



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE145561**

**PERANCANGAN *SAFETY DOOR* DI AREA *INDUSTRIAL ROBOT CODIAN* PADA *ROBOTIC POUCH CASE PACKER* MENGGUNAKAN *GUARDLOCKING SWITCHES TLS2-GD2***

Rafika Amelia Devi  
NRP. 1031150000108

Pembimbing  
Ir. Joko Susila, M.T.  
M. Abdul Hady, S.T, M.T.  
Mohamad Hafid, S.Pd

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 145561**

**PERANCANGAN SAFETY DOOR DI AREA INDUSTRIAL  
ROBOT CODIAN PADA ROBOTIC POUCH CASE  
PACKER MENGGUNAKAN GUARDLOCKING  
SWITCHES TLS2-GD2**

Rafika Amelia Devi  
NRP.1031150000108

Pembimbing  
Ir. Joko Susila, M.T.  
M. Abdul Hady, S.T., M.T.  
Mohamad Hafid S.Pd

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE 145561**

***SAFETY DOOR DESIGN FOR INDUSTRIAL ROBOT  
CODIAN AREA ON ROBOTIC POUCH CASE PACKER  
USING GUARDLOCKING SWITCHES TLS2-GD2***

Rafika Amelia Devi  
NRP.10311500000108

Advisor  
Ir. Joko Susila, M.T.  
M. Abdul Hady, S.T., M.T.  
Mohamad Hafid S.Pd

***DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING AUTOMATION  
Faculty of Vocations  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018***

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

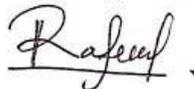
Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul :

**“PERANCANGAN *SAFETY DOOR*  
DI AREA *INDUSTRIAL ROBOT CODIAN*  
PADA *ROBOTIC POUCH CASE PACKER*  
MENGUNAKAN *GUARDLOCKING SWITCHES TLS2-GD2*”**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 2 Agustus 2018



Rafika Amelia Devi  
NRP. 1031150000108

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**PERANCANGAN SAFETY DOOR  
DI AREA INDUSTRIAL ROBOT CODIAN  
PADA ROBOTIC POUCH CASE PACKER**

**MENGGUNAKAN GUARDLOCKING SWITCHES TLS2-GD2**



**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik  
Pada**

**Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing 1, Dosen Pembimbing 2,**

**Pembimbing  
Lapangan,**



**Ir. Joko Susilo, M.T.**

**M. Abdul Hady, S.T., M.I.**

**Mohammad Hanif, S.Pd.**

**NIP. 196606061991021001**

**NIP. 198904132015041002**



**SURABAYA  
JULI, 2018**



*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**PERANGANGAN SAFETY DOOR  
DI AREA INDUSTRIAL ROBOT CODIAN  
PADA ROBOTIC POUCH CASE PACKER**



**MENGGUNAKAN GUARDLOCKING SWITCHES TLS2-GD2  
DI INDUSTRIAL ROBOTIC AUTOMATION**



**TUGAS AKHIR**

Disusun oleh:

**Rafika Amelia Devi**

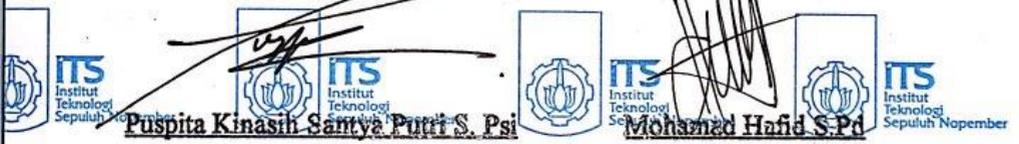
**NRP. 1031150000108**



Menyetujui,

Kepala *Human Resources Department*,

Pembimbing Perusahaan,



Puspita Kinasih Samya Putri S. Psi

Mohamad Hafid S. Pd

*Chief Executive Officer,*

Herman Tjokrowibo B.Sc



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERANCANGAN SAFETY DOOR  
DI AREA INDUSTRIAL ROBOT CODIAN  
PADA ROBOTIC POUCH CASE PACKER  
MENGUNAKAN GUARDLOCKING SWITCHES TLS2-GD2**

**Nama** : Rafika Amelia Devi  
**Pembimbing 1** : Ir. Joko Susila, M.T.  
**Pembimbing 2** : M. Abdul Hady, S.T., M.T.  
**Pembimbing 3** : Mohamad Hafid S.Pd

**ABSTRAK**

Penggunaan *industrial robot codian* dengan gerakan berkecepatan tinggi pada *Robotic Pouch Case Packer* dapat menimbulkan potensi kecelakaan kerja yang berbahaya di area tersebut ketika mesin sedang beroperasi. Salah satu upaya untuk menghindari timbulnya kecelakaan kerja pada area *industrial robot codian* adalah dengan memasang *safety door* sebagai pembatas interaksi antara area berbahaya tersebut dengan manusia. Namun, *safety door* masih memerlukan komponen penunjang untuk mengerjakan fungsinya dalam menjaga pintu tetap tertutup ketika mesin sedang beroperasi. *Guardlocking switches* TLS2-GD2 adalah komponen pengunci pintu dengan tipe *power-to-lock*, dimana komponen ini akan mengunci pintu selama mesin masih beroperasi. *Guardlocking switches* TLS2-GD2 dapat digunakan untuk mengunci *safety door* di area *industrial robot codian*. Operator dapat mengontrol pengoperasian mesin dengan menghubungkan *guardlocking switches* TLS2-GD2 sebagai *input* pada *Programmable Logic Controller* (PLC). Sehingga kondisi terbuka atau tertutupnya *safety door* dapat mempengaruhi operasi sistem dengan mencegah mesin beroperasi saat *safety door* belum ditutup dan mengunci *safety door* selama mesin beroperasi. Dari penggunaan *guardlocking switches* TLS2-GD2 untuk *safety door* ini diperoleh nilai *safety reaction time* untuk menonaktifkan penguncian pada *safety door contact* setelah *emergency stop button* ditekan adalah 0,11625 s, dimana nilai ini telah memenuhi standar maksimum yang diperlukan oleh mesin yaitu sebesar kurang dari 1 s.

**Kata Kunci** : *guardlocking switches, safety door, PLC*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**SAFETY DOOR DESIGN  
IN INDUSTRIAL ROBOT CODIAN AREA  
ON ROBOTIC POUCH CASE PACKER  
USING GUARDLOCKING SWITCHES TLS2-GD2**

**Name** : Rafika Amelia Devi  
**Advisor 1** : Ir. Joko Susila, M.T.  
**Advisor 2** : M. Abdul Hady, S.T., M.T.  
**Advisor 3** : Mohamad Hafid S.Pd

**ABSTRACT**

*The high-speed movement of industrial robot codian on the Robotic Pouch Case Packer can lead to potential dangerous workplace accidents in the area when the machine is in operation. One possible effort to avoid the occurrence of accidents in industrial robot codian area is by installing a safety door to limit the interaction between dangerous engine areas with humans. However, the safety door still requires supporting components to do its function in keeping the door closed while the machine is operating. Guardlocking switches TLS2-GD2 is a guardlocking interlock component with a power-to-lock type, in which it will lock the door while the machine is operating. Guardlocking switches TLS2-GD2 can be used to lock the safety door in the industrial robot codian area. The operator is able to control the operation of the machine by connecting the guardlocking switches as inputs to the Programmable Logic Controller (PLC). So that the open or closed condition of the safety door will affect the operation of the system by preventing the engine to operate when the safety door has not been closed and lock the safety door while the machine is operating. From the use of guardlocking switches TLS2-GD2 for safety door is obtained value of safety reaction time to disable the locking on the safety door contact after the emergency stop button is pressed is 0.11625 s, in which this value has met the maximum standards required by the machine that is less than 1 s.*

**Keyword:** guardlocking switches, safety door, PLC.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **“Perancangan Safety Door di Area Industrial Robot Codian pada Robotic Pouch Case Packer Menggunakan Guardlocking Switches TLS2-GD2”** untuk memenuhi syarat kelulusan pada Bidang Studi Komputer Kontrol, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Laporan penelitian ini dapat diselesaikan oleh penulis berkat bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Ibu, Bapak, dan kedua Kakak tercinta yang selalu memberi dukungan, semangat, dan do'a untuk keberhasilan penulis. Bapak Ir. Joko Susila, M.T., Bapak Mohamad Abdul Hady, S.T., M.T. dan Bapak Andri Ashfahani, ST., MT. selaku dosen pembimbing serta Bapak Mohammad Hafid S.Pd. selaku pembimbing lapangan atas bimbingan dan arahannya. Bapak Imam Arifin, ST., MT., selaku kepala laboratorium Sistem Komputer dan Otomasi yang telah mendidik penulis menjadi lebih baik. Dosen Bidang Komputer Kontrol dan Departemen Teknik Elektro Otomasi atas pendidikan dan ilmunya. para karyawan PT. Industrial Robotic Automation (IRA) atas ilmu dan pengalamannya. Keluarga laboratorium Sistem Komputer dan Otomasi atas bantuan dan kerja samanya. Teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. Laporan ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun.

Surabaya, 2 Agustus 2018

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	iii
HALAMAN JUDUL.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN.....	xi
ABSTRAK.....	xiii
<i>ABSTRACT</i> .....	xv
KATA PENGANTAR .....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Laporan.....	3
1.7 Relevansi.....	4
<b>BAB II <i>SAFETY DOOR DI AREA INDUSTRIAL ROBOT CODIAN PADA ROBOTIC POUCH CASE PACKER</i>.....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Robotic Pouch Case Packer</i> .....	5
2.2 <i>Area Industrial Robot Codian</i> .....	6
2.3 <i>Safety System</i> .....	8
2.4 <i>Safety Door</i> .....	12
2.5 <i>Guardlocking Switches TLS2-GD2</i> .....	13
2.6 <i>Safety Relay</i> .....	15
2.7 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i> .....	16
2.8 <i>Safety PLC</i> .....	19
2.9 <i>External Device Monitoring (EDM)</i> .....	23
2.10 <i>EtherCAT Coupler Unit NX-ECC</i> .....	24
2.11 <i>Sysmac Studio</i> .....	25
2.12 <i>Safety Reaction Time</i> .....	28
2.13 <i>Microsoft Visio</i> .....	29
<b>BAB III .....</b>	<b>31</b>
3.1 <i>Diagram Blok Fungsional Sistem</i> .....	31
3.2 <i>Perancangan Hardware</i> .....	32

3.3 Perancangan <i>Software</i> .....	39
BAB IV .....	47
4.1 Cara Kerja Alat .....	47
4.2 Pengujian <i>Safety Door Contact</i> .....	48
4.3 Hasil Perancangan <i>Software</i> .....	49
BAB V .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	65
RIWAYAT HIDUP .....	93

## DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Tampilan fisik <i>Robotic Pouch Case Packer</i> tampak atas..5	
Gambar 2.2 Area Jangkauan <i>Industrial Robot Codian</i> Pada <i>Robotic Pouch Case Packer</i> ..... 7	7
Gambar 2.3 Langkah-Langkah <i>Risk Assesment</i> ..... 9	9
Gambar 2.4 <i>Category Assesment Table</i> ..... 11	11
Gambar 2.5 <i>Category Assesment Table</i> ..... 12	12
Gambar 2.6 Tampilan fisik <i>Guard Locking Switches</i> tipe TLS2-GD2 .. 13	13
Gambar 2.7 Konfigurasi Pin <i>Guardlocking Switches</i> TLS2-GD2 ..... 14	14
Gambar 2.8 <i>Timing Chart</i> TLS2-GD2 ..... 15	15
Gambar 2.9 Tampilan Fisik <i>Safety Relay</i> G7SA-5A1B ..... 15	15
Gambar 2.10 Diagram Blok Proses Kerja PLC..... 17	17
Gambar 2.11 Tampilan Fisik CPU NJ501-4310 ..... 18	18
Gambar 2.12 Tampilan Fisik Modul <i>Input</i> NX-ID5442 ..... 18	18
Gambar 2.13 Arsitektur <i>Standard PLC</i> ..... 19	19
Gambar 2.14 Arsitektur <i>Safety PLC</i> ..... 20	20
Gambar 2.15 <i>Channel Input Standard PLC</i> ..... 20	20
Gambar 2.16 <i>Channel Input Safety PLC</i> ..... 21	21
Gambar 2.17 Tampilan Fisik Modul <i>NX-Series</i> ..... 21	21
Gambar 2.18 Proses Evaluasi Pada <i>Safety Input Function</i> ..... 23	23
Gambar 2.19 Proses Evaluasi Pada <i>Safety Output Function</i> ..... 23	23
Gambar 2.20 Penggunaan EDM Pada <i>Safety Relay</i> ..... 24	24
Gambar 2.21 Tampilan Fisik Ethercat <i>Coupler Unit</i> NX-ECC201..... 25	25
Gambar 2.22 Tampilan Sysmac Studio ..... 25	25
Gambar 2.23 <i>Safety Function Block</i> SF_Guardmonitoring..... 26	26
Gambar 2.24 <i>Safety Function Block</i> SF_EDM ..... 27	27
Gambar 3.1 Diagram Blok Fungsional Sistem..... 31	31
Gambar 3.2 Peletakan <i>guardlocking switches</i> TLS2-GD2 pada <i>safety door</i> di <i>vane conveyor section</i> ..... 33	33
Gambar 3.3 Peletakan <i>guardlocking switches</i> TLS2-GD2 pada <i>safety door</i> di <i>placing product conveyor section</i> ..... 33	33
Gambar 3.4 Konfigurasi PLC Master, <i>Safety PLC</i> dan EtherCAT .... 34	34
Gambar 3.5 Rancangan <i>wiring guard locking switches</i> dengan <i>NX-Series</i> dan <i>NJ-series</i> ..... 35	35
Gambar 3.6 Rancangan <i>wiring modul safety input</i> NX-SID800 dengan <i>guardlocking switches</i> TLS2-GD2 dan EDM <i>safety relay</i> ...36	36
Gambar 3.7 Rancangan <i>wiring guard locking switches</i> dengan modul <i>safety output</i> NX-SOD400 dan <i>safety relay</i> ..... 37	37

Gambar 3.8	Rancangan <i>wiring guardlocking switches</i> TLS2-GD2 dengan modul <i>input</i> NX-ID5442.....	38
Gambar 3.9	<i>Flowchart</i> mengoperasikan mesin .....	43
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> membuka pintu ketika mesin beroperasi .....	44
Gambar 4.1	<i>Safety door contact</i> pada <i>Robotic Pouch Case Packer</i> ...	48
Gambar 4.2	FB SF_GuardMonitoring_SafetyDoor_Machine .....	50
Gambar 4.3	FB AND FB_SafetyDoor_Ready.....	51
Gambar 4.4	FB SafetyDoor_OK .....	52
Gambar 4.5	FB SF_EDM_SafetyDoor .....	53
Gambar 4.6	FB SafetyOK.....	54
Gambar 4.7	Program operasi mesin mode auto .....	55
Gambar 4.8	Program operasi mesin manual mode .....	56
Gambar 4.9	<i>Output Program</i> .....	57
Gambar 4.10	Rung-3 <i>output program</i> .....	57
Gambar 4.11	Program <i>Error Solenoid Break</i> .....	59
Gambar 4.12	Program <i>Error vane</i> dan <i>placing section safety door contact</i> .....	59
Gambar 4.13	Program <i>Error_SafetyDoor</i> .....	60
Gambar 4.14	Program <i>Error_SafetyDoor</i> .....	60

## DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Kecepatan masing-masing proses pada <i>industrial robot codian</i> .....	7
Tabel 2.2 Parameter <i>severity of injury</i> .....	11
Tabel 2.3 Parameter <i>frequency or exposure time to the hazard</i> .....	11
Tabel 2.4 Parameter <i>possibility of avoiding the hazard</i> .....	11
Tabel 2.5 Spesifikasi pin <i>guardlocking switches</i> TLS2-GD2 .....	14
Tabel 3.1 Alamat <i>standard input</i> pada NX-ID5442.....	40
Tabel 3.2 Alamat <i>input</i> pada modul <i>safety input</i> NX-SID800 .....	41
Tabel 3.3 Alamat <i>safety output</i> pada NX-SOD400 .....	41
Tabel 4.1 Kondisi 1 : Mesin tidak beroperasi .....	67
Tabel 4.2 Kondisi 2 : Mesin beroperasi .....	69
Tabel 4.3 Alamat-alamat pemberitahuan <i>error</i> .....	58

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada dunia industri, *safety system* sangat diperlukan untuk menghindari resiko-resiko kecelakaan kerja yang tidak diinginkan. Salah satu jenis industri yang memiliki potensi kecelakaan kerja tertinggi di Indonesia adalah industri manufaktur dengan angka 67,8%. *Bureau of Labour Statistics* atau US BLS (2014) melaporkan bahwa angka kecelakaan kerja manufaktur tinggi karena disebabkan oleh kontak pekerja dengan mesin, yang mencakup dari 503 pekerja, sebanyak 105 pekerja terjepit oleh peralatan mesin, termasuk 105 pekerja yang terjepit oleh mesin atau peralatan yang sedang berjalan [1].

PT Industrial Robotic Automation (IRA) adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dan memproduksi suatu mesin *packaging* sesuai dengan keinginan *customer*. *Robotic Pouch Case Packer* adalah salah satu *project* dari *customer* yang berfungsi untuk membantu *customer* dalam melakukan proses pengemasan *pouch* ke dalam *box* dengan kecepatan 240 *pouch* permenit [2]. Untuk mengerjakan proses tersebut, *Robotic Pouch Case Packer* dilengkapi oleh bermacam-macam komponen, salah satunya adalah *industrial robot codian*. *Industrial robot codian* merupakan sebuah robot lengan yang digunakan untuk memasukkan *pouch* ke dalam *box*.

Pergerakan *industrial robot codian* ketika memasukkan *pouch* ke dalam *box* memiliki kecepatan yang tinggi dengan rata-rata kecepatan 2,45 m/s [2]. Jika tidak dilengkapi dengan *safety system* yang tepat, area jangkauan pergerakan *industrial robot codian* dapat menimbulkan potensi kecelakaan kerja yang berbahaya selama mesin sedang beroperasi. Maka dari itu, dibutuhkan suatu upaya untuk menghindari timbulnya kecelakaan kerja pada area *industrial robot codian*.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghindari timbulnya kecelakaan kerja pada area *industrial robot codian* adalah dengan memasang *safety door* sebagai pembatas interaksi antara area berbahaya tersebut dengan manusia. Namun, *safety door* masih memerlukan komponen penunjang untuk mengerjakan fungsinya dalam menjaga pintu tetap tertutup ketika mesin sedang beroperasi. *Guardlocking switches* TLS2-GD2 adalah komponen pengunci pintu dengan tipe *power-to-lock*, dimana komponen ini akan mengunci pintu selama mesin masih beroperasi [3].

Pada penelitian ini, akan dirancang *safety door* pada area *industrial robot codian* menggunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2, dimana *guardlocking* ini dihubungkan ke *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai *input*, sehingga mampu mempengaruhi operasi sistem dan mengunci pintu ketika mesin *running*. Pintu ini hanya akan terbuka ketika mesin *error* atau sedang berhenti.

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah berkurangnya potensi-potensi kecelakaan kerja yang tidak diinginkan di area *industrial robot codian*.

## **1.2 Permasalahan**

Penggunaan *industrial robot codian* dengan gerakan berkecepatan tinggi pada *Robotic Pouch Case Packer*, dapat menimbulkan potensi kecelakaan kerja yang berbahaya di area tersebut ketika mesin sedang beroperasi. Tanpa penggunaan *safety system* yang tepat, mesin dapat menyebabkan lokasi kerja menjadi lingkungan yang berbahaya bagi pekerja.

## **1.3 Batasan Masalah**

Pada *Robotic Pouch Case Packer*, terdapat dua jenis *safety door* dengan lokasi pemasangan yang berbeda, yaitu pada area *pouch dropper* dan *industrial robot codian*. *Safety door* pada area *pouch dropper* kemudian disebut dengan *safety door non-contact*, sementara *safety door* pada area *industrial robot codian* akan disebut sebagai *safety door contact*. Pada penelitian ini, akan difokuskan pada pembahasan mengenai perancangan *safety door contact*, yang meliputi tentang *wiring* komponen dan pemrograman *safety* pada *software sysmac studio*.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini, yaitu terbentuknya rancangan *safety door* menggunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 untuk area *industrial robot codian* pada *Robotic Pouch Case Packer*, sehingga dapat mengurangi potensi kecelakaan kerja.

## **1.5 Metodologi Penelitian**

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, dilakukan metodologi-metodologi yang meliputi studi literatur, perancangan sistem, pengujian sistem dan analisa serta pengerjaan buku tugas akhir.

### **1.5.1 Studi Literatur**

Studi literatur yaitu kegiatan pendalaman materi dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang relevan dan pernah dibuat sebelumnya seperti jurnal ilmiah, buku dan sumber-sumber lain yang dapat dijadikan rujukan. Pada penelitian ini, materi yang akan didalami meliputi *safety system*, cara melakukan *electrical wiring*, cara kerja *guard locking switches* sebagai *safety door contact* dan pemrograman PLC untuk *safety system* pada *safety door contact*.

### **1.5.2 Perancangan Sistem**

Perancangan sistem dibagi menjadi dua, yakni perancangan sistem *hardware* dan *software*. Perancangan sistem *hardware* bertujuan untuk memperoleh rancangan *wiring* yang tepat untuk menghubungkan antara satu komponen dengan komponen lainnya. Perancangan *software* dilakukan pada *software* pemrograman dan untuk mengetahui keterkaitan kinerja *guard locking switches* pada *safety door* dengan pengoperasian *Robotic Pouch Case Packer*.

### **1.5.3 Pengujian sistem dan analisis**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah *wiring* yang dilakukan sudah tepat dan tidak terjadi *error* saat mesin beroperasi. Selain itu, juga untuk mengetahui jika program yang dibuat telah sesuai dengan pengoperasian *Robotic Pouch Case Packer*.

### **1.5.4 Penyusunan buku tugas akhir**

Penyusunan buku tugas akhir bertujuan menyampaikan hasil dari kegiatan yang telah dikerjakan secara tertulis dan sebagai bentuk pertanggungjawaban peneliti atas terselesaikannya tugas akhir. Buku tugas akhir terdiri dari teori dasar yang dipelajari, analisis dari data yang didapatkan, hingga kesimpulan dan saran.

## **1.6 Sistematika Laporan**

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi, sistematika penulisan dan relevansi dari penelitian yang dilakukan.

## **BAB II TEORI DASAR**

Konsep dan teori yang mendasari penelitian ini meliputi definisi dan cara kerja *Robotic Pouch Case Packer*, *safety system*, *guardlocking switches*, *safety PLC* dan pemrograman PLC.

## **BAB III PERANCANGAN SISTEM**

Perancangan sistem dibagi menjadi dua, yakni perancangan *hardware* dan perancangan *software*

## **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA**

Membahas pengujian sistem dan menganalisa data yang diperoleh dari pengujian.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

### **1.7 Relevansi**

Perancangan *safety door* di area *industrial robot codian* menggunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 ini berguna untuk pembelajaran tentang *safety system* yang merupakan hal penting dalam dunia industri untuk mengurangi terjadinya kecelakaan kerja. Selain itu, juga berguna untuk pembelajaran tentang PLC.

## **BAB II**

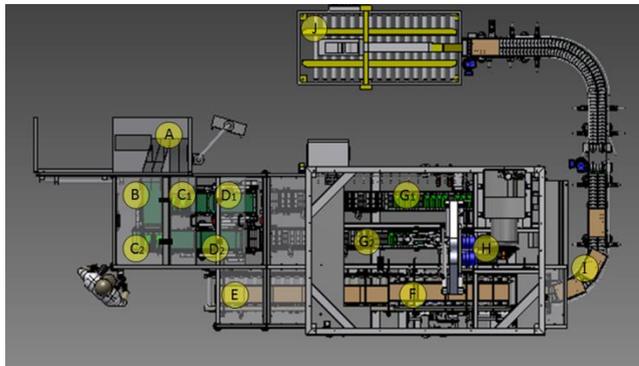
### ***SAFETY DOOR DI AREA INDUSTRIAL ROBOT CODIAN PADA ROBOTIC POUCH CASE PACKER***

*Robotic Pouch Case Packer* merupakan robot yang didesain khusus untuk mengerjakan proses pengemasan *pouch* ke dalam *box* pada suatu industri pengolahan. *Industrial robot codian* adalah salah satu bagian dari *Robotic Pouch Case Packer* yang melakukan proses pemungutan *pouch* dari *conveyor* hingga memasukkannya ke dalam *box*. Pergerakan *industrial robot codian* dalam menyelesaikan serangkaian proses tersebut menggunakan kecepatan yang tinggi, sehingga dapat menimbulkan potensi kecelakaan kerja di area tersebut.

Pemasangan *safety door* digunakan untuk memperkecil potensi kecelakaan kerja di area *industrial robot codian*. *Safety door* dilengkapi dengan komponen pengunci pintu *guardlocking switches* TLS2-GD2 untuk menjaga *safety door* tetap tertutup selama mesin beroperasi. Penggunaan *safety PLC* dapat digunakan untuk mengatur pengoperasian mesin melalui *safety door* dengan menjadikan *guardlocking switches* TLS2-GD2 sebagai *input*.

#### **2.1 *Robotic Pouch Case Packer***

PT Industrial Robotic Automation (IRA) adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dan memproduksi suatu *packaging system* sesuai dengan keinginan *customer*. *Robotic Pouch Case Packer* adalah salah satu *project packaging system* yang dibuat oleh PT IRA untuk memenuhi kebutuhan *customer*.



**Gambar 2.1** Tampilan fisik *Robotic Pouch Case Packer* tampak atas [2]

Gambar 2.1, menunjukkan tampilan fisik dari *Robotic Pouch Case Packer*. *Robotic Pouch Case Packer* merupakan sebuah mesin yang berfungsi untuk membantu operator dalam melakukan proses pengemasan *pouch* ke dalam *box* menggunakan sistem otomasi yang terintegrasi [2]. Keterangan di bawah menunjukkan simbol huruf yang ada pada Gambar 2.1.

