



ANALISIS DAMPAK PENERAPAN SISTEM PROTEKSI *PLUGGING* PADA *CHUTE CONVEYOR* BERBASIS PLC DI PLTU TENAYAN

Retno Tri Wahyuni*, Zulkifli

Teknik Elektronika, Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau, Indonesia

Abstrak: Sistem *coal handling* memegang peranan sebagai sistem yang mensuplai batu bara untuk PLTU Tenayan dengan SLA (*Service Level Agreement*) 40 jam waktu bongkar tiap *shipment*. Permasalahan yang sering terjadi pada saat pembongkaran batu bara adalah tumpahnya batu bara di jalur bongkar karena penumpukan dan batu bara dengan dimensi besar mengganggu performa peralatan lain. Untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi operasi dalam sistem *coal handling* akan dilengkapi dengan sistem proteksi *plugging*, yang akan dipasang di *chute conveyor*. Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip kemampatan dimensi, dengan menggunakan *feedback* dari *sensor limit switch* yang mengirimkan sinyal ke PLC sebagai *controller* yang kemudian akan menonaktifkan motor *conveyor*. Sebelum proteksi ini digunakan waktu bongkar defisit -21% dari target maksimal 40 jam, dan setelah proteksi ini digunakan rata-rata waktu bongkar 4 bulan terakhir adalah 95%, surplus 5% dari waktu 40 jam. Dari data pemeliharaan terukur sebelum proteksi *plugging* digunakan persentase pemeliharaan CM = 56% dan setelah proteksi *plugging* digunakan persentase pemeliharaan CM = 44%, terukur penurunan pemeliharaan CM adalah 12%.

Kata kunci: *Coal handling*, *Plugging*, pemeliharaan, operasi

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batu bara adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utamanya. PLTU Tenayan adalah salah satu pembangkit yang menggunakan bahan bakar batu bara dengan kapasitas pembangkitan 2 x 110 MW. Untuk mencukupi kapasitas pembangkitan yang cukup besar tersebut dibutuhkan batu bara dalam jumlah yang sangat banyak. Oleh karenanya diperlukan suatu penanganan khusus terhadap bahan bakar batu bara tersebut yang dinamakan *coal handling system*. *Coal handling system*

berfungsi menangani pekerjaan mulai dari pembongkaran batu bara dari kapal/tongkang (*unloading area*), penimbunan/penyimpanan di *stock area* ataupun pengisian ke *bunker* yang digunakan untuk pembakaran di *boiler*. Performa dari *Coal handling system* pada industri yang menggunakan batu bara sangatlah berpengaruh pada proses produksi, oleh karena itu keberadaannya perlu dijaga agar tetap dalam kondisi baik yaitu tanpa kerusakan, kecelakaan dan pemborosan. Penelitian mengenai performa *coal handling system* antara lain mengenai analisis praktis terhadap kondisi operasional pada *coal handling system* dengan dua kondisi yaitu yang pertama analisis terhadap kerugian produksi akibat kondisi dengan kerusakan peralatan, malfungsi dan program operasi yang tidak baik, sedangkan kondisi kedua

^{*)} retnotri@pcr.ac.id

Diterima: 29 Oktober 2021

Direvisi: 13 April 2022

Disetujui: 6 Juni 2022

DOI: 10.23969/infomatek.v24i1.4632

dilakukan penerapan metode yang baik pada *coal handling system* (Ohja, 2015).

Salah satu komponen yang terdapat pada *coal handling system* adalah alat transportasi, antara lain dapat berupa *belt feeder*, *scraper conveyor*, dan *conveyor system*. Pada PLTU Tenayan, alat transportasi yang digunakan berupa *conveyor system*. Beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan *conveyor system* diantaranya adalah: menurunkan biaya dan waktu pada saat memindahkan batu bara, meningkatkan efisiensi pemindahan material, menghemat ruang dan meningkatkan kondisi lingkungan kerja (bersahabat dengan lingkungan).

Berikut ini adalah beberapa peralatan penting yang mendukung langsung transportasi batu bara menggunakan *conveyor system*.

