



TUGAS AKHIR - TF145565

**RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PENGENDALIAN
LAMPU LALU LINTAS OTOMATIS PADA
PEREMPATAN JALAN BERBASIS PLC CUBLOC
MSB624RA**

**NURFADILAH
NRP 2413.031.002**

**Dosen Pembimbing
Ir. Yerri Susatio, MT
NIP: 19541017 198003 1 005**

**Program Studi D3 Metrologi Dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**



TUGAS AKHIR - TF145565

**RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PENGENDALIAN
LAMPU LALU LINTAS OTOMATIS PADA
PEREMPATAN JALAN BERBASIS PLC CUBLOC
MSB624RA**

**NURFADILAH
NRP 2412.031.002**

**Dosen Pembimbing
Ir. Yerri Susatio, MT
NIP: 19541017 198003 1 005**

**Program Studi D3 Metrologi Dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**



FINAL PROJECT - TF145565

**AUTOMATIC TRAFFIC LIGHT CONTROL PROTOTYPE
DESIGN AT LANE INTERSECTION BASED ON CUBLOC
MSB624RA PLC**

**NURFADILAH
NRP 2412.031.002**

**Advisor Lecturer
Ir. Yerri Susatio, MT
NIP: 19541017 198003 1 005**

**Diploma of Instrumentasi and Metrology
Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh November Institute of Technology
Surabaya
2016**

**RANCANG BANGUN PROTOTYPE PENGENDALIAN LAMPULALU
LINTAS OTOMATIS PADA PEREMPATAN JALAN BERBASIS PLC
CUBLOC MSB624RA**

TUGAS AKHIR

Oleh :

NURFADILAH
NRP. 2413 031 002

Surabaya, 27 Juli 2016
Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Yerri Susatio M.T
NIP. 19541017 198003 1 005



**Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi**



Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN PROTOTYPE PENGENDALIAN LAMPULALU
LINTAS OTOMATIS PADA PEREMPATAN JALAN BERBASIS PLC
CUBLOC MSB624RA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
NURFADILAH
NRP. 2413 031 002**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Yerri Susatio, MT  (Pembimbing)
2. Ir. Tutug Dhanardono, MT  (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Ya'umar, MT  (Penguji I)
4. Ir. Harsono Hadi, M.Sc, P.hD  (Penguji II)
5. Arief Abdurrakhman, ST, MT  (Penguji III)
6. Herry Sufyan Hadi, ST, MT  (Penguji IV)

**SURABAYA
JULI, 2016**

RANCANG BANGUN PROTOTYPE PENGENDALIAN LAMPU LALU LINTAS OTOMATIS PADA PEREMPTAN JALAN BERBASIS PLC CUBLOC MSB624RA

Nama Mahasiswa : Nurfadilah
NRP : 2413 031 002
Jurusan : D-III Metrologi dan Instrumentasi,
Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yerri Susatio, MT

Abstrak

Sistem pengaturan nyala lampu lalu lintas yang ada kebanyakan menggunakan sistem pengaturan yang tetap untuk semua jalur jalan. Hal inilah yang dirasa kurang efektif dan berpotensi dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas, karena kondisi kepadatan disetiap jalur yang berbeda. Untuk itu dirancang suatu sistem pengendalian lampu lalu lintas dengan menggunakan sensor infrared E18-D80NK sebagai detektor kondisi kepadatan pada suatu ruas jalan sehingga pengendalian lampu dilakukan menggunakan sistem sinyal interupsi yaitu nyala lampu diatur berdasarkan kondisi kepadatan suatu ruas jalan. Perancangan ini menggunakan PLC sebagai pengendali yaitu Cubloc MSB624RA. Adapun rancang bangun pengendalian lampu lalu lintas ini diaplikasikan sebagai Tugas Akhir dalam bentuk modul praktikum PLC untuk sarana penunjang dan pengembang praktikum mahasiswa. Sistem yang dibuat memiliki 4 buah masukan berupa pushbutton on, pushbutton stop, dan 2 buah sensor serta mengendalikan 6 buah keluaran berupa lampu. Telah dilakukan pengujian karakteristik statik sensor sensor infrared E18-D80NK "1" (detektor kondisi macet) yaitu mempunyai range sebesar 0.12V-4.78V, span sebesar 4.66 V, resolusi sebesar 0.01, dan sensitivitas sebesar 96%. Perhitungan karakteristik statik untuk sensor infrared E18-D80NK "2" (detektor kondisi macet parah) yaitu mempunyai range sebesar 0.16V-4.56V, span sebesar 4.40 V, resolusi sebesar 0.01, dan sensitivitas sebesar 91%. Hasil pengujian respon pengendalian *timer* dilakukan dengan membandingkan perhitungan waktu yang terdapat dalam cubloc plc dengan stopwatch manual dan didapatkan data respon yang baik karena error perhitungan yang didapatkan kecil yaitu kurang dari 2%.

Kata Kunci : Pengendalian lampu lalu lintas, sinyal interupsi, Sensor Infrared E18-D80NK, PLC

**AUTOMATIC TRAFFIC LIGHT CONTROL PROTOTYPE
DESIGN AT LANE INTERSECTION BASED ON CUBLOC
MSB624RA PLC**

Name : *Nurfadilah*
NRP : *2413 031 002*
Department : *Metrology and Instrumentation Study
Program, Engineering Physic FTI-ITS*
Advisor Lecturer : *Ir. Yerri Susatio, MT*

Abstract

Many nowadays traffic light control system are using static configuration for all lane. This thing is considered as not effective and have a potential to causing traffic jam, because of traffic density at every lane are different. For this purposes, specific traffic light control system are designed using infrared sensor E18-D80NK as traffic density sensor at every lane so light controlling is done by using interruption signal as light switching configuration is based on traffic density at particular lane. The design is using PLC as Control device. The type of PLC that used on this final project is Cubloc MSB624RA Embedded Computer "On Chip" This type of design is applied for Final Project in form of PLC practicum module for supporting facilities and student practicum development. The system itself has 4 input such as "on" push button, "stop" pushbutton, and 2 sensor that controlling 6 output in form of traffic light. There were experiment to test the timer control respond by comparing time calculation in the cubloc PLC with manual stopwatch and obtained good respond data because of the calculation error is less than 2%. The static characteristic experiment has been done for Infrared E18-D80NK sensor "1" (traffic jam detection sensor) the range is 0,12V-4,78V, span as big as 4,66V, resolution at 0,01 and sensitivity rated at 96%. Infrared E18-D80NK Sensor static characteristic calculation "2" (Severe traffic jam detection) is having range at 0,16V-4,56V, span at 4,40V, resolution at 0,02 and sensitivity rated at 91% . The timer cobtrol test result is done by comparing the time calculation in cubloc plc with manual stopwatch and the acquired data is indicating that the respond is good because the calculation error is less than 2%.

Keywords: *Traffic Light control, interruption signal, Infrared Sensor E18-D80NK, PLC*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	5
2.1.1 Pengertian PLC.....	5
2.1.2 Komponen PLC.....	6
2.1.3 <i>CUBLOC Hybrid PLC</i>	10
2.2 Rangkaian Driver Lampu.....	13
2.2.1 LED/Lampu.....	13
2.2.2 Relay.....	14
2.2.3 Optocoupler 4n35.....	15
2.3 Sensor Infrared E18-D80NK.....	16
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 <i>Flowchart</i> Perancangan Tugas Akhir.....	19
3.2 Gambaran Umum Tugas Akhir.....	20
3.3 Sistem yang Dirancang.....	21
3.4 Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i>	24
3.4.1 Rangkaian Masukan <i>Push Button</i>	24

3.4.2	Rangkaian Masukan Sensor Infrared	24
3.4.3	Driver Keluaran Relay Lampu	26
3.5	<i>Wiring</i> PLC	28
3.5.1	<i>Wiring</i> Masukan <i>Push Button</i>	28
3.5.2	<i>Wiring</i> Masukan Driver Sensor Infrared.....	28
3.5.3	<i>Wiring</i> Keluaran Lampu	30
3.6	Pembuatan Program.....	29
3.6.1	<i>Finite State Machine</i> Program (Timer sebagai Input).....	31
3.6.2	<i>Finite State Machine</i> Program (Timer Sebagai Output)	32
3.7	Desain <i>Traffic Light Simulation Plant</i>	33

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1	Desain <i>Prototype</i> untuk Peletakan Sensor	35
4.2	Uji Komponen Sistem.....	38
4.2.1	Pengujian <i>Timer</i> pada Cubloc.....	38
4.2.2	Pengujian Sensor E18-D80NK	70
4.2.3	Karakteristik Statik Sensor E18-D80NK.....	72
4.3	Pembahasan	73

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	77
5.2	Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	5
Gambar 2.2	Komponen Dasar PLC.....	6
Gambar 2.3	CUBLOC PLC MSB764T.....	11
Gambar 2.4	<i>Ladder diagram dan Basic</i>	12
Gambar 2.5	<i>Single-task dan Multi-task</i>	13
Gambar 2.6	Bentuk LED.....	13
Gambar 2.7	Datasheet LED 24VDC	14
Gambar 2.8	Relay.....	15
Gambar 2.9	Optocoupler 4n35	15
Gambar 2.10	Prinsip Kerja Optocoupler	16
Gambar 2.11	Sensor Inframerah	16
Gambar 2.12	Sensor Inframerah E18-D80NK	17
Gambar 2.13	Rangkaian Receiver dan Transmitter Sensor IR..	18
Gambar 3.1	Flowchart Perancangan Alat Tugas Akhir.....	19
Gambar 3.2	Diagram blok sistem pengendalian <i>timer</i>	20
Gambar 3.3	<i>Flowchart Traffic Light Simulation</i>	22
Gambar 3.4	<i>Hardware Rangkaian Push button</i>	24
Gambar 3.5	Rangkaian Sensor Infrared	25
Gambar 3.6	<i>Hardware Sensor Infrared</i>	26
Gambar 3.7	<i>Driver Relay Lampu</i>	27
Gambar 3.8	<i>Hardware Driver relay Lampu</i>	27
Gambar 3.9	<i>Wiring I/O Pada Cubloc PLC MSB624RA</i>	28
Gambar 3.10	Wiring input Pushbutton to PLC	29
Gambar 3.11	Wiring input Sensor Inframerah to PLC.....	29
Gambar 3.12	Wiring output Lampu	30
Gambar 3.13	Bahasa Basic pada Cubloc Studio	30
Gambar 3.14	Ladder Diagram pada Cubloc Studio	31
Gambar 3.15	FSM Timer sebagai Input.....	31
Gambar 3.16	Ladder untuk Timer sebagai Input.....	32
Gambar 3.17	FSM Timer sebagai Output	33
Gambar 3.18	Ladder untuk Timer sebagai Output.....	33
Gambar 3.19	<i>Traffic Light Simulation Plant</i>	34
Gambar 4.1	Desain <i>prototype 2D</i>	36
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan <i>Timer Lampu Merah</i>	39
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan <i>Timer Lampu Hijau</i>	42
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan <i>Timer Lampu Kuning</i>	45

Gambar 4.5	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Merah 1.....	48
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Merah 2.....	49
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Hijau 1	52
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Hijau 2	53
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Kuning	56
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Merah 1.....	59
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Merah 2.....	60
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Hijau 1	63
Gambar 4.13	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Hijau 2	64
Gambar 4.14	Grafik Perbandingan <i>Timer</i> Lampu Kuning	67
Gambar 4.15	Diagram Blok Sensor E18-D80NK	70
Gambar 4.16	Sensor E18-D80NK	70
Gambar 4.17	Grafik Respon Sensor 1	71
Gambar 4.18	Grafik respon sensor 2	72

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Body Mobil	36
Tabel 4.2	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu merah 1 (kondisi normal).....	40
Tabel 4.3	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 2 (kondisi normal).....	41
Tabel 4.4	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 1 (kondisi normal).....	43
Tabel 4.5	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 2 (kondisi normal).....	44
Tabel 4.6	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 1 (kondisi normal).....	46
Tabel 4.7	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 2 (kondisi normal).....	47
Tabel 4.8	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 1 (kondisi macet).....	49
Tabel 4.9	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 2 (kondisi macet).....	50
Tabel 4.10	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 1 (kondisi macet).....	53
Tabel 4.11	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 2 (kondisi macet).....	55
Tabel 4.12	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 1 (kondisi macet)	57
Tabel 4.13	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 2 (kondisi macet)	58
Tabel 4.14	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 1 (kondisi macet parah).....	60
Tabel 4.15	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 2 (kondisi macet parah).....	61
Tabel 4.16	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 1 (kondisi macet parah).....	64
Tabel 4.17	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 2 (kondisi macet parah).....	65
Tabel 4.18	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 1 (kondisi macet parah).....	68

Tabel 4.19	Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 2 (kondisi macet parah).....	69
Tabel 4.20	Konfigurasi Pin pada Sensor E18-D80NK	70
Tabel 4.21	Respon Jaungkauan Sensor E18-D80NK.....	73
Tabel 4.22	Tegangan Keluaran Sensor E18-D80NK	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini laju pertumbuhan penduduk dan kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami kenaikan. Seiring dengan laju perkembangan kendaraan bermotor, maka akan berimbas pada kepadatan lalu lintas kendaraan di jalan raya. Dikutip dari situs BPS (Badan Pusat Statistik) melalui data Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia menyebutkan bahwa jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2013 mencapai 104.118.969 unit, naik 11 persen dari tahun sebelumnya (2012) yang mencapai 94.373.324 unit.^[1] Oleh karena itu, masalah kemacetan di Indonesia tepatnya di kota-kota besar terus terjadi.

Pengendalian lampu lalu lintas secara otomatis diperlukan dalam hal ini. Kepadatan kendaraan di masing-masing jalur juga berbeda-beda, sementara pengaturan nyala lampu lalu lintas berdurasi sama di masing-masing jalur. Hal inilah yang dirasa kurang efektif dan berpotensi dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas.

Salah satu upaya untuk mengurangi masalah kemacetan tersebut, maka perlu dirancang suatu sistem kendali lampu lalu lintas yang bisa bekerja otomatis, lebih efektif, dan fleksibel terhadap intensitas kepadatan kendaraan bermotor. Oleh karena itu seiring dengan perkembangan teknologi, pengendalian lampu lalu lintas dilakukan dengan menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*).

Jenis PLC yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah Cubloc. Cubloc berbeda dari PLC konvensional, Cubloc adalah PLC berupa *Embedde Computer "On Chip"*, yang lebih fleksibel dan memiliki 2 bahasa pemrograman yaitu bahasa *Basic* dan *Ladder Logic*.

Adapun pengendalian lampu lalu ini diaplikasikan dalam bentuk sebuah modul untuk modul praktikum mata kuliah PLC. Tujuan dibuatnya modul praktikum ini antara lain untuk menunjang praktikum PLC agar mahasiswa bisa langsung menerapkan logika yang dibuat pada simulasi menjadi proses

secara nyata. Dengan begitu, mahasiswa dituntut agar bisa menerapkan keilmuan PLC secara langsung di dunia nyata.

1.2 Rumusan Masalah

Pada pelaksanaan tugas akhir kali ini rumusan masalah yang diangkat adalah :

1. Bagaimana merancang bangun Pengendalian Lampu Lalu Lintas Otomatis ?
2. Bagaimana logika pengendalian timer berupa sinyal interupsi untuk mengatur nyala lampu lalu lintas berdasarkan input padat kendaraan dari sensor inframerah ?

1.3 Tujuan

Pada pelaksanaan tugas akhir ini tujuan yang ingin dicapai adalah :

1. Merancang bangun Pengendalian Lampu Lalu Lintas Otomatis.
2. Merancang logika pengendalian timer berupa sinyal interupsi untuk mengatur nyala lampu lalu lintas berdasarkan input padat kendaraan dari sensor inframerah.

1.4 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan masalah agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut :

1. Pengendalian lampu lalu lintas menggunakan sinyal interupsi untuk pengaturan nyala lampu berdasarkan input padat kendaraan dari sensor inframerah hanya untuk satu ruas jalan untuk pengendalian tiga lampu yaitu merah, kuning, dan hijau.
2. Sensor inframerah diletakkan di ruas selatan dengan asumsi ruas jalan selatan merupakan daerah rawan kemacetan. Asumsi untuk ruas barat adalah selalu terpantau normal kendaraan.

3. Nyala lampu ruas selatan dan utara akan bersamaan (dirangkai seri) begitu juga nyala lampu ruas barat dan timur karena keterbatasan output dari cubloc PLC.
4. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi intensitas keadaan kendaraan normal dan padat berupa sensor inframerah inframerah.

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai modul praktikum PLC di jurusan teknik fisika dimana didalamnya terdapat pengendalian menggunakan fungsi *timer* PLC.

1.6 Sistematika Laporan

Adapun sistematika dalam laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Adapun subbab yang terdapat dalam Bab I ini antara lain latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan manfaat dari pembuatan tugas akhir berupa *plant* pengendalian lampu lalu lintas otomatis berbasis PLC.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Adapun subbab yang terdapat dalam Bab II ini antara lain teori-teori dasar dari sistem yang dirancang yaitu penggunaan PLC, pengenalan Cubloc, komponen keluaran berupa lampu/led, relay, optocoupler, dan sensor inframerah.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Adapun subbab yang terdapat dalam Bab III ini antara lain flowchart perancangan alat, gambaran umum *plant*, sistem *plant* yang dirancang, perancangan hardware, wiring *plant*, dan pembuatan program.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Adapun subbab yang terdapat dalam Bab IV ini antara lain Uji Komponen Sistem, Pengujian Timer, dan pembahasan.

BAB V PENUTUP

Adapun subbab yang terdapat dalam Bab V ini antara lain Kesimpulan yang didapat dari pembuatan *plant* pengendalian lampu lalu lintas dan saran.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Programmable Logic Controller (PLC)*

2.1.1 Pengertian PLC

Pada masa ini perusahaan industri berharap bisa menghasilkan jumlah produksi yang maksimal dengan penekanan jumlah pekerja supaya lebih efisien. Maka perusahaan industri memerlukan sistem kontrol otomatis yang akan membantu untuk meningkatkan jumlah produksi mereka tanpa harus mempekerjakan lebih banyak pegawai sehingga proses produksi akan menjadi lebih efektif dan efisien. Salah satu peralatan otomatis yang saat ini banyak digunakan adalah PLC.

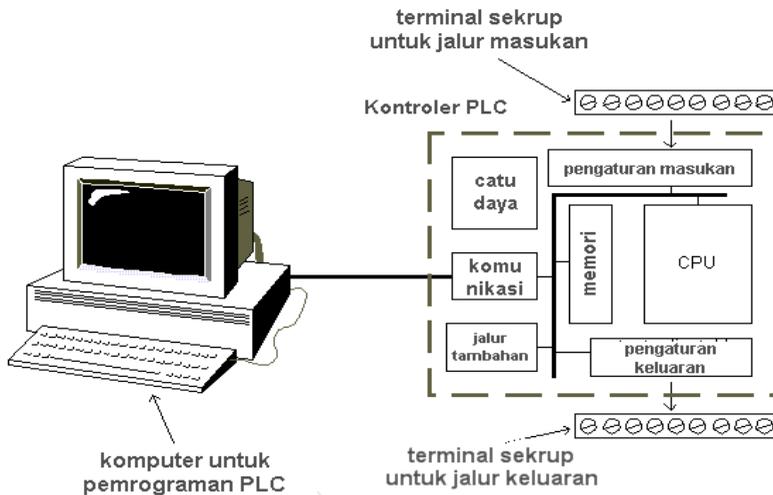
PLC merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan *relay* yang digunakan pada kendali konvensional. PLC bekerja dengan cara mendeteksi masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai dengan yang dibutuhkan, yang berupa menghidupkan atau mematikan keluarannya (*logic*, 0 atau 1, hidup atau mati). Pengguna membuat program yang kemudian program tersebut akan dijalankan oleh PLC^[2].



Gambar 2.1 *Programmable Logic Controller (PLC)*^[3]

2.1.2 Komponen PLC

PLC sesungguhnya merupakan sistem mikrokontroler khusus untuk industri, artinya seperangkat perangkat lunak dan keras yang diadaptasi untuk keperluan aplikasi dalam dunia industri. Elemen-elemen dasar sebuah PLC ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Komponen Dasar PLC^[4]

➤ *Central Processing Unit (CPU)*

Prosesor ialah bagian PLC yang bertugas membaca dan mengeksekusi instruksi program. Processor mempunyai elemen kontrol yang disebut Arithmetic and Logic Unit (ALU), sehingga mampu mengerjakan operasi logika dan aritmetika. Unit pengolahan pusat atau CPU merupakan otak dari sebuah kontroler PLC. CPU itu sendiri merupakan sebuah mikrokontroler (versi mini mikrokomputer lengkap). Pada awalnya merupakan sebuah mikrokontroler 8-bit, namun saat ini bisa merupakan mikrokontroler 16 atau 32-bit. CPU ini juga menangani komunikasi dengan piranti eksternal, interkoneksi antar bagian-bagian internal PLC, eksekusi program,

manajemen memori, mengawasi atau mengamati masukan dan memberikan sinyal kekeluaran (sesuai dengan proses atau program yang dijalankan). Kontroler PLC memiliki suatu rutin kompleks yang digunakan untuk memeriksa memori agar dapat dipastikan memori PLC tidak rusak, hal ini dilakukan karena alasan keamanan. Hal ini bisa dijumpai dengan adanya indikator lampu pada bagian badan PLC sebagai indicator terjadinya kesalahan atau kerusakan^[5].

