

PERANCANGAN PROTOTYPE EARLY WARNING SYSTEM PADA KONTROL ON/OFF BELT CONVEYOR MENGGUNAKAN PLC SIEMENS S7-300

Taufik^{1,2}, Wahyuni Putri^{1,2}

1) Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

2) Laboratorium Sistem Produksi, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Email: taufik@ft.unand.ac.id, wputriadyus@gmail.com

Abstract

Nowdays, automation system become important aspect in manufacturing process because could make integration manufacturing process on it more effective and more efficient. PLC or Programmable Logic Controller is one kind of automation system. Many industries use PLC as automation control device in manufacturing process to control all kind of process. For example at transportation process of coals in generator industry. Coals could be burned because main elements of coals are carbon, hydrogen, and oxygen. Base on this prototype early warning system design, we get the result if sensor thermocouple detect temperature more large than setpoint temperature (it is 200°C), then PLC will give an order to shut down the output, that is belt conveyer. Result of this prototype design could used at coals transportation as an early warning system. Design of prototype early warning system could detect and prevent fire because of consequence of burned coals until spreading of fire could be avoided.

Keywords: PLC Siemens S7-300, IC AD 595, Sensor Thermocouple K

Abstrak

Pada masa sekarang ini, sistem otomasi menjadi aspek penting dalam proses manufaktur karena mampu mengintegrasikan proses manufaktur sehingga menjadi lebih efektif dan efisien. PLC atau Programmable Logic Controller merupakan salah satu jenis sistem otomasi. Banyak industri menggunakan PLC sebagai alat pengendali otomatis pada proses manufaktur untuk mengendalikan semua jenis proses. Sebagai contohnya adalah proses transportasi batubara pada industri pembangkit listrik. Batubara dapat dibakar karena elemen utamanya adalah karbon, hidrogen dan oksigen. Pada desain prototype early warning system, jika sensor thermocouple mendeteksi temperatur melebihi set poin yang ditentukan (200°C), maka PLC akan memberikan perintah untuk mematikan belt conveyer. Hasil dari prototype ini dapat digunakan pada sistem transportasi batubara sebagai early warning system. Desain dari prototype early warning system dapat mendeteksi dan mencegah kebakaran akibat terbakarnya batubara.

Keywords: PLC Siemens S7-300, IC AD 595, Sensor Thermocouple K

1. PENDAHULUAN

Sistem otomasi tidak dapat dipisahkan dari sistem industri khususnya di Indonesia. Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, sistem kontrol otomatis membantu manusia untuk mengatasi permasalahan yang ada dengan cara yang lebih mudah. Pada industri, sistem ini dapat membuat kegiatan produksi yang terintegrasi didalamnya menjadi lebih efektif dan efisien. Salah satu jenis sistem otomasi yang ada adalah PLC atau *Programmable Logic Contoller*. Banyak industri yang

menggunakan PLC sebagai alat kontrol otomatis pada kegiatan produksi. Salah satu contohnya adalah pada proses transportasi pengangkutan batubara pada industri-industri seperti pembangkit listrik, industri semen, industri baja, dan yang lainnya.

PLTU Ombilin Sawahlunto merupakan salah satu industri pembangkit listrik yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Pada saat kegiatan pengangkutan batubara menggunakan *belt conveyer*, batubara tersebut bisa saja terbakar karena unsur utama dari batubara adalah senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen. Hal ini

tentunya dapat merugikan perusahaan dan juga menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan karena asap batubara yang terbakar sangat berbahaya bagi kesehatan.

Perancangan sistem peringatan dini atau *early warning system* dapat digunakan sebagai sistem kontrol otomatis untuk mendeteksi dan mencegah terjadinya kebakaran pada proses pengangkutan batubara. *Early warning system* dapat diterapkan pada proses tersebut karena dapat mendeteksi timbulnya kebakaran sehingga terjadinya kebakaran dapat dicegah. Pentingnya *early warning system* dalam pengangkutan batubara dengan *belt conveyor* ini adalah hal yang harus diperhatikan dikarenakan resiko dan dampak buruk yang ditimbulkan jika terjadi kebakaran akan sangat merugikan perusahaan.

Perancangan *early warning system* dalam pengangkutan batubara dengan kontrol otomatis menggunakan PLC dapat dibuat dalam suatu bentuk *prototype* agar bisa dijadikan solusi untuk permasalahan pada jalur transportasi pengangkutan batubara. Perancangan *prototype early warning system* ini dapat memberikan respon secara cepat jika terjadi permasalahan. Hal ini sangat penting untuk pengambilan keputusan selanjutnya terhadap permasalahan yang terjadi, seperti mematikan *conveyor*. Oleh karena itu, perlu dilakukan perancangan *prototype early warning system* pada proses pengangkutan batubara guna mendeteksi dan mencegah terjadinya kebakaran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

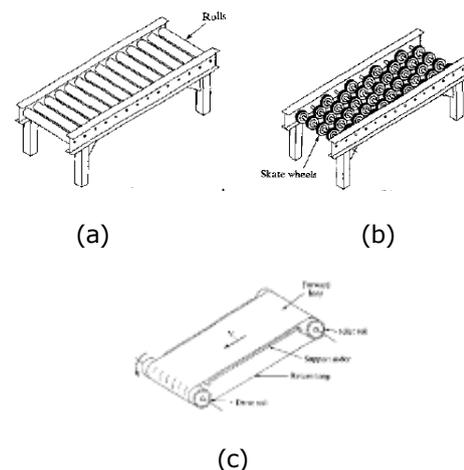
2.1. Batubara

Batubara merupakan bahan bakar padat yang berasal dari makroorganisme terutama tersusun atas *lignin* dan *selulosa* yang mengalami perubahan komposisi susunan karena proses biokimia (metamorfosa) pada tekanan dan temperatur tertentu dalam rentang waktu yang sangat panjang. Batubara dapat menjadi panas secara tiba-tiba dengan sendirinya dimana kemungkinan terbesar penyebabnya adalah tingkatan (kualitas) batubara yang rendah. Pemanasan terjadi pada waktu batubara pecah dan terkena udara. Proses tersebut akan dipercepat dengan naiknya temperatur. Kebakaran akan terjadi bila panas dari oksidasi tidak dapat dikeluarkan, terutama pada batubara dengan ukuran yang kecil dimana mempunyai luas permukaan

perberat yang besar sehingga lebih mudah untuk menjadi panas secara tiba-tiba [1].

2.2. Conveyor Sistem

Conveyor digunakan ketika material akan berpindah dari suatu tempat ke tempat lainnya. *Conveyor* digunakan sebagai alat transportasi perpindahan benda atau barang yang dapat berupa gumpalan, butiran atau bentuk lainnya. *Conveyor* terdiri dari beberapa tipe, yaitu *roller conveyor*, *skate wheel conveyor*, *belt conveyor*, dan *chain conveyor* [2]. Tipe *belt conveyor* lebih banyak digunakan di dunia industri. Ketika *belt conveyor* berjalan, setengah panjangnya digunakan untuk mengangkut material, dan setengahnya lagi kembali untuk mengangkut material berikutnya. Material *belt* biasanya dibuat dari *rubber* atau karet, oleh karena itu *belt conveyor* lebih *flexible* dalam hal pengangkutan material yang beragam. Gambar 1 berikut ini merupakan contoh tipe *conveyor* yang ada pada industri.



Gambar 1. Tipe Conveyor (a) Roller (b) Chain (c) Belt

2.3. Sistem

Sistem dapat diartikan sebagai sekelompok elemen-elemen yang terintegrasi dengan maksud yang sama untuk mencapai suatu tujuan. Setiap elemen dalam sebuah sistem bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing dan saling bekerja sama. Elemen *input* diubah menjadi elemen *output*. Sumber daya mengalir dari elemen *input* melalui elemen transformasi kepada elemen *output*. Suatu mekanisme kontrol memantau proses transformasi agar sistem memenuhi tujuan [3].

Suatu sistem mempunyai karakteristik atau sifat-sifat tertentu yang meliputi [4]:

1. Mempunyai komponen (*components*)
2. Mempunyai batas (*boundary*)
3. Mempunyai penghubung/antar muka (*interface*)
4. Mempunyai masukan (*input*)
5. Mempunyai pengolahan (*processing*)
6. Keluaran (*output*)

Early warning system atau sistem peringatan dini merupakan gabungan dari subsistem-subsistem yang saling terintegrasi guna mencapai tujuan yang sama yakni peringatan. Subsistem-subsistem yang saling terintegrasi tersebut diantaranya adalah *input* yang dapat berupa alat pendeteksi yang kemudian diproses sehingga memberikan *output* yang dapat berupa alarm atau alat lain yang nantinya akan memberikan peringatan kepada manusia.

2.4. Sensor, Transduser, dan Aktuator

Sensor adalah alat untuk mendeteksi dan mengukur suatu besaran fisis berupa variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia dengan diubah menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh *controller* sebagai otaknya [5].

Beberapa jenis sensor yang dijumpai di dunia industri [6]:

1. Sensor Proximity

Sensor *proximity* merupakan sensor atau saklar yang dapat mendeteksi adanya target jenis logam dengan tanpa adanya kontak fisik. Sensor *proximity* dapat diaplikasikan pada kondisi penginderaan pada objek yang dianggap terlalu kecil atau lunak untuk menggerakkan suatu mekanis saklar.

2. Sensor Temperatur

Terdapat 4 jenis utama sensor temperatur yang umum digunakan, yaitu:

a. Thermocouple

Thermocouple pada intinya terdiri dari sepasang transduser panas dan dingin yang disambungkan dan dilebur bersama, dimana terdapat perbedaan yang timbul antara sambungan tersebut dengan sambungan referensi yang berfungsi sebagai pembanding. Sensor *thermocouple* memberikan *output* berupa tegangan yakni 40,8 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ dengan keluaran antara -5,9 sampai dengan 50,6 mV. Beberapa tipe sensor *thermocouple* adalah:

- 1) Tipe K (Chromel/Alumel), tipe ini banyak digunakan karena harganya

murah, peka dan jangkauan temperatur yang luas yaitu dari -200 $^\circ\text{C}$ sampai +1200 $^\circ\text{C}$.

