

Gambar 1 merupakan blok diagram untuk sistem andon nirkabel berbasis *internet of thing* (IoT). Dimana mempunyai tiga bagian utama yaitu *Conveyor* ED CU-4001, PLC Omron CP1L, *Raspberry Pi* 3 model B dan Platform ANTARES. Pada simulasi sistem andon ini menggunakan *Conveyor* ED CU-4001 sebagai plant yang di kendalikan oleh PLC. *Conveyor* ED CU-4001 merupakan simulator konveyor yang memiliki ukuran dimensi total 680 x 130 mm dengan dimensi Belt konveyor sebesar 60 x 570 mm. PLC merupakan pusat yang mengatur semua masukan dari sensor dan semua keluaran untuk menggerakkan aktuator pada konveyor. *Raspberry Pi* akan menerima dan mengelola data dari PLC yang kemudian data tersebut dikirim ke platform ANTARES. Data yang dikirim berupa hasil pembacaan sensor, aktuator dan *counter* pada PLC. Menggunakan jaringan internet (Wi-Fi) sebagai media penghubung antara platform ANTARES ke *Raspberry Pi*. Pengguna (*user*) dapat melihat data yang telah diterima pada platform ANTARES sehingga pengguna (*user*) dapat memantau aktivitas *conveyor* dari jarak jauh.

2.2 Protokol FINS

FINS adalah salah satu protokol yang dimiliki oleh omron yang tidak dimiliki oleh merk PLC lain [5]. Protokol FINS ini dapat digunakan di berbagai media komunikasi yang terdapat pada PLC omron diantaranya adalah Serial, USB, *Controler Link* serta Ethernet. Secara garis besar protokol FINS terbagi dalam dua jenis seperti terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

80	00	02	00	00	00	00	00	00	Random 00-FF
ICF	RSV	GCT	DNA	DA1	DA2	SNA	SA1	SA2	SID

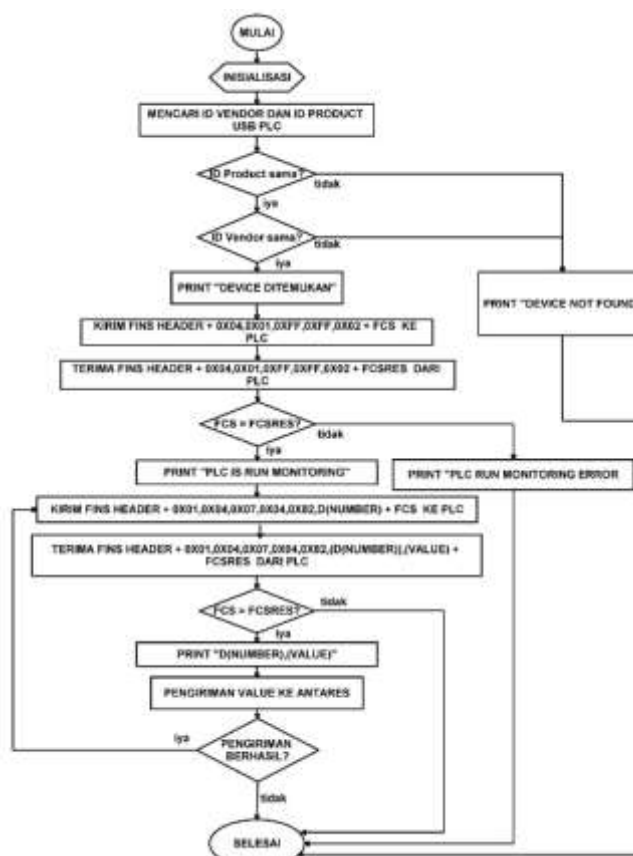
Gambar 2. Command Data Structure FINS

C0	00	02	00	00	FB	00	00	00	Random 00-FF
ICF	RSV	GCT	DNA	DA1	DA2	SNA	SA1	SA2	SID

Gambar 3. Response Data Structure FINS

Pada gambar 2 merupakan contoh *Command* data FINS pada komunikasi USB, yang digunakan untuk membentuk perintah seperti mengubah mode operasi, melakukan operasi file, mengirim dan menerima data. Sedangkan untuk Gambar 3. Merupakan contoh *response* data FINS pada komunikasi USB, yang digunakan untuk membentuk tanggapan dari perintah (*Command* data FINS) yang diberikan [5].

