

Sistem Kendali dan Proteksi *Coal Feeder* pada Unit 1-4 PLN Indonesia Power UBP Suralaya

Felycia^{1*}; Adi Nugraha¹; Novi Gusti Pahiyanti²

1. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Raya Palka Km 3 Sindangsari, Pabuaran, Kab. Serang Provinsi Banten 42163, Indonesia
2. Institut Teknologi PLN, Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, DKI Jakarta, DKI Jakarta, 11750, Indonesia

**Email: felycia@untirta.ac.id*

Received: 27 September 2023 | Accepted: 7 Januari 2024 | Published: 8 Januari 2024

Abstract

One of the companies engaged in electricity generation is PLN Indonesia Power UBP Suralaya. UBP Suralaya is a Steam Power Plant with a capacity of up to 3400 MW produced from 7 generating units. Units 1 – 4 each have a capacity of 400 MW and units 5 – 7 each have a capacity of 600 MW. In the process of distributing coal to the boiler, there is a coal feeder. Coal feeder itself is a machine that flows coal from the coal bunker to the pulverizer. That way, it is necessary to identify the coal feeder control system and the protection system of the tool. The process of transferring coal as the main raw material for boiler combustion using a scrapper conveyor, coal bunker, and coal feeder before finally being smoothed on the pulverizer. The control system in coal feeder units 1 – 4 includes setting the set point of the power demand or load to be generated and the speed of the belt conveyor on the coal feeder. The coal feeder protection system, namely no coal on belt and plugging outlets, will make it easier for operators to find out problems that occur in coal feeders.

Keywords: *Control System, Electrical Protection, Coal Feeder*

Abstrak

Salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pembangkitan listrik adalah PLN Indonesia Power UBP Suralaya. UBP Suralaya merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan kapasitas mencapai 3400 MW yang dihasilkan dari 7 unit pembangkit. Unit 1 – 4 masing-masing memiliki kapasitas 400 MW dan unit 5 – 7 masing-masing memiliki kapasitas 600 MW. Dalam proses penyaluran batubara ke boiler terdapat coal feeder. Coal feeder sendiri merupakan mesin yang mengalirkan batu bara dari coal bunker ke pulverizer. Dengan begitu, perlu dianalisa sistem kendali coal feeder dan sistem proteksi alat tersebut. Proses pemindahan batubara sebagai bahan baku utama pembakaran boiler dengan menggunakan scrapper conveyor, coal bunker, dan coal feeder sebelum akhirnya dihaluskan pada bagian pulverizer. Sistem kendali pada coal feeder unit 1 – 4 ini meliputi pengaturan set point dari permintaan daya atau beban yang akan dibangkitkan dan kecepatan belt conveyor pada coal feeder. Sistem proteksi coal feeder yaitu no coal on belt dan outlet plugging akan memudahkan operator dalam mengetahui masalah yang terjadi pada coal feeder.

Kata Kunci: *Sistem Kontrol, Proteksi, Pengumpan Batubara*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan sumber energi utama yang dibutuhkan untuk semua peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik, dan merupakan sumber energi yang dapat dikonversikan menjadi energi lain untuk menunjang aktivitas manusia seperti menggerakkan motor, lampu penerangan dan memanaskan sesuatu. Energi listrik sendiri termasuk kedalam energi yang tidak bebas, dengan begitu energi listrik di Indonesia dikelola oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) [1]. Salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pembangkitan listrik atau energi listrik ini adalah PLN Indonesia Power UBP Suralaya sebagai salah satu anak perusahaan dari PLN Indonesia Power yang berada di sekitar pulau Jawa dan memiliki tujuan untuk membangkitkan energi listrik yang sebesar-besarnya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang ada di Indonesia, khususnya daerah Jawa-Madura-Bali.

UBP Suralaya sendiri memang merupakan salah satu pusat pembangkit dengan kapasitas terbesar yang dimiliki oleh PLN Indonesia Power yang berupa Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). UBP Suralaya memiliki kapasitas mencapai 3400 MW yang dihasilkan dari 7 unit pembangkit. Yang mana unit 1 – 4 masing-masing memiliki kapasitas 400 MW dan unit 5 – 7 masing-masing memiliki kapasitas 600 MW [2]. PLTU merupakan pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Komponen utama PLTU ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin dimana untuk memutar sudu-sudu turbin diperlukan energi kinetik dari uap panas atau kering. Dalam PLTU, sistem primer yang dikonversikan menjadi sistem listrik adalah bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa batubara (padat), minyak (cair), atau gas [3].

Proses pembakaran di dalam *boiler* bergantung pada kapasitas daya yang diinginkan. Semakin besar daya yang harus dibangkitkan, maka semakin banyak juga kebutuhan batubara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran. Begitu juga sebaliknya, jika beban turun dan kapasitas daya yang dibutuhkan berkurang, maka pembakaran batubara pada *boiler* juga akan berkurang, maka dalam proses penyaluran batubara ke *boiler* terdapat *coal feeder*. *Coal feeder* sendiri merupakan mesin yang mengalirkan batu bara dari *coal bunker* ke *pulverizer* (mil), sehingga letaknya berada di antara *coal bunker* dan *pulverizer* [4].