➤ **Memori**

Memory ialah tempat penyimpanan data dalam PLC. Memori ini umumnya menjadi satu modul dengan processor/CPU. Memori sistem digunakan oleh PLC untuk sistem kontrol proses. Selain berfungsi untuk menyimpan sistem operasi, juga digunakan untuk menyimpan program yang harus dijalankan, dalam bentuk biner, hasil terjemahan diagram tangga yang dibuat oleh pengguna atau pemrogram. Isi dari memori *flash* tersebut dapat berubah bahkan dapat juga dikosongkan atau dihapus, jika memang dikehendaki seperti itu. Tetapi yang jelas, dengan penggunaan teknologi *flash*, proses penghapusan dan pengisian kembali memori dapat dilakukan dengan mudah dan cepat. Pemrograman PLC biasanya dilakukan melalui kanal sebuah komputer yang bersangkutan. Memori pengguna dibagi menjadi beberapa blok yang memiliki fungsi khusus. Beberapa bagian memori digunakan untuk menyimpan status masukan dan keluaran. Status yang sesungguhnya dari masukan dan keluaran disimpan sebagai logika atau bilangan '0' dan '1' (dalam lokasi bit tertentu). Masingmasing masukan dan keluaran berkaitan dengan sebuah bit dalam memori. Sedangkan bagian lain dari memori digunakan dalam

program yang dituliskan. Misalnya, nilai pewaktu atau pencacah bisa disimpan dalam bagian memori ini^[5].

➤ **Programming Device PLC**

Programming Device ialah alat untuk membuat atau mengedit program PLC. Kontroler PLC dapat diprogram melalui komputer, tetapi juga bias diprogram melalui program manual, yang biasa disebut dengan konsol (*console*). Untuk keperluan ini dibutuhkan perangkat lunak, yang biasanya tergantung pada produk PLC -nya. Dengan kata lain, masing-masing produk PLC membutuhkan perangkat lunak sendiri-sendiri. Hampir semua produk perangkat lunak untuk memprogram PLC memberikan kebebasan berbagai macam pilihan seperti memaksa saklar (masukan atau keluaran) bernilai ON atau OFF, melakukan pengawasan program secara *real-time*, termasuk pembuatan dokumentasi diagram tangga yang bersangkutan. Dokumentasi diagram tangga ini diperlukan untuk memahami program sekaligus dapat digunakan untuk pelacakan kesalahan. Pemrograman dapat memberikan nama pada piranti masukan maupun keluaran, komentar-komentar pada blok diagram dan lain sebagainya. Dengan pemberian dokumentasi maupun komentar pada program, maka akan mudah nantinya dilakukan pembenahan (perbaikan atau modifikasi) program dan pemahaman terhadap kerja program diagram tangga tersebut^[5].

➤ **Catu Daya PLC**

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan catu daya keseluruhan bagian PLC (termasuk CPU, memori dan lain-lain). Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24 V DC atau 220 V AC. Beberapa

PLC catu dayanya terpisah (sebagai modul tersendiri). Yang demikian biasanya merupakan PLC besar, sedangkan untuk PLC medium dan kecil, catu dayanya sudah menyatu. Pengguna harus menentukan berapa besar arus yang diambil dari modul keluaran/masukan untuk memastikan catu daya yang bersangkutan menyediakan sejumlah arus yang memang dibutuhkan. Tipe modul yang berbeda menyediakan sejumlah besar arus listrik yang berbeda. Catu daya listrik ini biasanya tidak digunakan untuk memberikan catu daya langsung kemasukan maupun keluaran, artinya masukan dan keluaran murni. merupakan saklar (baik murni maupun *optoisolator*). Pengguna harus menyediakan sendiri catu daya yang terpisah untuk masukan dan keluaran PLC . Cara seperti ini akan menyelamatkan PLC dari kerusakan yang diakibatkan oleh lingkungan industri dimana PLC digunakan karena adanya catu daya yang terpisah antara PLC dengan jalur-jalur masukan dan keluaran^[5].

➤ **Masukan-Keluaran PLC**

Masukan-keuaran modul PLC ialah perantara dari PLC ke peralatan di dunia nyata. Kecanggihan sistem otomasi sangat bergantung pada kemampuan sebuah PLC untuk membaca sinyal dari berbagai jenis sensor dan piranti-piranti lainnya. Untuk mendeteksi proses atau kondisi atau status suatu keadaan atau proses yang sedang terjadi. Sinyal-sinyal masukan tersebut dapat berupa *logic* (ON atau OFF) maupun analog. PLC kecil biasanya hanya memiliki jalur masukan digital saja, sedangkan yang besar mampu menerima masukan analog melalui unit khusus yang terpadu dengan PLC - nya. Salah satu analog yang sering dijumpai adalah sinyal arus 4 hingga 20 mA (atau mV) yang diperoleh

dari berbagai macam sensor. Sistem otomasi tidak akan lengkap jika tidak ada fasilitas keluaran untuk menghubungkan dengan alat-alat *eksternal* (yang dikendalikan). Beberapa alat atau piranti keluaran PLC yang sering digunakan adalah motor, solenoid, relay, lampu indikator dan lain sebagainya. Keluaran ini dapat berupa analog maupun digital. Keluaran analog bertingkah seperti sebuah saklar, menghubungkan dan memutuskan jalur. Keluaran analog digunakan untuk menghasilkan keluaran analog (misalnya, perubahan tegangan untuk pengendalian motor secara regulasi linier sehingga diperoleh kecepatan putar tertentu)^[5].

2.1.3 CUBLOC *Hybrid* PLC

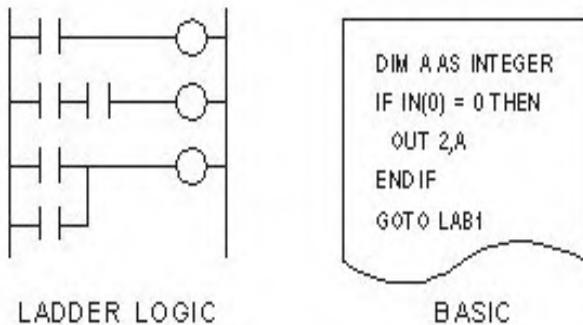
CUBLOC berbeda dari PLC konvensional yang akrab dengan banyak pengguna. PLC biasanya hanya memiliki logika penulisan dan koneksi tertentu, tapi CUBLOC adalah PLC / *Embedded Computer "On-Chip"*, berarti Anda memiliki lebih banyak kebebasan dan fleksibilitas untuk ukuran produk akhir dan desain. Modul CUBLOC mirip dengan PLC konvensional dalam *ladder logic* dapat digunakan tetapi ukurannya yang kecil memungkinkan pengembang untuk merancang PCB kustom seperti mikrokontroler. Keuntungan lebih CUBLOC PLC lain adalah bahwa ia mendukung kelemahan *ladder logic* dengan bahasa *Basic*. *ladder logic* cukup baik untuk menggantikan diagram urutan tetapi untuk mengumpulkan data, grafis cetak, dan melakukan tugas-tugas yang lebih kompleks meminta terlalu banyak. Itulah sebabnya cubloc menambahkan bahasa *Basic* untuk mempermudah dalam pemrograman^[3].



Gambar 2.3 CUBLOC PLC MSB764T^[3]

Cubloc PLC yang digunakan yaitu MSB624RA dengan spesifikasi sebagai berikut :

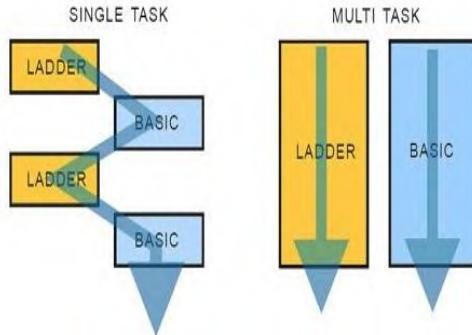
- *BASIC with Ladder-Logic CUBLOC controller module*
- *Based on the CB-400 processor*
- *16 Opto-isolated DC Input(20V~28VDC/Min 10mA)*
- *10 Opto-isolated Relay Outputs (0~250VAC/10A, 0~30VDC/10A)*
- *4 x 0-10V analogue inputs at 10-bit*
- *4 x 0-20mA analogue inputs at 10-bit*
- *Flash memory : 200KB*
- *Data memory : 6KB*
- *2 x RS232 communication port*
- *1 x RS485 communication port*
- *LCD and keypad Connectors*
- *Modbus Master or Slave support*
- *FREE Development tools*
- *DIN Rail Mount*
- *Dimensions 128mm x 108mm x 45mm*
- *24V DC Power^[3]*



Gambar 2.4 *Ladder diagram dan Basic*^[3]

Keuntungan lain lebih prosesor Basic lainnya adalah bahwa CUBLOC mampu memisahkan jumlah pekerjaan dan pemrograman antara *ladder logic* dan *Basic* jika keinginan pengguna. Ada PLC di pasar yang mendukung kedua *ladder logic* dan *Basic*, tetapi PLC ini tidak multi-task dan menjalankan "Single-task." Produk saat ini pada penggunaan pasar *Basic* sebagai bagian dari *ladder logic*. Bagian program *Basic* dapat mempengaruhi kali *ladder scan*, dan juga sering ada pembatasan pada bagian *Basic* program karena kendala *ladder logic*.

CUBLOC mampu menutupi kelemahan tersebut melalui fitur *multi-tasking* nya, menjamin akurasi dan ketepatan waktu. CUBLOC memiliki struktur *multi-tasking* yang berjalan *Basic* dan *ladder logic* secara bersamaan yang memungkinkan *ladder* akurat pemindaian waktu sementara masih memproses *Basic*. Bahkan memiliki pilihan hanya menggunakan *Basic* atau *ladder* dengan sendirinya^[3].



Gambar 2.5 *Single-task dan Multi-task*^[3]

2.2 Rangkaian Driver Lampu

2.2.1 LED / Lampu

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya^[6].



Gambar 2.6 Bentuk LED^[7]

Prinsip kerja LED hampir sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias forward) dari Anoda menuju ke Katoda.

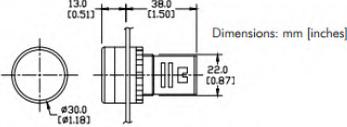
Plastic LED indicator lights



10 models available:

- Available in five colors
- 24V and 120V models
- Non-replaceable LEDs
- Side wire entry with back screw terminals for easy wiring and maintenance
- IP20 rated before installation
- IP65 rated after installation
- 12 mA @ 120V, 65 mA @ 24V

Part Number	Lamp Color	Price	Description
ECX2051-24L	Red	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 24VDC/VAC
ECX2051-127L	Red	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 120VDC/VAC
ECX2052-24L	Green	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 24VDC/VAC
ECX2052-127L	Green	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 120VDC/VAC
ECX2053-24L	Yellow	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 24VDC/VAC
ECX2053-127L	Yellow	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 120VDC/VAC
ECX2054-24L	Blue	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 24VDC/VAC
ECX2054-127L	Blue	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 120VDC/VAC
ECX2055-24L	Clear	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 24VDC/VAC
ECX2055-127L	Clear	↔	22 mm non-metal monoblock LED indicator light, 120VDC/VAC



Dimensions: mm [inches]

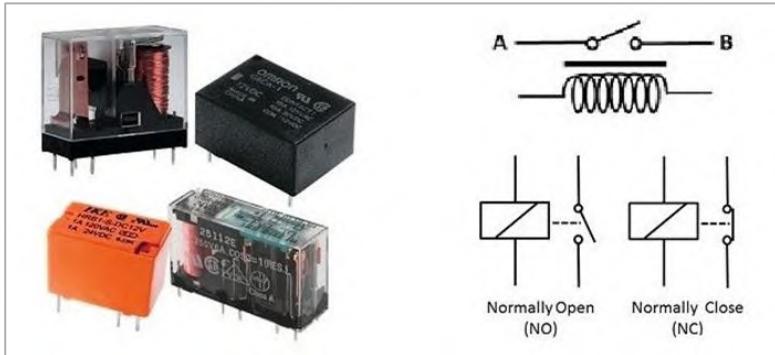
For accessories, see 22 mm Plastic Pilot Device Accessories in this section.

Gambar 2.7 Datasheet LED 24VDC^[7]

2.2.2 Relay

Relay adalah saklar yang dioperasikan secara listrik yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat kontak saklar). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

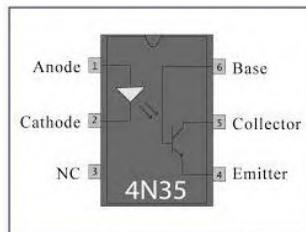
Prinsip kerja relay yaitu dalam kumparan coil terdapat sebuah besi yang digunakan untuk menimbulkan gaya elektromagnetik antara kumparan dan besi. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC)^[8].



Gambar 2.8 Relay^[8]

2.2.3 Optocoupler 4n35

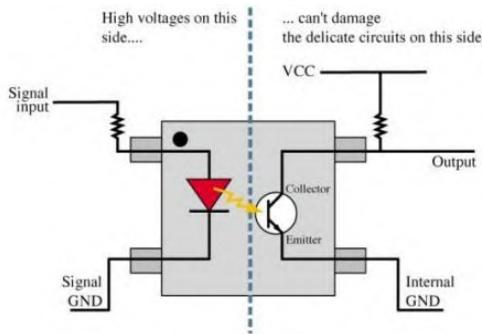
Optocoupler adalah komponen penghubung (coupling) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic. Optocoupler terdiri dari 2 bagian utama yaitu Transmitter berupa LED yang berfungsi sebagai pengirim cahaya optik dan Receiver berupa phototransistor yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya. Masing-masing bagian Optocoupler (Transmitter dan Receiver) tidak memiliki hubungan konduktif rangkaian secara langsung tetapi dibuat sedemikian rupa dalam satu kemasan komponen.



Gambar 2.9 Optocoupler 4n35^[9]

Prinsip kerja optocoupler yaitu ketika arus listrik yang mengalir melalui IR LED maka akan menyebabkan IR LED memancarkan sinyal cahaya Infra merahnya. Intensitas Cahaya tergantung pada jumlah arus listrik yang mengalir pada IR LED tersebut. Cahaya Infra Merah yang dipancarkan tersebut akan

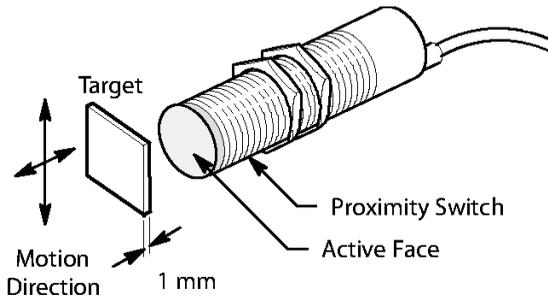
dideteksi oleh Phototransistor dan menyebabkan terjadinya hubungan atau Switch ON pada Phototransistor. Prinsip kerja Phototransistor hampir sama dengan Transistor Bipolar biasa, yang membedakan adalah Terminal Basis (Base) Phototransistor merupakan penerima yang peka terhadap cahaya^[10].



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Optocoupler^[11]

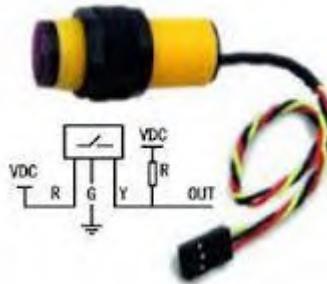
2.3 Sensor Infrared E18-D80NK

Sensor Inframerah adalah perangkat elektronika untuk mendeteksi suatu benda tanpa harus ada kontak fisik dengan benda tersebut. Sensor inframerah memanfaatkan radiasi/pancaran gelombang elektromagnetik atau sinar elektromagnetik seperti infrared. Target dari sensor ini disebut target sensor, yang biasanya dikalkulasikan secara otomatis oleh bagian penerima dari sensor dengan menggunakan pantulan dari sinar atau gelombang elektromagnetik yang telah dipancarkan.



Gambar 2.11 Sensor Inframerah^[12]

Sensor IR membutuhkan tegangan 5V , memiliki respon yang cepat yaitu dua mili-detik , memiliki 15° sudut deteksi, memiliki perlindungan kelas IP65 (terhadap debu dan perlindungan kelembaban), memiliki kisaran suhu operasi sebesar -25 sampai +55 ° C dan jarak pendeteksian dapat diatur mulai dari 3cm sampai 80cm dengan jenis keluaran NPN. Sensor ini dapat digunakan pada mesin otomasi, robot untuk pendeteksian halangan. sensor ini memberikan deteksi tanpa-kontak. Aplikasi dari sinyal IR termodulasi tahan terhadap gangguan yang disebabkan oleh cahaya normal dari lampu pijar atau cahaya matahari^[13].



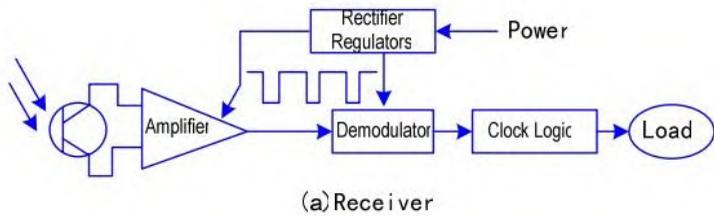
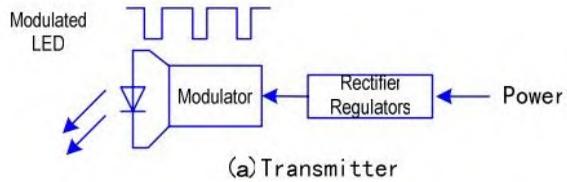
Gambar 2.12 Sensor Infamerah E18-D80NK^[13]

Spesifikasi:

- tipe pantulan hamburan
- sumber cahaya: infrared
- jangkauan: 3cm sampai 80 cm (tergantung permukaan halangan)
- Daya masukan: 5VDC
- Konsumsi arus: 100mA
- Keluaran tipe NPN
- Dimensi : 1,7 cm x 4,3 cm
- Panjang Kabel : 4,5 cm
- Aplikasi: sensor infrared penghindar halangan, saklar proximity, mobil pintar, dll.

Koneksi Kabel

- Merah : +5V
- Hijau : GDN
- Kuning : NPN Output^[13]

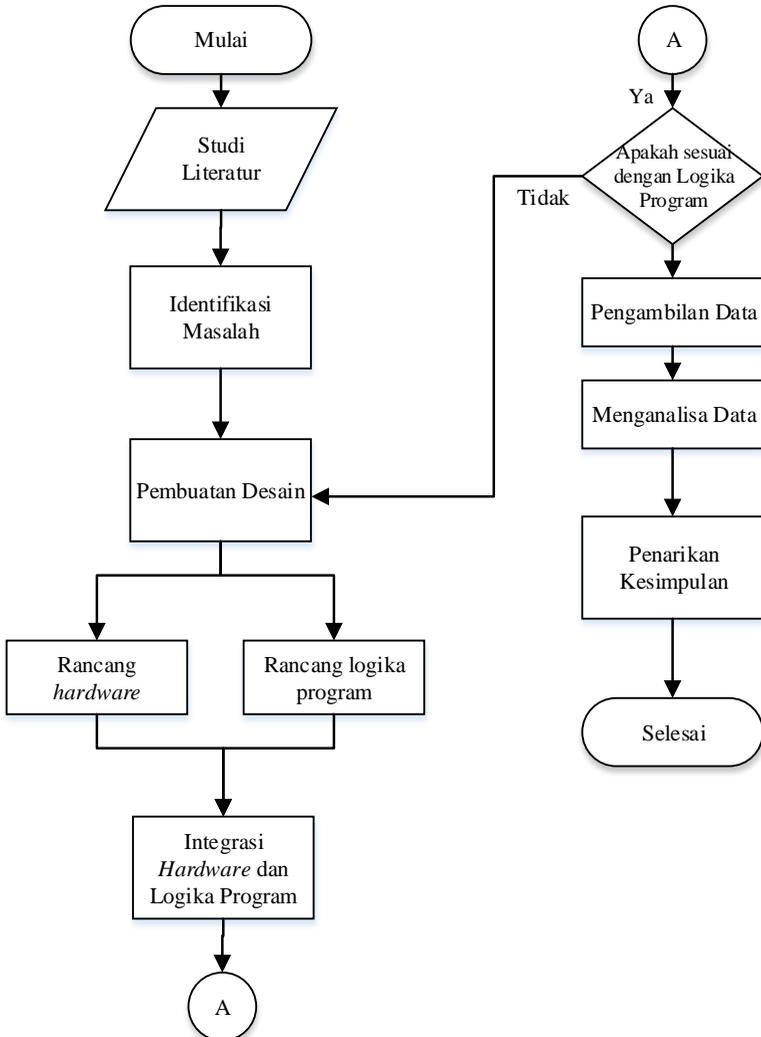


Gambar 2.13 Rangkaian Receiver dan Transmitter Sensor IR^[13]

BAB III PERANCANGAN ALAT DAN METODOLOGI

3.1 *Flowchart Perancangan Tugas Akhir*

Langkah-langkah perancangan alat tugas akhir digambarkan dalam gambar berikut.

