

ANALISA PENGARUH PEMASANGAN FLOW ADJUSTER UNTUK MENGURANGI COAL SPILAGE UNTUK MENGHINDARI KEBAKARAN PADA COAL HANDLING SYSTEM DI PLTU TANJUNG JATI B

Andika Syahrul Pradana

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: andikasyahrul.21010@mhs.unesa.ac.id

Rachmad Syarifudin Hidayatullah

S-1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: rachmadhidayatullah@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji mengenai Tumpahan Batubara atau *Coal Spilage* pada sistem penanganan batubara di PLTU Tanjung Jati B menjadi masalah serius yang dapat mengganggu Operasional dan meningkatkan resiko kebakaran. Penelitian ini Bertujuan Menganalisis pengaruh pemasangan *flow adjuster* pada belt conveyor 105A dan 105B dalam mengurangi volume *coal spilage* dan mencegah kebakaran. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan eksperimen, dimana pengukuran dilakukan sebelum dan setelah pemasangan *flow adjuster* dengan metode *volumetrik* dan *gravimetrik* untuk mengukur volume *coal spilage*. Hasil penelitian menunjukan bahwa pemasangan *flow adjuster* dapat mengatur aliran batubara secara lebih efisien, mengurangi *coal spilage* hingga 40% dan menurunkan resiko kebakaran akibat penumpukan batubara yang berpotensi titik panas. Oleh karena itu penggunaan *flow adjuster* terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi sistem pengangkutan batubara serta keselamatan operasional di PLTU Tanjung Jati B

Kata Kunci: Flow Adjuster, Coal Spillage, Conveyor, Kebakaran, PLTU.

Abstract

Coal spillage in the coal handling system at the Tanjung Jati B PLTU is a serious problem that can disrupt operations and increase the risk of fire. This study aims to analyze the effect of installing flow adjusters on belt conveyors 105A and 105B in reducing coal spillage volume and preventing fires. The study used a quantitative, experimental approach, where measurements were taken before and after the flow adjuster installation using volumetric and gravimetric methods to measure coal spillage volume. The results show that installing flow adjusters can regulate coal flow more efficiently, reducing coal spillage by up to 40% and reducing the risk of fires due to coal accumulation that can potentially create hot spots. Therefore, the use of flow adjusters has proven effective in improving the efficiency of the coal transportation system and operational safety at the Tanjung Jati B PLTU.

Keywords: Flow Adjuster, Coal Spillage, Conveyor, Fire, Coal Power Plant

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan alam yang melimpah, baik sumber daya alam yang dapat diperbarui maupun tidak dapat diperbarui. Sumber daya tidak dapat diperbarui yang dimiliki oleh Indonesia dan telah lama dimanfaatkan pada sektor industri pembangkit listrik adalah batu bara. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (2021) mengungkapkan, Indonesia mampu memproduksi 613 juta ton batu bara dan memanfaatkan sebagian dari batu bara untuk digunakan sebagai bahan bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menghasilkan energi listrik sebesar 289.471 GWh dengan sub-total sebesar 106.497 GWh di produksi oleh PLN dan sisanya dibeli dari Independent Power Producer (IPP) dan Private Power Utility (PPU) yang kemudian disalurkan untuk kebutuhan listrik di seluruh Indonesia.

Pembangkit listrik berbahan bakar batu bara masih

dominan dibandingkan pembangkit listrik yang menggunakan sumber daya seperti air, panas bumi, solar, diesel, dan gas. Menurut Syahputra et al. (2018). Hal ini terjadi dikarenakan PLTU berbahan bakar batu bara mempunyai Biaya Pokok Produksi (BPP) yang rendah sekitar Rp 500 – Rp 600 per kWh, jika dibandingkan pembangkit dengan bahan bakar lain seperti gas sekitar Rp 900 per kWh dan BBM sekitar Rp 1.800 per kWh. Biaya produksi yang rendah tersebut dikarenakan batu bara memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dibanding bahan bakar fosil lainnya.

PLTU batu bara mempunyai beberapa sistem yang menunjang keberlangsungan operasi dari pembangkit tersebut. Sistem tersebut perlu dipelihara dan diproteksi, salah satunya adalah sistem penanganan batu bara (coal handling system). Sistem ini berfungsi sebagai penyedia atau service dalam hal pengangkutan dan pengaturan batu bara dari ship unloader atau unloader jetty ke tempat penampungan batu bara (coal stockpile) hingga ke sistem

penampungan pada silo sebelum terjadi proses pembakaran pada boiler (Wahyuni & Zulkifli, 2022).