- 2) Tipe J (Iron-Constantan), tipe ini terdiri dari besi pada sisi positif (*thermocouple grade*) sedangkan sisi negatif negatif (*extension grade*) sekitar nikel dan tembaga. Rentangnya terbatas (20 hingga +700 $^\circ\text{C}$). *Thermocouple* ini memiliki sensitivitas sekitar $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

b. Resistance temperature detector (RTD)

Memiliki prinsip dasar pada tahanan listrik dari logam yang bervariasi sebanding dengan temperatur. Kesebandingan variasi ini adalah presisi dengan tingkat konsisten/kestabilan tinggi pada pendeteksian tahanan.

c. Termistor

Adalah resistor yang mempunyai koefisien temperatur negatif, karena saat temperatur meningkat maka tahanan menurun atau sebaliknya. Jenis ini sangat peka dengan perubahan tahanan 5% per $^\circ\text{C}$ sehingga mampu mendeteksi perubahan temperatur yang kecil.

d. IC sensor

Adalah sensor temperatur dengan rangkaian terpadu yang menggunakan chip silikon untuk kelemahan penginderanya. Salah satu contohnya adalah sensor LM35.

Transduser adalah alat yang mengubah suatu energi dari satu bentuk ke bentuk lain yang merupakan elemen penting dalam sistem pengendali. Secara umum transduser dibedakan menjadi dua, yaitu transduser *input* yang akan mengubah energi non-listrik menjadi energi listrik dan transduser *output* yang merupakan kebalikannya yakni mengubah energi listrik menjadi energi non-listrik [5]. Aktuator dan sensor termasuk ke dalam keluarga transduser. Aktuator merupakan transduser *output* dan sensor termasuk dalam transduser *input*.

Aktuator atau penggerak, dalam pengertian listrik adalah setiap alat yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis. Biasa digunakan sebagai proses lanjutan dari keluaran suatu proses olah data yang dihasilkan oleh kontroler. Beberapa contoh jenis aktuator yang umum dipakai [5]:

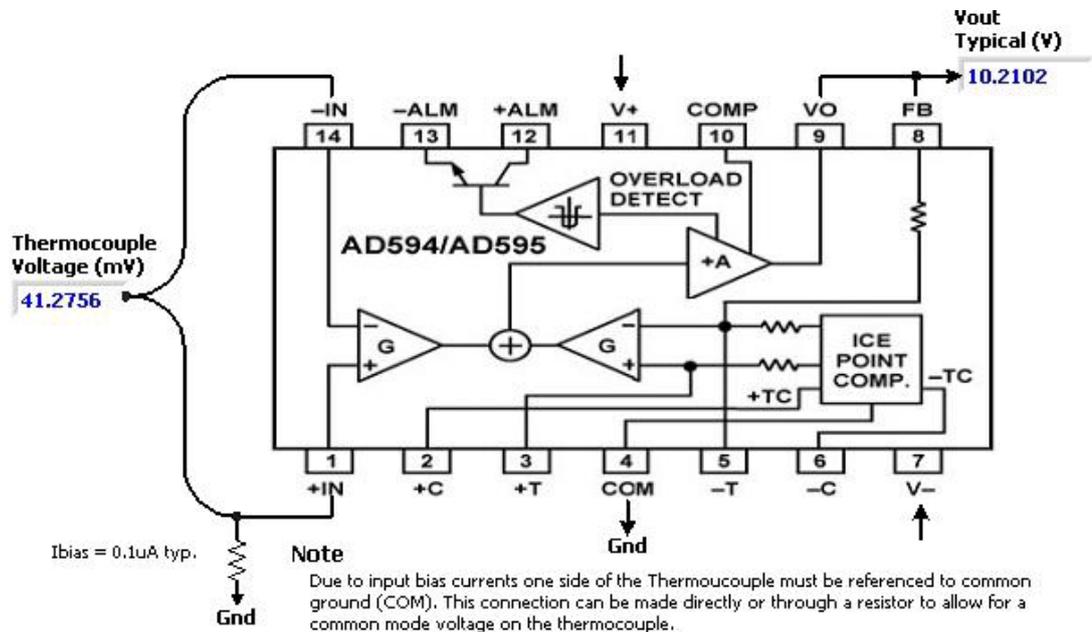
1. Relai, adalah alat yang dioperasikan dengan listrik dan secara mekanis

mengontrol penghubungan rangkaian listrik.

2. *Stepper*, adalah alat yang mengubah pulsa listrik yang diberikan menjadi gerakan rotor *discret* (berlainan) yang disebut *step* (langkah).
3. Motor DC, adalah alat yang mengubah pulsa listrik menjadi gerak, mempunyai prinsip dasar yang sama dengan motor *stepper* namun gerakannya bersifat kontinu atau berkelanjutan.
4. *Alarm bell*, adalah alat yang mengubah pulsa listrik menjadi bunyi, digunakan sebagai isyarat apabila terjadi kebakaran.

2.5. Pengkondisian Sinyal IC AD 595

Kebanyakan sensor tidak bisa terhubung secara langsung kedalam *instrument* yang melakukan *record*, *monitor* atau proses. Hal ini dikarenakan sinyal yang mungkin terlalu lemah ataupun terlalu kuat. Oleh karena itu sinyal elektronik dari sensor memerlukan pengkondisian terlebih dahulu sebelum masuk pada kontroler [7]. Salah satu contoh pengkondisi sinyal adalah IC AD 595. IC AD 595 merupakan IC untuk penguat tegangan sensor *thermocouple* K yang digunakan.



Gambar 2. Rangkaian IC AD 595

Rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan IC AD 595. IC AD 595 merupakan sebuah IC (*integrated circuit*) pengkondisi sinyal *thermocouple* yang menyediakan kompensasi sambungan dingin (*cold junction compensation*) beserta penguatan. Kaki-kaki termokopel dihubungkan pada kaki 1 dan kaki 14 IC AD 595 seperti pada Gambar 1 diatas. Rangkaian pengkondisi sinyal ini memerlukan suplai tegangan sebesar 12V DC. Keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal berupa tegangan sebesar 0,01 V/°C yang dapat dibaca oleh ADC pada PLC [8].

2.6. Programmbale Logic Controller (PLC)

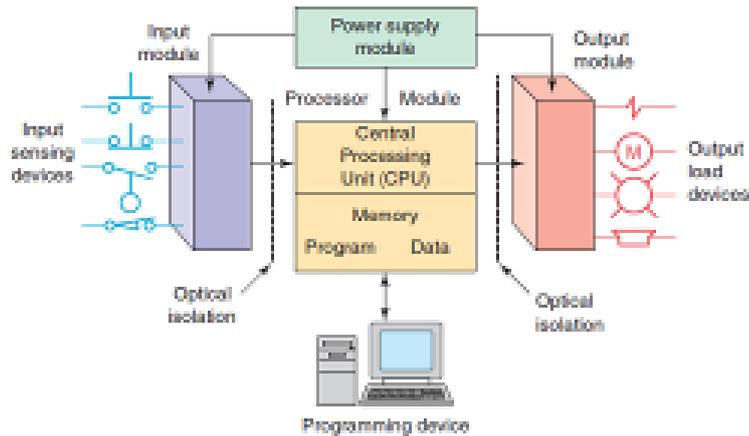
Pada tahun 1978, *National Electrical Manufactures Association* (NEMA) menetapkan *standard programmable control* (NEMA standard ICS3-1978 part ICS3-304). NEMA mendefinisikan PLC sebagai peralatan elektronik yang beroperasi secara *digital*, dengan menggunakan memori yang dapat diprogram sebagai tempat penyimpanan internal bagi instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik, seperti logika, sekuensial, pewaktuan, dan aritmatik, serta untuk mengontrol mesin-mesin atau proses yang meliputi modul masukan atau keluaran baik *analog* maupun *digital*, dari berbagai tipe mesin atau proses.

PLC menggunakan memori untuk menyimpan instruksi dan mengeksekusi fungsi-fungsi spesifik seperti kontrol *on/off*, *timing*, *counting*, *sequencing*, *arithmetic* dan *data handling*. PLC pada dasarnya

merupakan suatu komputer digital yang di disain untuk mengontrol proses pemesinan. Tidak seperti *personal computer*, PLC telah dirancang untuk beroperasi di lingkungan industri dan dilengkapi dengan *interface input/output* dan bahasa pemrograman yang bisa dikontrol [9].

Gambar 3 berikut ini menunjukkan prinsip kerja dari PLC. PLC awalnya menerima sinyal *input* dari suatu proses, kemudian

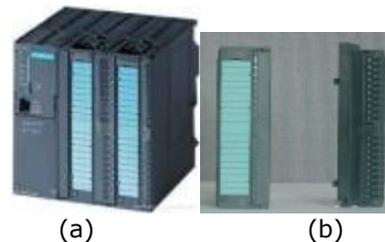
meneruskan sinyal yang telah diterima tersebut ke memori. Memori kemudian melakukan kontrol terhadap instruksi *logic* dari sinyal *input* tersebut sesuai dengan program yang tersimpan. Kemudian dari program tersebut dihasilkan sinyal *output* untuk menjalankan *actuator* atau peralatan lain.



Gambar 3. Diagram Blok PLC

Banyaknya indsutri-industri yang menggunakan PLC sebagai alat kontrol tidak terlepas dari beberapa keuntungan menggunakan PLC tersebut. Beberapa keuntungan menggunakan PLC adalah sebagai berikut [9]:

1. Mengeliminasi banyaknya pengkabelan pada sistem kontrol konvensional dengan menggunakan *relay*.
2. Meningkatkan realibilitas, karena setelah program dibuat, program dapat langsung dites sehingga dapat diketahui apabila terdapat kesalahan pada program.
3. Lebih *flexible*, karena dengan menggunakan PLC pembuatan program ataupun pengubahan suatu program dapat dilakukan dengan mudah dan cepat.
4. Harga yang murah, jika dibandingkan antara pemasangan *relay* pada sistem dengan menginstal PLC pada sistem.
5. Proses komunikasi yang mudah karena PLC dapat menjalankan fungsi sebagai peralatan monitoring.
6. Waktu respon yang cepat, karena *input* PLC seperti sensor dapat membaca dengan kecepatan yang tinggi.
7. Mudah dalam hal *troubleshoot*, hal ini dikarenakan PLC dapat mengdiagnostik fungsi-fungsinya yang sedang bermasalah sehingga dapat diketahui penyebab masalahnya.



