

Perancangan Simulator Sistem Pengepakan dan Penyortiran Barang berbasis PLC Twido TWDLMDA20DTK

HENDRI ARDIANSYAH, NANDANG TARYANA, DECY NATALIANA

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : hendri_k2@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dalam dunia industri diperlukan suatu alat yang mampu beroperasi dengan cepat dan tepat sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lebih efektif dan efisien, serta dapat meningkatkan kualitas dan jumlah hasil produksi. Tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah model prototype mesin pengepakan dan penyortiran barang yang dikendalikan secara otomatis oleh pengendali PLC. Selain itu, telah dirancang sebuah program diagram ladder dengan menggunakan perangkat lunak yang dapat diterapkan sebagai perintah di dalam PLC dan menghasilkan suatu keluaran untuk menggerakkan dan mengendalikan prototype simulator pengepakan dan penyortiran barang. Penelitian diawali dengan penyiapan komponen, yaitu konveyor, elevator, rangkaian pengendali plant simulator, sensor photoelectric dan limit switch, load cell, dan PLC. PLC yang digunakan adalah PLC Twido TWDLMDA20DTK dan software Twido Suite V2.30. Selanjutnya, komponen tersebut harus diuji kelayakannya untuk digunakan dalam rangkaian. Rangkaian yang telah selesai dikerjakan, diuji apakah dapat bekerja sesuai dengan rancangan awal. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh waktu yang dibutuhkan dalam proses pengepakan mendekati 2 dan 3 detik berturut-turut untuk jarak antar dadu 1 dan 2 cm.

Kata kunci : Programmable Logic Controller, Konveyor, Elevator, Diagram Ladder, Load cell.

ABSTRACT

In industrial processes, they are needed tools that can operate swiftly and correctly so that the production processes operate more effectively and efficiently, and even they increase production result and quality. This research aim was designing a packing machine prototype and goods sorting that automatically controlled by PLC controller. It would designed a program ladder diagram by using software that applicable as commands in PLC and produce a product to move and restrain the simulator package and goods sorting prototype. This research was initiated by component preparing, namely miniatures of conveyor, elevator, plant simulator controller, photoelectric and limit switch sensors, load cell and PLC. The used PLC was Twido Twdlmda20dtk and twido suite v2.30 software. Furthermore, the components would be tested the eligibility to be used in the circuit. The circuit would be tested whether suitable as the initial design. Based on the testing results, it was obtained that the desired time in packing process were 2 and 3 seconds approximately for the distance of dices were 1 and 2 cm respectively.

Keywords : Programmable Logic Controller, Conveyor, Elevator, Diagram Ladder, Load cell.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini sudah semakin meningkat khususnya di dunia industri sehingga mengakibatkan munculnya berbagai macam peralatan yang dirancang guna meringankan pekerjaan manusia. Hal tersebut terlihat dari banyaknya jumlah peralatan yang sebelumnya dioperasikan oleh manusia, kini peranan tersebut telah digantikan oleh peralatan yang dikendalikan secara otomatis. Salah satu alat pengendali yang banyak digunakan di industri adalah PLC (*Programmable Logic Controller*). Salah satu keunggulan yang ditawarkan PLC adalah mampu mengendalikan sejumlah peralatan atau mesin hanya dengan satu modul PLC, serta dapat memonitoring aktifitas yang dilakukan peralatan atau mesin tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah model *prototype* mesin pengepakan dan penyortiran barang dengan menggabungkan *plant konveyor* dan *elevator* yang dikendalikan secara otomatis oleh pengendali PLC. Proses pengepakan akan dilakukan dengan menggabungkan dua buah *plant simulator konveyor*, yang menggunakan metode pencacah barang, sedangkan pada proses penyortiran dilakukan oleh *plant elevator*, dimana proses yang dilakukan adalah menyortir barang berdasarkan beratnya.