Keterangan simbol :

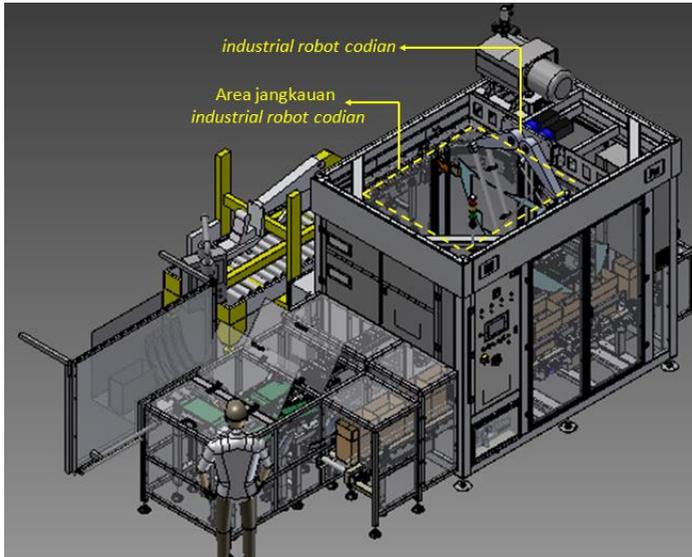
A	: <i>Pouch Chute</i>	F	: <i>Box Placing Conveyor</i>
B	: <i>Pouch Infeed Conveyor</i>	G <sub>1</sub>	: <i>Smart Vane Conveyor 1</i>
C <sub>1</sub>	: <i>Pouch Dropper 1</i>	G <sub>2</sub>	: <i>Smart Vane Conveyor 2</i>
C <sub>2</sub>	: <i>Pouch Dropper 2</i>	H	: <i>Industrial Robot Codian D2-1500</i>
D <sub>1</sub>	: <i>Pouch Reject /Speeder Conveyor 1</i>	I	: <i>Box Outfeed Conveyor</i>
D <sub>2</sub>	: <i>Pouch Reject /Speeder Conveyor 2</i>	J	: <i>Carton Sealer</i>
E	: <i>Box Infeed Conveyor</i>		

Urutan kerja dari mesin ini dimulai dari masuknya *pouch* ke *pouch dropper*, kemudian *pouch dropper* akan menjatuhkan *pouch* ke *pouch infeed conveyor*. Dari *infeed conveyor*, *pouch* akan bergerak menuju *speed conveyor* untuk disalurkan ke *vane conveyor*. *Vane conveyor* terdiri dari 32 buah *vane* yang masing masing *vane* dapat menampung 1 buah *pouch*. Ketika *vane conveyor* sudah menampung 16 *pouch*, *conveyor* akan bergerak menuju *picking position*. *Picking position* adalah posisi dimana *pouch* akan diambil oleh *industrial robot codian* menggunakan *gripper* dengan cara dihisap oleh *vacuum* pada *gripper* robot. Setelah *pouch* terambil, *industrial robot codian* akan menuju *placing box conveyor* yang sudah terisi oleh empat *box* kosong dan meletakkan 16 *pouch* tersebut ke dalam *box* dengan masing-masing *box* akan terisi oleh 4 *pouch*. Proses tersebut akan terus berulang hingga tiap *box* terisi 60 *pouch*. Mesin ini mampu memasukkan 240 *pouch* ke dalam 4 *box* dalam waktu satu menit [2].

## 2.2 Area Industrial Robot Codian

Salah satu bagian dari proses pengemasan pada *Robotic Pouch Case Packer* adalah memungut *pouch* dari *vane conveyor* dan memasukkannya ke dalam *box* di *placing box conveyor*, yang dikerjakan oleh *industrial robot codian*. Ketika *vane conveyor* berada pada *picking position*, maka *industrial robot codian* akan memungut *pouch* dengan mengaktifkan *vacuum switch* untuk menghisap *pouch*. [2] Setelah *pouch*

dipungut, maka *industrial robot codian* bergerak menuju *placing box conveyor* dan meletakkan *pouch* ke dalam *box*. Area jangkauan gerakan *industrial robot codian* pada *Robotic Pouch Case Packer* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Area jangkauan *industrial robot codian* pada *Robotic Pouch Case Packer*

Dalam satu siklus memungut dan memasukkan *pouch* ke dalam *box*, tugas dari *industrial robot codian* dapat dibagi menjadi tiga proses, yakni proses *indexing*, *pick robot* dan *wait get pocket*. Masing-masing proses tersebut memiliki kecepatan yang telah diatur agar dapat menyesuaikan target mesin secara keseluruhan untuk menghasilkan 4 *box* terisi *pouch* dalam satu menit. Kecepatan masing-masing proses yang dikerjakan *industrial robot codian* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Kecepatan masing-masing proses pada *industrial robot codian*

Proses	Kecepatan
<i>Indexing</i>	3.500 mm/s
<i>Pick robot</i>	2.000 mm/s
<i>Wait get pocket</i>	1.850 mm/s

Dari tabel 2.1, dapat diketahui bahwa dengan kecepatan seperti itu akan menimbulkan potensi kecelakaan yang berbahaya jika tidak

dilengkapi dengan pembatas antara area kerja *industrial robot codian* dari jangkauan manusia atau operator. Dapat diketahui dari Gambar 2.2, area kerja dari *industrial robot codian* meliputi *vane conveyor* dan *placing box conveyor*. Maka dari itu, dibutuhkan *safety door* sebagai pembatas di area tersebut.

### 2.3 Safety System

Setiap mesin atau robot memiliki suatu sistem kontrol untuk pengendalian kinerja sistemnya. Menurut standar internasional, sistem kontrol pada suatu mesin dibagi menjadi dua bagian utama, yakni *safety-related parts* dan *non-safety-related parts*. *Safety-related parts* merupakan bagian-bagian mesin yang terkait dengan keamanan dan keselamatan mesin. Sementara *non-safety-related parts* adalah bagian-bagian mesin yang tidak berhubungan dengan keamanan dan keselamatan mesin [4]. *Safety-related parts* bekerja sama untuk membentuk suatu *safety system* dengan tujuan dapat mengoptimalkan keselamatan kerja untuk menghindari resiko-resiko kecelakaan kerja yang tidak diinginkan.

*Safety system* memiliki beberapa tingkatan dalam usahanya meminimalkan kecelakaan kerja. Tingkatan tersebut disebut dengan kategori *safety*. Untuk menentukan kategori *safety*, perlu dilakukan *risk assesment* terhadap mesin yang hendak diberi *safety system*.

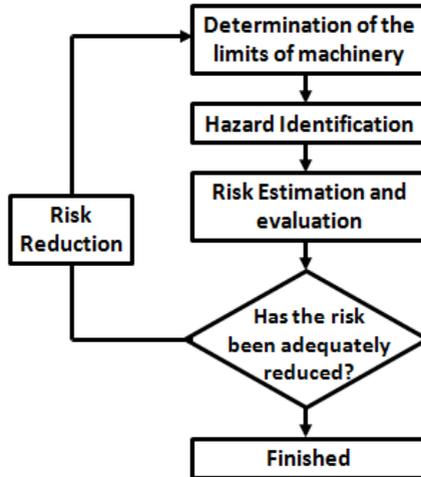
#### 2.3.1 Risk Assesment [4][5]

*Risk Assesment* menurut ISO14121 merupakan serangkaian langkah-langkah logis yang dapat digunakan oleh desainer atau *safety engineer* untuk mempertimbangkan secara sistematis mengenai potensi timbulnya hal-hal berbahaya dari penggunaan mesin, sehingga dapat diperoleh suatu penilaian *safety (safety measures)* yang tepat. *Risk Assesment* diperlukan selama proses mendesain konstruksi dan modifikasi mesin.

*Risk assesment* berisi kegiatan-kegiatan untuk mencari tahu resiko-resiko berbahaya yang mungkin terjadi pada suatu mesin. Dengan mengetahui resiko-resiko tersebut, maka dapat diketahui kriteria-kriteria tertentu untuk mencapai keadaan *safety* dari mesin. *Risk assesment* dapat dilakukan melalui 5 langkah, di antaranya yakni *determination of the limits of machinery* atau penentuan batasan mesin, *hazard identification* atau identifikasi potensi bahaya, *risk evaluation* atau evaluasi resiko

yang telah diperoleh dan *risk reduction* atau memperkecil resiko hingga diperoleh *safety measures* yang tepat.

Langkah-langkah dalam melakukan *risk assesment* ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Langkah-langkah *Risk Assesment*

### 1) *Determination of the limits of machinery*

Menentukan batasan-batasan mesin dapat dilakukan dengan mencari tahu seluk-beluk mesin, seperti fungsi utama mesin, cara kerja, komponen-komponen pada mesin dan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi untuk pengoperasian mesin. Selain itu juga perlu diketahui tentang profil umum operator yang hendak mengoperasikan mesin, seperti usia maupun *gender* operator, interaksi-interaksi yang terjadi antara operator dengan mesin serta frekuensi interaksi operator dengan mesin.

### 2) *Hazard Identification*

Langkah ini dilakukan dengan cara menganalisa potensi-potensi bahaya yang mungkin dapat ditimbulkan oleh batasan-batasan mesin yang telah diketahui. Beberapa potensi tersebut dapat dibedakan dalam tiga bidang, yakni :

#### a) *Physical Hazard*

- ***Mechanical Hazards*** : terjadinya tabrakan mekanik atau adanya suatu komponen yang tersangkut.

- **Electrical Hazards** : adanya kontak dengan komponen-komponen yang dialiri listrik.
  - **Thermal Hazards** : ancaman kesehatan akibat kontak dengan komponen-komponen mesin yang bertemperatur tinggi atau bertemperatur sangat rendah.
- b) **Hazards created by materials** : yaitu bahaya-bahaya yang timbul akibat penggunaan material tertentu, seperti iritasi dan ledakan
  - c) **Hazards created by neglecting principles** : yaitu bahaya yang timbul akibat tidak mengikuti prosedur pengoperasian yang telah ditentukan atau biasa disebut *human error*.

### 3) **Risk Estimation**

Setelah mengetahui potensi adanya bahaya yang mungkin terjadi, maka dapat ditentukan resiko-resiko yang timbul akibat potensi tersebut.

### 4) **Risk Evaluation**

Evaluasi dilakukan untuk memperkecil atau mengubah jumlah resiko dengan mempertimbangkan apakah resiko yang telah ditentukan sudah tepat. Jika terjadi perubahan jumlah resiko, maka akan berpengaruh pada desain mesin akibat penambahan atau pengurangan komponen untuk tujuan *safety*.

### 5) **Risk Reduction**

*Risk reduction* merupakan aksi-aksi yang dilakukan untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja, di antaranya seperti :

- a. Menambahkan komponen *safety* seperti *safeguard*, *safety door* dan lain-lain.
- b. Menggunakan material atau komponen alternatif dengan potensi bahaya yang lebih kecil dan dapat mengurangi kebisingan serta level radiasi.
- c. Mengurangi frekuensi interaksi operator dengan bagian mesin yang berbahaya semaksimal mungkin.
- d. Menggunakan sistem *redundant* untuk beberapa komponen dan subsistemnya.

Setelah dilakukan kelima langkah dalam *risk assesment*, maka diperoleh *safety measures* yang dapat digunakan untuk menentukan kategori *safety* yang tepat bagi mesin.

## 2.3.2 **Kategori Safety**

*Safety system* memiliki beberapa tingkatan dalam usahanya meminimalkan kecelakaan kerja. Tingkatan tersebut disebut dengan kategori *safety*. Besar kecilnya resiko suatu mesin dievaluasi

berdasarkan pada ISO14121 dan nantinya hasil evaluasi tersebut digunakan sebagai penilaian atau acuan untuk memperkecil resiko apabila terjadi suatu kecelakaan kerja atau kegagalan sistem.

Penilaian dan kategori *safety* ditentukan oleh beberapa parameter, di antaranya [6] :

- 1) Parameter S : *Severity of injury* (parah tidaknya kecelakaan)

**Tabel 2. 2** Parameter *severity of injury*

No.	Parameter	Keterangan
1.	S1	Kecelakaan yang hanya menimbulkan luka kecil dan dapat disembuhkan melalui pertolongan pertama, seperti luka tergores.
2.	S2	Kecelakaan yang menimbulkan luka serius, seperti amputasi hingga kematian.

- 2) Parameter F : *Frequency or Exposure Time to the Hazard* (frekuensi terjadinya kecelakaan)

**Tabel 2. 3** Parameter *frequency or exposure time to the hazard*

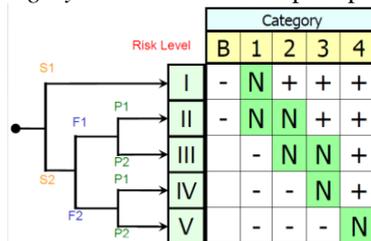
No.	Parameter	Keterangan
1.	F1	Jarang terjadi dan hanya terjadi dalam waktu yang relatif singkat.
2.	F2	Sering terjadi dan terjadi dalam waktu yang relatif lama. Menurut standar di Eropa, F2 terjadi minimal satu kali dalam satu jam.

- 3) Parameter P : *Possibility of avoiding the hazard* (kemungkinan untuk menghindari kecelakaan)

**Tabel 2. 4** Parameter *possibility of avoiding the hazard*

No.	Parameter	Keterangan
1.	P1	Dapat dihindari.
2.	P2	Tidak dapat dihindari.

Setelah diperoleh parameter-parameter dari mesin, maka hasilnya dimasukkan ke *Category Assesment Table* seperti pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** *Category Assesment Table* [6]

Setelah parameter-parameter yang diperoleh dimasukkan ke *category assesment table*, maka akan diperoleh kategori *safety* mesin.

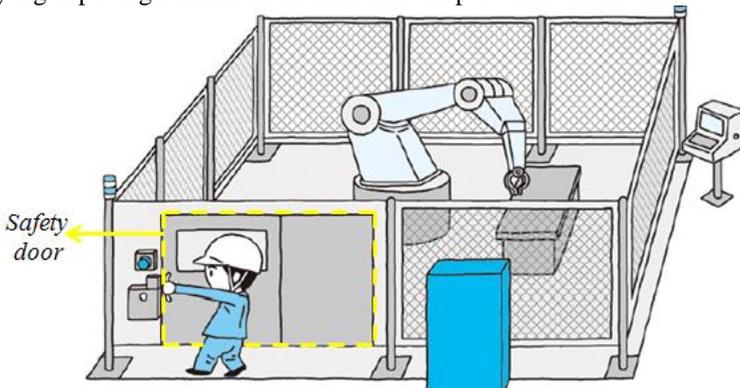
### 2.3.3 Kategori *safety* pada *Robotic Pouch Case Packer*

Penentuan kategori *safety* suatu mesin biasa dilakukan oleh *assessor*/penguji yang berkompeten dan memiliki lisensi pengalaman di bidang keamanan dan keselamatan kerja. Kategori *safety* pada *Robotic Pouch Case Packer* sebelumnya telah ditentukan melalui proses *risk assesment* yang dilakukan oleh *assessor* dari pihak *customer*. Dari serangkaian *assesment* yang dilakukan, diperoleh kategori *safety* pada *Robotic Pouch Case Packer* adalah kategori tingkat III.

Salah satu syarat dari penerapan kategori tingkat III pada suatu mesin adalah adanya sistem *redundancy* atau pencadangan pada mesin yang terkait. Maka dari itu, akan ditemukan beberapa komponen pada *Robotic Pouch Case Packer* yang menggunakan fungsi *redundancy* ini, salah satunya adalah penggunaan *safety relay* sebagai pemutus dan penyambung suplai daya mesin. Penggunaan *safety relay* pada penelitian ini akan dijelaskan lebih lanjut di sub-bab 2.6.

## 2.4 *Safety Door*

*Machine guarding* adalah komponen yang dirancang untuk fungsi keselamatan dan dipasang di sekitar manufaktur atau peralatan teknik lainnya. *Safety guard* terdiri dari penutup (*guard*) yang melingkupi area berbahaya dari mesin untuk mencegah kontak dengan bagian tubuh. [8] *Safety door* adalah salah satu jenis *machine guarding* yang dapat digerakkan untuk buka dan tutup.



Gambar 2.5 *Category Assesment Table* [6]

Contoh dari penggunaan *safety door* dan *machine guarding* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5. Pada *Robotic Pouch Case Packer*, area

kerja *industrial robot codian* merupakan salah satu area berbahaya yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja, jika pada area tersebut tidak dilengkapi dengan *safety system* yang tepat.

Penggunaan *safety door* dapat digunakan sebagai pembatas interaksi antara area *industrial robot codian* dengan pekerja. Tipe *safety door* yang dibutuhkan untuk area kerja *industrial robot codian* adalah *safety door* yang dapat terkunci ketika mesin sedang beroperasi, dan hanya akan dapat dibuka ketika mesin *stop* atau telah tidak beroperasi. Untuk memenuhi fungsi tersebut, dibutuhkan komponen pengunci pintu atau *guardlocking* untuk menjaga *safety door* tetap tertutup ketika mesin beroperasi.

## 2.5 *Guardlocking Switches* TLS2-GD2

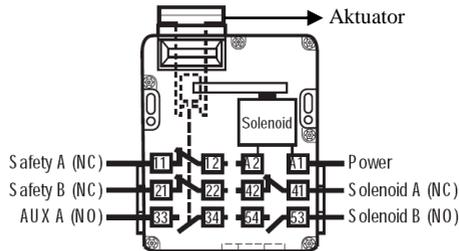
Pada area *industrial robot codian*, dapat digunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 Allan Bradley, untuk mengunci *safety door*. TLS2-GD2 biasa diaplikasikan pada suatu mesin yang membutuhkan *safety door* agar tetap tertutup/terkunci ketika mesin sedang beroperasi, dan hanya akan dapat terbuka ketika mesin *stop* atau telah tidak beroperasi [3]. Dengan demikian, potensi kecelakaan kerja akibat adanya operator yang secara sengaja atau tidak sengaja memasukkan bagian tubuh tertentu ke dalam mesin dapat dihindari. Tampilan fisik dari *guardlocking switches* TLS2-GD2 ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Tampilan fisik *Guard Locking Switches* tipe TLS2-GD2 [10]

Menurut cara kerjanya, TLS2-GD2 merupakan tipe *guardlocking power-to-lock*, yaitu *guardlocking* yang didesain untuk mengunci *safety door* ketika terdapat sinyal yang dikirim menuju solenoid yang ada di dalam *guardlocking*, sehingga solenoid aktif. Dengan kata lain, *safety door* akan tertutup/terkunci ketika solenoid aktif serta menerima suplai 24 VDC, dan *safety door* hanya dapat dibuka ketika suplai 24 VDC

diputus [3]. Konfigurasi pin dari TLS2-GD2 dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Konfigurasi pin *Guardlocking Switches* TLS2-GD2 [7]

Dari Gambar 2.7 dapat dilihat bahwa TLS2-GD2 memiliki dua kontak *normally close* (NC) sebagai pin Safety, satu kontak *normally open* (NO) sebagai pin Auxiliary, serta masing-masing satu kontak NC dan NO sebagai pin Solenoid. Spesifikasi kontak pada TLS2-GD2 dapat ditunjukkan oleh Tabel 2.2.

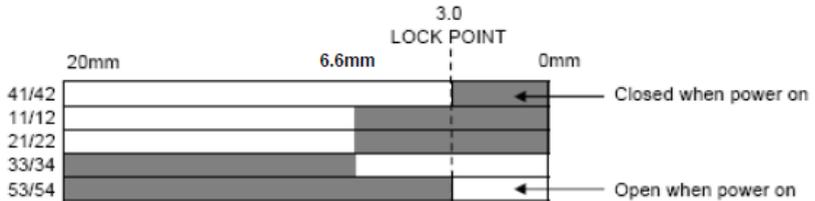
**Tabel 2. 5** Spesifikasi pin *guardlocking switches* TLS2-GD2 [3]

Nama Pin	Nomor Pin	Tipe Kontak
Safety A	11-12	<i>Normally Closed</i>
Safety B	21-22	<i>Normally Closed</i>
AUX A	33-34	<i>Normally Open</i>
Solenoid A	41-42	<i>Normally Closed</i>
Solenoid B	53-54	<i>Normally Open</i>
Power	A1-A2	-

Urutan kerja dari TLS2-GD2 yakni sebagai berikut, solenoid mendapat suplai tegangan dari *power supply* 24 VDC, sehingga siap untuk mengunci ketika aktuator masuk. Ketika aktuator belum masuk, maka solenoid tidak aktif. Ketika aktuator masuk maka solenoid aktif dan mengunci aktuator agar tidak bisa terlepas, sehingga area berbahaya dapat terlindungi. *Safety door* hanya dapat dibuka jika suplai dari *power supply* 24 VDC diputus [3].

Gambar 2.8 menunjukkan status dari tiap kontak ketika aktuator dimasukkan ke TLS2-GD2. Warna abu-abu yaitu kondisi kontak tertutup, sementara warna putih yaitu kondisi kontak terbuka. Ketika aktuator terlepas, yaitu pada titik 20 mm, kontak AUX A 33-34 dan kontak Solenoid B 53-54 tertutup. Kemudian ketika aktuator masuk hingga ke titik 6,6 mm, kontak AUX A 33-34 terbuka dan kontak Safety A 11-12 dan B 21-22 tertutup, namun belum dalam kondisi mengunci

pintu. Ketika aktuator masuk hingga titik 3,0 mm, kontak Solenoid A 41-42 tertutup dan kontak Solenoid B 53-54 terbuka. Ketika aktuator akhirnya masuk ke titik 3,0 sampai 0 mm, kontak Safety A, Safety B dan Solenoid B tertutup. Pada titik ini pintu telah dalam kondisi terkunci dan hanya bisa dibuka ketika suplai daya diputus.



**Gambar 2.8** Timing chart TLS2-GD2 [3]

Pada penelitian ini, beberapa pin pada *guardlocking switches* TLS2-GD2 dihubungkan dengan PLC untuk mengerjakan fungsinya dalam mengunci *safety door*.

## 2.6 Safety Relay

Pada penelitian ini, *safety door* dirancang dengan fungsi akan mencegah mesin beroperasi sebelum *safety door* terkunci dan tidak akan dapat dibuka selama mesin beroperasi. Maka dari itu, dibutuhkan suatu komponen yang dapat memeriksa kondisi dari terbuka atau tertutupnya *safety door* sekaligus mampu mempengaruhi aktif atau tidaknya mesin.

Pada suatu mesin yang kompleks, biasanya digunakan *safety relay* untuk memeriksa dan memonitor *safety system* mesin. Selain itu, *safety relay* juga biasa digunakan sebagai komponen yang menentukan apakah mesin harus beroperasi atau tidak, atau bisa disebut sebagai komponen *starting system* [11].



**Gambar 2.9** Tampilan fisik *safety relay* G7SA-5A1B [13]

*Safety relay* G7SA-5A1B merupakan *safety relay* berjenis *Relays with Forcibly Guided Contact*, dimana berdasarkan standard EN50205 merupakan *relay* yang mampu mendeteksi kondisi kontakannya sendiri dan menggunakannya sebagai tujuan kontrol [12]. Dengan

kemampuannya tersebut, *safety relay* G7SA-5A1B dapat digunakan sebagai pengaman untuk mendeteksi kondisi terbuka atau tertutupnya *safety door*. Tampilan fisik dari *safety relay* G7SA-5A1B dapat dilihat pada Gambar 2.9.

*Relay* ini dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi terbuka atau tertutupnya *safety door* dengan cara dihubungkan pada PLC sebagai komponen *output* dari *safety door* dan menjadikan *ouput* tersebut sebagai *input/feedback* pada PLC. Selain itu, *safety relay* sebagai *output* juga dapat digunakan untuk mempengaruhi aktif tidaknya mesin, yaitu dengan menjadikannya sebagai penyambung atau pemutus tegangan listrik sebelum dialirkan menuju mesin.

## 2.7 Programmable Logic Controller (PLC)

*Robotic Pouch Case Packer* terdiri dari bermacam-macam komponen yang bekerja sama untuk dapat memenuhi tujuannya dalam melakukan proses pengemasan sesuai dengan yang diinginkan. Untuk dapat mencapai tujuannya, dibutuhkan kontroler dengan skala industri untuk mengintegrasikan bermacam-macam komponen yang digunakan dan mengerjakan proses sesuai yang diinginkan.

PLC merupakan suatu komputer khusus yang dibuat untuk keperluan aplikasi industri dan dapat diprogram untuk mengerjakan suatu proses atau operasi mesin. [14]. PLC tersusun dari bagian-bagian penting yang mendukung kerja sistemnya, di antaranya CPU (*Central Processing Unit*), *Input/Output*, dan *power supply*.

### a. Central Processing Unit (CPU)

CPU terdiri dari prosesor dan memori. Prosesor pada CPU adalah otak bagi sistem, yang berfungsi untuk mengkoordinasikan kerja sistem PLC dan mengeksekusi program. Memori berfungsi untuk menyimpan program atau instruksi-instruksi yang melaksanakan fungsi-fungsi khusus, seperti logika pewaktuan, aritmatika dan lain-lain.

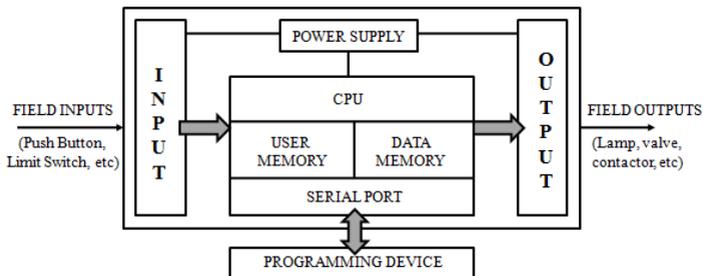
### b. Modul input/output (I/O)

*Input/output* berperan sebagai perantara antara perangkat luar dengan CPU. *Input* adalah data yang akan dianalisa hingga menghasilkan keputusan atau *output* yang sesuai kebutuhan pembuat program. Contoh perangkat luar yang biasanya berperan sebagai *input* di antaranya *push button*, *switch*, sensor dan lain-lain. Sementara perangkat luar yang biasanya berperan sebagai *output* di antaranya seperti *valve*, motor, lampu indikator dan lain-lain [14].

### a. Power Supply

*Power Supply* berfungsi mengubah tegangan *input* menjadi tegangan listrik yang dibutuhkan oleh PLC, maka dari itu PLC tidak akan dapat beroperasi jika tidak ada *power supply*.

Gambar 2.10 menunjukkan cara kerja dari PLC, dimana PLC memperoleh *input* dari perangkat luar dan menyalurkannya ke CPU. Di dalam CPU, prosesor akan mengolah *input* yang diterima berdasarkan perintah yang dibuat oleh *programmer* menggunakan fungsi-fungsi yang sudah tersimpan dalam memori. Sehingga diperoleh hasil berupa *output* yang akan memberikan suatu aksi terhadap perangkat luar.



**Gambar 2.10** Diagram blok proses kerja PLC

Pada *Robotic Pouch Case Packer*, PLC digunakan sebagai kontroler utama pengoperasian mesin. Sinyal *input* yang diterima dari bermacam-macam komponen seperti *sensor*, *switch* dan *button* dikontrol oleh PLC OMRON NJ-series hingga menghasilkan *output* yang dapat mengaktifkan komponen seperti motor dan *valve*. Dengan menggunakan PLC sebagai kontroler, akan memudahkan pengoperasian sistem dan menghemat waktu serta biaya pembuatan mesin.

