JURNAL TELISKA **P-ISSN: 2085-0786**
Volume 19 No I Maret 2026 Page 36-45 **E-ISSN: 2654-2765**

APLIKASI AUTO LEVEL *SYSTEM* DENGAN *INTERLOCK* *PADA CONTINUITY BULK MATERIAL* PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA

Ahmad Aziz Mulyawan[1*], Masayu Anisah[2] , Iskandar Lutfi[3]
Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Sriwijaya[1,2,3]

ahmad.aziz.mulyawan4520@gmail.com[1].

ABSTRAK

Kontinuitas suplai bahan bakar merupakan faktor penting dalam menjaga kestabilan operasi boiler pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa. Permasalahan yang sering terjadi adalah kekosongan fuel bin serta tumpahnya bahan bakar akibat pengoperasian conveyor yang masih dilakukan secara manual. Tugas Akhir ini membahas penerapan Auto Level System dengan interlock pada sistem continuity bulk material pembangkit listrik biomassa. Sistem dirancang menggunakan sensor photocell sebagai pendeteksi level minimum dan maksimum bahan bakar pada fuel bin, yang diintegrasikan dengan kontaktor dan thermal overload relay (TOR) sebagai pengaman motor conveyor. Metode penelitian meliputi studi literatur, observasi lapangan, perancangan rangkaian, simulasi, serta pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan operasi conveyor secara otomatis, mencegah kondisi kekurangan dan kelebihan bahan bakar, serta meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional. Sistem ini juga membantu mengurangi ketergantungan terhadap operator dalam pengendalian suplai bahan bakar. Hasil penelitian ini membantu mengurangi bebean pekerjaan operator dalam pengoprasikan penyuplai bahan bakar menuju boiler serta menggurangi jeda bahan bakar menuju ke boiler yang membuat pembakaran boiler tidak sempurna.

Kata kunci : *Auto level system, interlock, conveyor, biomassa.*

ABSTRACT

Fuel supply continuity is a critical factor in maintaining stable boiler operation in biomass power plants. Common problems include empty fuel bins and material overflow caused by manual conveyor operation. This final project focuses on the application of an auto level system with interlock in the continuity bulk material system of a biomass power plant. The system utilizes photocell sensors to detect minimum and maximum fuel levels in the fuel bin, integrated with contactors and thermal overload relays (TOR) to control and protect the conveyor motor. The research methods include literature study, field observation, system design, simulation, and performance testing. The test results show that the system is capable of automatically controlling conveyor operation, preventing fuel shortages and overfilling, and improving operational safety and reliability. The implementation of this system also reduces operator workload and ensures stable fuel supply to the boiler. The results of this study help reduce the workload of operators in operating the fuel supply to the boiler and reduce the delay in fuel supply to the boiler which causes incomplete boiler combustion.

Keywords: *Auto level system, interlock, conveyor, biomass.*

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan modern karena hampir seluruh aktivitas manusia, seperti transportasi, kebutuhan rumah tangga, kelistrikan, serta kegiatan industri mikro maupun makro, sangat bergantung pada ketersediaan energi yang memadai. Selama ini, pemenuhan kebutuhan energi masih didominasi oleh energi fosil berupa minyak bumi, gas alam, dan batubara. Namun seiring meningkatnya konsumsi energi global, ketersediaan energi fosil semakin terbatas dan harganya cenderung meningkat. Di Indonesia, ketahanan energi juga mengalami dinamika sejak era kebangkitan energi tahun 1966, dengan produksi minyak bumi mencapai puncaknya pada tahun 1977 dan 1991 [1]. Kondisi tersebut mendorong pengembangan energi baru dan terbarukan sebagai alternatif untuk menjaga keberlanjutan pasokan energi nasional.

Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah biomassa, yaitu energi yang berasal dari bahan organik seperti kayu, limbah pertanian, serta limbah hewan [2]. Indonesia sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah yang sangat besar, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan bakar pembangkit listrik dapat menjadi solusi dalam mengurangi limbah sekaligus meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan [3]. Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai bahan bakar biomassa tidak hanya memberikan nilai tambah secara ekonomi, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah industri yang lebih ramah lingkungan.