2. METODOLOGI PERANCANGAN

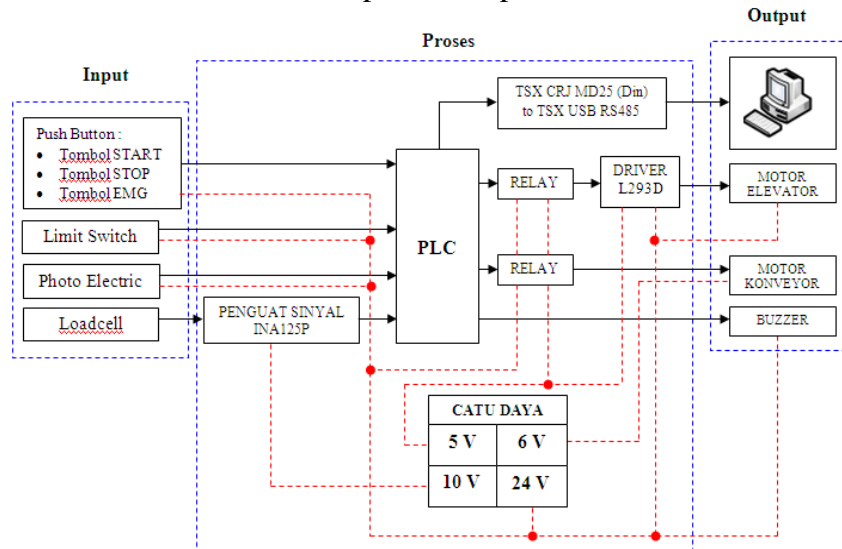
Pada perancangan sistem terdiri dari dua bagian, yaitu perancangan *hardware*, dan perancangan *software*. Perancangan dan realisasi alat yang dibuat menghasilkan model sistem yang dapat melakukan proses produksi dengan spesifikasi sebagai berikut.

1. Menggunakan dua buah *plant konveyor belt* untuk melakukan proses pengepakan dengan metoda pencacah barang.
2. Menggunakan satu buah *plant elevator* 4 lantai untuk melakukan proses penyortiran berdasarkan berat.
3. Berat barang yang disortir dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Berat gram, ditempatkan di posisi lantai 2.
 - b. Berat gram, ditempatkan di posisi lantai 3.
 - c. Berat gram, ditempatkan di posisi lantai 4.
4. Model sistem ini dapat membunyikan *buzzer* ketika berat barang yang disortir lebih dari 100 gram.

Penelitian ini diawali dengan tahapan penyiapan komponen penelitian. Komponen yang harus dipersiapkan adalah *konveyor*, *elevator*, rangkaian pengendali *plant simulator*, *sensor photoelectric*, *sensor limit switch*, *load cell*, *serial interface*, dan PLC. PLC yang digunakan adalah PLC Twido TWDLMDA20DTK. Selanjutnya, komponen - komponen tersebut harus diuji kelayakannya untuk digunakan dalam rangkaian. Komponen yang telah diuji kemudian dirakit menjadi rangkaian sistem sebagaimana yang direncanakan. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan program kendali yang akan membuat rangkaian dapat bekerja secara otomatis. Perangkat lunak yang digunakan adalah Twido Suite V2.30. Terakhir, rangkaian yang telah selesai dikerjakan diuji apakah dapat bekerja sesuai dengan rancangan awal.

2.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Arsitektur perangkat keras pada model sistem pengepakan dan penyortiran barang yang dikendalikan secara otomatis oleh PLC dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Perangkat Keras (*hardware*)

Perancangan perangkat keras (*hardware*) pengendalian simulator sistem pengepakan dan penyortiran barang dibangun dengan mengintegrasikan beberapa subsistem dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1 (Schneider,2012; Omron,2013; Sanil, 2009; Texas Instrument, 2005; Burr Brown, 1988).