Coal feeder juga berfungsi untuk menunjang kesiapan kontinuitas suplai batubara ke unit pembangkit, sehingga berperan penting dalam penyaluran batubara sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan untuk proses pembakaran pada *boiler* [5]. Namun perlu diketahui juga bahwa mesin *coal feeder* merupakan salah satu mesin yang dapat mengalami gangguan, hal tersebut tentu saja dapat berpengaruh buruk, mengingat *coal feeder* merupakan salah satu alat penyalur batubara untuk ke *boiler*, apabila *coal feeder* mengalami gangguan, maka alat penghalus batubara (*pulverizer*) dapat mengalami *overheat* dan kemudian *trip*. Hal itu jelas akan mengganggu proses pembakaran dan penghasilan uap pada *boiler*.



Gambar 1. Diagram Proses Penyaluran Batubara

Dengan begitu, perlu diidentifikasi sistem kendali *coal feeder* dan sistem proteksi alat tersebut untuk mengetahui bagaimana cara mengatasi atau menghindari adanya gangguan pada *coal feeder*.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Adapun alur untuk menyusun laporan penelitian dapat dilihat pada urutan alur penelitian di bawah ini:

1. Identifikasi masalah

Pada proses pengidentifikasian masalah dilakukan dengan cara memperhatikan fungsi dan kerja dari *coal feeder*, serta menilai risiko apa saja yang dapat terjadi jika *coal feeder* mengalami kendala ditinjau dari faktor masalahnya.

2. Studi literatur

Berupa mempelajari mengenai topik yang dibahas melalui berbagai sumber referensi terpercaya, seperti buku, jurnal nasional dan internasional yang dijadikan referensi. Untuk memperoleh data dari teori-teori yang dibutuhkan dalam proses penelitian meliputi penjelasan dasar terkait *coal feeder*, *pulverizer*, dan sistem proteksi.

3. Analisis pembangkit listrik tenaga uap

Pada analisis penyaluran batubara dilakukan dengan cara mengamati proses ketika penyaluran batubara menggunakan *scraper conveyor* dilakukan pada unit 1 – 4 PLTU Suralaya sampai mampu menghasilkan energi listrik dari generator. Penyaluran batubara merupakan proses pemindahan batubara dari *stock area* yang kemudian diteruskan ke *stacker reclaimer* sampai ke *scraper conveyor* untuk dilanjutkan ke *coal bunker* sampai batu bara siap untuk pembakaran pada *boiler* sehingga mampu menghasilkan uap-uap panas penggerak turbin yang terkopel dengan generator.

4. Analisis cara kerja *coal feeder*

Dalam menganalisis cara kerja *coal feeder*, dilakukan dengan bantuan adanya studi literatur, memahami struktur, untuk menganalisis cara kerja *coal feeder* saat sedang beroperasi. *Coal feeder* dalam analisis ini merupakan jenis *gravimetric* yang beroperasi dengan cara mengukur *bulk density* berdasarkan faktor-faktor seperti kelembaban dan ukuran batubara. *Coal feeder* memonitor berat batubara pada *belt* dan mengontrol penyaluran batu bara dengan cara mengukur ketinggian *level* dan mengatur kecepatan pada *belt* dengan menggunakan sensor berat dan motor.

5. Analisis prinsip kerja proteksi *coal feeder*

Dalam proses menganalisis prinsip kerja proteksi yang ada pada *coal feeder* dilakukan dengan cara membaca buku mekanik *coal feeder*, mengumpulkan data spesifikasi alat, serta memahami prinsip kerjanya. Selain itu, proses menganalisis prinsip kerja pada proteksi *coal feeder* dan meninjaunya ketika *coal feeder* sedang beroperasi.

6. Pengambilan data DCS

Tahap pengambilan data dilakukan untuk menunjang kebutuhan penelitian mengenai penerapan DCS pada kontrol *coal feeder* unit 1 – 4 yang mana juga berkaitan dengan sistem proteksi *coal feeder* apabila terjadi masalah dengan diperoleh data dari proses pengoperasian proteksi *coal feeder*. Adapun peran DCS yakni dapat memberikan *output control room* untuk menampilkan *notifikasi* beroperasinya *coal feeder* baik kondisinya, maupun masalah yang diperoleh.

7. Hasil dan pembahasan

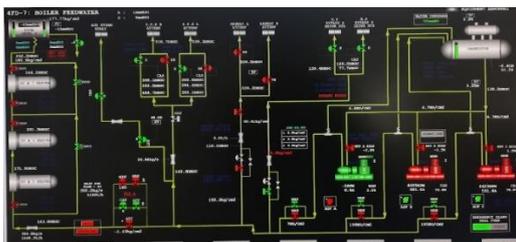
Tahap mengenai penjabaran informasi-informasi yang diperoleh dengan dibahas secara lebih lanjut dan mengemukakan hasil analisis terhadap hasil penelitian dengan menarik kesimpulan yang dapat memenuhi tujuan penelitian mengenai pengontrolan dan sistem proteksi *coal feeder*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

