

# INOVASI MENGURANGI DOWNTIME DENGAN SISTEM OTOMASI DIVERTER GATE UNTUK FLEKSIBILITAS SISTEM OPERASIONAL DI PLTU TIMOR-1

Dicky Eka Mardhianto

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang*

*Gedung B Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang*

E-mail : [dickyekadqe@gmail.com](mailto:dickyekadqe@gmail.com)

## Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sangat bergantung pada distribusi batubara sebagai bahan bakar utama. *Conveyor system* memiliki peranan penting bagi distribusi batubara ke *boiler*. Salah satu tantangan utama bagi pembangkit listrik yang sering terjadi adalah *forced outage downtime* yang disebabkan oleh keterbatasan fleksibilitas dalam distribusi material atau batubara pada *conveyor system*. Untuk mengatasi masalah ini, perlu adanya inovasi otomasi. Inovasi otomasi ini nantinya akan melibatkan pengembangan sistem *diverter gate* otomatis untuk beralih dari *loading line A* ke *loading line B* apabila terjadi kegagalan pada *loading line conveyor system*. Sistem otomasi diverter gate dengan berbasis *Programmable Logic Control* (PLC), secara lokal akan dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi *flow* batubara pada *conveyor* dan *actuator* untuk mengendalikan posisi gate secara *real-time*. Sistem juga akan didukung oleh *Human-Machine Interface* (HMI) untuk memonitoring dan kontrol jarak jauh. Rancangan inovasi ini nantinya akan menunjukkan bahwa penambahan *diverter gate* dengan teknologi otomasi mampu mengurangi *outage downtime* hingga 40%, meningkatkan efisiensi distribusi material batubara, serta meminimalkan gangguan operasional pada unit. Hasil implementasi ini nantinya akan menunjukkan potensi besar dalam keandalan *conveyor system* pada unit di PLTU. Rancangan inovasi ini diharapkan dapat menjadi langkah awal menuju pengembangan sistem yang lebih cerdas dan berkelanjutan dalam bidang pembangkitan dan energi.

**Kata Kunci:** Diverter Gate, Conveyor System, Outage, Downtime, Otomasi

## I. PENDAHULUAN

PLTU atau Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah jenis pembangkit listrik yang menggunakan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar, seperti menggunakan batubara (*coal*), minyak (*oil*) atau gas alam untuk menghasilkan uap (*steam*) bertekanan tinggi. Uap ini kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan generator listrik. PLTU Timor-1 merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap terbesar di pulau Timor yang terletak di Kupang, provinsi Nusa Tenggara Timur dengan kapasitas 2x50 MW (Nett) yang telah selesai masa *commissioning* untuk unit 2 dan dioperasikan oleh Medco Power Energy Service sebagai *Operation and Maintenance* (O&M).

Selain bagian utama dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) untuk menghasilkan uap (*steam*) untuk menggerakkan sudu pada turbin, bagian lain yang tidak kalah penting dari PLTU adalah *coal handling system* yang menggunakan *conveyor system* sebagai alat transportasi material batubara agar dapat meningkatkan efisiensi dari pembangkit dan meningkatkan keandalan dari unit. Dalam hal ini penggunaan sistem otomasi sangat diharapkan mampu mempermudah pekerjaan supply power kepada masyarakat Kupang, Nusa Tenggara Timur.

*Conveyor system* pada PLTU pada umumnya menggunakan belt conveyor sebagai sistem distribusi batubara dari *stockpile* menuju *coal bunker/silo*. Pada perkembangan teknologi, peran otomasi pada semua aspek dapat membantu meringankan kerja dan mempermudah dalam distribusi batubara sebagai sumber bahan bakar pembakaran utama didalam *furnace* atau ruang bakar. Dalam hal ini, peran instrumentasi pada sistem otomasi pembangkit listrik terutama pada pembangkit PLTU sangat berkembang, sistem otomasi dan kontrol yang terintegrasi dengan *Programmable Logic Control* (PLC) telah banyak digunakan pada pembangkit dengan kapasitas besar sebagai upaya peningkatan efisiensi dan keandalan unit sebagai salah satu bagian dari object vital nasional dengan pemanfaatan langsung kepada masyarakat.