#### 2.7.1 Standard PLC NJ-series

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih PLC untuk suatu sistem adalah menyesuaikan batas kemampuan PLC dengan sistem, kecepatan PLC dalam mengerjakan proses sistem, jenis dan jumlah I/O yang dibutuhkan, jumlah memori yang tersedia pada PLC, serta tipe komunikasi yang digunakan oleh PLC dengan komponen-komponen sistem [14]. Pada sub-bab ini, akan dijelaskan tentang alasan digunakannya PLC NJ-series untuk sistem *Robotic Pouch Case Packer*.

##### a) CPU NJ501-4310 [15]

Tipe CPU yang digunakan pada penelitian ini yaitu NJ501-4310, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11. CPU NJ501-4310

digunakan karena jumlah kapasitas I/O yang dapat diolah sesuai dengan kebutuhan sistem, yaitu sampai 2.560 poin I/O. CPU tipe ini juga memiliki kapasitas program yang cukup untuk kebutuhan sistem, yakni 20 MB untuk program dan 6 MB untuk variabel sendiri.



**Gambar 2.11** Tampilan fisik CPU NJ501-4310

Hal utama yang menjadikan PLC *NJ-series* sebagai kontroler *Robotic Pouch Case Packer* adalah kesesuaian antara kapasitas I/O, memori dan rak ekspansi yang disediakan oleh *NJ-series* dengan kebutuhan diperlukan oleh sistem. Spesifikasi lebih dalam tentang CPU NJ501-4310 dapat dilihat pada lampiran.

**b) Modul Input NX-ID5442 [16]**

NX-ID5442 digunakan sebagai modul *digital input* untuk perancangan *safety door* karena menyesuaikan dengan jumlah *input* yang dibutuhkan. NX-ID5442 yang digunakan terdiri 16 terminal *input* dan akan dihubungkan dengan komponen-komponen *input* yang terkait dengan penelitian ini.



**Gambar 2.12** Tampilan fisik modul *input* NX-ID5442 [16]

Gambar 2.12 menunjukkan tampilan fisik modul *input* NX-ID5442. Modul *input* ini dapat digunakan untuk komponen dengan tegangan maksimum 24VDC dan arus 2,5 mA.

## 2.8 Safety PLC

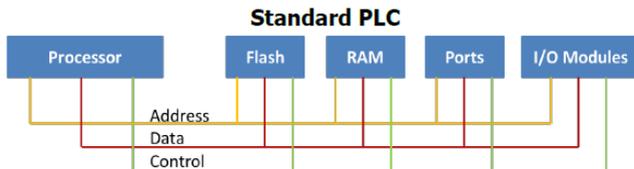
Dengan keandalan yang dimilikinya, PLC telah banyak digunakan di dunia industri proses. Namun, penggunaan PLC biasa (*standard PLC*) terkadang masih belum memenuhi kebutuhan industri dalam salah satu sektor, yakni sektor *safety* atau keamanan untuk sistem. Maka dari itu, kini telah banyak vendor PLC yang meluncurkan *safety PLC*. *Safety PLC* merupakan PLC yang didesain secara khusus untuk memperkecil resiko bahaya yang timbul pada sistem dengan menggunakan fungsi diagnostik untuk mendeteksi kemungkinan kesalahan internal pada perangkat keras atau lunak [17].

Pada *Robotic Pouch Case Packer*, digunakan PLC NJ-series sebagai PLC Master (*standard PLC*). PLC Master memiliki peran sebagai kontroler utama untuk mengerjakan sekuens sistem. Namun, PLC NJ-series tidak bekerja sendiri, PLC Master juga berkolaborasi dengan *safety PLC* untuk menciptakan sistem yang andal serta aman (*safe*).

Pada dasarnya, *safety PLC* dan *standard PLC* sama-sama mampu mengontrol proses. Namun, *safety PLC* memiliki beberapa fitur yang dapat menunjang fungsinya sebagai *safety device* dan tidak dimiliki oleh *standard PLC*, di antaranya seperti memiliki sistem *redundant* serta memiliki fungsi *self-diagnostic* untuk pengecekan *input/output* yang diolah. Perbedaan dan keunggulan *safety PLC* dibandingkan dengan *standard PLC* dapat ditinjau dari beberapa hal, yakni [18]:

### a) Arsitektur

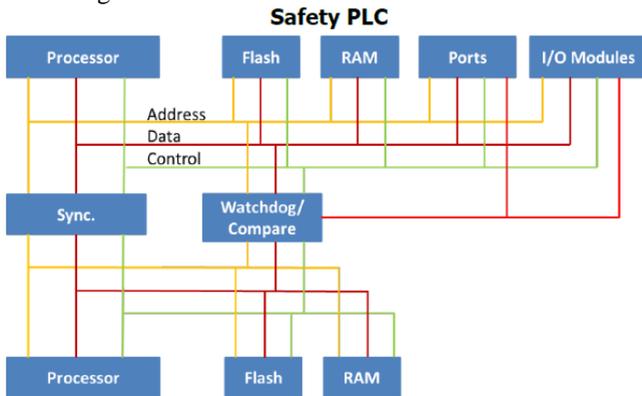
Gambar 2.13 menunjukkan arsitektur dari *standard PLC*. *Standard PLC* umumnya terdiri dari sebuah *processor* untuk mengeksekusi program, sebuah *flash* untuk penyimpanan, sebuah RAM untuk melakukan kalkulasi, beberapa *port* komunikasi untuk bertukar data dengan *device* lain dan modul I/O.



Gambar 2.13 Arsitektur *standard PLC*

*Safety PLC* memiliki arsitektur yang lebih kompleks. Secara umum, *safety PLC* memiliki beberapa komponen *redundant* atau cadangan, di antaranya cadangan *processor*, cadangan *flash* dan RAM.

Pada Gambar 2.14, hanya *port* komunikasi dan modul I/O yang tidak memiliki cadangan.

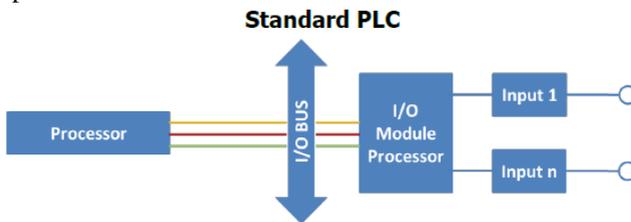


**Gambar 2.14** Arsitektur *safety* PLC

Selain itu, terdapat beberapa komponen yang berfungsi sebagai tujuan diagnosa, seperti rangkaian pendeteksi (*synchronize*) dan rangkaian pengawas (*watchdog/compare*). Operasi dari *safety* PLC akan terus dimonitor oleh kedua komponen diagnosa tersebut.

**b) Channel Input**

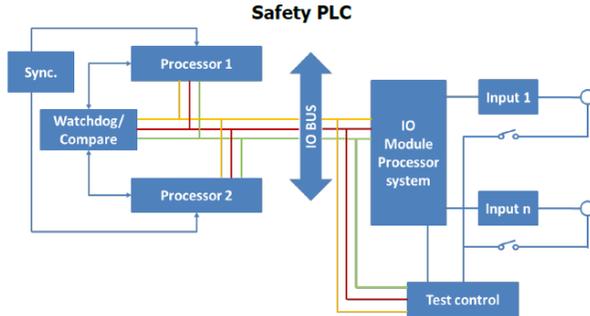
Pada *standard* PLC, tidak terdapat suatu rangkaian internal yang berfungsi untuk melakukan *test* atau evaluasi pada *channel input*, seperti terlihat pada Gambar 2.15.



**Gambar 2.15** Channel input *standard* PLC

Gambar 2.16 menunjukkan bahwa pada *safety* PLC, setiap fungsi dari *channel input* selalu di-*test* terlebih dahulu oleh suatu *test control unit*. Selain itu, modul I/O pada *safety* PLC dapat melakukan *self-test* untuk memastikan setiap modul berfungsi dan untuk mengurangi jumlah kesalahan yang tidak terdeteksi. *Test* ini berjalan selama *runtime* dan tidak akan mengganggu operasi normal dari PLC.

Namun meskipun *safety* PLC memiliki keunggulan-keunggulan tersebut, penggunaan *standard* PLC juga masih diperlukan untuk memperoleh sistem kendali yang lebih andal.



**Gambar 2.16** Channel input safety PLC

Pada *Robotic Pouch Case Packer*, digunakan PLC *NJ-series* sebagai *standard* PLC dan PLC *NX-series* sebagai *safety* PLC. Dalam proses kerjanya, *standard* PLC dan *safety* PLC menangani tugasnya masing-masing untuk mengendalikan sistem secara keseluruhan dan menjalankan fungsi *safety*.

### 2.8.1 Safety PLC NX-series

Pada penelitian ini, *guard locking switches* TLS2-GD2 terhubung dengan PLC sehingga mampu mempengaruhi operasi sistem dan mengunci pintu ketika mesin beroperasi. Selain terhubung dengan *standard* PLC, *guardlocking switches* TLS2-GD2 juga terhubung dengan *safety* PLC keluaran OMRON dengan tipe *NX-series*.

### 2.8.2 Komponen-komponen penyusun NX-series [20]

*NX-series Safety Control Unit* merupakan bagian dari keluarga Sysmac yang memiliki fungsi khusus yakni pada *safety control*.



**Gambar 2.17** Tampilan fisik modul *NX-series* [21]

NX-series terdiri dari tiga unit, yakni *safety CPU unit*, *safety input unit* dan *safety output unit*. Tampilan fisik modul NX-series dapat dilihat pada Gambar 2.17.

**a) Safety CPU**

Pada *Robotic Pouch Case Packer* digunakan *safety CPU* tipe NX-SL3300 dengan jumlah I/O maksimal yang dapat diolah yaitu 256 poin dan kapasitas program sebesar 512 KB. Penggunaan *safety CPU* NX-SL3300 menyesuaikan dengan kebutuhan penelitian, dimana tidak terlalu banyak I/O serta kapasitas program yang digunakan pada *safety control system*.

**b) Safety Input**

Tipe *safety input unit* yang digunakan pada *Robotic Pouch Case Packer* yaitu NX-SID800. NX-SID800 memiliki 8 terminal *safety input* dengan suplai daya 24 VDC. Hal ini menyesuaikan dengan jumlah terminal *input* yang dibutuhkan untuk perancangan *safety door* menggunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2.

**c) Safety Output**

*Safety output unit* yang digunakan pada penelitian ini yaitu tipe NX-SOD400 dengan 4 terminal *output* dengan suplai daya 24 VDC, karena jumlah terminal *output* yang dibutuhkan untuk perancangan *safety door* tidak terlalu banyak.

### 2.8.3 Fitur-fitur *safety* pada NX-series

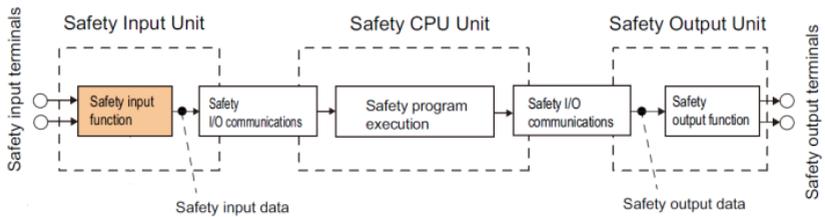
Sebelumnya telah dijelaskan pada sub-bab 2.8 tentang definisi *safety PLC* dan perbedaannya dengan *standard PLC*, maka pada bagian ini akan dijelaskan mengenai fungsi-fungsi pada *Input/Output* yang dimiliki oleh NX-series yang membedakannya dengan *standard PLC*, serta untuk memenuhi tugasnya sebagai *safety PLC*.

**a) Safety Input Function**

*Safety input function* merupakan salah satu fitur yang dimiliki oleh NX-series dalam menjalankan fungsi *safety*. *Safety input function* memiliki beberapa *device* yang dapat terhubung dengan terminal *safety input*, di antaranya *emergency stop button*, *safety door* dan *safety relay*.

*Safety input function* berfungsi untuk mengevaluasi sinyal *safety* yang masuk melalui terminal *safety input*, kemudian akan dihasilkan *safety input data* yang akan dieksekusi pada *safety* program. Konfigurasi *safety input function* dapat dilihat pada Gambar 2.18.

Nilai yang terbaca dari terminal *safety input* hanya akan dilewatkan menuju *safety* program ketika telah dievaluasi oleh *safety input function*.

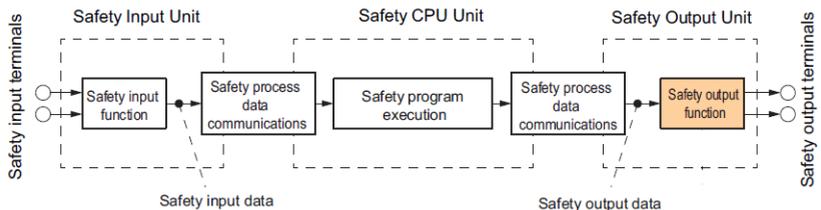


**Gambar 2.18** Proses evaluasi pada *safety input function*

Fungsi evaluasi *input* seperti ini hanya disediakan oleh *safety PLC* dan tidak ada pada *standard PLC*.

### b) *Safety Output Function*

Sama halnya seperti *safety input function*, *safety output function* juga memiliki beberapa *device* yang dapat terhubung dengan terminal *safety output*. *Device-device* tersebut contohnya adalah *safety relay* dan kontaktor.



**Gambar 2.19** Proses evaluasi pada *safety output function*

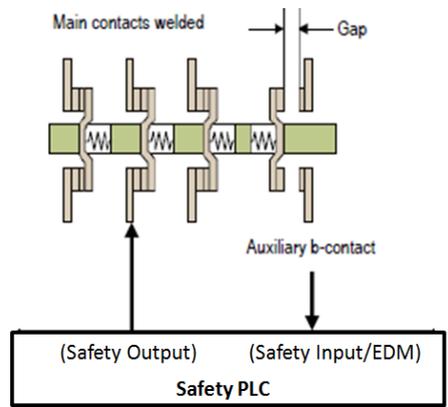
Dari Gambar 2.19, dapat dilihat bahwa *safety output function* mendiagnosa sinyal *output* yang menuju terminal *safety output* dan *wiring* eksternal, berdasarkan data *output* dari *safety program*. *Safety output function* berfungsi untuk mengevaluasi *safety output data* yang telah dihasilkan oleh *safety program*, dan hasil dari evaluasi tersebut adalah pada terminal *safety output terminal*.

## 2.9 External Device Monitoring (EDM) [9]

EDM atau *External Device Monitoring*, sesuai dengan artinya, merupakan suatu fungsi yang mengawasi (*monitoring*) kinerja dari suatu komponen eksternal (*external device*). EDM tersedia pada *Safety PLC* untuk mengawasi kondisi/status/kinerja dari suatu komponen kontrol yang terhubung dengan *safety PLC*.

Sebagai contoh, *emergency stop switch* dan kontaktor yang terhubung dengan *Safety PLC* tidak dapat melakukan *self-diagnostic*

terhadap kinerjanya sendiri, maka dari itu, *Safety PLC* yang akan melakukan diagnosa atau pengecekan terhadap komponen tersebut. Ketika *safety PLC* mendeteksi adanya kondisi tidak normal pada komponen, *safety PLC* akan mencegah *output* untuk bekerja. Fungsi yang demikian disebut sebagai EDM atau *back-check*. Pada penelitian ini, penggunaan EDM adalah pada *safety relay* jenis *forcibly-guided-relay* yang kinerjanya berkaitan dengan *safety door contact*.



**Gambar 2.20** Penggunaan EDM pada *safety relay* [9]

Gambar 2.20 menunjukkan penggunaan EDM pada *safety relay*, terdapat satu kontak (*main contact*) yang terhubung pada *safety output* PLC dan satu kontak (*Auxiliary b-contact*) yang terhubung pada *safety input* PLC. Fungsi *self-diagnostic* atau pengecekan dilakukan oleh *Auxiliary b-contact* dengan cara mengawasi kondisi terbuka atau tertutupnya *main contact* yang terhubung dengan *safety output*.

### 2.10 EtherCAT Coupler Unit NX-ECC

Beberapa PLC memiliki kemampuan untuk terhubung dengan suatu *rack remote* yang berisi I/O tambahan atau modul. Tidak seperti PLC, *rack remote* I/O tidak memiliki prosesor. *Remote* I/O memungkinkan untuk menambah jumlah *channel* I/O melebihi kapasitas dari I/O utama pada PLC. Selain itu, *Remote* I/O juga memudahkan untuk *wiring* komponen-komponen yang terhubung dengan I/O ketika komponen-komponen tersebut tidak terletak saling berdekatan [22].

*EtherCAT Coupler* merupakan suatu *Remote* I/O yang dikombinasikan dengan fungsi *EtherCAT*. *EtherCAT Coupler Unit*

menghubungkan antara EtherCAT *master* dengan I/O yang akan diolah oleh PLC. Hal ini membantu dalam efisiensi penggunaan kabel untuk menghubungkan tiap I/O menuju PLC.



**Gambar 2. 21** Tampilan fisik EtherCAT Coupler Unit NX-ECC201

Pada *Robotic Pouch Case Packer*, digunakan EtherCAT Coupler Unit dengan tipe NX-ECC201, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.21, sebagai perangkat bantu komunikasi dari *safety* PLC dengan PLC Master.

NX-ECC201 memiliki maksimal 63 I/O unit yang dapat terhubung. NX-ECC201 merupakan salah satu kontroler yang memiliki kecepatan tinggi dengan siklus komunikasi tercepat yakni 125 us. Selain itu, pada EtherCAT *coupler unit* terdapat alamat *node* yang digunakan untuk menentukan alamat dari EtherCAT *coupler unit*. Alamat *node* dapat diatur secara langsung menggunakan *rotary switches* [23].

## 2.11 Sysmac Studio [20] [24]

Sysmac Studio merupakan suatu *software* pemrograman yang menunjang penggunaan kontroler Sysmac NJ/NX/NY-*series*.



**Gambar 2. 22** Tampilan Sysmac Studio

Terdapat tiga jenis bahasa pemrograman yang digunakan oleh Sysmac Studio dan ketiganya dapat digunakan secara bersamaan dalam satu *project*, yang disebut dengan *Program Organization Units* (POUs). POU's terdiri dari *program ladder*, *function* dan *function block*.

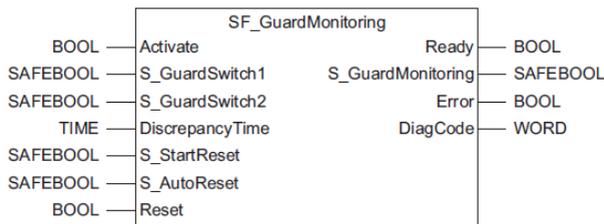
Tampilan Sysmac Studio dapat dilihat pada Gambar 2.22. Pada penelitian ini, Sysmac Studio digunakan untuk merancang pemrograman baik standard control system maupun safety control system. Bahasa pemrograman yang digunakan pada *standard control system* adalah *ladder diagram*.

Vendor OMRON membagi macam-macam instruksi yang dapat digunakan pada *safety control system* berdasarkan tipe data yang digunakan. Tipe data pada *safety control system* ada dua, yakni *safety data* dan *standard data*. *Safety data* merupakan tipe data yang membawa sinyal yang berkaitan dengan *safety control*. Sementara *standard data* adalah tipe data yang membawa sinyal yang berkaitan dengan *standard control*. Macam-macam instruksi pada *safety control system* di antaranya *standard function*, *safety standard function block* dan *safety function block*. Tipe instruksi yang digunakan pada *safety control system Robotic Pouch Case Packer* adalah *safety function block*.

Instruksi pada *safety function block* yang digunakan pada penelitian ini ada dua, yaitu SF\_GuardMonitoring dan SF\_EDM.

#### a) SF\_GuardMonitoring

Secara umum, FB SF\_GuardMonitoring digunakan untuk melakukan pengecekan pada sebuah *safety door* dengan dua *switches*, dimana dua *switches* tersebut harus bernilai aktif pada waktu yang bersamaan, contohnya untuk sebuah *safety door* dengan dua *switches* yang masing-masing menggunakan alamat *input* yang berbeda.



**Gambar 2. 23** Safety Function Block SF\_GuardMonitoring

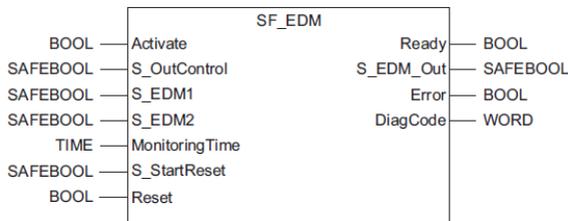
Ketika hanya salah satu *switch* saja yang aktif, sementara *switch* yang lain tidak aktif melebihi jangka waktu yang ditentukan pada *DiscrepancyTime*, maka *output* FB ini akan bernilai FALSE, sehingga

dapat dikatakan bahwa kondisi *safety door* tersebut belum aman untuk pengoperasian mesin. FB SF\_GuardMonitoring ditunjukkan oleh Gambar 2.23.

Sesuai dengan namanya, SF\_GuardMonitoring adalah *function block* (FB) yang berfungsi untuk memonitor/mengecek kondisi dari *guard/* penutup yang digunakan sebagai *input* dari FB ini. Pada penelitian ini, FB ini berfungsi untuk memonitor kondisi dari *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terpasang pada *safety door contact*. Penjelasan dari masing-masing pin *input* dan *output* dari FB ini dapat dilihat pada bagian lampiran.

**b) SF\_EDM**

FB SF\_EDM berfungsi untuk mengawasi kondisi dari suatu komponen eksternal yang terhubung sebagai *output*, dengan menjadikannya *input* pada satu FB SF\_EDM yang sama. Komponen eksternal yang terhubung dengan *output* FB ini disebut sebagai aktuator. Sementara kondisi terbaru dari aktuator dan terhubung sebagai *input*, disebut dengan sinyal *feedback*. Aktuator harus dihubungkan ke pin S\_EDM\_Out, sementara sinyal *feedback* dihubungkan dengan pin S\_EDM1 dan S\_EDM2. FB SF\_EDM ditunjukkan oleh Gambar 2.24.

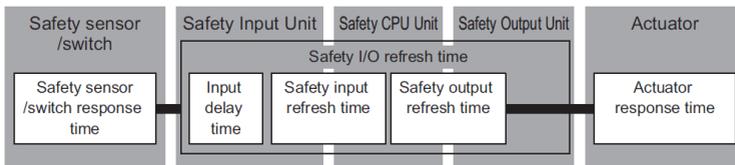


**Gambar 2. 24** Safety Function Block SF\_EDM [24]

*Monitoring time* adalah batas waktu maksimum untuk pin S\_EDMx mengetahui kondisi terbaru dari pin S\_EDM\_Out. Misalkan, pin MonitoringTime diisi dengan nilai 500 ms, maka kondisi pin S\_EDM1 dan S\_EDM2 akan terus berubah-ubah setiap 0,5 sekon sesuai dengan kondisi aktif atau tidaknya pin S\_EDM\_Out. Pada penelitian ini, FB SF\_EDM berfungsi untuk memonitor kondisi terbuka atau tertutupnya *safety door contact*, melalui status *safety relay* yang berperan sebagai *output* dan menjadikan *output safety relay* tersebut sebagai sinyal *feedback* dengan menghubungkannya ke pin *input*. Penjelasan dari masing-masing pin *input* dan *output* dari FB ini dapat dilihat pada bagian lampiran.

## 2.12 Safety Reaction Time [20]

Waktu yang dibutuhkan untuk menonaktifkan/mematikan *output* ketika terjadi suatu kegagalan pada mesin atau setelah mesin dihentikan, disebut sebagai *safety reaction time*. *Safety reaction time* biasa digunakan untuk menghitung *safety distance*. *Safety distance* adalah jarak yang diperlukan oleh suatu komponen untuk menghindari operator dari potensi bahaya yang mungkin terjadi pada komponen tersebut. Semakin kecil *safety reaction time* dari suatu komponen, maka semakin baik. Cara mengetahui *safety reaction time* dari suatu *safety control unit* ditunjukkan pada Gambar 2.25.



**Gambar 2. 25** Cara menghitung *safety reaction time*

Dari Gambar 2.25, dapat dirumuskan cara untuk menghitung *safety reaction time* yaitu :

$$\text{Safety reaction time} = \text{Safety sensor/switch response time} + \text{Safety I/O refresh time} + \text{Actuator response time} \dots \dots \dots (2.1)$$

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5, *safety reaction time* merupakan penjumlahan antara elemen-elemen berikut :

- a. **Safety sensor/switch response time**, merupakan waktu respon yang dibutuhkan oleh suatu *safety sensor* dari bernilai aktif menjadi tidak aktif, contohnya seperti *light curtain*, *non-contact door switches*, atau *guardlocking switches*. Nilai dari respon waktu ini dapat diketahui di *datasheet* masing-masing komponen *safety*.
- b. **Safety I/O refresh time**, adalah waktu yang ditempuh selama nilai terminal *safety input* berubah dan diterima oleh safety CPU lalu menonaktifkan terminal *safety output*. *Safety I/O refresh time* merupakan penjumlahan dari beberapa elemen, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$\text{Safety I/O refresh time} = \text{Input delay time} + \text{Safety input refresh time} + \text{Safety output refresh time} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dari Persamaan 2.1, diketahui bahwa *Safety I/O refresh time* dipengaruhi oleh tiga elemen, yakni *input delay time*, *safety input*

*refresh time* dan *safety output refresh time*. Penjelasan dari masing-masing elemen adalah berikut :

- *Input delay time* : adalah waktu tunda *input* pada terminal *safety input* untuk bernilai tidak aktif. Nilai dari *input delay time* diatur oleh pembuat program sesuai dengan kebutuhan sistem.
  - *Safety input refresh time* : yakni nilai dari FSoE *watchdog timer* antara *safety CPU unit* dan *safety input unit* ditambah dengan *safety input unit processing time*. Nilai dari *safety input processing time* telah ditentukan dari pabrikan, sementara nilai FSoE *watchdog timer* merupakan batas waktu untuk proses data *safety* antara *safety CPU unit* dan *safety I/O unit*. Nilai FSoE *watchdog timer* dapat dilihat dan diperoleh secara otomatis pada Sysmac Studio.
  - *Safety output refresh time* : yaitu nilai dari FSoE *watchdog timer* antara *safety CPU unit* dan *safety output unit* ditambah dengan *safety output unit processing time*.
- c. **Actuator response time**, adalah waktu respon yang dibutuhkan oleh aktuator, seperti *safety relay*, untuk bernilai tidak aktif. Nilai dari *actuator response time* dapat diketahui dengan melihat spesifikasi aktuator pada *datasheet*.