Gambar 4. PLC (a) Modular (Siemens) (b) CPU 314C-2DP Modular S7-300

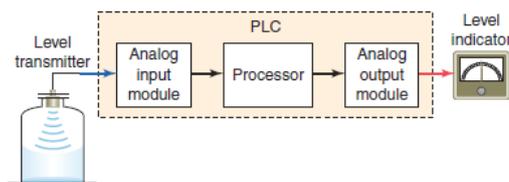
2.6.1. Analog dan Digital Device

Pada dasarnya PLC harus dihubungkan dengan perangkat keras masukan (*input device*) sebagai pengendali dan perangkat keras keluaran (*output device*) sebagai sesuatu yang dikendalikan, sementara PLC tersebut bekerja sebagai alat untuk memproses. *Input* dan *output device* pada PLC terbagi atas dua, yaitu *discrete/digital device* (perangkat diskrit) dan *analog device* (perangkat analog) [10]. *Discrete device* menghasilkan sinyal 0 dan 1 yang akan terbaca pada PLC, sedangkan *analog device* menghasilkan sinyal dengan *range* tertentu. *Diskrit* yang pada dasarnya hanyalah sinyal-sinyal hidup/mati dan *analog* yaitu sinyal-sinyal yang amplitudonya mempresentasikan

magnitude kuantitas yang dideteksi. Sinyal analog yang sering dijumpai adalah sinyal dengan arus 4-20 mA dan tegangan 0-10 Volt. Contoh dari *analog input device* dapat berupa *level transmitter* seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut ini.



Gambar 4. Digital Input dan Output Device



Gambar 5. Analog Input dan Output Device

2.6.2. Peralatan Input dan Output PLC

Peralatan *input* adalah peralatan yang memberikan sinyal kepada PLC dan selanjutnya PLC memproses sinyal tersebut untuk mengendalikan peralatan *output* [9]. Contoh peralatan *input* yang termasuk ke dalam *discrete* dan *analog device* yaitu:

1. Perangkat keras masukan (*input*) yang termasuk diskrit (*discrete input device*) adalah:
 - a. *Selector switches, push buttons, thumbwheel switches.*
 - b. *Photoelectric eyes, limit switches, circuit breakers.*
 - c. *Proximity switches, level switches, relay contacts.*
2. Perangkat keras masukan (*input*) yang termasuk analog (*analog input device*) adalah:
 - a. *Temperature sensors, pressure sensors.*
 - b. *CO2 sensors, humidity sensors.*
 - c. *Flow sensors, potentiometers.*

Peralatan *output* merupakan bagian PLC yang berhubungan dengan perangkat luar

yang memberikan keluaran dari CPU. Perangkat keluaran tersebut akan bekerja sesuai dengan perintah yang dimasukkan kedalam PLC. Contoh peralatan *output* yang termasuk ke dalam *discrete* dan *analog device* yaitu:

1. Perangkat keras keluaran (*output*) yang termasuk dikrit (*discrete input device*) adalah:
 - a. *Alarms.*
 - b. *Control relay.*
 - c. *Fans, lights, horns, valves.*
2. Perangkat keras keluaran (*output*) yang termasuk analog (*analog input device*) adalah:
 - a. *Analog valves, actuators.*
 - b. *Chart recorders, analog meters.*
 - c. *Electric motor drives.*

2.6.3. Komponen PLC

PLC memiliki komponen-komponen penyusun yang ada didalam PLC tersebut. Komponen-komponen tersebut antara lain *power supply*, CPU, modul masukan (*input module*), modul keluaran (*output module*) dan perangkat pemrograman. Berikut penjelasan masing-masing komponennya [9]:

1. Modul Catu Daya (*Power Supply*)
Modul catu daya memberikan tegangan DC ke berbagai modul PLC lainnya selain modul tambahan dengan kemampuan arus total sekitar 20A sampai 50A, yang sama dengan *batterylithium integral* (yang digunakan sebagai *memory backup*). Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24 VDC atau 220 VAC. Beberapa PLC yang berukuran besar biasanya catu dayanya terpisah sebagai modul tersendiri, sedangkan PLC medium atau kecil catu dayanya sudah menyatu.
2. Modul CPU (*Central Processing Unit*)
Modul CPU yang disebut juga modul kontroler atau prosesor terdiri dari dua bagian, yaitu:
 - a. Prosesor, yang berfungsi mengoperasikan dan mengkomunikasikan modul-modul PLC melalui bus-bus serial atau paralel yang ada dan mengeksekusi program kontrol.
 - b. Memori, yang berfungsi menyimpan informasi digital yang merupakan program pengendali proses.
3. Modul Program Perangkat Lunak
PLC mengenal berbagai macam perangkat lunak, termasuk *state language*, SFC dan C. Yang paling populer

digunakan ialah RLL/LAD (*relay ladder logic*). LAD mempunyai bentuk seperti rangkaian listrik. Sebuah LAD terdiri dari *power rail* pada sisi kanan dan kiri diagram, dihubungkan dengan *rung* oleh *switching* elemen dan *coil* elemen tertentu. Cocok digunakan untuk persoalan kontrol diskret yang *input/output* hanya memiliki dua kondisi *on* atau *off* pada sistem kontrol *conveyor*, *lift*, dan motor-motor industri.

4. Modul I/O

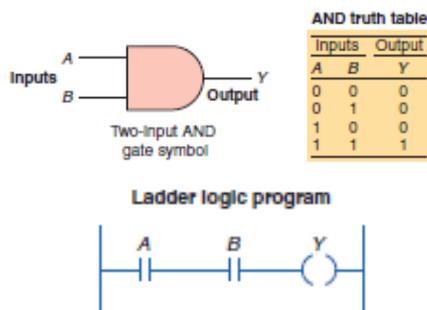
Modul I/O merupakan modul masukan dan modul keluaran yang bertugas mengatur hubungan PLC dengan piranti eksternal.

2.7. Gerbang Logika

Pada dasarnya, bahasa pemrograman yang digunakan berupa rangkaian logika dengan tambahan fungsi tertentu, seperti *timer*, *counter*, *set*, *set reset*, *move* dan lain sebagainya. Pemrograman PLC dapat dimengerti bila telah memahami gerbang logika dasar dari fungsi-fungsi tambahan yang ada pada PLC. Beberapa penggunaan masing-masing gerbang logika adalah sebagai berikut:

1. Gerbang AND

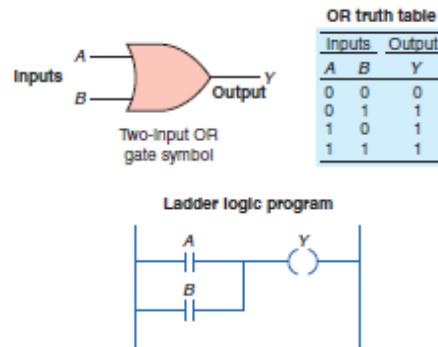
Gerbang AND adalah gerbang dengan dua atau lebih *input* dan satu *output*. Cara kerja gerbang AND adalah *output* akan berlogika 1 jika semua nilai *input* berlogika 1. Nilai-nilai ini dikombinasikan sesuai dengan Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Gerbang Logika AND

2. Gerbang OR

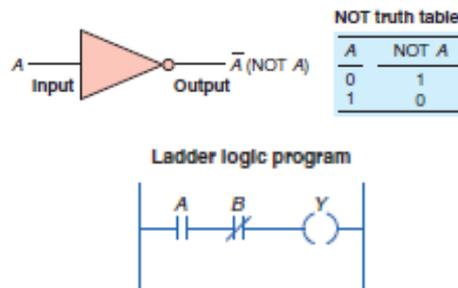
Gerbang OR adalah gerbang dengan dua atau lebih *input* dan satu *output*. Cara kerja gerbang OR adalah *output* akan berlogika 1 jika salah satu nilai *input* berlogika 1. Nilai-nilai ini dikombinasikan sesuai dengan Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Gerbang Logika OR

3. Gerbang NOT

Tidak seperti gerbang AND dan OR, gerbang NOT hanya memiliki satu *input* dan satu *output*. Cara kerja gerbang NOT adalah *output* akan berlogika 1 jika salah satu nilai *input* berlogika 0 dan begitu juga sebaliknya. Nilai-nilai ini dikombinasikan sesuai dengan Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Gerbang Logika

2.8. Software Simatic Manager Step 7

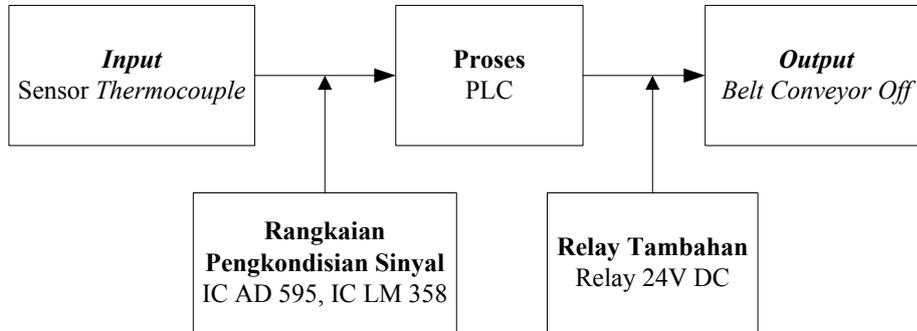
Untuk menjalankan fungsi dari PLC, maka terlebih dahulu diperlukan *software* untuk perancangan program yang akan dibuat. Masing-masing PLC memiliki *software* yang berbeda satu sama lainnya. Misalnya untuk *software* Simatic Manager, lebih *compatible* dengan PLC Siemens. Simatic Manager Step 7 bisa digunakan untuk menulis program dan *download* ke PLC atau mensimulasikannya [11].

Simatic Manager Step 7 adalah aplikasi dasar untuk memprogram. Simatic Manager dapat dioperasikan dengan cara *offline* dan *online*. Dengan bekerja secara *offline*, program yang telah dibuat dapat diuji dengan cara mensimulasikannya terlebih dahulu, dimana menu simulasi tersedia pada *toolbar* Simatic Manager. Sedangkan bekerja secara *online*, PLC terhubung langsung dengan *hardware* sehingga menu simulasi tidak dapat digunakan [12].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan awal dalam perancangan *prototype early warning system* adalah membuat konsep perancangan. Secara

sederhana, konsep perancangan meliputi *input* dan *output* yang digunakan dapat dilihat seperti blok diagram pada Gambar 3 berikut.



Gambar 9. Blok Diagram Perancangan

3.1. Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi peralatan yang digunakan dalam perancangan meliputi spesifikasi *hardware* dan spesifikasi *software*. Berikut penjelasan masing-masingnya.

