

Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Konveyor untuk Sistem Pemisah Produk Cacat, Pengepakan dan Penyortiran Barang Di-monitoring Menggunakan SCADA Berbasis *Wireless*

YUDA YUANDHITRA, WALUYO, NANDANG TARYANA

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional

E-mail : yudayuandhitra@gmail.com

ABSTRAK

Pemisah produk cacat merupakan suatu kegiatan penting di industri yang diperlukan untuk menjaga agar hasil produksi terjamin mutunya sebelum dipasarkan. Melalui penelitian ini, model sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang yang berbasis PLC, akan dimonitoring oleh SCADA menggunakan komunikasi wireless dan pergerakan konveyor dikendalikan menggunakan PWM sehingga dapat di monitoring. Sistem monitoring ini menggunakan software Twido suite v2.30 untuk mengendalikan PLC dan software Vijeo Citect v7.20 untuk memvisualisasikan model sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang. Dilakukan pengujian kecepatan konveyor dadu dan box yang dimonitoring oleh SCADA, pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap kenaikan kecepatan sebesar 10% yang dilakukan pada konveyor dadu dan konveyor box. Pengujian kecepatan konveyor tersebut memiliki simpangan terhadap referensi untuk konveyor dadu tidak lebih dari 25% dengan kecepatan konveyor sebesar 34,75 m/min untuk konveyor pembawa dadu dan 10% dengan kecepatan konveyor 5,31 m/min untuk konveyor pembawa box. Melihat simpangan terhadap referensi relatif kecil kecepatan motor DC pada sistem SCADA ini memiliki kesalahan atau error yang kecil. Pengaturan jarak antara PC/laptop dengan plan pada jarak 5m (Ruang Komponen dan Istrumentasi Lab ELKA), 15m (Lab ELKA) dan 20m (Lab Otomasi) tidak mempengaruhi kecepatan konveyor dan kecepatan pengiriman data tidak lebih dari 4 ms.

Kata Kunci : Programmable Logic Controller (PLC), SCADA, PWM, wireless, kecepatan motor DC

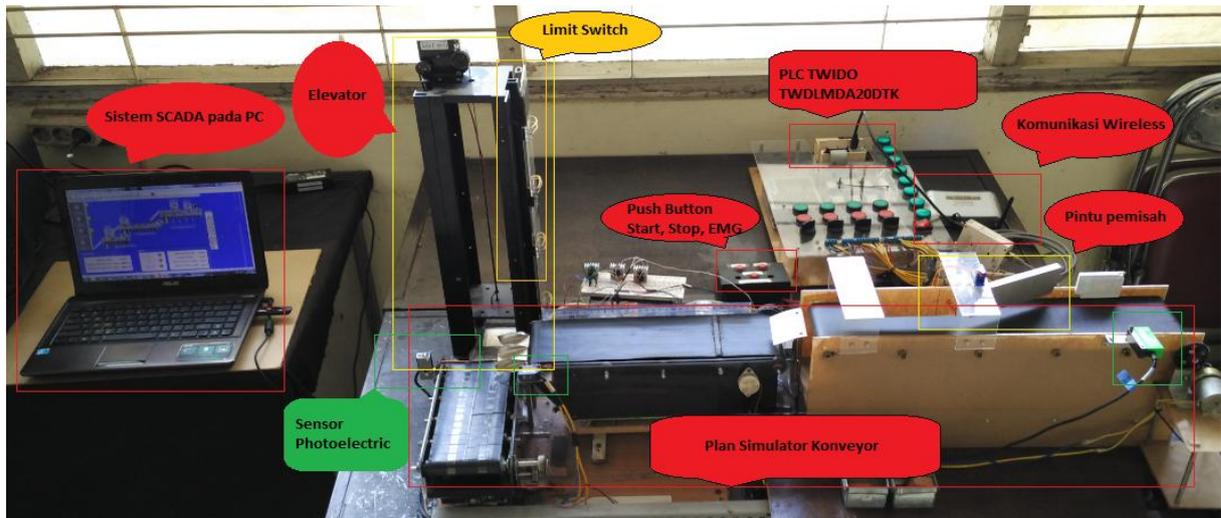
ABSTRACT

Separation of defective products is an important activity in the industry is needed to keep the production quality assured before it is marketed. Through this study, the model system separator defective products, packing and sorting of goods based PLC, will be monitored by SCADA using wireless communication and movement of the conveyor is controlled using a PWM that can be in monitoring. This monitoring system using Twido software suite to control PLCs v2.30 and v7.20 software Vijeo Citect to visualize models separator system defective products, packing and sorting goods. Testing the dice and box conveyor speed are monitored by SCADA, testing performed 10 times for each increase speed by 10% carried on a conveyor and conveyor dice box. The conveyor speed testing have junctions against a reference to conveyor dice no more than 25% with the conveyor speed of 34.75 m / min for the carrier conveyor dice and 10% with 5.31 m/min conveyor speed for the conveyor carrier box. See relatively small deviation to the reference speed DC motor in this SCADA system has a fault or error is small. Setting the distance between your PC / laptop with lan at a distance of 5m (Space Lab Components and Istrumentasi ELKA), 15m (Lab Elka) and 20m (Lab Automation) does not affect the speed of the conveyor and the speed of data transmission tidak more than 4 ms.

Keywords: Programmable Logic Controller (PLC), SCADA, PWM, wireless, DC motor speed

1. PENDAHULUAN

Pemisa produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang merupakan suatu kegiatan penting di industri yang diperlukan untuk menjaga agar hasil produksi terjamin sebelum dipasarkan. Melalui penelitian ini, model sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang yang berbasis PLC, akan dimonitoring oleh SCADA menggunakan komunikasi *wireless* dan pergerakan konveyor dikendalikan menggunakan PWM sehingga dapat di *monitoring*. Sistem *monitoring* ini menggunakan *software* Twido suite v2.30 untuk mengendalikan PLC dan *software* Vijeo Citect v7.20 untuk memvisualisasikan model sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang berbasis PLC

Menurut **(Fikri, 2015)** pada penelitiannya di Jurusan Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Bandung yang berjudul **"Monitoring Real Time Kecepatan Motor DC Menggunakan PWM Berbasis SCADA"** yaitu melakukan monitoring kecepatan konveyor sistem pengepakan dan penyortiran barang menggunakan SCADA dengan komunikasi *Ethernet*. setelah melakukan pengujian kecepatan konveyor tersebut memiliki simpangan terhadap referensi untuk konveyor dadu tidak lebih dari 0,64, sedangkan untuk konveyor *box* tidak lebih 0,69.

Penelitian yang dilakukan **(Ardiansyah, 2014)** dalam penelitiannya di Jurusan Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Bandung yang berjudul **"Perancangan Simulator Sistem Pengepakan dan Penyortiran Barang Berbasis PLC TWIDO TWDLMDA20DTK "** yaitu membuat sebuah alat berupa simulasi mesin pengepakan dan penyortiran barang dengan menggunakan *plant simulator conveyor* dan *elevator* yang dikendalikan secara otomatis oleh PLC. Setelah melakukan 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 percobaan didapat error dengan kesalahan deviasi rata-rata sebesar 0,14.

(Sugijono, 2012) dalam penelitiannya di jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang yang berjudul **"Pemisahan Produk Cacat Menggunakan PLC Schneider Twido TWD20DTK"** yaitu membuat sistem pemisahan produk cacat secara otomatis yaitu dengan menggunakan program penggeser (program *shifter*) yang terdapat pada *Programmable Logic Controller* (PLC). Instruksi program *shifter* pada PLC Twido TWD20DTK dapat difungsikan untuk memisahkan/mensortir produk cacat dari hasil produksi di industri

secara otomatis tanpa menimbulkan kesalahan dan mampu menggantikan tenaga pekerja/manusia.

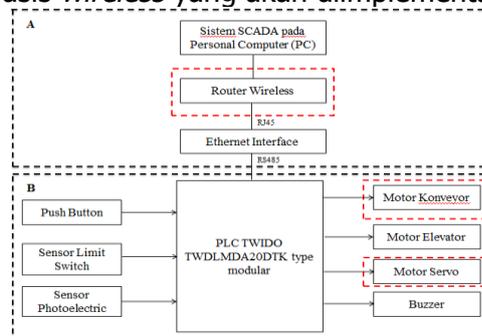
Berdasarkan beberapa tinjauan pustaka yang telah dibahas, maka pada tugas akhir ini akan dikembangkan model sistem pengepakan dan penyortiran barang yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir sebelumnya yaitu, pengembangan sistem tersebut adalah :

1. Merancang sebuah *plan simulator* untuk aplikasi sistem pemisahan produk cacat menggunakan sensor *Photoelectric* sebagai detektor produk cacat.
2. Melakukan *monitoring* model sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang berbasis SCADA dengan komunikasi *wireless*.