Menurut ISO 13849-1:2006, *safety reaction time* yang juga bisa disebut dengan *fault reaction time* untuk suatu *safety control system* harus bernilai maksimal tidak lebih dari 1000 ms atau 1 s.

Pada penelitian ini, akan dibahas mengenai *safety reaction time* yang dibutuhkan oleh *safety door contact* untuk dapat terbuka tepat setelah mesin dihentikan, dan memastikan bahwa nilai *safety reaction time* tidak lebih dari 1000 ms.

## 2.13 Microsoft Visio

*Microsoft visio* merupakan salah satu *software* yang termasuk dalam jajaran keluarga *Microsoft Office* dan dikembangkan khusus untuk menggambar berbagai macam diagram, salah satunya diagram *electrical wiring*. Pada penelitian ini, *Microsoft Visio* akan menjadi *software* penunjang untuk perancangan *wiring safety door* pada *Robotic Pouch Case Packer*.

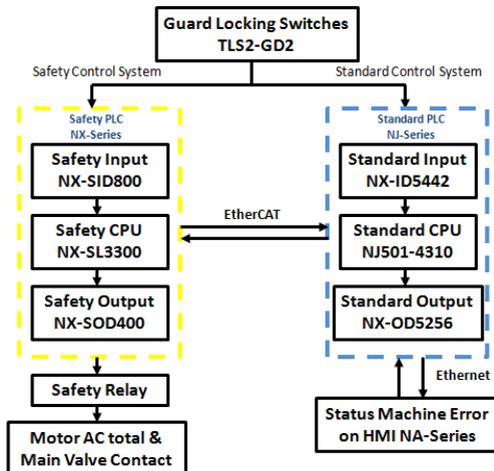
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan *safety door* di area *industrial robot* codian pada *Robotic Pouch Case Packer* menggunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang meliputi, blok fungsional sistem yang akan menjelaskan proses kerja sistem dalam bentuk alur diagram, perancangan *hardware* yang mencakup rancangan *wiring* antara *guard locking switches* dengan komponen-komponen lain yang terkait, perancangan program yang mencakup pengalaman *input/output* (I/O) pada PLC dan algoritma program yang dijelaskan dalam bentuk *flowchart* serta perhitungan *safety reaction time* pada *safety reaction time*.

### 3.1 Diagram Blok Fungsional Sistem

Gambar 3.1 menunjukkan blok fungsional *guardlocking switches* sebagai *safety door contact*. Ada dua sistem kontrol yang dipengaruhi oleh *guard locking switches*, yaitu *safety control system* dan *standard control system*.



**Gambar 3.1** Diagram Blok Fungsional Sistem

Pada *safety control system*, *guardlocking switches* TLS2-GD2 terhubung dengan *safety PLC NX-series* sebagai *safety input*. Sinyal

dari *safety input* yang diterima oleh modul NX-SID800 akan diolah oleh *safety CPU NX-SL3300* dan menghasilkan *output* pada modul NX-SOD400. Komponen yang terhubung dengan modul *safety output* adalah *safety relay*, dimana *relay* ini akan bertindak sebagai penyambung dan pemutus *power supply 24 VDC* pada *Robotic Pouch Packer System* dan akan mempengaruhi aktif-tidaknyanya motor AC dan *main valve contact* sebagai penggerak utama keseluruhan mesin. Maka dapat diketahui bahwa cara kerja dari *guardlocking switches TLS2-GD2* pada *safety control system*, yaitu saat *safety door* tertutup dan *guardlocking switches TLS2-GD2* memberi *input* pada *safety PLC*, maka *safety output* akan mengaktifkan *safety relay*. Setelah *safety relay* aktif, maka *power supply* dapat menyuplai tegangan VDC kepada motor AC dan *main valve contact*. Sehingga mesin tidak mungkin dapat beroperasi ketika *safety door contact* belum tertutup. Selain itu, ketika *safety door contact* telah tertutup dan mesin sedang beroperasi, *safety door contact* tidak akan dapat dibuka, kecuali mesin dihentikan terlebih dahulu.

Sementara pada *standard control system*, *guardlocking switches TLS2-GD2* terhubung dengan PLC NJ-series sebagai *standard input*. *Guardlocking switches TLS2-GD2* akan mengirim sinyal *input* menuju modul NX-ID5442 dan sinyal tersebut diolah pada *standard CPU NJ501-4310*. CPU akan menghasilkan sinyal *output* pada NX-OD5442. *Output* dari *standard control system* akan berpengaruh pada pemberitahuan kondisi atau status dari mesin, apakah terjadi *error* atau tidak. Ketika *safety door contact* masih terbuka dan operator hendak mengoperasikan mesin, maka PLC akan memberi pemberitahuan adanya pesan *error* dan menampilkannya pada HMI.

### **3.2 Perancangan Hardware**

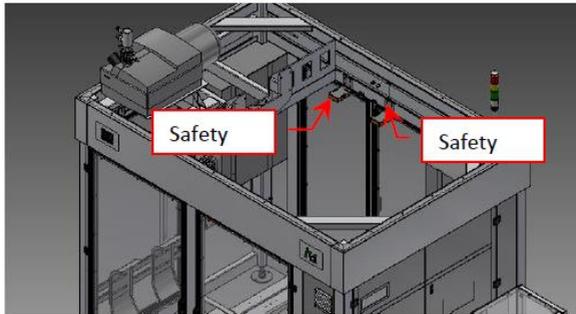
Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai peletakan *guardlocking switches TLS2-GD2* pada *Robotic Pouch Case Packer* dan rancangan pengkoneksian komponen yang satu dengan yang lain, meliputi konfigurasi antara PLC Master dan *Safety PLC*, perancangan *wiring guardlocking switches* dengan NX-Series dan NX-ID5442 dan perancangan *wiring safety relay* dengan NX-Series.

#### **3.2.1 Peletakan Guardlocking Switches TLS2-GD2 pada Area Industrial Robot Codian**

*Safety door* yang dipasang pada area *industrial robot codian* adalah *safety door* dengan cara kerja mengunci pintu ketika mesin

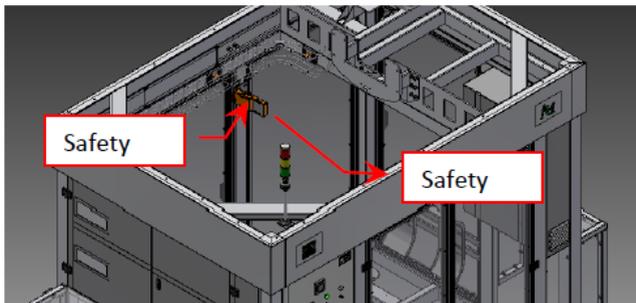
beroperasi dan hanya akan terbuka ketika mesin sedang sedang berhenti atau mengalami *error*.

Gambar 3.2 dan 3.3 menunjukkan peletakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 pada area *industrial robot codian*. Terdapat empat buah *safety door* yang akan dipasang dengan masing-masingnya dilengkapi oleh *guardlocking switches* TLS2-GD2. Peletakan *safety door* dibagi menjadi dua bagian, yakni pada *vane conveyor section* dan *placing product conveyor section*.



**Gambar 3.2** Peletakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 pada *safety door* di *vane conveyor section* [2]

Gambar 3.2 menunjukkan peletakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang dipasang pada bagian atas *safety door* di *vane section*. Pemasangan *safety door* pada area ini bertujuan untuk membatasi interaksi antara manusia dengan bagian-bagian berbahaya yang ada di bagian *vane conveyor*, seperti *industrial robot codian* dan *vane conveyor*.

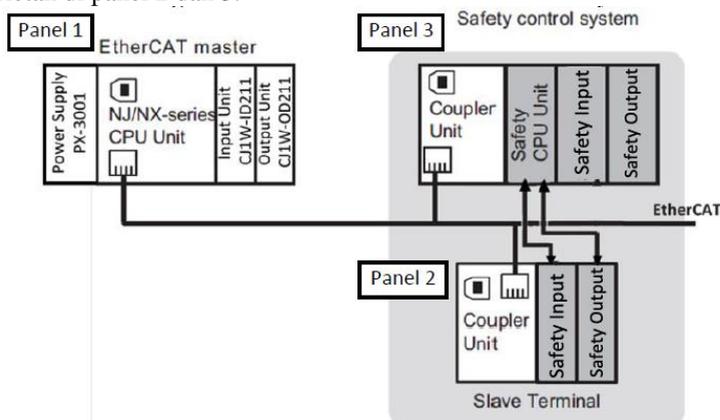


**Gambar 3.3** Peletakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 pada *safety door* di *placing product conveyor section* [2]

Peletakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 pada *safety door* di *placing product conveyor section* ditunjukkan oleh Gambar 3.3. Pemasangan *safety door* pada area ini bertujuan untuk membatasi interaksi antara manusia dengan bagian-bagian berbahaya yang ada di bagian *placing product conveyor*, yakni *industrial robot codian* dan *placing product conveyor*.

### 3.2.2 Konfigurasi antara PLC Master dan Safety PLC

Pada *Robotic Pouch Case Packer*, konfigurasi dari *safety control system*-nya adalah seperti pada Gambar 3.4. Pada gambar tersebut, dapat diketahui bahwa Modul EtherCAT Master pada CPU NJ-series yang terletak di panel 1, dihubungkan dengan EtherCAT Coupler Unit NX-series (*Safety CPU Unit*, *Safety Input Unit* dan *Safety Output Unit*) yang terletak di panel 2 dan 3.

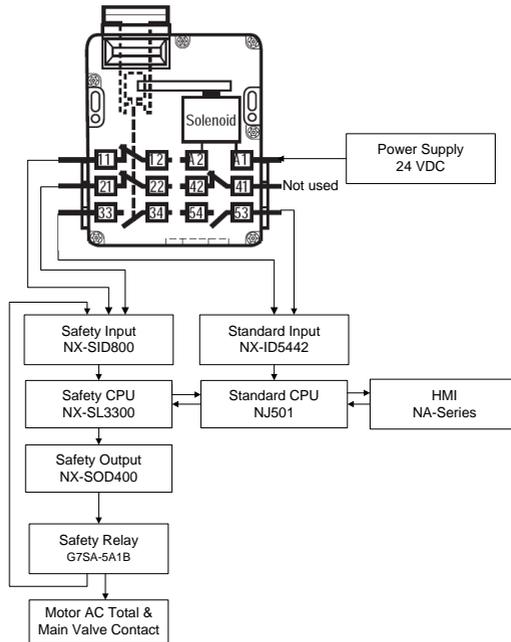


**Gambar 3.4** Konfigurasi PLC Master, Safety PLC dan EtherCAT

*Safety CPU Unit* pada panel 3 berperan sebagai master untuk mengontrol *safety I/O unit* pada panel 2 yang berperan sebagai *slave*. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.4, *safety CPU unit* tidak hanya dapat mengontrol *safety I/O unit* yang terpasang pada satu terminal EtherCAT *Slave* yang sama, melainkan juga dapat mengontrol *safety I/O unit* yang terpasang pada terminal EtherCAT *slave* yang lain. *Guardlocking switches* TLS2-GD2 terhubung dengan modul *safety input* NX-SID800 yang terletak di panel 3, begitu pula dengan *safety relay* sebagai *output* dari *input guardlocking switches* terhubung dengan modul *safety output* NX-SOD400 di panel 3.

### 3.2.3 Wiring Guard Locking Switches dengan NX-series dan NJ-series

Gambar 3.5 menunjukkan rancangan *wiring guard locking switches* dengan NX-Series dan NJ-series secara garis besar. Pin 11-12 Safety A dan pin 21-22 Safety B menjadi *input* untuk *safety input* NX-SID800, dimana pin-pin ini akan mengirim sinyal dari kondisi terbuka atau tertutupnya *safety door contact* menuju modul *safety input* dan akan diproses pada *Safety CPU* NX-SL3300.

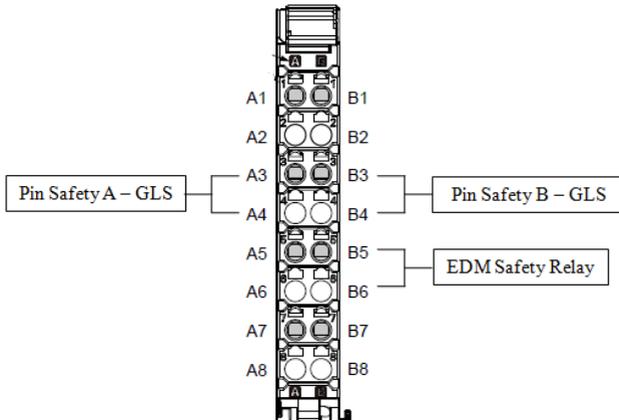


**Gambar 3.5** Rancangan *wiring guard locking switches* dengan NX-Series dan NJ-series

Pin 33-34 AUX dan 54-53 Solenoid B menjadi *input* untuk *standard I/O* NX-ID5442 untuk memberitahu kondisi terbuka atau tertutupnya dari masing-masing *safety door contact* dan menampilkannya pada HMI sebagai alarm. Pin A2 terhubung dengan *ground* dan pin A1 terhubung dengan sumber tegangan 24 VDC. *Safety relay* terhubung dengan *safety output* NX-SOD400 sebagai *output*, dan terhubung dengan *safety input* NX-SID800 sebagai fungsi *External Device Monitoring* (EDM).

### 3.2.4 Wiring Modul Safety Input NX-SID800 dengan Guardlocking Switches TLS2-GD2 dan EDM Safety Relay

Modul *safety input* NX-SID800 terhubung dengan beberapa komponen *safety* yang terkait dengan penggunaan *safety door contact*, di antaranya yaitu *guardlocking switches* TLS2-GD2 dan *EDM safety relay*. Konfigurasi dari penggunaan pin-pin *safety input* pada terminal modul NX-SID800 ditunjukkan oleh Gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Rancangan wiring modul *safety input* NX-SID800 dengan *guardlocking switches* TLS2-GD2 dan *EDM safety relay*

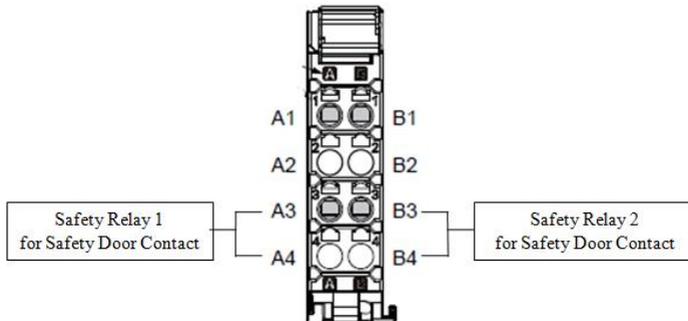
Pin Safety A pada *guardlocking switches* TLS2-GD2 terhubung dengan pin A3 dan A4, sementara pin Safety B terhubung dengan pin B3 dan B4 pada NX-SID800. Digunakannya dua tipe pin *safety* pada *guardlocking switches* TLS2-GD2 ini disebut dengan *dual channel*. Pin Safety A dan Safety B berperan sebagai indikator terkunci atau tidaknya *safety door contact*. Telah dijelaskan sebelumnya pada bagian teori dasar, bahwa *guardlocking switches* TLS2-GD2 memiliki jarak-jarak kedalaman tertentu pada mulut aktuatornya untuk mengindikasikan bahwa aktuator telah menyentuh titik penguncian. Ketika *safety door contact* tertutup, namun aktuator *guardlocking switches* TLS2-GD2 belum menyentuh titik penguncian, maka *safety door contact* belum bisa dikatakan telah terkunci. Ketika aktuator telah menyentuh titik penguncian, maka pin Safety A dan B ini akan mengirim sinyal *input* aktif pada modul NX-SID800. Selain itu, alasan digunakannya dua pin Safety dari *guardlocking switches* TLS2-GD2 adalah untuk memenuhi

kualifikasi dari kategori *safety* pada *Robotic Pouch Case Packer*, yaitu kategori-III. Dimana pada kategori-III mensyaratkan setiap *safety input* harus bersifat *redundant* atau memiliki cadangan ketika salah satu *input* bermasalah.

Selain *guardlocking switches* TLS2-GD2, komponen lain yang terhubung dengan modul *safety input* adalah EDM *safety relay*. EDM *safety relay* ini berfungsi untuk memonitor kondisi dari *safety relay* yang terhubung sebagai *output* pada *safety output* NX-SOD400. *Safety relay* sendiri sebenarnya bertindak sebagai *safety output* pada sistem. Namun, pada kategori *safety* tingkat III, *safety output* harus memiliki fungsi *monitoring*, sehingga sistem dapat mengetahui kondisi dari *safety output* setiap saat. Maka untuk memenuhi fungsi tersebut, *output* dari *safety relay* ini dijadikan *input* untuk fungsi *monitoring*. Ada dua *safety relay* yang digunakan, namun pin yang dijadikan EDM *safety input* pada kedua *safety relay* tersebut dihubungkan secara paralel satu sama lain dan terhubung sebagai *single channel* pada NX-SID800 pin B5 dan B6.

### 3.2.5 Wiring Modul Safety Output NX-SOD400 dengan Safety Relay

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai komponen yang terhubung dengan modul NX-SOD400 terkait dengan sistem kontrol *safety door contact*. Dapat dilihat dari Gambar 3.7, komponen yang terhubung dengan NX-SOD400 yaitu dua buah *safety relay*.



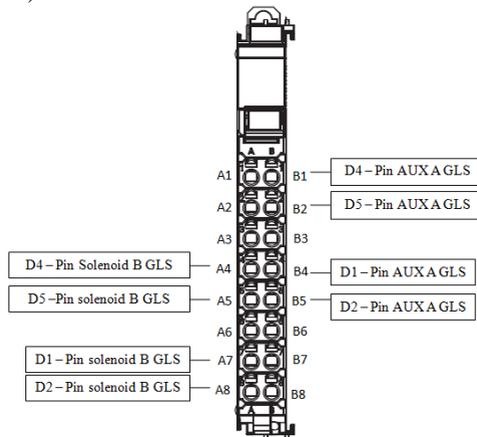
**Gambar 3.7** Rancangan wiring *guard locking switches* dengan modul *safety output* NX-SOD400 dan *safety relay*

Pin pada *safety relay* 1 dan 2 yang terhubung dengan modul NX-SOD400 adalah pin 1 dan 0. Ketika *safety PLC* mengirim sinyal *output* pada kedua pin ini, maka masing-masing *safety relay* akan aktif. Aktifnya *safety relay* pada bagian *safety door contact* ini menjadi salah

satu indikator yang harus dipenuhi sebelum mesin dapat beroperasi, karena saat *safety relay* ini aktif maka *power supply* akan dapat mengalirkan sumber tegangan ke komponen-komponen penggerak mesin, seperti motor dan *pneumatic valve*. Namun saat *safety relay* tidak aktif, maka mesin tidak akan dapat beroperasi, baik dalam Auto Mode maupun Manual Mode. Penggunaan dua *safety relay* pada sistem kontrol *safety door contact* yaitu sebagai fungsi *redundancy*.

### 3.2.6 Wiring Guardlocking Switches dengan Modul Input NX-ID5442

Gambar 3.8 menunjukkan rancangan *wiring guardlocking switches* TLS2-GD2 dengan modul *input NX-ID5442*. Ada 4 buah *safety door contact* yang terpasang pada *Robotic Pouch Case Packer* dan masing-masingnya dilengkapi oleh satu buah *guardlocking switches* TLS2-GD2. Empat buah *safety door contact* tersebut yakni, *Left SDC Vane* yang terletak di sisi *vane conveyer* bilah kiri (D4), *Right SDC Vane* yang terletak di sisi *vane conveyer* bilah kanan (D5), *Left SDC Placing Box* yang terletak di sisi *placing box conveyer* bilah kiri (D1) dan *Right SDC Placing Box* yang terletak di sisi *placing box conveyer* bilah kanan (D2).



**Gambar 3.8** Rancangan *wiring guardlocking switches* TLS2-GD2 dengan modul *input NX-ID5442*

Dapat diketahui dari Gambar 3.8, masing-masing *guardlocking switches* TLS2-GD2 memiliki dua pin yang dihubungkan dengan modul *standard input NX-ID5442*, yaitu pin AUX A dan Solenoid B.

Penggunaan pin AUX A sebagai *input*, berfungsi untuk pemberitahuan kepada *standard PLC* akan status terbuka atau tertutupnya masing-masing *safety door contact*. Ketika *safety door contact* masih terbuka dan mesin hendak dioperasikan dengan menekan tombol *Run*, maka akan muncul alarm pada HMI untuk memberitahukan adanya *error-error* yang menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi. Salah satu alarm *error* tersebut adalah mengenai status dari masing-masing *safety door contact*. *Input* dari pin AUX A ini akan mengaktifkan alarm yang memberitahukan bahwa *safety door contact* masih terbuka dan menunjukkannya secara spesifik *safety door contact* bagian manakah yang sedang terbuka dan menjadi penyebab *error*. Sebagai contoh, ketika seluruh *safety door contact* sudah ditutup kecuali *Left SDC Vane*, lalu operator menekan tombol *Run* untuk mengoperasikan mesin, maka akan muncul alarm pada HMI bahwa *Left SDC Vane* masih terbuka. Setelah *Left SDC Vane* ditutup dan dilakukan alarm *reset*, dengan menekan tombol *Run* lagi, mesin akan beroperasi.

### **3.3 Perancangan Software**

Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai pengalaman I/O yang digunakan oleh sistem kontrol *safety door contact* serta tentang perancangan program yang berkaitan dengan penggunaan *safety door contact*. Pada sistem kontrol *safety door contact*, perancangan program dibagi menjadi dua bagian, yakni program pada bagian *safety control system* dan pada *standard control system*. *Safety control system* menggunakan *safety PLC* sebagai kontrolernya, sementara pada *standard control system* digunakan *standard PLC*.

#### **3.3.1 Pengalaman I/O yang digunakan oleh Guardlocking Switches TLS2-GD2**

Pengalaman *input* dan *output* yang berkaitan dengan penggunaan *guardlocking switches TLS2-GD2* (GLS) pada *Robotic Pouch Case Packer* ditunjukkan pada tabel-tabel di bawah ini. Pengalaman *input* dan *output* dibedakan berdasarkan modul *input* dan *output* yang digunakan, di antaranya yaitu modul *standard input* (NX-ID5442), modul *safety input* NX-SID800 dan modul *safety output* NX-SOD400.

##### **a) Alamat *standard input* pada NX-ID5442**

Tabel 3.1 menunjukkan pengalaman *input* yang digunakan di modul NX-ID442. Dari tabel 3.1, dapat diketahui bahwa kaki pin Solenoid B (pin 53) dan pin AUX A (pin 34) pada masing-masing

*guardlocking switches* TLS2-GD2 terhubung sebagai *input* pada modul *standard input* NX-ID5442.

**Tabel 3.1** Alamat *standard input* pada NX-ID5442

NX-ID5442				
No.	Comment	Variable	Kode Wiring	Hardware
1.	Solenoid for Left Safety Door at Vane Section is Open	xIn_R2_2_3_SLD	5203	Pin Solenoid B GLS
2.	Solenoid for Right Safety Door at Vane Section is Open	xIn_R2_2_4_SLD	5204	Pin Solenoid B GLS
3.	Solenoid for Left Safety Door at Placing Product Section is Open	xIn_R2_2_6_SLD	5206	Pin Solenoid B GLS
4.	Solenoid for Right Safety Door at Placing Product Section is Open	xIn_R2_2_7v_SLD	5207	Pin Solenoid B GLS
5.	Left Safety Door at Vane Section is Open (D4)	xIn_R2_2_8_DSW	5208	Pin AUX A GLS
6.	Right Safety Door at Vane Section is Open (D5)	xIn_R2_2_9_DSW	5209	Pin AUX A GLS
7.	Left Safety Door at Placing Product Section is Open (D1)	xIn_R2_2_11_DSW	5211	Pin AUX A GLS
8.	Right Safety Door at Placing Product Section is Open (D2)	xIn_R2_2_12_DSW	5212	Pin AUX A GLS

*Input* ini berfungsi sebagai pemberitahuan *error* kepada PLC *standard* tentang status atau kondisi dari masing-masing *safety door contact*, apakah pintu terbuka atau tertutup. Ketika *safety door contact* terbuka, PLC akan mengirim alarm *error* dan menampilkannya pada HMI.

**b) Alamat *safety input* pada NX-SID800**

Tabel 3.2 menunjukkan pengalaman *input* yang digunakan di modul *safety input* NX-SID800. Dapat dilihat pada tabel tersebut, bahwa

kaki pin 11 dan 12 pada Safety A milik *Guardlocking Switches* TLS2-GD2 dianggap sebagai satu *channel* dan terhubung dengan modul *safety input* NX-SID800. Hal yang sama juga berlaku pada pin 21-22 Safety B. Maka dari itu, penggunaan pin Safety A dan B disebut *dual channel*.

**Tabel 3. 2** Alamat *input* pada modul *safety input* NX-SID800

NX-SID800 : Unit 6				
No.	Comment	Variable	Kode Wiring	Hardware
1.	Safety Door Machine Ch 1	xsIn_R2_0_2_DSW	12002	Pin 11 Safety A GLS
			12003	Pin 12 Safety A GLS
2.	Safety Door Machine Ch 2	xsIn_R2_0_3_DSW	12010	Pin 21 Safety B GLS
			12011	Pin 22 Safety B GLS
3.	EDM for Safety Door (Safety Relay)	xsIn_R2_0_5_EDM	12012	Pin 11 Safety Relay
			12013	Pin 12 Safety Relay

Pada *Robotic Pouch Case Packer*, digunakan *safety A* dan *safety B* dikarenakan mesin ini termasuk pada kategori tingkat III dalam kategori *safety*. Dimana kategori III secara umum harus memiliki sistem *redundant* atau cadangan, sehingga ketika terjadi kegagalan pada salah satu yang terhubung dengan *input safety*, maka yang lain akan dengan segera mengambil alih pengoperasian sistem. Selain itu, juga ada *safety relay* yang terhubung dengan modul *safety input* NX-SID800 sebagai EDM dari *output safety relay*. Hal ini berfungsi untuk pengecekan status *safety relay* sebagai *output*.

**c) Alamat *safety output* pada NX-SOD400**

Tabel 3.3 menunjukkan pengalamatan *output* yang digunakan di modul *safety input* NX-SID800. *Safety relay* terhubung dengan modul NX-SOD400 sebagai *safety output*.