1. Spesifikasi *Hardware*

a. *Belt Conveyor*

Belt conveyor yang digunakan dalam perancangan ini adalah *beltconveyor* dalam skala yang biasa digunakan pada laboratorium dengan panjang 3 m dan lebar 0,4 m.

b. Sensor *Thermocouple* Tipe K

Sensor yang digunakan dalam perancangan ini adalah sensor temperatur jenis *thermocouple*, yakni *thermocouple* tipe K dengan *range* temperatur antara -200°C sampai dengan 1200°C .

c. PLC Siemens S7-300

PLC yang digunakan merupakan jenis PLC yang sering digunakan dalam industri, yakni modular PLC jenis Siemens tipe S7-300. Berikut spesifikasi PLC yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Nama PLC	Simatic S7-300
CPU	314C-2 PN/DP
Power Supply	24V / 6A DC
Main Memory	96 Kbyte
Jumlah Digital Input	24 (DC 24V)
Jumlah Digital Output	16 (DC 24V)
Jumlah Analog Input	4 (0 - 10V)
Jumlah Analog Output	2 (0 - 10V)
Operating Voltage	230V AC

d. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam perancangan ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Spesifikasi Laptop

Tipe	Asus A45A
Sistem Operasi	Windows 7 Ultimate
Processor	Intel Core i3
Memori (RAM)	2 GB
Hard Disk	500 GB

2. Spesifikasi *Software*

a. Simatic Manager Step 7 V 5.5

Simatic Manager Step 7 adalah *software* yang digunakan untuk merancang program yang *compatible* dengan *hardware* Siemens S7-300.

3.2. Perancangan Wiring dan Ladder Diagram

Wiring diagram yang dirancang menunjukkan koneksi aktual dan lokasi fisik komponen dalam suatu sirkuit. Diagram ini

Tabel 1. Spesifikasi PLC Siemens S7-300

dapat berguna untuk melihat sambungan komponen-komponen yang digunakan. Sedangkan *ladder diagram* dibuat untuk menggambarkan representasi skematis dari sirkuit elektrik.

3.3. Perancangan Narasi Program

Narasi program merupakan penjelasan tentang proses perancangan yang akan dilakukan. Narasi program untuk perancangan *prototype* ini dilakukan secara bertahap mulai dari menghidupkan *conveyor* sampai dengan konsisi *conveyor* yang *off* ketika sensor mendeteksi perubahan temperatur yang terjadi.

3.4. Perancangan Logika Program

Perancangan logika pemograman menggunakan bahasa pemograman *Ladder Diagram* (LAD). Setelah program dirancang pada *software*, program tersebut dapat diuji terlebih dahulu sebelum diimplementasikan dengan melakukan *running* terhadap program. Jika program sudah benar, maka program dapat berjalan sesuai dengan logika yang diharapkan.

3.5. Perancangan Hardware

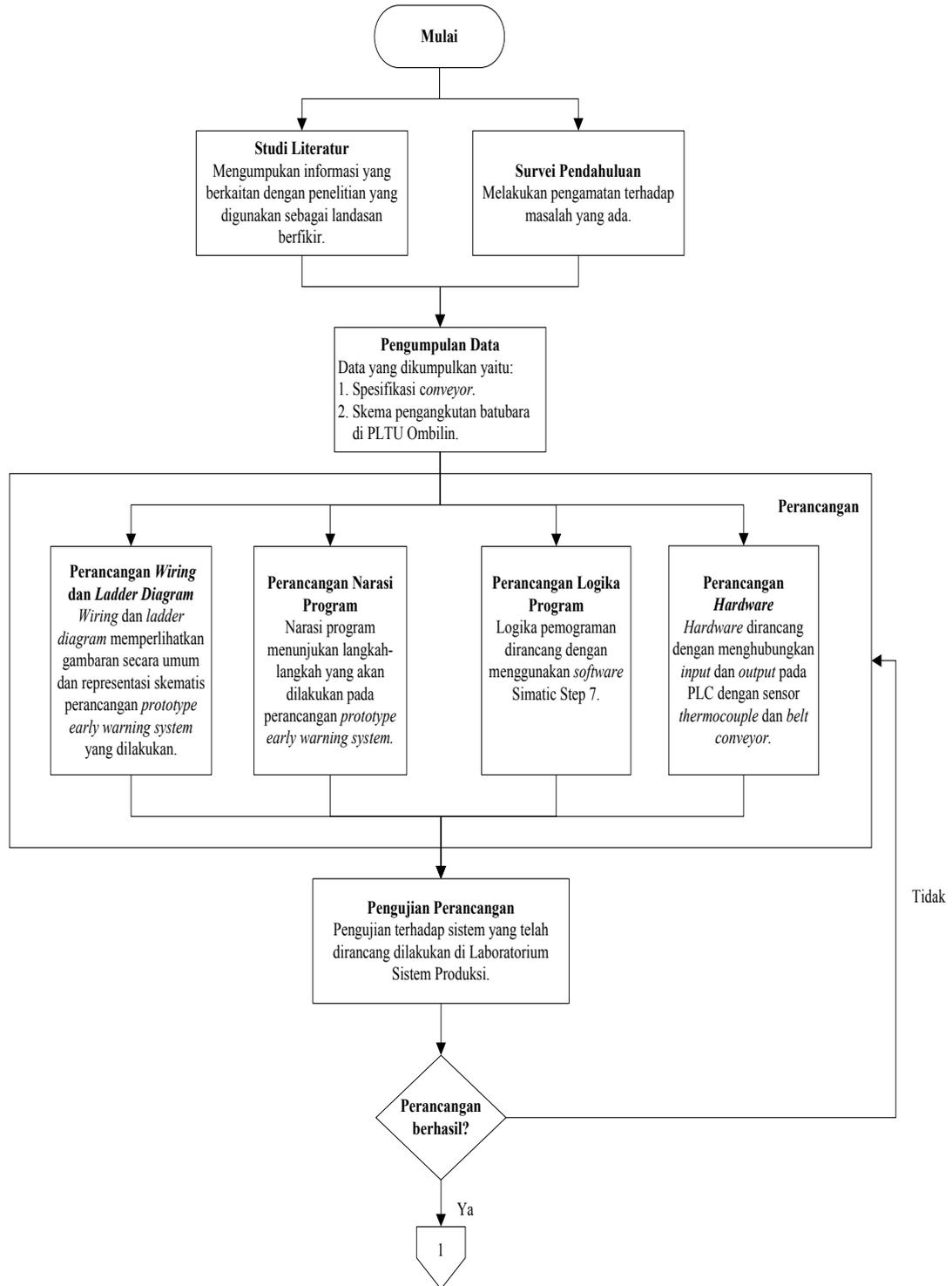
Perancangan *hardware* menghubungkan perangkat *input* yaitu sensor *thermocouple*

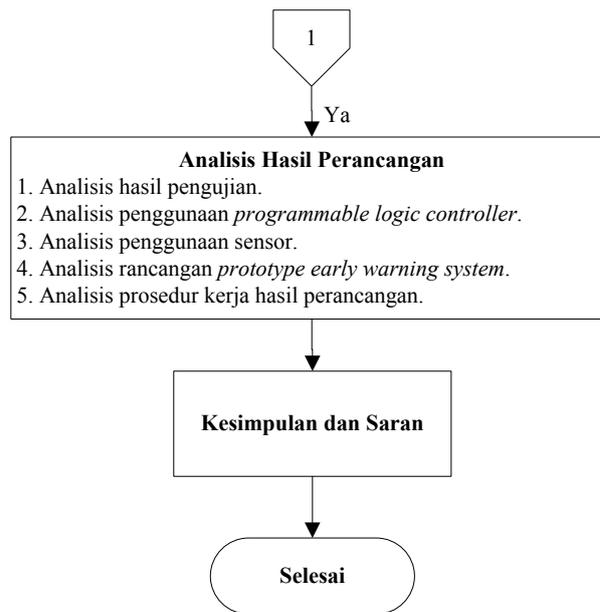
tipe K ke modul *analoginput* dan menghubungkan perangkat *output* yaitu kondisi *conveyor* yang *off* ke modul digital *output* pada PLC. Sebelum sensor *thermocouple* dimasukan pada modul *analog input* PLC, diperlukan rangkaian tambahan berupa rangkaian pengkondisian sinyal dengan menggunakan IC AD 595 dan IC LM 358 agar tegangan keluaran dari *thermocouple* dapat terbaca oleh PLC. *Output* dari IC LM 358 kemudian dihubungkan dengan modul *analog input* PLC. Untuk modul *digital output*, sebelum dihubungkan ke *conveyor*, *digital output* pada PLC disambungkan terlebih dahulu dengan rangkaian tambahan berupa *relay* 24V DC yang bisa membaca perintah dari PLC dan meneruskan perintah tersebut ke *conveyor*.

3.6. Pengujian Hasil Perancangan

Setelah perancangan *software* dan *hardware* dilakukan dan memastikan semua *input* dan *output* telah terhubung dengan benar, maka kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil perancangan tersebut. Pengujian hasil perancangan dilakukan di Laboratorium Sistem Produksi.

Flowchart penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.

**Gambar 10.**Flowchart Penelitian



Gambar 10. Flowchart Penelitian (Lanjutan)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Perancangan

Prototype early warning system yang akan dirancang adalah kondisi *belt conveyor* dalam keadaan *off* berdasarkan sensor *thermocouple* yang dipasang sebagai *input* pada PLC. PLC bekerja dengan cara menerima perintah dari komputer maupun sinyal masukan dari perangkat lain seperti sensor, saklar, dan sebagainya. Sensor *thermocouple* yang dihubungkan dengan PLC digunakan untuk mengontrol kondisi *belt conveyor* sehingga keadaan *belt conveyor* bisa dalam kondisi *off* jika temperatur yang diterima oleh sensor *thermocouple* melebihi set poin temperatur yang ditentukan yang bisa menimbulkan potensi kebakaran.

Sensor *thermocouple* akan dihubungkan dengan modul *analog input* pada PLC S7-300. Sensor akan bekerja dengan mendeteksi temperatur lingkungan disekitar *conveyor*. Jika sensor *thermocouple* mendeteksi kenaikan temperatur melebihi set poin yang telah ditentukan, maka sinyal *input* tersebut akan dikirim ke PLC dan PLC akan memproses *output* berdasarkan program yang telah dirancang. Pada rancangan ini, PLC akan memberikan *output* untuk mematikan *belt conveyor* (*conveyor* dalam keadaan *off*) yang dihubungkan dengan modul *digital output* pada PLC.