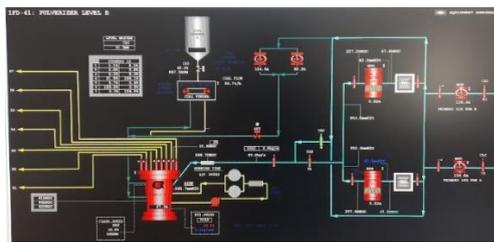
3.1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pada seluruh PLTU terdapat generator yang merupakan alat penghasil energi listrik. Generator diputar oleh turbin yang dikopel seporos. Yang mana turbin dapat bergerak karena adanya uap panas yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam boiler. Bahan baku utama pemanas atau pembakaran boiler menggunakan batubara yang melalui proses dari scraper conveyor ke coal bunker, kemudian diatur kebutuhan jumlah batubara tersebut di coal feeder, dan batubara akan dihaluskan sampai ± 200 mesh di dalam pulverizer kemudian barulah masuk ke dalam boiler dibantu dengan primary air fan.

Maka dapat dikatakan coal feeder merupakan salah satu alat yang sangat penting pada proses pembakaran di boiler. Karena dengan fungsi utama sebagai pengatur jumlah kebutuhan batubara yang dapat sesuai dengan keinginan pembangkitan daya, perlu adanya pemahaman dalam pengendalian atau cara kerja dari coal feeder dan proteksi alat tersebut agar dapat diketahui apasaja masalah yang mungkin dihadapi atau sudah sering terjadi pada PLTU Suralaya unit 1 – 4 ini.



Gambar 2. Boiler Feedwater

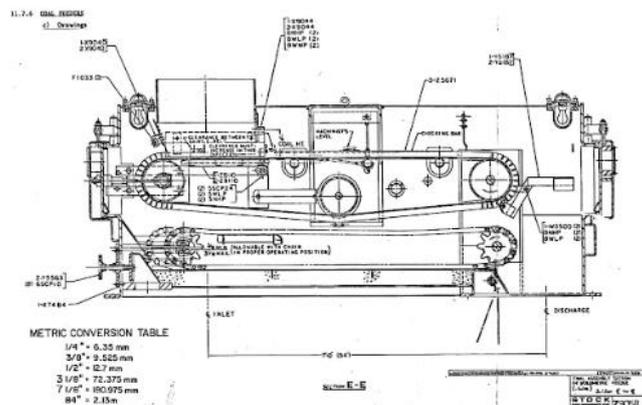


Gambar 3. Pulverizer System

Gambar 2 merupakan proses air yang telah ada di deaerator untuk di naikan suhu dan tekanannya agar sampai ke drum sudah berupa air panas dan memiliki tekanan yang tinggi. Gambar 3 ialah proses yang menunjukkan penyaluran batubara dari coal bunker, lalu dilanjut ke coal feeder dan dihaluskan dengan pulverizer barulah dapat dijadikan bahan baku pembakaran pada boiler. Dari sini, uap-uap panas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memutar sudu-sudu turbin dan menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik.

3.2. Komponen Utama Coal Feeder

Coal feeder memiliki beberapa komponen utama yang menunjang kinerja suplai batubara ke dalam pulverizer. Diantaranya ialah sebagai berikut:



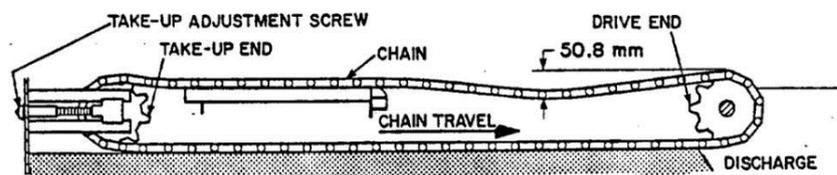
Gambar 4. Komponen Coal Feeder

- a. **Motor penggerak** : coal feeder sendiri digerakkan oleh dua buah motor induksi 3 fasa. Yang mana, motor pertama digunakan sebagai penggerak utama dalam memutar belt, dan motor kedua digunakan untuk memutar belt cleanout.



Gambar 5. Motor 1 Penggerak Belt **Gambar 6. Motor 2 Penggerak Belt Cleanout**

- b. **Cleanout conveyor** : komponen cleanout conveyor pada coal feeder berfungsi untuk membersihkan bagian bawah coal feeder itu sendiri. Pembersihan ini dilakukan guna menghindari gangguan yang dapat terjadi pada belt dan menghilangkan sisa batubara yang terjebak pada bagian dalam coal feeder penyebab kemungkinan terjadinya ledakan.



Gambar 7. Cleanout Conveyor

- c. **Belt feeder** : komponen penyalur batubara dari keluaran coal bunker sampai ke inlet pulverizer melalui outlet coal feeder.
- d. **Junction box** : merupakan tempat lampu indikator untuk belt feeder dan cleanout conveyor dalam posisi operasi atau stop, posisi remote-lokal, forward-reverse, bunker outlet open-close, lampu penerangan pada posisi operasi nyala atau mati, dan tombol emergency stop. Adapun terdapat kendali untuk reverse/forward dan kendali mode coal feeder (manual/auto).