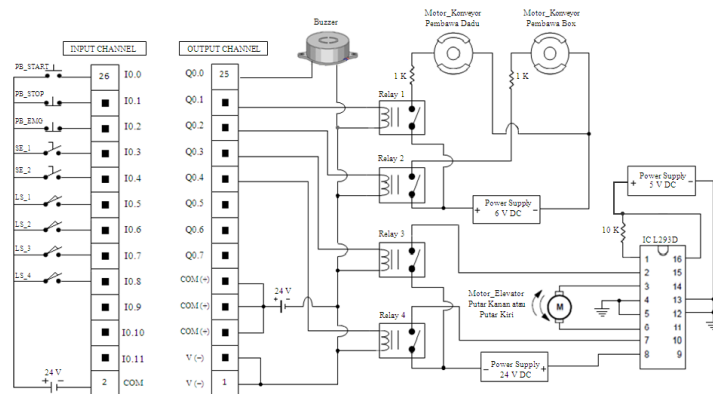
Tabel 1. Spesifikasi Subsistem

Subsistem	Keterangan
Pengendali	PLC Twido TWDLMDA20DTK type modular, 20 channel I/O, 24 V DC, Output Transistor Source.
Serial Interface	TSX CRJ MD25 (minidin) to TSX USB RS485
Limit Switch Sensor	Omron SS-5GL2T, 30 V DC, 3 A, Contact form SPDT..
Photoelectric Sensor	Sanil SB-32WS, 12-24 VDC, 150 mm/ 15 cm, Type Diffused-Reflective, Output NPN.
Load cell	Type Tekan, Kapasitas beban maksimum 500 gram, Akurasi 0,1 gram
Perangkat Output	- Motor DC Cannon CN38-13301 - Motor DC Hosiden HMB5058-010020, 23 V DC, 0,65 A - Motor DC 24 V penggerak Elevator - Buzzer
Driver	- Relay à Omron, 28 V DC, 5 A - IC L293D à Supply Voltage : 4,5 – 36 V, Output Current per channel 600 mA.
Instrument Amplifier	INA125P Burr-Brown, Single Supply : 2,7 V to 36 V Dual Supply : ±1,35 V to ±18 V, Precision Voltage Reference : 1,24 V; 2,5 V; 5 V Or 10 V DC, Gain from 4 to 10.000X
Catu Daya	5 V, 6 V, 10 V, 24 V DC (4 – 20 mA)

1. Subsistem Pengendali

PLC Twido TWDLMDA20DTK berfungsi untuk mengendalikan sistem secara keseluruhan sehingga dapat bekerja sesuai dengan konsep kerja sistem yang diinginkan. Untuk skematik

wiring diagram dari PLC Twido TWDLMDA20DTK dapat dilihat pada Gambar 2 (Schneider Electric, 2006).



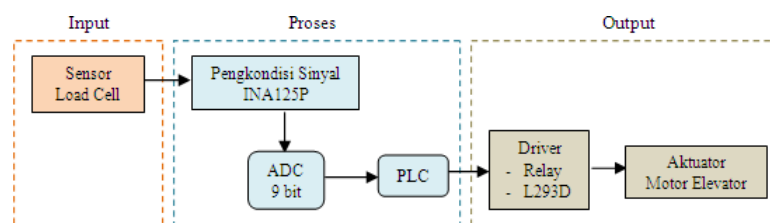
Gambar 2. Wiring Diagram PLC Twido TWDLMDA20DTK

2. Subsistem Sensor

Ada tiga jenis sensor yang digunakan dalam perancangan alat.

- Limit Switch Sensor*, sensor ini berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kereta elevator sekaligus memberhentikan pergerakannya. Pada perancangan alat ini digunakan empat buah *limit switch*, dimana masing-masing *limit switch* diletakkan dengan jarak 12 cm secara vertikal pada *plant elevator* sebagai indikator posisi lantai. *Roller* dari *sensor limit switch* akan tertekan oleh sisi dari *kereta elevator* sehingga kontak NO akan berubah menjadi NC dan motor DC yang berputar kearah kiri (pergerakan naik *kereta elevator*) akan berhenti sehingga *kereta elevator* berada pada posisi yang tepat disetiap lantainya (Omron, 2013).
- Photoelectric Sensor*, merupakan sebuah komponen yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek (dadu dan box). Untuk mendeteksi keberadaan objek, komponen ini memanfaatkan pancaran sinar infra merah sebagai penginderanya. Pada proses pengepakan, *sensor photoelectric* akan menghitung atau mengcounter jumlah dadu yang masuk kedalam box. *Sensor photoelectric* yang digunakan tipe *Diffused – Reflective* dengan reflector (Sanil, 2009).
- Load cell Sensor*, merupakan sebuah komponen yang digunakan untuk mengubah gaya tekan menjadi sinyal listrik, melalui perubahan resistansi yang terjadi pada *Strain Gauge* dengan sebuah tekanan dalam bentuk *deformasi* (regangan). Dalam perancangan alat digunakan *load cell* dengan kapasitas beban maksimum 500 gram dan diaplikasikan untuk sistem penyortiran barang berdasarkan beratnya.