4.2. Tahap Perancangan Sistem

4.2.1. Konsep Perancangan

Konsep perancangan ini difokuskan kepada pengontrolan otomatis mesin *conveyor*. Pada *conveyor* tersebut digunakan sensor sebagai peralatan *input* untuk pengontrolan. Pengontrolan *conveyor* ini berfungsi agar *conveyor* dapat berhenti jika sensor mendeteksi tanda akan terjadinya kebakaran seperti kenaikan temperatur. Perancangan ini dapat memberikan peringatan dini sebelum dampak kebakaran terjadi.

Pada perancangan ini, dua *belt conveyor* disusun secara seri. Masing-masing *conveyor* (*conveyor 1* dan *conveyor 2*) dilengkapi dengan sensor *thermocouple* tipe K yang dipasang pada langit-langit *conveyor*. Sensor *thermocouple* ini kemudian disambungkan ke modul *analog input* pada PLC Siemens S7-300. Api digunakan sebagai *detector* untuk melihat perubahan temperatur yang akan dideteksi oleh sensor *thermocouple*. Jadi jika temperatur api yang terbaca pada sensor melebihi set poin yang telah diprogram pada PLC, maka *conveyor* akan mati.

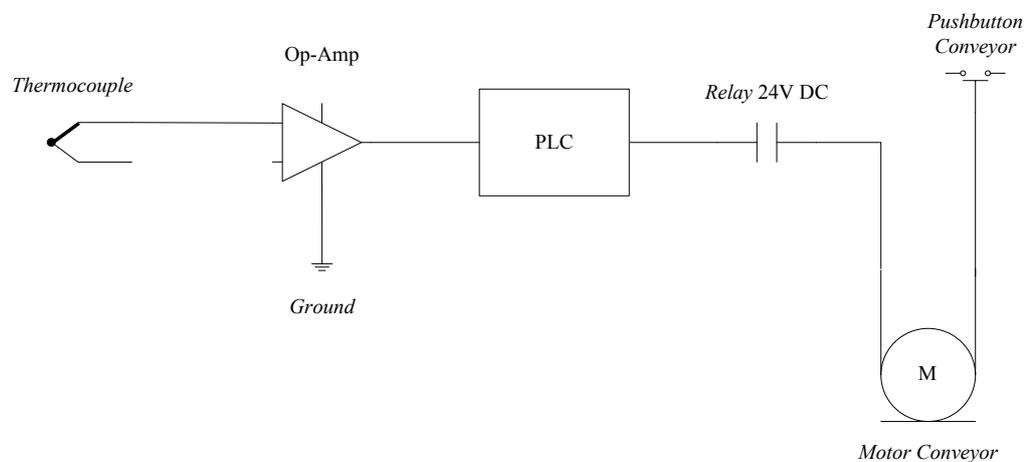
Conveyor dihubungkan pada modul *digital output* pada PLC, sehingga PLC dapat memprogram *conveyor* berdasarkan *input* (sensor *thermocouple*) yang telah dipasang. *Output* dari perancangan *prototype early warning system* ini adalah kondisi mesin

conveyor yang *off* sehingga proses dapat berhenti.

4.2.2. Perancangan Wiring dan Ladder Diagram

Wiring diagram dirancang guna mengetahui lokasi fisik dari komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan. Komponen yang digunakan dalam perancangan *prototype* ini adalah *thermocouple* sebagai sensor *input*, *operational amplifier* sebagai rangkaian pengkondisian sinyal, PLC sebagai pengontrol proses, *relay* 24V DC sebagai sambungan tambahan, dan motor

conveyorsebagai *output*. *Thermocouple* dihubungkan dengan *Op-Amp* untuk menguatkan tegangan dari *thermocouple*, kemudian tegangan tersebut menjadi *input* bagi PLC. PLC mengolah tegangan yang terbaca dan memberikan perintah kepada *relay* 24V DC untuk mengaktifkan atau menonaktifkan kontak yang juga dapat mengaktifkan atau menonaktifkan *output* yaitu *belt conveyor*. Gambar 4.1 berikut merupakan *wiring diagram* dari perancangan yang akan dilakukan yang menunjukkan gambaran secara keseluruhan dari perancangan *prototype early warning system*.



Gambar 11. Wiring Diagram Perancangan

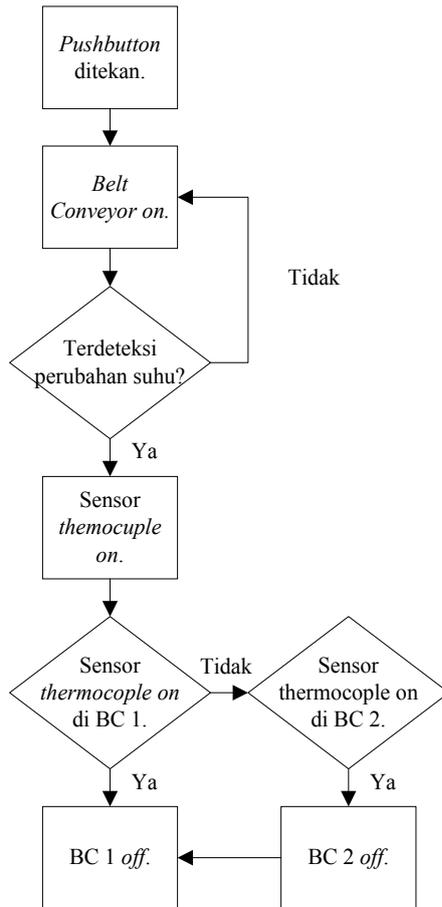
Ladder diagram menggambarkan representasi skematis dari sirkuit elektrik. *Ladder diagram* bukan merupakan representasi fisik. Komponen elektrik disusun berdasarkan fungsi elektriknya dalam sirkuit dan digambarkan secara skematis. *Ladder diagram* ini bertujuan untuk menyederhanakan pembacaan suatu sirkuit elektrik.

4.2.3. Perancangan Narasi Program

Narasi pemrograman merupakan langkah-langkah yang diterapkan dalam perancangan *prototype early warning system* ini. *Prototype early warning system* yang akan dirancang dicoba pada 2 conveyor. Adapun narasi program dan *flowchart* yang akan dirancang adalah seperti berikut:

1. Motor conveyor dapat hidup (*on*) jika tombol *push button* pada masing-masing conveyor ditekan.

2. Setelah conveyor *on*, maka batubara akan diangkut dari BC 1 ke BC 2.
3. Saat sensor *thermocouple* mendeteksi tanda kenaikan temperatur batubara, maka sensor akan mengirimkan sinyal masukan ke PLC.
4. PLC akan membaca sinyal tersebut, memproses sesuai instruksi yang diprogram dan memberikan *output* berupa kondisi conveyor yang *off*.
5. Jika sensor mendeteksi kenaikan temperatur pada BC 1, maka BC 1 akan *off*.
6. Jika sensor mendeteksi kenaikan temperatur pada BC 2, maka BC 1 dan 2 *off*.



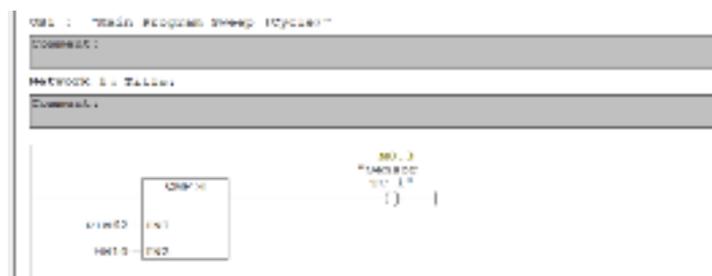
Gambar 13. Flowchart Narasi Program yang Akan Dirancang

4.2.4. Perancangan Logika Program

Perancangan logika pemrograman menggunakan software Simatic Step 7. Logika pemrograman ini dirancang menggunakan bahasa pemrograman *Ladder Diagram*. Adapun logika pemrograman tersebut adalah sebagai berikut:

1. Organization Block (OB)

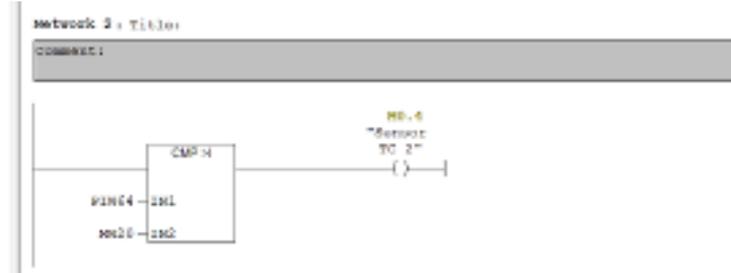
OB merupakan tempat penyimpanan program yang akan dieksekusi. OB seperti *user interface* yang menghubungkan antara manusia dan mesin atau komputer lewat program yang dibuat oleh *user*. Adapun OB dalam program ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 16. Pemrograman pada Organization Block Network 1

Network 1 merupakan program untuk pembacaan nilai yang terdeteksi oleh sensor *thermocouple* 1. PIW 62 merupakan alamat *analog input word* pada PLC (atau E1 pada Basic Unit PLC yang digunakan), sedangkan MW 10 merupakan alamat *memory word* tempat

set poin sensor yang telah ditentukan. Jika nilai desimal yang terbaca pada PIW 62 melebihi nilai set poin pada MW 10, maka memori sensor *thermocouple* 1 pada *belt conveyor* 1 (M 0.3) akan aktif.



Gambar 17. Pemrograman pada *Organization Block Network 2*

Sama dengan *network 1*, *network 2* juga merupakan program untuk pembacaan nilai yang terdeteksi oleh sensor *thermocouple 2*. PIW 64 merupakan alamat *analog input word* pada PLC (atau E2 pada Basic Unit PLC yang digunakan), sedangkan MW 20 merupakan alamat *memory word* tempat

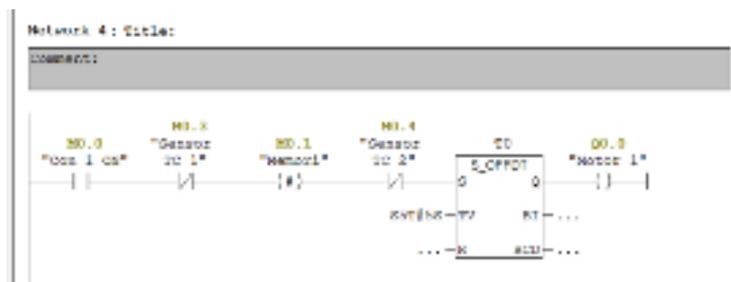
set poin sensor yang telah ditentukan. Jika nilai desimal yang terbaca pada PIW 64 melebihi nilai set poin pada MW 20, maka memori sensor *thermocouple 2* pada *belt conveyor 2* (M 0.4) akan aktif.