Dalam operasional pembangkit listrik tenaga biomassa, kontinuitas suplai bahan bakar ke boiler merupakan faktor penting untuk menjaga kestabilan proses pembakaran dan efisiensi pembangkit. Ketidakstabilan suplai bahan bakar dapat menyebabkan penurunan performa boiler, gangguan pembakaran, bahkan penghentian operasi (shutdown) yang tidak direncanakan. Selain itu, suplai bahan bakar yang berlebihan juga dapat menyebabkan penumpukan material pada fuel bin yang berpotensi menimbulkan tumpahan material serta mengganggu proses operasional [4]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengendalian otomatis berupa auto level system yang dilengkapi dengan sistem interlock conveyor untuk mengatur proses pengisian bahan bakar secara otomatis berdasarkan ketinggian material dalam bin.

Penelitian ini dilakukan pada sistem pembangkit listrik biomassa di PT Energy Karya Persada yang berlokasi di Tempilang, Kabupaten Bangka Barat, Kepulauan Bangka Belitung. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari sistem kerja interlock auto start–stop pada conveyor pembangkit, mempelajari sistem kendali kontinuitas suplai bahan bakar pada boiler biomassa, serta mempelajari komponen-komponen yang digunakan pada sistem auto level bin penyuplai bahan bakar. Dengan penerapan sistem ini diharapkan dapat mencegah kekurangan bahan bakar saat operasi boiler, mencegah tumpahan bahan bakar akibat oversuplai, serta mempermudah pekerjaan operator dalam menjaga kestabilan ketersediaan bahan bakar secara otomatis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Interlock

Sistem interlock merupakan mekanisme atau sistem logika pengaman yang dirancang untuk mencegah terjadinya dua atau lebih kondisi operasi yang saling bertentangan dalam suatu rangkaian kontrol. Sistem ini memastikan bahwa hanya kombinasi operasi yang diizinkan yang dapat dijalankan sehingga keselamatan peralatan dan operator dapat terjaga. Dalam aplikasi industri, interlock banyak digunakan pada sistem pengendalian motor, conveyor, maupun peralatan proses lainnya untuk menjamin urutan operasi yang benar serta mencegah terjadinya kesalahan pengoperasian.

Prinsip kerja sistem interlock melibatkan proses pengawasan kondisi operasional, penerapan logika pengendalian, dan pengendalian aktuator. Sensor atau saklar digunakan untuk memantau kondisi sistem, kemudian sinyal yang dihasilkan diproses melalui rangkaian kontrol berbasis relay atau kontaktor untuk menentukan apakah suatu peralatan dapat dioperasikan atau harus dihentikan. Jika kondisi operasi memenuhi persyaratan, sistem akan mengaktifkan aktuator seperti relay atau kontaktor untuk menghubungkan aliran listrik ke peralatan, sedangkan pada kondisi tidak aman sistem akan memutuskan aliran listrik guna mencegah terjadinya gangguan.

Penerapan sistem interlock tidak hanya meningkatkan tingkat keselamatan kerja, tetapi juga berperan dalam meningkatkan efisiensi operasional karena mampu mengurangi risiko kerusakan peralatan serta meminimalkan waktu henti akibat kesalahan operasi. Dengan demikian, sistem interlock menjadi salah satu bagian penting dalam sistem otomasi industri yang bertujuan memastikan proses operasi berlangsung secara aman, teratur, dan andal [5].

2.2 Conveyor

Conveyor adalah mesin yang memiliki fungsi utama untuk memindahkan barang dalam jumlah banyak dari suatu tempat ke tempat yang lain. Mesin conveyor ini sangat sering digabungkan dengan fungsi lain seperti fungsi quality control, pemilahan produk, penimbangan produk, deteksi logam, memuat barang ke truk / menurunkan barang dari truk, dan lainnya. Fleksibilitas ini yang membuat conveyor sangat sering dipakai dalam lini produksi [6].

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

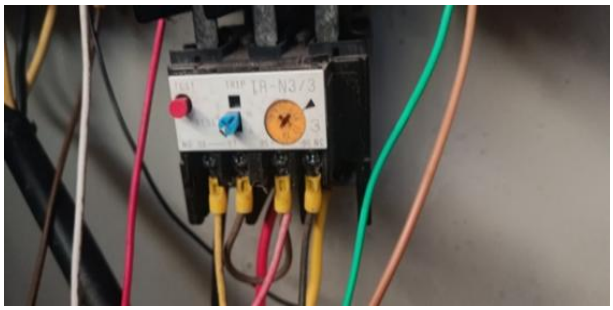
P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765



Gambar 1. Scrapper Conveyor[6]

