

Rancang Bangun *Screen* pada Sistem Penyaluran Batubara untuk Menghindari *Derating* pada PLTU Barru 2 X 50 MW

Jumadi Tangko¹, Apollo², dan Guntur Agus Sucipto³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Program Studi Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Sulawesi Selatan, 90245, Indonesia. e-mail: jtangko@yahoo.co.id

Abstract. Indonesia's economic development has increased rapidly from year to year. This needs to be supported by reliable electrical conditions so that the government carries out various programs to accelerate electricity development. More and more power plants are being built causing competition among power plants to sell electricity. Old power plants such as PLTU Barru need to maintain reliability in order to compete. In the PT. Indonesia Power Maximo application report, each year the new PLTU experiences a derating unit due to the failure of the coal distribution system in the coal feeder, this failure is caused by large coal above 8 cm stuck in the chute upper strobe of the coal feeder, resulting in no coal flows into the furnace. In connection with these disturbances, the aim of this research is to design the screen on the coal bunker hopper to avoid derating and so that large coal above 7 cm can be filtered on the screen. Before doing the design, the hopper dimension data is taken, which will be carried out by designing the screen, then making the screen and calculating the screen strength using SAP2000 software (Structure Analysis Program). This data is in the form of primary data obtained at PT Indonesia Power PLTU Barru OMU (Operating and Maintenance Services Unit). Based on the results of the screen design, the test results obtained with a maximum load of coal flow of 150 t / h, there are 2 pieces of coal measuring above 7 cm filtered, testing for 1 hour 40 minutes and calculating the strength of the screen dead load, life load using SAP2000 software (Structure Analysis Program) obtained the results of the structure screen or screen frame below 1 and the color of the screen frame shows that nothing is red, thus a screen with a diameter of 1 cm is categorized as suitable to be used as screen material.

Keywords: PLTU Barru, screen, coal, unit reliability, derating, SAP2000 software (Structure Analysis Program)

Abstrak. Perkembangan ekonomi Indonesia meningkat pesat dari tahun ke tahun. Hal ini perlu didukung dengan kondisi kelistrikan yang handal sehingga pemerintah melakukan berbagai program percepatan pembangunan ketenagalistrikan. Semakin banyak pembangkit listrik yang dibangun menyebabkan persaingan diantara pembangkit listrik dalam menjual listrik. Pembangkit lama seperti PLTU Barru perlu menjaga kehandalan supaya dapat bersaing. Pada laporan aplikasi Maximo PT. Indonesia Power setiap tahunnya PLTU barru mengalami derating unit akibat dari kegagalan sistem penyaluran batubara pada coal feeder, kegagalan ini disebabkan oleh batubara yang berukuran besar diatas 8 cm tersangkut pada chute upper strobe coal feeder, sehingga mengakibatkan batubara tidak ada yang mengalir menuju *furnace*. Sehubungan dengan gangguan tersebut tersebut maka penelitian bertujuan untuk melakukan rancang bangun screen pada hopper coal bunker untuk menghindari derating dan supaya batubara yang besar diatas 7 cm bisa tersaring pada screen. Sebelum melakukan rancang bangun, diambil data dimensi hopper yang akan dilakukan rancang bangun screen kemudian dilakukan pembuatan screen dan dilakukan perhitungan kekuatan screen menggunakan software SAP2000 (Structure Analysis Program). Data ini berupa data primer yang diperoleh di PT Indonesia Power PLTU Barru OMU (Operating and Maintenance Services Unit). Berdasarkan hasil Rancang bangun screen didapat hasil pengujian dengan beban maksimal flow batubara 150 t/h terdapat batubara yang berukuran diatas 7 cm tersaring sebanyak 2 buah, pengujianya selama 1 jam 40 menit dan perhitungan kekuatan screen *dead load*, *life load* menggunakan software SAP2000 (Structure Analysis Program) didapat hasil structure screen atau frame screen dibawah 1 dan warna frame screen menunjukkan tidak ada yang berwarna merah, dengan demikian screen dengan diameter 1 cm dikategorikan layak untuk dijadikan material screen.