Gambar 18. Pemrograman pada *Organization Block Network 3*

Network 3 merupakan program *latching* atau penguncian untuk mengaktifkan *conveyor 1*. Ketika *push button start* untuk *conveyor 1* (I 0.0) ditekan, maka akan mengaktifkan memori *conveyor 1* (M 0.0). Ketika *push button start* dilepas

lagi, *conveyor 1* masih akan tetap aktif karena telah dikunci oleh program yang telah dibuat diatas. *Conveyor 1* akan nonaktif ketika *push button stop* (I 0.1) ditekan.



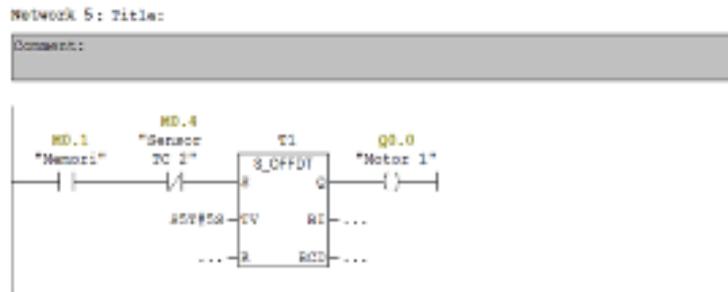
Gambar 19. Pemrograman pada *Organization Block Network 4*

Network 4 merupakan program untuk mengaktifkan atau menonaktifkan motor pada *conveyor 1*. Ketika memori *conveyor 1* (M 0.0) telah aktif pada *network 3*, memori sensor *thermocouple 1* pada *network 1* aktif, dan memori sensor *thermocouple 2* pada *network 2* aktif, maka motor pada

conveyor 1 juga akan aktif (Q 0.0). Memori dengan alamat M 0.1 diatas menunjukkan *midline output* yang akan memberikan *output* pada *network 5* dari *input* M 0.0 dan M 0.3. Sensor *thermocouple 1* dan 2 pada program diatas dibuat dengan menggunakan *normally closed contact* yang berarti *output* akan membalikkan nilai yang

terbaca pada M 0.3 maupun M 0.4. T0 merupakan inisiasi *timer* yang digunakan untuk menonaktifkan motor 1. Ketika *input* M 0.3 aktif, maka motor

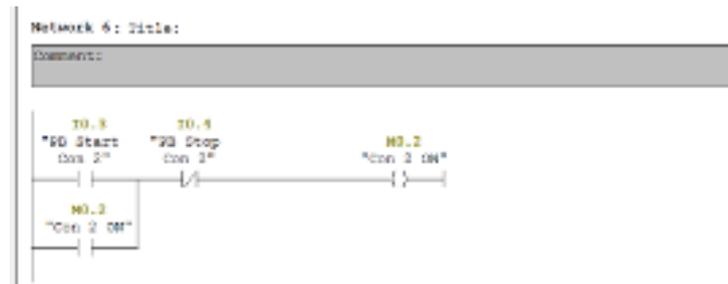
1 akan nonaktif setelah 5 detik kemudian.



Gambar 20. Pemrograman pada *Organization Block Network 5*

Network 5 merupakan lanjutan dari *midline output* (M 0.1) pada *network 4*. *Midlineoutput* yang menyimpan logika pada proses sebelumnya pada memori (M 0.1) memberikan *input* untuk motor pada *conveyor 1* (Q 0.0). T1 merupakan

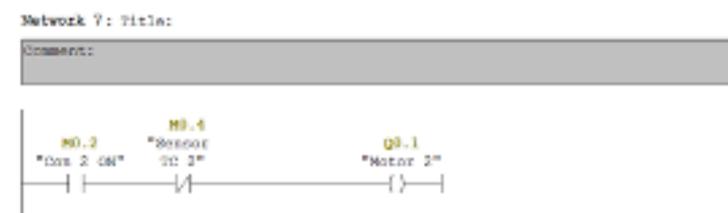
inisiasi untuk *timer* yang digunakan, jika *input* M 0.3 aktif pada *network 5*, maka akan menonaktifkan *output* Q 0.0 setelah 5 detik kemudian.



Gambar 21. Pemrograman pada *Organization Block Network 6*

Sama dengan *network 3*, *network 6* merupakan program *latching* atau penguncian untuk mengaktifkan *conveyor 2*. Ketika *push button start* untuk *conveyor 2* (I 0.3) ditekan, maka akan mengaktifkan memori *conveyor 2* (M 0.2). Ketika *push button* dilepas lagi,

conveyor 2 masih akan tetap aktif karena telah dikunci oleh program yang telah dibuat diatas. *Conveyor 2* akan nonaktif ketika *push button stop* (I 0.4) ditekan.



Gambar 22. Pemrograman pada *Organization Block Network 7*

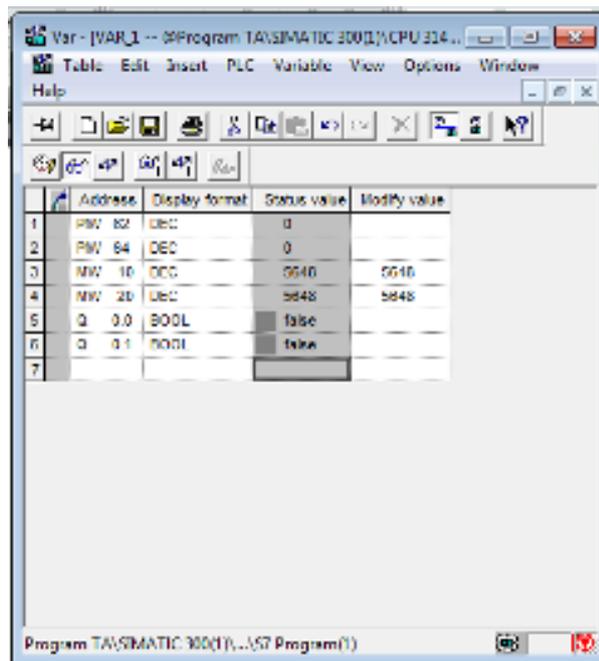
Network 7 merupakan program untuk mengaktifkan atau menonaktifkan motor *conveyor 2* (Q 0.1). Jika memori *conveyor 2* aktif dan sensor

thermocouple nonaktif, maka motor 2 (Q 0.1) akan aktif. Jika sensor memori *thermocouple 2* (M 0.4) aktif, maka akan menonaktifkan *output* motor 2.

2. Variabel

Variabel menunjukkan alamat pada program yang dibuat. PIW 62 merupakan alamat untuk *analog input* ke 1 atau alamat *input* untuk sensor *thermocouple* 1 dengan format bilangan desimal. Status *value* menunjukkan bilangan desimal yang mempresentasikan tegangan *analog input* yang diterima pada PLC yaitu 0V – 10V. Sama dengan PIW 62, PIW 64 merupakan alamat untuk *analog input* ke 2 atau alamat *input* untuk sensor *thermocouple* 2. MW 10 merupakan

alamat memori *word* tempat set poin akan ditentukan untuk PIW 62 atau sensor *thermocouple* 1 dalam format bilangan desimal. MW 20 merupakan alamat memori *word* tempat set poin akan ditentukan untuk PIW 64 atau sensor *thermocouple* 2. Bilangan desimal ini mempresentasikan nilai 0 – 27648 untuk tegangan *input* 0V – 10V. Q 0.0 merupakan alamat untuk motor *conveyor* 1 dan Q 0.1 merupakan alamat untuk *conveyor* 2.



	Address	Display format	Status value	Modify value
1	PIW 62	DEC	0	
2	PIW 64	DEC	0	
3	MW 10	DEC	5648	5648
4	MW 20	DEC	5648	5648
5	Q 0.0	BOOL	false	
6	Q 0.1	BOOL	false	
7				

Gambar 23. Variabel

Jika *status value* PIW 62 atau PIW 64 melebihi dari *status value* MW 10 atau MW 20, maka akan mengaktifkan Q 0.0 atau Q 0.1. Tapi pada OB 1 yang telah dibuat, PIW 62 dan PIW 64 dibuat dengan menggunakan *normally closed contact* sehingga apabila hasil dari monitor variabel bernilai 1, maka akan menjadi 0 karena menggunakan *normally closed contact* dan begitu juga sebaliknya. Gambar 23 menunjukkan *modify value* pada MW 10 dan MW 20 yang memperlihatkan bilangan desimal 5648. 5648 merupakan nilai desimal yang mempresentasikan nilai temperatur yang digunakan pada set poin yaitu 200°C. Sebelumnya nilai desimal ini dicari terlebih dahulu dengan mengkonversikan temperatur yang terbaca pada *thermometer*

thermocouple dengan *output* tegangan pada *thermocouple* kemudian mengkonversikan tegangan tersebut dengan nilai desimal pada PLC. Tabel 3 berikut menunjukkan konversi dari temperatur yang diukur dengan tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian penguat sinyal dan bilangan desimal yang bisa dibaca oleh PLC.

Tabel 3. Konversi Temperatur, Tegangan, dan Nilai Desimal

Suhu	Tegangan	Nilai Desimal
0 ⁰ C	0V	0
100 ⁰ C	1V	2960
200 ⁰ C	2V	5648
300 ⁰ C	3V	8512
400 ⁰ C	4V	11328
500 ⁰ C	5V	13920
600 ⁰ C	6V	16720
700 ⁰ C	7V	19632
800 ⁰ C	8V	22352
900 ⁰ C	9V	24976
1000 ⁰ C	10V	27648

4.2.5. Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* dilakukan setelah program dirancang dan disimulasikan pada *software* Simatic. Jika program sudah *running*, maka tahap selanjutnya adalah perancangan *hardware*-nya. *Hardware* menghubungkan PLC dengan *thermocouple* tipe K sebagai *input* dan *conveyor* sebagai *output*.