2.3 Thermal Overload Relay (TOR)

Thermal Overload Relay (TOR) merupakan salah satu peralatan proteksi yang bekerja berdasarkan pengaruh suhu panas (temperature) dimana arus yang mengalir akan dikonversi menjadi panas untuk mempengaruhi bimetal. Bimetal inilah yang kemudian akan menggerakan tuas untuk menghentikan aliran arus ketika terjadi over current [7]



Gambar 2. Thermal Overload Relay (TOR)[7]

2.4 Contactor

Contactor merupakan komponen elektromekanis yang berfungsi sebagai saklar utama untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik menuju beban, seperti motor. Prinsip kerjanya didasarkan pada gaya elektromagnetik yang menarik inti besi ketika kumparan dialiri arus. Menurut penelitian terbaru [8], penggunaan contactor dalam sistem kendali otomatis memberikan keuntungan dari sisi keamanan dan efisiensi karena operator tidak perlu berinteraksi langsung dengan rangkaian daya. Contactor juga sering digunakan bersama sensor otomatis seperti photocell atau relay logika untuk mengatur operasi motor secara otomatis. Dalam sistem pembangkit biomassa, contactor berperan sebagai penghubung utama motor conveyor yang dikontrol oleh sinyal dari sensor photocell, memastikan sistem dapat bekerja hanya pada kondisi yang aman.



Gambar 3. Kontaktor[8]

2.5 Motor DC

Motor DC digunakan secara luas dalam simulasi sistem kontrol karena kemudahan dalam pengendalian kecepatan dan torsi. Studi terbaru juga mengembangkan monitoring overload motor DC berbasis IoT untuk memberikan peringatan real-time jika terjadi kelebihan beban (Alwan et al., 2022). Temuan ini relevan dengan penelitian yang menggunakan motor DC sebagai representasi motor conveyor biomassa dalam sistem interlock berbasis photocell [9].



Gambar 4. Motor DC [9]

2.6 Photocell

Photocell merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi cahaya dan mengubahnya menjadi sinyal listrik berdasarkan prinsip perubahan resistansi bahan semikonduktor akibat intensitas cahaya yang diterima. Semakin besar intensitas cahaya yang mengenai sensor, semakin besar arus listrik

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

yang dihasilkan sehingga sinyal tersebut dapat dimanfaatkan sebagai input pada sistem kendali otomatis.



Gambar 5. Photocell[10]

Salah satu jenis photocell yang banyak digunakan adalah cadmium sulfide (CdS) karena memiliki sensitivitas tinggi terhadap cahaya dan sering diterapkan pada sistem otomatis berbasis ON–OFF. Pada sistem kendali, photocell dapat dikonfigurasikan agar aktif ketika terkena cahaya atau sebaliknya sesuai kebutuhan aplikasi, sehingga mampu digunakan sebagai pendeteksi level material atau objek dalam sistem otomasi industri secara sederhana dan andal [10].

2.7 Sistem rangkaian starting motor tiga fasa

Sistem rangkaian starting motor tiga fasa merupakan rangkaian listrik yang digunakan untuk menghidupkan motor induksi tiga fasa dengan mengalirkan tegangan dan arus secara terkontrol dari sumber ke lilitan stator. Penggunaan rangkaian starting bertujuan untuk memulai putaran motor dari kondisi diam hingga mencapai kecepatan kerja, mengendalikan arus start agar tidak terlalu tinggi, serta memastikan torsi awal cukup untuk memutar beban. Tanpa rangkaian starting, motor yang langsung dihubungkan ke tegangan penuh dapat menarik arus awal sebesar 5–7 kali arus nominal, yang berpotensi menyebabkan panas berlebih pada lilitan motor, penurunan tegangan pada jaringan listrik, serta gangguan pada peralatan listrik lainnya. Oleh karena itu, rangkaian starting digunakan untuk mengurangi dampak arus start yang besar dan menjaga keandalan sistem kelistrikan. Dalam peelitian ini peulis megguakan Sistem rangkaian starting motor tiga fasa Direct On Line (DOL) Start delta sebagai sistem kendalinya [10].