2. PERANCANGAN DAN REALISASI

2.1 Gambaran Umum Sistem

Gambar 2 menunjukkan rancangan dari sistem pengaturan kecepatan motor DC pada rancang bangun sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran dan *monitoring* menggunakan SCADA berbasis *wireless* yang akan diimplementasikan.



Gambar 2. Block Diagram Sistem

Gambar 2 bagian a dan b merupakan pengembangan dari model sistem pengepakan dan penyortiran barang yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir sebelumnya yaitu, pengembangan sistem tersebut adalah :

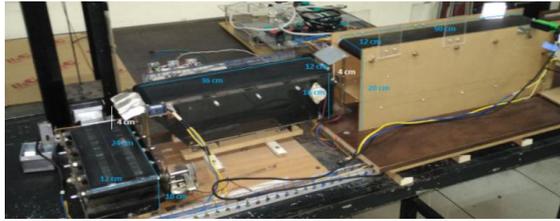
- 1) Penambahan konveyor untuk sistem pemisahan produk cacat dan motor servo sebagai pintu pemisah barang.
- 2) Menggunakan wireless sebagai media komunikasi dan monitoring untuk sistem SCADA pada sistem pemisahan produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang.

2.2 Deskripsi Kerja Sistem

Langkah pertama yang dilakukan dalam perancangan alat adalah menggambarkan masing-masing plan simulator proses kendali kemudian menentukan deskripsi kerja masing-masing plan dimana deskripsi kerja tersebut menjadi acuan dalam pembuatan perangkat lunak (*software*) pengendalian sistem dan sistem SCADA.

2.2.1 Plan Simulator Konveyor

Konveyor berfungsi untuk menggeser objek yang berada di atasnya dari posisi semula secara horizontal. Konveyor yang digunakan untuk sistem ini digunakan tiga buah konveyor belt yaitu konveyor pemisah produk cacat, konveyor penghitung jumlah dadu dan konveyor pembawa box seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Plan konveyor

2.2.2 Plan Simulator Elevator (lift)

Elevator berfungsi untuk memindahkan barang secara vertikal dan menempatkan barang di posisi lantai yang sesuai dengan perintah pada program. Pada aplikasi ini digunakan *elevator* 4 lantai seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Plan Simulator Elevator

2.3 Pengendali PLC Twido TWDLMDA20DTK

Pada sistem *monitoring* ini digunakan PLC untuk mengendalikan kerja sistem secara keseluruhan. PLC yang digunakan dalam sistem ini yaitu PLC TWIDO TWDLMDA20DTK tipe modular keluaran schneider, dengan jumlah kanal I/O sebanyak 20 kanal *input* dan *output discrete* (digital) dan 1 kanal *input* analog. Kanal I/O digital terdiri dari 12 kanal untuk digital *input* dan 8 kanal untuk digital *output*, digital output berupa *transistor source*. Tegangan yang dibutuhkan PLC dan kanal I/O sebesar 24 V DC.

2.4 Hardware

Hardware yang digunakan perlu diketahui fungsinya, karena pada pembuatan sistem SCADA, *hardware* akan divisualisasikan dalam bentuk gambar. *Hardware* yang terdapat pada model sistem pengepakan dan penyortiran barang adalah *limit switch* sensor, *photoelectric* sensor, motor servo dan motor DC.

2.5 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Software yang digunakan dalam sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang berbasis SCADA adalah Twido Suite v2.30 dan Vijeo Citect v7.20. Twido suite v2.30 merupakan *software* untuk mengendalikan PLC yang terdapat pada model sistem pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang. Sedangkan Vijeo Citect v7.20 merupakan *software* yang berupa SCADA untuk divisualisasikan model sistem pemisah barang cacat, pengepakan dan penyortiran barang.

2.5.1 Pembuatan Ladder Diagram

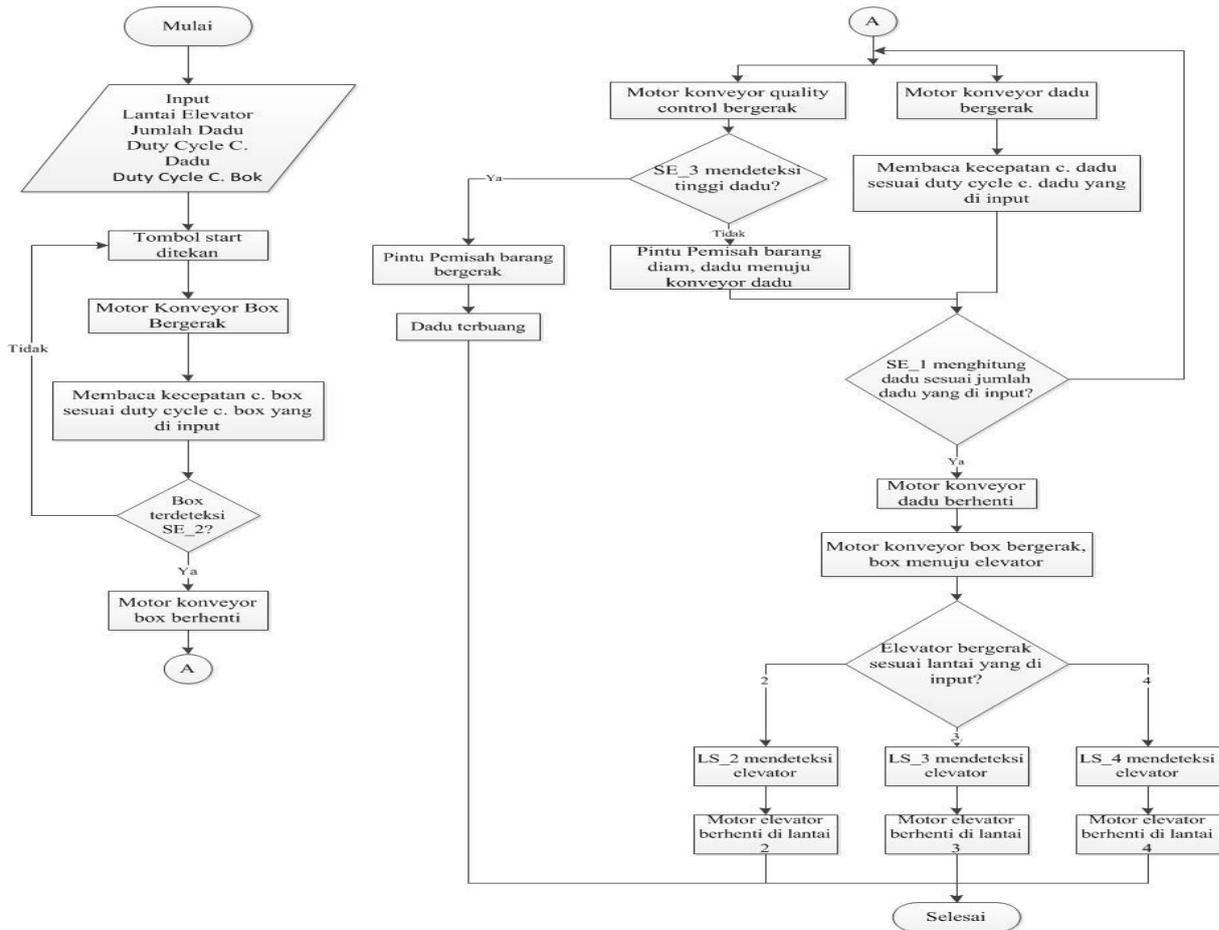
Bahasa pemrograman yang digunakan dalam pembuatan program proses kendali adalah *Ladder Diagram*. Sebelum membuat program terlebih dahulu dilakukan identifikasi dan

pengalamatan *input/ output* (I/O) yang diperlukan. Tabel 1 menunjukkan daftar I/O beserta alamat *hardware* yang terintegrasi dengan PLC.