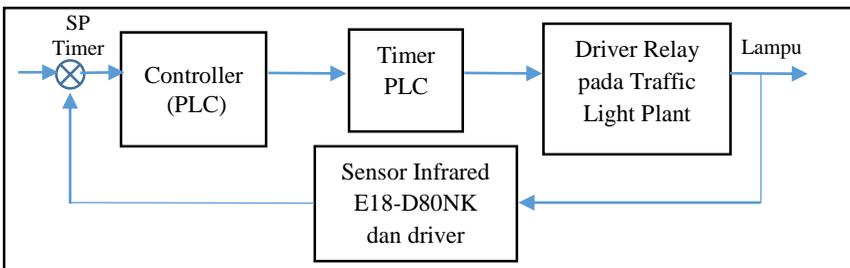


Gambar 3.1 *Flowchart Metodologi Tugas Akhir*

Perancangan alat tugas akhir berdasarkan *flowchart* gambar 3.1 adalah pertama, studi literatur untuk mencari referensi jurnal ataupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk menjadi pedoman tugas akhir. Kemudian kedua, setelah didapat literature yang dibutuhkan dilakukan pengidentifikasian masalah untuk alat tugas akhir, dan juga tujuan pembuatan alat. Setelah dilakukan tiga kegiatan diatas kemudian dapat dilakukan perancangan desain dari sistem yang akan dibuat yang meliputi perancangan *hardware* dan perancangan program. *Hardware* yang harus diselesaikan adalah perancangan sistem *plant* pengendalian lampu lalu lintas otomatis pada perempatan jalan raya yang disertai perancangan elektrik dari masukan berupa sensor dan keluaran berupa lampu. Logika program yang dibuat berupa logika pengendalian *timer* dalam *software* program Cubloc PLC. Dari perancangan *hardware* dan program PLC lalu dilakukan integrasi untuk dilakukan uji apakah sesuai dengan logika program yang diinginkan. Apabila hasil uji masih terdapat *error* atau *troubleshoot* maka kroscek kembali pada bagian pembuatan perancangan desain. Dari hasil uji yang telah berhasil maka dilakukan pengambilan data. Hasil data kemudian dianalisa agar didapatkan suatu kesimpulan. Tugas akhir ini dikatakan selesai setelah semua hasil analisa data dan perancangan dapat dimasukkan kedalam bentuk laporan.

3.2 Gambaran Umum Tugas Akhir

Pada tugas akhir ini dirancang, Rancang Bangun Sistem pengendalian lampu lalu lintas otomatis pada suatu perempatan jalan berbasis PLC. Diagram blok perancangan secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram blok sistem pengendalian *timer*

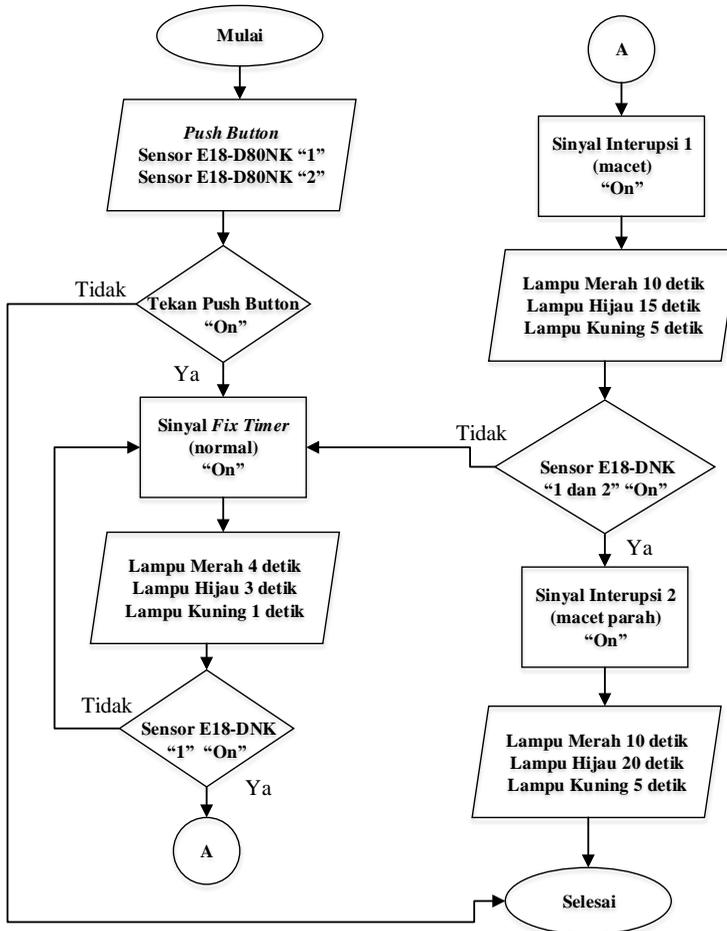
Dari diagram blok pada gambar 3.2 dapat dijelaskan bahwa masukan yang digunakan berupa sensor inframerah atau sensor infrared E18-D80NK. Sensor ini memerlukan catu daya sebesar 5 VDC untuk pengaktifan sehingga dibutuhkan driver pengkondisian sebelum masuk PLC. Cubloc PLC digunakan sebagai kontroler untuk mengontrol dan mengendalikan logika program yang dibuat. Variabel yang dikendalikan berupa *timer* untuk *delay on/off* keluaran dari *traffic light plant*. Keluaran ini menuju driver relay sebelum ke lampu. Hal ini karena keluaran sinyal PLC adalah 24 VDC sedangkan keluaran berupa lampu membutuhkan catu daya 12 VDC. Keluaran ini diatur berdasarkan adanya masukan dari sensor inframerah. Jika sensor tidak memberikan masukan terhadap kontroler (PLC) maka logika program *timer* PLC untuk nyala lampu yang akan dijalankan berupa *fix timer* yang telah ditetapkan berdasarkan set point *fix timer*. Apabila terdapat masukan dari sensor maka kontroler akan mengendalikan logika program berupa sinyal interupsi yaitu sinyal pengalihan dari logika sebelumnya (*fix timer*). Sehingga pengaturan *timer* PLC untuk keluaran nyala lampu akan berubah sesuai *set point* untuk *interrupt timer*.

3.3 Sistem yang Dirancang

Sistem yang dirancang untuk tugas akhir ini yaitu pembuatan modul praktikum mata kuliah PLC dengan membuat *traffic light simulation plan*. Pada *traffic light simulation plant* ini, terdapat variabel yang dikendalikan yaitu fungsi *timer* pada PLC. Plan pengendalian ini menggunakan sensor *proximity* sebagai detektor objek berupa kendaraan bermotor pada suatu ruas jalan sehingga dari sinilah dapat dideteksi bahwa kondisi suatu ruas jalan tersebut sedang padat atau dalam kondisi normal. Apabila kondisi ruas jalan terdeteksi normal (*sensor off*) maka timer PLC yang akan mengatur nyala lampu lalu lintas akan berjalan seperti *set point fix timer*. Sedangkan jika sensor mendeteksi kondisi padat kendaraan di ruas jalan tersebut (*sensor on*) maka akan mengaktifkan sinyal interupsi yaitu sinyal pengalih instruksi. Interupsi disini dimaksudkan akan mengubah pengaturan set point *timer*. Karena ruas jalan terdeteksi padat kendaraan maka nyala lampu lalu lintas diatur menjadi fleksibel yaitu nyala lampu hijau lebih lama dan lampu merah yang

lebih sedikit. Pendeteksian kepadatan kendaraan oleh sensor inframerah dilakukan pada satu ruas saja dengan asumsi ruas jalan yang lain selalu dalam keadaan normal. Sehingga nyala lampu lalu lintas pada ruas jalan yang lain tersebut mengikuti *timer* normal sesuai set point untuk keadaan normal.

Berikut merupakan *flowchart* dari *traffic light simulation plant* adalah sebagai berikut.



Gambar 3.3 *Flowchart Traffic Light Simulation*

Cara kerja *traffic light simulation plant* berdasarkan gambar *flowchart 3.3* yaitu :

- a) *Plant* akan aktif setelah *push button ON* diaktifkan. Ketika itu juga *sensor* inframerah akan aktif.
- b) Saat sensor tidak mengenai objek atau dalam keadaan logika 0, maka *timer interrupt* tidak aktif. Hal ini berarti keadaan di ruas jalan tersebut tidak padat kendaraan bermotor (normal). *Timer normal fix timer* akan aktif. *Set point* untuk *fix timer* adalah lampu merah menyala selama 4 detik, lampu hijau 3 detik dan lampu kuning 1 detik. *Set point fix timer* ini berlaku untuk semua ruas jalan baik ruas selatan-utara maupun barat-timur.
- c) Saat sensor 1 mengenai objek atau dalam keadaan aktif high, maka *interrupt timer 1* aktif. Sensor akan aktif dengan delay time lebih dari 2 detik yang berarti sensor terhalang oleh mobil yang berhenti dan itu menandakan bahwa kondisi ruas jalan tersebut padat kendaraan. Ini berarti nyala lampu hijau lebih lama dibanding nyala lampu hijau saat keadaan normal. Nyala lampu merah pun juga lebih singkat dibandingkan pada keadaan normal. Dalam hal ini *Timer normal* tidak aktif. *Set point* untuk *interrupt timer 1* adalah lampu merah menyala selama 10 detik, lampu hijau 15 detik, dan lampu kuning 5 detik, ini berlaku untuk ruas selatan-utara. Sedangkan untuk ruas barat-timur diasumsikan dalam keadaan normal kendaraan sehingga pengaturan *set point* juga berubah menjadi lampu merah menyala selama 20 detik, lampu hijau 5 detik, dan lampu kuning 5 detik. Setting ini dilakukan agar lampu semua ruas jalan tetap menyala bergantian untuk menghindari terjadinya kecelakaan.
- d) Saat sensor 1 dan 2 mengenai objek atau dalam keadaan aktif high, maka *interrupt timer 2* aktif. Saat objek menghalangi sensor 2 berarti objek juga menghalangi sensor 1 yang berarti kondisi ruas jalan adalah macet parah. Sensor akan aktif dengan delay time lebih dari 2 detik yang berarti sensor terhalang oleh mobil yang berhenti. Ini berarti nyala lampu hijau lebih lama dibanding nyala lampu hijau saat kondisi macet. Nyala

lampu merah pun juga lebih singkat dibandingkan pada keadaan interupsi 1. Dalam hal ini Timer normal dan Timer interupsi 1 tidak aktif. *Set point* untuk *interrupt timer 2* adalah lampu merah menyala selama 10 detik, lampu hijau 20 detik, dan lampu kuning 5 detik, ini berlaku untuk ruas selatan-utara. Sedangkan untuk ruas barat-timur diasumsikan dalam keadaan normal kendaraan sehingga pengaturan *set point* juga berubah menjadi lampu merah menyala selama 25 detik, lampu hijau 5 detik, dan lampu kuning 5 detik.

- e) Kondisi fix timer akan otomatis kembali aktif ketika sensor 1 atau kedua sensor berlogika 0.

3.4 Perancangan dan Pembuatan *Hardware*

3.4.1 Rangkaian Masukan *Push Button*

Rangkaian masukan berupa *push button* digunakan untuk pengaktifan *plant* (*push button run*), pemberhentian *plant* (*push button stop*), pengaktifan *mode timer* pagi (*push button pagi*), pengaktifan *mode timer* siang (*push button siang*), dan pengaktifan *mode timer* malam (*push button malam*). Untuk masukan berupa *push button* langsung dihubungkan dengan plc tanpa membutuhkan driver pengkondisi sinyal. Berikut gambar 3.4 merupakan contoh hasil perancangan *push button*.



Gambar 3.4 *Hardware* Rangkaian *Push button*

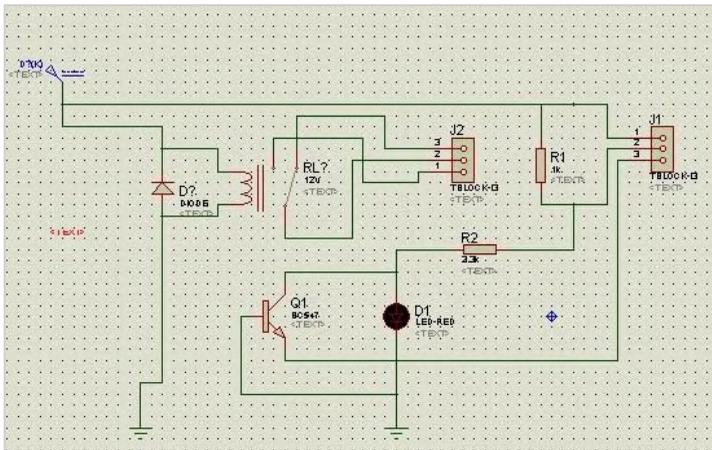
3.4.2 Rangkaian Masukan Sensor Infrared

Rangkaian masukan berupa sensor inframerah ini digunakan untuk menghubungkan sensor E18-D80NK yang bernilai HIGH dan LOW ke inputan PLC. Dimana sensor ini digunakan untuk mendeteksi objek berupa kendaraan bermotor. Logika untuk sensor

inframerah ini adalah ketika terdapat kendaraan yang terdeteksi oleh sensor <5 detik maka sensor akan bernilai Aktif Low yang diasumsikan kendaraan hanya melewati sensor yang berarti intensitas kendaraan terpantau normal. Apabila sensor mendeteksi objek kendaraan >5 detik maka sensor akan bernilai Aktif High yang diasumsikan kendaraan berhenti dan mengenai sensor yang berarti intensitas kendaraan telah panjang dan padat. Logika ini akan menjadi masukan untuk PLC untuk selanjutnya mengeksekusi perintah *timer*.

Sensor inframerah membutuhkan catu daya sebesar 5 VDC dan input PLC membutuhkan 24 VDC. Maka dibutuhkan driver pengkondisi sinyal sebelum masuk ke pin input PLC. Driver yang dibutuhkan adalah berupa rangkaian driver relay. Dalam rangkaian ini terdapat resistor 1K, resistor 3K3, relay 5 Volt, diode 1 A, led 3mm, dan transistor 2N3904.

Hasil perancangan rangkaian driver sensor infrared dapat dilihat pada gambar 3.5 dan 3.6 baik berupa perancangan pada simulator dan hasil *hardware* rangkaian sensor.



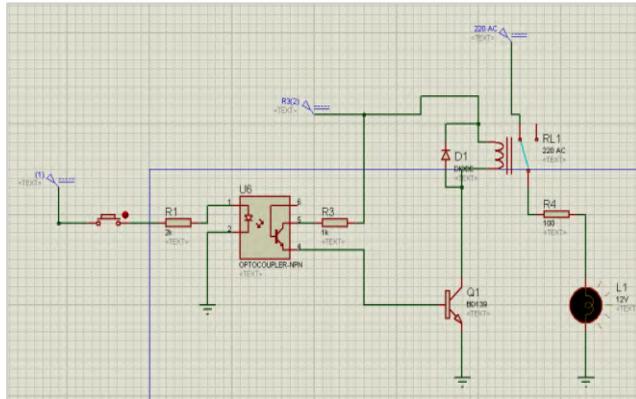
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Infrared



Gambar 3.6 *Hardware* Sensor Infrared

3.4.3 Driver Keluaran Relay Lampu

Untuk plan *traffic light* ini dibutuhkan 6 lampu dc meliputi lampu berwarna merah, kuning, dan hijau. Untuk mengaktifkan lampu indikator dengan PLC, maka diperlukan driver relay sebagai output PLC. Sinyal output PLC bernilai 0 VDC dan 24 VDC, sehingga diperlukan relay 24 VDC sebagai saklar elektronik tambahan untuk mengendalikan lampu. Rangkaian ini bertujuan sebagai pengaman (*safety*) PLC dari rangkaian di luar. Cara kerja driver relay ini yaitu saat PLC memberikan logika *high* (1) pada outputnya, maka akan ada tegangan yang mengalir pada rangkaian driver relay. Adanya optocoupler digunakan agar PLC terisolasi dari rangkaian luar dan sebagai *safety*. Saat optocoupler aktif, maka relay akan aktif dan mengaktifkan lampu. Perancangan driver keluaran relay untuk lampu ini dibuat dalam *software* simulator Proteus seperti gambar 3.7 dibawah. Untuk perancangan *hardware* dibuat dalam bentuk pcb print untuk memperkecil kesalahan akibat solderan dan untuk menjaga kualitas serta *lifetime* rangkaian seperti pada gambar 3.8.



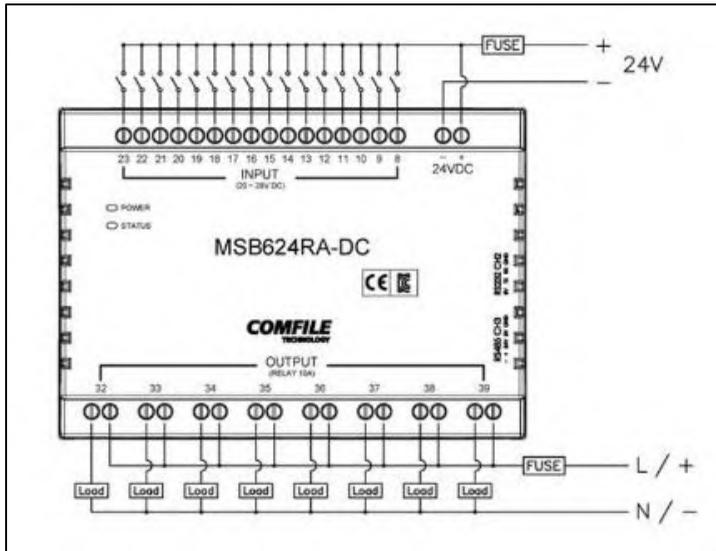
.Gambar 3.7 *Driver Relay Lampu*



Gambar 3.8 *Hardware Driver Relay Lampu*

3.5 Wiring PLC

Wiring Cubloc PLC MSB624RA yang terdapat dalam datasheet adalah seperti gambar 3.9 berikut.



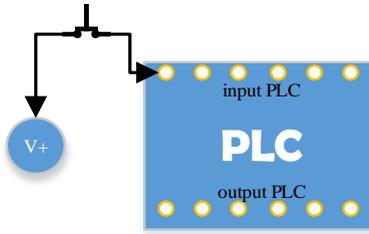
Gambar 3.9 Wiring I/O Pada Cubloc PLC MSB624RA^[14]

Untuk wiring I/O pada *traffic light plant* terdapat masukan berupa pushbutton run, pushbutton stop, pushbutton untuk setting timer pagi, pushbutton untuk setting timer siang, pushbutton untuk setting timer malam, dan sensor detektor objek kendaraan berupa sensor inframerah. Untuk masukan berupa pushbutton langsung dihubungkan dengan plc dengan menggunakan metode wiring *sourcing*. Untuk masukan berupa sensor inframerah membutuhkan driver pengkondisi sinyal sebelum masuk ke pin input PLC. Keluaran berupa berupa lampu merah, kuning, dan hijau juga membutuhkan driver pengkondisi sinyal.