Kata Kunci: PLTU Barru, screen, batubara, kehandalan unit, derating, software SAP2000.

1. PENDAHULUAN

Seiring pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat dari tahun ke tahun, maka kebutuhan listrik pun akan bertambah karena pembangunan semakin meningkat dan perluasan wilayah

pemukiman semakin banyak. Selain itu Indonesia sebagai negara berkembang banyak pembangunan industri baik skala kecil sampai industri skala besar. Karena banyaknya kebutuhan listrik, setiap pembangkit dituntut supaya handal dalam operasinya, serta ketersediaan bahan bakarnya terjaga aman. Adapun PLTU yang berbahan bakar batubara, maka batubara harus terjaga dari hulu sampai kehilir.

PLTU Barru merupakan salah satu pembangkit yang dibuat untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah Sulawesi Selatan, Tenggara dan Barat. PLTU ini menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama, Batubara dipakai sebagai media pemanasan air yang akan menjadi uap untuk memutar turbin sehingga akan menghasilkan listrik. Untuk keperluan bahan bakar boiler batubara ditranspotasikan menggunakan sistem *conveyor*. Penggunaan sistem *conveyor* pada PLTU Barru dibagi menjadi dua bagian yaitu pembongkaran dan pengisian. Pembongkaran merupakan kegiatan pembongkaran batubara dari tongkang pengangkut batubara menuju ke *coal yard*. Sedangkan pengisian merupakan kegiatan dari *coal yard* menuju ke *coal bunker*, sistem pengisian ke *coal bunker* terdapat dua *line conveyor*, yang dimana ketika satu operasi satu *standby*. Batubara yang ditampung di *coal bunker* kemudian akan disalurkan menuju *furnace* oleh *coal feeder* [1].

PLTU Barru, tiap unit mempunyai empat *coal feeder* dan pada *coal feeder* sering terjadi gangguan kegagalan penyaluran sistem batubara, diakibatkan oleh ukuran batu bara yang melebihi ukuran diatas 7 cm, maupun matrial yang berukuran besar ikut terbawa kedalam *coal bunker*. Sedangkan ukuran batubara yang bisa tersalurkan oleh *coal feeder* menuju *furnace* yaitu dibawah 8 cm, Akibat dari batubara yang berukuran diatas 7 cm maka aliran batubara menuju *furnace* hilang dan terjadi penyumbatan pada *coal feeder*. Dari kegagalan penyaluran sistem batubara tersebut mengakibatkan *coal feeder* harus stop selama 3-4 jam untuk dilakukan penanganan *first line maintenance*, dan mengakibatkan unit pembangkit mengalami penurunan daya mampu pembangkit sebesar 5 MW sehingga masuk dalam kategori *derating* [2].

Berdasarkan laporan gangguan derating unit akibat batubara yang berukuran besar menghambat aliran batubara menuju *furnace* yang terecord pada software aplikasi maximo PT.Indonesia Power PLTU barru, penulis tertarik untuk melakukan rancang bangun penambahan screen pada sistem pengisian penyaluran batubara dan tepatnya pada hopper *coal bunker*, karena screen pada bunker sangatlah penting untuk menyaring batubara yang berukuran besar apabila kinerja pada strainer dan crusher tidak maksimal/mengalami gangguan. Dengan adanya hasil rancang bangun serta penerapan penambahan screen diharapkan bisa menjaga kesinambungan penyaluran batubara dari bunker menuju *furnace*, sehingga pembangkit tidak mengalami *derating*/penurunan daya mampu pembangkit [3]-[5].