1.1 Belt Conveyor

Belt conveyor di dalam *coal handling system* merupakan peralatan yang sangat penting dan berfungsi untuk mengirimkan batu bara dari *unloading area (intake hopper)* sampai *coal bunker (power plant)*. Merupakan ban berjalan yang berfungsi untuk membawa material dan meneruskan gaya. Kontruksi dari *belt* ini berupa karet memanjang yang tidak terputus dengan lebar 1400 mm sampai 1.800 mm digulungkan diantara 2 buah *pulley* yang terletak pada ujung *belt conveyor* (Ikhfan, 2014).

1.2 Chute

Merupakan corong yang terletak diujung depan dan belakang *belt conveyor* untuk memuat dan mencurahkan material batu bara ke proses pengiriman batu bara berikutnya (Dewi, 2019).

1.3 Coal Crusher

Peralatan bantu yang berfungsi sebagai penghancur batu bara sehingga menjadi butir-butiran kecil sebelum dikirim menuju *coal*

bunker. Prinsip kerja *crusher* yang digunakan di PLTU Tenayan adalah tipe *hammer impact* yang menggunakan gaya pukul dengan kecepatan tinggi secara berulang, menggunakan *impeler* untuk melemparkan material dengan kecepatan yang tinggi ke arah *plate impact* sebagai landasan material. *Impeler* berputar dan dilengkapi dengan *hammer* yang berfungsi sebagai pemukul sekaligus pelempar material. Untuk material yang masuk maksimum dibatasi 50-60% dari ukuran *inlet crusher*. Hal-hal yang mempengaruhi performa *crusher* adalah perbandingan ukuran batu bara yang masuk terhadap batu bara yang keluar, kandungan material basah dan mengandung air yang terserap pada material (Ikhfan, 2014).

Salah satu permasalahan yang sering terjadi saat beroperasinya proses pengisian batu bara pada *conveyor system* adalah penyumbatan (*plugging*). Ada beberapa faktor pemicu terjadinya kondisi tersebut, antara lain adalah :

1. Kondisi batu bara basah

Batu bara basah lebih rentan menyebabkan *plugging* pada corong (*chute*). Batu bara basah bisa diakibatkan oleh hujan atau penyemprotan air ke batu bara pada saat pengerukan di tongkang. Apabila dalam kondisi basah, batu bara yang berukuran kecil akan mudah menempel pada dinding *chute* dan mengakibatkan *plugging*.

2. Ukuran batu bara yang besar

Ketika proses pemindahan batu bara dari tongkang ke *coal bunker* didapati ukuran batu bara yang beragam mulai dari potongan besar hingga halus seperti pasir, jika terjadi terus menerus maka akan terakumulasi hingga penuh dan memadati *chute conveyor*. Jika batu bara dengan dimensi besar ini lolos dari *chute* maka akan memperberat kinerja dari *coal crusher*.

Dari permasalahan penyumbatan (*plugging*) ini maka akan menimbulkan kondisi tidak aman bagi *belt conveyor*. Akibat yang ditimbulkan dari kondisi tersebut adalah :

1. *Steaming dan self combustion*

Steaming adalah proses penguapan air sebelum batu bara terbakar. Hal ini ditandai dengan terbentuknya asap putih dari tumpukan batu bara, namun belum pekat dan intensitasnya masih sedikit serta suhunya belum terlalu tinggi sekitar 60°C. Sedangkan pada *self combustion* akan tercium bau belerang yang menyengat yang berasal dari kandungan sulfur yang ada pada batu bara. Jika ini dibiarkan atau tidak diketahui maka bisa terjadi nyala api yang memicu kebakaran dan merusak peralatan.

2. *Batu bara tumpah keluar*

Jika terjadi *plugging* pada *chute* yang tidak terproteksi ke sistem maka *belt conveyor* akan terus *running* dan menyebabkan bertumpuknya batu bara secara terus menerus yang akan mengakibatkan batu bara tumpah di ujung lorong *chute*.