3.5.1 Wiring Masukan Push button

Rangkaian masukan berupa *push button* digunakan untuk pengaktifan *plant* (*push button run*), pemberhentian *plant* (*push button stop*), pengaktifan *mode timer* pagi (*push button pagi*), pengaktifan *mode timer* siang (*push button siang*), dan pengaktifan

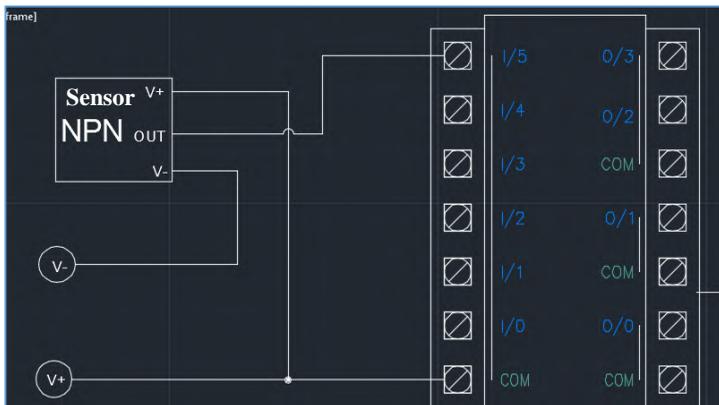
mode timer malam (*push button* malam). Untuk masukan berupa *push button* langsung dihubungkan dengan plc dengan menggunakan metode wiring *sourcing*. Metode *sourcing* yaitu dengan menghubungkan salah satu kaki *pushbutton* ke sumber positif *supply* 24 VDC dan kaki *pushbutton* lainnya tersambung ke pin input PLC, dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Wiring input Pushbutton to PLC

3.5.2 Wiring Masukan Driver Sensor Infrared

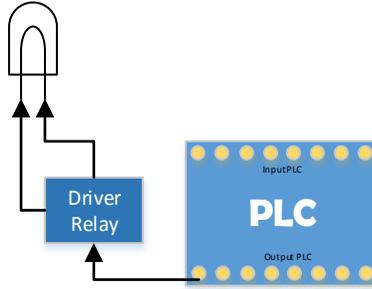
Untuk wiring sensor NPN menggunakan metode *sinking*. Sensor infrared E18-D80NK ini memiliki 3 terminal, yang mana 2 terminal untuk tegangan supply (*VCC* dan *Ground*) dan 1 terminal lainnya merupakan terminal *output*.



Gambar 3.11 Wiring input Sensor Inframerah to PLC

3.5.3 Wiring Keluaran Lampu

Untuk wiring rangkaian keluaran lampu (gambar 3.12) adalah menggunakan rangkain driver relay. Output PLC akan terhubung dengan optocoupler sebagai rangkaian *safety*. Saat optocoupler aktif, maka relay akan aktif dan mengaktifkan lampu.



Gambar 3.12 Wiring output Lampu

3.6 Pembuatan Program

Pembuatan program pada *plant* pengendalian lampu lalu lintas ini menggunakan Leader Diagram sebagai Bahasa pemrogramannya disertai setting pengalaman menggunakan Bahasa Basic untuk menentukan input output program. Aplikasi editor yang digunakan adalah menggunakan Cubloc Studio.

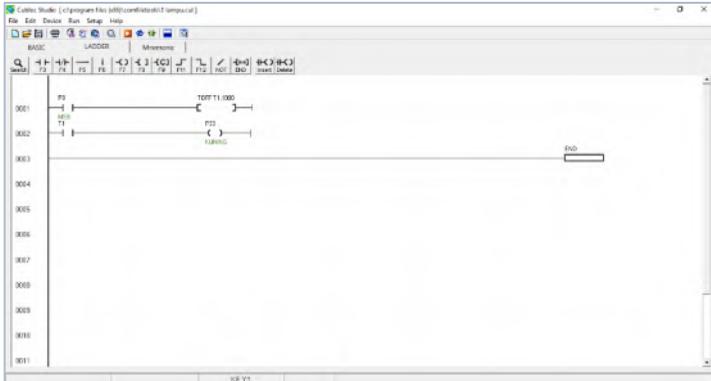
The screenshot shows the Cubloc Studio software window. The title bar reads 'Cubloc Studio [C:\Program Files (x86)\ComfileTools\rrrr.cul]'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Device', 'Run', 'Setup', and 'Help'. Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main window has three tabs: 'BASIC', 'LADDER', and 'Mnemonic', with 'BASIC' selected. The BASIC code editor contains the following text:

```

1 #include "MSB6XX"
2 Ramclear
3 Set Debug Off
4 Usepin 9, In
5 Usepin 32, Out
6 Set Ladder On
7 Do
8 Loop
9

```

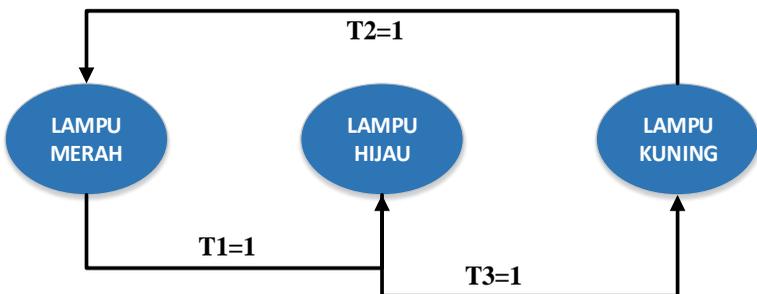
Gambar 3.13 Bahasa Basic pada Cubloc Studio



Gambar 3.14 Ladder Diagram pada Cubloc Studio

3.6.1 *Finite State Machine* Program (Timer sebagai Input)

FSM adalah sebuah metode perancangan sistem control dengan menggambarkan prinsip kerja sistem berdasarkan *state*, *event*, dan *action*. FSM dalam *Traffic Light Simulation Plant* ini menggunakan timer sebagai pemicu. Terdapat T1 sampai T3 untuk memicu aksi sinyal *fix timer* lampu merah, kuning, dan hijau disisi ruas utara-selatan. T4 sampai T6 untuk memicu aksi sinyal *fix timer* lampu merah, kuning, dan hijau ruas barat-timur. T7-T9 adalah timer untuk memicu aksi sinyal *interrupt* lampu merah, kuning, dan hijau ruas utara-selatan. Dan T10-T12 untuk memicu aksi sinyal *interrupt* ruas barat-timur. FSM timer sebagai pemicu adalah seperti gambar 3.15 berikut.



Gambar 3.15 FSM Timer sebagai Input

Tabel Kebenaran Untuk FSM gambar 3.15 terlampir dalam Lampiran A-1. Penyederhanaan dari table kebenaran A-1 adalah :

Untuk sinyal *fix timer* :

Output M1 = Input T2

Output K1 = Input T3

Output H1 = Input T1

Output M2 = Input T5

Output K2 = Input T6

Output H2 = Input T4

Untuk sinyal interruptsi :

Output M1 atau internal relay M7 = Input T8

Output K1 atau internal relay K7 = Input T9

Output H1 atau internal relay H7 = Input T7

Output M2 atau internal relay M8 = Input T11

Output K2 atau internal relay K8 = Input T12

Output H2 atau internal relay H8 = Input T10

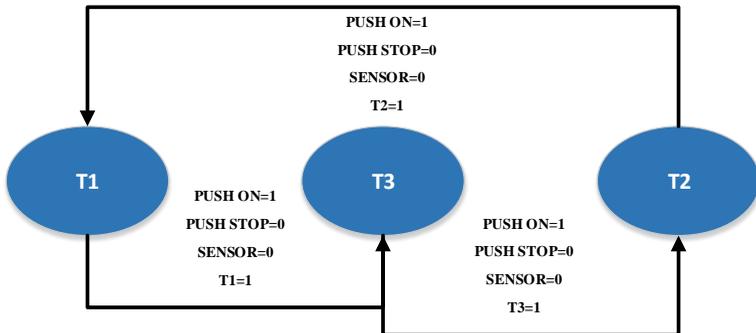
Ladder untuk timer sebagai input adalah seperti gambar 3.16 berikut.



Gambar 3.16 Ladder untuk Timer sebagai Input

3.6.2 *Finite State Machine Program (Timer sebagai Output)*

FSM dalam *Traffic Light Simulation Plant* saat timer sebagai output dan input untuk memicu timer adalah berupa *pushbutton on*, *pushbutton stop*, dan sensor infrared. Inisialisasi Timer adalah seperti FSM diatas. FSM timer sebagai output seperti gambar 3.17 berikut.



Gambar 3.17 FSM Timer sebagai Output

Tabel Kebenaran Untuk FSM gambar 3.17 terlampir dalam Lampiran A-2. Penyederhanaan dari table kebenaran A-2 adalah :

Untuk sinyal *fix timer* :

$$\text{Output } T1=T2=T3=T4=T5=T6 = \text{Input } PO \cdot \bar{S} \cdot \bar{PS}$$

Untuk sinyal interupsi :

$$\text{Output } T7=T8=T9=T10=T11=T12 = \text{Input } PO \cdot S \cdot \bar{PS}$$

*keterangan : PO adalah Push On
S adalah Sensor
PS adalah Push Stop

Ladder untuk timer sebagai output adalah seperti gambar 3.18 berikut.

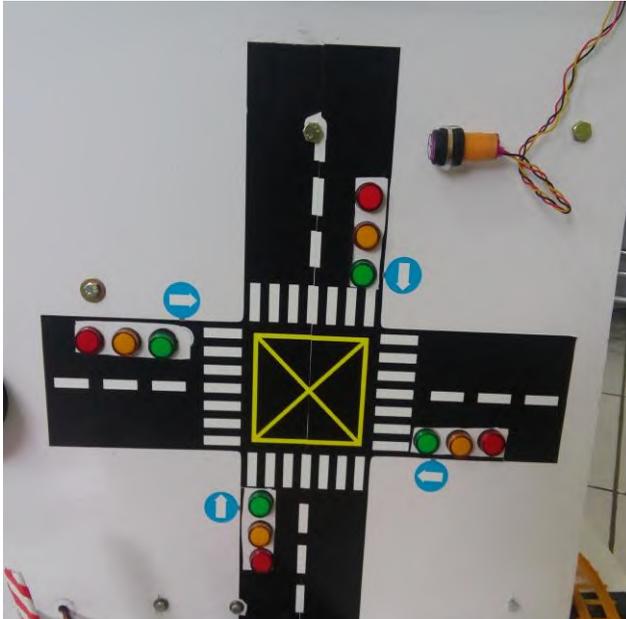


Gambar 3.18 Ladder untuk Timer sebagai Output

3.7 Desain Traffic Light Simulation Plant

Desain untuk perancangan *Traffic Light Simulation Plant* untuk modul praktikum PLC ini dibuat pada perempatan jalan

dengan menggunakan 12 lampu yang terdiri dari warna lampu merah, kuning, dan hijau. Sensor *proximity* diletakkan pada ruas utara jalan yang digunakan untuk detektor objek kendaraan. Desain *hardware* untuk *prototype* pengendalian lampu lalu lintas adalah seperti gambar 3.19 berikut.



Gambar 3.19 *Traffic Light Simulation Plant*

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

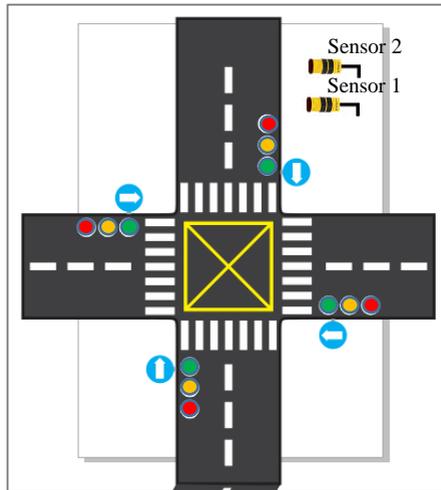
4.1 Desain *Prototype* Untuk Peletakan Sensor

Pada desain sistem mekanik ini dimulai dengan pembuatan desain *prototype* berupa *landscape* jalan raya yang memiliki empat persimpangan yang mana terdapat sensor *proximity* pada salah satu ruas jalan tepatnya di ruas selatan untuk mendeteksi kepadatan kendaraan. Urutan nyala lampu lalu lintas pada perempatan jalan adalah :

- Kondisi pada saat *setting fix timer* (normal)
 1. Ruas selatan-utara menyala lampu merah 4 detik
Ruas barat-timur menyala lampu hijau 3 detik
 2. Ruas selatan-utara menyala hijau 3 detik
Ruas barat-timur menyala kuning 1 detik
 3. Ruas selatan-utara menyala kuning 1 detik
Ruas barat-timur menyala merah 4 detik

- Kondisi pada saat *setting interrupt 1* (macet)
 1. Ruas selatan-utara menyala lampu hijau 15 detik
Ruas barat-timur menyala lampu merah 20 detik
 2. Ruas selatan-utara menyala lampu kuning 5 detik
Ruas barat-timur menyala lampu hijau 5 detik
 3. Ruas selatan-utara menyala lampu merah 10 detik
Ruas barat-timur menyala lampu kuning 5 detik

- Kondisi pada saat *setting interrupt 2* (macet parah)
 1. Ruas selatan-utara menyala lampu hijau 20 detik
Ruas barat-timur menyala lampu merah 25 detik
 2. Ruas selatan-utara menyala lampu kuning 5 detik
Ruas barat-timur menyala lampu hijau 5 detik
 3. Ruas selatan-utara menyala lampu merah 10 detik
Ruas barat-timur menyala lampu kuning 5 detik



Gambar 4.1 Desain *prototype* 2D

Dengan memperhitungkan lebar dan panjang body mobil maka diperoleh data seperti dalam tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Body Mobil

Jenis Mobil	Panjang body (mm)	Lebar body (mm)
APV	4225	1655
Avanza/Xenia	4120	1635
Terios	4405	1695
Rush	4405	1745
Luxio	4165	1665
Grand Max	4045	1655
Honda Freed	4215	1700
Nissan Grand Livina	4420	1690
Inova	4585	1775
L300	4315	1880
	$\bar{p} = 4290$	$\bar{l} = 1710,5$

Dengan asumsi kepadatan mobil untuk kondisi macet sebanyak 3 mobil kearah horizontal dan 6 mobil kearah vertical maka didapat.

Asumsi padat kendaraan (macet):

$$\begin{aligned} 6 \text{ mobil} \times \bar{p} & \quad \text{Jarak antrian } (s_1) = 6 \times 4290\text{mm} \\ & = 25,740\text{mm} \\ & = \sim 26 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi peletakan sensor untuk ruas jalan *real* adalah 26 m terhitung dari *zebra cross* untuk pejalan kaki. Sedangkan pada *plant* yang dibuat adalah 13 cm. Sehingga perbandingan skala yang digunakan adalah 1 : 0,00005.

Pengaturan waktu lampu hijau untuk kondisi macet:

$$V_{\text{standar kec.mobil}} = V_1 = V_2 = 30 \frac{\text{km}}{\text{jam}} = 8,33 \frac{\text{m}}{\text{detik}}$$

$$t_1 = \frac{s_1}{V_1} = \frac{26}{8,33} = 3,1 \text{ detik}$$

$$= \sim 3 \text{ detik} \times 5$$

$$= 15 \text{ detik}$$

Jadi, pengaturan nyala lampu hijau pada kondisi macet adalah 15 detik.

Untuk asumsi kepadatan mobil untuk kondisi macet parah sebanyak 3 mobil kearah horizontal dan 8 mobil kearah vertical maka didapat.

Asumsi padat kendaraan (macet parah):

$$\begin{aligned} 8 \text{ mobil} \times \bar{p} & \quad \text{Jarak antrian } (s_2) = 8 \times 4290\text{mm} \\ & = 34320\text{mm} \\ & = \sim 34 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi peletakan sensor untuk ruas jalan *real* adalah 34 m terhitung dari *zebra cross* untuk pejalan kaki. Sedangkan pada *plant* yang dibuat adalah 17 cm. Sehingga perbandingan skala yang digunakan adalah 1 : 0,00005.

Pengaturan waktu lampu hijau untuk kondisi macet parah:

$$V_{standar\ kec.mobil} = V_1 = V_2 = 30 \frac{km}{jam} = 8,33 \frac{m}{detik}$$

$$t_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{34}{8,33} = 4,1 \text{ detik}$$

$$= \sim 4 \text{ detik} \times 5$$

$$= 20 \text{ detik}$$

Jadi, pengaturan nyala lampu hijau pada kondisi macet adalah 20 detik.

4.2 Uji Komponen Sistem

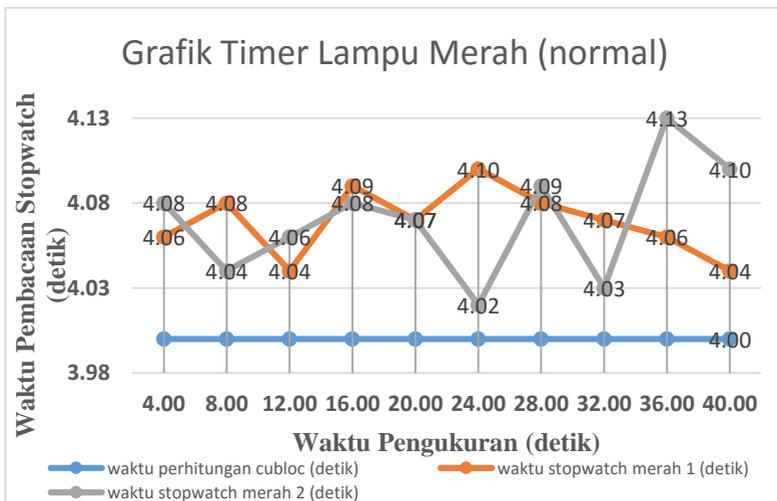
Pada tugas akhir sistem pengendalian *timer* lampu lalu lintas ini dilakukan uji komponen sistem dengan melakukan uji *timer* plc berdasarkan sensor infrared dan uji coba pengendalian *plant* secara menyeluruh untuk selanjutnya dilakukan analisis terhadap hasil pengujian tersebut. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui performansi alat secara keseluruhan. Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan pada perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

4.2.1 Pengujian *Timer* Pada *Cubloc*

Untuk mengetahui perhitungan karakteristik pewaktu pada *cubloc* maka dilakukan dengan membandingkan perhitungan waktu yang terdapat dalam *cubloc* plc dengan stopwatch manual yang digunakan sebagai kalibrator. Berikut ini merupakan hasil pengukuran dan didapatkan data sebagai berikut.

A. Pengujian *Timer* untuk kondisi normal Pengujian *Timer* untuk lampu merah

Dari data tabel B-3 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu merah 1 sebesar 1.73% dan 1.75% untuk lampu merah 2. Diketahui bahwa *error* maksimal dari suatu alat agar dapat dikatakan layak adalah 2%. Dan dari data pengujian *timer* cuboc menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil yaitu kurang dari 2%. Berikut ini merupakan gambar grafik berdasarkan tabel B-3.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Merah

Dari grafik pada gambar 4.2 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan. Selisih perhitungan *timer* yang terjadi antara cubloc dan stopwatch hanya berkisar milidetik. Sehingga Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran.

Tabel 4.2 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 1 (kondisi normal)

Nyala Lampu Merah 1		$M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}}$	$(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
4.00	4.06	0.06	0.00
	4.08	0.08	0.01
	4.04	0.04	0.00
	4.09	0.09	0.01
	4.07	0.07	0.00
	4.10	0.10	0.01
	4.08	0.08	0.01
	4.07	0.07	0.00
	4.06	0.06	0.00
	4.04	0.04	0.00
$\overline{M_{1\ plc}} = 4.00$	$\overline{M_{1\ stwc}} = 4.07$	$\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})}{\overline{M_{1\ plc}}} = 0.69$	$\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})^2}{\overline{M_{1\ plc}}^2} = 0.05$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})^2}{n-1}}$$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.05}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{lampu\ merah\ 1} = 0,03$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.2 untuk lampu merah 1 pada kondisi normal adalah sebesar 0,03 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu merah 1 ini terhadap *setting timer cubloc* adalah $\pm 0,03$.

Tabel 4.3 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 2 (kondisi normal)

Nyala Lampu Merah 2		$M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}}$	$(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
4.00	4.06	0.06	0.00
	4.08	0.08	0.01
	4.07	0.07	0.00
	4.02	0.02	0.00
	4.09	0.09	0.01
	4.03	0.03	0.00
	4.13	0.13	0.02
	4.10	0.10	0.01
	4.08	0.08	0.01
	4.04	0.04	0.00
$\overline{M_{2\ plc}} = 4.00$	$\overline{M_{2\ stwc}} = 4.07$	$\frac{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})}{M_{2\ plc}} = 0.70$	$\frac{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2}{M_{2\ plc}} = 0.06$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2}{n-1}}$$

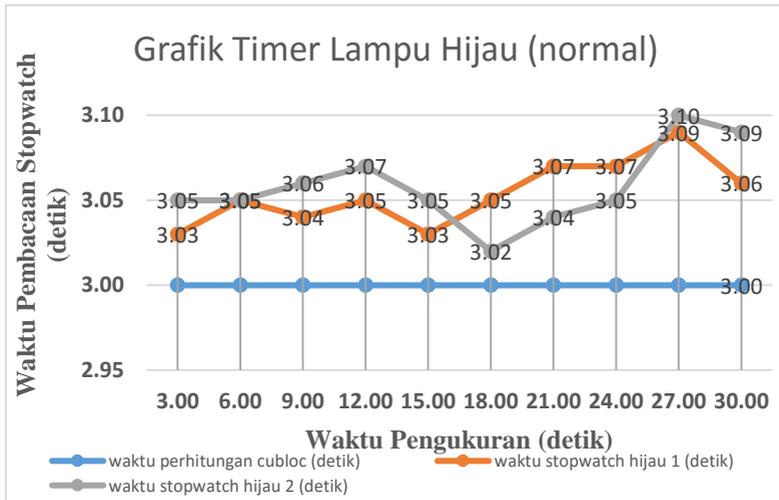
$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.06}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu merah 2}} = 0,03$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.3 untuk lampu merah 2 adalah sebesar 0,03 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu merah 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,03$. Koreksi ini memiliki hasil yang sama dengan koreksi untuk lampu merah 1.