2.3 Desain Perangkat Lunak *Raspberry Pi*

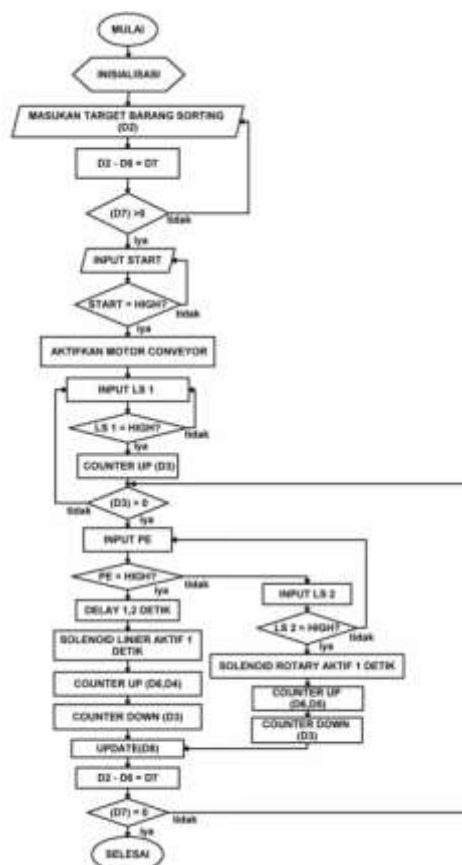


Gambar 4. Flowchart *Raspberry Pi*

Gambar 4 merupakan *flowchart* yang akan digunakan pada *Raspberry Pi*. Pada sistem ini *Raspberry Pi* berfungsi sebagai *gateway* data antara PLC dengan platform ANTARES. Dikarenakan sistem ini terintegrasi dengan PLC, maka *Raspberry Pi* harus dapat membaca data memori dari PLC. Setelah itu *Raspberry Pi* mengirim data ke platform ANTARES melalui jaringan internet. Berdasarkan Gambar 4., berikut akan dijelaskan cara kerja dari program *Raspberry Pi* ini.

1. Pada tahap inialisasi, menetapkan *ID VENDOR* USB yang digunakan PLC adalah 0X5990 dan *ID PRODUCT* USB yang digunakan PLC adalah 0X005B.
2. Pada tahap pencarian device, program akan mencari device PLC yang terhubung dengan *Raspberry Pi* berdasarkan *ID VENDOR* dan *ID PRODUCT* USB. Ketika berhasil ditemukan maka akan lanjut ke tahap selanjutnya, namun jika tidak berhasil ditemukan maka akan langsung keluar dari program.
3. Ketika *device* PLC berhasil di temukan, PLC akan di set pada mode *monitoring* dengan mengirimkan kode 0x80, 0x00, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, raddint(0-FF) yang merupakan bagian dari *FINS header* dan 0x04, 0x01, 0xFF, 0xFF, 0x02 yang merupakan bagian dari *FINS Command* untuk mengubah mode operasi PLC ke *monitoring*. Setiap paket pengiriman akan dikirim FCS dan akan dicocokkan dengan FCS respon PLC. Jika FCS sama menunjukkan pengiriman paket data ke PLC berhasil dan PLC berhasil di set ke mode *MONITORING*. Jika FCS tidak sama menunjukkan pengiriman paket data ke PLC tidak berhasil dan akan langsung keluar dari program.
4. Ketika PLC berhasil di set mode ke mode *monitoring*, *Raspberry Pi* akan meminta isi data memori pada alamat yang ditentukan dengan mengirimkan kode 0x80, 0x00, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, raddint(0-FF) yang merupakan bagian dari *FINS header* dan 0x01, dan 0x04, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x82, 0x(alamat data memori) yang merupakan bagian dari *FINS Command* untuk membaca data memori PLC. Setiap paket pengiriman akan dikirim FCS dan akan dicocokkan dengan FCS respon PLC. Jika FCS sama menunjukkan pengiriman paket data ke PLC berhasil dan PLC berhasil maembaca isi data memori. Jika FCS tidak sama menunjukkan pengiriman paket data ke PLC tidak berhasil dan akan langsung keluar dari program.
5. Setelah isi data memori berhasil dibaca, data akan di olah dan dikirim ke platform ANTARES melalui jaringan Wi-Fi. Jika pengiriman ke platform ANTARES berhasil maka akan mengulangi pembacaan data memori pada PLC. Jika tidak berhasil maka akan langsung keluar dari program.

2.4 Desain Perangkat Lunak PLC



Gambar 5. Flowchart Sistem Andon PLC

Sebagai simulasi sistem andon, PLC ini berfungsi sebagai pengendali konveyor. PLC yang digunakan pada simulasi sistem andon ini adalah PLC Omron jenis CP1L. Pada Gambar 5. merupakan flowchart yang akan digunakan pada PLC dengan penjelasan prinsip kerja sistem sebagai berikut :

1. Inisialisasi data memori D0 (memori *input*), D1 (memori *output*), D2 (*counter* target barang), D3(*counter* barang diatas konveyor), D4 (*counter* barang tinggi) , D5 (*counter* barang rendah), D6 (*counter* barang yang sudah di sortir), D7 (nilai *balance*) , D8 (nilai kecepatan sortir barang per menit) dengan nilai 0.
2. Masukan nilai D2.
3. Hitung nilai D7 yang didapat dari nilai (D2 – D6).
4. Apabila (D7 > 0) dan tombol *start* di tekan maka motor konveyor akan aktif.
5. Setiap barang yang masuk akan terdeteksi oleh LS 1 (*Limit Switch 1*) yang akan mengcounter up D3.