1.1 Sistem Boiler Circulating Fluidized Bed (CFB) di PLTU Barru

Circulate Fluidized Bed boiler merupakan boiler yang bekerja dengan prinsip mensirkulasikan pasir kuarsa dari *furnace* secara kontinu selama proses pembakaran. Pasir kuarsa difluidisasikan oleh udara berdebit tinggi oleh primary air fan melalui *nozzle* pada bagian dasar *furnace*. fluidisasi merupakan istilah dimana pasir kuarsa tersembur oleh udara dengan debit tinggi sehingga mengalir dan *bubbling* selayaknya fluida. Pasir kuarsa yang disirkulasikan menyerap panas dari hasil pembakaran bahan-bakar (batu bara) yang kemudian di transferkan secara konveksi menuju dinding-dinding *water wallboiler*, *platen wall*. Panas inilah yang kemudian memanaskan air di dalam *water wall* yang pada akhirnya menghasilkan produk uap dan bertekanan di dalam steam drum. Proses pembakaran pada tipe boiler CFB di PLTU Barru berkisar pada temperature 870-950 °C [6].

Pasir kuarsa pada boiler CFB berupa pasir sungai (*silica sand*) dan selama sirkulasi, digunakan alat pemisah partikel pasir kuarsa dengan debu hasil pembakaran (*fly ash*) agar pasir kuarsa dapat kembali lagi menuju *furnace* boiler. Alat pemisah ini berupa cyclone yang bekerja memanfaatkan gaya sentrifugal sehingga partikel dengan berat jenis lebih besar akan terpisah secara sentrifugal dan jatuh menuju boiler. Level minimum pasir kuarsa adalah sekitar 330 mm pada bed density sebesar 6 kPa dan level maksimal yaitu 700 mm dengan *beddensity* sebesar 12 kPa. Batasan minimum ditujukan untuk menghindari terjadinya over temperature pada air plate/air *nozzle furnace*. Level *bed density*

dijaga agar tidak melebihi batas maksimum (12 kPa) yang mana bertujuan agar proses fluidisasi dapat maksimal. Selain sebagai media transfer kalor, pasir kuarsa juga berfungsi untuk menjaga air *nozzle* yang terletak pada bagian dasar *furnace* agar tidak terlampaui panas/*over heat* akibat proses pembakaran. *Nozzle* berfungsi untuk memberikan tekanan udara yang selanjutnya digunakan untuk fluidisasi pasir kuarsa. Pada peningkatan beban pasir kuarsa juga diperlukan untuk menjaga kestabilan pembakaran dan densitas pasir kuarsa pada *furnace*. Densitas pasir kuarsa harus dijaga agar tetap berada di atas 4 kPa untuk menghindari *over heating* pada *nozzle* [7].

1.2 Penelitian sebelumnya yang terkait (*Literature Review*)

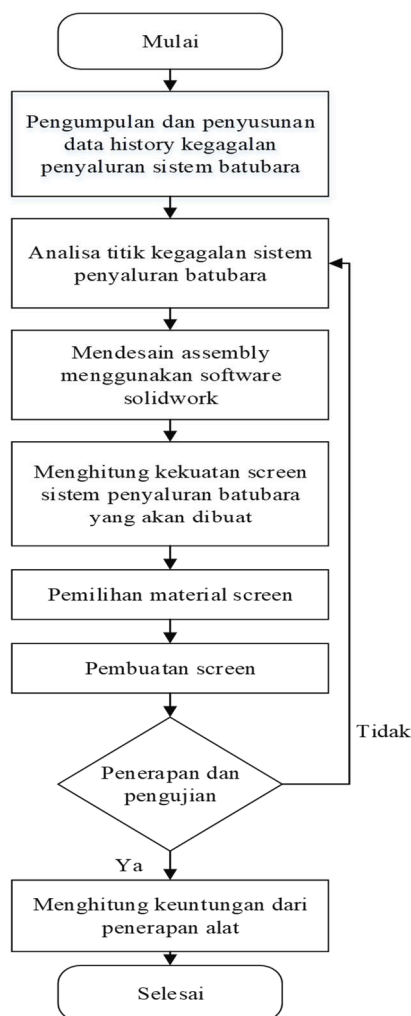
Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga, sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Peneliti terdahulu.