Secara blok diagram proses pengendalian sistem penyortiran barang berdasarkan berat yang dikendalikan secara otomatis oleh pengendali PLC dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Proses Penyortiran

3. Subsistem Perangkat Output

- a) Pada perancangan alat ini digunakan tiga buah motor DC yang sudah dilengkapi dengan *gearbox* untuk menggerakkan dua buah *konveyor belt* dan pergerakan *kereta elevator*. Untuk pengendalian *on/off* serta berapa lama motor berputar akan dikendalikan oleh PLC melalui program *ladder diagram* yang sudah dirancang untuk sistem tersebut. Sedangkan komponen yang digunakan untuk mendriver arah putaran motor penggerak *kereta elevator* digunakan IC L293D (Texas Instruments, 2005).
- b) *Buzzer* berfungsi sebagai indikator penanda apabila berat beban yang disortir lebih dari 100 gram.

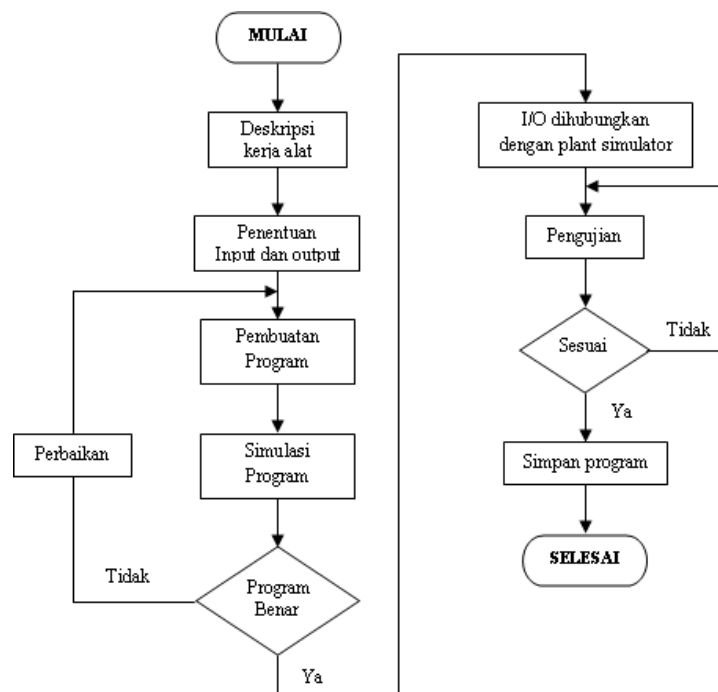
4. Subsistem Catu daya

Catu daya merupakan sumber tegangan DC yang dibutuhkan oleh berbagai macam rangkaian elektronika agar dapat dioperasikan termasuk rangkaian elektronika yang dirancang pada penelitian ini. Dalam perancangan sistem, rangkaian catu daya yang dibuat memiliki tegangan output antara lain :

1. 5 V DC ($I_{out} : 6 \text{ mA}$) untuk mensuplai *driver* Motor DC (IC L293D).
2. 6 V DC ($I_{out} : 8 \text{ mA}$) untuk mensupply *plant konveyor*.
3. 10 V DC ($I_{out} : 16,5 \text{ mA}$) untuk supply tegangan input IC INA125P.
4. 24 V DC ($I_{out} : 4 - 20 \text{ mA}$) untuk mensuplai motor DC pada *plant elevator*, push button, *sensor Limit switch* dan *Photoelectric*.

2.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Dalam perancangan perangkat lunak (*software*) menggunakan PLC, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dan secara garis besar dibuat dalam bentuk *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart perancangan perangkat lunak (software)

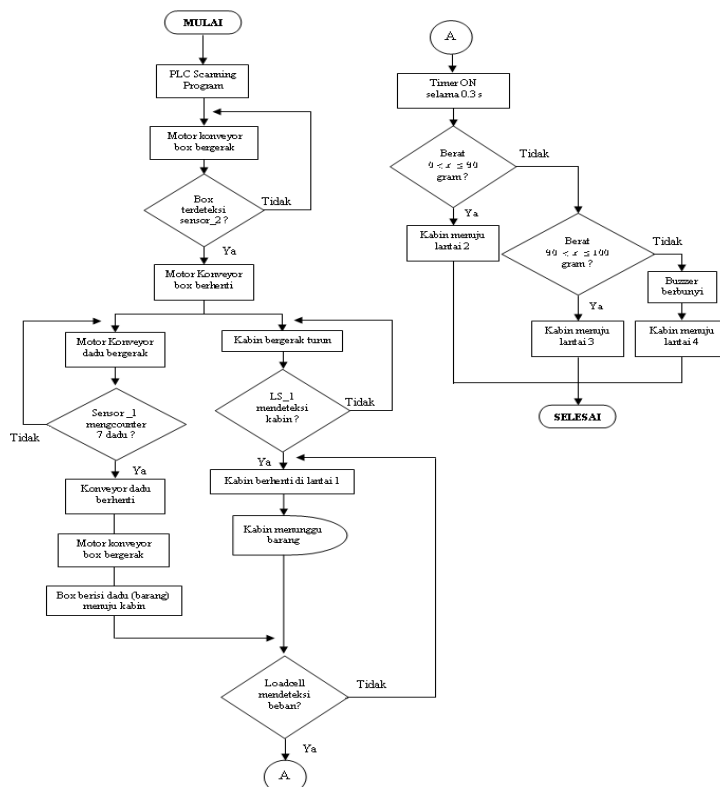
Bahasa pemrograman yang digunakan dalam perancangan adalah *Ladder Diagram*. Sebelum membuat program terlebih dahulu dilakukan identifikasi dan pengalamatan input/ output