Permasalahan *plugging* pada *coal handling system* merupakan permasalahan riil yang ada di industri dan dapat terjadi pada bagian *ship unloader* sampai *coal feeder*. Kebanyakan solusi dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada *coal feeder* salah satunya dibahas dalam makalah yang berjudul Penambahan *Seal Air* pada Sensor *Chuteplug* dan *Discharge Coal Feeder*. Pada penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa dengan menambahkan *seal air* maka dapat mengurangi frekuensi *failure* pada *coal feeder* sehingga meningkatkan keandalan dari pada *coal feeder* (Pratiwi et.al, 2019).

Penyelesaian permasalahan *plugging* pada *coal handling system* sebenarnya dapat dilakukan berlapis dan dapat dimulai dari

bagian awal sistem yaitu pada *chute conveyor*. Namun penyelesaian *plugging* pada *chute conveyor* masih jarang dilakukan padahal dapat memberikan dampak yang signifikan dalam mencegah terjadinya *plugging* pada *coal handling system*. Pada makalah ini dibahas mengenai penerapan dan analisis sistem proteksi *plugging* pada *chute conveyor* dengan studi kasus pada *coal handling system* PLTU Tenayan. Sistem proteksi yang dibangun menggunakan prinsip kemampatan dimensi, dengan menggunakan *feedback* dari *sensor limit switch* yang mengirimkan sinyal ke PLC sebagai *controller* yang kemudian akan menonaktifkan motor *conveyor*.

II. METODOLOGI

Secara garis besar, *coal handling area* di PLTU Tenayan dapat dikelompokkan menjadi beberapa area, yaitu :

2.1 *Unloading Area*

a. *Pelabuhan/ Dermaga*

Merupakan pelabuhan yang digunakan yang tidak mempunyai alat bongkar sendiri. Dilengkapi dengan 2 unit *ship unloader* yang berkapasitas masing-masing 650 ton/jam.

b. *Semi Permanent Jetty (SPJ)*

Tempat pembongkaran batu bara dari tongkang dalam kondisi darurat (*emergency*). Pembongkaran dilakukan secara *manual* dengan menggunakan *excavator* dan *dump truck* untuk selanjutnya dibawa ke *stock area*.

2.2 *Coal Stock Area*

Merupakan tempat penimbunan batu bara sementara yang dikirim dari *unloading area* sebelum dilanjutkan ke power plant. *Coal stock area* ini dilengkapi *Stacker Reclaimer*, dan *Under Ground Hopper*.

2.3 *Coal Bunker*

Merupakan tempat penyimpanan akhir batu bara yang ditampung dalam *bunker (silo)*. *Coal Bunker* PLTU Tenayan dibagi 2 area

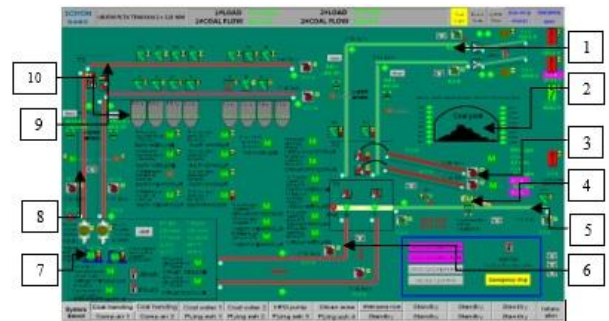
yaitu : terdiri dari 4 buah *bunker (silo)* dan 2 buah *scrapper conveyor* pada masing-masing unit sebagai media untuk memasukkan batu bara ke dalam *bunker* melalui *silo gate* yang bisa dibuka/tutup dengan kendali jarak jauh (*remote*) dari *control room* dan juga secara manual di lapangan.

Sistem pembongkaran batu bara dari tongkang kapal menggunakan 2 *ship unloader (SU)* dengan metode pengerukan menggunakan *scrapper* kemudian dialirkan menggunakan *belt conveyor*. Ada 2 mode operasi pengisian batu bara yang dilakukan oleh unit produksi PLTU Tenayan, yaitu proses *loading* dan proses *unloading*, berikut ini penjelasan dari 2 metode tersebut.