Salah satu sistem yang belum banyak diaplikasikan namun sangat berperan dalam upaya mengurangi downtime pada sektor *coal handling system* adalah dengan menerapkan sistem otomasi pada *diverter chutes* di *belt conveyor system*, beberapa hal yang harus diperhatikan adalah dengan memudahkan saat melakukan distribusi material batubara menuju ke *coal bunker/silo* sebelum nantinya masuk kedalam ruang bakar/ *furnace*. Dengan adanya penelitian ini nantinya akan memaparkan perbedaan dari implementasi penggunaan *diverter gate chutes* dengan sistem otomasi, dan akan memberikan solusi bagi dunia pembangkitan lantaran belum banyaknya sistem otomasi pada area *coal handling system*.

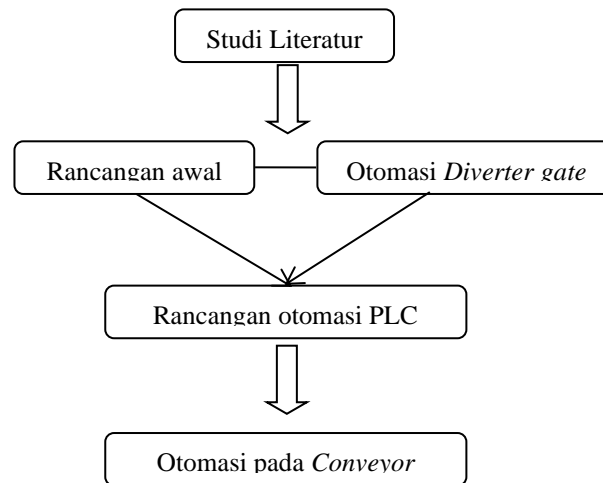
## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Studi Kasus dengan fokus pada sistem tertentu untuk memberikan gambaran mengenai permasalahan dan solusinya. Metodologi studi kasus ini akan menggunakan pendekatan, yakni:

1. Analisis proses saat sedang berjalan (*Inservice*)
2. Identifikasi kelebihan dan kekurangan melalui data kuantitatif maupun kualitatif.

Tahapan penelitian yakni dengan:



Gambar 1. Kerangka Berpikir

1. Dimulai dengan studi literatur dengan membuat analisa referensi mengenai implementasi *diverter gate*, sistem otomasi berbasis PLC, HMI dan *troubleshoot* pada *coal handling system* di PLTU.
2. Rancangan gambaran umum sistem otomasi *diverter gate* dengan aktuator yang nantinya akan dikendalikan secara otomatis menggunakan sensor untuk mendeteksi *flow* batubara.
3. Membuat rancangan gambaran umum integrasi pada PLC untuk memonitoring dan pengendalian jarak jauh.

Implementasi *prototype* dari sistem otomasi dengan mengembangkan *prototype* dari *diverter gate chute* pada *loading line belt conveyor system*, kemudian melakukan pengujian sistem otomasi, yakni:

1. Menganalisa waktu *downtime* sebagai mitigasi apabila terjadi *forced outage* pada *loading line*.
2. Menganalisa efisiensi distribusi material batubara.
3. Menganalisa dengan membandingkan hasil dari sistem otomasi dengan sistem manual untuk menentukan tingkat efektivitasnya.

## 2. Persamaan Matematika

### A. Kapasitas Aliran Material

Kapasitas aliran material pada conveyor dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = \rho \cdot A \cdot v \quad (1)$$

Di mana:

- Q: Kapasitas aliran (t/h)
- $\rho$ : Densitas material (t/m<sup>3</sup>)
- A: Luas penampang material pada belt (m<sup>2</sup>)
- v: Kecepatan belt (m/s)

**Langkah-langkah perhitungan:**

1. **Densitas material ( $\rho$ ):** Densitas batubara umumnya berkisar antara 0,8–1,0 t/m<sup>3</sup>. Asumsikan  $\rho=0,9$  t/m<sup>3</sup>.
2. **Kecepatan belt ( $v$ ):** Kecepatan belt disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Biasanya berkisar 2–4 m/s. Asumsikan  $v=2,5$  m/s.
3. **Luas penampang ( $A$ ):** Untuk conveyor dengan lebar belt 1000 mm dan penampang, luasnya dihitung sebagai berikut:

$$A = B \cdot h \cdot k \quad (2)$$

Di mana:

- $B=1$  m (lebar belt)
- $h=0,1$  m (tinggi material, biasanya 10%–15% dari lebar belt)
- $k=0,75$  (koefisien pengisian material, tergantung pada sudut repose material).