Pengujian Timer untuk Lampu Hijau

Dari data tabel B-4 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu hijau sebesar 1.80% untuk lampu hijau 1 dan 1.93% untuk lampu hijau 2, ini menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil yaitu kurang dari 2%. Berikut ini merupakan gambar grafik berdasarkan tabel B-4.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Hijau

Dari grafik pada gambar 4.3 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan. Selisih perhitungan *timer* yang terjadi antara cubloc dan stopwatch hanya berkisar milidetik. Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran.

Tabel 4.4 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 1 (kondisi normal)

Nyala Lampu Hijau 1		$H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}}$	$(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
03.00	3.03	1.06	1.12
	3.05	1.08	1.17
	3.04	0.04	0.00
	3.05	0.05	0.00
	3.03	0.03	0.00
	3.05	0.05	0.00
	3.07	0.07	0.00
	3.07	0.07	0.00
	3.09	0.09	0.01
	3.06	0.06	0.00
$\overline{H_{1\ plc}} = 03.00$	$\overline{H_{1\ stwc}} = 03.05$	$\frac{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})}{10} = 2.60$	$\frac{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2}{10} = 2.32$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2}{n-1}}$$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{2.32}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu hijau 1}} = 0.17$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.4 untuk lampu Hijau 1 adalah sebesar 0.17 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu hijau 1 terhadap *setting timer* cubloc adalah ± 0.17 .

Tabel 4.5 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 2 (kondisi normal)

Nyala Hijau 2		$H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}}$	$(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
03.00	3.05	1.08	1.17
	3.05	0.05	0.00
	3.06	0.06	0.00
	3.07	0.07	0.00
	3.05	0.05	0.00
	3.02	0.02	0.00
	3.04	0.04	0.00
	3.05	0.05	0.00
	3.10	0.10	0.01
	3.09	0.09	0.01
$\overline{H_{2\ plc}} = 03.00$	$\overline{H_{2\ stwc}} = 03.06$	$\frac{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})}{H_{2\ plc}} = 1.61$	$\frac{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2}{H_{2\ plc}} = 1.20$

$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \sqrt{\frac{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2}{n-1}}$$

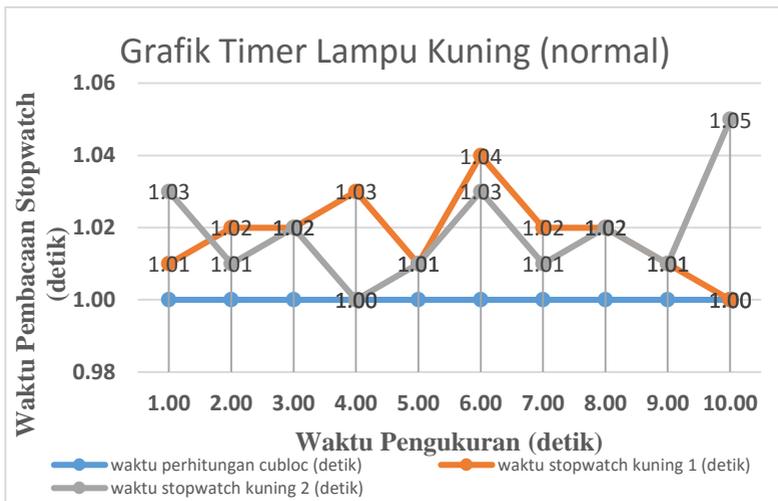
$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{1.20}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu hijau 2}} = 0.12$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.5 untuk lampu hijau 2 adalah sebesar 0.12 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu hijau 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah ± 0.12 .

Pengujian Timer untuk Lampu Kuning

Dari data tabel B-5 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu kuning sebesar 1.80% untuk lampu kuning 1 dan 1.90% untuk lampu kuning 2, ini menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil yaitu kurang dari 2%. Berikut merupakan grafik berdasarkan tabel B-5.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Kuning

Dari grafik pada gambar 4.4 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan. Selisih yang terjadi antara perhitungan *timer* cubloc dan *stopwatch* adalah beberapa milidetik. Selisih yang sangat kecil. Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran.

Tabel 4.6 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 1 (kondisi normal)

Nyala Lampu Kuning 1		$K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}}$	$(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
1.00	1.01	3.06	9.36
	1.02	3.08	9.49
	1.02	0.02	0.00
	1.03	0.03	0.00
	1.01	0.01	0.00
	1.04	0.04	0.00
	1.02	0.02	0.00
	1.02	0.02	0.00
	1.01	0.01	0.00
	1.00	0.00	0.00
$\overline{K_{1\ plc}} = 1.00$	$\overline{K_{1\ stwc}} = 1.02$	$\frac{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})}{\overline{K_{1\ plc}}} = 6.29$	$\frac{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2}{\overline{K_{1\ plc}}^2} = 18.85$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2}{n-1}}$$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{18.85}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu kuning 1}} = 0,48$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.6 untuk lampu kuning 1 adalah sebesar 0,48 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu kuning 1 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,48$.

Tabel 4.7 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 2 (kondisi normal)

Nyala Lampu Kuning 2		$K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}}$	$(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
1.00	1.03	3.08	9.49
	1.01	0.01	0.00
	1.02	0.02	0.00
	1.00	0.00	0.00
	1.01	0.01	0.00
	1.03	0.03	0.00
	1.01	0.01	0.00
	1.02	0.02	0.00
	1.01	0.01	0.00
	1.05	0.05	0.00
$\overline{K_{2\ plc}} = 1.00$	$\overline{K_{2\ stwc}} = 1,02$	$\frac{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})}{\overline{K_{2\ plc}}} = 3.24$	$\frac{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2}{\overline{K_{2\ plc}}^2} = 9.49$

$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2}}{n-1}$$

$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{9.49}}{10 - 1}$$

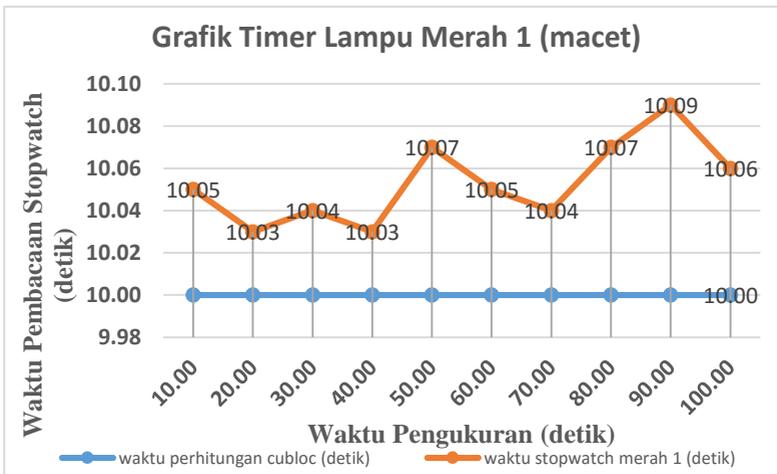
$$\sigma_{\text{lampu kuning 2}} = 0,34$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.7 untuk lampu kuning 2 adalah sebesar 0,34 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu kuning 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,34$.

B. Pengujian *Timer* untuk kondisi macet

Pengujian *Timer* untuk Lampu Merah

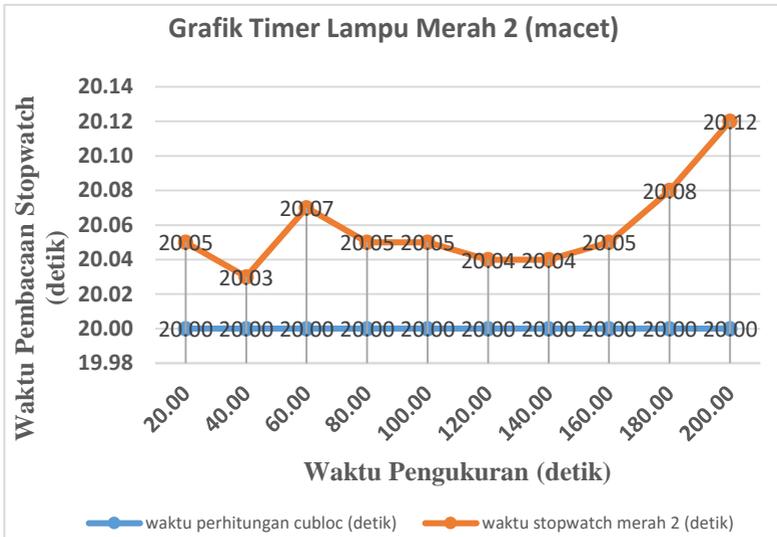
Dari data tabel B-6 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu merah sebesar 0,53% untuk lampu merah 1 dan 0.29% untuk lampu merah 2, ini menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil yaitu kurang dari 2%. Berikut ini merupakan grafik berdasarkan tabel B-6 untuk lampu merah 1 dengan *set point* 10 detik.



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Merah 1

Dari grafik pada gambar 4.5 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan dan didapatkan kesimpulan untuk selisih perhitungan *timer* yaitu bernilai beberapa milidetik.

Berikut ini merupakan grafik berdasarkan tabel B-6 untuk lampu merah 2 dengan *set point* 20 detik.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Merah 2

Dari grafik pada gambar 4.6 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan. Selisih perhitungan *timer* yang terjadi antara cubloc dan stopwatch hanya berkisar milidetik. Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran.

Tabel 4.8 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 1 (kondisi macet)

Nyala Lampu Merah 1		$M_{1\ stwc} - \overline{M}_{1\ plc}$	$(M_{1\ stwc} - \overline{M}_{1\ plc})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
10.00	10.05	0.05	0.00
	10.03	0.03	0.00
	10.04	0.04	0.00
	10.03	0.03	0.00

Lanjutan dari **Tabel 4.8** Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 1 (kondisi macet)

Nyala Lampu Merah 1		$M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}}$	$(\frac{M_{1\ stwc}}{\overline{M_{1\ plc}}} - 1)^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
10.00	10.07	0.07	0.00
	10.05	0.05	0.00
	10.04	0.04	0.00
	10.07	0.07	0.00
	10.09	0.09	0.01
	10.06	0.06	0.00
$\overline{M_{1\ plc}} = 10.00$	$\overline{M_{1\ stwc}} = 10.05$	$\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})}{\overline{M_{1\ plc}}} = 0.53$	$\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})^2}{\overline{M_{1\ plc}}^2} = 0.03$

$$(\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})^2}{n-1}}}{\overline{M_{1\ plc}}}$$

$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{0.03}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu merah 1}} = 0,02$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.8 untuk lampu merah 1 adalah sebesar 0,02 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu merah 1 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,02$.

Tabel 4.9 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 2 (kondisi macet)

Nyala Lampu Merah 2		$M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}}$	$(\frac{M_{2\ stwc}}{\overline{M_{2\ plc}}} - 1)^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
20.00	20.05	0.05	0.00
	20.03	0.03	0.00

Lanjutan dari **Tabel 4.9** Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 2 (kondisi macet)

Nyala Lampu Merah 2		$M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}}$	$(\frac{M_{2\ stwc}}{M_{2\ plc}} - 1)^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
20.00	20.07	0.07	0.00
	20.05	0.05	0.00
	20.05	0.05	0.00
	20.04	0.04	0.00
	20.04	0.04	0.00
	20.05	0.05	0.00
	20.08	0.08	0.01
	20.12	0.12	0.01
$\overline{M_{2\ plc}} = 20.00$	$\overline{M_{2\ stwc}} = 20.06$	$\frac{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})}{M_{2\ plc}} = 0.58$	$\frac{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2}{M_{2\ plc}^2} = 0.04$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2}{n-1}}$$

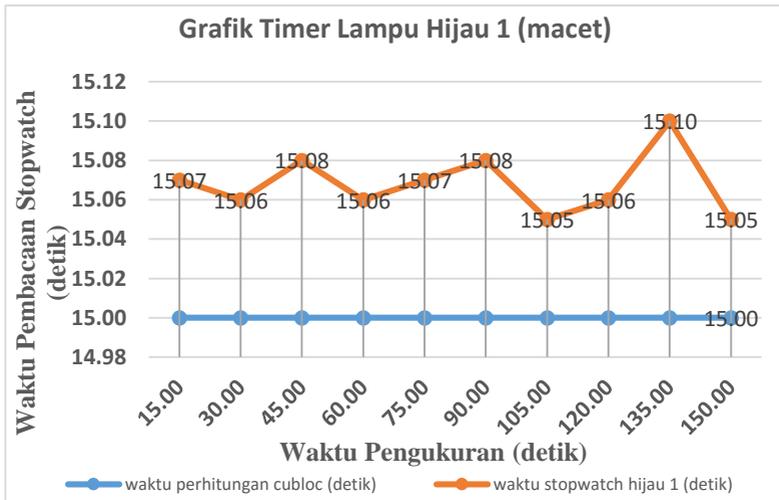
$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.04}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu merah 2}} = 0,02$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.9 untuk lampu merah 2 adalah sebesar 0,02 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu merah 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,02$.

Pengujian Timer untuk Lampu Hijau

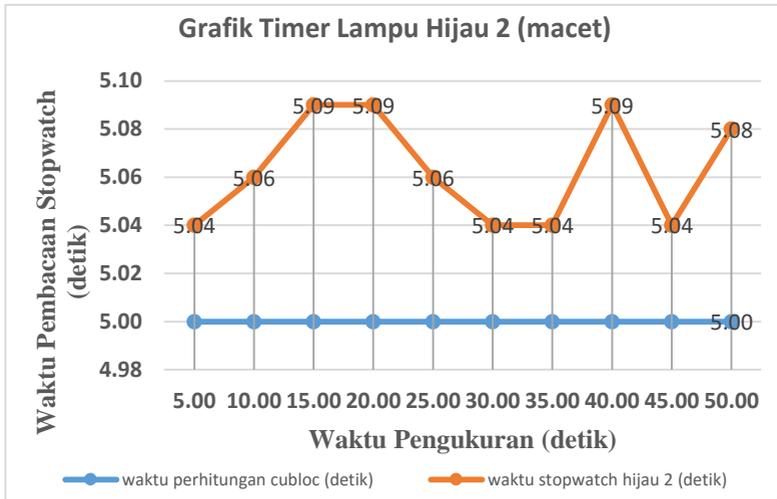
Dari data tabel B-7 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu hijau sebesar 0,45% untuk lampu hijau 1 dan 1.26% untuk lampu hijau 2, ini menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil dan kurang dari 2%. Berikut ini merupakan grafik berdasarkan tabel B-7 untuk lampu hijau 1 (kondisi macet) dengan *set point* 15 detik.



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Hijau 1

Dari grafik pada gambar 4.7 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan dan didapatkan nilai selisih perhitungan *timer* yaitu bernilai sangat kecil yaitu beberapa milidetik.

Berikut ini merupakan grafik berdasarkan tabel B-7 untuk lampu hijau 2 dengan *set point* 5 detik.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan *Timer Lampu Hijau 2*

Dari grafik pada gambar 4.7 dan gambar 4.8 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan.

Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran untuk lampu hijau.

Tabel 4.10 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 1 (kondisi macet)

Nyala Lampu Hijau 1		$H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}}$	$\left(\frac{H_{1\ stwc}}{\overline{H_{1\ plc}}}\right)^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
15.00	15.07	0.07	0.00
	15.06	0.06	0.00
	15.08	0.08	0.01
	15.06	0.06	0.00
	15.07	0.07	0.00

Lanjutan dari **Tabel 4.10** Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 1 (kondisi macet)

Nyala Lampu Hijau 1		$H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}}$	$(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
15.00	15.08	0.08	0.01
	15.05	0.05	0.00
	15.06	0.06	0.00
	15.10	0.10	0.01
	15.05	0.05	0.00
$\overline{H_{1\ plc}} = 15.00$	$\overline{H_{1\ stwc}} = 15.07$	$\frac{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})}{H_{1\ plc}} = 0.68$	$\frac{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2}{H_{1\ plc}^2} = 0.05$

$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2}}{n-1}$$

$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{0.05}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu hijau 1}} = 0,02$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.10 untuk lampu hijau 1 (kondisi macet) adalah sebesar 0,02 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu hijau ini 1 terhadap *setting timer cubloc* adalah $\pm 0,02$.

Tabel 4.11 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 2 (kondisi macet)

Nyala Lampu Hijau 2		$H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}}$	$(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
5.00	5.04	0.04	0.00
	5.06	0.06	0.00
	5.09	0.09	0.01
	5.09	0.09	0.01
	5.06	0.06	0.00
	5.04	0.04	0.00
	5.04	0.04	0.00
	5.09	0.09	0.01
	5.04	0.04	0.00
	5.08	0.08	0.01
$\overline{H_{2\ plc}} = 5.00$	$\overline{H_{2\ stwc}} = 5.06$	$\frac{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})}{H_{2\ plc}} = 0.63$	$\frac{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2}{H_{2\ plc}} = 0.04$

$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2}}{n-1}$$

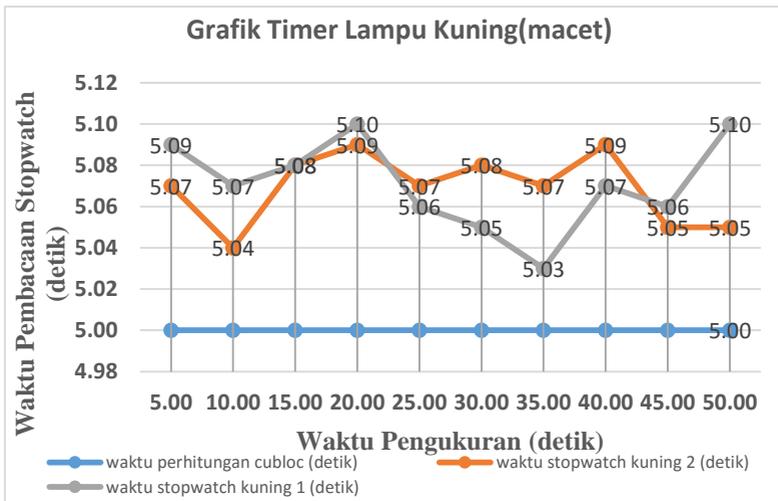
$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{0.04}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu hijau 2}} = 0,02$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.11 untuk lampu hijau 2 adalah sebesar 0,02 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu hijau 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,02$.

Pengujian Timer untuk Lampu Kuning

Dari data tabel B-8 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu kuning sebesar 1.42% untuk lampu kuning 1 dan 1.38% untuk lampu kuning 2, ini menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil dan kurang dari 2%. Berikut ini merupakan grafik untuk hasil perbandingan perhitungan *timer* untuk lampu kuning dengan *set point* 5 detik.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Kuning

Dari grafik pada gambar 4.9 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan. Selisih perhitungan antara *timer* cubloc, *timer* lampu kuning 1, dan *timer* lampu kuning 2 sangat kecil yaitu berkisar di milidetik.

Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran *timer* lampu kuning.

Tabel 4.12 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 1 (kondisi macet)

Nyala Lampu Kuning 1		$K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}}$	$(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
5.00	5.09	0.09	0.01
	5.07	0.07	0.00
	5.08	0.08	0.01
	5.10	0.10	0.01
	5.06	0.06	0.00
	5.05	0.05	0.00
	5.03	0.03	0.00
	5.07	0.07	0.00
	5.06	0.06	0.00
	5.10	0.10	0.01
$\overline{K_{1\ plc}} = 5.00$	$\overline{K_{1\ stwc}} = 5.07$	$\frac{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})}{K_{1\ plc}} = 0.71$	$\frac{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2}{K_{1\ plc}^2} = 0.05$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2}}{n-1}$$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.05}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu kuning 1}} = 0,03$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.12 untuk lampu kuning 1 adalah sebesar 0,03 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu kuning 1 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,03$.

