

Monitoring Model Sistem Pengepakan dan Penyortiran Barang Berbasis SCADA

AFRIZAL FIKRI, RATNA SUSANA, DECY NATALIANA

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung
Email: afzay31@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan PLC saat ini sudah meningkat secara pesat untuk kendali peralatan di dunia industri. Melalui penelitian ini, model mesin pengepakan dan penyortiran barang yang berbasis PLC, akan dimonitor oleh SCADA menggunakan komunikasi *ethernet* dan pergerakan *conveyor* dikendalikan menggunakan PWM. Sistem *monitoring* ini menggunakan *software* Twido suite v2.30 untuk mengendalikan PLC dan *software* Vijeo Citect v7.20 untuk memvisualisasikan model sistem pengepakan dan penyortiran barang. *Monitoring* yang berbasis SCADA ini menggunakan komunikasi *ethernet* dengan kecepatan komunikasi sebesar 1ms. Dilakukan pengujian tegangan dan kecepatan *conveyor* yang dimonitor oleh SCADA. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap kenaikan kecepatan sebesar 10% yang dilakukan pada *conveyor* dadu dan *conveyor* box. Tegangan menghasilkan simpangan rata-rata setiap pengukuran tidak lebih dari 0,27. Pengujian kecepatan *conveyor* tersebut memiliki simpangan terhadap referensi untuk *conveyor* dadu tidak lebih dari 0,64, sedangkan untuk *conveyor* box tidak lebih 0,69. Dengan demikian, kecepatan *conveyor* pada sistem SCADA memiliki kesalahan yang kecil.

Kata kunci: *Conveyor, monitor real time, SCADA, PWM, ethernet, kecepatan conveyor*

ABSTRACT

Development of PLC presently increases rapidly, to control equipment in industries. By this study, the packing and sorting machine model PLC-based, would be monitored by SCADA using Ethernet communication and conveyor movement using PWM. This monitoring system used v2.30 Twido suite software to control the PLC and Vijeo Citect v7.20 software to visualize the packing and sorting system model. The SCADA-based monitoring used Ethernet communication, 1ms of communication speed voltage testing and conveyor speed were monitored by SCADA. The testings were 10 times for every 10% increase in speed on the conveyor dice and conveyor box. The Voltage produced an average deviation of each measurement was not more than 0.27. The testing speed of the conveyor had a deviation of the reference to the conveyor dice no more than 0.64 and for the conveyor box was not over 0.69. The speed of the conveyor on the SCADA system had a small mistake or error.

Keywords: *Conveyor, real time monitoring, SCADA, PWM, ethernet, DC motor speed*

1. PENDAHULUAN

Kegiatan penelitian ini mengacu pada penelitian tentang model sistem mesin pengepakan dan penyortiran barang dengan menggabungkan *plant conveyor* dan *elevator* yang dikendalikan secara otomatis oleh pengendali PLC. Dan seiring dengan perkembangan teknologi maka dibutuhkan pembaharuan dalam teknologi yang digunakan untuk pemantauan dan pengontrolan sistem pengepakan dan penyortiran barang dengan metode PWM dan menggunakan sistem SCADA berbasis *ethernet*.

Menurut **Ardiansyah dkk**, dengan penelitian yang berjudul "**Perancangan Simulator Sistem Pengepakan dan Penyortiran Barang Berbasis PLC TWIDO TWDLMDA20DTK**" telah dirancang sebuah alat berupa simulasi mesin pengepakan dan penyortiran barang dengan menggunakan *plant simulator conveyor* dan *elevator* yang dikendalikan secara otomatis oleh PLC. Secara sederhana prinsip kerja dari alat yang dirancang yaitu sistem mampu melakukan proses *packing* (pengepakan) dengan metoda pencacah barang, kemudian dari proses *packing* dihasilkan barang dengan berat yang bervariasi, untuk membedakan kualitas barang berdasarkan beratnya, maka perlu dilakukan proses *sorting* (penyortiran). Setelah dilakukan pengujian secara berulang-ulang, program *ladder diagram* yang dirancang berhasil membangun kerja sistem yang diinginkan. Secara terintegrasi, kerja sistem dipengaruhi oleh efisiensi waktu. Berdasarkan hasil pengujian didapat *error* dengan kesalahan deviasi rata-rata sebesar 0,14.

Menurut **Prayogo dkk**, dengan penelitian yang berjudul "**PWM (Pulse Width Modulation) pada PLC**" telah dirancang pemrograman PWM menggunakan PLC OMRON CP1L. Dalam tersebut pemrograman diperhatikan kaitan terhadap *port specifier*, *frequency*, dan *duty ratio*, agar mendapatkan output tegangan yang sesuai. Dalam pengaturan *duty ratio*, dapat dilakukan dengan cara memasukan nilai dari program, atau melalui input analog, dimana input analog mempunyai *range* 0-10VDC, yang nantinya akan dikonversi ke *range* 0-256, Sedangkan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh PWM adalah berkisar antara 0-24VDC.

Menurut **Santoso, dkk** dalam penelitian ilmiah yang berjudul "**Sistem SCADA Berbasis Ethernet Untuk Model Otomasi Bangunan**" telah dirancang sistem otomasi pada bangunan, pemantauan dan pengontrolan beberapa bangunan menggunakan SCADA melalui jaringan *ethernet* dengan menggunakan PLC Siemens. PLC Siemens mempunyai modul ekspansi berupa modul *ethernet* CP 243-1 yang dapat melakukan komunikasi antara PC ataupun PLC melalui jaringan *ethernet*. *Wonderware Intouch* sebagai antarmuka manusia dengan PLC Siemens S7-200, dapat melakukan pemantauan pada semua jenis input, output maupun variabel-variabel tertentu. Sedangkan sistem pengontrolan hanya dapat mengontrol memori dan output pada PLC Siemens S7-200.

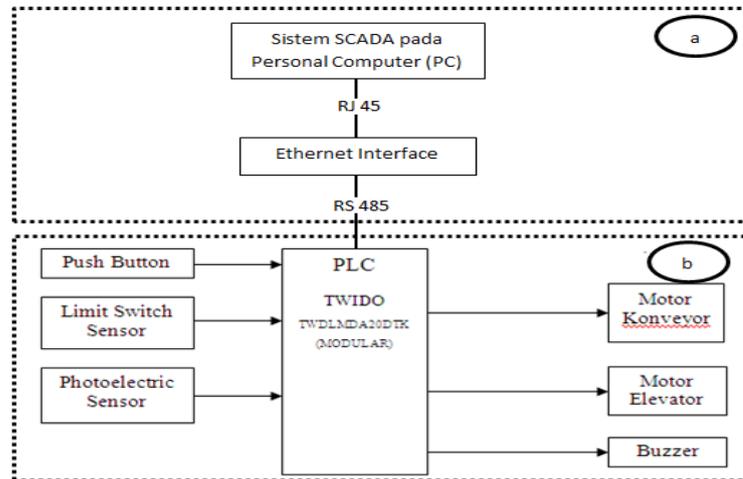
Berdasarkan beberapa tinjauan pustaka yang telah dibahas, maka dapat disimpulkan bahwa PLC dapat mengendalikan suatu *plant* tertentu dan sistem dengan PLC dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan SCADA melalui jaringan *ethernet*. Sehingga pada penelitian ini telah dikembangkan model sistem penyortiran dan pengepakan barang yang dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan SCADA melalui jaringan *ethernet*. Perbedaan sistem yang sudah ada dengan sistem yang telah dirancang terletak pada:

1. Sistem yang telah dirancang dikendalikan oleh PLC Twido TWDLMDA20DTK dan *software* Twido Suite v2.30 untuk mengeksekusi program *ladder diagram*.
2. Pengendalian *Conveyor* pada *plant conveyor* menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) yang terdapat pada fitur *software* Twido Suite v2.30 dalam bentuk *ladder diagram*.
3. Sistem *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) dengan *software* Vijeo Citect v7.20 untuk melakukan pemantauan dan pengontrolan (*interface* sistem) pada proses pengepakan (*packing*) dan penyortiran (*sorting*) barang.
4. Untuk menghubungkan *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) dan PLC Twido TWDLMDA20DTK digunakan komunikasi *ethernet*.

2. METODA PERANCANGAN DAN REALISASI

2.1 Gambaran Umum Sistem

Gambar 1 menunjukkan blok diagram model *monitoring* sistem pengepakan dan penyortiran barang berbasis SCADA.