Table 1. Daftar I/O dan alamat hardware yang terintegrasi dengan PLC

	Status	Nama <i>hardware</i>	Fungsi	Alamat
1	INPUT	<i>Push button</i> START	Memulai sistem	%I0.0
2		<i>Push button</i> STOP	Memberhentikan sistem	%I0.1
3		<i>Push button</i> EMERGENCY	Menyalakan buzzer dan memberhentikan sistem	%I0.2
4		SE-1 (<i>photoelectric</i> di <i>conveyor</i> dadu)	Menghitung jumlah dadu	%I0.3
5		SE-2 (<i>photoelectric</i> di <i>conveyor</i> box)	Mendeteksi adanya <i>box</i>	%I0.4
6		LS-1 (Limit swith lantai 1)	Memberhentikan pergerakan elevator di lantai 1	%I0.5
7		LS-2 (Limit swith lantai 2)	Memberhentikan pergerakan elevator di lantai 2	%I0.6
8		LS-3 (Limit swith lantai 3)	Memberhentikan pergerakan elevator di lantai 3	%I0.7
9		LS-4 (Limit swith lantai 4)	Memberhentikan pergerakan elevator di lantai 4	%I0.8
10		SE-2 (<i>photoelectric</i> di <i>conveyor</i> quality)	mendeteksi volume benda	%I0.9
11	OUTPUT	Motor DC Penggerak <i>conveyor</i> dadu	Menggerakkan <i>conveyor</i> dadu	%Q0.0
12		Motor DC Penggerak <i>conveyor</i> box	Menggerakkan <i>conveyor</i> box	%Q0.1
13		Motor DC Penggerak <i>conveyor</i> quality control	Menggerakkan <i>conveyor</i> quality control	%Q0.3
14		Motor DC putar kiri	Menggerakkan <i>elevator</i> bergerak naik	%Q0.4
15		Motor DC putar kanan	Menggerakkan <i>elevator</i> bergerak turun	%Q0.5
16		Buzzer	Membunyikan alarm	%Q0.6
17		Motor Servo	Menggerakkan Pintu Pemisah Barang	%Q0.7

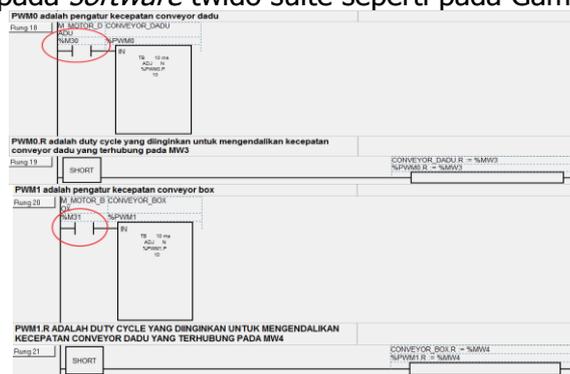
Gambar 5 menjelaskan *flowchart* deskripsi kerja dari sistem pengaturan kecepatan motor DC pada konveyor untuk pemisah produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang dengan metoda PWM berbasis SCADA.



Gambar 5. Flowchart sistem monitoring berbasis SCADA

2.5.2 Ladder diagram motor DC menggunakan metoda PWM

Pengaturan motor DC pada sistem *monitoring* ini menggunakan metoda PWM, yaitu dengan mengatur lebar pulsa "on" dan "off" dalam satu perioda gelombang, sehingga kecepatan motor DC dapat diatur oleh user (Sudibyo, 2011). Pengaturan pada *ladder diagram* yang terdapat pada *software* twido suite seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Ladder diagram motor DC menggunakan metoda PWM

Pengaturan PWM pada *ladder diagram* dilakukan dengan menggunakan *memori*, yaitu %M30 dan %M31. Memori %M30 adalah memori motor dadu yang menggerakkan konveyor dadu sedangkan %M31 adalah memori motor *box* yang menggerakkan konveyor *box*.

Setiap *memori* terhubung pada blok PWM, memori %M30 terhubung dengan %PWM0 sedangkan memori %M31 terhubung dengan %PWM1 seperti terlihat pada Gambar 6 Pada blok PWM perlu dilakukan pengaturan terlebih dahulu untuk penggunaan metoda PWM,

sehingga blok PWM ini dapat mengendalikan kecepatan motor DC pada konveyor dadu dan konveyor *box*.

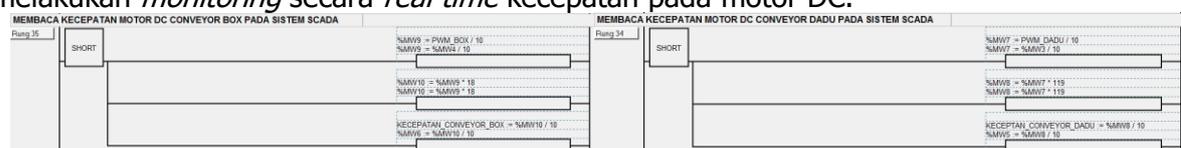
2.5.3 Ladder Diagram Sistem SCADA

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 (Schneider Electric, 2013). Dengan urutan pergerakan motor dari konveyor box, konveyor dadu kemudian elevator. Tetapi dalam sistem SCADA hanya menggunakan memori (%Mx) sebagai input dan output. Karena dalam sistem SCADA membutuhkan memori untuk terhubung pada model sistem pengepakan dan penyortiran barang, sehingga diperlukan penambahan memori pada ladder diagram. Daftar memori pada ladder diagram yang digunakan sistem SCADA terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. 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 konveyor dadu)	%M23	Digital
5	M_SE_2 (Photoelectric di konveyor box)	%M24	Digital
6	M_SE_3 (Photoelectric di konveyor Quality)	%M29	Digital
7	M_LS_1 (Limit switch _ lantai 1)	%M25	Digital
8	M_LS_2 (Limit Switch _ lantai 2)	%M26	Digital
9	M_LS_3 (Limit Switch _ lantai 3)	%M27	Digital
10	M_LS_4 (Limit Switch _ lantai 4)	%M28	Digital
11	M_MOTOR_DADU	%M30	Digital
12	M_MOTOR_BOX	%M31	Digital
13	M_MOTOR_QUALITY	%M35	Digital
14	M_ALARM	%M32	Digital
15	M_ELEVATOR_TURUN	%M33	Digital
16	M_ELEVATOR_NAIK	%M34	Digital
17	M_MOTOR_SERVO	%M37	Digital
18	LANTAI_ELEVATOR	%MW0	INT
19	JUMLAH_DADU	%MW1	INT
20	DADU	%MW2	INT
21	DUTY_CYCLE_DADU	%MW3	INT
22	DUTY_CYCLE_BOX	%MW4	INT
23	KECEPATAN_CONVEYOR_DADU	%MW5	INT
24	KECEPATAN_CONVEYOR_BOX	%MW6	INT

Pada Sistem SCADA digunakan %MWn untuk melakukan *monitoring* secara *real time* kecepatan pada motor DC yang terdapat pada konveyor *box* dan konveyor dadu dengan perubahan *duty cycle* yang berbeda-beda. Gambar 7 menunjukkan *ladder diagram* untuk melakukan *monitoring* secara *real time* kecepatan pada motor DC.



Gambar 7. Ladder diagram untuk melakukan monitoring secara real time kecepatan pada motor DC.

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

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

Sedangkan pada kecepatan motor DC akan digunakan kecepatan maksimum yang didapat pada nilai pengujian kecepatan motor DC pada saat tegangan maksimum menggunakan *tachometer digital*. Karena hasil tegangan linear dengan kecepatan motor yang dihasilkannya, maka akan didapat rumus seperti ini.

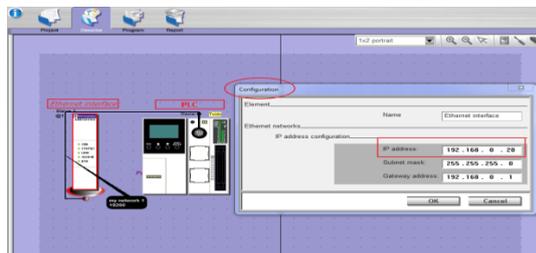
$$\text{Kecepatan motor DC} = \frac{\text{Duty Cycle}}{100\%} \times \text{kecepatan maksimum (100\%)} \dots\dots\dots (2)$$

Sehingga pada ladder diagram dirancang 'rung' untuk membaca kecepatan motor DC pada sistem SCADA, yang sesuai dengan rumus kecepatan motor DC seperti pada Gambar 7. Salah satu contoh pada Gambar 7. yaitu 'rung 34' menggunakan memori %MW7 untuk duty cycle konveyor dadu yang diatur oleh user, memori %MW8 untuk kecepatan maksimum motor DC pada conveyor dadu, dan memori %MW5 yang akan menampilkan kecepatan motor DC konveyor dadu pada sistem SCADA.