Maka:

$$A = 1 \cdot 0,1 \cdot 0,75 = 0,075 \text{ m}^2$$

**Perhitungan kapasitas:**

$$Q = 0,9 \cdot 0,075 \cdot 2,5 = 0,16875 \text{ t/s}$$

Konversi ke t/h:

$$Q = 0,16875 \cdot 3600 = 607,5 \text{ t/h}$$

Artinya, desain lebar chute perlu dioptimalkan agar mencapai kapasitas 150 t/h.

**B. Sudut Kemiringan Chute**

Sudut kemiringan chute ( $\theta$ ) dirancang agar material mengalir lancar berdasarkan sifat material (sudut *repose*). Untuk batubara, sudut repose biasanya 30°–37°. Rumus dasar untuk kecepatan material di chute:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (\sin\theta - \mu\cos\theta)} \quad (3)$$

Di mana:

- $g=9,81$  m/s<sup>2</sup> : Gravitasi.
- $h$ : Tinggi jatuh material (m).
- $\mu$ : Koefisien gesekan material dengan permukaan chute (biasanya  $\mu \approx 0,3$ ).

**Desain sudut kemiringan:** Agar material tetap meluncur, pilih  $\theta > 37^\circ$ . Untuk simulasi, asumsikan  $h = 2$  m:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot (\sin 37^\circ - 0,3 \cdot \cos 37^\circ)} \\ v &= \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot (0,6018 - 0,3 \cdot 0,7986)} \\ v &= \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 0,3622} = \sqrt{14,2} = 3,77 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kecepatan material saat keluar dari chute adalah 3,77 m/s.

**C. Gaya Gesekan dan Abrasi**

Gesekan pada dinding chute dihitung dengan gaya normal material:

$$F_f = \mu \cdot F_n$$

Di mana:

- $F_f$  : Gaya gesekan (N).

- $F_n = m \cdot g \cdot \cos\theta$  : Gaya normal.

Misalkan berat material per detik ( $m = \frac{150}{3600} = 0,0417 \text{ t/s} = 41,7 \text{ kg/s}$ ):

$$F_n = 41,7 \cdot 9,81 \cdot \cos 37^\circ = 325,6 \text{ N}$$

$$F_f = 0,3 \cdot 325,6 = 97,7 \text{ N}$$

Gaya gesekan chute adalah 97,7 N. Dinding chute harus didesain menggunakan material tahan abrasi seperti baja atau keramik untuk mengurangi keausan.

#### D. Panjang dan Dimensi Chute

Panjang chute (L) dihitung berdasarkan sudut kemiringan:

$$L = \frac{h}{\tan \theta} \quad (4)$$

Jika  $h = 2 \text{ m}$  dan  $\theta = 37^\circ$ :

$$L = \frac{2}{\tan 37^\circ} = 2,66 \text{ m}$$

Panjang chute sekitar 2,66 m dengan lebar minimal sama dengan lebar belt (1000 mm).

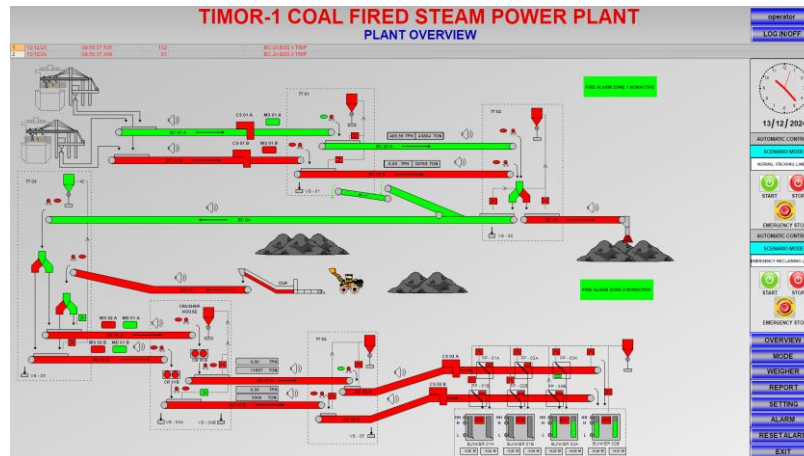
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian untuk implementasi sistem otomasi pada diverter gate chute menggunakan perhitungan diatas mendapatkan perkiraan untuk implementasi dengan beberapa tujuan akhir yakni:

1. Penurunan *downtime* dan mitigasi *forced outage* hingga 40%, sesuai dengan estimasi perancangan awal.
2. Peningkatan efisiensi distribusi material batubara, sehingga level pada *coal bunker/silo* lebih siap pada saat dilakukan *coal feeding* kedalam ruang bakar atau *furnace*.
3. Penerapan sistem integrasi otomasi *Programmable Logic Control* (PLC) memberikan dampak kemudahan dalam monitoring dan kontrol jarak jauh bagi operator di PLTU Timor-1.

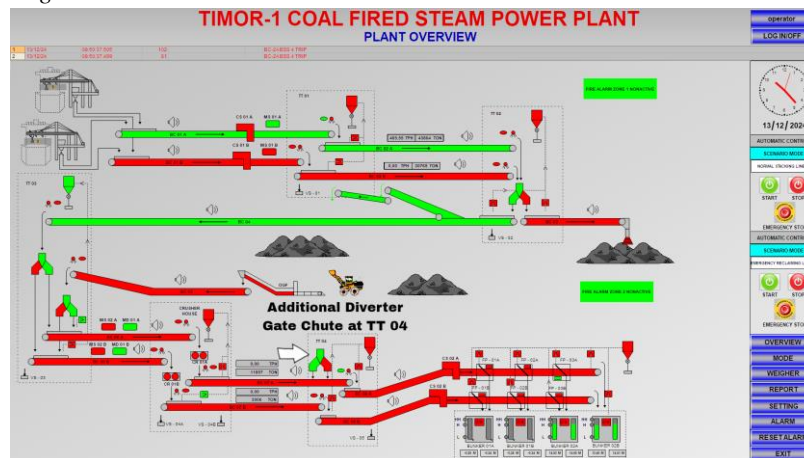
Analisa kinerja *diverter gate chute* otomatis, yakni:

1. Respons waktu (real-time) dari sensor dan aktuator menunjukan kecepatan pergantian *loading line* conveyor yang lebih optimal dan tidak mengganggu proses distribusi material batubara.
2. Sistem otomasi memberikan dampak keandalan yang lebih tinggi dibandingkan pengoperasian secara manual.
3. Meminimalkan gangguan atau *outage* karena kegagalan sistem distribusi batubara dan operasional sehingga berperan pada berkontribusi pada efisiensi pembangkitan.



Gambar 2. Overview DCS Coal Handling System (sebelum dirancang *Diverter Gate* untuk BC 07)

Pada *layout overview* DCS dari coal handling system yang telah diambil, akan berfokus pada *loading line belt conveyor 07 A&B* untuk menuju pada *loading line belt conveyor BC 08 A&B* untuk implementasi pada penambahan *diverter gate chute*.



Gambar 3. Overview DCS Coal Handling System (rancangan sesudah dtambahkan *Diverter Gate* untuk BC 07)

Pada rancangan implementasi penambahan *diverter gate* pada *loading line belt conveyor BC 07 A&B* menuju *belt conveyor BC 08 A&B* seperti tertera pada rancangan desain DCS *overview* diatas dengan memasukan simbol *chute* pada area *transfer tower IV*.



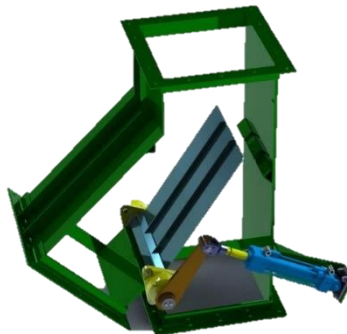
Gambar 4. *Loading line Coal Handling System* (sebelum dirancang *Diverter Gate* untuk BC 07)

Pada rancangan implementasi penambahan *diverter gate* pada *loading line belt conveyor* BC 07 A&B dengan pengamatan dan observasi pada *loading line belt conveyor* langsung untuk memastikan perhitungan dan rancangan material *diverter gate* sesuai dengan perhitungan.