Gambar 1. Blok diagram model *monitoring* sistem pengepakan dan penyortiran barang berbasis SCADA

Spesifikasi *monitoring* model sistem pengepakan dan penyortiran barang berbasis SCADA adalah sebagai berikut (Bolton, 2004) :

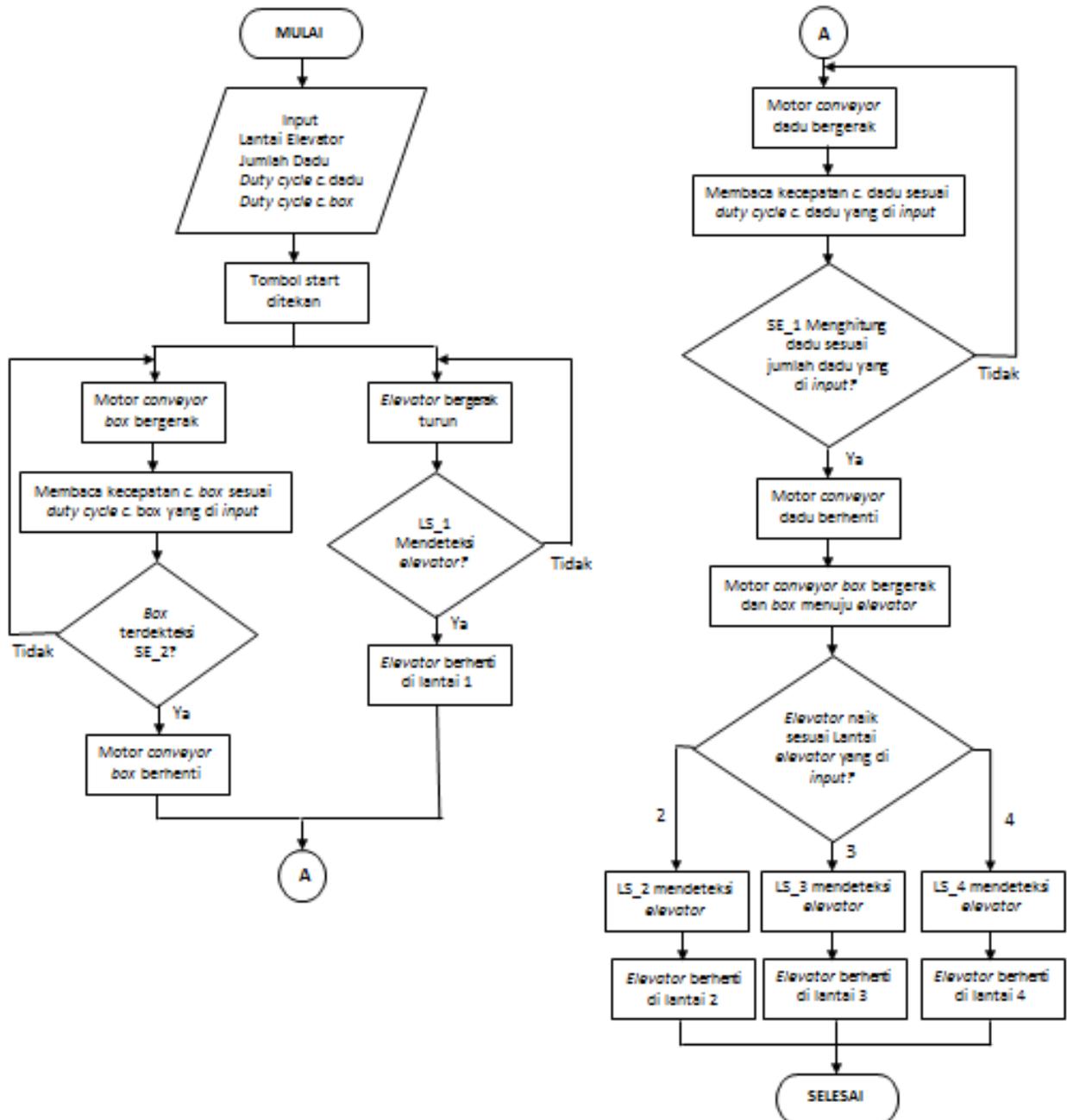
1. *Monitoring* dilakukan pada *conveyor* dadu, *conveyor box* dan *elevator* yang terdiri dari 4 lantai secara *real time* yang terdapat pada model sistem pengepakan dan penyortiran barang.
2. Kecepatan *conveyor* pada *conveyor* dapat diatur dengan menggunakan metoda PWM, selanjutnya sistem dapat memantau kerja dari kecepatan *conveyor*.
3. *Push button*, sensor *limit switch*, sensor *photo electric*, motor *conveyor*, motor *elevator* dan buzzer akan divisualisasikan atau digambarkan pada sistem SCADA sesuai dengan prinsip kerjanya.
4. Sistem SCADA yang terdapat pada PC akan dihubungkan dengan PLC menggunakan *ethernet interface* sebagai komunikasinya.

Sistem *monitoring* dapat dikendalikan dengan PLC yang terhubung dengan SCADA yang terdapat pada PC. SCADA akan mengirimkan sinyal ke PLC dan kemudian PLC akan memproses sinyal tersebut. Pengiriman sinyal tersebut melalui jaringan *ethernet*, sehingga dibutuhkan *ethernet interface*. Sistem ini akan melakukan *monitoring* secara *real time conveyor* dan *elevator* yang terdapat pada model sistem pengepakan dan penyortiran barang. *User* dapat mengatur kecepatan penggerak *conveyor conveyor* pada SCADA. Kecepatan ini berupa *duty cycle* yaitu persentase PWM yang terdiri dari 10% sampai 100, sehingga kecepatan *conveyor* dapat dimonitor melalui SCADA.

2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Software yang digunakan dalam sistem ini adalah Twido Suite v2.30 dan Vijeo Citect v7.20. Twido suite v2.30 merupakan *software* untuk mengendalikan PLC yang terdapat pada model sistem pengepakan dan penyortiran barang. Sedangkan Vijeo Citect v7.20 merupakan *software* yang berupa SCADA untuk divisualisasikan model sistem pengepakan dan penyortiran barang. Dalam perancangan sistem ini dibutuhkan prinsip kerja masing-masing *plant*.

Gambar 2 memperlihatkan *flowchart* deskripsi kerja dari sistem *monitoring* model sistem pengepakan dan penyortiran barang berbasis SCADA (Jacob, 1988).



Gambar 2. Flowchart monitoring berbasis SCADA.

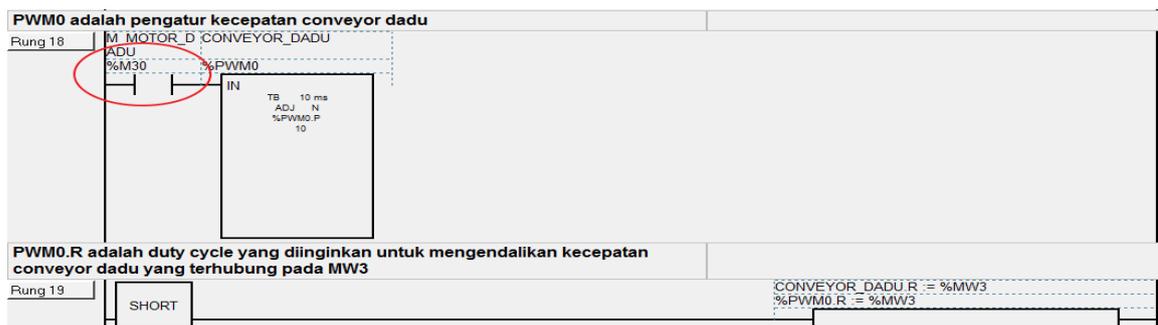
Bahasa pemrograman yang digunakan dalam pembuatan program proses kendali adalah *Ladder Diagram*. Terdapat 8 *input* digital yang masing-masing berupa *push button* dan *sensor*. Sedangkan pada sisi *output* terdapat 5 *output* digital berupa *buzzer* dan *conveyor*. *Ladder diagram* untuk sistem SCADA merupakan pengembangan *ladder diagram* untuk pengendalian model sistem pengepakan dan penyortiran barang, karena sistem SCADA menggunakan prinsip kerja dari sistem pengepakan dan penyortiran barang. Pengembangan *ladder diagram* yang dilakukan yaitu dengan menambah *ladder diagram* untuk memori (%Mx) dari *input* dan *output* sistem pengepakan dan penyortiran barang.

Daftar memori pada *ladder diagram* yang digunakan untuk sistem SCADA terdapat pada tabel 1 (Schneider, 2000).