1. *Loading* yaitu proses pengisian batu bara yang dimulai dari pembongkaran batu bara di dermaga hingga ke *coal bunker* untuk digunakan langsung sebagai bahan bakar *boiler*. Prosesnya dimulai dari *ship unloader* dialirkan melalui *belt conveyor C01A* atau *C01B* lalu ke *C02A* atau *C02B* lalu ke *C03A* atau *C03B* kemudian melalui *C04A* atau *C04B* yang akhirnya diisi ke 4 *Coal Bunker* masing-masing unit.

2. *Unloading* proses pengisian batu bara yang dimulai dari pembongkaran batu bara di dermaga hingga ke *coal stock/coal yard*. Prosesnya dimulai dari *ship unloader* dialirkan melalui *belt conveyor C01A* atau *C01B* lalu ke *C02A* atau *C02B* yang kemudian dialirkan melalui *C05* ke *coal yard* sebagai area penyimpanan sementara batu bara sebagai stok bahan bakar untuk unit PLTU.

Penggunaan *coal yard* dalam sistem *coal handling* dari sisi produksi adalah untuk menjaga stok kebutuhan batu bara unit PLTU tetap terjaga.



Gambar 1. Tampilan HMI *Coal Handling*

Keterangan :

1. *Conveyor 01 A/B*
2. *Coal yard*
3. *Underground Conveyor 06 A/B*
4. *STACKER RECLAIMER*
5. *Conveyor C05 forward/ reverse*
6. *Conveyor 02 A/B*
7. *Motor Crusher*
8. *Conveyor 03 A/B*
9. *Conveyor 04 A/B*
10. *Coal Bunker*

Proses pengiriman batu bara dari *coal yard* ke *coal bunker* ini menggunakan peralatan yang dinamakan *stacker and reclaimers*. Berikut penjelasannya.

1. *Stacker Reclaimer (SR)* adalah alat yang digunakan untuk mencurahkan batu bara yang di bongkar oleh *ship unloader* yang melalui *belt conveyor C05* posisi *forward* menuju ke *Coal Yard* disebut *stacking*, sedangkan mengambil batu bara dari *coal yard* yang melalui *belt conveyor C05* posisi *reverse* menuju ke *coal bunker* disebut *reclaiming*.

2. *Stacking* ini sama dengan proses *unloading* tadi, yang mana *C02 A* atau *C02 B* mengalirkan batu bara melalui *belt conveyor C05* untuk mengisi *coal stock/ coal yard*.

3. *Reclaiming* proses pengisian batu bara ke *coal bunker* dengan mengambil batu bara dari *coal stock/ coal yard*. Prosesnya

menggunakan pengerukan *bucket reclaimer* dialirkan ke *belt conveyor C05* lalu ke *C03A* atau *C03B* kemudian melalui *C04A* atau *C04B* yang akhirnya diisi ke 4 *coal bunker* masing-masing unit.

4. *Under ground conveyor C06A* dan *C06B* yaitu sistem *conveyor* yang berada di bawah permukaan tanah area *coal stock* guna menunjang proses pengisian batu bara ke *coal bunker*. Khusus *under ground conveyor*, peralatan ini didesain hanya sebagai peralatan darurat saja (*emergency*). *Under ground conveyor* dioperasikan jika sistem *reclaimer* mengalami masalah atau status pemeliharaan.

Berikut ini adalah beberapa peralatan penting yang mendukung langsung transportasi batu bara ke unit.

2.4 *Belt Conveyor*

Belt conveyor di dalam *coal handling system* merupakan peralatan yang sangat penting dan berfungsi untuk mengirimkan batu bara dari *unloading area (intake hopper)* sampai *coal bunker (power plant)*. Merupakan ban berjalan yang berfungsi untuk membawa material dan meneruskan gaya. Kontruksi dari *belt* ini berupa karet memanjang yang tidak terputus dengan lebar 1400 mm sampai 1.800 mm digulungkan diantara 2 buah *pulley* yang terletak pada ujung *belt conveyor*.

2.5 *Chute*

Merupakan corong yang terletak diujung depan dan belakang *conveyor belt* untuk memuat dan mencurahkan material batu bara ke proses pengiriman batu bara berikutnya.