(I/O) yang diperlukan. Daftar perangkat I/O yang digunakan dalam perancangan dapat dilihat pada Tabel 2 (Schneider Electric, 2006).

Tabel 2. Daftar I/O dan alamat hardware yang terintegrasi dengan PLC

No.	Status	Hardware	Alamat
1.	INPUT	PB_START	%I0.0
2.		PB_STOP	%I0.1
3.		PB_EMERGENCY	%I0.2
4.		SE_1 (Photoelectric di konveyor dadu)	%I0.3
5.		SE_2 (Photoelectric di konveyor box)	%I0.4
6.		LS_1 (Limit switch lantai 1)	%I0.5
7.		LS_2 (Limit Switch lantai 2)	%I0.6
8.		LS_3 (Limit Switch lantai 3)	%I0.7
9.		LS_4 (Limit Switch lantai 4)	%I0.8
10.		Load Cell	%IW0.0.1
11.	OUTPUT	Buzzer	%Q0.0
12.		Motor Penggerak Konveyor Dadu	%Q0.1
13.		Motor Penggerak Konveyor Box	%Q0.2
14.		Motor _ Putar Kiri	%Q.03
15.		Motor _ Putar Kanan	%Q0.4

Gambar 5 menjelaskan secara *flowchart* prinsip kerja sistem yang dirancang untuk aplikasi sistem pengepakan dan penyortiran barang yang dikendalikan secara otomatis oleh PLC (Setiawan,2006; Bolton,2004).



Gambar 5. Flowchart deskripsi kerja sistem

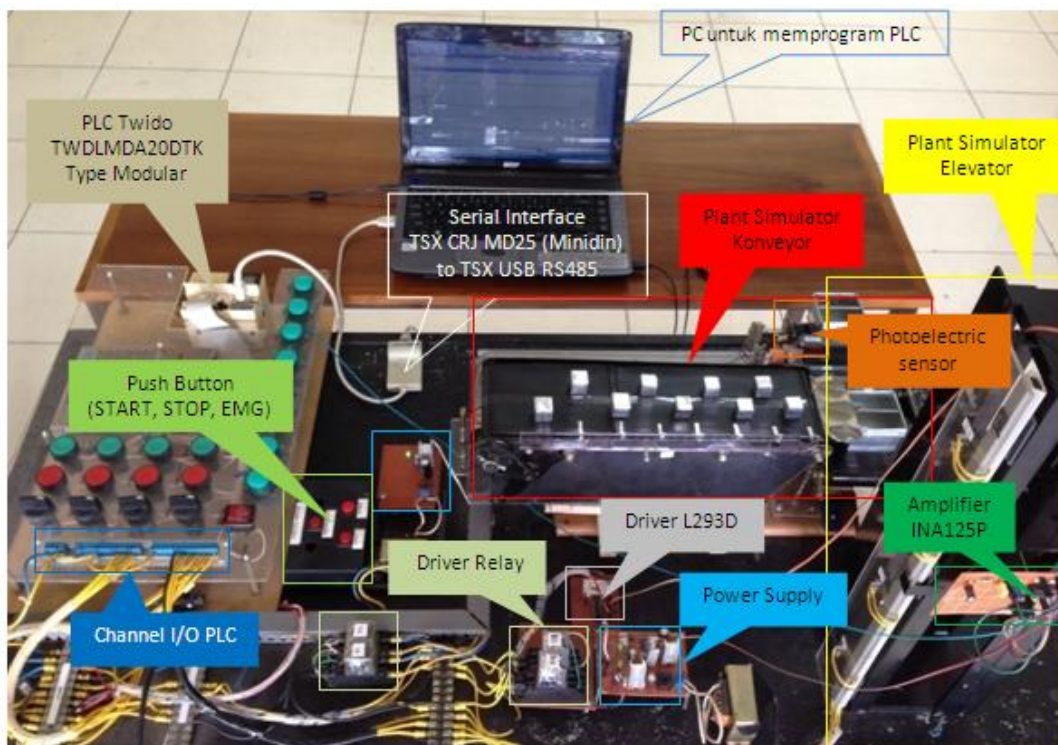
Adapun prinsip kerja dari *plant simulator konveyor* yaitu ketika tombol START ditekan, maka *konveyor* pembawa box akan bergerak menggeser box hingga *sensor* (SE-2) terhalang oleh box. Setelah *sensor* mendeteksi adanya box, secara otomatis *konveyor* pembawa box akan berhenti. Kemudian *konveyor* pembawa dadu akan bergerak dan menggeser dadu hingga masuk ke dalam box. *Sensor* (SE-1) akan menghitung jumlah dadu yang masuk ke dalam