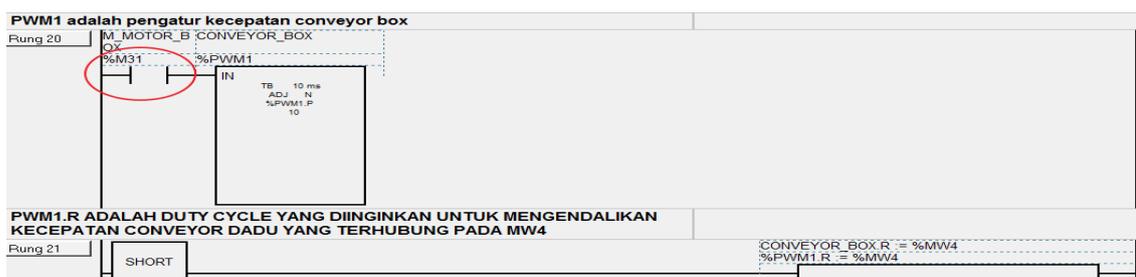
Tabel 1 Daftar memori pada *ladder diagram* yang digunakan sistem SCADA

NO	Nama Variabel	Address	Tipe Data
1	M_PB_START	%M20	Digital
2	M_PB_STOP	%M21	Digital
3	M_PB_EMERGENCY	%M22	Digital
4	M_SE_1 (Photoelectric di conveyor dadu)	%M23	Digital
5	M_SE_2 (Photoelectric di conveyor box)	%M24	Digital
6	M_LS_1 (Limit switch _ lantai 1)	%M25	Digital
7	M_LS_2 (Limit Switch _ lantai 2)	%M26	Digital
8	M_LS_3 (Limit Switch _ lantai 3)	%M27	Digital
9	M_LS_4 (Limit Switch _ lantai 4)	%M28	Digital
10	M_MOTOR_DADU	%M30	Digital
11	M_MOTOR_BOX	%M31	Digital
12	M_ALARM	%M32	Digital
13	M_ELEVATOR_TURUN	%M33	Digital
14	M_ELEVATOR_NAIK	%M34	Digital
15	LANTAI_ELEVATOR	%MW0	INT
16	JUMLAH_DADU	%MW1	INT
17	DADU	%MW2	INT
18	DUTY_CYCLE_DADU	%MW3	INT
19	DUTY_CYCLE_BOX	%MW4	INT
20	KECEPATAN_CONVEYOR_DADU	%MW5	INT
21	KECEPATAN_CONVEYOR_BOX	%MW6	INT

Pengaturan PWM dibutuhkan untuk penambahan memori, yaitu %M30 dan %M31. Memori %M30 adalah memori motor dadu yang menggerakkan *conveyor* dadu sedangkan %M31 adalah memori motor *box* yang menggerakkan *conveyor box*. Setiap *memori* terhubung pada blok PWM seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Pada blok PWM perlu dilakukan pengaturan terlebih dahulu untuk penggunaan metoda PWM, sehingga blok PWM ini dapat mengendalikan kecepatan *conveyor* pada *conveyor* dadu dan *conveyor box*.

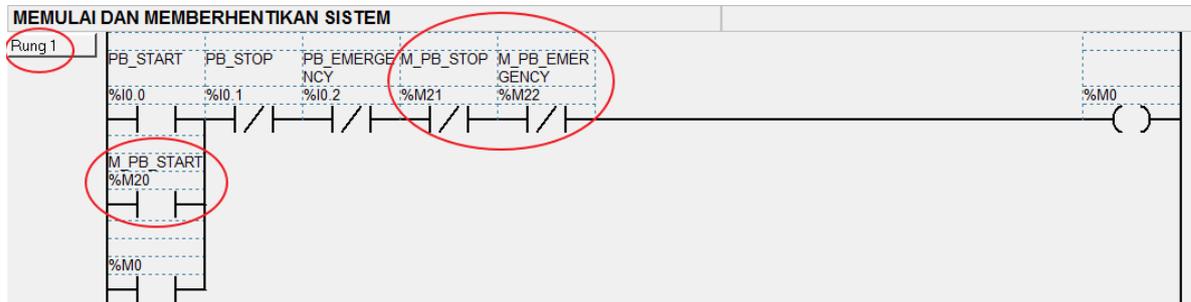


Gambar 3. Ladder diagram untuk kendali PWM pengatur kecepatan *conveyor* dadu



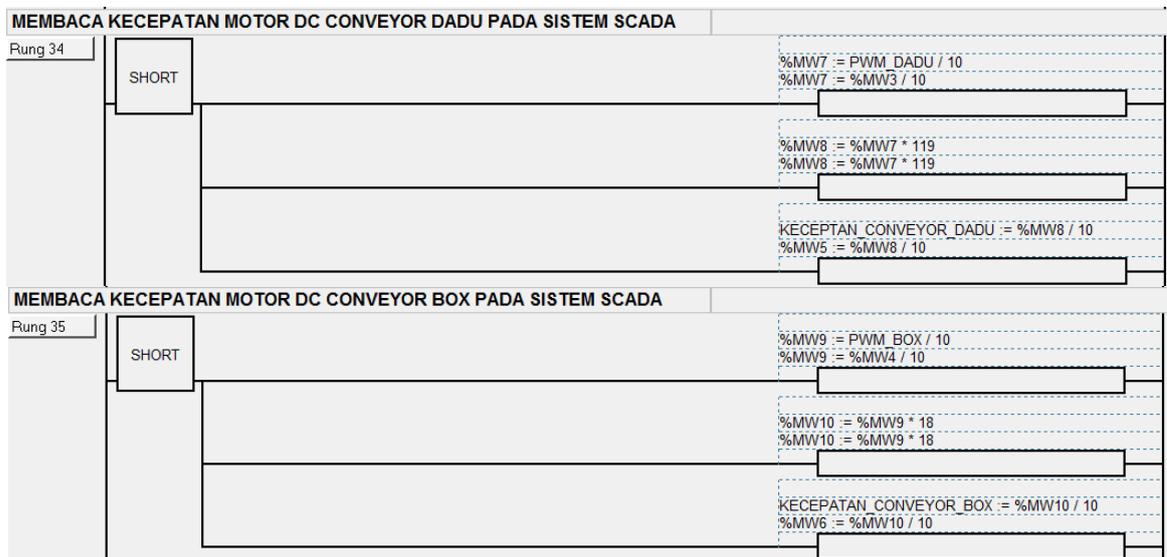
Gambar 4. Ladder diagram untuk kendali PWM pengatur kecepatan *conveyor box*

Sistem SCADA membutuhkan memori untuk terhubung pada model sistem pengepakan dan penyortiran barang, sehingga diperlukan penambahan memori pada *ladder diagram*. Gambar 5 merupakan salah satu contoh "rung" dari *ladder diagram* bagian *input* sistem dengan penambahan memori, agar dapat terhubung dengan sistem SCADA.



Gambar 5. Memori *input* ladder diagram terhubung pada SCADA

Pada Sistem SCADA digunakan %MwN untuk melakukan *monitoring* kecepatan *conveyor* yang terdapat pada *conveyor box* dan *conveyor* dadu dengan perubahan *duty cycle* yang berbeda-beda.



Gambar 6. Ladder diagram *monitoring* kecepatan *conveyor*.

Kecepatan *conveyor* pada sistem SCADA menggunakan rumus PWM yang umum digunakan, karena kecepatan *conveyor conveyor box* dan *conveyor* dadu tidak memiliki standar yang berlaku umum.

$$V = \frac{\text{Duty Cycle}}{100\%} \times V_{\text{ref}} \quad \dots \quad (1)$$

Berdasarkan grafik karakteristik motor DC tipe 5292 yang digunakan pada penelitian ini, tegangan motor linier terhadap kecepatan motor yang dihasilkannya, sehingga untuk menghitung kecepatan *conveyor* digunakan rumus.