Dalam proses pembangkitan listrik berbahan bakar batu bara, belt conveyor penting untuk menjaga agar sistem transportasi batu bara untuk dapat beroperasi secara normal dalam kondisi apapun dimana belt conveyor adalah alat transportasi kontinyu yang umum digunakan, yang memiliki efisiensi tinggi dan kapasitas pengangkutan yang besar serta memiliki konstruksi yang lebih sederhana dan perawatan yang lebih sedikit, jika terganggu maka kinerja pembangkit listrik akan menurun akibat berkurangnya produksi energi listrik yang terjadi. Bukan hanya sistem transportasi yang penting untuk dipertahankan, tetapi juga penurunan kualitas batu bara akibat musim hujan.

Fokus penelitian ini adalah pengkondisian sistem penanganan batubara sebelum, sesudah dan menganalisis pemasangan flow adjuster pada belt conveyor 105A dan 105B dengan tujuan untuk mengurangi coal spillage dengan mengontrol aliran batu bara secara lebih efisien,. Saat ini, PLTU Tanjung Jati B mengoperasikan sejumlah belt conveyor dalam mengangkut batu bara berkapasitas besar dari ship unloader menuju tempat penampungan batu bara (coal stockpile) maupun langsung menuju silo. Berbeda dengan belt conveyor yang lain, pada belt conveyor 105A dan 105B tidak dilengkapi dengan cover atau penutup sehingga batu bara dalam keadaan terbuka pada lingkungan dan tidak terlindung dari kondisi cuaca.

Ketika PLTU Tanjung Jati B beroperasi, membuat sistem penanganan batu bara terhambat dalam mengangkut batu bara karena terbentuknya tumpukan batu bara pada belt conveyor 105A dan 105B yang menyebabkan turunnya kinerja belt conveyor 105A dan 105B dan kondisi batu bara yang menumpuk dan tumpah juga menghambat proses pengangkutan karena cenderung mencemari alat pengangkutan akibat terbentuknya debu. Apabila gangguan pada sistem penanganan batu bara dan kondisi batu bara tumpah tidak diatasi dengan cepat dan tepat, maka akan menyebabkan tergantungnya pasokan batu bara di PLTU Tanjung Jati B yang dapat memicu kebakaran, tracking, trip antara roler dengan belt conveyor dapat penurunan daya listrik dan kerugian finansial.

Permasalahan operasional belt conveyor. yang terjadi tumpahan batu bara dapat mengakibatkan kebakaran pada pembangkit listrik merupakan permasalahan riil yang ada di industri dan akan selalu berulang jika tidak ada solusi untuk masalah tersebut. Pada penelitian ini dibahas mengenai efektivitas dan analisis Flow Adjuster terhadap belt conveyor 105A dan 105B dalam studi kasus pada sistem penanganan batu bara di PLTU Tanjung Jati B.

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dilakukan oleh Zuniawan & Sriwana, 2019 Penerapan

teknologi flow adjuster dengan pendekatan SSM (perangkat lunak) dapat membantu menjaga agar aliran batubara tetap stabil, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya spillage yang berpotensi memicu kebakaran, penelitian kedua oleh Sutrisno et al., 2020 yakni melalui pemasangan flow adjuster berpotensi untuk meningkatkan efisiensi aliran batubara dalam sistem coal handling. Dengan memodifikasi aliran, aliran batubara dapat dioptimalkan untuk mengurangi tumpahan dan meminimalisir kebakaran, ketiga penelitian oleh Muthiawaty et al., 2023 Pemasangan flow adjuster berdampak pada kesehatan lingkup PLTU. Oleh karena itu, pengaturan aliran yang baik melalui pemasangan flow adjuster diharapkan dapat mengurangi partikel butiran debu batubara yang tumpah.

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen, yang merupakan jenis metode yang digunakan untuk mencari pengaruh dari perlakuan tertentu. Penelitian ini dirancang untuk mengukur keterkaitan antara variabel bebas dan variabel keterikatan mengetahui yaitu pengaruh pemasangan flow adjuster terhadap coal spillage. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengatur variabel bebas secara sistematis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel terikat.