2.6 *Coal Crusher*

Peralatan bantu yang berfungsi sebagai penghancur batu bara sehingga menjadi butir-butiran kecil sebelum dikirim menuju *coal bunker*. Prinsip kerja *crusher* yang digunakan di PLTU Tenayan adalah tipe *hammer impact* yang menggunakan gaya pukul dengan

kecepatan tinggi secara berulang, menggunakan *impeler* untuk melemparkan material dengan kecepatan yang tinggi ke arah *plate impact* sebagai landasan material. *Impeler* berputar dan dilengkapi dengan *hammer* yang berfungsi sebagai pemukul sekaligus pelempar material. Untuk material yang masuk maksimum dibatasi 50-60% dari ukuran *inlet crusher*. Hal-hal yang mempengaruhi performa *crusher* adalah perbandingan ukuran batu bara yang masuk terhadap batu bara yang keluar, kandungan material basah dan mengandung air yang terserap pada material.

Rancangan peralatan pada sistem proteksi *plugging* pada *chute conveyor* dibagi menjadi 2 bagian, yaitu perangkat keras yang terpasang di *chute conveyor* dan perangkat lunak untuk *controller/* pengendali berbasis PLC. Adapun cara kerja untuk perangkat keras dapat diuraikan sebagai berikut :

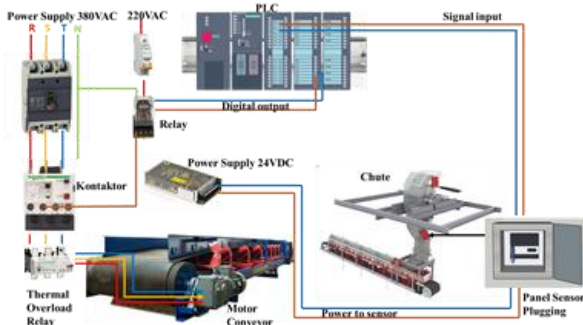
1. Rancangan peralatan terdiri dari *panel mounting*, terminal kabel, *junction box*, *sensor limit switch*, dan sumber daya 24 VDC.
2. Komponen peralatan proteksi *plugging* dihubungkan ke *junction box* yang di dalamnya sudah terkoneksi *power 24 VDC* sebagai *input power* untuk *sensor* dan kabel sinyal yang akan menjadi *input* untuk PLC.
3. Konstruksi fisik peralatan terdiri dari panel *stainless steel SUS 304* tahan cuaca untuk melindungi *sensor limit switch* dan koneksi kabel di terminal dari debu batu bara dan tumpahan batu bara dari atas *conveyor*.
4. Konstruksi peralatan dipasang tidak jauh dari *diverter gate/* pengarah aliran batu bara dan *manhole*, untuk memudahkan operator mengevakuasi batu bara yang menumpuk di *chute*.

5. Ketika *conveyor* mulai dijalankan maka proteksi *plugging* sudah masuk ke dalam bagian rangkaian *interlock permissive start conveyor* (Sukardi, 2010).

6. Jika terjadi penumpukan batu bara dan menyumbat aliran batu bara maka *membrane* akan melendut dan *limit switch* akan merespon dan *switch* akan kontak *sensor* dan mengirimkan sinyal *digital input* ke *PLC*. *PLC* sebagai *controller* akan mengeluarkan sinyal *digital output* lalu dihubungkan ke *relay*, kontaktor sebagai bagian alur kontrol listrik yang kemudian memutuskan sinyal operasi ke motor *conveyor*, kemudian *relay* memberi sinyal masukan (*input*) pada jalur kontrol kelistrikan untuk dapat menghentikan motor yang berfungsi untuk menonaktifkan *belt conveyor* dan akan berhenti dan lampu indikasi *alarm* di kabin operasi menyala.

7. Tahapan selanjutnya adalah melakukan evakuasi batu bara yang menyumbat di dalam *chute*, lalu operator dapat melakukan *release alarm* dengan menekan *push button ack alarm*, setelah alarm hilang, maka motor dapat dioperasikan kembali.

Gambar 2 menunjukkan diagram pengkabelan di bawah ini menjelaskan tentang bagaimana proteksi ini bekerja pada sistem pembongkaran batu bara.