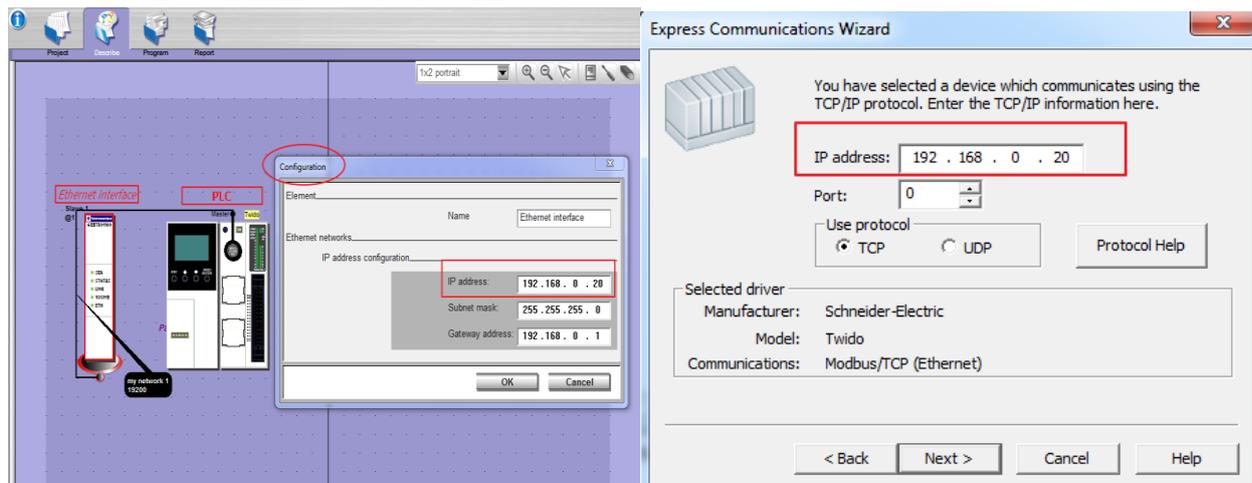
$$\text{Kecepatan conveyor} = \frac{\text{Duty Cycle}}{100\%} \times \text{kecepatan maksimum (100\%)} \quad \dots \quad (2)$$

Dengan demikian pada *ladder diagram* dirancang suatu 'rung' untuk membaca kecepatan *conveyor* pada sistem SCADA, yang sesuai dengan persamaan (2). Salah satu contoh pada Gambar 6 yaitu 'rung 34' menggunakan memori %MW7 untuk *duty cycle conveyor* dadu yang diatur oleh *user*,

memori %MW8 untuk kecepatan maksimum *conveyor* pada *conveyor* dadu, dan memori %MW5 menampilkan kecepatan *conveyor* dadu pada sistem SCADA.

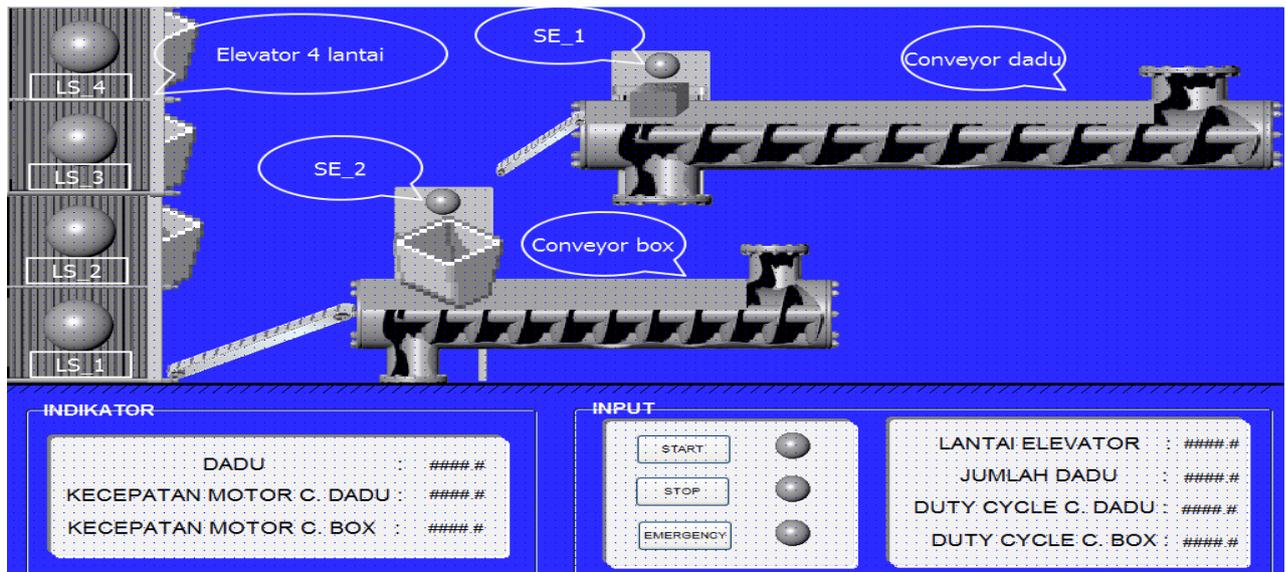
2.3 Perancangan Sistem SCADA

Perancangan pertama yaitu pengaturan komunikasi yang digunakan pada SCADA, cara pengaturan yang dilakukan adalah dengan memasukkan nilai *IP address* 192.168.0.20 pada *software* twido suite v2.30 dan vijeo citect v7.20. Pada komunikasi *ethernet* ini digunakan modul *ethernet interface* tipe 499TWD01100 untuk menghubungkan PLC Twido TWDLMDA20DTK dengan *personal computer* (PC). Kabel yang digunakan dari PLC ke modul *ethernet interface* yaitu RS 485, sedangkan kabel yang digunakan dari *ethernet interface* ke PC yaitu menggunakan RJ 45. Gambar 7 menunjukkan pengaturan komunikasi pada *software* twido suite v2.30 dan vijeo citect v7.20.



Gambar 7. Pengaturan Komunikasi pada *software* twido suite v2.30 dan vijeo citect v7.20.

Langkah selanjutnya yang dilakukan pada *software* vijeo citect v7.20 adalah pembuatan *cluster*. *Cluster* menjadikan PC sebagai server yang dapat mengendalikan PLC. Setelah melakukan pengaturan *cluster*, maka diperlukan pula pengaturan dari *hardware* yang digunakan. Hal ini dilakukan agar *hardware* dapat dikendalikan melalui sistem SCADA. Setelah melakukan penentuan dan penamaan *hardware*, selanjutnya dilakukan pembuatan visualisasi *hardware* melalui *software* vijeo citect v7.20. Pembuatan visualisasi *hardware* ini disesuaikan dengan deskripsi kerja sistem pengepakan dan penyortiran barang. Terdapat 3 bagian dalam sistem ini yaitu INPUT, INDIKATOR dan DISPLAY.



Gambar 8. Monitoring model sistem pengepakan dan penyortiran barang berbasis SCADA

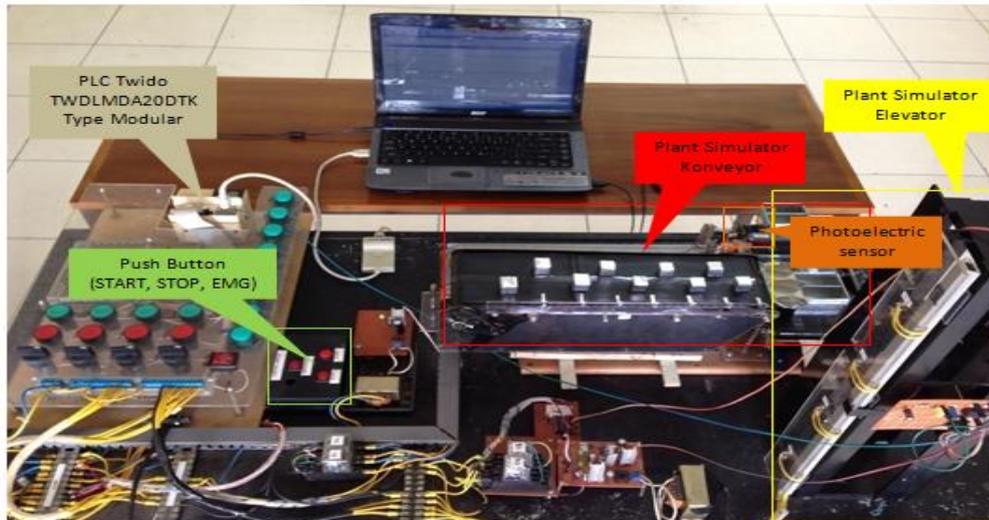
Gambar 8 yang merupakan realisasi sistem SCADA yang terdiri dari 3 bagian yaitu INPUT, INDIKATOR dan DISPLAY. Untuk bagian INPUT terdiri dari 3 *push button* dan 4 *input number*. *Push button* yang ditampilkan, yaitu *push button* START, *push button* STOP dan *push button* EMERGENCY beserta lampu indikator dari masing-masing *push button*. Sedangkan *input number* yang ditampilkan, yaitu *Input number* LANTAI ELEVATOR, JUMLAH DADU, DUTY CYCLE C. DADU dan DUTY CYCLE C. BOX.