Tabel 4.13 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 2 (kondisi macet)

Nyala Lampu Kuning 2		$K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}}$	$(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
5.00	5.07	0.07	0.00
	5.04	0.04	0.00
	5.08	0.08	0.01
	5.09	0.09	0.01
	5.07	0.07	0.00
	5.08	0.08	0.01
	5.07	0.07	0.00
	5.09	0.09	0.01
	5.05	0.05	0.00
	5.05	0.05	0.00
$\overline{K_{2\ plc}} = 5.00$	$\overline{K_{2\ stwc}} = 5.07$	$\frac{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})}{K_{2\ plc}} = 0.69$	$\frac{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2}{K_{2\ plc}} = 0.05$

$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \sqrt{\frac{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2}{n-1}}$$

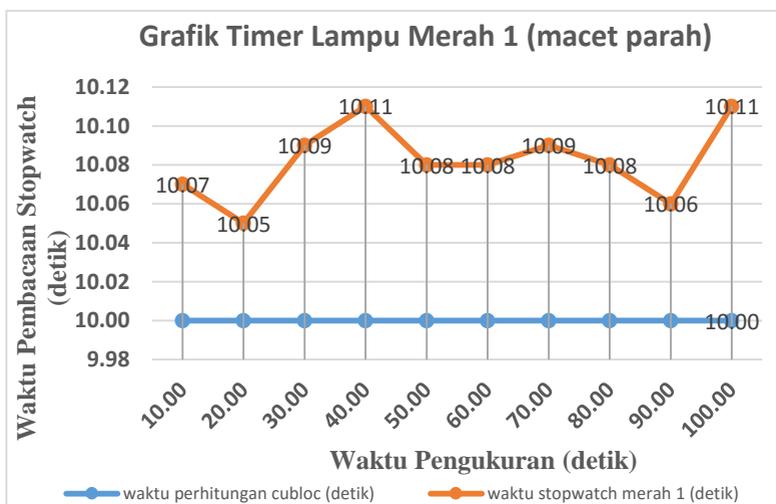
$$\sigma (\text{Standart Deviasi Koreksi}) = \frac{\sqrt{0.05}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu kuning 2}} = 0,02$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.13 untuk lampu kuning 2 adalah sebesar 0,02 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu kuning 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,02$.

C. Pengujian Timer untuk kondisi macet parah Pengujian untuk lampu merah

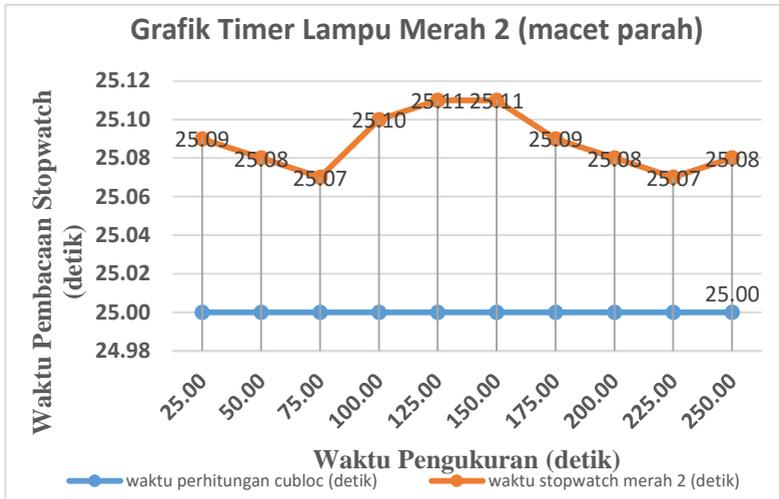
Dari data tabel B-9 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu merah sebesar 0,82% untuk lampu merah 1 dan 0.35% untuk lampu merah 2, ini menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil dan kurang dari 2%. Berikut merupakan grafik untuk lampu merah 1 kondisi macet parah dengan *set point* 10 detik berdasarkan tabel B-9.



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Merah 1

Dari grafik pada gambar 4.10 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan dan didapatkan nilai selisih perhitungan *timer* yaitu bernilai sangat kecil yaitu beberapa milidetik.

Berikut ini merupakan grafik berdasarkan tabel B-9 untuk lampu merah 2 dengan *set point* 25 detik.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Merah 2

Dari grafik pada gambar 4.11 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan.

Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran.

Tabel 4.14 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 1 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Merah 1		$M_{1\ stwc} - \overline{M}_{1\ plc}$	$(M_{1\ stwc} - \overline{M}_{1\ plc})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
10.00	10.07	0.07	0.00
	10.05	0.05	0.00
	10.09	0.09	0.01
	10.11	0.11	0.01
	10.08	0.08	0.01
	10.08	0.08	0.01
	10.09	0.09	0.01

Lanjutan dari **Tabel 4.14** Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 1 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Merah 1		$M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}}$	$(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
10.00	10.09	0.09	0.01
	10.08	0.08	0.01
	10.06	0.06	0.00
	10.11	0.11	0.01
$\overline{M_{1\ plc}} = 10.00$	$\overline{M_{1\ stwc}} = 10.08$	$\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})}{\overline{M_{1\ plc}}} = 0.82$	$\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})^2}{\overline{M_{1\ plc}}^2} = 0.07$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(M_{1\ stwc} - \overline{M_{1\ plc}})^2}{n-1}}$$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.07}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{lampu\ merah\ 1} = 0,03$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.14 untuk lampu merah 1 adalah sebesar 0,03 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu merah 1 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,03$.

Tabel 4.15 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 2 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Merah 2		$M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}}$	$(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
25.00	25.09	0.09	0.01
	25.08	0.08	0.01
	25.07	0.07	0.00
	25.10	0.10	0.01

Lanjutan dari **Tabel 4.15** Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Merah 2 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Merah 2		$M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}}$	$(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
25.00	25.11	0.11	0.01
	25.11	0.11	0.01
	25.09	0.09	0.01
	25.08	0.08	0.01
	25.07	0.07	0.00
	25.08	0.08	0.01
$\overline{M_{2\ plc}} = 25.00$	$\overline{M_{2\ stwc}} = 25.09$	$\frac{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})}{M_{2\ plc}} = 0.88$	$\frac{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2}{M_{2\ plc}^2} = 0.08$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{\sum(M_{2\ stwc} - \overline{M_{2\ plc}})^2}}{n-1}$$

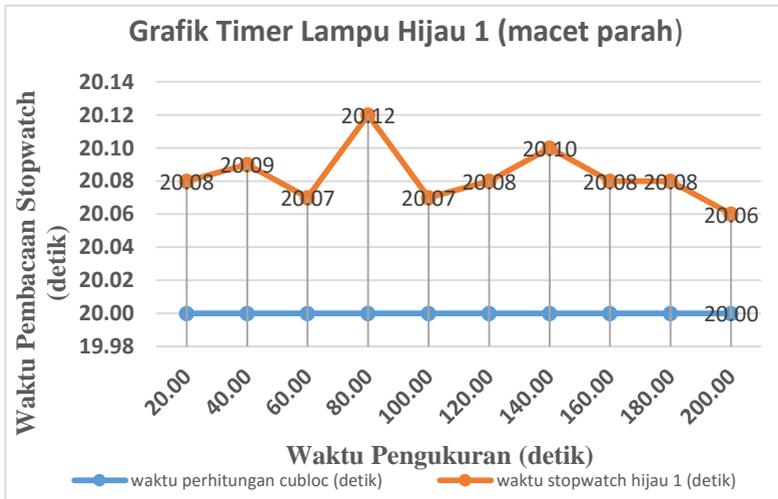
$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.08}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu merah 2}} = 0,03$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.15 untuk lampu merah 2 adalah sebesar 0,03 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu merah 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,03$.

Pengujian Timer untuk Lampu Hijau

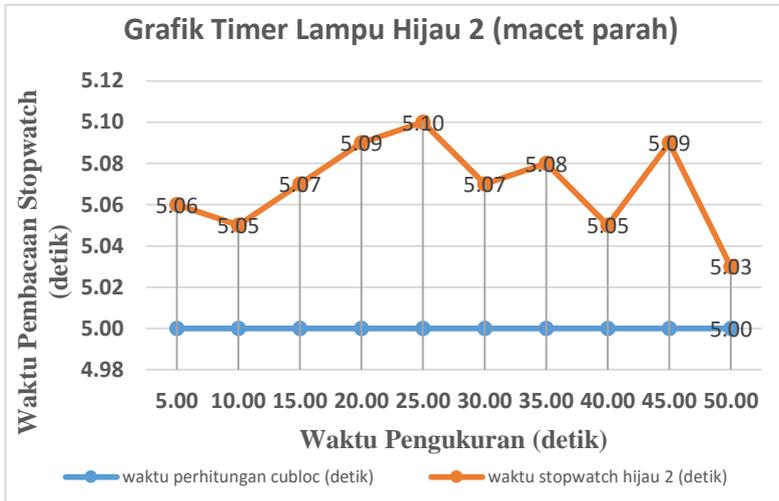
Dari data tabel B-10 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu hijau sebesar 0,41% untuk lampu hijau 1 dan 1,38% untuk lampu hijau 2, ini menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil dan kurang dari 2%. Berikut merupakan grafik untuk menunjukkan perbandingan *timer* antara cubloc plc dan *stopwatch* manual untuk lampu hijau 1 (kondisi macet parah) dengan *setpoint* 20 detik berdasarkan tabel B-10.



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Hijau 1

Dari grafik pada gambar 4.12 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan. Selisih pembacaan dari kedua hasil perhitungan sangat kecil yaitu berkisar milidetik.

Berikut merupakan grafik perbandingan *timer* untuk lampu hijau 2 (kondisi macet parah) dengan *setpoint* 5 detik berdasarkan tabel B-10.



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Hijau 2

Dari grafik pada gambar 4.13 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan.

Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran.

Tabel 4.16 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 1 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Hijau 1		$H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}}$	$(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
20.00	20.08	0.08	0.01
	20.09	0.09	0.01
	20.07	0.07	0.00
	20.12	0.12	0.01

Lanjutan dari **Tabel 4.16** Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 1 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Hijau 1		$H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}}$	$(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
20.00	20.07	0.07	0.00
	20.08	0.08	0.01
	20.10	0.10	0.01
	20.08	0.08	0.01
	20.08	0.08	0.01
	20.06	0.06	0.00
$\overline{H_{1\ plc}} = 20.00$	$\overline{H_{1\ stwc}} = 20.08$	$\frac{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})}{\overline{H_{1\ plc}}} = 0.83$	$\frac{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2}{\overline{H_{1\ plc}}^2} = 0.07$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(H_{1\ stwc} - \overline{H_{1\ plc}})^2}{n-1}}$$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.07}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{lampu\ hijau\ 1} = 0,03$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.16 untuk lampu hijau 1 adalah sebesar 0,03 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu merah 1 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,03$.

Tabel 4.17 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 2 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Hijau 2		$H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}}$	$(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
5.00	5.06	0.06	0.00
	5.05	0.05	0.00
	5.07	0.07	0.00
	5.09	0.09	0.01

Lanjutan dari **Tabel 4.17** Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Hijau 2(kondisi macet parah)

Nyala Lampu Hijau 2		$H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}}$	$(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
5.00	5.10	0.10	0.01
	5.07	0.07	0.00
	5.08	0.08	0.01
	5.05	0.05	0.00
	5.09	0.09	0.01
	5.03	0.03	0.00
$\overline{H_{2\ plc}} = 5.00$	$\overline{H_{2\ stwc}} = 5.07$	$\frac{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})}{H_{2\ plc}} = 0.69$	$\frac{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2}{H_{2\ plc}^2} = 0.05$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(H_{2\ stwc} - \overline{H_{2\ plc}})^2}{n-1}}$$

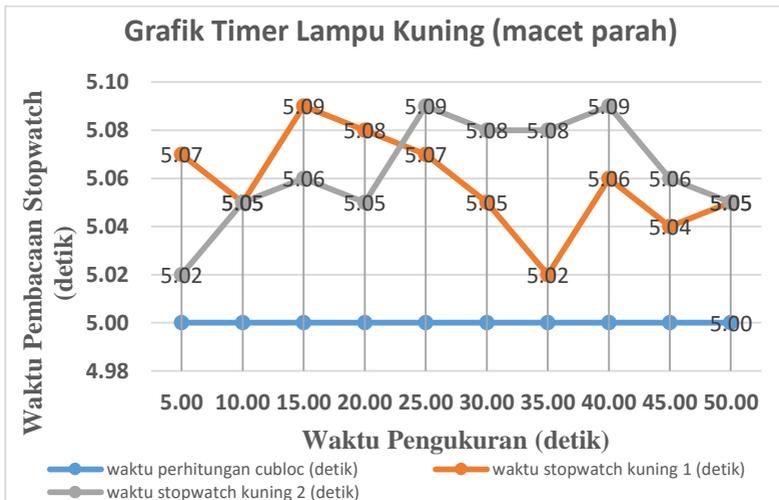
$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.05}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{lampu\ hijau\ 2} = 0,03$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.17 untuk lampu hijau 2 adalah sebesar 0,03 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu hijau 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,03$. Hasil standar deviasi ini sama dengan standar deviasi untuk lampu hijau 1 yaitu 0,03.

Pengujian Timer untuk Lampu Kuning

Dari data tabel B-11 yang terdapat dalam lampiran B didapatkan *error* untuk timer lampu kuning sebesar 1.16% untuk lampu kuning 1 dan 1.26% untuk lampu kuning 2, ini menunjukkan bahwa cubloc dapat dikatakan layak karena *error* yang dihasilkan kecil dan kurang dari 2%. Berikut merupakan grafik perbandingan *timer* antara cubloc dan *stopwatch* untuk lampu kuning 1 dan 2 dengan *setpoint* 5 detik.



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan *Timer* Lampu Kuning

Dari grafik pada gambar 4.14 diketahui nilai pembacaan yang fluktuatif untuk hasil pembacaan *stopwatch* yang dilakukan 10 kali perulangan dengan hasil selisih berkisar milidetik.

Berikut ini merupakan tabel koreksi rata-rata untuk mengetahui ketidakpastian pengukuran pada lampu kuning (kondisi macet parah).

Tabel 4.18 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 1 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Kuning 1		$K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}}$	$(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
5.00	5.07	0.07	0.00
	5.05	0.05	0.00
	5.09	0.09	0.01
	5.08	0.08	0.01
	5.07	0.07	0.00
	5.05	0.05	0.00
	5.02	0.02	0.00
	5.06	0.06	0.00
	5.04	0.04	0.00
	5.05	0.05	0.00
$\overline{K_{1\ plc}} = 5.00$	$\overline{K_{1\ stwc}} = 5.06$	$\frac{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})}{K_{1\ plc}} = 0.58$	$\frac{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2}{K_{1\ plc}^2} = 0.04$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{\sum(K_{1\ stwc} - \overline{K_{1\ plc}})^2}}{n-1}$$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.04}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu kuning 1}} = 0,02$$

Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.18 untuk lampu kuning 1 adalah sebesar 0,02 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu kuning 1 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,02$.

Tabel 4.19 Tabel Ketidakpastian Pengukuran Lampu Kuning 2 (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Kuning 2		$K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}}$	$(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2$
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)		
5.00	5.02	0.02	0.00
	5.05	0.05	0.00
	5.06	0.06	0.00
	5.05	0.05	0.00
	5.09	0.09	0.01
	5.08	0.08	0.01
	5.08	0.08	0.01
	5.09	0.09	0.01
	5.06	0.06	0.00
	5.05	0.05	0.00
$\overline{K_{2\ plc}} = 5.00$	$\overline{K_{2\ stwc}} = 5.06$	$\frac{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})}{10} = 0.63$	$\frac{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2}{10} = 0.04$

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \sqrt{\frac{\sum(K_{2\ stwc} - \overline{K_{2\ plc}})^2}{n-1}}$$

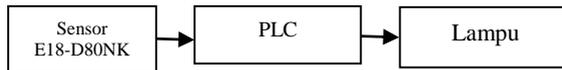
$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{0.04}}{10 - 1}$$

$$\sigma_{\text{lampu kuning 2}} = 0,02$$

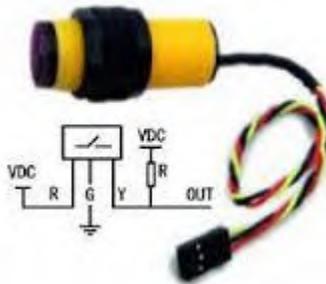
Didapatkan hasil standar deviasi berdasarkan tabel 4.19 untuk lampu kuning 2 adalah sebesar 0,02 sehingga, koreksi yang diperbolehkan untuk lampu kuning 2 terhadap *setting timer* cubloc adalah $\pm 0,02$.

4.2.2 Pengujian Sensor E18-D80NK

Dalam pengujian sensor E18-D80NK, masukan sensor E18-D80NK adalah dari adanya halangan objek dengan delay 2 detik. Halangan ini diasumsikan sebagai sebuah mobil yang sedang berhenti pada ruas jalan tersebut sehingga menunjukkan bahwa keadaan jalan pada ruas jalan tersebut padat. Ini karena peletakan sensor yang jauh dari zebra cross.



Gambar 4.15 Diagram Blok Sensor E18-D80NK



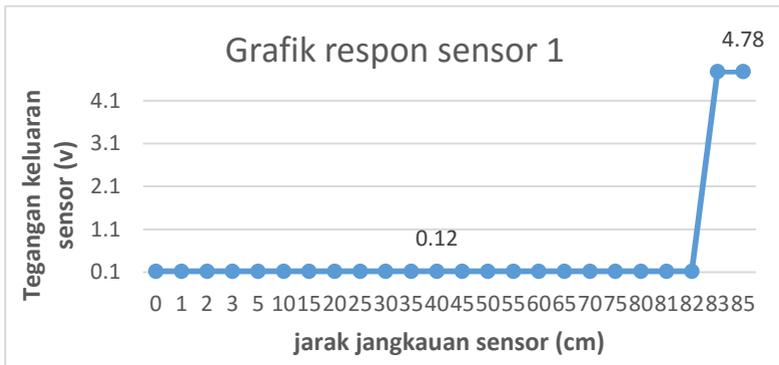
Gambar 4.16 Sensor E18-D80NK

Tabel 4.20 Konfigurasi Pin pada Sensor E18-D80NK

No.	Kabel	Pin Arduino
1	Merah	Vcc
2	Kuning	Out
3	Hijau	Ground

Setelah dilakukan pengujian jangkauan sensor didapatkan data sebagai berikut berikut :

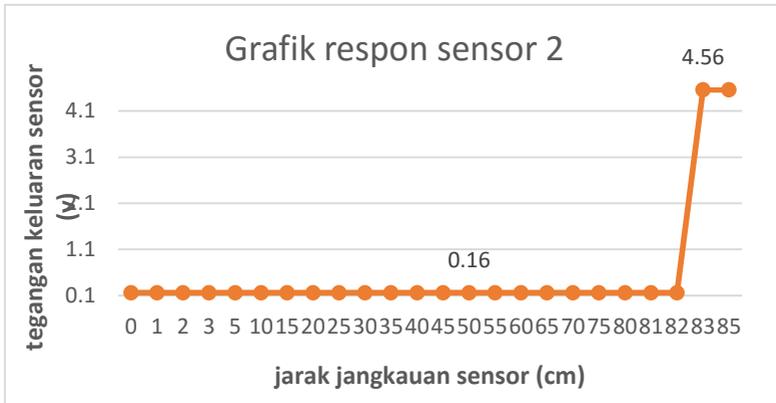
Dari data tabel B-12 yang terdapat dalam lampiran B dapat disimpulkan bahwa jangkauan maksimal dari sensor “1” (sensor untuk kondisi macet) dapat terbaca adalah 82 cm. Pada plant diatur jarak jangkauan ideal sensor adalah maksimum 15 cm. Berdasarkan data tabel B-12 dihasilkan grafik perbandingan respon antara tegangan keluaran dan jarak jangkauan seperti berikut.



Gambar 4.17 Grafik Respon Sensor 1

Dari data tabel B-13 yang terdapat dalam lampiran B dapat disimpulkan bahwa jangkauan maksimal dari sensor “2” (sensor untuk kondisi macet parah) dapat terbaca adalah 81 cm. Pada plant diatur jarak jangkauan ideal sensor adalah maksimum 15 cm.

Berdasarkan data tabel B-13 dihasilkan grafik perbandingan respon antara tegangan keluaran dan jarak jangkauan seperti gambar 4.18 berikut.



Gambar 4.18 Grafik respon sensor 2

4.2.3 Karakteristik Statik Sensor E18-D80NK

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian sensor E18-D80NK pada tabel 4.12 menghasilkan data karakteristik static sebagai berikut :

A. Sensor 1 (untuk kondisi macet)

- Range : 0,12 V- 4,78 V (0 cm-82 cm)
- Span : 4,66 V (82 cm)
- Resolusi : 0,01
- Sensitivitas : $\frac{\text{output}}{\text{input}}$
 $= \frac{4,78 \text{ V}}{5,00 \text{ V}} = 0,96 = 96\%$

B. Sensor 2 (untuk kondisi macet parah)

- Range : 0,16 V- 4,56 V (0 cm-81 cm)
- Span : 4,40 V (81 cm)
- Resolusi : 0,01
- Sensitivitas : $\frac{\text{output}}{\text{input}}$
 $= \frac{4,56 \text{ V}}{5,00 \text{ V}} = 0,91 = 91\%$

Pengaturan set point ini didasarkan dari keterbatasan plant yang hanya berukuran 70 cm x 80 cm yang juga disesuaikan dengan luas area masing masing sensor yang terbatas atau ditempatkan di area depan plant sehingga ditakutkan mengganggu sistem apabila jangkauan pemancaran sensor terlalu jauh. Berikut adalah hasil percobaan pencapaian set point pada masing-masing sensor:

Tabel 4.21 Respon Jaungkauan Sensor E18-D80NK

No	Jarak	Sensor E18-D80NK
1	3 cm	On
2	5 cm	On
3	10 cm	On
4	15 cm	On
5	18 cm	Off

Dari tabel 4.21 dapat disimpulkan Sensor telah bekerja sesuai dengan jangkauan maksimumnya yaitu sejauh 15 cm. Untuk Tegangan keluaran ketika terhalangi dan tidak terhalangi pada masing- masing sensor dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.22 Tegangan Keluaran Sensor E18-D80NK

No	Sensor	Tak Terhalangi	Terhalangi
1	Sensor 1	4,78 V	0,12 V
2	Sensor 2	4,56 V	0,16 V

Dari tabel 4.22 dapat disimpulkan bahwa tegangan keluaran ketika sensor tidak terhalangi hampir mendekati 5V dan ketika terhalangi sensor mengeluarkan tegangan hampir mendekati 0V.