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Asma Binti Syahar Zaira	Analisa Kerusakan Crusher B Pada Coal Handling Sistem unit 5-7 Suralaya, Sehingga Mengganggu Sistem Penyaluran Batubara	<p>1. Terlepasnya screen plate sehingga mengakibatkan misalignment pada coupling crusher B, selain itu, rusaknya crusher B mengakibatkan tidak ada crusher yang standby dan pengisian batubara terganggu.</p> <p>2. Penyebab kerusakan pada crusher B unit 5-7 PLTU suralaya ialah rusaknya thermocouple, serta tidak optimalnya magnetic separator, sehingga lolosnya benda-benda asing berupa logam.</p> <p>3. Untuk mengatasi permasalahan pada crusher B perlu dilakukan penggantian ring hammer, suspension bar, heavy disc, shaft, dan bearing.</p>
2	Zaira Putri Aniza	Analisis Kinerja Crusher Batubara Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam Tanjung Enim Sumatera Selatan	<p>1. Untuk menghindari crusher fault dan meningkatkan efisiensi kerja crusher maka perlu dilakukan pengolahan batubara atau pengecilan ukuran butir batubara</p> <p>2. Untuk menghindari crusher fault maka kapasitas batubara tidak melebihi kapasitas spesifikasi dari crusher. Dan perlu diberikan inverter pada vibration agar flow batubara bisa di atur.</p>
3	Orfinada Sultan Danilof, Windu nugroho, Tommy Trides	Evaluasi Produktivitas unit crusher Plant serta factor yang berpengaruh pada coal processing plant PT.MNC Infrastructur Utama Kota Samarinda Kalimantan Timur	<p>Hambatan-hambatan penting yang harus diperhatikan adalah hambatan yang dapat mempengaruhi produktivitas crusher adalah :</p> <p>a. <i>Stand by</i> seperti : Menunggu alat, tidak ada umpan yang dimasukan didalam hopper, material umpan terlalu besar sehingga tersangkut pada feeder, hujan, adanya maintenance.</p> <p>b. <i>Break down</i> : Hopper buntu, belt robek, belt macet, motor penggerak rusak, dan motor penggerak lepas.</p>

2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian simulasi rancang bangun screen, perhitungan kekuatan screen, serta penerapan screen pada sistem penyaluran batubara, dilaksanakan di PLTU Barru 2x50 MW Unit 1, Dusun Bawasaloe Desa Lampoko Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan 90752, berdasar service request dari operator. Sedangkan waktu pengerjaan dimulai dari Agustus 2019 dengan mengambil referensi data history kegagalan penyaluran pengisian sistem batubara dari coal yard/ stock pile menuju ke furnace. Dalam melakukan penelitian ini, digunakan alat berupa *software solidwork* sebagai rancang bangun desain, kemudian menggunakan *software SAP2000* untuk menghitung kekuatan screen dan bahan berupa data-data history kegagalan pada sistem penyaluran batubara, besi batangan sebagai realisasi penerapan screen serta pengujianya.