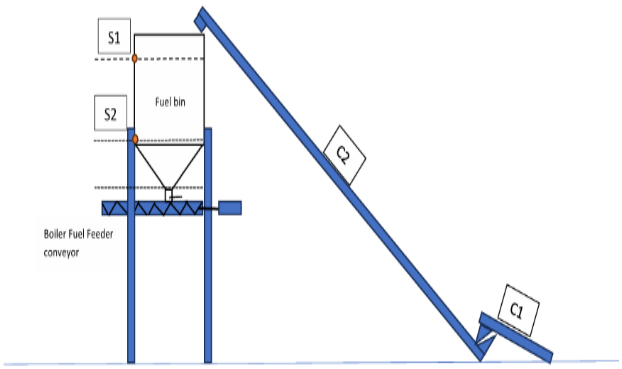
3. METODOLOGI

3.1 Desain Sistem

Desain sistem mengacu pada metode Direct On Line (DOL) yang umum digunakan pada motor listrik di industri, yang mana Direct On Line (DOL) Start delta sebagai sistem kendalinya. Sensor photocell diposisikan sebagai detektor cahaya yang merepresentasikan level material pada bin bahan bakar. Apabila photocell mendeteksi cahaya di atas ambang batas, motor DC akan aktif melalui perintah contactor. Sebaliknya, apabila cahaya berkurang, motor akan berhenti secara otomatis. TOR dipasang sebagai proteksi arus lebih, sedangkan MCB berfungsi sebagai pemutus arus apabila terjadi gangguan hubung singkat.

3.2 Model Alat

Berikut model 2D alat simulasi sistem interlock auto start stop pada conveyor yang menuju fuel bin.



Gambar 6. Model Alat

Keterangan:

C1: Merupakan konveyor membawa Fuel dari tempat penyimpanan awal menuju ke *Fuel bin*.

C2: Merupakan konveyor membawa *Fuel*/bahan bakar darik konveyor C1 menuju ke *Fuel bin*

S1: Sensor ultrasonnic dengan fungsi sebagi pengukur pengukur batas atas Fuel bin

S2: Sensor Photocell dengan fungsi sebagi pengukur pengukur batas bawah

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

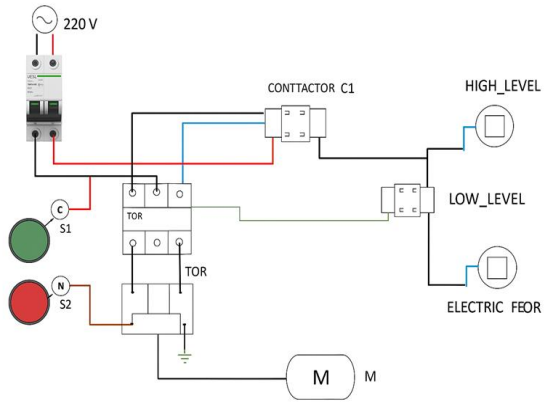
P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

Fuel bin

Fuel bin: Merupakan tempat penyimpanan bahan bakar sebelum menuju boiler

Boiler Fuel Feeder Conveyor: merupakan *conveyor* yang tepat di dasar fuel bin yang memasukan bahn bakar dari fuel bin menuju boiler.

Pada Gambar 6 merupakan model 2D (Dimensi) yang mana pada C1 yang merupakan terusan dari Setasiun Monomenser yeng merupkan alat pencacah tandan buah sawit dari pabrik0 pemerosesan buah, kemudaian pada C2 tandan yang telah di haluskan masuk ke konveyor kemudian masuk kedalam fuel bin. S1 dan S2 merupakan tempat sensor yang mana S1 merupakan tempat sensor ultrasonik sedangkan S2 merupakan Photocell,S1 dan S2 sebagai indikator yang mana menjadi penanda bahwa fuel bin telah kosong ataupun telah penuh.



Gambar 7. Diagram Schematic

3.3 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. **Perancangan Rangkaian**
   Membuat rangkaian simulasi sistem kontrol motor berbasis photocell. Rangkaian terdiri dari sensor photocell sebagai input, contactor sebagai saklar, TOR sebagai proteksi arus lebih, dan MCB sebagai pemutus utama.