**Tabel 3.3** Alamat *safety output* pada NX-SOD400

NX-SOD400				
No.	Comment	Variable	Kode Wiring	Hardware
1.	Safety Door Contact 1	xsOut_R2_0_2_SLD	6202	pin 0 Safety Relay 1

No.	Comment	Variable	Kode Wiring	Hardware
1.	Safety Door Contact 1	xsOut_R2_0_2_SLD	6203	pin 01 Safety Relay 1
2.	Safety Door Contact 2	xsOut_R2_0_3_SLD	6210	pin 0 Safety Relay 2
			6211	pin 1 Safety Relay 2

*Safety relay* merupakan komponen penting pada sistem ini, karena bekerja sebagai penyambung atau pemutus tegangan listrik pada *power supply* untuk mengaktifkan seluruh motor AC dan *valve* pada mesin. Sama seperti penggunaan pin Safety A dan B *guardlocking switches* pada modul *input NX-SID800*, pin 0 dan pin 1 masing-masing dari *safety relay* dianggap sebagai *single channel*. Maka dari itu, penggunaan dua *safety relay* ini disebut sebagai *dual channel*.

### 3.3.2 Perancangan program *safety door contact*

Pada sistem kontrol *safety door contact*, perancangan program dibagi menjadi dua bagian, yakni program pada bagian *safety control system* dan pada *standard control system*.

#### a. Program *safety door contact* bagian *safety control system*

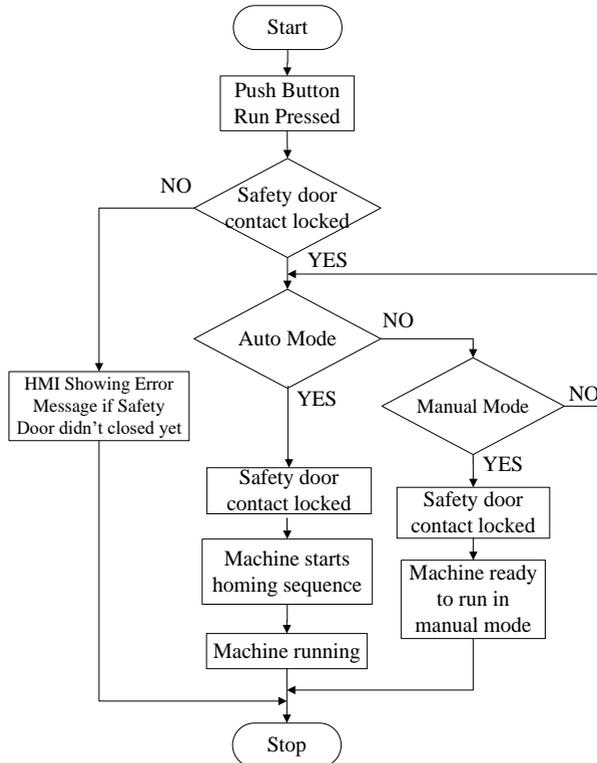
Perancangan program *safety door contact* bagian *safety control system* terdiri dari dua instruksi utama, yakni instruksi untuk *Running Robotic Pouch Case Packer* ketika mesin hendak diaktifkan dari kondisi tidak aktif atau *stop* dan instruksi membuka *safety door contact* ketika mesin sedang beroperasi.

##### • Program *Running Robotic Pouch Case Packer*

Gambar 3.9 menunjukkan *flowchart* program *safety door contact* ketika hendak dioperasikan (*running*). Ketika *main switch* telah diaktifkan serta tombol *Run* ditekan, HMI akan menampilkan *error message* apabila terdapat *error* pada mesin. Namun saat tidak ada *error message* yang ditampilkan pada HMI, maka mesin akan langsung beroperasi begitu tombol *Run* ditekan. Saat mesin tidak dapat beroperasi, *error message* harus dihilangkan terlebih dahulu. *Error* yang dimiliki oleh *Robotic Pouch Case Packer* bisa bermacam-macam, namun beberapa *error* yang mungkin ditampilkan pada HMI terkait dengan *safety control system* adalah status dari komponen-komponen *safety* pada mesin yang belum terpenuhi. Untuk dapat menghilangkan *error message* dari komponen *safety*, salah satu hal yang harus dilakukan adalah memastikan bahwa seluruh *safety door contact* pada

mesin telah ditutup dan *guardlocking switches* TLS2-GD2 dalam posisi terkunci.

Dari Gambar 3.9, dapat diketahui bahwa setelah *safety door contact* ditutup, maka mesin akan beroperasi dalam salah satu mode, yaitu manual atau auto.



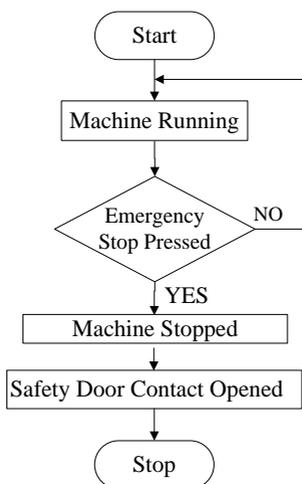
**Gambar 3. 9** Flowchart mengoperasikan mesin

Auto Mode adalah mode dimana mesin beroperasi secara otomatis. Ketika operator telah menekan tombol *Run* pada mesin, mesin akan secara otomatis mengerjakan setiap proses dengan berurutan, dimulai dari *homing sequence* hingga memasukkan *pouch* ke dalam *box* dan proses lain secara berulang-ulang. Mesin akan berhenti beroperasi hanya ketika tombol *Stop* atau *Emergency Stop* ditekan. Sementara Manual Mode adalah mode dimana operator dapat mengoperasikan mesin secara manual dan satu-persatu. Mode ini biasa digunakan ketika dilakukan

proses *setting* mesin. Semisal ketika hendak melakukan *setting picking position* pada *vane*, operator dapat mengaktifkan *vane conveyor* saja melalui HMI dan mengatur posisinya sampai sesuai dengan *picking position*, tanpa harus mengaktifkan bagian-bagian mesin yang lain. Dengan demikian, proses *setting* dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

- **Program membuka *safety door contact***

*Safety door contact* hanya dapat dibuka ketika mesin sedang tidak beroperasi dan akan terkunci selama mesin beroperasi. Dari Gambar 3.10, dapat diketahui untuk dapat membuka *safety door contact*, mesin harus berhenti beroperasi dengan cara menekan tombol *Emergency Stop*. Perbedaan antara menghentikan operasi mesin dengan tombol *Stop* dan *Emergency Stop*, yaitu tombol *Stop* akan menghentikan operasi mesin setelah *industrial robot codian* menyelesaikan satu *cycle* pekerjaannya, sementara tombol *Emergency Stop* akan langsung menghentikan operasi mesin tanpa menunggu *industrial robot codian* menyelesaikan pekerjaannya.



**Gambar 3.10** Flowchart membuka pintu ketika mesin beroperasi

Selain itu, ketika tombol *Emergency stop* ditekan, maka dapat dipastikan bahwa mesin tidak akan beroperasi baik secara mode auto ataupun manual. Saat mesin telah berhenti beroperasi, maka *guardlocking switches* TLS2-GD2 tidak lagi terkunci dan *safety door contact* dapat dibuka.

**b. Program *safety door contact* bagian *standard control system (main control)***

Penggunaan *guardlocking switches* TLS2-GD2 pada *safety door contact* bagian *standard control system* yaitu sebagai pengirim pemberitahuan adanya *error* yang terkait dengan kondisi terbuka dan tertutupnya keempat *safety door contact* yang terpasang pada mesin.

*Flowchart* untuk program *safety door contact* bagian *standard control* dapat dilihat pada Lampiran B-1. Dapat diketahui dari Gambar 3.11, *error message safety door contact* yang dikirim menuju *standard control*, di antaranya D1 *Safety Door at Placing Section is Open*, D2 *Safety Door at Placing Section is Open*, D3 *Safety Door at Vane Section is Open*, D4 *Safety Door at Vane Section is Open*. *Error-error message* tersebut memberitahukan adanya satu atau lebih *safety door contact* yang sedang dalam kondisi terbuka. Selain itu, juga ada *error message Safety Door Solenoid at Case Packer is Break*, yang memberitahukan bahwa ada *safety door* yang belum menyentuh titik penguncian *guardlocking switches* TLS2-GD2.

Untuk dapat mengoperasikan *Robotic Pouch Case Packer*, keempat *error message* yang ditunjukkan pada Gambar 3.11 harus dihilangkan terlebih dahulu, yakni dengan cara memastikan bahwa seluruh *safety door contact* telah ditutup dan dalam kondisi terkunci, serta menekan tombol ACK dan *reset*. Setelah *error message* terselesaikan dan tidak ada *error message* yang ditampilkan pada HMI, maka tombol *Run* dapat ditekan untuk mengoperasikan mesin.

**3.4 Perhitungan *Safety Reaction Time***

Sebelumnya telah dijelaskan pada bagian teori dasar, bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menonaktifkan *output* ketika terjadi suatu kegagalan atau kerusakan pada mesin disebut sebagai *safety reaction time* atau *fault reaction time*. Penggunaan *safety reaction time* pada penelitian ini yaitu untuk menghitung waktu yang dibutuhkan oleh *safety door contact* untuk terbuka setelah mesin dihentikan atau *push button emergency stop* ditekan.

Pada penelitian ini, *safety sensor/switch* yang digunakan adalah *guardlocking switches* TLS2-GD2, sedangkan *actuator*-nya adalah *safety relay* G7SA-5A1B. Tabel 3.4 menunjukkan elemen-elemen yang diperlukan untuk menghitung nilai *safety reaction time* pada *safety door contact*.

**Tabel 3. 4** Elemen-elemen *safety reaction time safety door contact*

No.	Nama elemen	Nilai (sekon)
1.	<i>Response time guardlocking switches</i> TLS2-GD2	0,00625
2.	<i>Response time safety relay</i> G7SA-5A1B	0,010
3.	<i>Input delay time guardlocking switches</i> TLS2-GD2	0
4.	FSoE <i>watchdog timer safety CPU unit dan safety input unit</i>	0,047
5.	FSoE <i>watchdog timer safety CPU unit dan safety output unit</i>	0,047
6.	<i>Safety input processing unit time</i> NX-SID800	0,005
7.	<i>Safety output processing time</i> NX-SOD400	0,001

Nilai *response time guardlocking swiches* TLS2-GD2 dan *safety relay*, FSoE *watchdog timer safety CPU* dan *safety I/O processing unit time* diketahui dari *datasheet* masing-masing komponen, sementara nilai dari *input delay time guardlocking switches* TLS2-GD2 merupakan nilai yang diatur oleh pembuat program sesuai dengan kebutuhan sistem.

Dari nilai-nilai yang telah diketahui pada Tabel 3.4, maka dapat dicari nilai *Safety reaction time* pada *safety door contact*, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 3.1.

$$\begin{aligned}
 \text{Safety reaction time} &= \text{Guardlocking switches TLS2-GD2 Response time} \\
 &\quad + \text{Safety I/O refresh time} + \text{Safety relay response} \\
 &\quad \text{time} \dots \dots \dots (3.1) \\
 &= (0,00625) + (0,052+0,048) + (0,010) \dots \dots \dots (3.2) \\
 &= 0,11625 \text{ s} \dots \dots \dots (3.3)
 \end{aligned}$$

Dari Persamaan (3.3), dapat diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk membuka *safety door contact* setelah *push button emergency stop* adalah 0,11625 s.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mengetahui apakah tujuan-tujuan dari pembuatan alat ini telah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak, maka dilakukan pengujian dan analisa terhadap alat yang telah dibuat. Pada bab ini akan dibahas mengenai cara kerja alat, hasil perancangan *hardware*, hasil perancangan *software* berupa program pada *software* simulasi dan data yang diperoleh melalui pengujian sekuens *safety door contact*.

#### **4.1 Cara Kerja Alat**

Alat yang dirancang adalah *safety door contact* menggunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 di area *industrial robot codian* pada *Robotic Pouch Case Packer*. Cara kerja dari *safety door contact* ini yaitu akan mencegah mesin beroperasi saat *safety door* belum ditutup dan *safety door* akan terkunci atau tidak dapat dibuka ketika mesin sedang beroperasi. *Safety door* dapat dibuka kembali hanya ketika operasi mesin telah dihentikan.

Untuk memenuhi cara kerjanya, *safety door* menggunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang dihubungkan dengan PLC, sehingga dapat mengendalikan pengoperasian mesin. Ketika *safety door* ditutup dan aktuator pada *guardlocking switches* TLS2-GD2 telah berada pada titik penguncian, maka akan memberi sinyal *input* pada *safety* PLC dan mengaktifkan *safety relay*. Ketika *safety relay* aktif, maka suplai daya akan tersambungkan menuju komponen penggerak mesin seperti motor dan *valve*. Selain berfungsi sebagai *output* pada *safety* PLC, *safety relay* juga digunakan sebagai EDM *input* untuk dapat mengunci *safety door* selama mesin beroperasi. *Safety relay* ini menjadi tidak aktif ketika operasi mesin dihentikan atau suplai daya diputus. Begitu *safety relay* tidak aktif, *safety door contact* tidak lagi terkunci dan dapat dibuka.

Selain terhubung dengan *safety* PLC, *guard locking switches* TLS2-GD2 juga dihubungkan dengan PLC biasa (*standard* PLC) untuk memberitahukan alarm *error* pada mesin ketika ada *safety door contact* yang masih terbuka. Masing-masing *guardlocking switches* TLS2-GD2 akan dihubungkan dengan *standard* PLC, sehingga PLC dapat mengetahui kondisi dari setiap *safety door contact* dan mengirim alarm *error* pada HMI mengenai *safety door contact* manakah yang masih terbuka.

#### 4.1.1 Pemasangan *safety door contact* pada *Robotic Pouch Case Packer*

Ada empat *safety door* yang dipasang pada *Robotic Pouch Case Packer* di area *industrial robot codian*. Masing-masing dari keempat *safety door contact* tersebut dilengkapi oleh *guardlocking switches* TLS2-GD2.



(a) *Safety door area placing product conveyor*

(b) *Safety door area vane conveyor*

**Gambar 4. 1** *Safety door contact* pada *Robotic Pouch Case Packer*

Gambar 4.1 (a) menunjukkan peletakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 pada *safety door* D1 dan D2 yang terpasang di area *placing product conveyor*, sementara Gambar 4.1 (b) menunjukkan peletakan *guardlocking switches* TLS2-GD2 pada *safety door* D3 dan D4 yang terpasang di area *vane conveyor*.

#### 4.2 *Pengujian Safety Door Contact*

Pengujian dari cara kerja *safety door contact* yang dirancang dapat dibagi menjadi dua keadaan, yaitu saat mesin tidak beroperasi dan saat mesin beroperasi.

##### 4.2.1 **Kondisi 1 : Mesin tidak beroperasi**

Keadaan pertama yakni ketika mesin dalam kondisi tidak beroperasi, lalu *safety door contact* belum ditutup, atau *safety door*

*contact* sudah ditutup namun *guardlocking switches* TLS2-GD2 belum dalam keadaan terkunci, dan mesin hendak dioperasikan dengan menekan tombol *Run*, maka mesin tidak akan dapat beroperasi akibat adanya indikasi bahwa *safety door contact* harus dalam kondisi ditutup dan terkunci terlebih dahulu. Tabel 4.1 pada lampiran A-1 menunjukkan hasil pengujian saat mesin tidak beroperasi.

#### **4.2.2 Kondisi 2 : Mesin beroperasi**

Keadaan kedua, yaitu ketika mesin sedang beroperasi, *safety door contact* sedang tertutup dan *guardlocking switches* TLS2-GD2 terkunci, maka *safety door contact* hanya akan bisa dibuka kembali dan *guardlocking switches* TLS2-GD2 tidak lagi terkunci saat mesin berhenti beroperasi. Hasil pengujian ketika mesin beroperasi ditunjukkan pada Tabel 4.2 di bagian lampiran A-2.

### **4.3 Hasil Perancangan Software**

Pada sub-bab ini akan dibahas program *safety door contact* berdasarkan pada *flowchart* pengoperasian mesin yang telah dirancang sebelumnya. Pemrograman akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu program pada *safety control* dan *standard control*.

#### **4.3.1 Hasil perancangan program bagian safety control system**

Program bagian *safety control* merupakan program yang khusus untuk keperluan *safety*. Terpenuhiya program *safety control* adalah syarat untuk dapat tereksekusinya program *standard control*, sehingga apabila pada program *safety control* mengalami *error* maka otomatis program *standard control* tidak dapat tereksekusi atau mengalami *error*. Perbedaan utama antara program *safety control* dan *standard control*, yaitu pada program *safety control* memiliki fungsi pengecekan pada I/O-nya. Selain itu, program *safety control* hanya dapat menggunakan bahasa pemrograman tipe *function block*, sementara pada *standard control* digunakan bahasa pemrograman tipe *ladder diagram*.

Program *safety door contact* bagian *safety control* memiliki dua fungsi, yang pertama yaitu untuk melakukan pengecekan pada *input* dan yang kedua untuk mengaktifkan *safety relay* sebagai *output* melalui *guardlocking switches* TLS2-GD2 sebagai *input*, dimana aktif atau tidaknya *safety relay* ini berfungsi untuk memutus dan menyambungkan suplai daya ke mesin.

Program *safety door contact* bagian *safety control* yang dirancang akan dibagi menjadi dua *project* berdasarkan fungsinya,

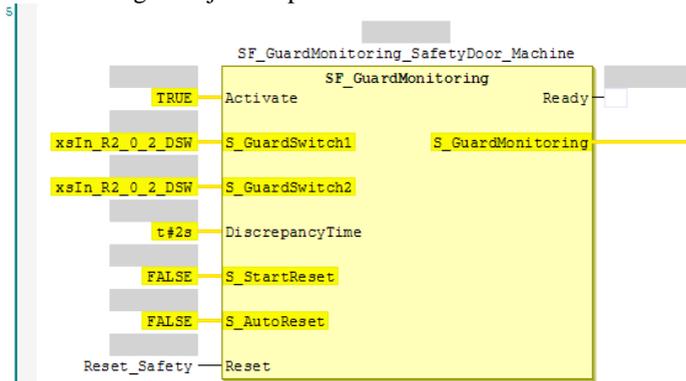
dengan nama *Project Safety Door* untuk fungsi pertama dan *Project Monitor* untuk fungsi kedua.

**a. Project Safety Door**

Pada *project Safety Door* digunakan *function block* (FB) SF\_GuardMonitoring. Sesuai dengan namanya, SF\_GuardMonitoring adalah FB yang berfungsi untuk memonitor/mengecek kondisi dari *guard/* penutup yang digunakan sebagai *input* dari FB ini. *Guard* yang digunakan pada program *safety door contact* adalah *guardlocking switches* TLS2-GD2.

Sebelumnya telah dijelaskan pada sub-bab pengalaman I/O bahwa pin *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang digunakan untuk *safety input* adalah pin Safety A. Pada *Robotic Pouch Case Packer*, digunakan empat buah *guardlocking switches* TLS2-GD2, namun hanya digunakan satu terminal *safety input* saja pada modul NX-SID800, karena setiap pin Safety A pada keempat *guardlocking switches* dihubungkan secara seri sehingga hanya digunakan satu *input* saja pada *modul safety input* NX-SID800. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi jumlah terminal *safety input* yang dibutuhkan dan mengurangi biaya pembelian modul *safety input* NX-SID800. Pin Safety A *guardlocking switches* TLS2-GD2 pada pemrograman *Sysmac Studio* diwakilkan dengan nama *Safety Door Machine* dan variabel **xsIn\_R2\_0\_2\_DSW**.

Penggunaan variabel **xsIn\_R2\_0\_2\_DSW** sebagai *input* pada FB SF\_GuardMonitoring ditunjukkan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** FB SF\_GuardMonitoring\_SafetyDoor\_Machine

FB SF\_GuardMonitoring\_SafetyDoor\_Machine adalah FB SF\_GuardMonitoring yang menggunakan *guardlocking switches* TLS2-

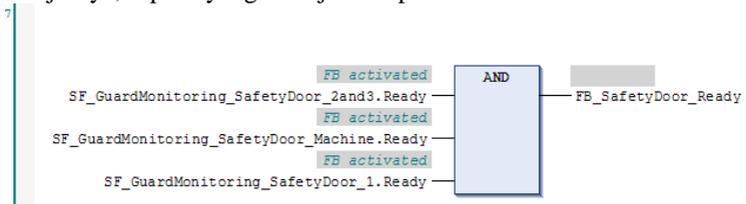
GD2 sebagai *input*. Pada bagian *input* (sisi kiri FB) ada 7 pin yang harus diisi, yaitu pin Activate, S\_GuardSwitch1, S\_GuardSwitch2, DiscrepancyTime, S\_StartReset, S\_AutoReset dan Reset. Penjelasan tentang masing-masing pin dan cara kerja dari FB SF\_GuardMonitoring telah dijelaskan pada bab teori dasar.

Biasanya, FB SF\_GuardMonitoring digunakan untuk melakukan pengecekan pada sebuah *safety door* dengan dua *switches*, dimana dua *switches* tersebut harus bernilai aktif pada waktu yang bersamaan, contohnya untuk sebuah *safety door* dengan dua *switches* yang masing-masing menggunakan alamat *input* yang berbeda. Ketika hanya salah satu *switch* saja yang aktif, sementara *switch* yang lain tidak aktif melebihi jangka waktu yang ditentukan pada DiscrepancyTime, maka *output* FB ini akan bernilai FALSE, sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi *safety door* tersebut belum aman untuk pengoperasian mesin.

Namun, jika hanya digunakan satu *safety door* dengan satu *switch* saja sebagai komponen *safety input*, maka pengguna dapat menggunakan satu *input* yang sama untuk kedua pin *input* S\_GuardSwitch1 dan S\_GuardSwitch2.

Pada penelitian ini, digunakan variabel **xsIn\_R2\_0\_2\_DSW** untuk mengisi pin *input* S\_GuardSwitch1 dan S\_GuardSwitch2. Pin *input* *Discrepancy time* diisi dengan 2 sekon, jadi ketika pin S\_GuardSwitch1 dan S\_GuardSwitch2 tidak sama-sama bernilai aktif setelah lebih dari 2 sekon, maka pin *output* S\_GuardMonitoring bernilai FALSE. *Discrepancy time* mulai dihitung ketika salah satu pin *input* S\_GuardSwitch aktif.

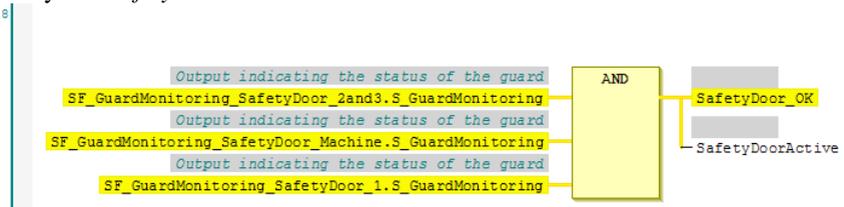
Pin *output* Ready berfungsi sebagai indikator bahwa FB SF\_GuardMonitoring sedang aktif atau tidak, selama dilakukan proses *debug* program. Status pin *output* Ready ini akan menjadi *input* untuk FB selanjutnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4. 3** FB AND FB\_SafetyDoor\_Ready

Selain *safety door contact*, program *safety control* pada *Robotic Pouch Case Packer* juga meliputi *safety door noncontact*. FB AND pada

Gambar 4.3 digunakan untuk mengaktifkan indikator FB\_SafetyDoor\_Ready, yang menunjukkan bahwa semua FB SF\_GuardMonitoring untuk *safety door contact* dan *safety door noncontact* sedang siap untuk diaktifkan. Pin *output* Ready untuk *safety door contact* diwakilkan dengan variabel **SF\_GuardMonitoring\_SafetyDoor\_Machine.Ready**. Sementara **SF\_GuardMonitoring\_SafetyDoor\_2and3.Ready** dan **SF\_GuardMonitoring\_SafetyDoor\_1.Ready** mewakili pin *output* Ready dari *safety door noncontact*.



**Gambar 4.4** FB SafetyDoor\_OK

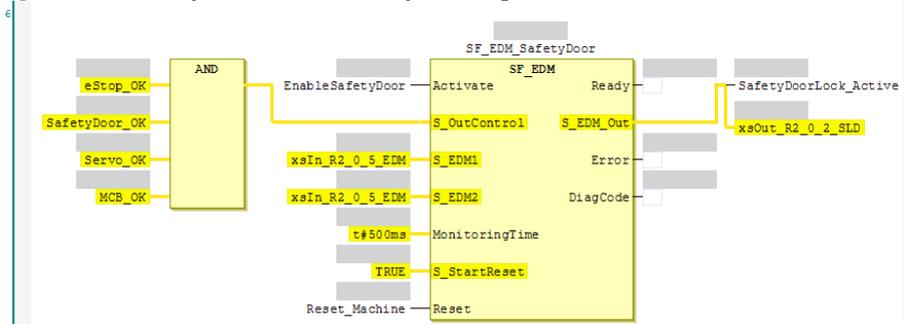
Setelah kedua pin *input* S\_GuardSwitch aktif dan berhasil mengaktifkan pin *output* SF\_GuardMonitoring pada Gambar 4.2, maka *output* tersebut akan menjadi *input* pada FB AND SafetyDoor\_OK yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Variabel SafetyDoor\_OK menunjukkan bahwa semua *safety door contact*, yang diwakilkan oleh variabel *input* **SF\_GuardMonitoring\_SafetyDoor\_Machine.S\_GuardMonitoring**, telah tertutup dan dalam kondisi yang aman, begitu pula dengan dengan semua *safety door noncontact*, yang diwakilkan oleh variabel *input* **SF\_GuardMonitoring\_SafetyDoor\_2and3.S\_GuardMonitoring** dan **SF\_GuardMonitoring\_SafetyDoor\_1.S\_GuardMonitoring**.

**b. Project Monitor**

*Project Monitor* berisi program untuk memonitor kondisi *output* yang digunakan pada program *safety door contact*. Komponen *safety output* yang digunakan pada penelitian ini adalah dua buah *safety relay* yang dihubungkan secara paralel, sehingga hanya digunakan satu terminal *output* pada NX-SOD400. *Safety relay* pada *project monitor* diwakilkan dengan nama Safety Door Contact dan variabel **xsOut\_R2\_0\_2\_SLD**.

Gambar 4.5 menunjukkan FB SF\_EDM\_SafetyDoor, yang berfungsi untuk memonitor kondisi terbuka atau tertutupnya *safety door contact*, melalui status *safety relay* yang berperan sebagai *output* dan menjadikan *output safety relay* tersebut sebagai *feedback*. FB SF\_EDM secara

umum berfungsi untuk memonitor suatu komponen *output* yang tidak dapat melakukan *self-monitoring*. Pada FB ini, ada 7 pin *input* yang harus diisi, yaitu pin Activate, S\_OutControl, S\_EDM1, S\_EDM2, MonitoringTime, S\_StartReset dan Reset. Masing-masing fungsi pin *input* dan cara kerja SF\_EDM telah dijelaskan pada bab teori dasar.