Tahapan awal dalam perancangan *hardware* adalah pemilihan sensor yang sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar dan bisa dipasang pada *belt conveyor*. Persyaratan sensor yang cocok untuk sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu respon yang cepat
Hal ini berarti sensor harus dapat memberikan waktu respon yang cepat pada PLC akibat perubahan temperatur pada lingkungan sekitar.
2. Ukuran fisik yang tahan terhadap lingkungan sekitar
Sensor yang digunakan harus tahan terhadap lingkungan dimana sensor tersebut akan ditempatkan. Hal ini untuk menghindari kerusakan sensor jika kondisi fisik sensor tidak sesuai dengan kondisi lingkungan.
3. *Range* temperatur yang cukup besar
Hal ini dikarenakan jika *range* temperatur pada sensor relatif kecil atau pas-pasan, maka dapat menimbulkan kerusakan pada sensor tersebut sehingga diperlukan sensor temperatur yang *range* temperaturnya cukup besar.
4. Linieritas yang tinggi
Sensor mampu menghasilkan sinyal *output* yang berubah secara kontinyu berdasarkan sinyal *input* yang juga berubah secara kontinyu.

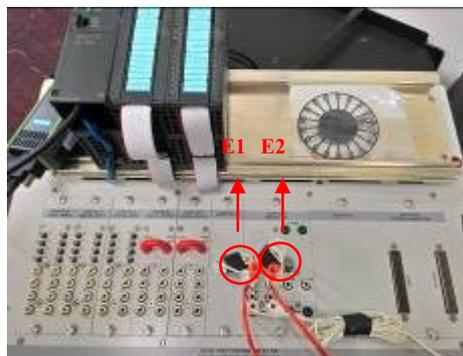
5. Sensitifitas yang tinggi
Sensor memiliki kepekaan yang tinggi terhadap perubahan yang dimonitor oleh sensor tersebut.

Berdasarkan pertimbangan kekurangan dan kelebihan dari sensor PT 100, *heat detector*, sensor LM35, dan sensor *thermocouple*, maka dipilih sensor *thermocouple* karena penggunaannya paling cocok untuk perancangan.

Setelah sensor dipilih, maka sensor tersebut dipasang pada BC 1 dan BC 2. Masing-masing *conveyor* dipasang 1 sensor *thermocouple* tipe K. Setelah sensor dipasang pada *conveyor*, maka kemudian sensor dihubungkan ke modul *analoginput* pada PLC. Masing-masing sensor dihubungkan ke soket E1 dan E2 serta *groundnya*. Gambar 6 berikut menunjukkan pemasangan sensor pada *conveyor*. Sensor dipasang diatas *conveyor* dengan menggunakan penyangga dan diletakkan tegak lurus terhadap *conveyor*. Jarak pemasangan sensor dari *conveyor* adalah sekitar 4-5 cm. Sedangkan untuk pemasangan rangkaian sensor pada PLC dapat dilihat pada Gambar 24 berikut.



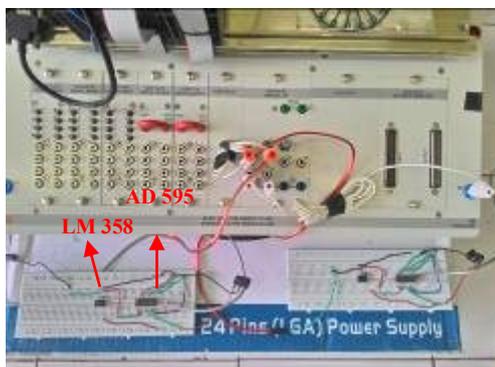
Gambar 24. Pemasangan Sensor pada Conveyor



Gambar 25. Pemasangan Rangkaian Sensor pada Soket Analog Input PLC

Sebelum sensor *thermocouple* dipasang pada *analoginput* PLC, maka dilakukan penguatan dulu terhadap *output* dari sensor tersebut. Sensor *thermocouple* merupakan sensor yang mempunyai *output* berupa tegangan. Tegangan inilah yang nantinya menjadi *input* yang akan dibaca oleh PLC. Namun tegangan yang dihasilkan oleh sensor *thermocouple* sangatlah kecil (dalam satuan *microvolt* sampai dengan *millivolt*), sehingga diperlukan *operational amplifier* (op-amp) untuk menguatkan tegangan yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Op-amp yang digunakan pada perancangan ini adalah IC AD 595 yang khusus digunakan sebagai op-amp untuk sensor *thermocouple* tipe K. Selain itu juga digunakan rangkaian *buffer* dengan IC LM 358. Penggunaan rangkaian *buffer* ini dikarenakan bentuk dari sensor *thermocouple* yang memanjang memungkinkan dapat pengaruh dari lingkungan luar seperti medan elektromagnetik

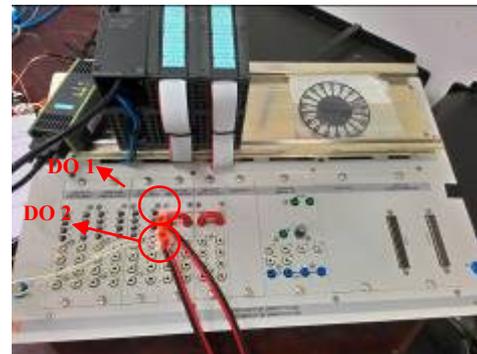
Thermocouple mempunyai dua kaki yaitu kaki Chromel dan Alumel, masing-masing kaki masuk pada kaki 1 untuk positif dan kaki 14 untuk negatif. Sumber tegangan 5 V dihubungkan pada kaki 4, 7, 13 untuk negatif dan kaki 11 untuk positif. *Output* dari IC AD 595 berada pada kaki 9 dan 8. *Output* ini akan masuk menuju IC LM 358 sebagai IC *buffer* pada kaki 3. *Output* dari IC ini pada kaki 1 dan 2 yang akan masuk pada *input* analog PLC. Setelah melalui rangkaian ini, tegangan yang diterima PLC akan sama dengan tegangan yang bisa dibaca oleh PLC yaitu antara 0V – 10V. Sinyal yang telah diperkuat inilah nantinya akan diolah oleh PLC. Rangkaian ini menghasilkan tegangan 10mV/°C. Gambar 8 berikut memperlihatkan gambar rangkaian pengkondisian yang telah dirancang.



Gambar 26. Rangkaian Pengkondisian Sinyal yang Telah Dirancang

Setelah pemasangan *input*, maka langkah selanjutnya adalah dengan pemasangan

output. Kabel *conveyor* dipasang pada masing-masing soket modul *digital output* (DO) pada PLC. DO 1 adalah kabel untuk *conveyor* 1 (BC 1) dan DO 2 adalah kabel untuk *conveyor* 2 (BC 2). Gambar 30 menunjukkan pemasangan kabel *conveyor* ke modul *digitaloutput* PLC.



Gambar 30. Pemasangan Kabel Conveyor pada Soket DigitalOutput PLC

Agar bisa mengaktifkan dan menonaktifkan *belt conveyor*, maka diperlukan rangkaian *relay* tambahan. *Relay* yang digunakan pada *conveyor* adalah *relay* dengan tegangan sebesar 240V AC atau 28V DC. Agar *conveyor* dapat membaca sinyal *output* dari PLC, maka digunakan *relay* tambahan dengan tegangan 24V DC. *Output* dari PLC pada kaki positif (Q 0.0 dan Q 0.1) dihubungkan ke kaki 13 dan kaki negatif dari PLC (0V) dihubungkan ke kaki 14 *relay* yang baru. Pin 13 pada *relay conveyor* dihubungkan pada kaki 5 *relay* baru. Kemudian kaki 9 pada *relay* baru dihubungkan kembali ke kaki 13 *relay conveyor*. Gambar 31 memperlihatkan rangkaian *relay conveyor* dan *relay* baru.



Gambar 31. Rangkaian Relay

Setelah semua *input* dan *output* dihubungkan dengan benar, maka hasil

perancangan dapat disimulasikan. Perancangan *hardware* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 32 berikut.



Gambar 32. Hardware Secara Keseluruhan

4.3. Pengujian Hasil Perancangan

4.3.1. Prosedur Pengujian Hasil Perancangan

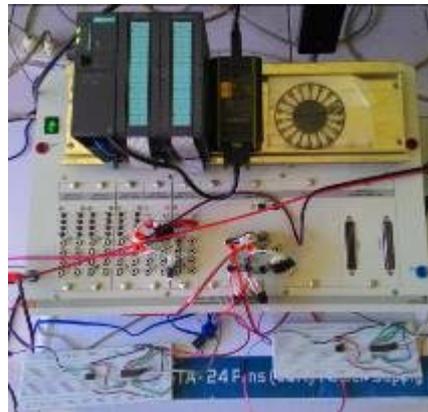
Prosedur pengujian dari hasil perancangan berisikan langkah-langkah dalam menguji program yang telah dibuat sampai dengan *wiring* sehingga kondisi perancangan dapat berjalan sesuai dengan perintah yang telah diprogram. Prosedur pengujian hasil perancangan ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian terhadap program yang telah dibuat dan memastikan program dapat *running* ketika di *debug*.
2. Memastikan temperatur sensor akurat sesuai dengan temperatur yang diukurinya. Pengukuran temperatur sensor ini menggunakan alat *thermometer thermocouple*.
3. Memastikan catu daya yang disambungkan ke PLC memiliki *rating* tegangan yang sesuai dengan *rating* yang ditetapkan untuk PLC.
4. Memastikan semua perangkat *input/output* disambungkan ke titik-titik *input/output* yang benar dan menghasilkan sinyal-sinyal yang benar.
5. Memastikan semua sambungan kabel antara PLC dan perangkat-perangkat eksternal (sensor *thermocouple* dan *conveyor*) yang dikontrolnya telah terpasang dengan baik, aman, dan memenuhi spesifikasi yang diinginkan.
6. Memastikan program Simatic Step 7 telah dijalankan sehingga perubahan temperatur dari sensor *thermocouple* dapat dilihat pada monitor.

4.3.2. Prosedur Kerja Hasil Perancangan

Prosedur kerja hasil perancangan berisikan langkah-langkah dalam menjalankan hasil perancangan *prototype early warning system*. Prosedur kerja ini merupakan tahapan kegiatan yang dilakukan agar *prototype early warning system* dapat berjalan dengan baik. Adapun prosedur kerja perancangan *prototype early warning system* adalah sebagai berikut:

1. Memasang peralatan *input* (rangkaiannya pengkondisian sinyal *thermocouple*) pada *analog input* modul PLC dan peralatan *output* (rangkaiannya *relay* tambahan) pada *digital output* modul PLC.