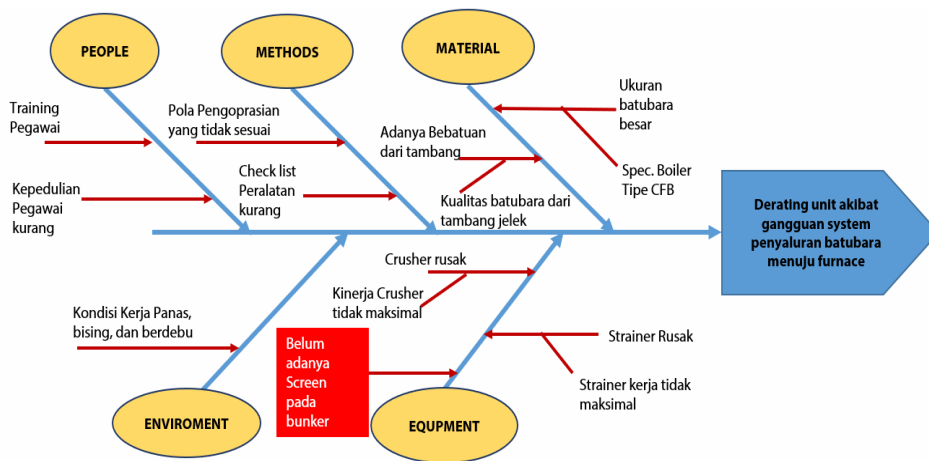


Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN ANALISA

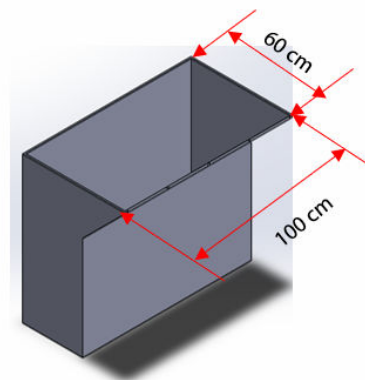
Pada pembahasan rancang bangun screen difokuskan pada Bagaimana melakukan Analisis permasalahan serta Analisis solusi, desain screen yang tepat untuk mengatasi permasalahan, Analisa perhitungan pembebanan screen menggunakan software SAP2000, mitigasi resiko sebelum dilakukan rancang bangun screen dan sesudah dilakukan rancang bangun screen, dan keuntungan finansial, dan keuntungan non financial setelah dilakukan implementasi rancang bangun screen pada hopper coal bunker.

Dalam data kajian *Reliability Engineering* mengenai Gangguan derating unit akibat penyumbatan batubara yang berukuran diatas 7 cm pada *coal feeder* digunakan metode *Root Cause Failure Analysis (RCFA)*. Metode ini sangat efektif dan sistematis dilakukan oleh pemilik proses dalam menganalisis sebuah kegagalan fungsi peralatan/proses. Metoda *RCFA* yang digunakan dalam mengidentifikasi akar permasalahan derating unit akibat penyumbatan batubara yang berukuran diatas 7 cm pada *coal feeder* adalah *Fish Bone Diagram*. Gambar 4.1 ini merupakan hasil *RCFA* timbulnya derating unit akibat penyumbatan batubara yang berukuran diatas 7 cm pada *coal feeder*.



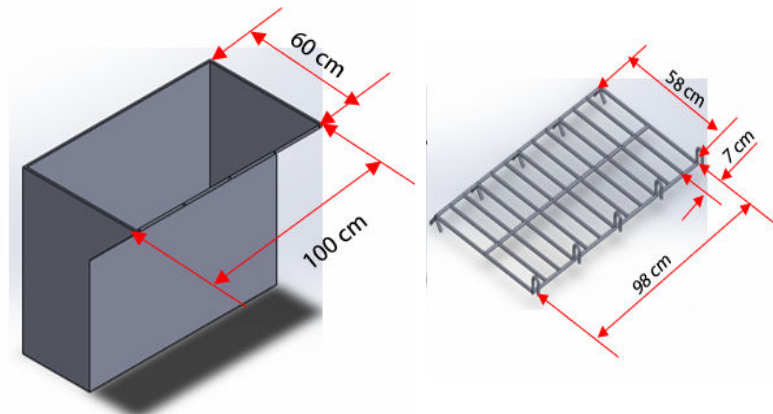
Gambar 2. RCFA Derating unit akibat gangguan sistem penyaluran batubara menuju furnace

Hasil dari kajian *Root Cause Failure Analysis (RCFA)* menunjukkan bahwa banyak berbagai factor yang menyebabkan terjadinya kegagalan penyaluran batubara dari coal dry menuju furnace dan menyebabkan derating unit PLTU barru. Desain awal hopper *coal bunker* sebelum dilakukan penambahan *screen* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