Gambar 8. Junction Box

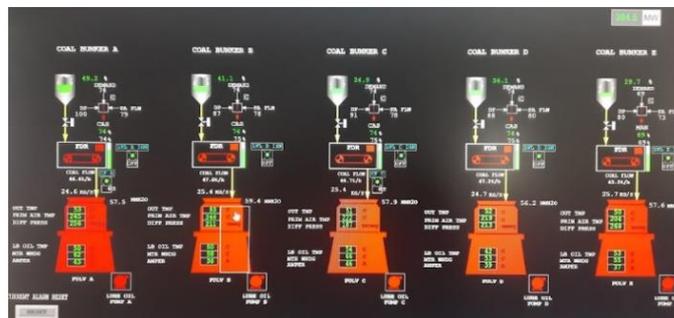
- e. **Lokal kendali panel** : komponen berisi relay-relay dan mikroprosesor yang memberikan informasi status, mode yang dipakai dan *alphanumeric* display untuk menampilkan kondisi pengoperasian serta sebagai otak *coal feeder* atau sistem yang terhubung dengan DCS.
- f. **Proteksi coal feeder** : memiliki dua proteksi yang terdiri dari papan penyentuh, dan *limit switch*. Proteksi tersebut yakni *no coal on belt* dan *outlet plugging*.



Gambar 9. Papan Penyentuh No Coal On Belt **Gambar 10.** *Limit Switch Outlet Plugging*

3.3. Prinsip Kerja Coal Feeder

Coal feeder merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah batubara yang dibakar dalam suatu sistem pembakaran (*boiler*). Prinsip kerja dari *gravimetric coal feeder* yang digunakan pada PLTU Suralaya unit 1 – 4 ini ialah dengan mengukur berat batubara yang masuk ke sistem pembakaran, sehingga dapat mengendalikan jumlah batubara yang akan dibakar dengan akurat. *Coal feeder* mengukur berat batubara dengan menggunakan sensor berat (*load cell*). *Load cell* sendiri terpasang di bawah *belt conveyor* yang mengangkut batubara ke *pulverizer* sebelum ke sistem pembakaran. *Feedback* dari sensor *load cell* dalam bentuk ton/jam ini akan dikirim ke DCS tiap 1 ton/jam nya dalam bentuk sinyal impuls. Dengan menggunakan *gravimetric coal feeder*, pengendalian jumlah batubara yang dibakar dapat akurat dan menjamin efisiensi pembakaran, selain itu diperlukan kalibrasi sensor *load cell* secara berkala agar sistem kendali suplai batubara dapat selalu berjalan dengan baik.



Gambar 11. Proses Penyaluran Batubara dengan *Coal Feeder*

Proses pengaturan atau jumlah batubara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran sebagai penyesuaian daya yang ingin dibangkitkan diatur oleh DCS melalui *set point (demand)*. Dengan adanya *load cell* pada *coal feeder* mampu memberikan data bahwa beban yang terdapat di *belt conveyor* telah sesuai dan dipertahankan untuk sebesar nilai *density actual*.

Coal feeder sendiri digerakkan oleh 2 buah motor induksi 3 fasa yang mana, motor pertama digunakan sebagai penggerak utama dalam memutar *belt conveyor*, dan motor kedua digunakan untuk memutar *belt cleanout conveyor*. Kecepatan kedua motor ini pengaturan kecepatannya diatur

oleh DCS dari ruang kendali dengan menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD). Pengendalian kecepatan motor pada *coal feeder* juga memiliki pengaruh pada pengaturan jumlah *coal feeder* dalam mensuplai batubara ke *pulverizer*.

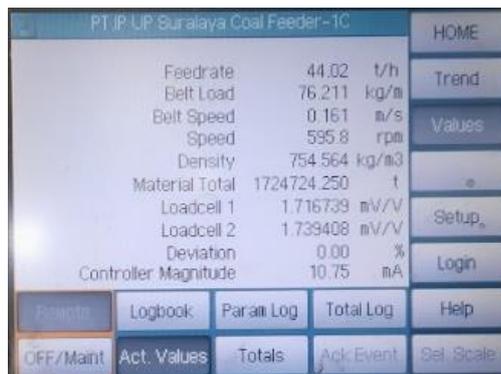
3.4. Sistem Kendali Coal Feeder

Dari pengamatan dan pengambilan data yang dilakukan, pada ruang kendali *instrument boiler* unit 1 – 4 didapatkan data tes simulasi *feeder* operasi dari sinyal permintaan DCS sebagai berikut:

Tabel 1. Feeder Simulation Test Remote Mode of Operation from DCS Demand Signal

Demand Signal		Density Actual	Feedrate Setpoint	Federate Actual	Speed Display	Analog Input 3
%	mA	kg/m ³	ton/jam	ton/jam	Rpm	mA
Stop		755.654	22.26	00.00	000.0	9.65
0	4	757.125	22.00	22.01	297.4	4.03
25	8	758.675	22.00	22.01	300.1	8.04
50	12	756.313	31.76	31.75	435.7	12.09
75	16	757.158	47.59	47.58	654.5	16.09
100	20	754.609	63.00	62.92	855.7	21.11

Sedangkan berikut ini merupakan tampilan kondisi pengoperasian panel kendali pada *coal feeder* 1C . Pada Gambar 3.11 tersebut data yang ditampilkan menunjukkan pengoperasian diantara permintaan 50 – 75%.