2.6 Perancangan Sistem SCADA

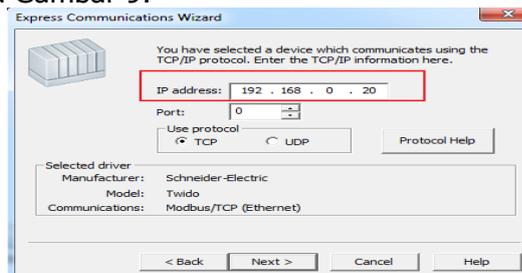
2.6.1 Perancangan Komunikasi SCADA dengan PLC

Komunikasi yang digunakan pada sistem SCADA ini adalah *wireless*, langkah pertama dalam melakukan pengaturan komunikasi SCADA dengan PLC adalah dengan melakukan komunikasi menggunakan *ethernet*, 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) seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengaturan *IP address* pada twido suite v2.30.

Untuk terjadinya komunikasi antara PC dan PLC, maka dibutuhkan penyesuaian *IP address* pada vijeo citect v7.20 yang merupakan *software* SCADA yang terdapat pada PC, dengan memasukkan nilai *IP address* yang sama dengan *ethernet interface* yaitu 192.168.0.20 seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengaturan *IP address* pada vijeo citect v7.20

Langkah selanjutnya dalam melakukan pengaturan komunikasi SCADA dengan PLC adalah dengan melakukan komunikasi *wireless*, dengan merubah nilai *IP default router*

wireless dari 192.168.2.25 menjadi 192.168.0.21 pengaturan ini dilakukan agar *router wireless* terhubung dengan *Ethernet* seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengaturan IP *router wireless*

2.6.2 Pembuatan *Cluster*

Langkah selanjutnya yang dilakukan pada *software* vijeo citect v7.20 adalah pembuatan *cluster*. *Cluster* menjadikan PC sebagai server yang dapat mengendalikan PLC

2.6.3 Penentuan *Hardware (Hardware)*

Setelah melakukan pengaturan *cluster*, maka diperlukan pula pengaturan dari *hardware* yang digunakan. Hal ini dilakukan agar *hardware* dapat dikendalikan melalui sistem SCADA. Pengaturan yang dilakukan pada sistem SCADA adalah melalui jendela 'variable tags'. Jendela 'variable tags' ini adalah penentuan dan penamaan *hardware* pada vijeo citect v7.20 yang akan terhubung pada memori yang terdapat pada *ladder diagram* yang telah dibuat.

2.6.4 Perancangan Penggambaran *Hardware*

Setelah melakukan penentuan dan penamaan *hardware*, selanjutnya adalah pembuatan visualisasi *hardware* yang dilakukan melalui jendela Citect Graphic Builder pada *software* vijeo citect v7.20 (Schneider Electric, 2012). Pembuatan visualisasi *hardware* ini disesuaikan dengan deskripsi kerja sistem pengepakan dan penyortiran barang. Terdapat 3 bagian dalam sistem ini yaitu INPUT, INDIKATOR dan DISPLAY. Berikut ini adalah penjelasan mengenai pengaturan setiap bagian dari sistem SCADA ini:

a. INPUT

Pada bagian input terdiri dari 3 *push button* dan 4 *input number*, yang merupakan bagian dari awal sistem dimulai.

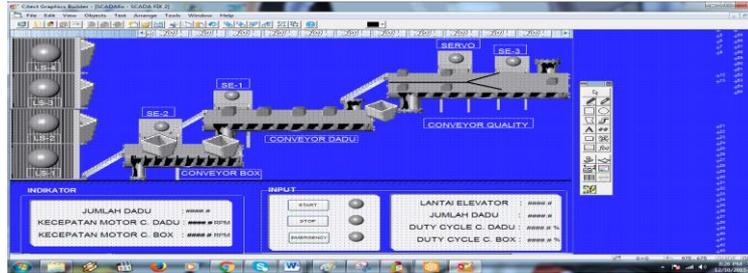
b. INDIKATOR

Bagian indikator pada sistem *monitoring* kecepatan motor DC dengan metoda PWM berbasis SCADA ini, menunjukkan angka yang dihasilkan dari memori yang terdapat pada *ladder diagram*.

c. DISPLAY

Pada bagian ini terdapat 11 lampu, 3 konveyor dan 11 beban, yang merupakan penggambaran dari *hardware* yang terdapat pada model sistem pengepakan dan penyortiran.

Setelah semua bagian dirancang dan disesuaikan dengan deskripsi kerja model sistem pengepakan dan penyortiran barang, sehingga realisasi sistem SCADA untuk *monitoring* secara *real time* kecepatan motor DC dengan metoda PWM terlihat pada Gambar 11.



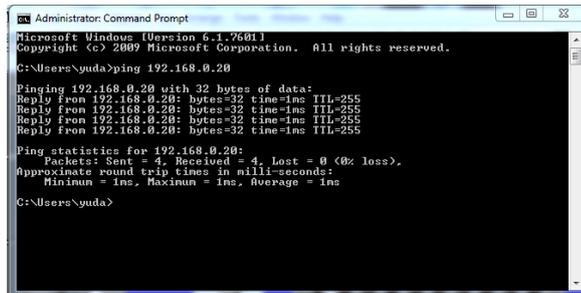
Gambar 11. Monitoring kecepatan motor DC berbasis SCADA

3. PENGUJIAN dan ANALISIS

3.1 Pengujian Komunikasi SCADA

Pada pengujian komunikasi SCADA akan dilakukan pengecekan komunikasi *wireless* dengan menggunakan fitur pada PC yaitu 'CMD', dengan 'CMD' dapat mengetahui apakah PC dan PLC sudah terhubung ke jaringan tersebut. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan jarak berbeda-beda antara *router wireless* dengan PC/laptop, yaitu :

- a. Jarak 5 meter (Ruang Komponen dan Instrument Lab ELKA) dan jarak 15 meter (Lab ELKA)



Gambar 12. Pengecekan IP Address Jarak 5m dan 15m

- b. Jarak 20 meter (Lab Otomasi)



Gambar 13. Pengecekan IP Address Jarak 20m

Berdasarkan hasil dari pengujian komunikasi seperti pada Gambar 12 dan Gambar 13, dapat diketahui bahwa PC dan PLC telah terhubung dengan jaringan *wireless* dan kecepatan rata-rata pengiriman data tidak lebih dari 4 ms.

3.2 Pengujian Kecepatan Motor DC dengan metoda PWM

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

Sebelumnya akan dilakukan perhitungan untuk tegangan yang dihasilkan oleh *output* sebagai penggerak motor DC, dengan tegangan supply sebesar 24 volt, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$V_o = \frac{\text{Duty Cycle}}{100\%} \times 24 \text{ V} \dots\dots\dots (3)$$

Hasil perhitungan yang didapatkan pada Tabel 3.