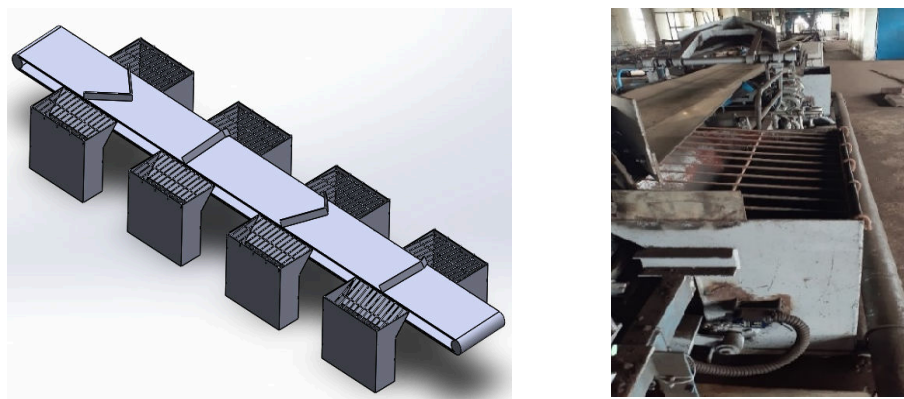
Gambar 2. Desain hopper coal bunker sebelum dilakukan modifikasi

Desain rancang bangun screen pada *hopper coal bunker* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Desain *Screen* *hopper coal bunker*.

Hasil model *hopper coal bunker* setelah dilakukan penambah *screen* dan hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil *hopper coal bunker* setelah dilakukan penambah *screen*

Adapun data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

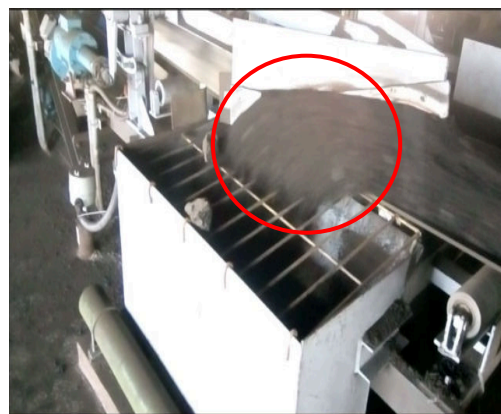
Berikut data hasil pengujian setelah dilakukan penerapan penambahan *screen* pada *hopper* PLTU baru.

Tabel 2. Data pengujian *screen* pada *hopper coal bunker*

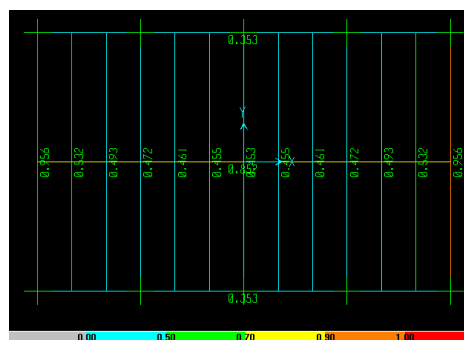
No	Pengujian Dengan Flow Batubara	Hasil Batubara Berukuran Diatas 7 Cm Yang Tersaring	Lamanya Waktu Pengisian Batubara Kebunker (Beban 45 MW)
1	Flow batubara 100 t/h	0 batubara	2 Jam 30 menit
2	Flow batubara 125 t/h	1 batubara berukuran 9 cm	2 jam 5 menit
3	Flow batubara 150 t/h	2 batubara berukuran 10 cm	1 jam40 menit



Gambar 5. Hasil pengujian screen hopper *coal bunker* dengan flow batubara 125 t/h.



Gambar 6. Hasil pengujian screen hopper *coal bunker* dengan flow batubara 150 t/h.



Gambar 7. Pembebananstruktur menggunakan *Software Structure Analysis Program* (SAP2000).