Tempat Penelitian dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di PLTU Tanjung Jati B, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Fokus utama penelitian adalah pada sistem coal handling yang mencakup area pembongkaran, konveyor, transfer chute, dan bunker batu bara.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini akan berlangsung selama enam bulan, terhitung mulai bulan Juli hingga Desember 2025.

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (Independen):

Putaran Flow Adjuster: Perangkat yang dipasang pada titik-titik kritis dalam sistem conveyor untuk mengatur dan menyesuaikan aliran batubara, sehingga mencegah tumpahan (spillage) yang dapat menyebabkan kebakaran.

2. Variabel Terikat (Dependen):

Pengurangan Coal Spillage: Volume batubara yang tumpah selama proses transfer dari conveyor ke stacker reclaimer atau dari stacker reclaimer ke bunker.

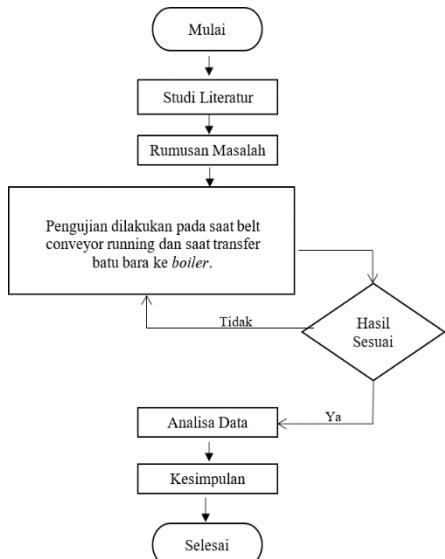
3. Variabel Moderator (Opsional):

Kelembaban Batubara: Tingkat kelembaban batubara yang dapat mempengaruhi potensi

kebakaran. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMK Negeri 7 Surabaya pada kompetensi Teknik Kendaraan Ringan dan sampel penelitian dalam penelitian ini adalah 36 siswa kelas X TKRO 1 Jurusan Teknik Kendaraan Ringan Otomotif di SMK Negeri 7 Surabaya tahun ajaran 2025/2026 yang telah menjalani elemen pemeliharaan komponen otomotif. Teknik pengambilan sampel menggunakan *Purposive Sampling*.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

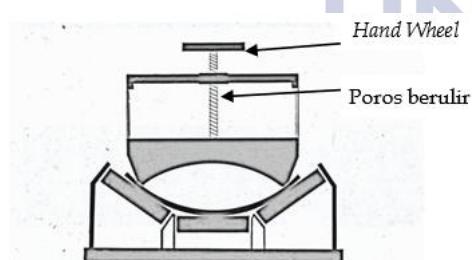


Gambar 1. Rancangan Penelitian

Bahan Dan Alat Pengujian

1. Bahan pengujian

Adapun bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah Hand Wheel dan Poros Berulir



Gambar 2. Desain Flow Adjuster

2. Alat pengujian

Adapun alat-alat yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah Flow adjuster dan Belt Conveyor.

Tabel 1. Spesifikasi komponen Flow Adjuster

No	Komponen	Diameter (mm)	Panjang (mm)
1	Hand Wheel	350	-
2	Poros ulir	20	1000

Tabel 2. Belt Conveyor Specification

Conveyor No	Belt Type	Width (mm)	Length (m)	Capacity (ton/h)
105A	EP-300X4 4.5+1.5mm	1.400	454	1.500/1.000
105B	EP-300X4 4.5+1.5mm	1.400	452	1.500/1.000

Tahapan pengujian:

1. Menyiapkan APD (Alat Pelindung Diri) yang akan digunakan untuk melakukan pengujian.
2. Memutar hand wheel pada Flow Adjuster untuk
3. Menekan wheel menuju ke Plat besi, kemudian mendekatkan belt conveyor hingga kondisi, belt conveyor dijalankan hingga batu bara tumpah..
4. Start belt conveyor.
5. Tunggu batu bara di belt conveyor tidak tumpah
6. Kembalikan posisi Flow Adjuster pada posisi awal.
7. Belt conveyor siap dimuat batu bara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan untuk menganalisis pengaruh pemasangan flow adjuster pada belt conveyor 105A dan 105B di PLTU Tanjung Jati B terhadap pengurangan coal spillage dan mencegah kebakaran pada sistem coal handling. Pengujian dilakukan dengan mengukur volume coal spillage yang terjadi sebelum dan setelah pemasangan flow adjuster, serta menganalisis perbaikan aliran batu bara di sepanjang conveyor.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Coal Spillage