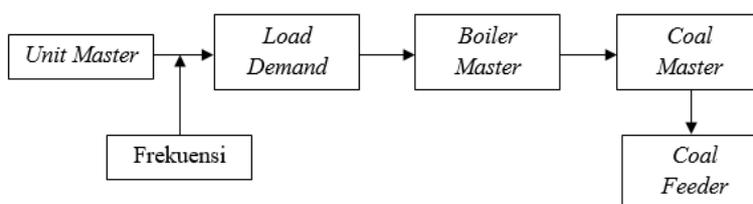
Gambar 12. Lokal Panel Kendali *Coal Feeder* 1C unit 1 – 4

Proses *set point* diawali dengan permintaan (*demand*) dari *unit master* dan *JCC load requirement* sebagai permintaan untuk besar daya yang ingin dibangkitkan oleh pembangkit, dengan begitu uap-uap hasil pembakaran harus sesuai dengan yang diinginkan agar dapat memutar turbin yang terkopel dengan generator menghasilkan daya yang diminta. Maka batubara sebagai bahan bakar *boiler* diatur jumlahnya untuk memenuhi proses pembakaran sesuai daya kebutuhan pembangkitan daya tersebut. Namun dari *set point* awal ini, perlu diperhatikan juga kemampuan sistem dalam membangkitkan daya, sehingga *set point* yang diterima sebelumnya akan diproses kembali menjadi *load demand*. Dari pengaturan ini kemudian terdapat koreksi frekuensi, dimana nilai frekuensi sistem yang diharapkan yakni sebesar 50 Hz. Jika nilai frekuensi mengalami penurunan, maka nilai *set point* akan dinaikkan untuk mengimbangi nilai frekuensi agar sesuai dengan nilai yang diharapkan, begitupula sebaliknya jika frekuensi >50 Hz.



Gambar 12. Kendali Beban pada Coal Feeder pada DCS

Nilai *set point* dari *load demand* yang artinya nilai kesiapan untuk besar beban yang dihasilkan sistem ini akan di koreksi oleh nilai frekuensi sistem, sehingga *set point* yang telah dikoreksi tersebut akan diteruskan ke *boiler master*, yang mana pada bagian ini juga besar nilai *set point* dibagi ke 5 *coal feeder*, lalu nilai *set point* tersebut masuk kedalam *coal master* sebagai kendali dari *coal feeder*.



Gambar 13. Diagram Kendali Beban Coal Feeder

Permintaan daya ini akan langsung terkonversi oleh *coal feeder* sebagai pengaturan jumlah beban yang akan diberikan *coal feeder* ke *pulverizer*. Dengan nilai 100 MW maka laju *coal feeder* maksimal berada di 63 ton/jam dan *start* 22 ton/jam bahkan ketika permintaan bernilai 0.

Pada kondisi normal atau tidak terdapat gangguan, pengaturan kendali beban biasanya memiliki mode status *coordinate control*, yakni kondisi yang dilakukan secara otomatis, baik pada *boiler* maupun turbin. Namun jika terdapat gangguan pada salah satu sistem, dari data yang diambil biasanya operator mengubah mode status menjadi turbin *follow*, yakni ketika *boiler* diatur secara manual dan turbin mengikuti. Untuk mode status *boiler follow* sendiri biasanya dilakukan ketika dilakukannya pengetesan pada *valve-valve* turbin, seperti *governor* dan *Main Steam Valve (MSV)*. Turbin diatur secara manual dan *boiler* mengikuti, pada *boiler follow* ini juga biasanya tidak responsif terhadap frekuensi. Pengaruh perubahan mode status ini pada *set point* yaitu dilihat dari kemampuan tiap sistem dalam membangkitkan daya.

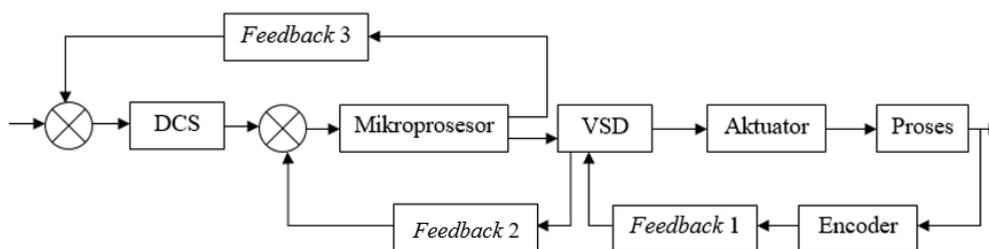
Selanjutnya, dalam pengaturan kecepatan *coal feeder* terdapat beberapa cara ditinjau dari sinyal yang diolah oleh sistem sehingga nilai *output* sesuai dengan nilai *set point* yang diinginkan. Pengolahan data dari pembacaan sensor pada beberapa bagian sistem menghasilkan *set point* yang kemudian dikirimkan untuk pengolahan data dengan sistem DCS, sebuah sistem yang digunakan untuk mengkonversi sinyal-sinyal atau data dari berbagai sistem untuk diambil keputusan dengan mempertimbangkan hasil kinerja sistem yang baik. *Coal feeder* sebagai salah satu komponen yang menggunakan DCS sebagai sistem pengendalinya, memerlukan sistem tersebut untuk mendapatkan *set point* yang nantinya akan diberikan ke mikroprosesor sebagai kendali unit *coal feeder*.