Hasil *screen* setelah dipasang pada hopper *coal bunker* maka dilakukan uji coba, dan pada gambar 5 yang diberi tanda lingkaran merah menunjukkan bahwa Ketika dilakukan uji coba pengisian batubara *kebunker*, dengan flow batubara 125 t/h terdapat batubara yang berukuran diatas 7 cm tersaring sebanyak 1 buah. Pada gambar 6 yang diberi tanda lingkaran merah menunjukkan bahwa Ketika dilakukan uji coba pengisian batubara *kebunker*, dengan flow batubara 150 t/h terdapat batubara yang berukuran diatas 7 cm tersaring sebanyak 2 buah. Pengujian ini menunjukkan bahwa penambahan

screen pada hopper coal bunker efektif serta menjadi alternatif solusi yang tepat untuk menghindari derating unit dan meningkatkan kehandalan sistem penyaluran batubara pada PLTU baru. Hasil Pembebanan Struktur Menggunakan *Software Structure Analysis Program* (SAP2000).

Pembebanan struktur pada SAP2000 meliputi perhitungan beban mati, beban hidup. Perhitungan pembebanan dijelaskan sebagai berikut ini:

a. Dead load (Referensi dari buku Agus Setiawan Metode LRFD, 2008)

Pada saat input pembebanan pada SAP 2000, *dead load* sendiri penampang screen dihitung otomatis oleh SAP 2000. Perhitungan *dead load* tambahan dijelaskan sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Dead load} &= \text{Panjang Screen} \times \text{BJ Besi } \varnothing 10 \text{ mm} \\ &= ((3 \times 0.95) + (0.6 \times 13)) \times 0.617 \\ &= 10,68 \times 0.617 \\ &= 6,58956 \text{ Kg} \end{aligned}$$

b. Life load 2000 (Referensi dari buku Agus Setiawan Metode LRFD, 2008)

Life load diambil dari kapasitas maksimal belt conveyor yang membawa batubara masuk kedalam hopper coal bunker saat pengisian yaitu sebesar 150 t/jam. Karena setiap hopper coal bunker terdapat hopper 2 buah, yaitu pada sisi kanan dan sisi kiri,

$$\begin{aligned} \text{maka } (150 \text{ t/h}) / (2) &= 75 \text{ ton/jam} \\ &= (75 \text{ ton/jam}) / (3600 \text{ detik}) \\ &= 20.83 \text{ kg/m}^2. \end{aligned}$$

Perhitungan Manfaat Financial Dari Penerapan Screen Pada hopper coal bunker Sistem Penyaluran Batubara.

- a. Dearating 1 unit sebesar 5 MW selama 4 jam untuk melakukan first line maintenance dicoal feeder akibat batubara yang berukuran besar menyumbat coal feeder, sehingga flow hilang. Maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= 5 \text{ MW} \times 1 \text{ unit} \times 4 \text{ jam} \\ &= 5000 \text{ kWh} \times 4 \text{ jam} = 20.000 \text{ kWh} \end{aligned}$$
- b. Asumsi harga penjualan energy per kWh = Rp 1.298,64,- diambil dari data Merit Order Sistem Sulbagsel juni tahun 2019
- c. Maka potensi kehilangan produksi akibat yang ditimbulkan derating yaitu :

$$\begin{aligned} &= \text{Total derating (kWh)} \times \text{harga merit order PLTU baru sistem sulbagsel} \\ &= 20.000 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1.298,64 \text{ ,-} \\ &= \text{Rp } 25.972.800,- \end{aligned}$$
- d. Biaya pembuatan screen pada hopper coal bunker Rp 1.200.000,-
- e. Jadi keuntungan financial dari penerapan screen yang dapat terhindar dari derating akibat penyaluran batubara menuju furnace sebesar :

$$\begin{aligned} &= \text{Potensi kehilangan produksi akibat derating (Rp)} - \text{Biaya pembuatan screen (Rp)}. \\ &= (\text{Rp } 25.972.800,-) - (\text{Rp } 1.200.000,-) \\ &= \text{Rp. } 24.772.800,- \end{aligned}$$