4.3 Pembahasan

Traffic Light Simulation Plant ini dirancang dengan menggunakan sensor infrared E18-D80NK sebagai detektor kondisi kepadatan pada suatu ruas jalan sehingga pengendalian

lampu dilakukan menggunakan sinyal interupsi yaitu sinyal pengalihan instruksi dengan nyala lampu diatur lebih lama untuk lampu hijau di ruas padat. Pengendalian ini menggunakan Cubloc PLC. Terdapat 4 buah input yaitu *push button ON*, *push button STOP*, dan 2 sensor infrared dengan 6 buah output berupa lampu berwarna merah, kuning, dan hijau. Plant ini dibuat pada perempatan jalan raya menggunakan 12 lampu yang dirangkai seri antar ruas yang berseberangan. Nyala lampu ruas selatan dan utara bersama begitu juga nyala lampu ruas barat dan timur karena dirangkai seri. Hal ini dilakukan karena keterbatasan pin output dari Cubloc MSB624RA. Sensor infrared diletakkan di ruas selatan dengan asumsi ruas jalan selatan merupakan daerah rawan kemacetan. Asumsi untuk ruas barat adalah selalu terpantau normal kendaraan. Peletakan sensor 1 (detektor kondisi macet) untuk ruas jalan *real* adalah 26 m dihitung dari *zebra cross* untuk pejalan kaki. Sedangkan pada *plant* yang dibuat adalah 13 cm. Peletakan sensor 2 (detektor kondisi macet parah ketika sensor 1 dan 2 “on”) untuk ruas jalan *real* adalah 34 m dihitung dari *zebra cross* untuk pejalan kaki. Sedangkan pada *plant* yang dibuat adalah 17 cm. Kondisi yang ditentukan adalah kondisi fix timer dan interupsi timer. Saat sensor tidak mengenai objek atau dalam keadaan logika 0, maka *timer interrupt* tidak aktif. Hal ini berarti keadaan di ruas jalan tersebut tidak padat kendaraan bermotor (normal). *Timer normal fix timer* aktif. Kondisi interrupt aktif ketika input proximity aktif. Sinyal interrupt disini terdapat dua kondisi yaitu kondisi macet (sensor 1 “on”) dan kondisi macet parah (sensor 1 dan 2 “on”). Sensor aktif dengan delay time lebih dari 2 detik yang berarti sensor terhalang oleh mobil yang berhenti dan itu menandakan bahwa kondisi ruas jalan tersebut padat kendaraan. Kondisi fix timer aktif kembali ketika sensor berlogika 0. Setelah running plant didapatkan data perbandingan data timer cubloc plc dengan stopwatch manual dimana didapatkan data respon yang baik karena error perhitungan yang didapatkan kecil kurang dari 2%. Hasil pengujian sensor didapatkan data karakteristik statik untuk sensor 1 mempunyai range sebesar 0.12 V-4.78 V, sapan sebesar 4.66 V,

resolusi sebesar 0.01, sensitivitas sebesar 96%, dan untuk sensor 2 mempunyai karakteristik statik yaitu range sebesar 0.16 V-4.56 V, span sebesar 4.40 V, resolusi sebesar 0.01, dan sensitivitas yang bagus yaitu sebesar 91%.

Halaman ini memang dikosongkan

<p>COMFILE Technology www.ComfileTech.com</p> <p>MSB624RA-DC User's Manual</p>  <p>Thank you for your purchase from Comfile Technology Before making use of this product please be sure to read and observe all safety precautions.</p> <p>Warning</p> <ol style="list-style-type: none"> For instruments with risk to life or property (e.g. nuclear power control, medical equipment, vehicles, railways, aviation, combustion equipment, recreation equipment, safety devices, etc.), always employ adequate fail-safe mechanisms. <ul style="list-style-type: none"> - Risk of fire, personal injury, and/or property damage. Always mount to a panel. Do not attempt to repair, inspect, or wire while power is applied. Do not attempt to alter or repair. Refer to a qualified technician. Confirm all electrical connections <p>Caution</p> <ol style="list-style-type: none"> Do not use outdoors. Always use the product within its specifications and ratings. <ul style="list-style-type: none"> - Risk of fire and shortening of product's life. Do not exceed ratings of relay switching contacts. Does not use in environments with flammable or explosive materials, moisture, direct sunlight, radiation, vibration and/or shock. Keep product free of dust and debris. Make connections correctly and confirm polarity by measuring at the appropriate terminals. <p>► CEKCC</p> 	<p>This product is intended for small-scale automation, standalone applications suitable for a Cubloc controller.</p> <p>◆ About the MSB Series</p>  <p>The Cubloc core module, in semiconductor form, can be mounted to a PCB. This is advantageous, as users can integrate the Cubloc into a custom PCB design in a manner that suits their needs.</p> <p>However, to a user without PCB fabrication skills, a custom PCB design can be quite difficult. This user must also have the know-how to implement the necessary input and output circuitry.</p> <p>The MSB series was designed to make it easy for users to employ the Cubloc without having to have professional PCB fabrication technology and skills.</p> <p>The MSB series can be installed in the field, have its input and output terminal blocks wired, and can be used just like existing PLCs.</p> <p>◆ MSB User's Manual Composition</p> <p>For BASIC or Ladder Logic programming, please refer the Cubloc BASIC User's Manual.</p> <p>This manual only covers those elements unique to the MSB612RA.</p> <p>◆ CUBLOC STUDIO</p> <p>To program the MSB series, CUBLOC STUDIO must be used. It can be downloaded from www.ComfileTech.com in the "Cubloc" Support section for free.</p> <p>◆ MSB LOGIC</p> <p>Originally, the MSB series could only be programmed with CUBLOC Studio, which supports both BASIC and Ladder Logic. However, some users are not familiar with BASIC and prefer to use Ladder Logic exclusively.</p> <p>Therefore, we have created MSB LOGIC, a Ladder Logic development environment designed specifically for the MSB series. If you prefer to do your development in Ladder Logic, you can now use MSB LOGIC to program the MSB series industrial controllers.</p>  <p>It can be downloaded from www.ComfileTech.com in the "Cubloc" Support section for free.</p>	<p>◆ MSB624RA-DC Specifications</p> <p>The MSB6XX series has a core module equivalent to the Cubloc C8400.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Program Memory : 200KB - BASIC Data Memory : 6KB - Ladder Logic Data Memory : 1KB - EEPROM Memory : 4KB (Only Accessible in BASIC) - DC24V Input s: 16 (Port Numbers 8 ~ 23) - High Capacity Relays (10A): 8 (Port Numbers 32 ~ 39) - RS232C Communication Port : 2 - RS485 Communication Port : 1 - Analog-To-Digital 10-bit Inputs (0~10V): 4 - Analog-To-Digital 10-bit Inputs (0~20mA): 4 - Power: 24VDC - Ambient temperature : -30 to 75 °C - Humidity : 10% to 90% <p>◆ MSB Usage Declaration</p> <p>Insert the following at the very beginning of your source code.</p> <pre>#include "MSB6XX"</pre> <p>The RS-485 port (channel 3) is already opened with a default baud rate of 57600 by including MSB6XX (i.e. #include "MSB6XX"), so it is not necessary to use OpenCOM. Please refer to the MSB6XX file in Cubloc Studio's installation folder. To change the baud rate, please use the set rs232 command.</p> <p>◆ Download Cable</p> <p>If your PC has a built-in RS-232C (serial port), it can be used to download programs to the MSB624RA-DC. If not, a USB-to-serial (RS-232C) adapter can be used.</p> <table border="1" data-bbox="949 677 1380 873"> <thead> <tr> <th>RS-232 3-pin Download Cable</th> <th>USB-To-Serial + 3-pin Download Cable</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Note: The download cable is not included, and must be purchased separately.</p> <p>If using a USB-to-Serial adapter, you must install the necessary drivers to your PC. After the driver is installed, the PC will assign it a COM port number (e.g. COM6). In Cubloc Studio's PC Interface Setup, select this COM port.</p>	RS-232 3-pin Download Cable	USB-To-Serial + 3-pin Download Cable		
RS-232 3-pin Download Cable	USB-To-Serial + 3-pin Download Cable					
						

Gambar A-1 Datasheet Cubloc MSB624RA

◆ BASIC I/O Map

Direction	Range	Input Voltage	Description
Input Port	8 ~ 23	0V or 24VDC (30V to 28V is recognized as a logic high)	1 if input is 24V 0 if input is 0V
Output Port	32 ~ 39	10A Relay Outputs	If 1, Relay is ON If 0, Relay is OFF
Analog Inputs	Ch 0~7	0~3 (0~20mA) 4~7 (0~10V)	Use "ADIn(0~7)" to read input.

Example)
 Low 32 *Turn OFF output port number 32
 A = In(18) *Read state of Input at port number 18
 VA = ADIn(8) *Read analog input from channel 8

◆ Ladder Logic Memory Map

Designation	Range	Unit	Function
Input Relay P	P0~P31	1 bit	External Input
Output Relay P	P32~P63	1 bit	Relay, etc., on/off control
Internal Relay M	M0~M511	1 bit	Internal Status
Special Purpose Relay F	F0~F127	1 bit	System Status
Timer T	T0~T99	16 bit (1 word)	For Timer
Counter C	C0~C49	16 bit (1 word)	For Counter
Data Region D	D0~99	16 bit (1 word)	Data Storage

By default, all IO is controlled by BASIC at power on. Ladder Logic must be given permission to use it using the UsePin command.

Usepin 0, In * From this point on, use P0 in Ladder Logic
 Usepin 32, Out * From this point on, use P32 in Ladder Logic
 Set Ladder On * Place all UsePin commands before enabling Ladder

◆ Status LED

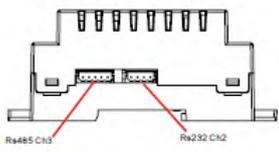
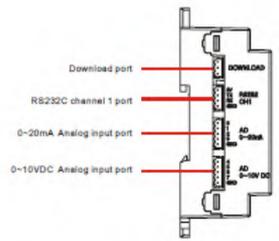
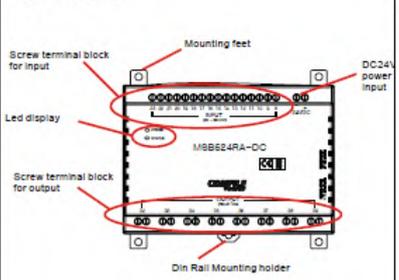
The MSB612RA-DC has a status LED that can be used to indicate the product's operating state. It can be controlled in BASIC using via pin 64.

High 64 * Turn status LED on
 Low 64 * Turn status LED off

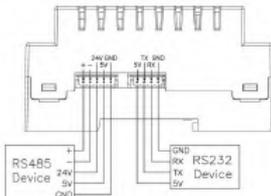
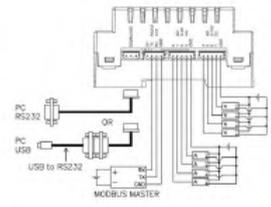
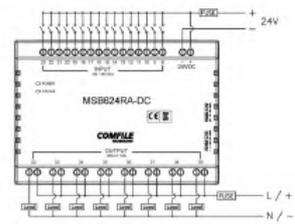
In Ladder Logic, it can be controlled using relay P64.

Set Ladder On * Enable Ladder Scan
 _P(64) = 1 * Turn status LED on
 _P(64) = 0 * Turn status LED off

◆ Parts Description



◆ Digital IO Wiring



Lanjutan Gambar A-1 Datasheet Cubloc MSB624RA

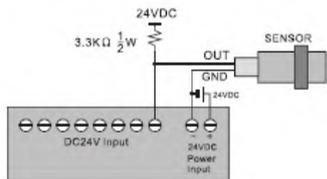
◆ Interfacing to Proximity Sensors



Proximity sensors can be used to detect the existence, movement, and displacement of objects without any physical contact with the object. They are used quite often in the field of automation.

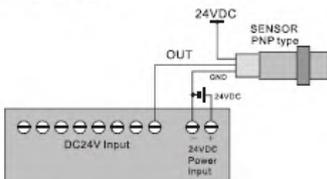
DC 2-Wire Model

Sensor output connected in reverse



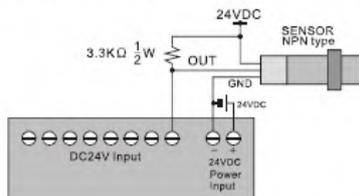
DC 3-Wire Model (PNP type)

Sensor output connected in reverse

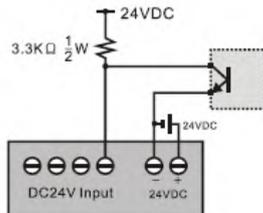


DC 3-Wire Model (NPN type)

Sensor output connected in reverse



◆ Interfacing with NPN output



◆ Digital I/O Specifications

Input Specifications	
Number of Inputs	8
Input Voltage Range	20VDC ~ 28VDC
Recommended Operating Voltage	24VDC
On/Off Switching Speed	10ms (Ladder Scan Time is 10ms)
Input Impedance	2.2kΩ @ 24VDC (Do not connect)

Output Relay Specifications	
Number of Outputs	4
Input Voltage Range	5 ~ 30VDC / 4 ~ 28VAC
Recommended Operating Voltage	5 ~ 27VDC / 5 ~ 240VAC
On/Off frequency	10Hz (10 times per second)
Maximum Current	10A per relay
Minimum Current	100mA per relay

◆ Analog I/O Specifications

Analog Current Input (0 ~ 3) Specification	
Resolution and Error	10-bit, +/- 2%
Input Current Range	0mA ~ 22mA
Recommended Operating Current	4mA ~ 20mA
Type	Non-isolated, Built-in LFP

Analog Voltage Input (4 ~ 7) Specifications	
Resolution and Error	10-bit, +/- 2%
Input Voltage Range	-0.5VDC ~ 10.5VDC
	Don't connect series resistance
Operating Voltage	0VDC ~ 10VDC
Type	Non-isolated, Built-in LFP

◆ Communication Specifications

Communication Port Specifications	
Type	RS-232 (+/- 10VDC)
Flow Control	No RTS Flow Control
Maximum Baud Rate	115200
Maximum Distance	2 meters
Modbus Support	Modbus RTU Slave

Lanjutan Gambar A-1 Datasheet Cubloc MSB624RA

◆ A Few Simple Examples

1. Blinking the Status LED

The following program will blink the status LED.

```
#include "MSB624RA"
Do
  High 64
  Wait 500
  Low 64
  Wait 500
Loop
```

Blinking the status LED while using Ladder Logic

```
#include "MSB624RA"
Set Ladder On
Do
  _F1(64) = 1
  Wait 500
  _F1(64) = 0
  Wait 500
Loop
```

Blinking the status LED from ladder logic



2.Toggle Relay

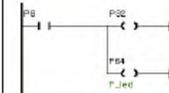
Toggle Status LED and relay number 32.

```
#include "MSB624RA"
Do
  High 64 *Status LED On
  High 32 *Relay 32 On
  Wait 500
  Low 64 *Status LED Off
  Low 32 *Relay 32 off
  Wait 500
Loop
```

3. Input and Output Control

If Input 8 is active, the status LED and relay 32 are turn switched on.

```
#include "MSB624RA"
Do
  If In(8) = 1 Then
    High 64 *Status LED On
    High 32 *Relay 32 On
  Else
    Low 64 *Status LED off
    Low 32 *Relay 32 Off
  EndIf
Loop
```



The same behavior using Ladder Logic

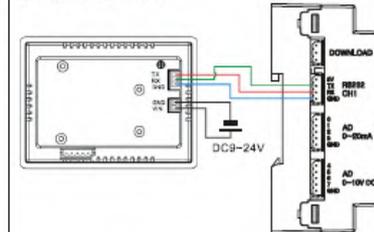
You'll find Ladder Logic to be quite easy for handling simple logic.

◆ Interfacing with the UIF-5K

The UIF-5K is a 5-key character LCD panel that can be used in conjunction with the MSB624RA-DC to add a simple user interface.



The following shows how to connect the two together. The UIF-5K must be powered separately with a 9V~24V supply.



The following source code will output text to the UIF-5K's display.

```
#include "MSB624RA"
OpenCom 1, 115200, 3, 30, 20
Set UIF 2, 1
Do
  Wait 200
  Print 27, 80, 1 * Buzzer On
  CLCOut 1, 0, "UIF-5K with MSB"
```



Lanjutan Gambar A-1 Datasheet Cubloc MSB624RA

The source code will display a key's scan code when it is pressed.

```
#include "MS624R"
OpenCom 1, 115200, 3, 30, 20
Set UFP 2, 1
Cls
Wait 200
Print 27, 80, 1 ' Buzzax On
CLCDOut 1, 0, "UIP-3K WITH MSB"

Dim I as Integer
Dim RE_KEY as Integer
Do
  Inor I
  CLCDOut 1, 2, Dec I
  Wait 500
Loop

' Key press event handler
KEYIN_OCCUR:
RE_KEY = Get(1, 1)
CLCDOut 10, 2, Hex, RE_KEY
Return
```



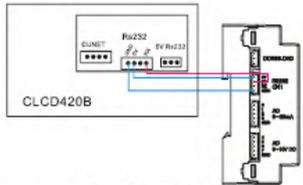
Each time a key is pressed, a receive interrupt occurs via RS-232 and in turn fires the KEYIN_OCCUR event handler. The event handler reads the scan code and displays it on the character LCD.

◆ Interfacing with a CLCD module

A CLCD module is a character LCD module that can be easily interfaced to any Cubloc-based device.



A MS624R series device can be connected to a CLCD module via RS-232. Be sure the CLCD's dip switches are on, and the baud rates of both devices are set to 115200. The following shows the wiring.



The following source code illustrates how to display text to a CLCD module.

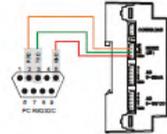
```
#include "MS624R"
Set Display 2, 1, 115200, 50
Cls
Wait 200
CLCDOut 1, 0, "CLCD WITH MS624R"
```

◆ Using Modbus

The following source code illustrates how to use Modbus

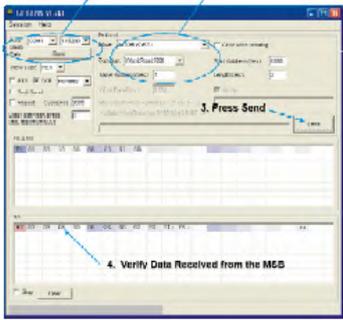
```
#include "MS624R"
OpenCom 1, 115200, 3, 50, 50
Set Module 1, 1, 20
Set Ladder On
Do
Loop
```

The diagram below shows how to connect to a PC.



Modbus communication can be tested using CF Term (a free download from www.CoolfishTech.com).

1. Select COM Port and Baud Rate and Open
2. Select Modbus RTU, Word Read (R3) and Slave Address 1
3. Press Send
4. Verify Data Received from the MSB



Lanjutan Gambar A-1 Datasheet Cubloc MSB624RA

◆ Analog Input Example

The following source code illustrates how to use analog inputs. Results are displayed in the PC's debug terminal.