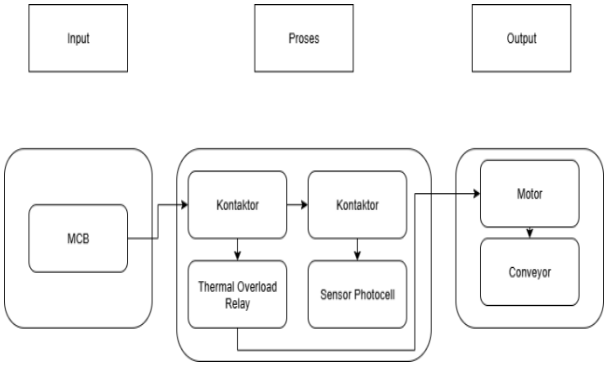
2. **Implementasi Sistem**
   Merangkai sistem pada perangkat keras dan/atau perangkat lunak simulasi. Photocell diatur agar mendeteksi kondisi cahaya terang (ON) dan gelap (OFF) yang mewakili kondisi level bahan bakar di bin.

3. **Pengujian Sensor Photocell**
   Mengamati respon photocell terhadap perubahan intensitas cahaya. Dicatat kondisi motor (menyala atau mati) sesuai sinyal sensor.

4. **Pengumpulandan Analisis Data**
   Data yang dikumpulkan berupa kondisi photocell (ON/OFF), status motor, waktu respon, serta respon TOR dan MCB. Data dianalisis dengan membandingkan hasil uji dengan teori pada tinjauan pustaka untuk menilai efektivitas sistem.

3.4 Blok Diagram

Diagram blok yang digunakan:



Gambar 8. Blok diagram

Blok diagram pada Gambar 8 di atas menunjukkan prinsip kerja sistem kontrol motor berbasis sensor cahaya (photocell). Pada bagian input, photocell berfungsi sebagai sensor yang mendeteksi intensitas cahaya dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sinyal dari photocell kemudian diteruskan ke bagian proses, yang terdiri atas contactor dan thermal overload relay. Contactor berperan sebagai saklar elektromagnetik yang menghubungkan atau memutuskan aliran listrik ke motor sesuai dengan perintah dari sensor. Sementara itu, thermal overload relay berfungsi sebagai sistem proteksi untuk mencegah kerusakan motor akibat arus berlebih atau kondisi panas yang berlebihan.

Apabila terjadi beban lebih, relay ini secara otomatis memutus aliran listrik sehingga motor

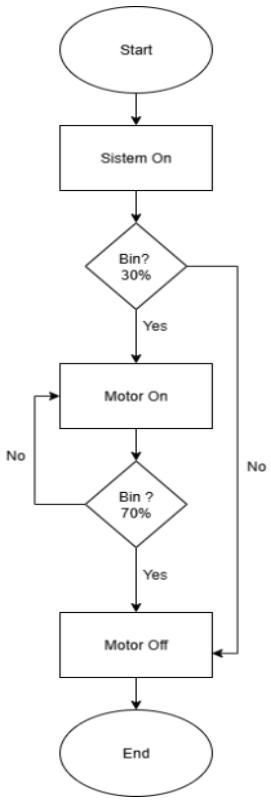
DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

berhenti bekerja. Selanjutnya, pada bagian output, motor akan menyala apabila photocell memberikan perintah aktif dan contactor dalam kondisi terhubung, serta berhenti apabila proteksi thermal overload relay bekerja. Dengan demikian, block diagram ini merepresentasikan sebuah sistem kontrol otomatis dengan proteksi beban lebih yang dapat meningkatkan keamanan dan keandalan operasi motor listrik.

3.5 Flowchart

Tahapan penelitian secara umum digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 9. Flowchart

Flowchart gambar 9 menggambarkan logika kerja sistem kontrol otomatis untuk pengoperasian motor pengisi bin berdasarkan level material yang ada di dalam bin. Sistem ini berfungsi untuk menjaga kestabilan proses dengan mengatur kapan motor harus menyala (On) dan kapan harus berhenti (Off), sehingga material dalam bin tetap berada pada kapasitas yang diinginkan.

Proses dimulai dengan kondisi Start, yang menunjukkan bahwa sistem siap dijalankan. Setelah itu, sistem masuk pada tahap Sistem On yang berarti bahwa seluruh rangkaian kontrol telah aktif dan siap melakukan monitoring terhadap kapasitas bin.Tahap berikutnya adalah pengecekan kapasitas bin sebesar 30%. Jika kapasitas bin masih berada di bawah 30%, maka motor tidak akan aktif. Namun, ketika sensor mendeteksi bahwa kapasitas bin sudah mencapai 30% atau lebih, maka sistem memberikan perintah agar motor menyala (Motor On). Aktivasi motor ini bertujuan untuk menambah material ke dalam bin sehingga proses penyimpanan berjalan sesuai kebutuhan.