3. Pengujian jarak 20 meter (Lab Otomasi)

Tabel 6. Pengujian Tegangan pada %Q0.0 dan %Q0.1 jarak 20m

No	Duty Cycle (%)	Hasil Pengukuran Tegangan %Q0.0											Hasil Pengukuran Tegangan %Q0.1												
		Pengukuran ke-n										Rata-Rata		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 (%)	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7	Ke-8	Ke-9	Ke-10	Pengukuran	Simpangan (%)
1	0	0.15	0.15	0.17	0.15	0.17	0.14	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	1.00	0.14	0.16	0.16	0.16	0.15	0.14	0.17	0.17	0.16	0.17	0.16	1.00
2	10	2.10	1.95	1.85	1.95	1.85	2.12	1.80	1.85	1.95	1.75	1.92	13.00	1.97	1.94	2.10	2.13	1.95	1.80	1.90	1.90	1.87	1.78	1.93	11.00
3	20	4.50	4.55	4.60	4.75	4.75	4.80	4.60	4.65	4.85	4.65	4.67	4.00	4.70	4.75	4.76	4.80	4.75	4.74	4.81	4.80	4.82	4.80	4.77	4.00
4	30	7.75	7.65	7.75	7.85	7.65	7.50	7.54	7.45	7.41	7.47	7.60	13.00	7.10	7.20	7.30	7.20	7.40	7.25	7.30	7.20	7.00	7.00	7.20	13.00
5	40	9.91	10.10	10.15	9.95	9.95	9.85	9.80	9.85	9.80	9.80	9.92	10.00	9.50	9.55	9.60	9.65	9.75	9.55	9.40	9.35	9.35	9.75	9.55	15.00
6	50	12.55	12.45	12.35	12.50	12.50	12.40	12.46	12.50	12.35	12.41	12.45	15.00	12.15	12.15	12.15	12.10	12.20	12.15	12.15	12.15	12.30	12.00	12.15	7.00
7	60	14.63	14.70	14.75	14.70	14.70	14.65	14.55	14.55	14.65	14.60	14.65	8.00	14.33	14.34	14.35	14.36	14.36	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35	1.00
8	70	16.80	16.85	16.75	16.80	16.85	17.20	16.95	16.85	16.75	16.85	16.87	3.00	16.90	16.75	16.80	16.95	16.99	16.60	16.60	16.80	16.80	16.80	16.80	13.00
9	80	19.55	19.51	19.58	19.43	19.35	19.45	19.40	19.44	19.37	19.45	19.45	8.00	19.45	19.00	19.35	19.33	19.30	19.60	19.30	19.25	19.10	19.30	19.30	17.00
10	90	21.90	22.17	21.90	21.93	22.12	22.15	21.98	21.85	21.84	21.91	21.98	12.00	21.75	21.77	21.73	21.94	21.57	21.10	21.35	21.45	21.40	21.90	21.60	27.00
11	100	23.85	23.70	23.75	23.78	23.82	23.80	23.78	23.81	23.84	23.75	23.79	7.00	23.79	23.80	23.80	23.85	23.90	23.70	23.75	23.80	23.73	23.86	23.80	6.00

Berdasarkan hasil dari pengujian dengan mengatur *duty cycle* sebesar 10% sampai 100%, untuk mengukur tegangan pada %Q0.0 dan Q0.1 sebanyak 10 kali pengukuran dengan mengatur jarak yang berbeda-beda antara PC/laptop dengan *router wireless*, terlihat seperti pada Tabel 4. sampai Tabel 6. menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang sangat besar, perbedaan yang terjadi hanya kecil. Hal ini menunjukkan bahwa *plan* tidak terpengaruh terhadap jarak antara PC dengan *router wireless*.

Sedangkan hasil pengamatan pada Tabel 4 sampai Tabel 6 bahwa terjadi perbedaan yang kecil dari hasil pengukuran dengan hasil perhitungan yang terdapat pada Tabel 3. Seperti pada saat *duty cycle* 0% hasil pengukuran %Q0.0 dan %Q0.1 adalah 0,17 sedangkan seharusnya tegangan yang dihasilkan adalah 0 volt bernilai mutlak, 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 untuk %Q0.0 dan 0,27 untuk %Q0.1, sehingga membuktikan bahwa *error* pada pengukuran tegangan relatif kecil.

3.2.2 Pengujian Tegangan pada %Q0.3

Untuk mengukur tegangan pada %Q0.3 yang terhubung pada konveyor *quality control* dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan jarak berbeda-beda antara *router wireless* dengan PC/laptop. Hasil pengujian pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Tegangan pada %Q0.3 konveyor quality control

No	Pengukuran ke-n	Jarak 5m	Jarak 15m	Jarak 20m
		Hasil Pengukuran Tegangan %Q0.3 (Volt)	Hasil Pengukuran Tegangan %Q0.3 (Volt)	Hasil Pengukuran Tegangan %Q0.3 (Volt)
1	ke-1	23.4	23.5	23.55
2	ke-2	23.55	23.65	23.65
3	ke-3	23.5	23.5	23.55
4	ke-4	23.6	23.6	23.6
5	ke-5	23.6	23.65	23.65
6	ke-6	23.6	23.65	23.7
7	ke-7	23.65	23.75	23.6
8	ke-8	23.65	23.65	23.65
9	ke-9	23.55	23.55	23.65
10	ke-10	23.75	23.75	23.75
Tegangan Rata-rata		23.59	23.63	23.64
Tegangan Referensi		24	24	24
simpangan		13%	12%	12%

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan pada %Q0.3 sebagai penggerak konveyor *quality control* menggunakan *multimeter* sebanyak 10 kali pengukuran, dengan mengatur jarak yang berbeda-beda antara PC/laptop dengan *router wireless*, terlihat seperti pada Tabel 7. tidak terjadi perbedaan yang sangat besar. Dalam pengujian tegangan ini

simpangan rata-rata dalam pengukuran ini yaitu tidak lebih dari 13%, sehingga membuktikan bahwa *error* pada pengukuran tegangan relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa plan tidak terpengaruh terhadap jarak antara PC dengan *router wireless*.

3.2.3 Pengujian Kecepatan Motor DC

Sistem SCADA melakukan *monitoring* secara *real time* kecepatan pada motor DC yang terdapat pada konveyor dadu dan konveyor *box*, dengan perubahan *duty cycle* dari 10% sampai 100%. Kecepatan motor DC pada sistem SCADA menggunakan rumus PWM yang umum digunakan, maka akan didapat rumus seperti di bawah ini.

$$\text{Kecepatan motor DC} = \frac{\text{Duty Cycle}}{100\%} \times \text{kecepatan maksimum (100\%)} \dots\dots\dots (5)$$

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 konveyor dadu sebesar 43 m/min, sedangkan untuk kecepatan konveyor *box* sebesar 10 m/min. Maka dengan rumus di atas akan didapatkan kecepatan motor DC seperti pada Table 8.

Tabel 8. Kecepatan motor DC pada sistem SCADA dengan perhitungan

No	Duty Cycle (%)	Kecepatan Konveyor Dadu (m/min)	Kecepatan Konveyor Box (m/min)
1	10	4	1
2	20	9	2
3	30	13	3
4	40	17	4
5	50	21	5
6	60	26	6
7	70	30	7
8	80	34	8
9	90	39	9
10	100	43	10

Tabel 8 menunjukkan kecepatan konveyor dadu dan konveyor *box* yang akan ditampilkan pada sistem *monitoring* SCADA. Nilai kecepatan tersebut akan ditampilkan dalam bilangan bulat, tidak dalam bentuk bilangan '*floating*', hal ini dikarenakan pada PLC Twido TWDLMDA20DTK tidak memiliki memori yang dapat menampilkan bilangan '*floating*' (%MF).

Selanjutnya akan dilakukan pengujian kecepatan motor DC yang terdapat pada konveyor dadu dan konveyor *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 8. 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 sebagai berikut.

$$s = \sqrt{\frac{(\sum x_i - \sum \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (6)$$

- Keterangan :
- s = Simpangan rata-rata
 - x_i = Data ke-i
 - \bar{x} = Kecepatan referensi atau perhitungan
 - n = Jumlah data

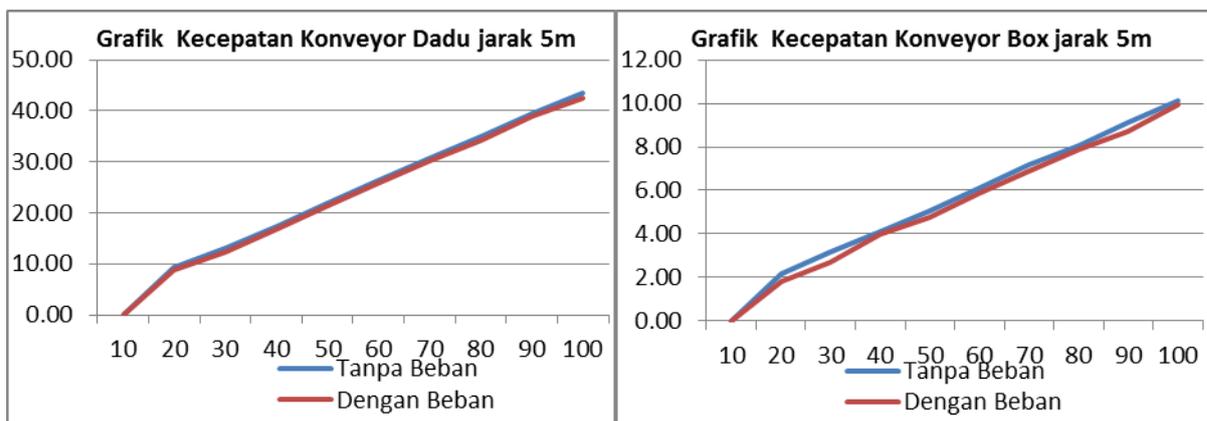
3.2.3.1 Pengujian Kecepatan Konveyor Dadu dan Konveyor *Box*

Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan jarak berbeda-beda antara *router wireless* dengan PC/laptop, yaitu :

1. Pengujian jarak 5 meter (Ruang Komponen dan *Instrument Lab ELKA*)

Tabel 9. Pengujian konveyor dadu dan konveyor *box* jarak 5m

No	Duty Cycle (%)	Kecepatan Konveyor Dadu Hasil Perhitungan (m/min)	Konveyor Dadu (%Q0.0)				Konveyor Box (%Q0.1)					
			Tanpa Beban (m/min)		Dengan Beban (m/min)		Kecepatan Konveyor Box Hasil Perhitungan (m/min)	Tanpa Beban (m/min)		Dengan Beban (m/min)		
			Nilai Rata-rata	Simpangan (%)	Nilai Rata-rata	Simpangan (%)		Nilai Rata-rata	Simpangan (%)	Nilai Rata-rata	Simpangan (%)	
1	10	4	0	130	0	130	1	0	33	0	33	
2	20	9	9.29	9	8.77	7	2	2.14	4	1.84	5	
3	30	13	13.16	5	12.72	9	3	3.14	4	2.7	10	
4	40	17	17.38	12	16.98	6	4	4.1	3	3.98	6	
5	50	21	21.6	20	21.29	9	5	5.07	2	4.77	7	
6	60	26	26.36	12	25.9	3	6	6.11	3	5.87	4	
7	70	30	30.69	23	30.14	4	7	7.18	6	6.88	4	
8	80	34	34.59	19	34.29	9	8	8.09	3	7.9	3	
9	90	39	39.42	14	38.86	4	9	9.12	5	8.89	3	
10	100	43	43.4	13	42.97	1	10	10.15	5	9.95	1	

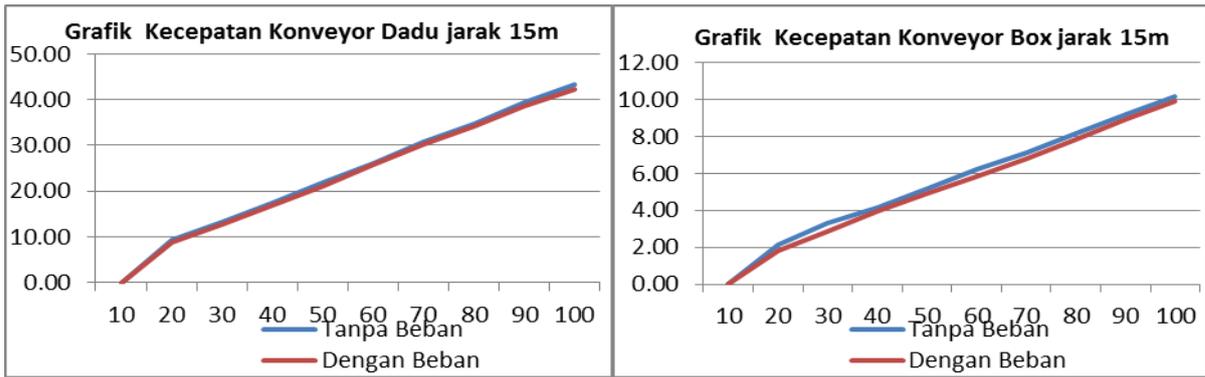


Gambar 14. Grafik Pengujian konveyor dadu dan konveyor *box* jarak 5m

2. Pengujian jarak 15 meter (Lab ELKA)

Tabel 10. Pengujian konveyor dadu dan konveyor *box* jarak 15m

No	Duty Cycle (%)	Kecepatan Konveyor Dadu Hasil Perhitungan (m/min)	Konveyor Dadu (%Q0.0)				Konveyor Box (%Q0.1)					
			Tanpa Beban (m/min)		Dengan Beban (m/min)		Kecepatan Konveyor Box Hasil Perhitungan (m/min)	Tanpa Beban (m/min)		Dengan Beban (m/min)		
			Nilai Rata-rata	Simpangan (%)	Nilai Rata-rata	Simpangan (%)		Nilai Rata-rata	Simpangan (%)	Nilai Rata-rata	Simpangan (%)	
1	10	4	0	130	0	130	1	0	33	0	33	
2	20	9	9.36	12	8.85	5	2	2.17	5	1.8	6	
3	30	13	13.31	10	12.75	8	3	3.28	9	2.83	5	
4	40	17	17.53	17	16.95	1	4	4.18	6	3.93	2	
5	50	21	21.66	22	21.2	6	5	5.18	6	4.95	1	
6	60	26	26.12	4	25.8	6	6	6.2	6	5.8	6	
7	70	30	30.55	18	30.26	8	7	7.11	3	6.82	6	
8	80	34	34.75	25	34.2	6	8	8.17	5	7.82	6	
9	90	39	39.37	12	38.72	9	9	9.2	6	8.93	3	
10	100	43	43.27	9	42.89	3	10	10.19	6	9.88	4	

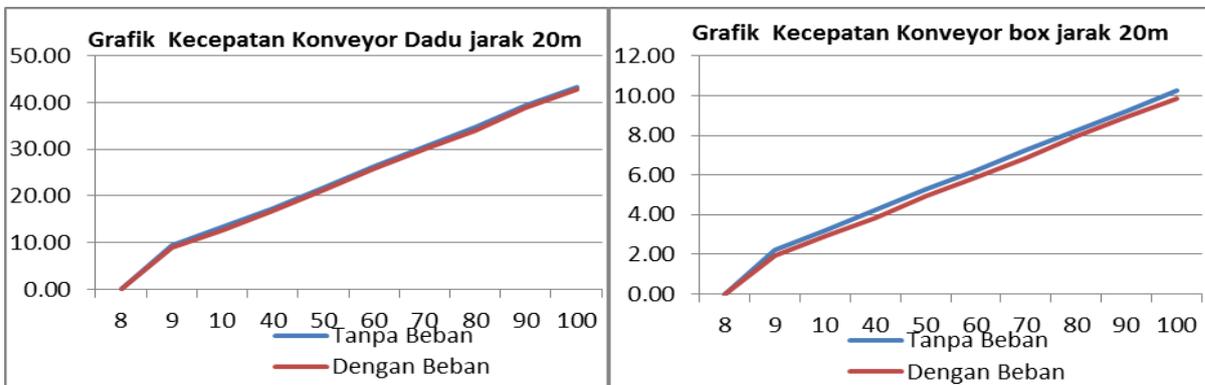


Gambar 15. Grafik Pengujian konveyor dadu dan konveyor *box* jarak 15 m

3. Pengujian jarak 20 meter (Lab Otomasi)

Tabel 11. Pengujian konveyor dadu dan konveyor *box* jarak 20m

No	Duty Cycle (%)	Konveyor Dadu (%Q0.0)						Konveyor Box (%Q0.1)					
		Kecepatan Konveyor Dadu Hasil Perhitungan (m/min)	Tanpa Beban (m/min)		Dengan Beban (m/min)		Kecepatan Konveyor Box Hasil Perhitungan (m/min)	Tanpa Beban (m/min)		Dengan Beban (m/min)			
			Nilai Rata-rata	Simpangan (%)	Nilai Rata-rata	Simpangan (%)		Nilai Rata-rata	Simpangan (%)	Nilai Rata-rata	Simpangan (%)		
1	10	4	0	130	0	130	1	0	33	0	33		
2	20	9	9.37	12	8.88	4	2	2.22	7	1.91	3		
3	30	13	13.3	10	12.68	10	3	3.23	7	2.91	3		
4	40	17	17.3	10	16.91	3	4	4.22	7	3.87	4		
5	50	21	21.72	24	21.12	4	5	5.31	10	4.92	2		
6	60	26	26.27	9	25.79	7	6	6.23	7	5.85	5		
7	70	30	30.44	14	29.98	4	7	7.24	8	6.87	4		
8	80	34	34.68	22	34.1	3	8	8.23	7	7.92	2		
9	90	39	39.42	14	38.79	7	9	9.22	7	8.91	3		
10	100	43	43.32	10	42.81	6	10	10.23	8	9.84	5		



Gambar 16. Grafik Pengujian konveyor dadu dan konveyor *box* jarak 20m

Berdasarkan hasil pengujian kecepatan konveyor pembawa dadu dan konveyor pembawa *box*, terlihat seperti pada Tabel 9 sampai Tabel 11, dan Gambar 14 sampai Gambar 16. menunjukkan bahwa terjadi perbedaan pada kecepatan konveyor pembawa dadu dan konveyor pembawa *box* pada saat *duty cycle* yang berubah dari 10% hingga 100%. Tetapi tidak terjadi perbedaan yang terlalu signifikan antara pengujian kecepatan konveyor pembawa dadu ketika tanpa beban dan dengan beban. Hal tersebut dikarenakan beban yang berada diatas konveyor yaitu dadu memiliki berat yang masih dalam ukuran gram sebesar 10 gram dan beban *box* 37 gram, sehingga berat tersebut tidak cukup besar pengaruhnya terhadap pembebanan torsi motor yang dihasilkan. Karena tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan ketika tanpa beban dan dengan, maka kecepatan yang diambil pada sistem SCADA adalah kecepatan konveyor pembawa dadu dan *box* ketika tanpa beban.