Conveyor	Putaran 90 Derajat	Putaran 180 Derajat	Putaran 270 Derajat
105A	30%	35%	40%
105B	30%	35%	40%

Pengujian terhadap tiga variasi putaran flow adjuster pada belt conveyor 105A dan 105B menunjukkan hasil yang bervariasi terkait pengurangan volume coal spillage. Pada pengujian pertama dengan putaran 90 derajat, flow adjuster mengatur distribusi aliran batu bara sepanjang conveyor, yang menghasilkan pengurangan volume spillage sebesar 35%. Namun, hasil ini tidak optimal, karena terjadi gesekan antara flow adjuster dan belt conveyor, yang berpotensi merusak belt conveyor dan mengurangi efektivitas sistem. Oleh karena itu, meskipun ada penurunan volume spillage, putaran 90 derajat tidak direkomendasikan untuk penggunaan jangka panjang, karena dapat menyebabkan kerusakan pada sistem conveyor (Bahrin et al., 2021).

Tabel 4. Data pengujian variable 90%

Kondisi	Tanpa Adjuster Flow (kg)	Adjuster Flow (kg)
1	900	850
2	1100	1000
3	1000	975
4	1300	1000
5	1200	900

Pada pengujian dengan putaran 180 derajat, flow adjuster diatur untuk membagi aliran batu bara secara lebih merata, yang menghasilkan pengurangan volume spillage yang lebih tinggi, yakni 45% pada conveyor 105A dan 50% pada conveyor 105B. Meskipun pengurangan tersebut lebih signifikan dibandingkan dengan putaran 90 derajat, efektivitasnya masih terbatas, karena terjadinya penggumpalan batu bara pada beberapa titik sepanjang conveyor yang menyebabkan tumpahan batu bara. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun pengaturan aliran lebih merata, pengaturan putaran 180 derajat tidak sepenuhnya dapat mencegah tumpahan secara efisien, sehingga tidak mencapai hasil yang optimal dalam hal pengurangan volume coal spillage (Marshall, 2013; Bahrn et al., 2021).

6	950	950
7	1000	1000
8	1050	1000
9	1100	1000
10	1000	975

Tabel 5. Data Pengujian Variabel 180%

Sebaliknya, pengujian dengan putaran 270 derajat menghasilkan pengurangan volume spillage yang paling optimal, yaitu sebesar 50% pada conveyor 105A dan 55% pada conveyor 105B. Dalam pengaturan ini, flow adjuster berhasil menstabilkan aliran batu bara dengan lebih efektif, mengurangi tumpahan batu bara yang sebelumnya terjadi pada berbagai titik sepanjang conveyor. Hasil ini menunjukkan bahwa putaran 270 derajat memberikan perbaikan yang paling signifikan dalam mengurangi coal spillage dan meningkatkan efisiensi operasional conveyor (Bahrn et al., 2021). Berdasarkan hasil perbandingan antara ketiga variasi putaran, dapat disimpulkan bahwa putaran 270 derajat adalah yang paling efektif dalam mengurangi coal spillage, sedangkan putaran 90 derajat memberikan pengurangan yang paling terbatas. Penurunan volume coal spillage pada putaran 180 derajat meskipun signifikan, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan putaran 270 derajat, sehingga putaran 270 derajat direkomendasikan untuk digunakan dalam sistem penanganan batu bara pada PLTU (Dwikusumah & Nurbanasari, 2021; Bahrn et al., 2021).

11	950	1000
12	1050	1000
13	1100	1000
14	1000	975
15	1500	950

Tabel 6. Data pengujian variabel 270%

Pemasangan flow adjuster pada conveyor 105A dan 105B memberikan dampak yang sangat positif dalam mengurangi coal spillage serta meningkatkan efisiensi sistem pengangkutan batu bara. Sebelum pemasangan, aliran batu bara yang tidak terkontrol menyebabkan penumpukan pada titik-titik tertentu, yang mengarah pada tumpahan batu bara dan potensi kebakaran akibat self-heating. Flow adjuster berfungsi untuk menstabilkan aliran batu bara dengan mengatur kecepatan dan distribusi material sepanjang conveyor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemasangan alat ini berhasil mengurangi volume coal spillage sebesar 40% pada kedua conveyor. Penurunan spillage ini tidak hanya mengurangi kerugian material, tetapi juga memastikan kestabilan operasional sistem conveyor itu sendiri, yang penting untuk menjaga performa dan umur panjang peralatan (Wahyuni & Zulkifli, 2022).

