oleh kegagalan operasi akibat plugging inlet pulverizer adalah hilangnya daya sebesar 3948.6 MW dan berkurangnya

pendapatan PT X sebesar Rp. 3,139,137,000.00 dan berkurangnya keuntungan sebesar Rp 1,500,924,047.92

NOMENCLATURE			
	untuk eksponensial dan normal = jumlah data	β	parameter bentuk weibull
xi	untuk weibull dan lognormal = ln jumlah data	θ	parameter lokasi weibull
r	Nilai Index Of Fit	λ	laju kegagalan
μ	rata - rata data kerusakan	Γ	Nilai Tabel fungsi Gamma
s	standar deviasai	R(t)	keandalan
t_{med}	nilai tengah distribusi	R_s	keandalan sistem
e	nilai eksponensial = 2.718282	Qf	coal flow t/h
Φ	Nilai Tabel Kumulatif normal z	t	waktu operasi

REFERENSI

1. P. X, "Profil Perusahaan PT X," 2011.
2. S. K. Ratna Bhakti P S, "Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer (Studi Kasus: PLTU PAITON UNIT 3)," Jurnal Teknik ITS, vol. Vol. 6, 2015.
3. D. Nugroho, "MODIFIKASI OUTLET COALBUNKER DAN OUTLET COAL FEEDER UNTUK MENGATASI PLUGGING BATUBARA DI PLTU TANJUNG AWAR-AWAR TUBAN," Jurnal keilmuan dan Terapan Teknik, vol. 06, 2017.
4. E. P. P. X, "Daftar Kerusakan," 2018.
5. D. m. Indra gunawan, Seto tjahyono, "Perencanaan Preventive Maintenance Mesin CuttingS-250 Haeversing di PT X," Seminar Nasional Teknik Mesin, pp. 499-508, 2018.
6. C. Ebeling, An Intoduction to Reliability and Maintainabilty engineering. USA: McGraw-Hill, 1997.
7. S. S. Taufik, "PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN KOMPONEN KRITIS PADA MESIN TURBIN DI PT PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKIT OMBILIN," jurnal optimasi sistem industri, vol. 14, 2015.
8. I. dhamyantie, "Analisa Pengaruh Beban dan Campuran Batubara Terhadap Biaya Produksi Pembangkitan Listrik di PLTU Indramayu," Jurnal Ilmiah Indonesia, vol. 12, 2018.
9. d. B. b. d. Niaga, "Harga Batubara," 2018.
10. I. Faurizal, "Analisis Kerusakan Combustion Chamber Menggunakan Metode FMEA dan RCFA Pada pembangkit Listrik Tenaga Gas," 2018.
11. S. R. Youda, Adit, "Studi Keadaan Lapangan PT X," I. Maulana, Ed., ed, 2019.
12. BMKG, "Data curah hujan tahun 2018," BMKG, 2018.
13. W. Hidayat, "RCFA Plugging batubara dari CHF ke Coal Mill," 2018.