Set point yang diberikan DCS kepada mikroprosesor digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan yang dibutuhkan pada *coal feeder* untuk mendapatkan jumlah batubara yang diperlukan oleh *boiler*. Pengaturan kecepatan *coal feeder* yang berkaitan dengan *pulverizer* ini terdiri dari tiga

faktor utama, yaitu *speed demand*, *primary air flow*, dan *differential pressure mill*. Hal ini memiliki tujuan untuk mengimbangi kondisi di dalam *pulverizer* agar dapat memberikan keamanan yang baik.

Kecepatan *coal feeder* dipengaruhi oleh kebutuhan pada *boiler* dengan melihat parameter suhu yang diperlukan untuk menghasilkan uap kering yang dapat memutar turbin hingga menghasilkan daya yang ingin dibangkitkan. Adapun ketika selisih DP mill tinggi, yang mana nilai tersebut dipengaruhi oleh kualitas dari batubara, maka juga berpengaruh pada kecepatan *coal feeder*. Semakin bagus kualitas batubara, maka selisih DP mill akan semakin kecil, dan kecepatan *coal feeder* akan menurun sesuai dengan keperluan pembakaran pada *boiler*, dan tidak memerlukan PA flow dengan parameter *temperature* dan *flow* yang besar. Namun jika kualitas batubara rendah, seperti basah atau berupa lumpur, maka kecepatan *coal feeder* akan meningkat sebab pembakaran pada *boiler* tidak cukup untuk dapat memutar sudu-sudu turbin sesuai dengan beban yang dihasilkan, maka dari itu kerja PA flow akan meningkat sehingga dapat menyuplai udara dengan *temperature* dan *flow* yang dapat mengeringkan batubara berkualitas rendah tersebut.

Pengaturan kecepatan *coal feeder* dapat digambarkan seperti blok diagram berikut :



Gambar 14. Diagram Blok Pengaturan Kecepatan *Coal Feeder*

Dari blok diagram Gambar 14 dapat dijelaskan mengenai pengaturan kecepatan *coal feeder* sesuai dengan sistem yang diharapkan.

1. **DCS** : sebagai sistem kendali, sinyal input yang mempengaruhi kecepatan *coal feeder* akan diolah dengan algoritma tertentu sehingga dihasilkan *speed demand* yang akan diberikan ke *coal feeder*. *Output* tersebut akan dikirimkan ke mikroprosesor sebagai kendali unit *coal feeder* sebagai nilai *set point*. Data yang diberikan dari DCS berupa sinyal arus 4 – 20 mA.
2. **Mikroprosesor** : sebagai kendali unit *coal feeder* yang mengolah sinyal atau *set point* dari DCS untuk mendapat kecepatan *coal feeder* sesuai dengan permintaan. Pada mikroprosesor ini, terdapat *card* yang akan mengubah sinyal arus 4 – 20 mA menjadi sinyal frekuensi 0 – 1000 Hz. Sinyal frekuensi tersebut kemudian diteruskan ke *Variable Speed Drive* (VSD).
3. **VSD** : alat yang digunakan untuk mengatur frekuensi dan tegangan yang masuk ke aktuator (motor induksi) untuk mendapatkan putaran dan torsi yang diinginkan. Sinyal frekuensi yang masuk ke dalam VSD memiliki rentang 0 – 1000 Hz, yang mana sebelum frekuensi tersebut masuk ke dalam VSD, sudah dikonversi terlebih dahulu ke dalam besaran tegangan 0 – 3.5 V. Dari sini, frekuensi yang masuk ke motor di konversi menjadi frekuensi dengan rentang 0 – 50 Hz. Sebab rata-rata peralatan sistem menggunakan frekuensi 50 Hz.
4. **Aktuator** : sebagai alat yang dikendalikan yaitu motor induksi 3 fasa, yang mana digunakan sebagai penggerak utama dalam menjalankan *belt feeder* dalam menyuplai batubara ke *pulverizer*. Aktuator ini terhubung dengan *encoder* untuk membaca kecepatan aktual yang dihasilkan motor induksi.
5. **Encoder** : poros *encoder* seporos dengan poros motor penggerak *belt feeder*; penghubung keduanya menggunakan *flexible coupling*. Sinyal yang dikirimkan *encoder* berupa sinyal

tegangan yang akan di *feedback* kepada VSD, *encoder* memberikan *output* sinyal untuk VSD.