Gambar 4.5 FB SF\_EDM\_SafetyDoor

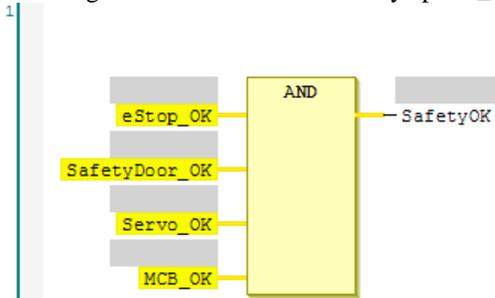
Pada SF\_EDM\_SafetyDoor, *input* utama yang menyebabkan dapat diketahuinya kondisi terbuka atau tertutupnya *safety door contact* adalah pin *input* Activate. Pin *input* activate diisi oleh variabel EnableSafetyDoor, yaitu variabel yang mengindikasikan bahwa *safety door contact* telah ditutup. Ketika pin Activate tidak aktif, maka S\_EDM\_Out akan menonaktifkan atau memutus *safety relay*, sehingga suplai daya ke *Robotic Pouch Case Packer* terputus. Selain itu, pin S\_EDM\_Out juga akan menonaktifkan variabel **SafetyDoorLock\_Active**. **SafetyDoorLock\_Active** akan digunakan pada *standard control* sebagai pengirim alarm yang memberitahukan bahwa *safety door contact* belum ditutup. Penggunaan variabel **SafetyDoorLock\_Active** akan dijelaskan lebih dalam pada pembahasan tentang program *safety door contact* bagian *standard control*.

Ketika pin Activate telah aktif, maka untuk mengaktifkan *safety relay* sebagai *output*, pin S\_OutControl, S\_EDM1 dan S\_EDM2 harus aktif. Pin S\_OutControl pada FB ini diisi dengan *output* dari FB AND yang *inputnya* berisi variabel-variabel yang mengindikasikan bahwa kondisi mesin secara keseluruhan telah aman. Variabel-variabel *input* tersebut adalah variabel **eStop\_OK** yang mengindikasikan bahwa setiap *emergency stop* tidak aktif/dalam kondisi *release*, **SafetyDoor\_OK** yang mengindikasikan bahwa semua *safety door contact* dan *noncontact* telah ditutup, **Servo\_OK** yang mengindikasikan bahwa servo mesin

telah siap digunakan dan **MCB\_OK** yang juga mengindikasikan bahwa MCB mesin telah siap digunakan.

Setelah pin *input* Activate dan *S\_OutputControl* aktif, S\_EDM1 dan S\_EDM2 juga harus aktif untuk dapat mengaktifkan pin *output* S\_EDM\_Out. Pin S\_EDM1 dan S\_EDM2 berfungsi sebagai *feedback* dari *output* FB SF\_EDM, dengan tujuan untuk mengetahui kondisi *output* secara berkala. Maka dari itu, untuk mengetahui kondisi terbaru dari *safety relay*, pin S\_EDM1 dan S\_EDM2 diisi oleh variabel EDM *Safety relay* yang diwakilkan dengan alamat **xsInR2\_0\_5\_EDM**. Sehingga ketika tiba-tiba *output safety relay* tidak aktif atau terputus, maka EDM *safety relay* akan langsung mengetahui dan memutus *safety relay* sehingga mesin akan otomatis berhenti karena tidak adanya suplai daya.

*Monitoring time* adalah batas waktu maksimum untuk pin S\_EDMx mengetahui kondisi terbaru dari pin S\_EDM\_Out. Dapat dilihat pada Gambar 4.6, pin *MonitoringTime* diisi dengan nilai 500 ms, sehingga kondisi pin S\_EDM1 dan S\_EDM2 akan terus berubah-ubah setiap 0,5 sekon sesuai dengan kondisi aktif atau tidaknya pin S\_EDM\_Out.



**Gambar 4.6** FB SafetyOK

Gambar 4.6 menunjukkan FB AND yang *inputnya* diisi dengan variabel-variabel yang mengindikasikan bahwa keseluruhan *safety device* pada *Robotic Pouch Case Packer* telah terpenuhi. *Output* dari FB ini adalah variabel SafetyOK, yang akan digunakan sebagai *input* di *standard control* untuk dapat mengoperasikan sekuens mesin. Penjelasan tentang variabel ini akan dibahas lebih dalam pada program *safety door contact* bagian *standard control*.

#### **4.3.2 Hasil perancangan program bagian *standard control system***

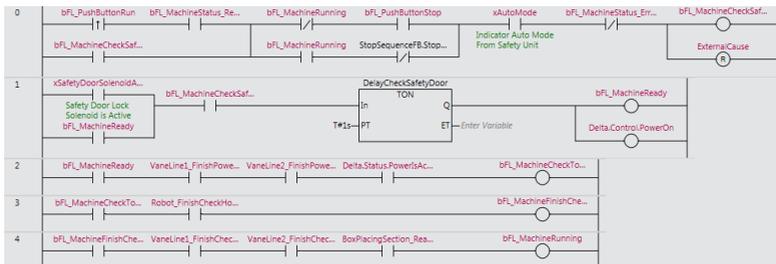
Program *standard control* adalah program yang mengatur sekuens pengoperasian mesin *Robotic Pouch Case Packer*. Program

*standard control* tidak akan bisa dieksekusi kecuali jika program bagian *safety control* telah terpenuhi. Program *standard control* pada *safety door contact* mengatur agar mesin tidak akan dapat beroperasi sebelum *safety door contact* ditutup dan untuk memberitahukan adanya *error* ketika *safety door contact* masih terbuka.

Pada sub-bab ini, akan dijelaskan analisa program *standard control* pada *safety door contact*. Penjelasan program akan dibagi menjadi beberapa bagian berdasarkan fungsi program, di antaranya yaitu Main program, *Output* program dan *Status/Error* Program.

### a. Main Program

Program ini berisi instruksi-instruksi yang harus dipenuhi untuk dapat mengoperasikan *Robotic Pouch Case Packer*. Variabel yang mengindikasikan bahwa mesin telah beroperasi ditunjukkan dengan koil **bFL\_MachineRunning** di rung ke-4 pada Gambar 4.7

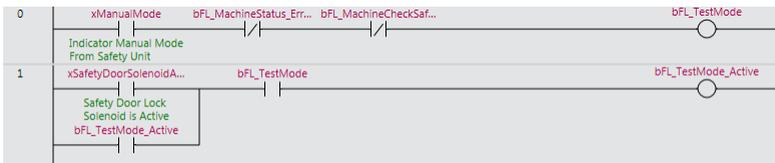


**Gambar 4.7** Program operasi mesin mode auto

Terdapat dua mode yang dapat digunakan pada pengoperasian *Robotic Pouch Case Packer*, yakni Auto Mode dan Manual Mode. Auto Mode adalah mode dimana mesin beroperasi secara otomatis. Ketika operator telah menekan tombol *Run* pada mesin, mesin akan secara otomatis mengerjakan setiap proses dengan berurutan, dimulai dari *homing sequence* hingga memasukkan *pouch* ke dalam *box* dan proses lain secara berulang-ulang. Sementara Manual Mode adalah mode dimana operator dapat mengoperasikan mesin secara manual dan satu-persatu. Mode ini biasa digunakan ketika dilakukan proses *setting* mesin. Dari Gambar 4.7 di rung-0, dapat diketahui bahwa program *MainCasePacker* mengoperasikan mesin dalam mode Auto.

Salah satu indikator yang harus dipenuhi untuk dapat mengoperasikan mesin adalah tertutupnya *safety door contact*, yang dialamatkan dalam variabel **xSafetyDoorSolenoidActive** pada rung-2.

Variabel ini sebelumnya adalah *output* pada *safety* program bagian project *Safety Door*. Pada *standard* program, ketika variabel ini telah aktif, dan variabel **bFL\_MachineCheckSafety** juga aktif, maka **timer DelayCheckSafetyDoor** akan bekerja dan mengaktifkan **bFL\_MachineReady**. **bFL\_MachineReady** akan berpengaruh untuk mengaktifkan **bFL\_Machine Running**, setelah menyelesaikan program *homing vane conveyor* pada rung-2, program *homing robot codian* pada rung-3 dan program pengaktifan *box placing conveyor* pada rung-4. Maka dari itu, mesin tidak akan dapat melakukan *homing sequence* jika *safety door contact* belum tertutup.



**Gambar 4.8** Program operasi mesin manual mode

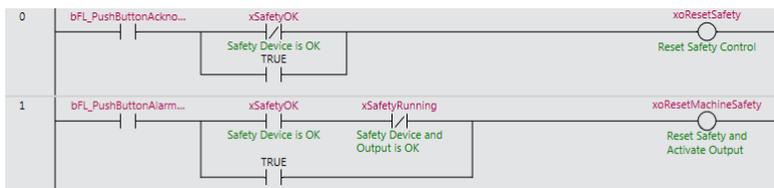
Selain mampu mencegah mesin untuk beroperasi dalam mode Auto, *safety door contact* yang masih belum ditutup juga akan mencegah mesin untuk beroperasi dalam mode Manual. Dari Gambar 4.8 pada rung-2, dapat diketahui bahwa jika **xSafetyDoorLock** tidak aktif maka mesin tidak akan dapat dioperasikan secara manual, yang diindikasikan dengan koil **bFL\_TestMode\_Active**.

### **b. Output Program**

Program ini berisi instruksi-instruksi untuk dapat me-reset *safety control* pada mesin setelah terjadi suatu permasalahan/*error*, juga untuk mengaktifkan variabel **xoEnableSafetDoor**. Rung-0 dan rung-1 yang ditunjukkan pada Gambar 4.9, berfungsi untuk me-*reset safety control* pada mesin, hanya jika terjadi *error* pada bagian *safety control*, seperti adanya *emergency stop button* yang ditekan atau adanya *safety door* yang belum ditutup ketika hendak mengoperasikan mesin.

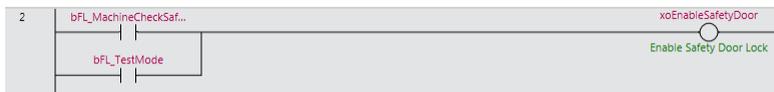
Variabel **xSafetyOK** pada Gambar 4.9, selain digunakan pada *standard* program juga digunakan sebelumnya pada *safety* program. Variabel ini mengindikasikan bahwa keseluruhan *safety* pada mesin telah terpenuhi. Sehingga dapat diketahui dari program tersebut, bahwa ketika *push button alarm* telah ditekan dan tidak ada *error* yang terindikasi pada *safety* mesin, maka mesin dapat direset. Variabel *output* **xoResetSafety** dan **xoResetMachineSafety** sama-sama sebagai *reset* mesin, namun perbedaannya yaitu **xoResetSafety** hanya untuk mereset

*input-input safety* saja. Sementara **xoResetMachineSafety** digunakan untuk mereset *input* dan *output safety* pada mesin.



**Gambar 4.9** Output Program

Sementara itu, rung-3 yang ditunjukkan pada Gambar 4.10 berfungsi untuk mengaktifkan *safety door contact*. Variabel *output xoEnableSafetyDoor* akan aktif ketika variabel **bFL\_MachineCheckSafety** aktif atau **bFL\_TestMode** aktif. **bFL\_MachineCheckSafety** adalah variabel yang mengindikasikan bahwa mesin telah siap dioperasikan dalam mode Auto, sedangkan **bFL\_TestMode** adalah variabel yang mengindikasikan bahwa mesin siap dioperasikan dalam mode Manual.



**Gambar 4.10** Rung-3 output program

Selain digunakan pada rung-3 *output* program, variabel *xoEnableSafetyDoor* juga digunakan pada *safety* program bagian project monitor. Variabel ini berperan sebagai *input* untuk function blok SF\_EDM\_SafetyDoor, dimana *input* ini menjadi salah satu syarat supaya *safety relay* sebagai *output* menjadi aktif. Ketika *safety relay* aktif, sumber tegangan dapat disuplai ke mesin untuk pengoperasian mesin.

### c. Status/Error Program

Program ini berisi pemberitahuan-pemberitahuan *error* jika terjadi kesalahan pada mesin. Beberapa *error* yang berkaitan dengan operasi *safety door contact* dan ditampilkan pada HMI ditunjukkan pada Tabel 4.3.

*Error safety door contact* dapat dibedakan berdasarkan pin *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terhubung dengan *standard PLC* atau *safety PLC*. **Error Status\_SolenoidSafetyDoor\_Break** merupakan *error* akibat adanya kesalahan pada pin *safety A*

*guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terhubung dengan modul *input safety* PLC NX-SID800. Sementara *error Status\_SafetyDoor\_Vane/PlacingSection\_Right/LeftDoor* merupakan *error* dari pin AUX *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terhubung dengan *standard* PLC, dimana *error* ini memberitahukan bahwa salah satu *safety door contact* pada *section* tersebut sedang dalam kondisi terbuka.

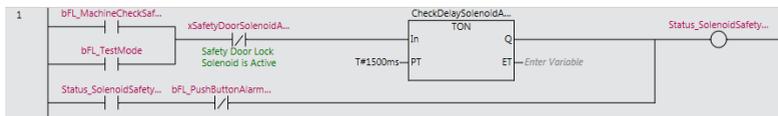
**Tabel 4.3** Alamat-alamat pemberitahuan *error*

No.	Alamat <i>error</i>	Keterangan
1.	Status_SolenoidSafetyDoor_Break	Mengindikasikan bahwa <i>safety door contact</i> belum ditutup, tanpa memberitahu <i>safety door contact</i> bagian mana yang dimaksud.
2.	Status_SafetyDoor_VaneSection_LeftDoor	Mengindikasikan bahwa <i>safety door contact</i> bilah kiri di bagian <i>vane section</i> belum ditutup.
3.	Status_SafetyDoor_VaneSection_RightDoor	Mengindikasikan bahwa <i>safety door contact</i> bilah kanan di bagian <i>vane section</i> belum ditutup.
4.	Status_SafetyDoor_PlacingSection_LeftDoor	Mengindikasikan bahwa <i>safety door contact</i> bilah kiri di bagian <i>placing product section</i> belum ditutup.
5.	Status_SafetyDoor_PlacingSection_RightDoor	Mengindikasikan bahwa <i>safety door contact</i> bilah kanan di bagian <i>placing product section</i> belum ditutup.

*Error safety door contact* dapat dibedakan berdasarkan pin *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terhubung dengan *standard* PLC atau *safety* PLC. *Error Status\_SolenoidSafetyDoor\_Break* merupakan *error* akibat adanya kesalahan pada pin *safety A* *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terhubung dengan modul *input safety* PLC NX-SID800. Sementara *error Status\_SafetyDoor\_Vane/PlacingSection\_Right/LeftDoor* merupakan

*error* dari pin AUX *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terhubung dengan *standard PLC*, dimana *error* ini memberitahukan bahwa salah satu *safety door contact* pada *section* tersebut sedang dalam kondisi terbuka.

Gambar 4.11 menunjukkan penyebab munculnya pemberitahuan *error Solenoid Safety Break* yang berasal dari pin Safety A *guardlocking switches* TLS2-GD2. Ketika mesin telah diaktifkan dalam mode Auto/Manual, namun *safety door contact* belum ditutup, maka mesin akan memberitahukan *error* bahwa *safety door contact* belum ditutup. *Error* ini dapat juga akibat *safety door contact* sudah ditutup namun aktuator *guardlocking switches* TLS2-GD2 belum menyentuh titik penguncian.



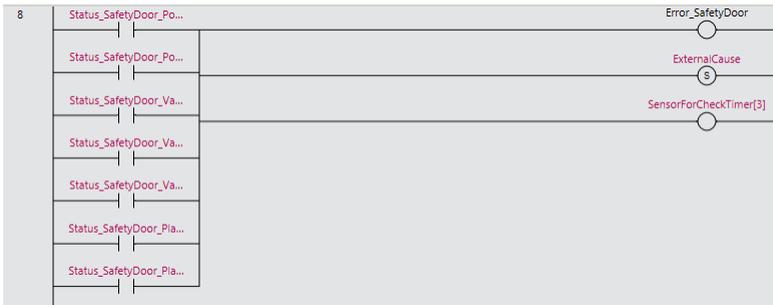
**Gambar 4. 11** Program *Error Solenoid Break*

Rung-2 pada Gambar 4.12 menunjukkan pemberitahuan *error* dari pin AUX *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terpasang pada *safety door contact* bilah kiri di bagian *vane*. Ketika *safety door contact* ini dalam kondisi terbuka, maka akan mengirim sinyal pada *safety PLC* dan mengaktifkan variabel *output Status\_SafetyDoor\_VaneSection*.



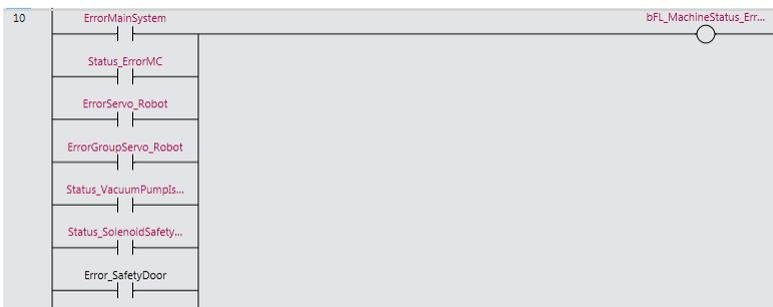
**Gambar 4. 12** Program *Error vane dan placing section safety door contact*

Terdapat empat *guardlocking switches* TLS2-GD2 yang terpasang pada *safety door contact Robotic Pouch Case Packer*, dimana masing-masing pin AUX *guardlocking switches* TLS2-GD2 terhubung dengan *standard PLC* dan akan mengaktifkan variabel *output Status\_SafetyDoor*, sehingga ketika terdapat salah satu *safety door contact* yang belum tertutup maka operator dapat mengetahui *safety door contact* manakah yang belum tertutup itu. Penggunaan masing-masing variabel *input safety door contact* pada program *standard control* ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 13 Program *Error\_SafetyDoor*

*Error* masing-masing *safety door contact* ini akan menjadi *input* bersama dengan *error* dari *safety door non-contact* untuk *output boolean* yang mengindikasikan bahwa terjadi *error* pada *safety door* mesin, yang diwakilkan dengan alamat ***Error\_SafetyDoor*** pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 14 Program *Error\_SafetyDoor*

***Error\_SafetyDoor*** akan menjadi *input* bersama dengan *error-error* dari komponen yang lain untuk mengaktifkan pemberitahuan *error* mesin

keseluruhan, yang diwakilkan dengan alamat **bFL\_MachineStatus\_Error** seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14. Variabel **bFL\_MachineStatus\_Error** ini akan berpengaruh pada pengoperasian mesin, dimana ketika variabel ini aktif maka mesin tidak akan dapat beroperasi, begitu pula sebaliknya. Penggunaan variabel ini dapat ditemukan pada *standard* program bagian *main program*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Pada penelitian ini telah dirancang *safety door* di area *industrial robot codian* pada *Robotic Pouch Case Packer* menggunakan *guardlocking switches* TLS2-GD2. *Guardlocking switches* TLS2-GD2 mampu mengunci *safety door* dan menghindarkan operator dari resiko kecelakaan kerja selama *industrial robot codian* beroperasi.

Dari pengujian yang telah dilakukan, *safety door contact* telah memenuhi fungsinya sebagai *guardlocking tipe power-to-lock* serta sesuai dengan kriteria yang diperoleh dari *safety assesment* dimana dibutuhkan *safety door* yang hanya dapat dibuka ketika mesin dalam keadaan *safe* (aman) dan akan terkunci selama mesin beroperasi. Selain itu, dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai *safety reaction time* untuk menonaktifkan penguncian pada *safety door contact* setelah *emergency stop button* ditekan adalah 0,11625 s. Sehingga dapat disimpulkan, bahwa *safety reaction time safety door contact* telah memenuhi standar maksimum yang diperlukan oleh mesin, dimana *safety reaction time safety door contact* kurang dari 1 s.

Berdasarkan perencanaan dan pengujian yang dilakukan oleh penulis, maka pengembangan selanjutnya dari sistem ini adalah penyesuaian jumlah pin *input* yang digunakan pada *safety PLC* untuk masing-masing *guardlocking switches* TLS2-GD2. Jika digunakan empat buah *guardlocking switches* TLS2-GD2, maka dibutuhkan empat pin *input safety PLC*. Hal ini bertujuan agar fungsi keamananan (*safety*) sistem sesuai dengan kategori *safety* tingkat III, dimana masing-masing komponen *safety* harus terhubung dengan pin *input safety PLC*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nursyahbani, Yulianti “*Gambaran Kecelakaan Kerja di Lokasi Kerja Berdasarkan Data SUDINAKERTRANS Jakarta Timur Tahun 2014-2016*”, 2017.
- [2] PT. Industrial Robotic Automation, “*Robotic Pouch Case Packer System’s Manual Book*”, 2018.
- [3] Allen-Bradley Guard Master, “*TLS2-GD2 Application Note*”.
- [4] Omron Corporation, “*Safety Functions*”, 2007, [https://www.ia.omron.com/support/guide/3/safety\\_functions.html](https://www.ia.omron.com/support/guide/3/safety_functions.html)
- [5] International Standard ISO 14121-1, “*Safety of machinery-Risk assessment*”.
- [6] OMRON, “*Introduction to Machinery Safety*”.
- [7] Allen-Bradley Guard Master, “*Guard Locking Switches TLS-GD2’s Datasheet*”.
- [8] Wikipedia, “*Machine Guarding*”, [https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_guarding](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_guarding)
- [9] JEMA, “*Safety of Machinery : Guidelines of Functional Safety PLC*”, 2011.
- [10] Warren Forensics, “*When does an interlocking guard also need a locking function?*” <http://www.warrenforensics.com/2015/10/22/when-does-an-interlocking-guard-also-need-a-locking-function/>
- [11] Allen-Bradley, “*Safety Relays*”, <https://ab.rockwellautomation.com/Relays-and-Timers/Safety-Relays>
- [12] JAXXEN Incorporated, “*Elesta Relays-Relays with Forcibly Guided Contacts.*”
- [13] Aliexpress, “*Safety Relays*”, <https://www.aliexpress.com/item/safety-relay-G7SA-5A1B-DC24V/>
- [14] Schneider Electric, Automation Business, “*Introduction to PLC*”
- [15] OMRON Datasheet, “*Relays with Forcibly Guided Contacts : G7SA*”.
- [16] OMRON, “*NJ-series CPU Unit Hardware User’s Manual*”.
- [17] Omron Corporation, “*NX-series Digital Input Unit*”, 2014.
- [18] PLCdesign.xyz, “*What’s a safety PLC?*”, <http://plcdesign.xyz/en/whats-safety-plc/>, 2016.

- [19] Zhengzhou DeTe Automation Co. Ltd., *“Basic Design Differences Between A Safety PLC and A Standard PLC”*, 2014.
- [20] OMRON User’s Manual, *“NX-series Safety Control Unit User’s Manual”*, 2013
- [21] OMRON *Industrial Automation, “Products”*  
<https://industrial.omron.us/en/products/nx-s>
- [22] MSYSTEM, *“Remote I/O Series.”*
- [23] OMRON, *“NX-ECC – NX-series EtherCAT Coupler Unit”*.
- [24] OMRON User’s Manual, *“NX-series Safety Control Unit Instructions Reference Manual”*, 2013.

A-1 Tabel 4.1 Kondisi 1 : Mesin tidak beroperasi

Tabel 4. 1 Kondisi 1 : Mesin tidak beroperasi

Aksi pada <i>Safety Door Contact</i>				Status <i>Guardlocking (GLS)</i>				Aksi pada tombol <i>Run</i>	Kondisi Akhir Mesin	Root cause (akar permasalahan)	Trouble shooting
D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4				
<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Off</i>	1. Mesin tidak dapat beroperasi	-	-
<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>On</i>	2. Mesin tidak dapat beroperasi 3. Tombol Alarm dan ACK menyala 4. HMI menampilkan <i>error</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Safety Door Solenoid at Case Packer is Break</i></li> <li>• <i>D1 Safety Door at Placing Section is Open</i></li> <li>• <i>D2 Safety Door at Placing Section is Open</i></li> <li>• <i>D3 Safety Door at Vane Section is Open</i></li> <li>• <i>D4 Safety Door at Vane Section is Open</i></li> </ul>	1.Semua <i>safety door contact</i> belum ditutup dengan benar dan GLS belum menyentuh titik penguncian. 2.Kesalahan <i>wiring</i> pada pin GLS dan <i>safety relay-safety door contact</i> .	1.Tutup semua <i>safety door contact</i> dengan benar dan pastikan GLS telah berada dalam titik penguncian. 2.Cek <i>wiring</i> semua <i>safety door contact</i> dan <i>safety relay safety door contact</i> .
<i>Closed</i>	<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>On</i>	1. Mesin tidak dapat beroperasi 2. Tombol Alarm dan ACK menyala 3. HMI menampilkan <i>error</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>D1 Safety Door at Placing Section is Open</i></li> <li>• <i>D2 Safety Door at Placing Section is Open</i></li> <li>• <i>D3 Safety Door at Vane Section is Open</i></li> <li>• <i>D4 Safety Door at Vane Section is Open</i></li> </ul>	1.Semua <i>safety door contact</i> belum ditutup dengan benar dan GLS belum menyentuh titik penguncian. 2.Kesalahan <i>wiring</i> pada pin GLS.	1.Tutup semua <i>safety door contact</i> dengan benar dan pastikan GLS telah berada dalam titik penguncian. 2.Cek <i>wiring</i> semua <i>safety door contact</i> .
<i>Closed</i>	<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Open</i>	<i>Locked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>Unlocked</i>	<i>On</i>	1. Mesin tidak dapat beroperasi 2. Tombol Alarm , ACK menyala 3. HMI menampilkan <i>error</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>D2 Safety Door at Placing Section is Open</i></li> <li>• <i>D3 Safety Door at Vane Section is Open</i></li> <li>• <i>D4 Safety Door at Vane Section is Open</i></li> </ul>	1. <i>Safety door contact</i> D2, D3 dan D4 belum ditutup GLS belum menyentuh titik penguncian. 2.Kesalahan <i>wiring</i> pada pin GLS D2, D3 dan D4.	1.Tutup <i>safety door contact</i> D2, D3 dan D4 dengan benar dan pastikan GLS telah berada dalam titik penguncian. 2.Cek <i>wiring safety door</i> D2, D3, D4.