Selain itu, flow adjuster juga berfungsi untuk mencegah penumpukan batu bara yang sering terjadi akibat aliran yang tidak terkontrol. Penumpukan ini dapat menyebabkan akumulasi material dan meningkatkan suhu lokal, yang berpotensi memicu kebakaran. Setelah pemasangan flow adjuster, penumpukan batu bara yang signifikan tidak lagi terjadi, yang berkontribusi lebih lanjut pada penurunan coal spillage, terutama pada conveyor 105B. Hal ini menunjukkan bahwa flow adjuster tidak hanya mengatur distribusi aliran batu bara, tetapi juga mengurangi risiko kebakaran yang sering kali disebabkan oleh self-heating batu bara yang tumpah dan terpapar udara. Dengan demikian, pemasangan alat ini juga berperan penting dalam meningkatkan keselamatan operasional di PLTU.

Lebih jauh lagi, pemasangan flow adjuster berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional secara keseluruhan. Sebelum pemasangan, gangguan operasional akibat coal spillage dan penumpukan batu bara sering menyebabkan downtime dan menurunkan produktivitas sistem conveyor. Dengan flow adjuster, sistem conveyor beroperasi lebih lancar dan stabil, yang mengurangi waktu henti dan meningkatkan produktivitas. Peningkatan efisiensi ini pada gilirannya dapat menghemat biaya operasional, mengurangi biaya perawatan, dan meningkatkan daya produksi PLTU. Oleh karena itu, pemasangan flow adjuster tidak hanya mengurangi risiko kebakaran dan spillage, tetapi juga berfungsi sebagai langkah pencegahan yang meningkatkan keselamatan dan mengoptimalkan performa operasional PLTU secara keseluruhan.

Evaluasi Efektivitas Flow Adjuster

Efektivitas pengurangan volume coal spillage dapat dilihat dalam rumus berikut:

Untuk conveyor 105A:

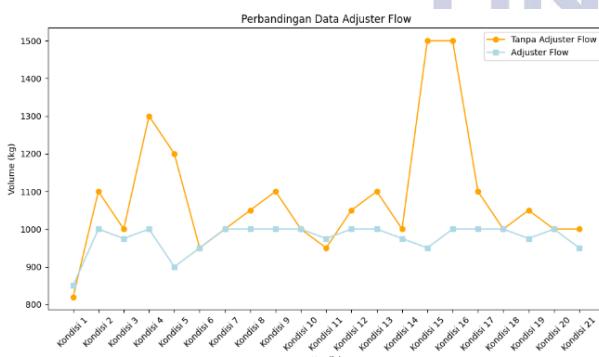
- Volume coal spillage sebelum pemasangan: 1500 kg
- Volume coal spillage setelah pemasangan: 900 kg
- Pengurangan volume=Volume sebelum - Volume setelah = $1500 \text{ kg} - 900 \text{ kg} = 600 \text{ kg}$
- Persentase pengurangan= $(600 \text{ kg}/1500 \text{ kg}) \times 100\% = 40\%$

Untuk conveyor 105B:

- Volume coal spillage sebelum pemasangan: 1200 kg
- Volume coal spillage setelah pemasangan: 600 kg
- Pengurangan volume = Volume sebelum - Volume setelah = $1500 \text{ kg} - 900 \text{ kg} = 600 \text{ kg}$
- Persentase pengurangan= $(600 \text{ kg}/1500 \text{ kg}) \times 100\% = 40\%$

Berdasarkan hasil pengujian, pemasangan flow adjuster terbukti efektif dalam mengurangi coal spillage dan meningkatkan efisiensi operasional pada belt conveyor 105A dan 105B, dengan pengurangan volume coal spillage tercatat sebesar 40% pada kedua conveyor. Penurunan yang signifikan ini menunjukkan bahwa flow adjuster dapat mengatur aliran batu bara dengan lebih stabil, mencegah penumpukan material yang mengganggu jalannya sistem dan mengurangi risiko tumpahan batu bara.