Bagian selanjutnya adalah INDIKATOR, yaitu DADU, KECEPATAN MOTOR C. DADU dan KECEPATAN MOTOR C. BOX. Dengan fungsi yaitu:

1. DADU menampilkan jumlah dadu yang sudah melalui sensor SE_1.
2. KECEPATAN MOTOR C. DADU akan menampilkan kecepatan dari *conveyor* dadu.
3. KECEPATAN MOTOR C. BOX akan menampilkan kecepatan dari *conveyor* box.

Pada bagian DISPLAY terdapat 2 *conveyor* dan *elevator* 4 lantai. Masing-masing *conveyor* diletakkan dengan posisi bertingkat dan *elevator* diletakkan pada sisi *conveyor* box, seperti yang terlihat pada Gambar 9. Pada *conveyor* dadu dan *conveyor* box terdapat lampu yang diletakkan pada salah satu sisi dari setiap *conveyor*, yang diberi nama SE-1 dan SE-2. Lampu ini akan mendeteksi objek baik dadu maupun *box*. Begitu pula pada *elevator* 4 lantai, setiap lantai dipasang lampu, yaitu LS-1 untuk lantai 1, LS-2 untuk lantai 2, LS-3 untuk lantai 3 dan LS-4 untuk lantai 4.

III. HASIL RANCANGAN DAN PENGUJIAN ALAT



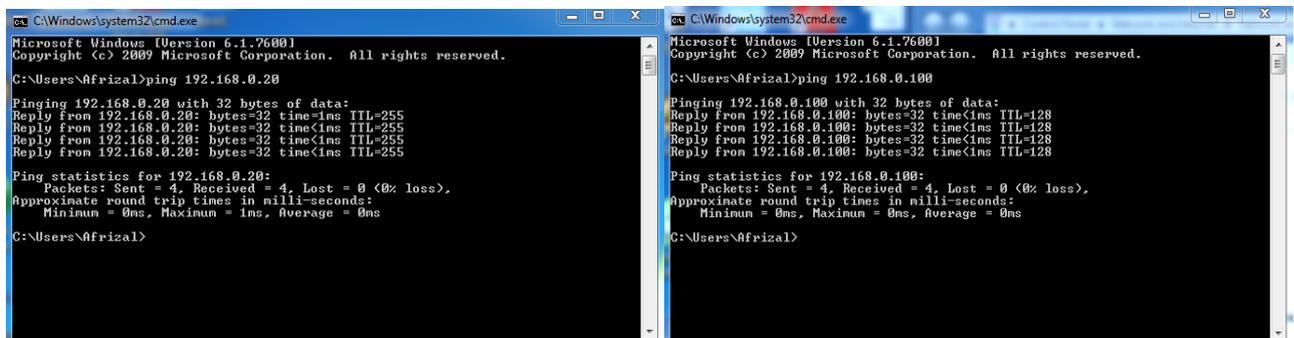
Gambar 9. Merupakan Model Sistem pengepakan dan penyortiran barang

Gambar 9 memperlihatkan rangkaian penelitian selengkapnya. Terlihat pada gambar tersebut terdapat *Push button*, *sensor limit switch*, *sensor photoelectric*, *motor conveyor*, *motor elevator* dan *buzzer* yang divisualisasikan atau digambarkan pada sistem SCADA sesuai dengan prinsip kerjanya.

3.1 Pengujian Komunikasi Data

Pada pengujian komunikasi SCADA dilakukan pengecekan komunikasi *ethernet* dengan menggunakan fitur pada PC yaitu 'CMD', dengan 'CMD' dapat mengetahui apakah PC dan PLC sudah terhubung ke jaringan tersebut. Langkah yang dilakukan adalah melakukan 'ping' terhadap *IP Address* yang akan dituju jika terdapat 'reply' maka PC atau PLC tersebut sudah terhubung ke jaringan *ethernet* terlihat pada Gambar 10. Pengecekan *IP Address* PLC yaitu: 192.168.0.20 dan pengecekan *IP Address* PC yaitu: 192.168.0.100.

Dapat dilihat pada Gambar 10, bahwa *IP address* yang digunakan pada PLC dan PC telah terhubung dengan jaringan *ethernet*, ditandai dengan adanya pernyataan *reply from 192.168.0.20* dan pernyataan *reply from 192.168.0.100*. Selain itu komunikasi yang dilakukan dapat mengirim dan menerima '*packets*' dengan kecepatan komunikasi yang dilakukan kurang dari 1ms. Melalui pengujian komunikasi *ethernet* ini, dapat diketahui bahwa PC dan PLC telah terhubung dengan jaringan *ethernet*, sehingga PLC dapat dikendalikan oleh PC melalui sistem SCADA.



Gambar 10. Pengujian komunikasi SCADA yang terhubung ke jaringan *ethernet*.

3.2 Pengujian Kecepatan Conveyor pada SCADA

3.2.1 Pengujian Tegangan pada %Q0.0 dan %Q0.1

Sebelum dilakukan pengukuran tegangan yang dihasilkan oleh *output* sebagai penggerak motor DC, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (1). Hasil perhitungan yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Perhitungan Tegangan Vo (V)

No	Duty cycle	Vo (V)
1	0	0.00
2	10	2.40
3	20	4.80
4	30	7.20
5	40	9.60
6	50	12.00
7	60	14.40
8	70	16.80
9	80	19.20
10	90	21.60
11	100	24.00

Hasil perhitungan tegangan pada tabel 2 digunakan untuk mencari simpangan rata-rata dari setiap pengukuran yang dilakukan. Maka untuk mencari nilai simpangan rata-rata digunakan persamaan sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\frac{(\sum x_i - \sum \bar{x})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (3)$$

- Keterangan : s = Simpangan rata-rata
- x_i = Data ke-i
- \bar{x} = Rata-rata data
- n = Jumlah data

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *multimeter* digital, yaitu dengan mengatur *duty cycle* sebesar 10% sampai 100%, untuk mengukur tegangan pada %Q0.0 yang terhubung pada *conveyor* dadu sebanyak 10 kali pengukuran, maka diperoleh hasil pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Tegangan pada %Q0.0 conveyor dadu

No	Duty Cycle (%)	Hasil Pengukuran Tegangan %Q0.0											
		Pengukuran ke-n										Rata-Rata	
		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7	Ke-8	Ke-9	Ke-10	Pengukuran	Simpangan
1	0	0.17	0.16	0.17	0.17	0.15	0.14	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.01
2	10	2.48	2.45	2.43	2.47	2.47	2.48	2.47	2.45	2.47	2.49	2.47	0.02
3	20	4.80	4.85	4.86	4.80	4.75	4.74	4.81	4.80	4.82	4.80	4.80	0.04
4	30	7.10	7.20	7.30	7.20	7.40	7.25	7.30	7.20	7.00	7.00	7.20	0.13
5	40	9.50	9.55	9.60	9.65	9.75	9.55	9.40	9.35	9.35	9.75	9.55	0.15
6	50	12.15	12.15	12.15	12.10	12.20	12.15	12.15	12.15	12.30	12.00	12.15	0.07
7	60	14.33	14.34	14.35	14.36	14.36	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35	0.01
8	70	16.90	16.75	16.80	16.95	16.99	16.60	16.60	16.80	16.80	16.80	16.80	0.13
9	80	19.45	19.00	19.35	19.33	19.30	19.60	19.30	19.25	19.10	19.30	19.30	0.17
10	90	21.75	21.77	21.73	21.94	21.57	21.10	21.35	21.45	21.40	21.90	21.60	0.27
11	100	23.99	23.99	23.98	23.95	23.90	23.97	23.98	23.97	23.97	23.97	23.97	0.03

Sedangkan untuk pengujian *conveyor box* (%Q0.1) didapat hasil pengujian sesuai Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian tegangan pada %Q0.1 conveyor box

No	Duty Cycle (%)	Hasil Pengukuran Tegangan %Q0.1											
		Pengukuran ke-n										Rata-Rata	
		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7	Ke-8	Ke-9	Ke-10	Pengukuran	Simpangan
1	0	0.17	0.17	0.17	0.16	0.15	0.18	0.17	0.17	0.14	0.17	0.17	0.01
2	10	2.58	2.45	2.50	2.50	2.50	2.48	2.57	2.45	2.47	2.49	2.50	0.04
3	20	4.80	4.85	4.86	4.80	4.75	4.74	4.81	4.80	4.82	4.80	4.80	0.04
4	30	7.10	7.20	7.40	7.10	7.40	7.25	7.30	7.20	7.00	7.00	7.20	0.15
5	40	9.50	9.65	9.60	9.65	9.75	9.55	9.60	9.35	9.45	9.90	9.60	0.15
6	50	12.35	12.00	12.00	12.10	12.20	12.15	12.15	12.00	12.00	12.00	12.10	0.12
7	60	14.33	14.34	14.55	14.36	14.36	14.25	14.35	14.35	14.30	14.35	14.35	0.08
8	70	17.20	16.75	17.00	16.95	16.99	17.00	16.60	16.80	17.25	17.00	16.95	0.20
9	80	19.30	19.30	19.35	19.33	19.30	19.30	19.30	19.25	19.30	19.30	19.30	0.03
10	90	21.50	21.50	21.50	21.50	21.50	21.10	21.67	21.60	21.60	21.50	21.50	0.15
11	100	23.99	23.99	23.98	23.95	23.90	23.97	23.98	23.97	23.97	23.97	23.97	0.03