6. **Feedback 1** : umpan balik yang dihasilkan oleh *encoder*, sehingga pulsa yang dihasilkan berupa sinyal kotak akan dikonversi menjadi sinyal frekuensi. *Output feedback* 1 ini akan diolah VSD dan VSD memberikan sinyal frekuensi berupa *feedback* 2.
7. **Feedback 2** : *output* sinyal frekuensi dari VSD diumpankan ke mikroprosesor berupa sinyal *zero crossing*.
8. **Feedback 3** : sinyal hasil konversi *feedback* 2 akan diumpan balik ke DCS sebagai hasil pembacaan nilai aktual dari sistem (pembacaan kecepatan *coal feeder*). Kemudian sinyal tersebut diolah untuk mendapatkan *speed demand* yang akan dijadikan *set point* pada mikroprosesor unit. Kecepatan *coal feeder* dapat berubah sesuai dengan beban generator yang berbanding lurus dengan kebutuhan suplai batubara pada *pulverizer*.

Pengaturan kecepatan *coal feeder* ini akan berpengaruh terhadap jumlah beban yang dibutuhkan sistem dalam membangkitkan daya sesuai yang diinginkan. Semakin besar daya atau jumlah beban yang diperlukan maka kecepatan *belt conveyor* akan dinaikan sampai jumlah beban yang dibutuhkan tercapai. Begitu juga ketika permintaan beban menurun, maka kecepatan *belt conveyor* akan diturunkan.

3.5. Sistem Proteksi Coal Feeder

Coal feeder memiliki beberapa proteksi yang berfungsi untuk menunjang sistem suplai batubara ke *pulverizer* dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan prosedur yang tepat. Pada penelitian ini proteksi yang akan dibahas ialah sebagai berikut :

3.5.1. No Coal On Belt

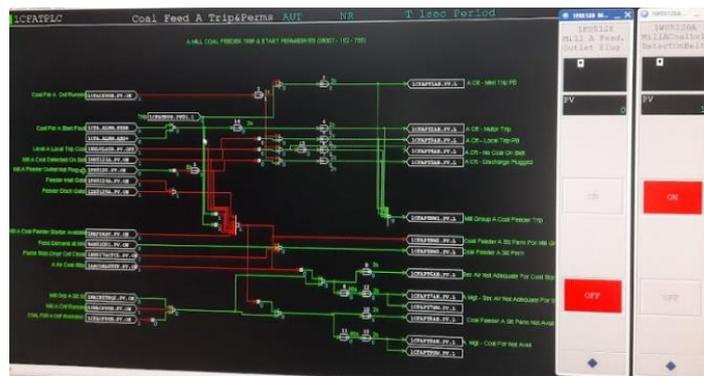
Proteksi *no coal on belt* sendiri merupakan proteksi yang digunakan untuk mengecek ada atau tidaknya batubara yang disuplai oleh *coal feeder*. Batubara yang keluar dari *coal bunker* akan langsung jatuh ke *belt feeder*, kemudian akan disuplai ke *pulverizer* melalui *discharge chut* (*outlet coal feeder*). Ketika *belt feeder* tidak terdapat batubara maka sistem akan memerintahkan agar *coal feeder* untuk melakukan *trip*. Indikasi tidak adanya batubara dilakukan melalui *limit switch* yang dihubungkan dengan *gate* (papan penyentuh) yang akan membuka dan menutup ketika batubara lewat melalui *belt*.

Ketika terdapat batubara pada *belt feeder*, maka *gate* akan terdorong. Namun, jika tidak terdapat batubara pada *belt feeder*, *limit switch* akan kontak dan mengidentifikasi terjadinya *local trip coal feeder*. Sinyal dari *limit switch* bahwa tidak adanya batubara ini akan diteruskan ke panel kendali dan DCS sebagai bentuk alarm terjadinya *no coal on belt*.

Terjadinya *no coal on belt* ini biasanya disebabkan oleh *plugging* batu bara di *outlet coal bunker*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut vibrator pada bagian *outlet coal bunker* langsung bekerja dengan estimasi waktu 5 detik, jika lebih dari 5 detik batubara tidak turun, maka *coal feeder* langsung melakukan *trip*. Alarm ketika terjadinya gangguan ini juga akan ditampilkan pada ruang kendali DCS. *Plugging* pada *outlet coal bunker* ini juga akan berpengaruh pada kerja *pulverizer*, ketika terjadinya hambatan batubara pada *inlet coal feeder* maka *pulverizer* akan beroperasi dengan estimasi waktu 10 detik, dan diharapkan kurang dari itu *coal feeder* sudah bisa menyuplai kembali batubara ke *pulverizer*.

3.5.2. Coal Feeder Outlet Plugging

Proteksi *outlet plugging* ini merupakan pengaman dari adanya *plugging* atau hambatan pada *outlet coal feeder*. *Plugging* dapat terjadi dikarenakan adanya batubara berukuran besar atau berupa lumpur dapat juga dipengaruhi oleh bahan lain yang masuk seperti kayu, besi atau bahan lainnya. Prinsip kerja dari proteksi *outlet plugging* sebenarnya hampir sama dengan proteksi *no coal on belt*, yaitu menggunakan *limit switch* yang juga terhubung ke *gate* sebagai indikasi terjadinya *plugging*. Terjadinya *plugging* pada *outlet coal feeder* ini akan secara langsung mematikan *coal feeder* dan juga *pulverizer*. Sebab tidak adanya cara untuk mengatasi *plugging* secara cepat pada bagian *outlet coal feeder*. Jika tidak langsung *trip*, hal yang bisa terjadi adalah *pulverizer* mengalami eksplosif karena adanya suhu yang tinggi pada bagian penghalusan.