6. Ketika barang sampai di depan sensor PE (*PhotoElectric*), dan sensor PE mendeteksi adanya barang maka barang tersebut akan dianggap sebagai barang tinggi. Setelah 3 detik dari barang terdeteksi, solenoid linier akan aktif selama 2 detik sehingga mendorong barang tinggi tersebut keluar dari konveyor. Setelah solenoid linier kembali non-aktif maka akan mengcounter up D6 & D4, mengcounter down D3, dan mengupdate D8.
7. Jika sensor PE tidak mendeteksi adanya barang maka barang tersebut akan dianggap sebagai barang rendah dan barang tersebut akan tetap berjalan hingga LS 2 (*Limit Switch 2*) mendeteksi adanya barang. Setelah terdeteksi solenoid *rotary* akan aktif selama 1 detik yang akan memindahkan barang rendah keluar konveyor. Setelah solenoid linier kembali non aktif maka akan mengcounter up D6 & D5, mengcounter down D3, dan mengupdate D8.
8. menghitung nilai D7 yang didapat dari nilai (D2-D6).
9. Konveyor akan terus berjalan selama nilai (D7≠0).

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Banyak Data Memori terhadap Waktu Proses Pembacaan Data PLC

Banyak data memori yang dibaca oleh *Raspberry Pi* akan diatur dari 1 sampai 6 data memori. kemudian akan diamati pengaruh perubahan waktu proses pembacaan data memori PLC. Pada Gambar 6. Menunjukkan persentase peningkatan waktu proses pembacaan data memori sebesar 109,14 % pada penambahan 1 data memori ke 2 data memori.



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Waktu Proses Pembacaan Data Memori PLC

3.2 Pengujian Sistem Andon Nirkabel

Pada pengujian ini akan melihat keberhasilan pembacaan data andon pada PLC, penerimaan data andon di platform ANTARES, dan tampilan sistem andon pada *smartphone android*.



Gambar 7. Pembacaan Data Andon dan Penerimaan Data Andon di Platform ANTARES



Gambar 8. Tampilan Data Andon pada Smartphone Android

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 membuktikan penerimaan data andon di platform ANTARES dan *smartphone android*, sama seperti dengan data andon PLC yang dibaca oleh *Raspberry Pi*. Dari pengujian sistem andon nirkabel ini didapatkan nilai rata-rata waktu proses pembacaan data memori PLC dan pengiriman data andon ke platform ANTARES, yang dapat ditampilkan dalam bentuk Tabel 1.

Tabel 1. Waktu Proses Sistem Andon

WAKTU PROSES SISTEM ANDON		
SIKLUS KE-	PEMBACAAN DATA	PENGIRIMAN ANTARES
1	0.3239 s	0.3702 s
2	0.3208 s	0.4878 s
3	0.3162 s	0.4122 s
4	0.3199 s	0.5123 s
5	0.3199 s	0.4145 s
6	0.3261 s	0.3552 s
RATA-RATA	0.321133333 s	0.425366667 s
TOTAL RATA-RATA	0.7465 s	

Dari 6 siklus pemrosesan data andon pada *Raspberry Pi*, didapatkan hasil total rata-rata waktu proses 1 siklus sebesar 0,7465 s. Waktu proses ini menunjukkan data andon akan di kirim ke platform ANTARES setiap 0.7465 s.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisis mengenai sistem andon nirkabel berbasis IoT yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk membangun komunikasi *Raspberry Pi* dengan PLC harus menggunakan protokol komunikasi yang bergantung pada masing-masing merek dan jenis PLC. Pada penelitian ini berhasil mengkomunikasikan *Raspberry Pi* 3 model B dengan PLC OMRON CP1L menggunakan port USB dengan protokol FINS sebagai protokol komunikasinya.
2. Semakin banyak data memori yang dibaca maka semakin lama waktu proses pembacaannya. Persentase peningkatan waktu proses pembacaan data memori adalah sebesar 109,14% pada pertambahan dari 1 data memori ke 2 data memori.
3. Sistem andon nirkabel berbasis IoT menggunakan PLC dan *Raspberry pi* ini dapat bekerja dengan baik. Dibuktikan pada penerimaan data andon di platform ANTARES dan *smartphone android*, sama seperti dengan data andon di PLC yang dibaca oleh *Raspberry Pi*. Data andon pada platform ANTARES akan diperbarui setiap 0.7465 s.

REFERENCES

- [1] Xi-qiang MA, Wei MA, Yu-jun XUE, Shuai DONG, Ji-shun LI. "Design of a Metronome Based on the Idea of ANDON", *Second International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering*, IEEE, 2017.
- [2] Gang Lei, Guoping Lu, Yu Sang. "Design of Wireless Andon System based on ZigBee", *International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*, IEEE, 2015.
- [3] ERICKSON, K. T. "Programmable logic controllers". *IEEE Potentials*, 15, 14-17, 1996 .
- [4] Dunning, G. "Introduction to programmable Logic Contrllers 3rd Edition". USA: Delmar, 2002.
- [5] -----, "Communication Command Reference Manual", <http://www.omron.com>, February, 2010.