LAMPIRAN

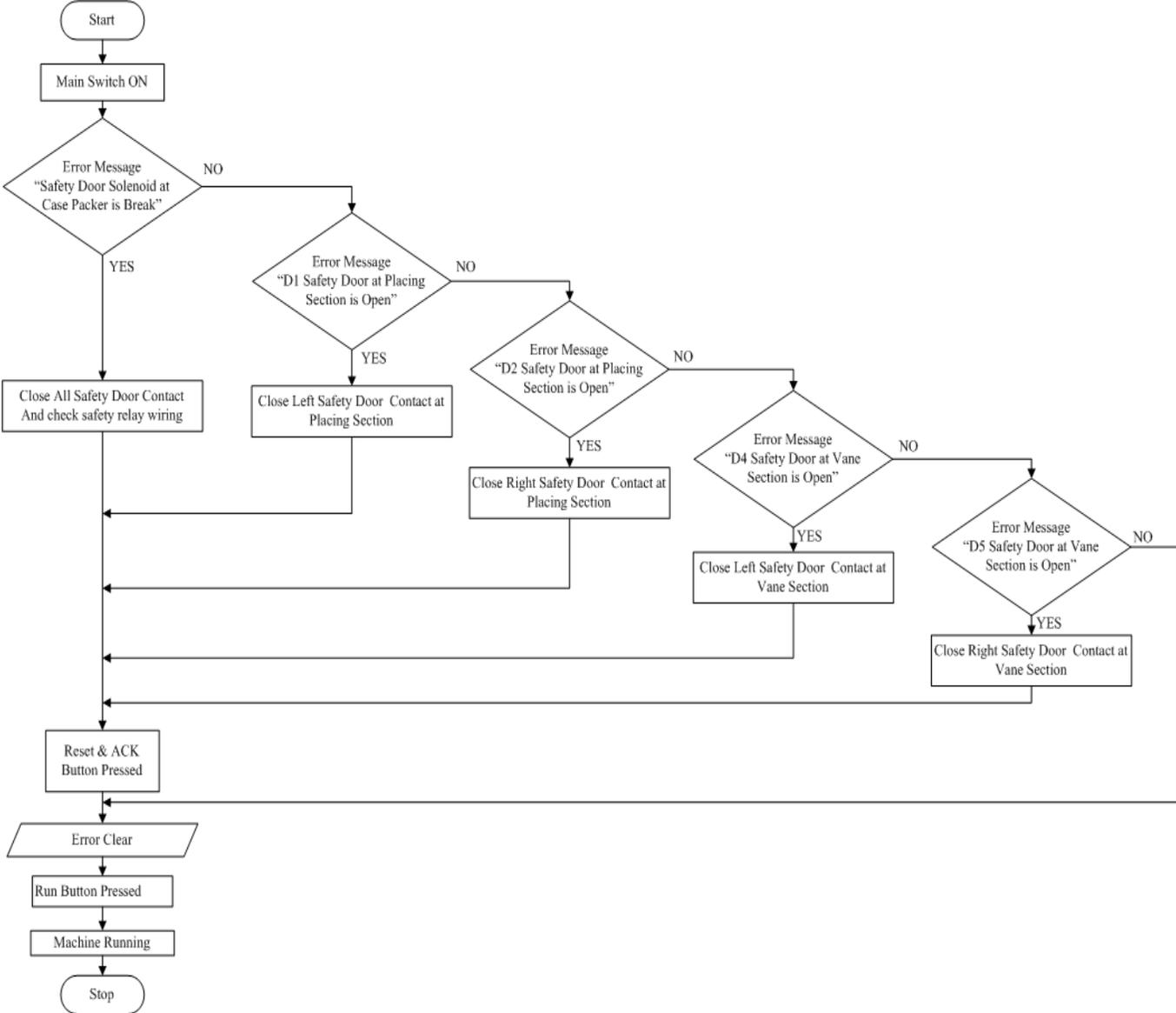
Aksi pada Safety Door Contact				Status Guardlocking (GLS)				Aksi pada tombol Run	Kondisi Akhir Mesin	Root cause (akar permasalahan)	Trouble shooting
D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4				
Closed	Closed	Open	Open	Locked	Locked	Unlocked	Unlocked	On	1. Mesin tidak dapat beroperasi 2. Tombol Alarm dan ACK menyala 3. HMI menampilkan error : <ul style="list-style-type: none"> <li>• D3 Safety Door at Vane Section is Open</li> <li>• D4 Safety Door at Vane Section is Open</li> </ul>	1. Safety door contact D3 dan D4 belum ditutup dengan benar dan guardlocking switches belum menyentuh titik penguncian. 2. Kesalahan wiring pada pin guardlocking switches D3 dan D4.	1. Tutup safety door contact D3 dan D4 dengan benar dan pastikan guardlocking switches telah berada dalam titik penguncian. 2. Cek wiring safety door contact D3 dan D4.
Closed	Closed	Closed	Open	Locked	Locked	Locked	Unlocked	On	1. Mesin tidak dapat beroperasi 2. Tombol Alarm dan ACK menyala 3. HMI menampilkan error : <ul style="list-style-type: none"> <li>• D4 Safety Door at Vane Section is Open</li> </ul>	1. Safety door contact D4 belum ditutup dengan benar dan guardlocking switches belum menyentuh titik penguncian. 2. Kesalahan wiring pada pin guardlocking switches D4.	1. Tutup safety door contact D4 dengan benar dan pastikan guardlocking switches telah berada dalam titik penguncian. 2. Cek wiring safety door contact D4.
Closed	Closed	Closed	Closed	Locked	Locked	Locked	Locked	On	1. Mesin dapat beroperasi		-

**A-2 Tabel 4.2 Kondisi 2 : Mesin beroperasi**

**Tabel 4. 2 Kondisi 2 : Mesin beroperasi**

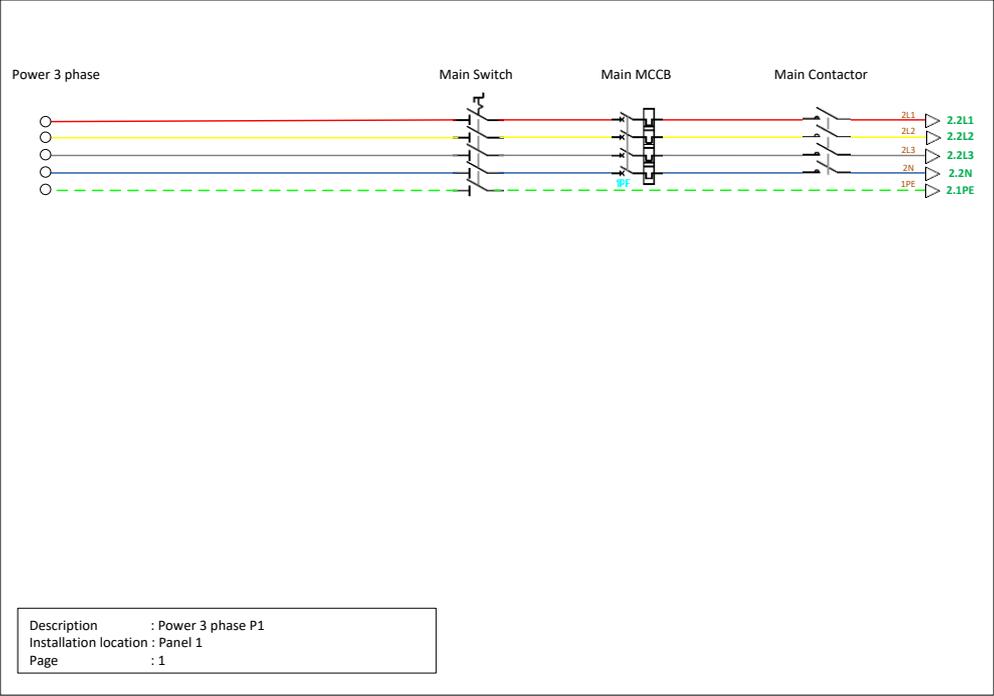
<b>Kondisi awal semua Safety Door Contact</b>	<b>Kondisi awal semua Guardlocking</b>	<b>Aksi pada Safety Door Contact dan tombol Stop/Emergency Stop</b>	<b>Kondisi Akhir Mesin</b>	<b>Trouble shooting</b>
<i>Closed</i>	<i>Locked</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Safety door contact</i> dibiarkan tertutup</li> <li>2. Tombol <i>stop/emergency stop</i> tidak ditekan</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesin beroperasi</li> <li>• <i>Guardlocking</i> masih mengunci (<i>locked</i>)</li> <li>• <i>Safety Door Contact</i> tidak dapat dibuka</li> </ul>	-
<i>Closed</i>	<i>Locked</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buka salah satu <i>safety door contact</i></li> <li>2. Tombol <i>stop/emergency stop</i> tidak ditekan</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesin beroperasi</li> <li>• <i>Guardlocking</i> masih mengunci (<i>locked</i>)</li> <li>• <i>Safety Door Contact</i> tidak dapat dibuka</li> </ul>	Tekan Tombol <i>stop/emergency stop</i> agar <i>safety door contact</i> dapat dibuka.
<i>Closed</i>	<i>Locked</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Safety door contact</i> dibiarkan tertutup</li> <li>2. Tombol <i>stop/emergency stop</i> ditekan</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesin berhenti beroperasi</li> <li>• <i>Guardlocking</i> tidak mengunci (<i>unlocked</i>)</li> <li>• <i>Safety Door Contact</i> dapat dibuka</li> </ul>	-

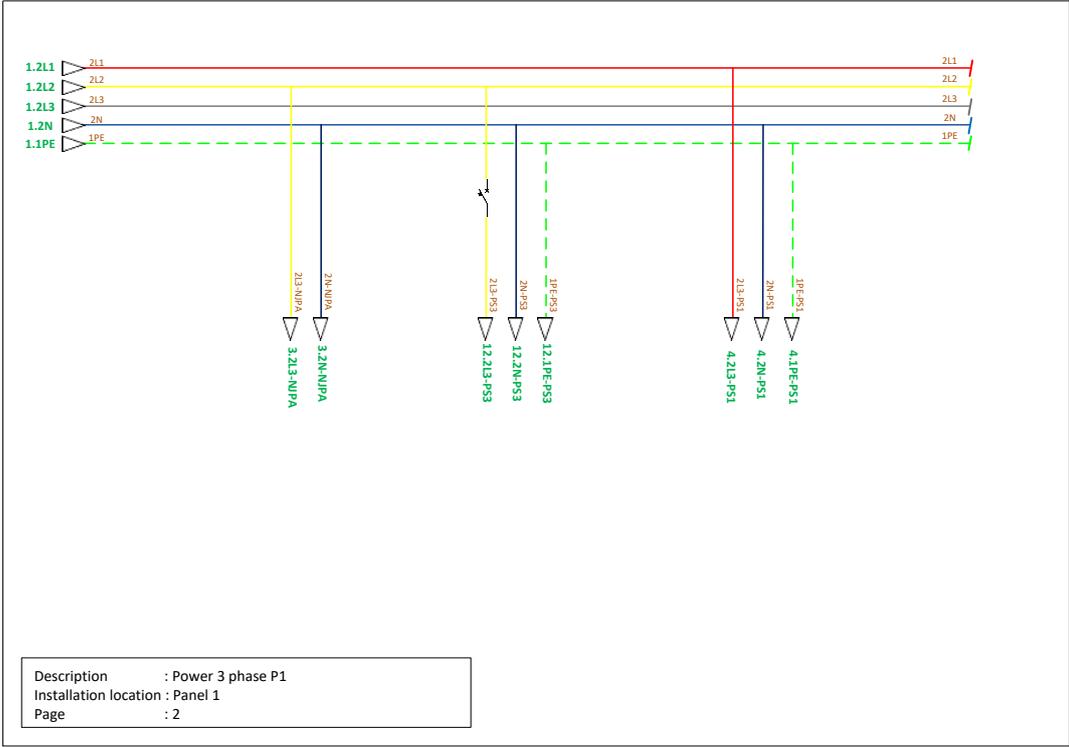
**B-1 Flowchart program safety door bagian standard control**

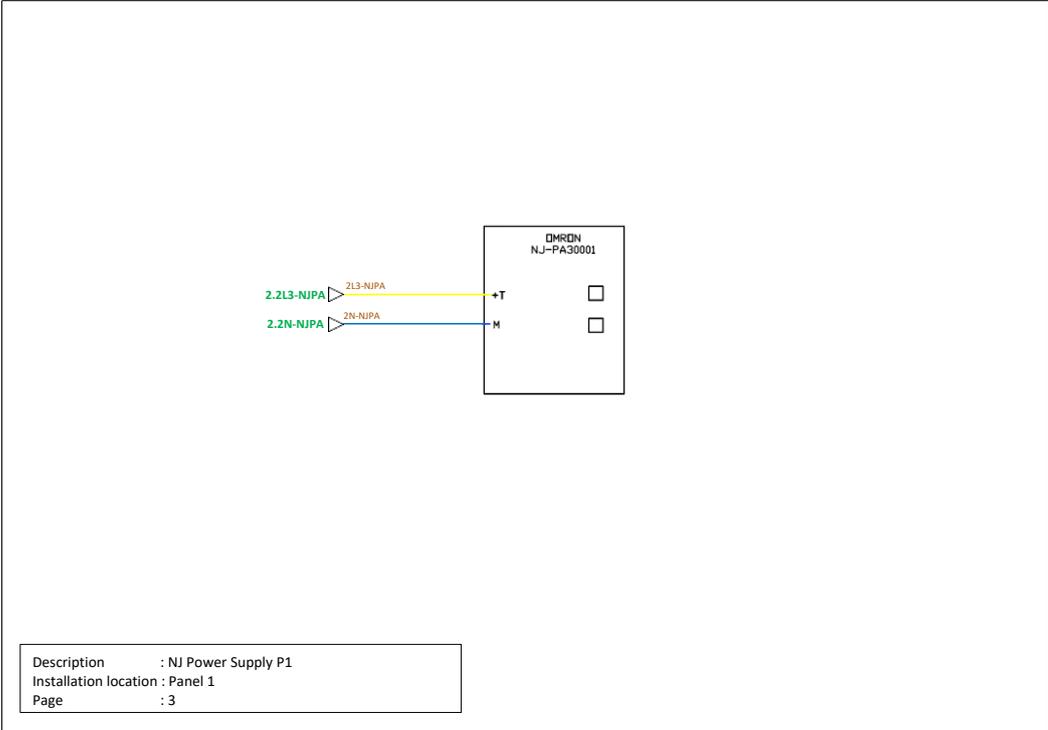


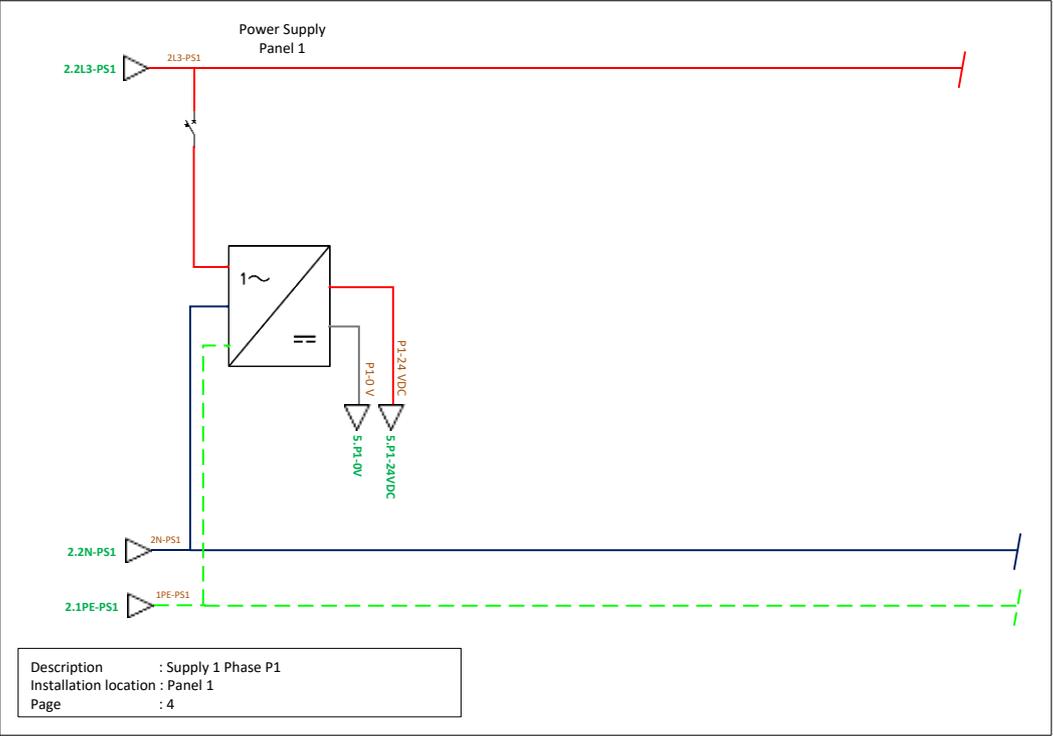
**Gambar 3. 11 Flowchart safety door contact bagian standard control**