Gambar 15. Tampilan Sistem Proteksi Coal Feeder pada DCS

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Proses pemindahan batubara sebagai bahan baku utama pembakaran *boiler* di unit 1 – 4 PLN Indonesia Power UBP Suralaya ini ialah dengan menggunakan *scrapper conveyor*, *coal bunker*, dan *coal feeder* sebelum akhirnya dihaluskan pada bagian *pulverizer*. Sistem kendali pada *coal feeder* unit 1 – 4 ini meliputi pengaturan *set point* dari permintaan daya atau beban yang akan dibangkitkan dan kecepatan *belt conveyor* pada *coal feeder*. Sistem proteksi pada *coal feeder* yaitu *no coal on belt* dan *outlet plugging* akan memudahkan operator dalam mengetahui masalah yang terjadi pada *coal feeder* dan mengetahui hal apa yang perlu dilakukan untuk mengatasi masalah yang terjadi, dimana kedua proteksi tersebut akan memberikan alarm ketika terjadinya gangguan bahkan dapat langsung melakukan *trip* sebelum gangguan yang terjadi bertambah besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. C. Topuh, L. S. Patras and B. A. Sugiarto, "Aplikasi Pembelajaran Interaktif Pembangkit Listrik Tenaga Uap," Jurnal Teknik Informatika, vol. XIV, no. 2, p. 183, 2019.
- [2] R. Phanama, "ANALISA EKSERGI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) DI PT. INDONESIA POWER UNIT JASA PEMBANGKIT SANGGAU," JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin, vol. I, no. 1, 2019.
- [3] Wang, Chaoyang, "Cause Analyses of Congested Pulverized Coal Dropping of Pulverizing Coal Feeder in Storage Pulverizing System and Solutions," Journal of Physics; Conference Series; no 1-6, SCSET 2020
- [4] H. Abbas, Jamaluddin, M. Arif and Amiruddin, "ANALISA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN TENAGA UAP DI PLTU," ILTEK, vol. XIV, no. 1, 2019.

-
- [5] A. Murti, I. Manuaba and I. Arjana, "OPTIMASI UNIT PLTU BERBAHAN BAKAR BATUBARA MENGGUNAKAN METODE LAGRANGE DI PT INDONESIA POWER UP SURALAYA," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. VII, no. 1, pp. 77-78, 2020.
- [6] I. Maulana, Jusafwar and S. Prasetya, "Analisis Dampak Keandalan Sistem Pulverizer Terhadap Daya Yang Dihasilkan PLTU," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, Jakarta, 2019.
- [7] I. G. S. Widharma, "i SISTEM KONTROL TERDISTRIBUSI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)," *Politeknik Negeri Bali*, Bali, 2021.
- [8] A. Azis and I. K. Febrianti, "ANALISIS SISTEM PROTEKSI ARUS LEBIH PADA PENYULANG CENDANA GARDU INDUK BUNGERAN PALEMBANG," *Jurnal AMPERE*, vol. IV, no. 2, p. 333, 2019.
- [9] I. I. Pratiwi, Sulistiyanto and M. Bachrudin, "PENAMBAHAN SEAL AIR PADA SENSOR CHUTEPLUG DAN DISCHARGE COAL FEEDER UNTUK MENCEGAH MWH LOSSES DI PLTU PAITON 1 & 2," *JEECOM*, vol. I, no. 1, p. 37, 2019.
- [10] D. Noviadri, E. Zondra and Atmam, "EVALUASI KINERJA MOTOR COAL FEEDER DI PLTU TENAYAN RAYA TERHADAP PENGARUH PERUBAHAN FREKUENSI," *Jurnal Teknik*, vol. XVI, no. 1, pp. 88-95, 2022.
- [11] M. Rizki, A. Wenda, ... F. P.-2021 I., and undefined 2021, "Comparison of Four Time Series Forecasting Methods for Coal Material Supplies: Case Study of a Power Plant in Indonesia," ieeexplore.ieee.org, Accessed: Jun. 05, 2022.
- [12] Simamora, "Implementasi Realibility Centered Maintenance (RCM) II Pada Sub Sistem Syn Gas Compressor," *J. Pembang. Wil. Kota*, vol. 1, no. 3, pp. 82-91, 2018.
- [13] R. E. Mcdermott, R. Mikulak, M. R. Beauregard, and F. Group, *The basics of FMEA*, 2nd ed. CRC Press, 2008.
- [14] D. Febriyanti and E. Fatma, "Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Pendekatan Failure and Mode Effect Analysis dan Logic Tree Analysis," *JIEMS (Journal Ind. Eng. Manag. Syst.)*, vol. 11, no. 1, pp. 39-47, 2018, doi: 10.30813/jiems.v11i1.1015
- [15] M. A. Smith and R. G. Hinchcliffe, *Rcm—gateway to world class maintenance*. London: Elseveir Inc, 2004