Dari hasil pengamatan yang pada Tabel 3 dan Tabel 4, ditunjukkan bahwa terjadi perbedaan yang kecil dari hasil pengukuran dengan hasil perhitungan yang terdapat pada Tabel 1 Seperti pada saat *duty cycle* 0% hasil pengukuran %Q0.0 dan %Q0.1 adalah 0.17 Volt sedangkan seharusnya tegangan yang dihasilkan adalah 0 Volt. Hal ini terjadi karena hasil yang digunakan pada rumus bernilai mutlak yaitu 0 Volt. Sedangkan pada pengukuran hasil yang didapatkan tidak mutlak, sehingga terdapat selisih sebesar 0,17. Dalam pengujian tegangan ini simpangan rata-rata setiap pengukuran yaitu tidak lebih dari 0,27, sehingga membuktikan bahwa *error* pada pengukuran tegangan relatif kecil.

3.2.2 Pengujian Kecepatan Conveyor

Pengujian kecepatan motor DC pada sistem SCADA menggunakan persamaan (2). Kecepatan maksimum yang digunakan adalah pada saat *duty cycle* sebesar 100% atau kecepatan motor DC pada saat menggunakan kendali *on* dan *off*. Hasil kecepatan maksimum tersebut didapatkan dengan menggunakan *tachometer digital*, untuk kecepatan maksimum conveyor dadu sebesar 119 rpm, sedangkan untuk kecepatan conveyor box sebesar 18 rpm. Maka dengan rumus persamaan (2) akan didapatkan kecepatan motor DC seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kecepatan motor DC pada sistem SCADA dengan perhitungan

No	Duty cycle (%)	Kecepatan conveyor dadu (rpm)	Kecepatan conveyor box (rpm)
1	10	11	1
2	20	23	3
3	30	35	5
4	40	47	7
5	50	59	9
6	60	71	10
7	70	83	12
8	80	95	14
9	90	107	16
10	100	119	18

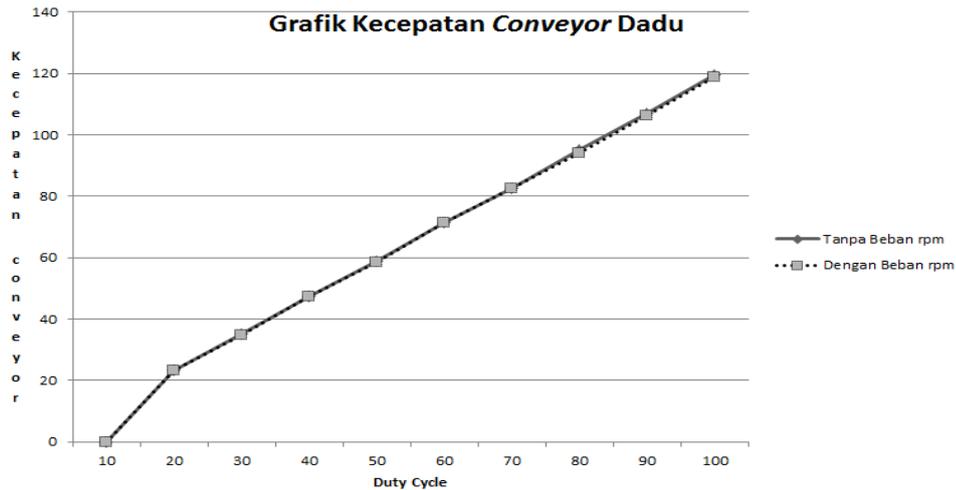
3.2.2.1 Pengujian Kecepatan Conveyor Dadu

Selanjutnya akan dilakukan pengujian kecepatan motor DC yang terdapat pada conveyor dadu dan conveyor box dengan menggunakan *tachometer digital*, sehingga kecepatan motor DC pada sistem SCADA dapat dibandingkan dan dianalisis dengan hasil pengukuran. Dilakukan pula mencari simpangan terhadap referensi dari setiap pengukuran yang dilakukan, referensi yang digunakan terdapat pada Tabel 5. Sehingga dapat diketahui seberapa besar simpangan dari kecepatan motor DC yang terjadi dengan kecepatan yang ditampilkan pada sistem *monitoring*. Maka untuk mencari nilai simpangan terhadap referensi tersebut digunakan persamaan (3).

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *Tachometer* dengan mengatur *duty cycle* dan waktu putaran konstan sebesar 3 detik, untuk mengukur kecepatan motor penggerak conveyor pembawa dadu, maka didapatkan data sesuai Tabel 6 dan Gambar 11 berikut. Tabel pengujian merupakan tabel rata-rata setelah dilakukan 10 kali pengujian dan dicari simpangan rata-rata:

Tabel 6 Pengujian *conveyor* pembawa dadu *duty cycle* 10% sampai 100%

No	Duty cycle (%)	Waktu Putaran (s)	Tanpa beban (rpm)		Dengan beban dadu (rpm)	
			Nilai rata-rata	Simpangan	Nilai rata-rata	Simpangan
1	10	3	0.00	12.22	0.00	12.22
2	20	3	23.20	0.44	23.19	0.32
3	30	3	35.18	0.20	34.81	0.01
4	40	3	47.43	0.59	47.39	0.12
5	50	3	58.79	0.21	58.65	0.50
6	60	3	71.55	0.61	71.40	0.44
7	70	3	82.60	0.22	82.50	0.56
8	80	3	95.09	0.10	93.98	0.11
9	90	3	106.91	0.12	106.41	0.64
10	100	3	119.56	0.49	118.71	0.32



Gambar 11. Pengujian *conveyor* dadu *duty cycle* 10% sampai 100%

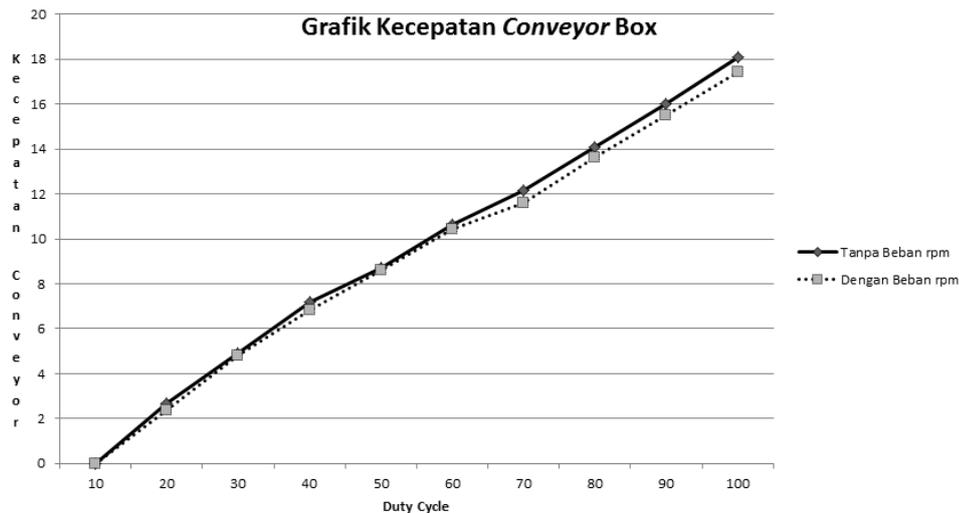
Simpangan terhadap referensi yang besar yaitu terdapat pada saat *duty cycle* 10% sebesar 12,22 rpm, Hal ini terjadi karena hasil yang digunakan pada sistem SCADA mutlak menggunakan rumus yaitu 11 rpm, sedangkan pada pengukuran motor tidak bergerak, sehingga terdapat selisih sebesar 11 rpm. Pada Tabel 6 dapat dilihat pada saat *duty cycle* sebesar 10% kecepatan motor DC *conveyor* pembawa dadu yaitu 0 rpm. Hal ini dikarenakan kurangnya tegangan yang masuk pada motor DC *conveyor* pembawa dadu, sehingga motor DC tidak dapat bekerja. Analisis ini diperkuat pada Tabel 3, yaitu tegangan yang diukur pada %Q0.0 pada saat *duty cycle* 10% adalah sebesar 2.47 V, sedangkan tegangan minimal yang dibutuhkan motor DC untuk bekerja adalah sebesar 5 V. Sedangkan untuk *duty cycle* dari 20% hingga 100% memiliki simpangan terhadap referensi yang relatif kecil yaitu tidak lebih dari 0,64, baik tanpa beban maupun dengan beban.