Gambar 2. Diagram Pengkabelan Sistem

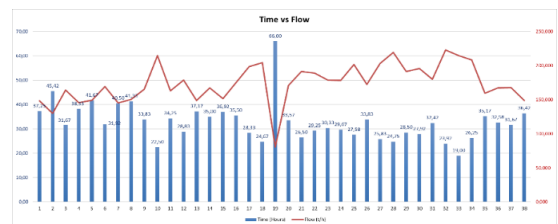
2.7 Metode Pengujian

Untuk menentukan keberhasilan rancangan dari sistem dan peralatan proteksi *plugging* ini diperlukan sederet rangkaian pengujian di lapangan. Tahap pengujian ini terdiri dari evaluasi kinerja peralatan secara keseluruhan dan perbandingan dengan cara pengisian batu bara yang selama ini dilakukan tanpa proteksi *plugging*. Adapun tahap pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan peralatan proteksi *plugging* pada *chute-chute conveyor* PLTU Tenayan.
2. Menganalisa respon *sensor limit switch* saat kondisi operasi pengisian batu bara yang melalui *chute ship unloader area* mengalami penumpukan.
3. Membandingkan efektivitas pengisian batu bara dengan proteksi *plugging* dengan pengisian batu bara tanpa proteksi *plugging*, baik dari sisi efektivitas pemantauan operasi dan keselamatan peralatan dan pekerja sesuai kaedah K3.

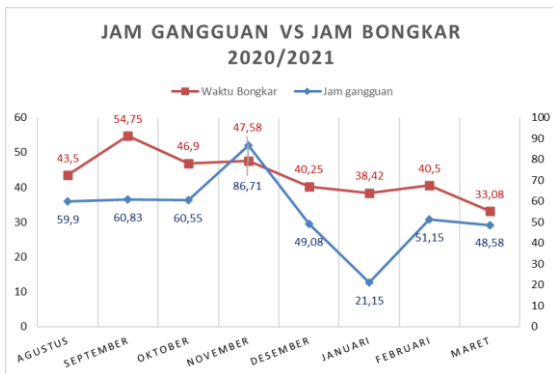
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data pengiriman dengan metoda *direct loading* dari pembongkaran *ship unloader* terukur nilai tertinggi waktu 66 jam dengan *flow* 80,469 t/h. rata-rata waktu pengiriman adalah 32,79 jam dan *flow* 173,92 t/h.



Gambar 3. Grafik Pengujian Proteksi

Pengujian perbandingan waktu gangguan tiap bulan dari pencatatan 8 bulan terakhir rata-rata gangguan yang terjadi seperti tumpahan batu bara, gangguan dari sisi *motor crusher*, *vibrating screen*, *conveyor* dan lain-lain. Faktor tumpahan batu bara pada jalur pengisian yang cukup banyak menghabiskan waktu tunda untuk *loading* dan *unloading*. Karena setiap terjadi tumpahan batu bara di jalur pengisian prosedurnya mewajibkan untuk dibersihkan terlebih dahulu agar tidak terjadi *self combustion* pada jalur batu bara.



Gambar 4. Grafik Jam Gangguan

Analisis dampak dari sisi operasi ini adalah berdasarkan target waktu yaitu 40 jam lamanya waktu bongkar mengacu pada SLA (*Service Level Agreement*). Pada rancang bangun dalam penelitian ini terdapat sistem proteksi yang akan berjalan ketika kondisi *chute* mengalami penumpukan batu bara, jika terjadi kondisi *plugging*/ penumpukan batu bara maka *conveyor* akan berhenti beroperasi sehingga dapat mencegah tumpahnya batu bara, melindungi *belt conveyor* dari *self combustion*/ terbakarnya batu bara akibat penumpukan yang berlangsung terus menerus. Dengan tercapainya tujuan dari penggunaan proteksi ini adalah guna menciptakan keandalan bagi peralatan dan efektivitas waktu pembongkaran batu bara dari tongkang ke *coal yard* dan *bunker*.