Selanjutnya, sistem kembali melakukan pengecekan kapasitas bin sebesar 70%. Selama kapasitas bin belum mencapai 70%, motor tetap menyala dan proses pengisian terus berlangsung. Namun, jika kapasitas bin telah mencapai batas 70%, maka sistem memberikan perintah untuk mematikan motor (Motor Off). Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya overfilling atau kelebihan material di dalam bin yang dapat mengganggu proses berikutnya.Tahap terakhir adalah kondisi End, yang menunjukkan bahwa siklus proses pengisian bin selesai dan sistem akan menunggu siklus berikutnya.Dengan demikian, flowchart ini menggambarkan sebuah sistem interlock sederhana yang mengatur motor berdasarkan level material di dalam bin. Logika ini banyak diterapkan pada industri, khususnya dalam proses feeding bahan bakar boiler serta proses produksi yang membutuhkan pengaturan material secara otomatis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sensor Photocell

Pengujian sensor photocell dilakukan untuk mengetahui responnya terhadap perubahan intensitas cahaya. Hasil menunjukkan bahwa ketika photocell menerima cahaya di atas ambang batas, rangkaian memberikan sinyal ke kontaktor sehingga motor DC menyala. Sebaliknya, ketika cahaya berkurang, sinyal ke kontaktor terputus dan motor berhenti secara otomatis. Hal ini membuktikan bahwa photocell dapat digunakan sebagai pendeteksi level material pada bin, dengan prinsip kerja memanfaatkan perubahan cahaya yang merepresentasikan kondisi penuh atau kosong.

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

Tabel 1. Hasil Simulasi

Kondisi Bin	Sensor Batas Bawah	Sensor Batas Atas	Status Motor	Keterangan
Kosong (<30%)	ON	OFF	ON	Motor conveyor mengisi bin
Terisi 30%	ON	OFF	ON	Motor tetap menyala karena belum mencapai batas maksimum
Terisi 70%	OFF	ON	OFF	Motor berhenti, bin penuh sesuai batas atas
>70% (Penuh)	OFF	ON	OFF	Motor tetap mati untuk mencegah Overfilling
Overload Motor	-	-	OFF	TOR bekerja memutus arus untuk melindungi motor

4.2 Analisis Kinerja Sistem

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, sistem auto start stop dengan interlock berhasil bekerja sesuai fungsinya. Motor hanya beroperasi ketika level bin berada di bawah batas minimum, dan berhenti secara otomatis saat level mencapai batas maksimum. Hal ini memastikan kontinuitas suplai bahan bakar ke boiler tetap stabil tanpa risiko kehabisan atau kelebihan material.

Dari sisi keamanan, penggunaan TOR terbukti efektif dalam melindungi motor dari kerusakan akibat arus lebih. Interlock antar kontaktor juga menjamin tidak terjadi hubungan singkat saat sistem beroperasi. Dibandingkan dengan metode manual, sistem otomatis ini memberikan keuntungan berupa efisiensi operasional, peningkatan keselamatan kerja, serta perpanjangan umur peralatan.

Pada implementasi di pabrik, sistem ini menggunakan motor tiga fasa sebagai penggerak conveyor, yang memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan motor DC pada prototype. Namun, prinsip kerja tetap sama yaitu berbasis sensor level dan interlock. Dengan demikian, sistem auto start stop conveyor ini layak diterapkan sebagai solusi otomatisasi dalam penyuplai bahan bakar pembangkit berbasis biomassa.

4.3 Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem

Sistem auto start–stop interlock berbasis sensor photocell pada pembangkit tenaga biomassa ini dirancang untuk mengendalikan motor penggerak konveyor bahan bakar secara otomatis. Sistem bekerja dengan prinsip bahwa motor hanya akan aktif ketika level bahan bakar berada di bawah batas minimum, dan berhenti secara otomatis saat level mencapai batas maksimum.



Gambar 10. Rangkaian pada sistem

Perancangan sistem dilakukan menggunakan rangkaian kontrol dengan komponen utama berupa MCB, tombol *push button* start–stop, selector switch Auto/Manual, dua sensor photocell (untuk mendeteksi level tinggi dan rendah), relay utama (K1), *thermal overload relay* (TOR), motor AC, serta LED indikator.Koneksi antar komponen dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu jalur daya (power circuit) dan jalur kontrol (control circuit). Jalur daya bertugas mengalirkan arus dari sumber utama menuju motor melalui TOR dan kontaktor, sedangkan jalur kontrol mengatur kerja relay berdasarkan sinyal dari sensor dan tombol kendali.