3.2.2.2 Pengujian Kecepatan *Conveyor Box*

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *Tachometer* dengan mengatur *duty cycle* dengan waktu putaran konstan sebesar 5 detik, untuk mengukur kecepatan motor penggerak *conveyor* pembawa *box*, maka didapatkan data pada Tabel 7 dan Gambar 12. Tabel pengujian merupakan tabel rata-rata setelah dilakukan 10 kali pengujian dan dicari simpangan rata-rata.

Tabel 7 Pengujian conveyor pembawa box duty cycle 10% sampai 100%

No	Duty cycle (%)	Waktu Putaran (s)	Tanpa beban (rpm)		Dengan beban dadu (rpm)	
			Nilai rata-rata	Simpangan	Nilai rata-rata	Simpangan
1	10	5	0.00	1.11	0.00	1.11
2	20	5	2.66	0.38	2.39	0.68
3	30	5	4.89	0.12	4.80	0.22
4	40	5	7.21	0.23	6.81	0.21
5	50	5	8.72	0.31	8.61	0.43
6	60	5	10.62	0.69	10.45	0.50
7	70	5	12.18	0.20	11.61	0.43
8	80	5	14.06	0.07	13.63	0.41
9	90	5	16.01	0.01	15.50	0.56
10	100	5	18.10	0.11	17.41	0.66

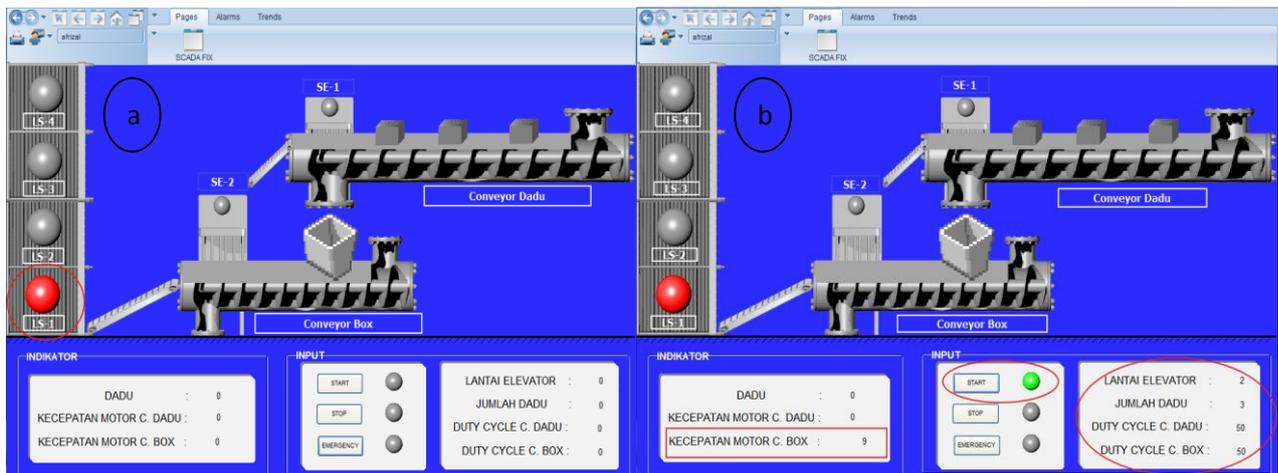
**Gambar 12. Pengujian conveyor box duty cycle 10% sampai 100%**

Simpangan terhadap referensi yang besar yaitu terdapat pada saat *duty cycle* 10% sebesar 1.11 rpm, Hal ini terjadi karena hasil yang digunakan pada sistem SCADA mutlak menggunakan rumus yaitu 1 rpm, sedangkan pada pengukuran motor tidak bergerak, sehingga terdapat selisih sebesar 1 rpm. Pada Tabel 7 dapat dilihat pula saat *duty cycle* sebesar 10% kecepatan motor DC conveyor pembawa box sebesar 0 rpm. Hal ini dikarenakan kurangnya tegangan yang masuk pada motor DC conveyor pembawa box, sehingga motor DC tidak dapat bekerja. Analisis ini diperkuat oleh Tabel 4, yaitu tegangan yang diukur pada %Q0.1 pada saat *duty cycle* 10% adalah sebesar 2.50 V, sedangkan tegangan minimal yang dibutuhkan motor DC untuk bekerja sebesar 5 V. Sedangkan untuk *duty cycle* dari 20% hingga 100% memiliki simpangan terhadap referensi yang relatif kecil yaitu tidak lebih dari 0,69.

Berdasarkan Tabel 5 kecepatan motor DC pada conveyor dadu dan conveyor box dapat menjadi standar *monitoring* dengan metoda PWM, karena tidak terjadi perbedaan yang terlalu signifikan antara hasil pengukuran kecepatan motor DC menggunakan *tachometer digital* dengan kecepatan motor yang ditampilkan oleh sistem *monitoring*.

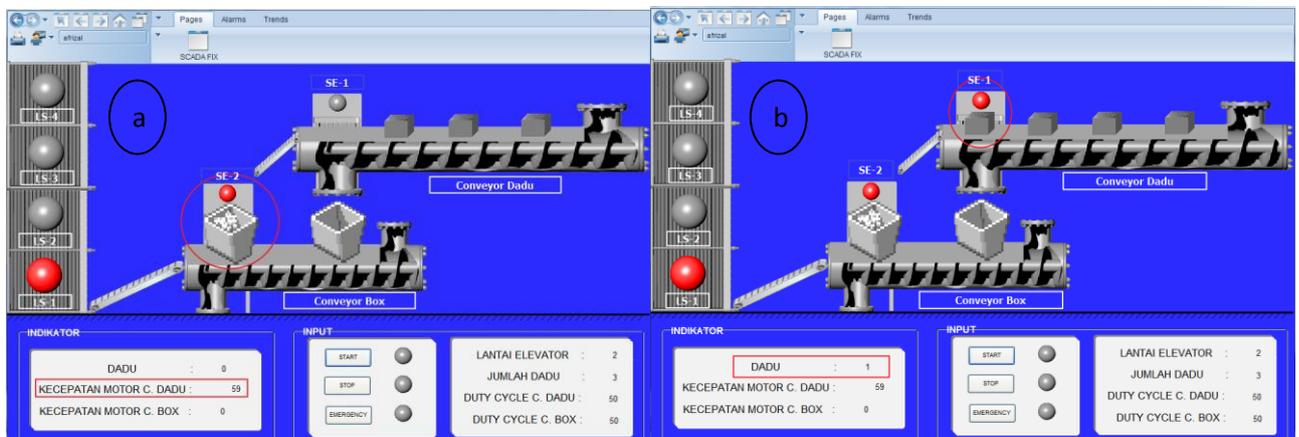
3.3 Pengujian Keseluruhan SCADA

Selanjutnya pengujian pada *monitoring* secara *real time* yang akan dilakukan adalah terhadap sistem SCADA secara keseluruhan, apakah masing-masing *input* dan *ouput* sudah bekerja sesuai cara kerja model sistem pengepakan dan penyortiran barang. Kondisi awal sistem *monitoring* secara *real time* untuk kecepatan motor DC pada conveyor dengan metoda PWM berbasis SCADA ditampilkan oleh Gambar 13(a).



(a) Kondisi awal sistem (b) Kondisi dimulainya sistem
Gambar 13 Kondisi awal sistem *monitoring* berbasis SCADA

Proses pengujian dilakukan menurut prinsip kerja yang sudah dijelaskan diatas. Langkah pertama adalah memasukkan nilai input lantai elevator, jumlah dadu, nilai *duty cycle conveyor* dadu dan *duty cycle conveyor* box. Jika tombol START ditekan, maka lampu START menyala hijau menyatakan bahwa sistem pengepakan dan penyortiran barang mulai bekerja. Sedangkan lampu *elevator* menyala pada lantai dasar atau LS-1 yang menyatakan bahwa *elevator* berada pada lantai dasar. Kecepatan motor DC akan dibaca sesuai dengan *duty cycle conveyor* box yang dimasukan, misalnya pada Gambar 13(b) *duty cycle* 50% terlihat kecepatan motor DC pembawa *box* sebesar 9 rpm. Hasil kecepatan motor DC ini sudah sesuai dengan hasil yang terdapat pada Tabel 5. Selanjutnya *conveyor* pembawa box akan bergerak menggeser box hingga sensor (SE-2) terhalang oleh box, seperti pada tampilan Gambar 13(b).