Perhitungan Manfaat Financial Dari Penerapan Screen Pada hopper coal bunker Sistem Penyaluran Batubara:

- a. Dearating 1 unit sebesar 5 MW selama 4 jam untuk melakukan first line maintenance dicoal feeder akibat batubara yang berukuran besar menyumbat coal feeder, sehingga flow hilang. Maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$= 5 \text{ MW} \times 1 \text{ unit} \times 4 \text{ jam}$$

- = 5000 kwh x 4 jam = 20.000 kWh
- b. Asumsi harga penjualan energy per kWh = Rp 1.298,64,- diambil dari data Merit Order Sistem Sulbagsel juni tahun 2019
 - c. Maka potensi kehilangan produksi akibat yang ditimbulkan derating yaitu :
 = Total derating (kWh) x harga merit order PLTU barru sistem sulbagsel
 = 20.000 kWh x Rp. 1.298,64 ,-
 = Rp 25.972.800,-
 - d. Biaya pembuatan screen pada hopper coal bunker Rp 1.200.000,-
 - e. Jadi keuntungan financial dari penerapan screen yang dapat terhindar dari derating akibat penyaluran batubara menuju furnace sebesar :
 = Potensi kehilangan produksi akibat derating (Rp) – Biaya pembuatan screen (Rp).
 = (Rp 25.972.800,-) – (Rp 1.200.000,-)
 = Rp. 24.772.800,-

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari rancang bangun dan penelitian yang telah dilakukan dengan judul “ rancang bangun screen pada sistem penyaluran batubara untuk menghindari derating pada PLTU Barru 2x50 MW” maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rancang bangun penambahan screen pada sistem penyaluran batubara dapat menghindari derating unit dan meningkatkan keandalan sistem penyaluran batubara pada PLTU Barru.
2. Perhitungan kekuatan pembebanan pada screen yang menggunakan *software structure analysis program (SAP2000)* mendapatkan nilai frame dibawah 1 dan warna frame/jari-jari screen tidak ada yang berwarna merah, sehingga screen dengan material besi polos BJ 41 berdiameter 10 mm dinyatakan aman/memenuhi syarat pembebanan.
3. Keuntungan financial dari penerapan screen yaitu sebesar = Rp. 24.772.800,-

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Electric Engineering Technical Service Subsidiary of Wuhan Qingyuan Electric Co., Ltd. Oct. 2012. Coal Handling Operation. PLTU SULAWESI SELATAN 2x50 MW COALFIRED STEAM POWER PLANT.
- [2] Electric Engineering Technical Service Subsidiary of Wuhan Qingyuan Electric Co., Ltd. Oct. 2012. Coal Hndling Maintenance. PLTU SULAWESI SELATAN 2x50 MW COALFIRED STEAM POWER PLANT.
- [3] Electric Engineering Technical Service Subsidiary of Wuhan Qingyuan Electric Co., Ltd. Oct. 2012. Boiler Operation Manual. PLTU SULAWESI SELATAN 2x50 MW COALFIRED STEAM POWER PLANT.
- [4] Nanda, 2013, “sistem coal handling sistem PLTU” <https://www.bronanda.com/2017/11/coal-handling-sistem-pltu-batubara.html>, diakses tanggal 22 Agustus 2019.
- [5] Rakhman, Alief, 2013, “fungsi dan prinsip kerja PLTU ” <https://rakhman.net/power-plants-id/prinsip-kerja-boiler/>, diakses tanggal 25 Agustus 2019.
- [6] Politeknik Negeri Ujung Pandang. (2016). *Pedoman Penulisan Proposal dan Skripsi Program Diploma Empat (D-4) Bidang Rekayasa dan Tata Niaga*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [7] Agus, Setiawan, 2012. Perencanaan structure baja dengan metode LRFD software SAP 2000 , Ciracas Jakarta 13740.