Sedangkan hasil pengamatan dengan mengatur jarak yang berbeda-beda antara PC/laptop dengan *router wireless* yang terhubung pada *plan*, terlihat seperti pada pada Tabel 9 sampai Tabel 11 dan Gambar 14 sampai Gambar 16 menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa *plan* tidak terpengaruh terhadap jarak antara PC dengan *router wireless*.

Simpangan terhadap referensi yang besar yaitu terdapat pada saat duty cycle 10% sebesar 130% untuk konveyor dadu dan 33% untuk konveyor *box*, Hal ini terjadi karena hasil yang digunakan pada sistem SCADA mutlak menggunakan rumus yaitu 4 m/min untuk konveyor dadu dan 1 m/min untuk konveyor *box*, sedangkan pada pengukuran motor tidak bergerak, sehingga terdapat selisih sebesar 4 m/min pada konveyor dadu dan 1 m/min pada untuk konveyor *box*. Pada Tabel 9 sampai Tabel 11 dapat dilihat pada saat *duty cycle* sebesar 10% kecepatan motor DC konveyor pembawa dadu yaitu 0 rpm. Hal ini dikarenakan kurangnya tegangan yang masuk pada motor DC konveyor pembawa dadu dan *box*, sehingga motor DC tidak dapat bekerja. Analisis ini diperkuat pada Tabel 4 sampai Tabel 6 yaitu tegangan yang diukur pada %Q0.0 pada saat *duty cycle* 10% adalah tidak lebih dari 1,93 V. Sedangkan untuk duty cycle dari 20% hingga 100% memiliki simpangan terhadap referensi yang relatif kecil yaitu tidak lebih dari 25% dengan kecepatan konveyor sebesar 34,75 m/min untuk konveyor dadu dan tidak lebih dari 10% dengan kecepatan konveyor sebesar 5,31 m/min untuk konveyor *box*, baik tanpa beban maupun dengan beban hali ini terjadi karena nilai kecepatan yang ditampilkan ditampilkan dalam sistem monitoring SCADADA atau kecepatan *referensi* dalam bilangan bulat, tidak dalam bentuk bilangan *'floating'*, hal ini dikarenakan pada PLC Twido TWDLMDA20DTK tidak memiliki memori yang dapat menampilkan bilangan *'floating'* (%MF) maka dari itu terjadi perbedaan atau simpangan sebesar 25% untuk konveyor dadu dan tidak lebih dari 10% untuk konveyor *box*.

3.2.3.2 Pengujian Kecepatan Konveyor *Quality Control*

Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan jarak berbeda-beda antara *router wireless* dengan PC/laptop, Berikut tabel adalah pengujian yang merupakan tabel rata-rata setelah melakukan 10 kali pengujian.

Tabel 12. Pengujian konveyor *quality control*

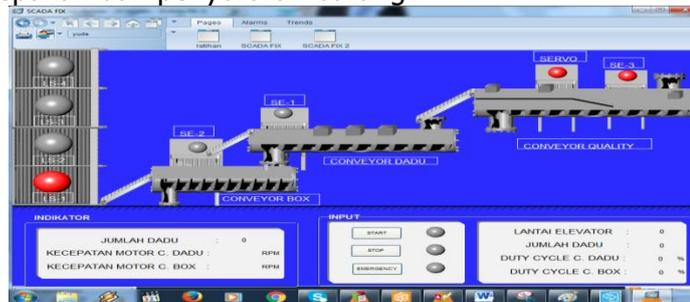
No	Jarak 5m		Jarak 15m		Jarak 20m	
	Tanpa Beban (m/min)	Dengan Beban (box) (m/min)	Tanpa Beban (m/min)	Dengan Beban (box) (m/min)	Tanpa Beban (m/min)	Dengan Beban (box) (m/min)
1	1.54	1.45	1.65	1.40	1.65	1.57
2	1.62	1.55	1.59	1.50	1.63	1.56
3	1.52	1.57	1.49	1.55	1.55	1.57
4	1.57	1.61	1.65	1.60	1.56	1.60
5	1.56	1.58	1.82	1.58	1.50	1.58
6	1.62	1.45	1.65	1.45	1.64	1.50
7	1.67	1.37	1.68	1.37	1.65	1.45
8	1.62	1.62	1.62	1.62	1.55	1.42
9	1.66	1.54	1.66	1.71	1.65	1.54
10	1.60	1.58	1.60	1.68	1.65	1.53
Nilai rata rata	1.60	1.53	1.64	1.55	1.60	1.53

Berdasarkan hasil dari pengujian kecepatan konveyor *quality control*, terlihat seperti pada Tabel 12 tidak terjadi perbedaan yang terlalu signifikan antara pengujian kecepatan konveyor *quality control* ketika tanpa beban dan dengan beban dadu. Hal tersebut dikarenakan beban yang berada diatas konveyor yaitu dadu memiliki berat yang masih dalam ukuran gram sebesar 10 gram, sehingga berat tersebut tidak cukup besar pengaruhnya terhadap pembebanan torsi motor yang dihasilkan. Sedangkan hasil pengamatan dengan mengatur jarak yang berbeda-beda antara PC/laptop dengan *router wireless* yang terhubung pada *plan*, terlihat seperti pada Tabel 12 menunjukkan tidak terjadi

perbedaan yang terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa *plan* tidak terpengaruh terhadap jarak antara PC dengan *router wireless*.

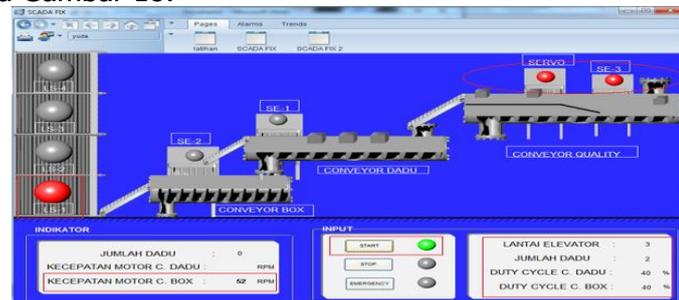
3.2.4 Pengujian Keseluruhan Sistem SCADA

Gambar 17 adalah plan secara keseluruhan dan selanjutnya adalah pengujian pada sistem *monitoring* yang akan dilakukan terhadap sistem SCADA secara keseluruhan, apakah masing-masing *input* dan *ouput* sudah bekerja sesuai cara kerja model sistem pemisahan produk cacat, pengepakan dan penyortiran barang.



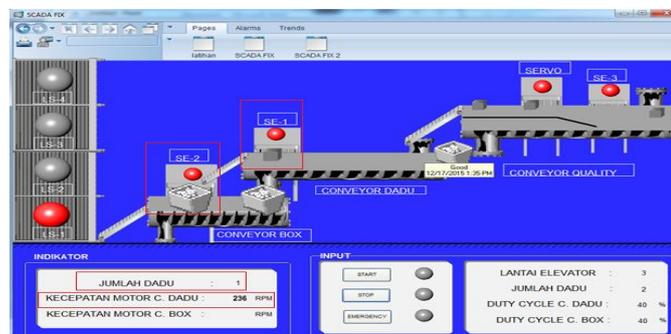
Gambar 17. Kondisi awal sistem *monitoring* berbasis SCADA

Langkah pertama adalah memasukkan nilai input lantai elevator, jumlah dadu, nilai *duty cycle* konveyor dadu dan *duty cycle* konveyor box. Jika tombol START ditekan, maka lampu run menyala hijau menyatakan bahwa sistem pengepakan dan penyortiran barang mulai bekerja seperti pada Gambar 18.