For channels 0 ~ 3 (0 ~ 20mA).

```
#include "MSB624"
int AD as Integer
Do
  AD = ADIn(0) 'Read from channel 0
  Debug Dec AD, Cr
  Delay 1000
Loop
```

For channels 4 ~ 7 (0 ~ 10VDC).

```
#include "MSB624"
int AD as Integer
Do
  AD = ADIn(4) 'Read from channel 4
  Debug Dec AD, Cr
  Delay 1000
Loop
```

◆ Modbus Address

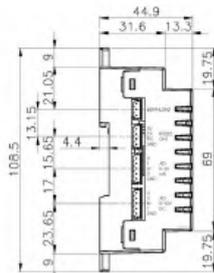
Word Address

Holding/Input registers	
Function : 3,4,6,16	
Address	Area
0 ~ 255	D (D0 ~ D255)
256 ~ 355	Y (Y0 ~ Y99)
	A/D result :
	Y20~Y27: 276 ~283
1000 ~ 1255	T (T0 ~ T255)
2000 ~ 2255	C (C0 ~ C155)
3000 ~ 3255	WM (WM0 ~ WM255)

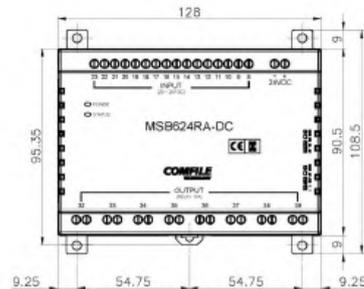
Bit Address

Coil, Input Status	
Function : 1,2,4,15	
Address	Area
0 ~ 127	P (P0 ~ P127)
4096 ~ 6143	M (M0 ~ M2047)

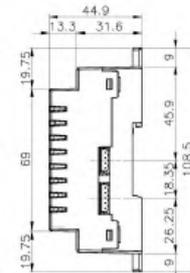
◆ Dimensions



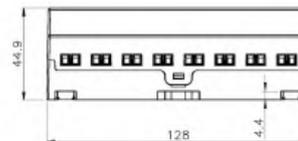
SIDE VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW



BOTTOM VIEW

Unit: mm

Lanjutan Gambar A-1 Datasheet Cubloc MSB624RA

LAMPIRAN A



E18-D80NK-N

Adjustable Infrared Sensor Switch Manual

Introduction

This is an infrared detector switch. It has an adjustable detection range, 3cm ~ 80cm. It is small, easy to use/assemble, cheap price. Useful for robotic, interactive media, industrial assembly line, etc.



Specification

Model NO: E18-D80NK-N	Diameter: 18mm, Length: 45mm
Detection range: 3~80cm adjustable	Appearance: Threaded cylindrical
Detecting object: Translucency, opaque	Material: Plastic
Supply voltage: DC5V	Guard mode: Reverse polarity protection
Load capacity: 100mA	Ambient temperature: -25~70°C
Output operation: Normally open(O)	Load: +5V, Yellow/Green/Grey/Red
Output: DC three-wire system(NPN)	



① Transmitter



② Receiver

**北京化学通电子**

Tel: 010-62880090
Website: www.SILINCA.com
E-mail: fax_SILINCA@163.com

Gambar A-2 Datasheet E18-D80NK

Tabel B-3 Perbandingan *Timer* untuk lampu Merah (kondisi normal)

Nyala Lampu Merah 1		Nyala Lampu Merah 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (detik)	Stopwatch (detik)
4.00	4.06	4.00	4.08
	4.08		4.04
	4.04		4.06
	4.09		4.08
	4.07		4.07
	4.10		4.02
	4.08		4.09
	4.07		4.03
	4.06		4.13
4.04	4.10		
$\overline{M_{1plc}} = 4.00$	$\overline{M_{1stwc}} = 4.07$	$\overline{M_{2plc}} = 4.00$	$\overline{M_{2stwc}} = 4.07$
Error $\overline{M_{1plc}} = -0.07$		Error $\overline{M_{2plc}} = -0.07$	
Persentase Error = 1.73%		Persentase Error = 1.75%	

Tabel B-4 Perbandingan timer untuk lampu hijau (kondisi normal)

Nyala Lampu Hijau 1		Nyala Lampu Hijau 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (detik)	Stopwatch (detik)
3.00	3.03	3.00	3.05
	3.05		3.05
	3.04		3.06
	3.05		3.07
	3.03		3.05
	3.05		3.02
	3.07		3.04

	3.07		3.05
	3.09		3.10
	3.06		3.09
$\overline{H_{1plc}} = 03.00$	$\overline{H_{1stwc}} = 03.05$	$\overline{H_{2plc}} = 03.00$	$\overline{H_{2stwc}} = 03.06$
Error $\overline{H_{1plc}} = -0.05$		Error $\overline{H_{2plc}} = -0.06$	
Persentase error = 1.80%		Persentase Error = 1.93%	

Tabel B-5 Tabel perbandingan timer untuk lampu kuning (kondisi normal)

Nyala Lampu Kuning 1		Nyala Lampu Kuning 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (sekon)	Stopwatch (sekon)
1.00	1.01	1.00	1.03
	1.02		1.01
	1.02		1.02
	1.03		1.00
	1.01		1.01
	1.04		1.03
	1.02		1.01
	1.02		1.02
	1.01		1.01
	1.00		1.05
$\overline{K_{1plc}} = 1.00$	$\overline{K_{1stwc}} = 1.02$	$\overline{K_{2plc}} = 1.00$	$\overline{K_{2stwc}} = 1.02$
Error $\overline{K_{1plc}} = -0.02$		Error $\overline{K_{2plc}} = -0.02$	
Persentase Error = 1.80%		Persentase Error = 1.90%	

Tabel B-6 Tabel perbandingan timer untuk lampu merah
(kondisi macet)

Nyala Lampu Merah 1		Nyala Lampu Merah 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (sekon)	Stopwatch (sekon)
10.00	10.05	20.00	20.05
	10.03		20.03
	10.04		20.07
	10.03		20.05
	10.07		20.05
	10.05		20.04
	10.04		20.04
	10.07		20.05
	10.09		20.08
10.06	20.12		
$\overline{M_{1plc}} = 10.00$	$\overline{M_{1stwc}} = 10.05$	$\overline{M_{2plc}} = 20.00$	$\overline{M_{2stwc}} = 20.06$
Error $\overline{M_{1plc}} = -0.05$		Error $\overline{M_{2plc}} = -0.06$	
Persentase Error = 0.53%		Persentase Error = 0,29%	

Tabel B-7 Tabel perbandingan timer untuk lampu hijau
(kondisi macet)

Nyala Lampu Hijau 1		Nyala Lampu Hijau 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (sekon)	Stopwatch (sekon)
15.00	15.07	5.00	5.04
	15.06		5.06
	15.08		5.09
	15.06		5.09
	15.07		5.06
	15.08		5.04
	15.05		5.04

	15.06		5.09
	15.10		5.04
	15.05		5.08
$\overline{H_{1plc}} = 15.00$	$\overline{H_{1stwc}} = 15.07$	$\overline{H_{2plc}} = 5.00$	$\overline{H_{2stwc}} = 5.06$
Error $\overline{H_{1plc}} = -0.07$		Error $\overline{M_{2plc}} = -0.06$	
Persentase Error = 0.45%		Persentase Error = 1.26%	

Tabel B-8 Tabel perbandingan timer untuk lampu kuning (kondisi macet)

Nyala Lampu Kuning 1		Nyala Lampu Kuning 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (sekon)	Stopwatch (sekon)
5.00	5.09	5.00	5.07
	5.07		5.04
	5.08		5.08
	5.10		5.09
	5.06		5.07
	5.05		5.08
	5.03		5.07
	5.07		5.09
	5.06		5.05
5.10	5.05		
$\overline{K_{1plc}} = 5.00$	$\overline{K_{1stwc}} = 5.07$	$\overline{K_{2plc}} = 5.00$	$\overline{K_{2stwc}} = 5.07$
Error $\overline{K_{1plc}} = -0.07$		Error $\overline{K_{2plc}} = -0.07$	
Persentase Error = 1.42%		Persentase Error = 1.38%	

Tabel B-9 Tabel perbandingan timer untuk lampu merah
(kondisi macet parah)

Nyala Lampu Merah 1		Nyala Lampu Merah 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (sekon)	Stopwatch (sekon)
10.00	10.07	25.00	25.09
	10.05		25.08
	10.09		25.07
	10.11		25.10
	10.08		25.11
	10.08		25.11
	10.09		25.09
	10.08		25.08
	10.06		25.07
	10.11		25.08
$\overline{M}_{1plc} = 10.00$	$\overline{M}_{1stwc} = 10.08$	$\overline{M}_{2plc} = 25.00$	$\overline{M}_{2stwc} = 25.09$
Error $\overline{M}_{1plc} = -0.08$		Error $\overline{M}_{2plc} = -0.09$	
Persentase Error = 0.82%		Persentase Error = 0,35%	

Tabel B-10 Tabel perbandingan timer untuk lampu hijau
(kondisi macet parah)

Nyala Lampu Hijau 1		Nyala Lampu Hijau 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (sekon)	Stopwatch (sekon)
20.00	20.08	5.00	5.06
	20.09		5.05
	20.07		5.07
	20.12		5.09
	20.07		5.10
	20.08		5.07
	20.10		5.08

	20.08		5.05
	20.08		5.09
	20.06		5.03
$\overline{H_{1plc}} = 20.00$	$\overline{H_{1stwc}} = 20.08$	$\overline{H_{2plc}} = 5.00$	$\overline{H_{2stwc}} = 5.07$
Error $\overline{H_{1plc}} = -0.08$	Error $\overline{M_{2plc}} = -0.07$		
Persentase Error = 0.41%	Persentase Error = 1.38%		

Tabel B-11 Tabel perbandingan timer untuk lampu kuning (kondisi macet parah)

Nyala Lampu Kuning 1		Nyala Lampu Kuning 2	
Cubloc PLC (detik)	Stopwatch (detik)	Cubloc (sekon)	Stopwatch (sekon)
5.00	5.07	5.00	5.02
	5.05		5.05
	5.09		5.06
	5.08		5.05
	5.07		5.09
	5.05		5.08
	5.02		5.08
	5.06		5.09
	5.04		5.06
5.05	5.05		
$\overline{K_{1plc}} = 5.00$	$\overline{K_{1stwc}} = 5.06$	$\overline{K_{2plc}} = 5.00$	$\overline{K_{2stwc}} = 5.06$
Error $\overline{K_{1plc}} = -0.06$	Error $\overline{K_{2plc}} = -0.06$		
Persentase Error = 1.16%	Persentase Error = 1.26%		

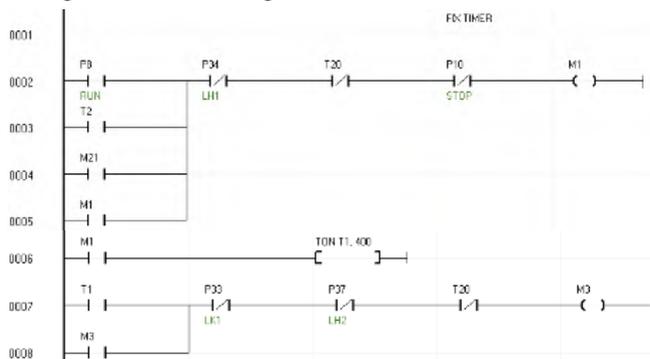
LAMPIRAN C

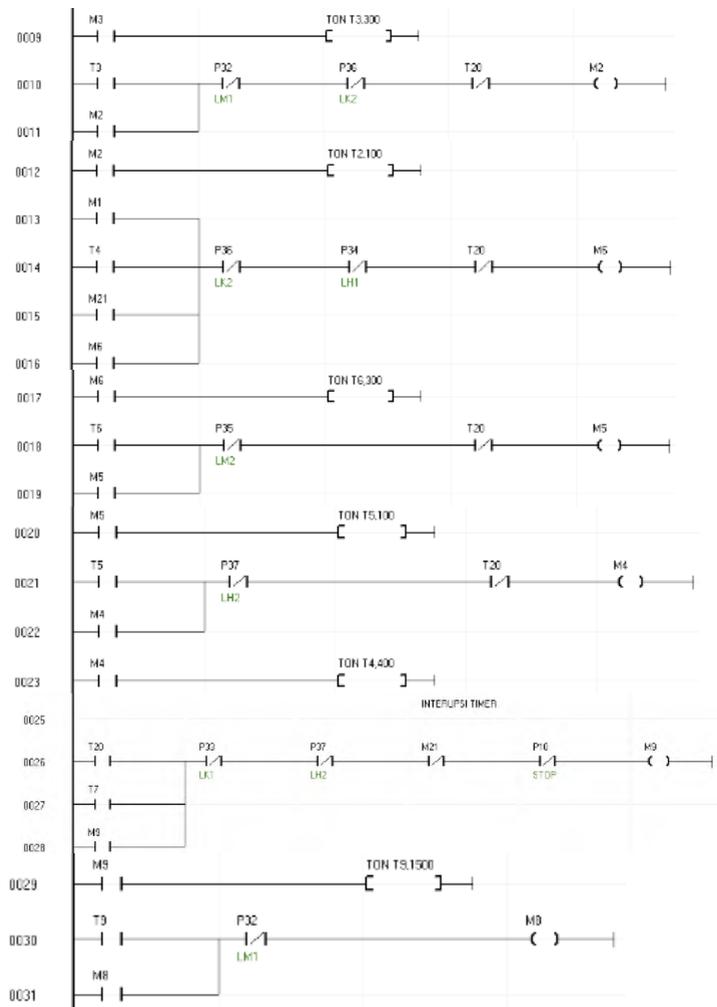
Program Pengendalian Traffic Light Simulation Plant Pada CUBLOC STUDIO

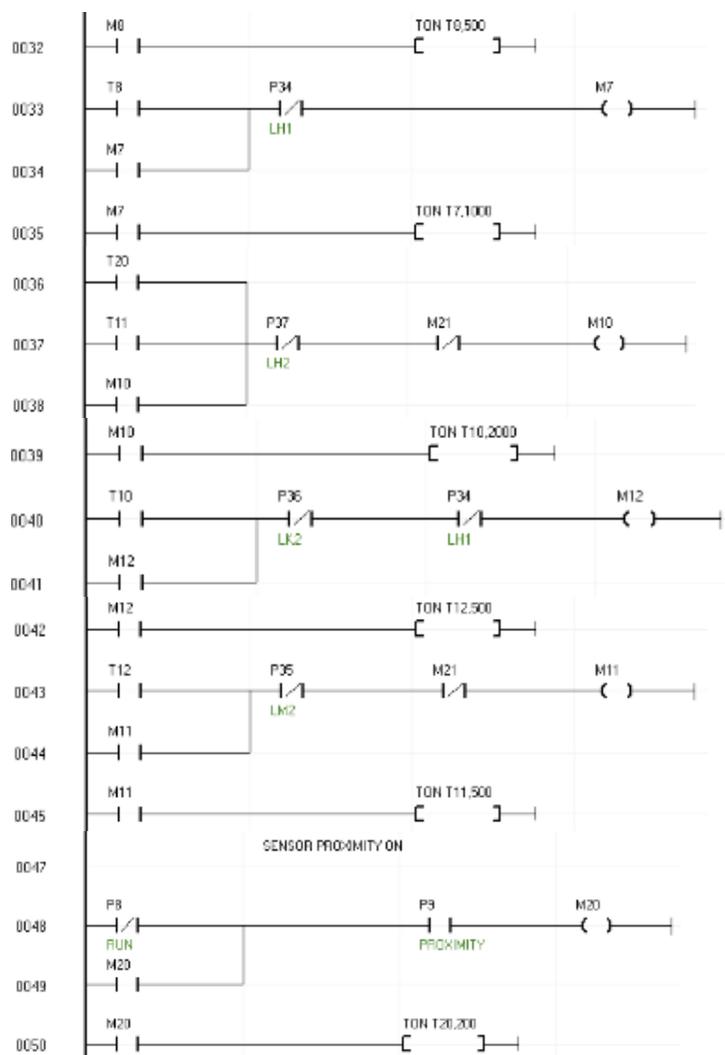
1. Program Basic

```
#include "MSB6XX"  
Ramclear  
Set Debug Off  
Usepin 8,In,Run  
Usepin 9,In,Proximity  
Usepin 10,In,Stop  
Usepin 32,Out,Lm1  
Usepin 33,Out,Lk1  
Usepin 34,Out,Lh1  
Usepin 35,Out,Lm2  
Usepin 36,Out,Lk2  
Usepin 37,Out,Lh2  
Set Ladder On  
Do  
Loop
```

2. Program Ladder Diagram







BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dirancang dan dibuat sistem Plant Pengendalian Lampu Lalu Lintas Otomatis yang memiliki 4 buah input yaitu *push button* ON, 2 buah sensor infrared untuk detektor objek, dan *push button* STOP yang dikontrol oleh PLC CUBLOC sehingga dapat mengendalikan 6 buah output yaitu berupa lampu berbasis Cubloc PLC MSB624RA. Telah dilakukan pengujian karakteristik statik sensor infrared E18-D80NK “1” (detektor kondisi macet) yaitu mempunyai range sebesar 0.12V-4.78V, span sebesar 4.66 V, resolusi sebesar 0.01, dan sensitivitas sebesar 96%. Perhitungan karakteristik statik untuk sensor infrared E18-D80NK “2” (detektor kondisi macet parah) yaitu mempunyai range sebesar 0.16V-4.56V, span sebesar 4.40 V, resolusi sebesar 0.01, dan sensitivitas sebesar 91% V. Pada sistem ditentukan peletakan sensor 1 untuk ruas jalan *real* adalah 26 m terhitung dari *zebra cross* untuk pejalan kaki. Sedangkan pada *plant* yang dibuat adalah 13 cm dengan pengaturan *setpoint timer* lampu hijau interrupt 1 adalah 15 detik. Peletakan sensor 2 untuk ruas jalan *real* adalah 34 m terhitung dari *zebra cross* untuk pejalan kaki. Sedangkan pada *plant* yang dibuat adalah 17 cm dengan pengaturan *setpoint timer* lampu hijau interrupt 2 adalah 20 detik.
2. Telah dibuat logika pengendalian timer berupa sinyal interupsi untuk mengatur nyala lampu lalu lintas berdasarkan input padat kendaraan dari sensor inframerah dan telah dilakukan pengujian respon pengendalian *timer* dengan membandingkan perhitungan waktu yang terdapat dalam cubloc plc dengan stopwatch

manual dan didapatkan data respon yang baik karena error perhitungan yang didapatkan kecil kurang dari 2%.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dalam pembuatan *Miniplant* antara lain :

1. Lebih banyak *mereview* dan membaca jurnal untuk referensi studi literatur.
2. Sebaiknya Rangkaian terlebih dahulu diberi rangkaian safety sehingga dapat melindungi komponen yang penting.
3. Lebih memperhatikan VCC dan Ground karena ketika keduanya menyatu akan berbahaya dan dapat merusak komponen.
4. Lebih memperhatikan datasheet dari setiap komponen sehingga tidak terjadi tegangan berlebih yang akan mengakibatkan kerusakan komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2014. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1987-2013. Badan Pusat Statistik. Tersedia: <http://www.bps.go.id/linkTabelStatistik/view/id/1413>, 23 Mei 2016.
- [2] Setiawan, Iwan. 2006. *Programmable Logic Controller dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*. Yogyakarta.
- [3] Anonim.2016. Tersedia: http://www.audon.co.uk/cubloc_plc/MSB624RA-DC.html, 23 Mei 2016.
- [4] Dayanto, Gana. 2016. Tersedia: <https://ilmuotomasi.wordpress.com/category/plc-programmable-logic-controller/>, 23 Mei 2016.
- [5] Wicaksono, Handy. 2009. *PLC's Hardware*. Teknik Elektro-Universitas Kristen Petra.
- [6] Anonim. 2016. *Laporan Akhir*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- [7] Anonim. 2016. Datasheet Plastic Indicator Lights. Tersedia:<http://www.automationdirect.com/static/specs/plasticindlts.pdf>, 23 Mei 2016.
- [8] Wicaksono, Handy. 2009. *Relay-Prinsip dan Aplikasi*. Teknik Elektro-Universitas Kristen Petra.
- [9] Anonim. 2016. Datasheet Optocouplers 4n35. Tersedia: <http://www.engineersgarage.com/sites/default/files/4N35.pdf>, 25 Mei 2016.
- [10] Anonim. 2011. Tersedia : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/30066/4/Chapter%20II.pdf>, 25 Mei 2016.
- [11] Sudiharto, Indhana. 2016. *Rancang Bangun Sistem Efisiensi Energi Listrik Di Lab Rangkaian Listrik D3*. PENS-ITS.
- [12] Anonim. 2016. Tersedia : <http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12772/6543185/12041221/12041231/Standard-Target-for-Capacitive-Proximity-Sensors.html>, 26 Mei 2016.
- [13] Anonim. 2016. Datasheet E18-D80NK-N. Tersedia: <http://elektrologi.kabarkita.org/sensor-jarak-infra-merah-e18-d80nk/>, 26 Mei 2016.

- [14] Anonim. 2016. Datasheet Cubloc MSB624RA-DC User's Manual. Tersedia: <http://www.comfiletech.com/embedded-controller/cubloc/msb624ra-dc/>, 26 Mei 2016.

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Nurfadilah yang dilahirkan di Kota Bangkalan pada tanggal 6 Maret 1995 dari ayah bernama Sumar Sono dan ibu bernama Mutmainnah. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Asal penulis tinggal di Jalan Pembela No. 24 Gedongan, Bangkalan Jawa Timur. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Kraton 2 Bangkalan. Pada tahun 2010 penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Bangkalan. Pada tahun 2013 penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Bangkalan. Pada tahun 2016, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PENGENDALIAN LAMPU LALU LINTAS OTOMATIS PADA PEREMPATAN JALAN BERBASIS PLC CUBLOC MSB624RA”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui nf.nurfadilah95@gmail.com.