1. Pengujian Mode Auto

Pada mode Auto, sistem bekerja sepenuhnya berdasarkan kondisi sensor photocell:

- Ketika sensor aktif (menandakan level bahan rendah), motor menyala dan mengerakan Konveyor atomatis dan mengisi bahan bakar ke bin.

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

- Ketika sensor HIGH aktif (menandakan level bahan tinggi), motor berhenti otomatis untuk mencegah kelebihan bahan.

Kondisi sensor diatur melalui intensitas cahaya yang diterima photocell. Saat cahaya rendah (gelap), resistansi turun sehingga arus mengalir ke coil kontaktor dan motor menyala. Sebaliknya, ketika cahaya tinggi, resistansi meningkat dan coil kehilangan arus, menyebabkan kontaktor membuka dan motor, LED hijau menyala ketika motor dalam kondisi ON

2. Pengujian Mode Manual

Pada mode manual, kontrol dilakukan menggunakan tombol START (NO) dan STOP (NC):

- Tekan START → motor menyala.
- Tekan STOP → motor berhenti.
- Kontak bantu (NO) dari kontaktor digunakan sebagai *self-hold*, menjaga motor tetap menyala walau tombol START dilepas.

Selector switch memungkinkan pergantian mode dengan mudah. Jika dipindah ke Auto, kendali manual dinonaktifkan untuk mencegah konflik logika antar mode.

3. Pengujian Proteksi Interlock TOR

Fungsi *thermal overload relay* (TOR) diuji untuk memastikan proteksi bekerja:

- Saat TOR dalam kondisi normal, motor beroperasi sesuai perintah sensor.
- Saat TOR trip (kontak NC terbuka), arus ke coil kontaktor terputus → motor berhenti.
- LED merah menyala sebagai indikator trip.

Motor tidak dapat dinyalakan kembali hingga TOR di-*reset*. Hal ini membuktikan TOR berfungsi sebagai interlock pengaman terhadap arus lebih.

4.5 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali berbasis sensor photocell mampu bekerja secara efektif dalam mengatur proses start dan stop motor pada sistem conveyor pembangkit tenaga biomassa. Sensor photocell berperan penting dalam mendeteksi perubahan intensitas cahaya yang mewakili kondisi level bahan bakar pada bin. Ketika cahaya terdeteksi pada batas tertentu, sensor mengirimkan sinyal ke rangkaian kontrol untuk mengaktifkan contactor sehingga motor berputar dan conveyor berjalan. Sebaliknya, ketika cahaya berkurang menandakan bahan bakar sudah penuh atau kondisi tertentu tercapai, sistem akan memutus aliran ke motor sehingga conveyor berhenti secara otomatis.



Gambar 11. Alat pada lapangan

Proses otomatisasi ini menunjukkan bahwa photocell dapat menggantikan fungsi sensor mekanik konvensional dengan kelebihan berupa respon cepat, biaya rendah, dan kemudahan pemasangan. Selain itu, integrasi sensor dengan komponen proteksi seperti Thermal Overload Relay (TOR) dan Miniature Circuit Breaker (MCB) menjadikan sistem lebih aman terhadap gangguan listrik. TOR bekerja dengan prinsip bimetal yang akan memutus arus saat terjadi beban berlebih, sedangkan MCB melindungi sistem dari arus lebih dan hubung singkat. Dengan demikian, motor DC yang digunakan sebagai aktuator utama dapat beroperasi dengan aman tanpa risiko kerusakan akibat gangguan daya.

Dari sisi efisiensi, sistem auto start stop dengan photocell terbukti dapat mengurangi ketergantungan terhadap operator, menghemat energi, dan menjaga kestabilan suplai bahan

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

bakar menuju boiler. Dalam kondisi simulasi, sistem mampu merespons perubahan cahaya secara cepat dan konsisten. Namun, penerapan di lapangan memiliki tantangan tersendiri, seperti adanya debu, kelembaban, dan paparan panas yang dapat memengaruhi akurasi sensor. Oleh karena itu, diperlukan perlindungan tambahan seperti pelindung sensor atau sistem pembersihan otomatis agar photocell dapat bekerja optimal dalam jangka panjang.