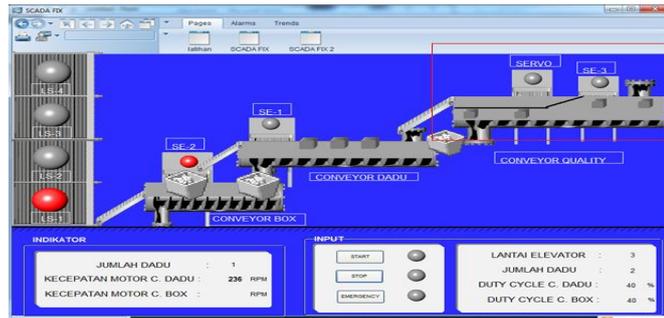
Gambar 18. Konveyor *box* bergerak menggeser box hingga SE-2

Setelah sensor SE-2 mendeteksi adanya *box*, secara otomatis konveyor pembawa box akan berhenti ditandai dengan indikator sensor SE-2 berwarna merah seperti pada Gambar 19.



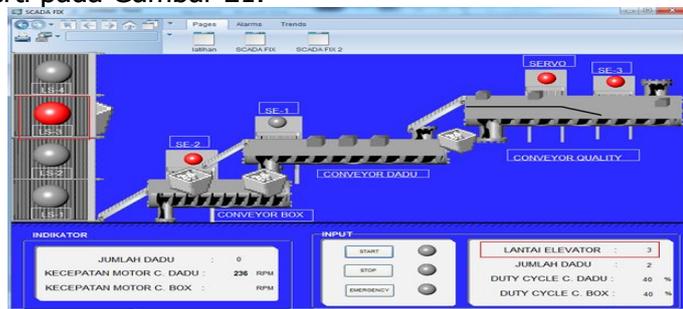
Gambar 19. Konveyor dadu bergerak dan SE_1 mendeteksi dadu

Sensor SE_3 akan mendeteksi dadu berdasarkan ukurannya, ketika ukuran dadu besar maka akan terdeteksi oleh sensor SE_3 ditandai dengan matinya lampu indikator, hal ini juga menyebabkan motor servo sebagai pintu pemisah barang akan bergerak dan menutup pintu yang menuju konveyor dadu, seperti terlihat pada Gambar 20.



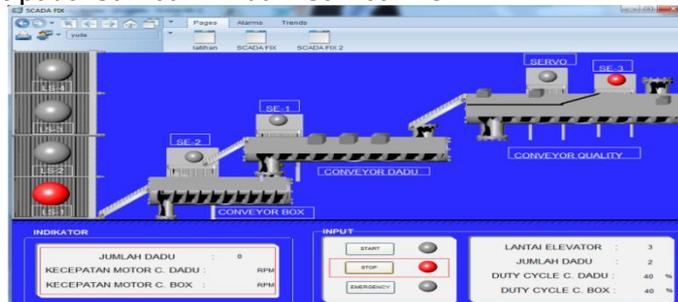
Gambar 20. Sensor SE_3 mendeteksi dadu dan motor servo bergerak

Setelah *counter* mencapai hitungan tertentu yaitu sebanyak 2 kali sesuai nilai yang diinput, maka konveyor pembawa dadu akan berhenti ditandai dan konveyor pembawa *box* akan bergerak seperti pada Gambar 21.



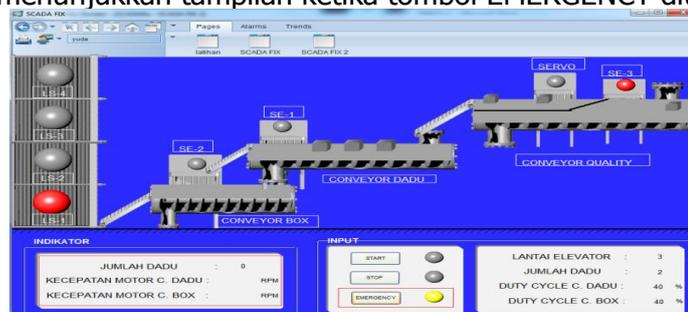
Gambar 21. SCADA mendeteksi lantai *elevator*

Selanjutnya adalah pengujian pada saat tombol stop ditekan dan tombol *emergency* ditekan akan terlihat pada Gambar 22 dan Gambar 23.



Gambar 22. SCADA pada saat sistem berhenti

Gambar 22 menunjukkan tampilan ketika tombol STOP ditekan, maka lampu merah menyala yang menyatakan bahwa sistem berhenti pada saat kondisi apapun. Selanjutnya adalah Gambar 23 menunjukkan tampilan ketika tombol EMERGENCY ditekan.



Gambar 24. SCADA pada saat keadaan *emergency*

Setelah semua masing-masing *input* dan *ouput* diuji sesuai cara kerjanya, terlihat bahwa sistem SCADA ini sudah dapat *monitoring* pergerakan dari model sistem pemisah

produk cacad, pengepakan dan penyortiran barang. Sistem SCADA ini juga sudah dapat mengatur PWM kecepatan motor DC yang terdapat pada konveyor dadu dan konveyor *box*, yang selanjutnya kecepatan tersebut ditampilkan pada sistem SCADA yang sesuai dengan Tabel 8.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan, implementasi dan pengujian terhadap sistem pengaturan kecepatan motor DC untuk konveyor pada rancang bangun sistem pemisah produk cacad, pengepakan dan penyortiran barang dan di *monitoring* menggunakan SCADA berbasis *wireless*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Program *ladder diagram* dan Sistem SCADA yang digunakan untuk *monitoring* pergerakan dari *plan (input dan output)* dapat diindikasikan dengan melihat Gambar 18 sampai Gambar 24 sistem sudah bekerja sesuai dengan cara kerja sistem pemisah produk cacad, pengepakan dan penyortiran barang.
2. Setiap kenaikan *duty cycle* sebesar 10% pada konveyor dadu dan konveyor *box*, kecepatan motor yang didapat dengan menggunakan beban dan tanpa beban akan naik secara linear terlihat pada Gambar 14 sampai Gambar 16.
3. Kecepatan motor DC pada konveyor pembawa dadu dan konveyor pembawa *box* yang di tampilkan pada sistem SCADA seperti pada Tabel 9 sampai Tabel 10 setelah dilakuakn pengujian kecepatan motor DC pada konveyor pembawa dadu dan konveyor pembawa *box* memiliki simpangan terhadap referensi sebesar tidak lebih dari 25% dengan kecepatan konveyor sebesar 34,75 m/min untuk konveyor pembawa dadu dan 10% dengan kecepatan konveyor 5,31 m/min untuk konveyor pembawa *box*.
4. Pengaturan jarak antara PC/leptop dengan *plan* pada jarak 5m (Ruang Komponen dan Istrumentasi Lab ELKA), 15m (Lab ELKA) dan 20m (Lab Otomasi) tidak mempengaruhi kecepatan konveyor seperti terlihat pada Tabel 9 sampai Tabel 11 dan kecepatan rata-rata pengiriman data tidak lebih dari 4 ms seperti terlihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.

4.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan lebih lanjut sebagai berikut.

1. Pengendalian pergerakan kecepatan motor DC agar kecepatan yang didapat dari motor DC sama dengan yang ditampilkan pada sistem *monitoring* SCADA.
2. Pengembangan pada sistem *quality control* salah satunya dengan menggunakan *image processing* agar pemisahan produk cacad dapat dilakukan secara identik.

DAFTAR RUJUKAN

- Fikri, Afrizal. (2015). *Monitoring Real Time Kecepatan Motor DC Menggunakan PWM Berbasis SCADA*. Tugas Akhir.
- Ardiansyah, Hendri. (2014). *Perancangan Simulator Sistem Pengepakan dan Penyortiran Barang Berbasis PLC TWIDO TWDLMDA20DTK*. Tugas Akhir. ITENAS.
- Sugijono. (2012). *Pemisahan Produk Cacat Menggunakan PLC Schneider Twido TWD20DTK*. Tugas Akhir.
- Sudiby. (2011). *PWM (Pulse Width Modulation)*. <http://digilib.itelkom.ac.id> Diakses tanggal 19 November 2015.
- Schneider Electric. (2012). *SCADA Systems-Telemetry & Remote SCADA Solutions*, Schneider Electric.
- Schneider Electric. (2013). *Vijeo Citect One Day Overview*. Telemecanique, Schneider Electric.