Tabel 1. Data Operasi *Coal Handling*

Tahun	Bulan	Waktu Bongkar (Rata-rata = / jam)	Waktu Bongkar vs Target	Error
2020	Aug	43,50	109%	-21%
	Sep	54,75	137%	
	Oct	46,90	117%	
	Nov	47,58	119%	
	Dec	40,25	101%	
2021	Jan	38,42	96%	
	Feb	40,5	101%	
	Mar	33,08	83%	

Data di atas adalah data pembongkaran batu bara rata-rata tiap bulan, yang diambil dalam rentang waktu 8 bulan terakhir, 4 bulan pertama sebagai data sebelum alat dipasang dan 4 bulan terakhir adalah data setelah alat dipasang.

Dampak proteksi *plugging* terhadap peralatan lain juga signifikan seperti data *history maintenance* atau laporan pemeliharaan dari peralatan *coal handling area*. Dari pengujian di atas proteksi *plugging* dapat dikategorikan sebagai salah satu proteksi dini terhadap kelebihan dimensi material batu bara di jalur pengisian batu bara agar tidak terjadi kelebihan daya kerja pada peralatan lainnya seperti pada *motor crusher*. Berikut ini adalah data perbaikan *coal handling equipment* selama proteksi *plugging* belum terpasang di *coal handling system*.

Tabel 2. Laporan Pemeliharaan

Count of WONUM	Column Labels
Row Labels	CM
2020	549
Aug	157
Sep	99
Oct	111
Nov	99
Dec	83
2021	246
Jan	88
Feb	77
Mar	81
Grand Total	795

Data diambil dari *history* pemeliharaan 8 bulan terakhir yaitu dari Agustus 2020 hingga Maret 2021, 4 bulan sebelumnya sebagai data sebelum proteksi *plugging* digunakan. Persentase pemeliharaan CM = 56% dari total *work order* yang terbit dan 4 bulan setelahnya sebagai data setelah proteksi *plugging* digunakan, dengan persentase pemeliharaan CM = 44% dari total *work order* yang terbit. Dari data pemeliharaan tersebut terukur penurunan pemeliharaan CM adalah 12%.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem proteksi pada *chute conveyor* ini bekerja menggunakan prinsip mampat, yaitu proteksi terhadap penyumbatan batu bara yang terjadi di *chute conveyor* dengan menggunakan sensor *limit switch* dan *membrane* sebagai sensing awal. Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dampak dimensi besar dan basah terhadap sistem operasi dan pemeliharaan di area *coal handling*.
2. Sistem memiliki akurasi yang baik terhadap berbagai kondisi pengiriman batu bara dari tongkang basah maupun kering. Dan proses pemantauannya juga memudahkan operator dikarenakan alat ini juga didukung oleh *controller PLC* yang ditampilkan pada *HMI* di kabin kendali *ship unloader*.
3. Dampak pemasangan alat ini dari sisi operasi penanganan batu bara berdasarkan *SLA* 40 jam bongkar batu

bara. Tercatat terjadi peningkatan waktu bongkar 26% dari total keseluruhan selama 8 bulan terakhir.

4. Manfaat penambahan proteksi *plugging* dari sisi pemeliharaan, untuk meminimalisir kerusakan dari peralatan lain di sistem *coal handling*. Terukur mengalami penurunan pekerjaan pemeliharaan tipe *corrective maintenance* (CM) sebesar 12% dari total *work order* yang terbit selama 8 bulan terakhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, T., Oktarina, Y, Mulyati, and Erlisa, E. (2019). Sistem Overflow Sebagai Pengaman Pada Belt Conveyor di BWE 204 Tambang Air Jaya (TAL) PT. Bukit Asam, Tbk. *Annual Research Seminar*, 5(1), 17-23.
- Ikhfan, M. (2014). Dasar Pengoperasian PLTU. *B.1.1.1.077.3.M.EL*, vol. 1, p. 22, 2014
- Ojha, S. (2015). *Coal Handling System-Its Performance Monitoring & Suggestive Measures For Improvements*. E-thesis India: National Institute Of Technology Rourkela.
- Pratiwi, I.I., Sulistiyanto, Bachrudin, M. (2019). Penambahan Seal Air Pada Sensor Chuteplug dan Discharge Coal Feeder. *JEECOM*, 1(1), 33-38
- Sukardi. (2010). *INTERLOCK & PROTEKSI*, Surabaya: PJB Academy.