Gambar 5. Aktual tampilan *Diverter Gate*

Pada rancangan implementasi penambahan *diverter gate* pada *loading line belt conveyor* BC 07 A&B dengan menyamakan *diverter gate* sesuai seperti yang telah digunakan. Dengan asumsi ini akan menghasilkan transfer batubara tidak menyebabkan permasalahan hingga menyebabkan *downtime*.

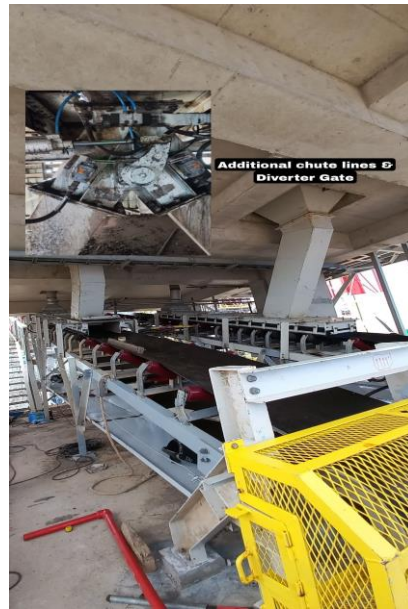


Gambar 6. Rancangan *Diverter Gate* untuk BC 07

Pada rancangan implementasi penambahan *diverter gate* pada *loading line belt conveyor* BC 07 A&B disesuaikan desain untuk bentuk dari *diverter gate* dengan beberapa tampilan *view*. Dengan adanya desain ini, akan mendapat gambaran mengenai gambar seperti apa yang akan di implementasikan. Dan sesuai dengan perhitungan awal. Sehingga rancangan desain tidak menyebabkan *abnormality*.

Gambar 7. Rancangan *Diverter Gate* untuk BC 07 (tampak samping dengan *cover*)Gambar 8. Rancangan *Diverter Gate* untuk BC 07 (tampak samping tanpa *cover*)





Gambar 9. *Loading line Coal Handling System* (Rancangan sesudah ditambahkan *Diverter Gate* untuk BC 07)

Pada rancangan implementasi penambahan *diverter gate* pada *loading line belt conveyor* BC 07 A&B akan diletakan sesuai dengan gambar berupa *evidence* foto sesuai dengan keadaan aktual dengan beberapa perubahan pada *loading line*. Hal ini nantinya akan memberikan gambaran nyata sesuai dengan aktual dilapangan.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian dengan judul Inovasi Mengurangi *Downtime* Dengan Sistem Otomasi *Diverter Gate* Untuk Fleksibilitas Sistem Operasional di PLTU Timor-1 dengan sistem otomasi *diverter gate* berbasis PLC mampu mengurangi *downtime* pada *coal handling system* hingga 40%. Inovasi ini meningkatkan fleksibilitas operasional *conveyor system*, serta memastikan distribusi material batubara lebih efisien dan handal, implementasi teknologi otomasi ini dapat menjadi solusi jangka panjang untuk meningkatkan efisiensi PLTU dan keberlangsungan pada sektor energi.

#### V. REFERENSI

Sumber Jurnal:

- [1] Bajda, M., Hardygóra, M., & Marasová, D. (2022). Energy efficiency of conveyor belts in raw materials industry. *Energies*, 15(9), 3080.
- [2] Ilic, D., & Donohue, T. J. (2015). On the design and analysis of transfer chute systems. Dalam M. T. Silva & A. C. Souza (Eds.), *XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa* (hlm. 1–10). Poços de Caldas, MG, Brasil

Sumber Prosiding:

- [1] ILIC & DONOHUE: Ilic, D., & Donohue, T. J. (2015). On the Design and Analysis of Transfer Chute Systems. *XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa*, Poços de Caldas-MG, 18–22 Oktober. University of Newcastle, Australia.