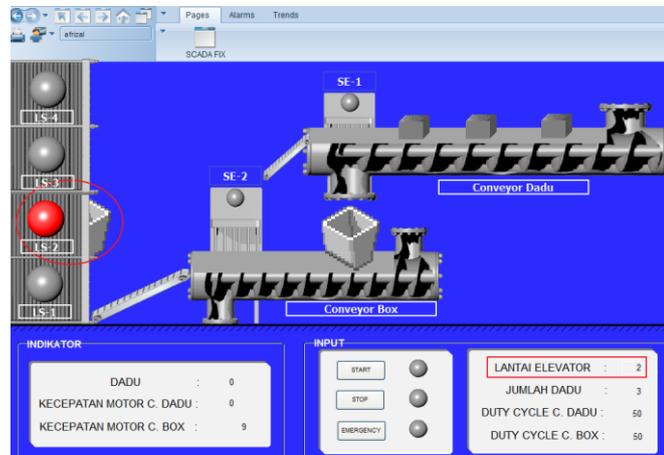


(a) SE-2 mendeteksi box (b) SE-1 mendeteksi box
Gambar 14 Sistem SCADA bekerja

Setelah sensor SE-2 mendeteksi adanya *box*, secara otomatis *conveyor* pembawa box akan berhenti ditandai dengan indikator sensor SE-2 berwarna merah. Kemudian *conveyor* pembawa dadu akan bergerak dan menggeser dadu hingga masuk ke dalam *box*. Kecepatan motor DC akan dibaca sesuai dengan *duty cycle conveyor* dadu yang di masukan, misalnya pada Gambar 14(a) *duty cycle* 50% terlihat kecepatan motor DC pembawa *box* sebesar 59 rpm. Hasil kecepatan motor DC ini sudah sesuai dengan hasil yang terdapat pada Tabel 4. Selanjutnya sensor (SE-1) akan menghitung (melakukan *counter*) jumlah dadu yang masuk ke dalam *box* seperti pada Gambar 14(b).

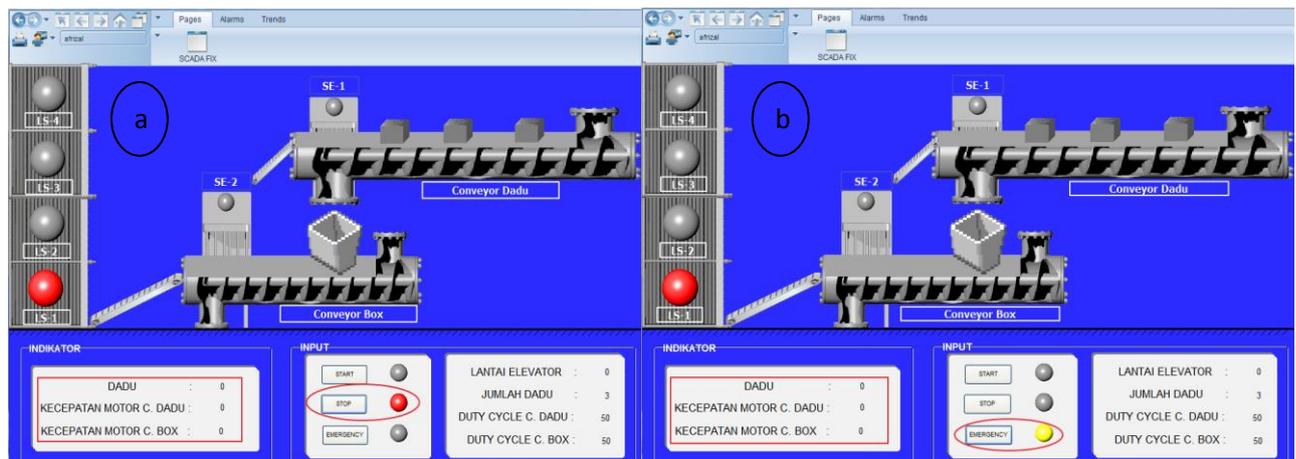
Setelah *counter* mencapai hitungan tertentu yaitu sebanyak 3 kali, maka *conveyor* pembawa dadu akan berhenti ditandai dengan indikator sensor SE-1 berwarna merah dan *conveyor* pembawa *box*

akan bergerak kembali seperti Gambar 14(b). Untuk pergerakan naik *elevator* ditentukan oleh *user* pada sistem SCADA dengan memasukkan tingkatan lantai berapa yang diinginkan. Lampu lantai 2 atau LS-2 menyala karena *user* memasukkan angka 2 pada bagian 'LANTAI ELEVATOR', sistem SCADA akan mendeteksi bahwa *elevator* sudah berada pada posisi lantai yang diinginkan *user*, seperti ditampilkan Gambar 15.



Gambar 15. SCADA mendeteksi lantai *elevator*

Selanjutnya adalah pengujian pada saat tombol stop ditekan dan tombol *emergency* ditekan akan terlihat pada Gambar 16(a) dan Gambar 16(b).



(a) Tombol Stop ditekan

(b) Tombol Emergency ditekan

Gambar 16. SCADA pada saat sistem berhenti.

Gambar 16(a) menunjukkan tampilan ketika tombol STOP ditekan, maka lampu merah menyala yang menyatakan bahwa sistem pengepakan dan penyortiran barang berhenti pada saat kondisi apa pun.

Gambar 16(b) menunjukkan tampilan ketika tombol EMERGENCY ditekan, maka lampu kuning menyala yang menyatakan bahwa sistem pengepakan dan penyortiran barang berhenti pada saat kondisi yang tidak diinginkan oleh user dan membunyikan alarm.

Setelah semua masing-masing *input* dan *ouput* diuji sesuai cara kerjanya, terlihat bahwa sistem SCADA ini sudah dapat melakukan *monitoring* secara *real time* pergerakan dari model sistem pengepakan dan penyortiran barang. Sistem SCADA ini juga sudah dapat mengatur PWM kecepatan motor DC yang terdapat pada *conveyor* dadu dan *conveyor* box, yang selanjutnya kecepatan tersebut ditampilkan pada sistem SCADA yang sesuai dengan tabel 5. Sehingga *monitoring* secara *real time* kecepatan motor DC pada *conveyor* dengan menggunakan metoda PWM sudah terpenuhi oleh sistem SCADA ini.

IV. KESIMPULAN

1. Program *ladder diagram* dengan penambahan atau penggunaan memori mampu melakukan proses *monitoring* model sistem pengepakan dan penyortiran barang berbasis SCADA.
2. Komunikasi *monitoring* ini menggunakan ethernet dengan kecepatan komunikasi sebesar 1ms, sehingga dapat mendekati sistem yang *real time*.
3. Setiap kenaikan kecepatan sebesar 10% pada *conveyor* dadu dan *conveyor box* akan naik secara linear.
4. Pengujian kecepatan motor DC tersebut memiliki simpangan terhadap referensi untuk *conveyor* dadu tidak lebih dari 0,64, sedangkan untuk *conveyor box* tidak lebih 0,69, sehingga sistem SCADA ini memiliki kesalahan atau *error* yang kecil dalam hal menampilkan kecepatan *conveyor* dadu dan *conveyor box*.
5. Sinkronisasi pergerakan dari sistem SCADA sudah bekerja sesuai dengan cara kerja sistem pengepakan dan penyortiran barang.

Daftar Pustaka

- Ardiansyah, Hendri. (2014). *Perancangan Simulator Sistem Pengepakan dan Penyortiran Barang Berbasis PLC TWIDO TWDLMDA20DTK*. Tugas Akhir. ITENAS.
- Bolton, William. (2004). *Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar*. Jakarta: Erlangga.
- Jacob, J. Michael. (1988). *Industrial Control Electronics*. Prentice Hall: New Jersey.
- Rudito Prayogo. (2011). PWM (Pulse Width Modulation). <http://digilib.itelkom.ac.id> Diakses tanggal 29 Agustus 2014.
- Schneider. (2000). *Vijeo Citect One Day Overview*. Telemecanique. Schneider Electric.
- Yefta Noventa Santoso, Handy Wicoksono, Petrus Santoso.(2013). *Sistem SCADA Berbasis Ethernet untuk Model Otomasi Bangunan*. Tugas Akhir Universitas Kristen Petra, Surabaya.