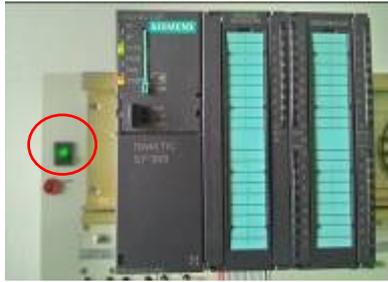
Gambar 33. Pemasangan Peralatan *Input* dan *Output* pada PLC

2. Menghidupkan *conveyor* dengan memutar *selector switch* dari kondisi *off* ke kondisi *on*.



Gambar 34. Menghidupkan *Selector Switch* pada *Conveyor*

3. Menghidupkan *rocker switch* pada PLC dari kondisi *off* ke kondisi *on*.



Gambar 35. Menghidupkan *Rocker Switch* pada PLC

- Mengaktifkan *toggle switch* I 0.0 dan I 0.3 pada digital *input* PLC agar dapat mengaktifkan *relay* tambahan 24V DC untuk *conveyor*.



Gambar 36. Pengaktifan *Toggle Switch*

- Mengaktifkan *pushbutton* on (*pushbutton* warna hijau) pada *belt conveyor*.



Gambar 37. Pengaktifan *Pushbutton*

- Perancangan *prototype early warning system* dapat dijalankan.

4.3.3. Hasil Pengujian

Output dari perancangan sistem ini adalah kondisi *off* dari *conveyor* apabila temperatur yang terdeteksi oleh *thermocouple* melebihi set poin yang telah ditentukan. Beberapa kondisi yang dirancang disesuaikan agar hasil perancangan sesuai dengan program yang telah dibuat. Penjelasan kondisi yang telah dirancang dan hasil dari pengujian kondisi tersebut dapat dilihat pada penjelasan berikut:

1. Kondisi BC 1 Off

Kondisi BC 1 *off* dikarenakan sensor *thermocouple* pada BC 1 mendeteksi temperatur yang melebihi set poin sehingga mengakibatkan BC 1 *off*. Dari hasil pengujian, jika sensor mendeteksi temperatur api diatas temperatur set poin yang telah ditentukan pada program, maka BC 1 akan otomatis mati (dalam keadaan *off*). Namun BC 2 akan tetap berjalan (dalam kondisi *on*). Dari pengujian yang telah dilakukan, hasil pengujian sesuai dengan program yang telah dirancang, dimana jika sensor BC 1 *on*, BC 1 akan *off* sementara BC 2 tetap *on*. Gambar 38 berikut menunjukkan hasil pengujian BC 1 dalam kondisi *off*.



Gambar 38. Kondisi Hasil Pengujian BC 1 dalam Kondisi *Off*

2. Kondisi BC 1 dan BC 2 Off

Kondisi BC 1 dan BC 2 *off* dikarenakan sensor *thermocouple* pada BC 2 mendeteksi temperatur yang melebihi set poin sehingga mengakibatkan BC 1 dan BC 2 *off*. Dari hasil pengujian, jika sensor mendeteksi temperatur api diatas temperatur set poin yang telah ditentukan pada program, maka BC 1 dan BC 2 akan otomatis mati (dalam keadaan *off*). Dari pengujian yang telah dilakukan, hasil pengujian sesuai dengan program yang telah dirancang, dimana jika sensor BC 2 *on*, BC 1 dan BC 2 akan *off*. Gambar 39 berikut menunjukkan hasil pengujian BC 1 dan BC 2 dalam kondisi *off*.



Gambar 39. Kondisi Hasil Pengujian BC 1 dan BC 2 dalam Kondisi *Off*

Sensor yang digunakan pada perancangan adalah sensor *thermocouple* tipe K. Selain sensor *thermocouple* tipe K, masih banyak sensor temperatur lain yang bisa digunakan di dalam dunia industri, diantaranya adalah sensor PT 100, sensor LM 35, *flame detector*, dan sensor *thermocouple* tipe K. Diantara sensor-sensor tersebut, penggunaan sensor *thermocouple* tipe K lebih luas. Hal ini dikarenakan sensor ini memiliki *range* temperatur yang luas dan harga yang relatif murah. Selain itu, sensor cocok digunakan pada lingkungan yang berdebu, lingkungan yang panas karena temperatur alat-alat dan material yang ada pada industri, serta bentuk fisik sensor yang tahan lama terhadap perubahan yang dapat terjadi yang diakibatkan oleh lingkungan. Sensor ini juga memiliki waktu respon yang cepat dan rangkaian sensor yang sederhana.

Perancangan *early warning system* dengan menggunakan sensor *thermocouple* tipe K dalam pengujiannya menempatkan 2 sensor *thermocouple* pada titik-titik yang telah ditetapkan yakni posisi vertikal dari *belt conveyor*. Antara satu sensor dengan sensor yang lain berjarak 3 meter. Pertimbangan jarak dalam penempatan titik sensor ini dipengaruhi oleh percobaan yang dilakukan dalam skala laboratorium sehingga jarak 3 meter dirasa tepat agar dapat mendeteksi perubahan temperatur. Jarak sensor dengan sumber panas (*detector*) yang digunakan dalam perancangan ini adalah sekitar 3-5 cm. 5 cm disini berarti jarak maksimum antara ujung sensor *thermocouple* dengan *detector*-nya. *Hot junction* (titik sambungan *thermocouple*) diletakkan kurang lebih 3-5 cm dari jarak temperatur yang akan diukur. Pada perancangan ini *detector* yang digunakan adalah nyala api lilin. Jadi *hot junction thermocouple* diletakkan diatas api dengan jarak antara 3-5 cm dan ujung lainnya disambungkan dengan rangkaian penguat sinyal.

Rancangan *prototype early warning system* ini secara keseluruhan dapat diuji dengan baik. Sebelum PLC dapat mengontrol sistem, terlebih dahulu dibuat program untuk pengontrolannya. Setelah program selesai dibuat, kemudian di *download* ke PLC agar dapat tersimpan di memori PLC. Untuk *download* program ini, dibutuhkan waktu sekitar 4 detik. Waktu ini tidak terlalu lama dengan waktu proses yang dibutuhkan PLC untuk memproses program dengan tipe data *bit* dan *word*. Kemudian dalam menjalankan perancangan *prototype* ini, respon sensor sangat cepat sehingga setiap perubahan temperatur yang terjadi dapat

langsung diberikan tindakan pengontrolannya. *Output* dari perubahan temperatur ini kemudian akan mengaktifkan dan menonaktifkan *relay*. *Relay* bekerja dengan baik dan cepat terhadap perubahan yang terjadi sehingga *on/off* motor *conveyor* sesuai dengan program yang dirancang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil perancangan *prototype early warning system* terhadap kontrol *on/off conveyor* adalah sebagai berikut:

1. *Prototype early warning system* yang telah dirancang ini dapat memberikan tindakan untuk mendeteksi dan mencegah terjadinya kebakaran pada transportasi pengangkutan batubara dengan menggunakan *belt conveyor*.
2. Hasil perancangan *prototype early warning system* menunjukkan BC 1 akan menjadi nonaktif (*off*) jika suhu yang terdeteksi pada sensor *thermocouple* di BC 1 melebihi set poin yang ditentukan. Sedangkan BC 1 dan BC 2 akan menjadi nonaktif (*off*) jika suhu yang terdeteksi pada sensor *thermocouple* di BC 2 melebihi set poin yang ditentukan. Jika suhu yang terdeteksi masih di bawah set poin, maka *conveyor* masih tetap aktif (*on*).

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya berdasarkan hasil perancangan *prototype early warning system* adalah sebagai berikut:

1. Perancangan *prototype early warning system* dapat digunakan sebagai sistem peringatan dini di sepanjang transportasi pengangkutan batubara pada industri-industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar.
2. Penggunaan sensor sebagai *input* dalam perancangan ini yang sebelumnya menggunakan dua sensor dapat ditambah menjadi beberapa sensor.
3. Penggunaan sensor temperatur yang lebih baik selain *thermocouple* dapat digunakan untuk perancangan di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Batubara dan Pemanasannya*, (18 Maret 2010). Diakses pada 21 Mei 2014 dari <http://batubaraunik.blogspot.com>.

- [2] M. P. Groover, *Automation, Production System and Computer Integrated Manufacturing (Ed. 3)*, New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- [3] J. R. McLeod, *Sistem Informasi Manajemen*, Jakarta: PT Salemba Empat, 2008.
- [4] E. Sutanta, *Sistem Informasi Manajemen*, Bandung: Graha Ilmu, 2003.
- [5] R. Wawolumaja, *Diktat Kuliah Sensor, Transduser dan Aktuator*, Bandung: Universitas Kristen Maranatha, 2013.
- [6] I. Setiawan, *Buku Ajar Sensor dan Transduser*, Semarang: Universitas Diponegoro, 2009.
- [7] W. Kester, *Sensor Technology Handbook*, Jordan Hill Oxford: Linacre House, 2005.
- [8] Analog Device, *Monolithic Thermocouple Amplifiers with Cold Junction Compensation Datasheet AD 594 / AD 595*, USA: Nerwood, 2010.
- [9] F. D. Petruzella, *Programmable Logic Controllers (Ed. 4)*, New York: McGraw-Hill, 2011.
- [10] A. J. Crispin, *PLC and their Engineering Application*, England: McGraw-Hill, 1997.
- [11] Atmiasri dan S. Rochman, "Pendeteksi Logam untuk Industri Makanan Berbasis PLC", *Jurnal Teknik WAKTU*, Vol. 9, No. 1, pp. 78-81, 2011.
- [12] R. Juhana, "Aplikasi PLC Sebagai Alat untuk Otomasi dalam Proses Line Balancing (Kasus Paintshop PT Hyundai Indonesia Motor)", *Jurnal Ilmiah PASTI*, Vol. 5, No. 1, pp. 41-45, 2010.
- [13] A. Fathoni, (16 Januari 2014), *S7-300 PLC Training*, Diakses pada 20 Mei 2014 dari academia.edu/5875117/S7-300_PLC_training_basic_level.html.
- [14] A. Effendi dan R. Wirza, "Perencanaan Sistem SCADA Cooling Tower Menggunakan Siemens Simatic Step 7 dan WINCC", *Jurnal Teknologi Informasi*, Vol. 1, No. 1, pp. 6-14, 2013.