Selain memberikan manfaat dalam otomatisasi, sistem ini juga memperlihatkan pentingnya koordinasi antara elemen kontrol dan proteksi. Kombinasi antara photocell, contactor, TOR, dan MCB membentuk sistem interlock yang mencegah terjadinya kesalahan operasi. Hal ini sangat penting dalam pembangkit biomassa, di mana kestabilan suplai bahan bakar berpengaruh langsung terhadap efisiensi pembakaran dan kinerja boiler.

Secara keseluruhan, penggunaan sensor photocell dalam sistem kendali pembangkit biomassa memberikan solusi praktis dan efisien untuk pengaturan otomatis peralatan industri. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan kontrol berbasis mikrokontroler atau integrasi ke dalam sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) agar proses pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan secara real-time, serta meningkatkan reliabilitas sistem dalam skala industri yang lebih besar.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem auto start–stop interlock berbasis sensor photocell pada pembangkit tenaga biomassa, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan, yaitu mengendalikan operasi motor penggerak conveyor secara otomatis berdasarkan level bahan bakar dalam bin. Sensor photocell terbukti efektif dalam mendeteksi batas minimum dan maksimum bahan bakar dengan respon yang cepat dan stabil, sehingga motor dapat menyala dan berhenti secara otomatis tanpa memerlukan pengoperasian manual secara terus-menerus. Penerapan sistem interlock yang melibatkan sensor level, kontaktor, dan thermal overload relay (TOR) juga meningkatkan keselamatan serta keandalan operasi karena motor hanya dapat beroperasi pada kondisi aman dan terlindungi dari gangguan arus lebih maupun kesalahan operasi.

Selain itu, penggunaan sistem otomatis ini mampu meningkatkan efisiensi operasional pembangkit biomassa dengan menjaga kontinuitas suplai bahan bakar ke boiler sehingga proses pembakaran menjadi lebih stabil. Pengaturan waktu operasi motor yang lebih terkontrol juga berkontribusi pada penghematan konsumsi energi, memperpanjang umur peralatan, serta menurunkan potensi gangguan operasional. Dengan prinsip kerja yang sederhana namun efektif, sistem auto start–stop interlock berbasis sensor photocell ini dapat diterapkan pada industri biomassa skala kecil hingga menengah dan berpotensi dikembangkan untuk berbagai jenis bahan bakar biomassa lainnya melalui penyesuaian pada jenis sensor dan kapasitas motor penggerak yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. S. Haq, L. Laila, and B. Indrayatna, “Perancangan dan pembuatan sistem penghentian otomatis motor penggerak conveyor dan elevator kernel ke tangki akhir (batching tank),” *Jurnal Penelitian Institut Teknologi Sains Bandung*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2023.

[2] A. Haryanti, Norsamsi, P. S. F. Sholiha, and N. P. Putri, “Studi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit,” *Konversi*, vol. 3, no. 2, pp. 57–66, 2014.

[3] T. Puspita and I. A. Darmawan, “Thermal overload relay (TOR) sebagai sistem proteksi motor induksi 3 fasa pada mesin molding biofuel pelletizer di PT. Sejin Lestari Furniture,” *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika (JTMEI)*, vol. 2, no. 2, pp. 168–181, 2023.

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811

[4] H. Hernawati, D. Supriyatna, and D. Wanudyatammi, "Pengaruh motor listrik 3 phasa pada starting motor dengan rangkaian direct online (DOL)," *Vocational Education National Seminar (VENS)*, vol. 1, no. 1, pp. 129–132, 2022.

[5] S. Jamilatun, J. Pitoyo, A. Puspitasari, and D. Sarah, "Pirolisis tandan kelapa sawit untuk menghasilkan bahan bakar cair, gas, water fase dan charcoal," dalam *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 2022.

[6] Naim, "Fungsi thermal overload relay," artikel referensi online, 2021.

[7] Hayusman, "Penomoran pada thermal overload relay (TOR)," artikel teknis, 2020.

[8] S. Sanjaya *et al*., "Penggunaan energi biomassa sebagai sumber energi alternatif," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, vol. 9, no. 2, pp. 45–52, 2018.

[9] J. P. Simanjuntak, *Metode pembangkit listrik tenaga biomassa non fosil*. Medan: Politeknik Negeri Medan, 2023.

[10] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, *Sejarah ketahanan energi Indonesia era 1966*. Jakarta: Dewan Energi Nasional, 2019.

DOI : 10.36257/teliska.v19iI.11811