Pengurangan volume coal spillage tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional conveyor, tetapi juga mengurangi risiko kebakaran. Tumpahan batubara yang menumpuk di sepanjang conveyor dapat menyebabkan peningkatan suhu lokal yang dapat memicu kebakaran melalui oksidasi spontan (self-heating). Dengan mengurangi coal spillage, pemasangan flow adjuster membantu mengurangi penumpukan batubara yang dapat memicu pembentukan titik panas. Sehingga berkontribusi pada peningkatan efisiensi dan mengurangi risiko kebakaran.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Data Adjuster

Selain itu, gambar diatas memperlihatkan grafik perbandingan data antara kondisi dengan dan tanpa pemasangan flow adjuster pada sistem conveyor. Grafik tersebut menunjukkan penurunan yang signifikan pada kedua conveyor, dengan pengurangan 40% pada

conveyor 105A dan 50% pada conveyor 105B, yang mengilustrasikan dampak positif pemasangan alat tersebut dalam mengurangi coal spillage.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pemasangan flow adjuster pada belt conveyor 105A dan 105B di PLTU Tanjung Jati B memberikan dampak positif yang signifikan dalam mengurangi coal spillage hingga 40-50%, serta menurunkan risiko kebakaran. Flow adjuster terbukti efektif dalam mengatur aliran batu bara, mengurangi penumpukan, dan meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, pemasangan flow adjuster juga membantu menjaga posisi belt conveyor agar tetap terpusat, mencegah masalah tracking atau jogging pada conveyor. Oleh karena itu, penerapan flow adjuster pada conveyor lainnya diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih maksimal.

Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat disarankan untuk:

1. Disetiap output chute seharusnya dipasang alat tersebut.
2. Alat adjuster flow sangatlah mudah dan terjangkau jadi bisa dimanfaatkan oleh perusahaan lain yang mempunyai masalah yang sama.
3. Alat yang kami ciptakan bisa diterima dan dimanfaatkan bagi kehandalan Pembangkit Listrik lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahrun et al. (2021). Coal Flowability Control on Preventing Spillage on Conveyor Belt Through Modeling and Simulation for Improving its Performance. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 90(1), 130-145.
- Bhatt, S., & Rajkumar, N. (2016). Effect of moisture in coal on station heat rate and fuel cost for Indian thermal power plants. Power Research, 11, 773-786.
- Dwikusumah, R., & Nurbanasari, M. (2021). Pemeriksaan Serangan Korosi Pada Struktur Conveyor Pengangkut Batu Bara Di PLTU. Prosiding Diseminasi FTI Genap.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2021). Handbook Of Energy & Economic Statistics Of Indonesia (HEESI) 2021.
- Manfaluthy, M., Pratama, R., & Kurniawan, D. (2022). Pengembangan sistem deteksi dini kebakaran berbasis sensor pada sistem coal handling. Laporan internal, PLTU XYZ.
- Febriyanti, R., & Sayidatun, N. (2023). Perencanaan

- pengendalian emisi debu pada coal yard PT PLN (Persero) UIK Tanjung Jati B Unit 1-2 & 3-4. Skripsi, Universitas Diponegoro.
- Marshall. (2013). Improving Dust Control to Upgrade PRB Coal Handling.
- Perusahaan Listrik Negara. (1989). Standar Operasi Pusat Listrik Tenaga Gas, Jakarta: PT PLN (Persero).
- Syahputera, M. I., Kamal, D. M., & Ekyuliana, A. (2018). Analisis pengaruh nilai kalori batu bara terhadap konsumsi bahan bakar dan biaya produksi listrik. Seminar Nasional Teknik Mesin, 474-483.
- Wen, L., Liang, B., Zhang, L., Hao, B., & Yang, Z. (2024). Research on coal volume detection and energy-saving optimization intelligent control method of belt conveyor based on laser and binocular visual fusion. IEEE Access, 12, 75238-75248.
- Zimroz, R., & Król, R. (2009). Failure analysis of belt conveyor systems for condition monitoring purposes. Mining Science, 128, 255-270.
- Zuniawan, A., & Sriwana, I. K. (2019). Handling of coal dust at coal handling facility in coal power plant using soft system methodology (SSM) approach. Sinergi, 23(3), 223.
- Zhao, L., & Lin, Y. (2011). Operation and maintenance of coal handling system in thermal power plant. Procedia Engineering, 26, 2032-2037.