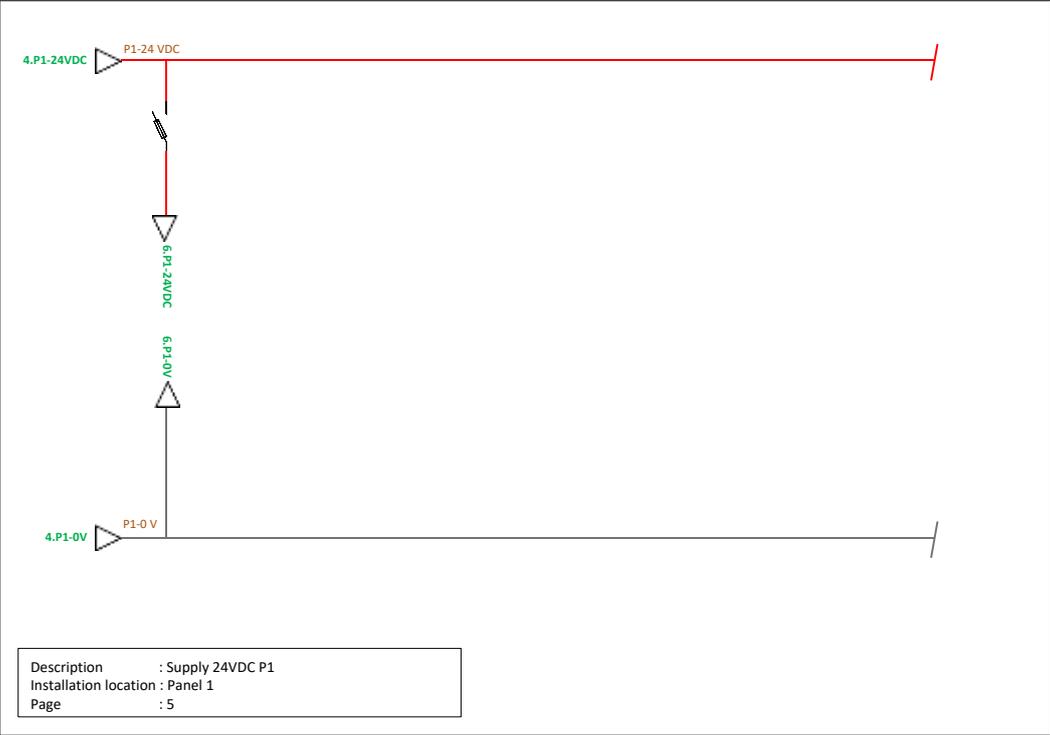
**B-2 Wiring diagram Power 3 Phase**

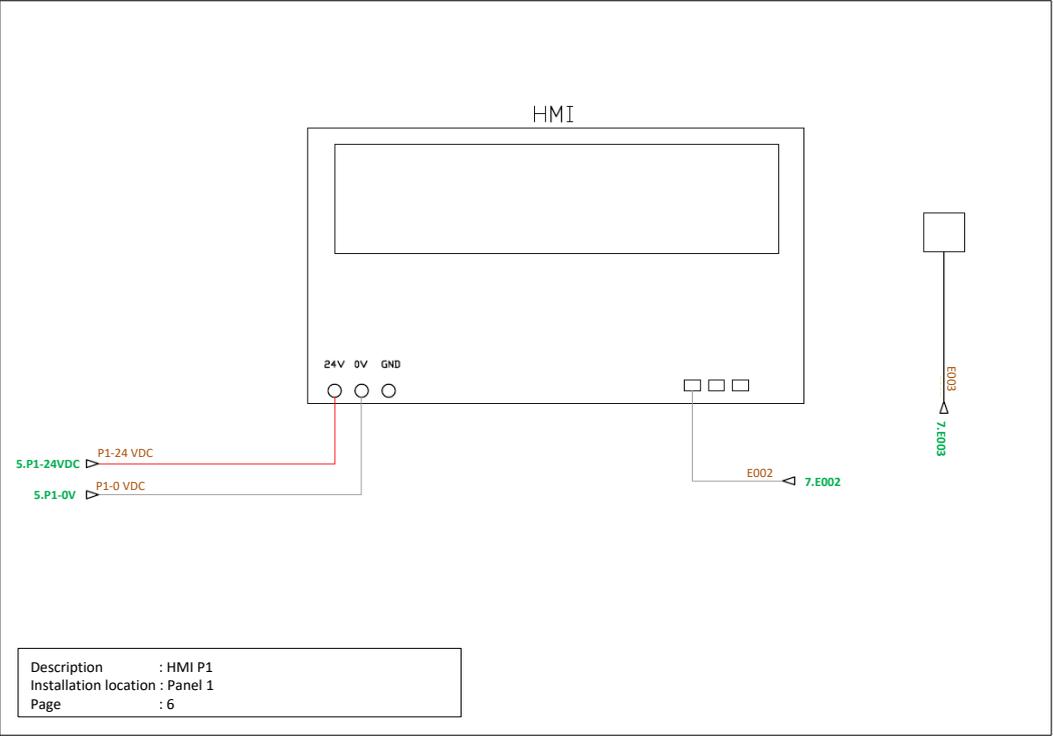


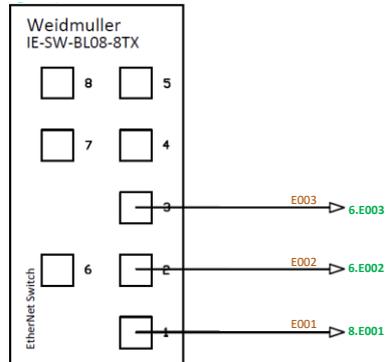




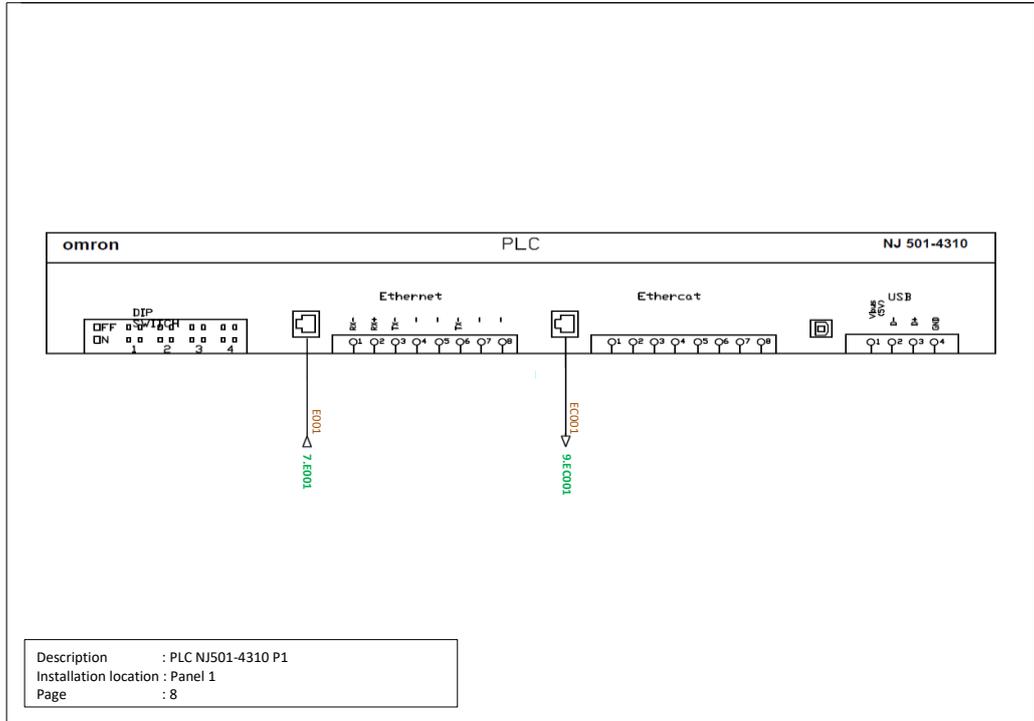


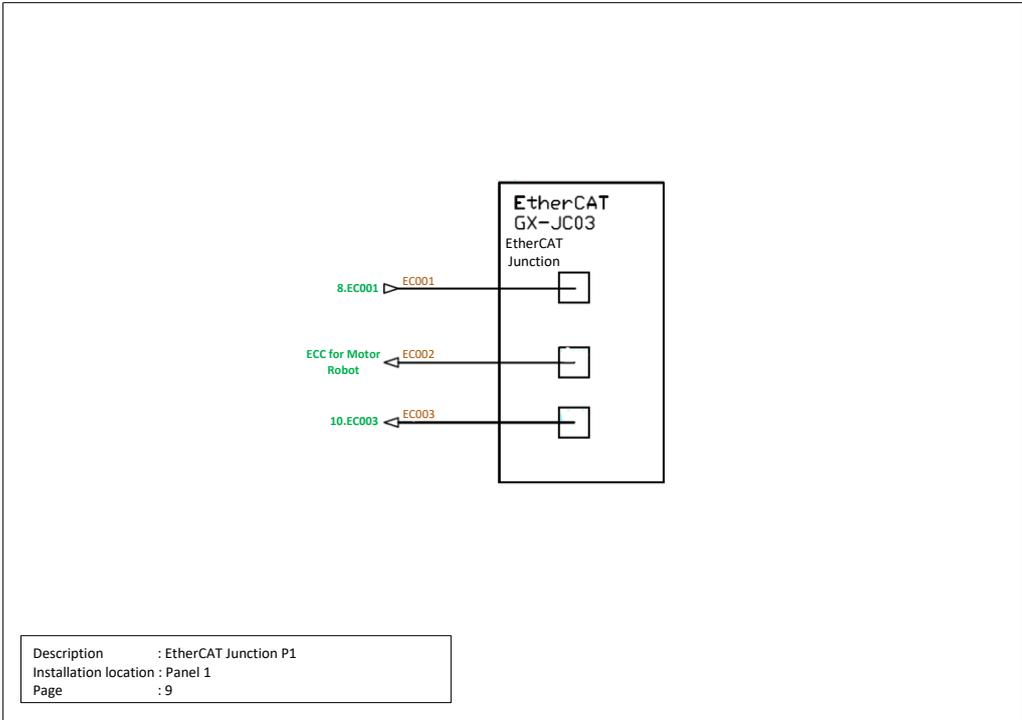


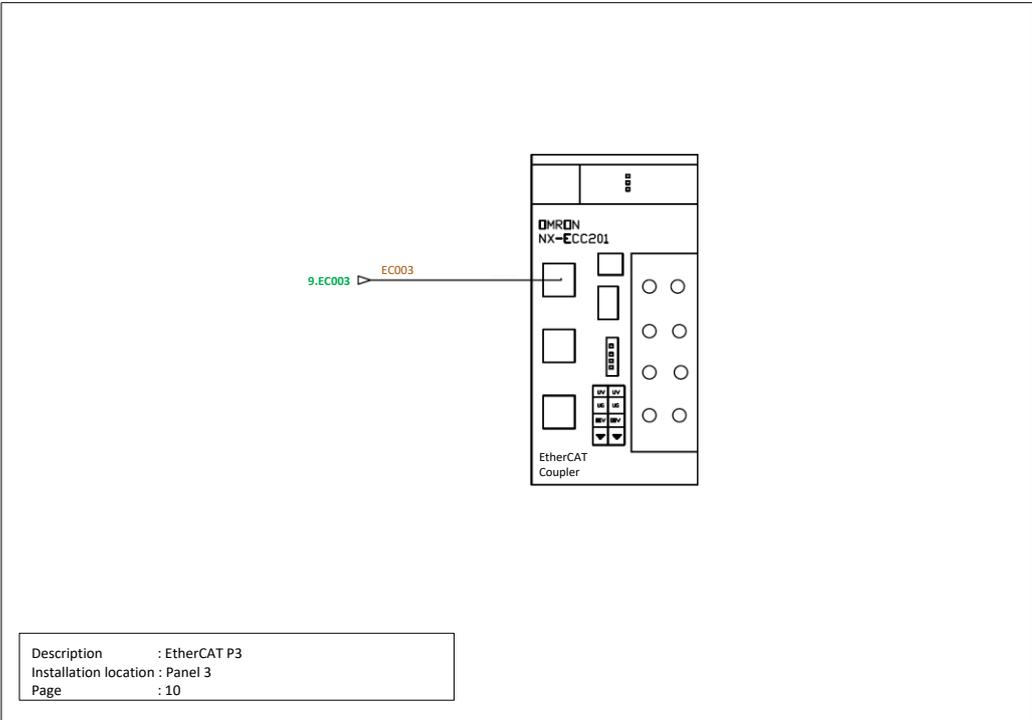




Description : EtherNet Switch P1  
Installation location : Panel 1  
Page : 7







Description : EtherCAT P3  
Installation location : Panel 3  
Page : 10

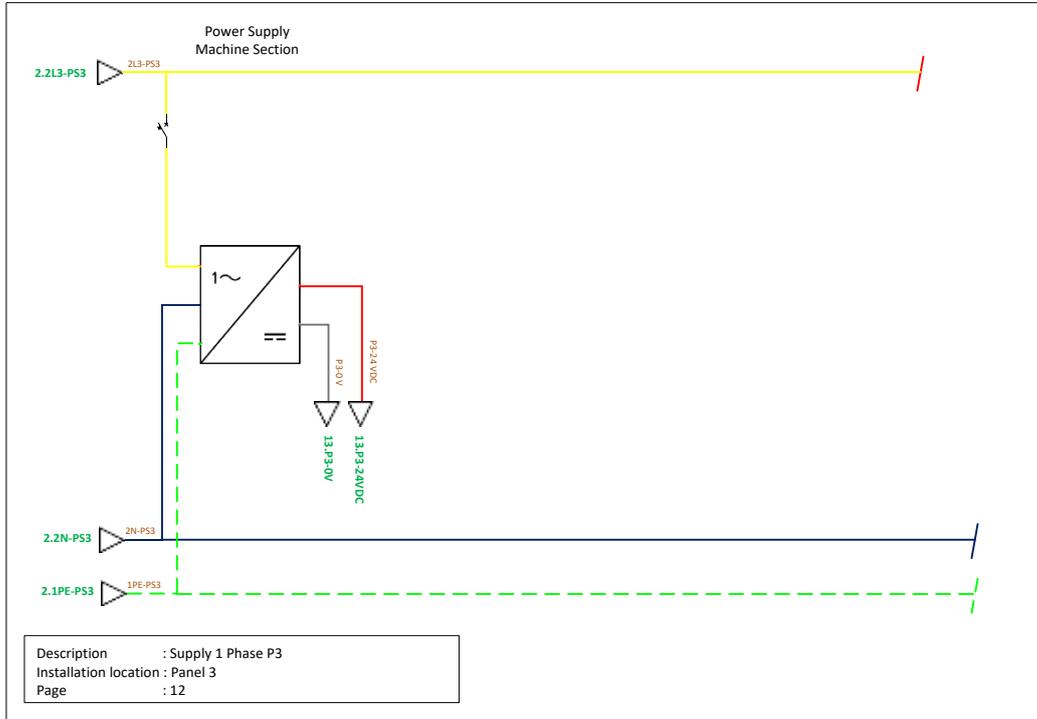
NX-SL3300

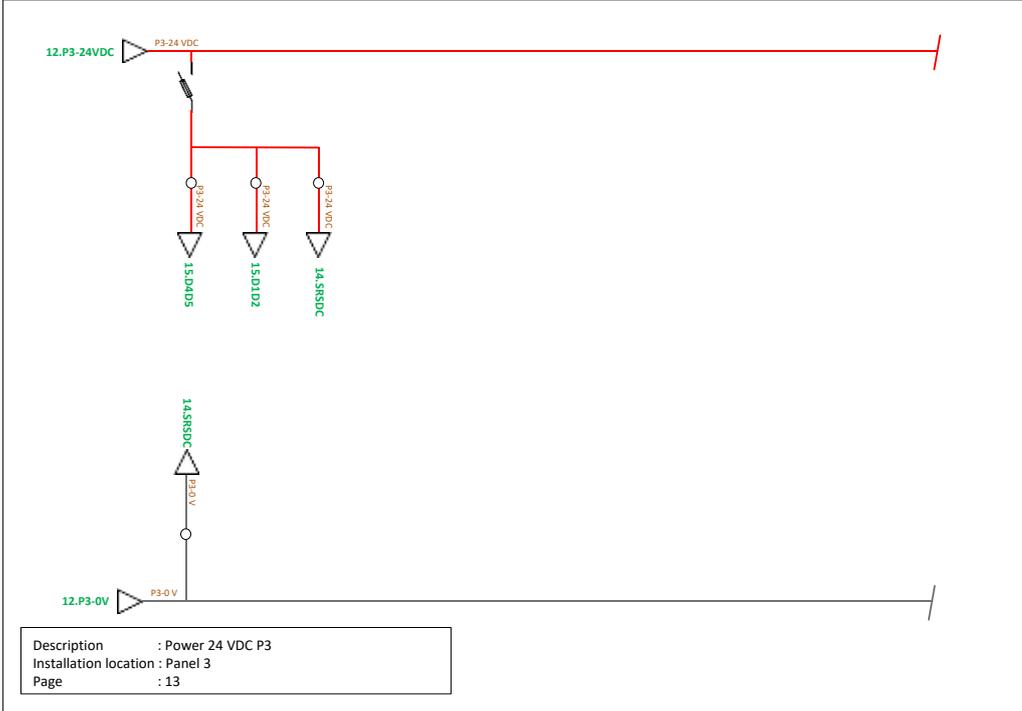
FS   TS

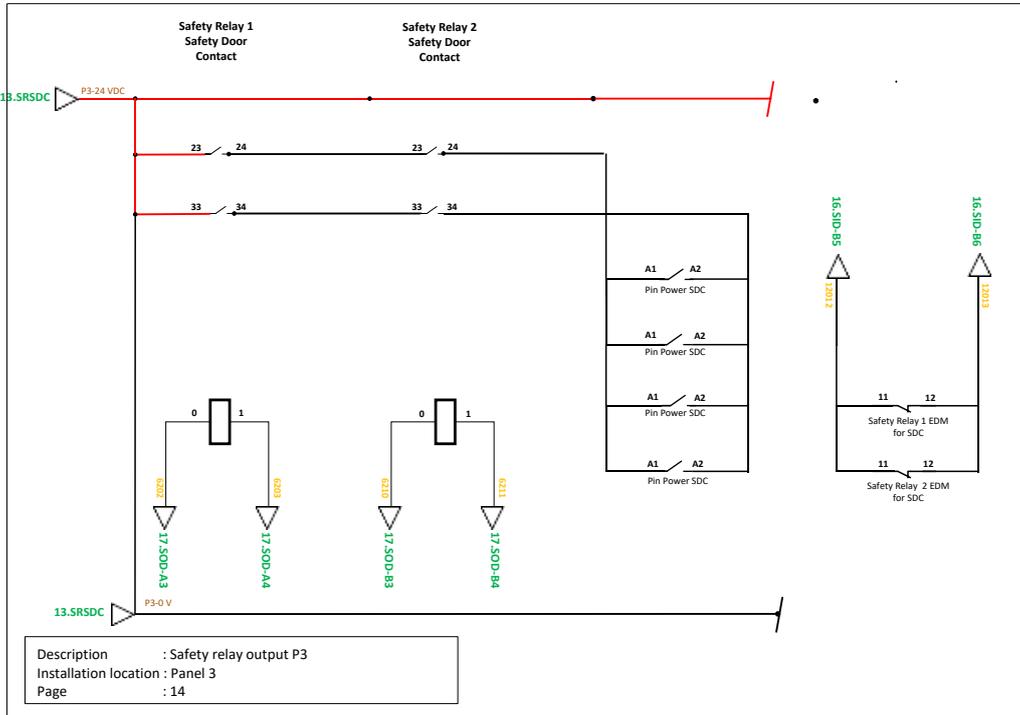
VALID   RUN

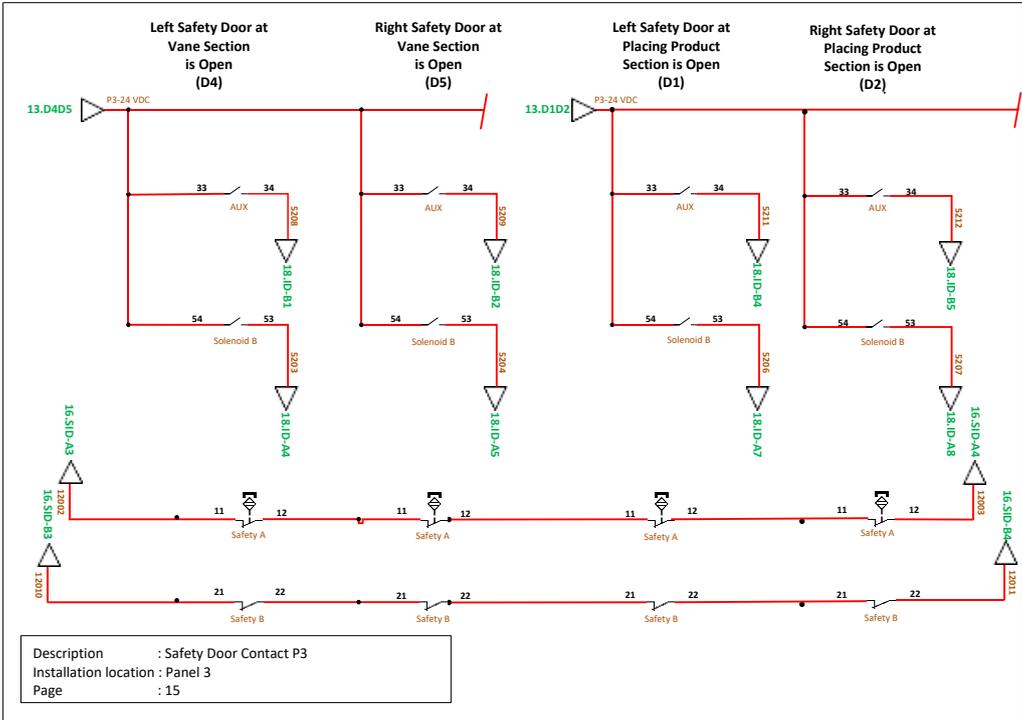
DEBUG

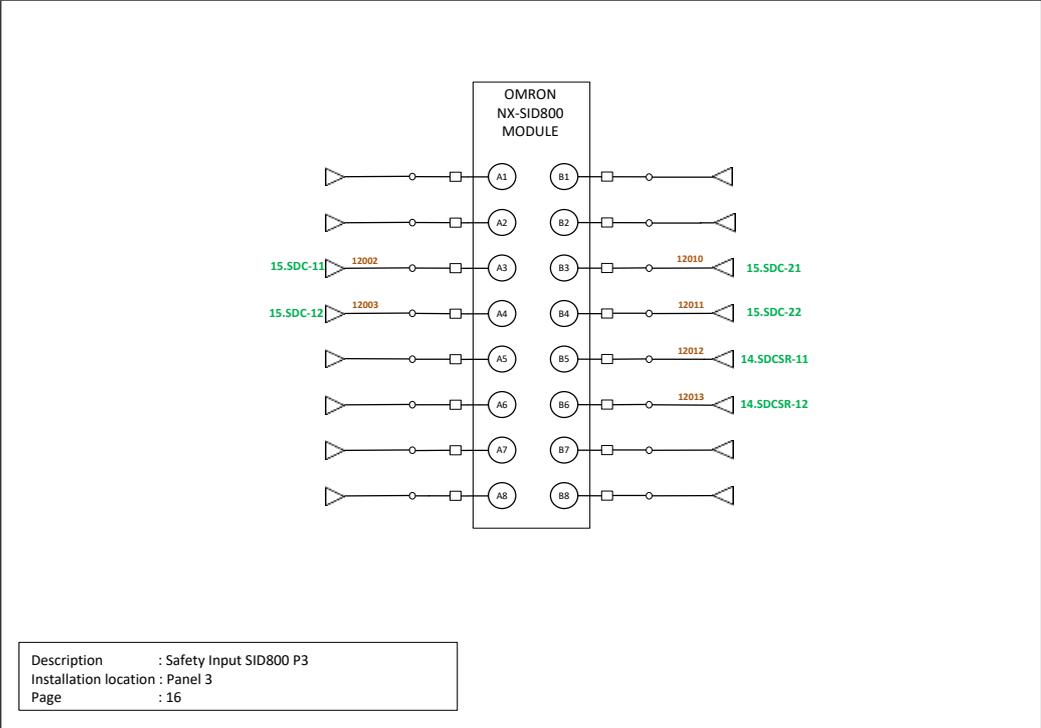
Description : Safety CPU P3  
Installation location : Panel 3  
Page : 11

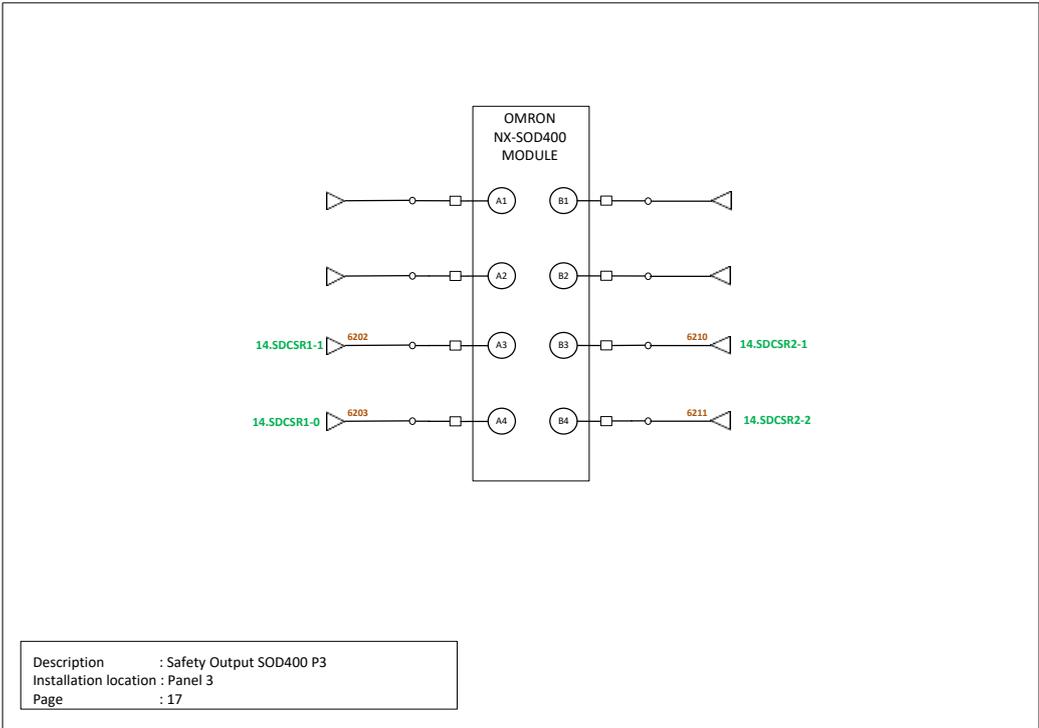


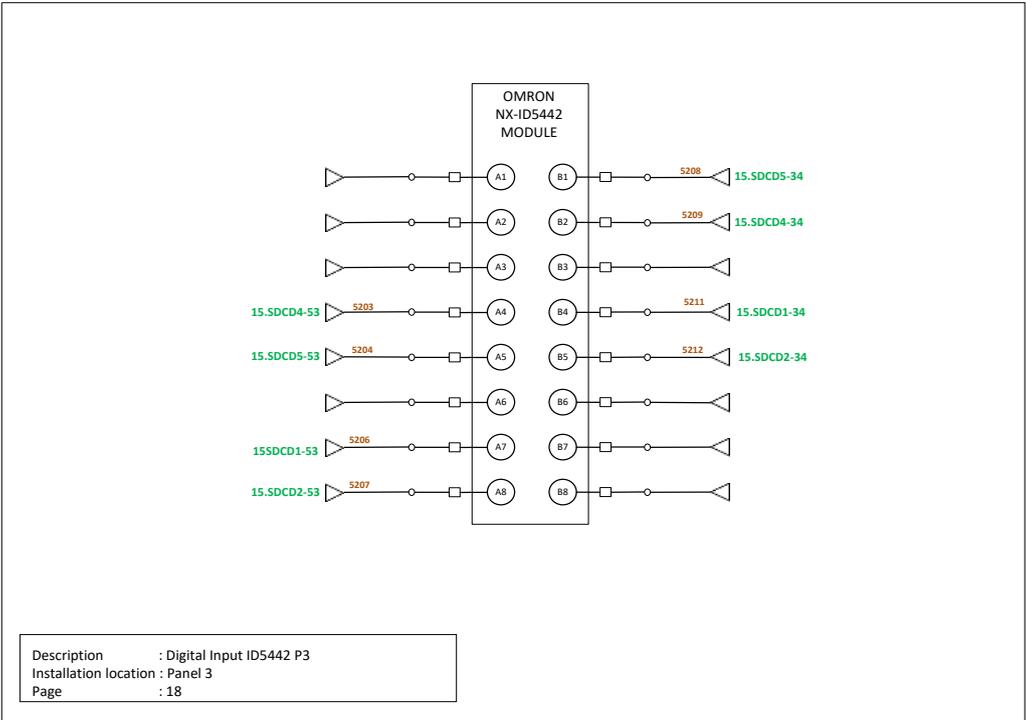












### C-1 Spesifikasi *Guardlocking Switches* TLS2-GD2

Parameter	Nilai
<i>Power supply</i>	24V AC/DC
Tipe penguncian	<i>Power-to-lock</i>
Tipe aktuator	GD2 <i>Standard Actuator</i>
Temperatur Operasional	-20 °C hingga 60 °C
Dimensi aktuator	3x50 mm
Berat	400 gram
Bahan Dasar Aktuator	<i>Stainless steel</i>
Bahan Dasar <i>Housing</i>	UL <i>approved glass-filled PBT</i>
Warna	Merah
Kecepatan aktuasi	6,25 ms
Klasifikasi <i>safety</i>	Cat. 3 atau 4
Jumlah kontak <i>safety</i>	2 <i>normally close</i>
Jumlah kontak <i>auxiliary</i>	2 <i>normally open</i>

### C-2 Spesifikasi *Safety Relay* G7SA-5A1B

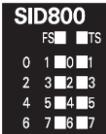
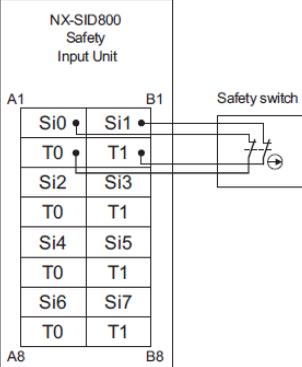
Parameter	Nilai
Rentang tegangan	24 VDC
Waktu respon	10 ms max
Waktu <i>release</i>	20 ms max
Beban minimal	5 VDC, 1 mA
Temperatur Operasional	-40 °C hingga 85 °C
Berat	22 gram

### C-3 Spesifikasi *Safety CPU Unit* NX-SL3300

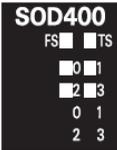
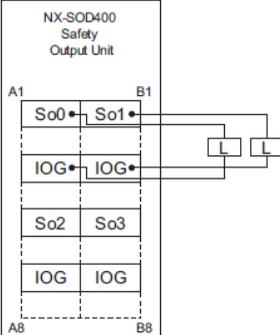
Parameter	Nilai
Jumlah maksimum point <i>safety</i> I/O	256 poin
Kapasitas program	512 KB
Jumlah koneksi <i>safety master</i>	32
Metode <i>refreshing</i> I/O	<i>Free-Run refreshing</i>
Indikator	Indikator FS, indikator VALID, indikator DEBUG, dan indikator RUN 
Dimensi	30 × 100 × 71 mm
Berat	75 g max

Parameter	Nilai
NX Unit power consumption	0,90 W max
I/O power supply method	Not supplied

#### C-4 Spesifikasi Safety Input Unit NX-SID800

Parameter	Nilai
Jumlah terminal <i>safety input</i>	8 poin
Jumlah terminal <i>test output</i>	8 poin
Tipe koneksi dengan komponen <i>safety input</i> .	PNP ( <i>sinking inputs</i> )
Rentang tegangan <i>input</i>	24 VDC (20.4 hingga 28.8 VDC)
Jumlah koneksi <i>safety slave</i>	1
Metode <i>refreshing I/O</i>	<i>Free-Run refreshing</i>
Indikator	 <p>Indikator TS, indikator FS, indikator <i>input</i> (kuning), dan indikator <i>input error</i> (merah)</p>
Rentang arus <i>safety input</i>	3.0 mA
Dimensi	12 × 100 × 71 mm (W × H × D)
Berat	70 g max.
Power supply I/O	<i>Power supply</i> dari NX bus
NX Unit power consumption	0.75 W max
Diagram koneksi terminal	 <p>Si0 to Si7: Terminal <i>safety input</i> T0 and T1: Terminal <i>test output</i></p>

### C-5 Spesifikasi Safety Output Unit NX-SOD400

Parameter	Nilai
Jumlah terminal <i>safety output</i>	4 poin
Tipe koneksi dengan komponen <i>safety output</i> .	PNP ( <i>sourcing outputs</i> )
Rentang tegangan <i>output</i>	24 VDC (20.4 hingga 28.8 VDC)
Jumlah koneksi <i>safety slave</i>	1
Metode <i>refreshing I/O</i>	Free-Run <i>refreshing</i>
Indikator	 <p>Indikator TS, indikator FS, indikator <i>output</i> (kuning), and indikator <i>output error</i> (merah)</p>
Dimensi	12 × 100 × 71 mm
Berat	65 g max.
<i>Power supply I/O</i>	<i>Power supply</i> dari NX bus
NX Unit <i>power consumption</i>	0.75 W max
Diagram koneksi terminal	 <p>So0 to So3: Terminal <i>safety output</i> IOG : I/O <i>power supply</i> 0 V</p>

### C-6 Spesifikasi CPU NJ501-4310

Parameter	Nilai
<i>Power supply</i>	24 VDC
Kapasitas program	20 MB
Kapasitas I/O	2.560 poin
Jumlah maksimum rak ekspansi	3

Parameter	Nilai
<i>Instruction execution times</i>	LD <i>Instruction</i> : 1,2 ns (1,9 ns atau kurang)
	<i>Math Instruction</i> : 26 ns atau lebih
Komunikasi	Peripheral USB Port, Built-in EtherNet/IP port, Built-in EtherCAT port.

### C-7 Spesifikasi NX-ID5442

Parameter	Nilai
Jumlah terminal <i>input</i>	16 poin
Tipe koneksi dengan komponen <i>input</i> .	PNP
Rentang tegangan <i>input</i>	24 VDC (15 hingga 28,8 VDC)
Jumlah koneksi <i>safety slave</i>	1
Metode <i>refreshing</i> I/O	<i>Selectable Synchronous I/O refreshing or Free-Run refreshing</i>
Indikator	 <p>ID5442        ■ TS        ■0 ■1 ■2 ■3        ■4 ■5 ■6 ■7        ■8 ■9 ■10 ■11        ■12 ■13 ■14 ■15</p> Indikator TS, indikator <i>input</i>
Dimensi	12 × 100 × 71 mm
Berat	65 g maks
<i>Power supply</i> I/O	<i>Power supply</i> dari NX bus
NX Unit <i>power consumption</i>	0.75 W maks

### C-8 Spesifikasi NX-ECC EtherCAT Coupler

Parameter	Nilai
Konsumsi arus	1,45 W atau kurang
Arus maksimum I/O <i>power supply</i>	4 A
Jumlah maksimum I/O per <i>coupler unit</i>	Masing-masing 1024 poin
<i>Communication cycle</i>	250 hingga 4.000 us
Jumlah maksimum NX-I/O	63 unit

## RIWAYAT HIDUP



**Rafika Amelia Devi** lahir di Pasuruan pada tanggal 4 Desember 1996. Penulis adalah anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Kalirejo I Bangil pada tahun 2003-2009, kemudian SMPN 1 Bangil tahun 2009-2012, dan lulus dari SMA Negeri 1 Bangil pada tahun 2015. Pada tahun 2015 juga, penulis diterima sebagai mahasiswa di jurusan D3 Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Semasa kuliah, penulis aktif sebagai staf Lembaga Dakwah Jurusan Salman Al-Farisi. Sejak 2016, penulis juga aktif sebagai anggota ACSL (*Automation and Computer System Laboratory*) ITS.

*Email* : rafikameliadevi@gmail.com

*Halaman ini sengaja dikosongkan*