box. Setelah *counter* mencapai hitungan tertentu yaitu sebanyak 7 kali, maka *konveyor* pembawa dadu akan berhenti dan *konveyor* pembawa box akan bergerak kembali. Selanjutnya box yang sudah terisi dadu akan bergerak menuju *kereta elevator*.

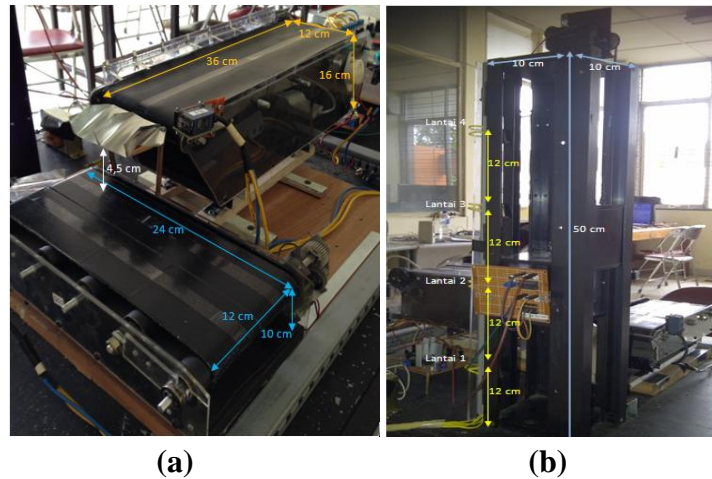
Selanjutnya, barang akan melewati tahap penyortiran yang dilakukan oleh *sensor load cell*. *sensor load cell* akan membaca berat beban yang berada di atasnya, ketika terbaca adanya beban, maka *load cell* akan mengirimkan sinyal ke PLC dan kemudian PLC akan memproses sinyal tersebut dengan membandingkan nilai berat yang terukur dengan *set point*, sebagai contoh jika berat barang yang terukur berada di *range* gram, maka PLC akan memberikan instruksi kepada motor untuk berputar ke arah kiri (*kereta elevator* bergerak naik) dan motor akan berhenti berputar ketika *sensor LS-2* mendeteksi keberadaan *kereta elevator*. Sehingga posisi *kereta elevator* berada di lantai 2. Begitu pula ketika berat barang yang terukur berada pada *range* gram, maka *kereta elevator* akan bergerak naik menuju lantai 3, dan akan menuju lantai 4 ketika berat barang berada pada *range* gram.

3. REALISASI DAN PENGUJIAN

Realisasi dari alat yang dirancang untuk aplikasi sistem pengepakan dan penyortiran barang yang dikendalikan secara otomatis oleh pengendali PLC Twido TWDLMDA20DTK dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan fisik alat yang dirancang



Gambar 7. Plant Simulator (a) Konveyor (b) Elevator

3.1 Pengujian *Limit Switch Sensor*

Tujuan dari pengujian rangkaian *limit switch* ini adalah untuk mengetahui rangkaian ini dapat bekerja atau tidak, dan mengetahui perubahan tegangan pada saat kondisi *limit switch* ditekan (*close*) dan tidak ditekan (*open*).

Tabel 3. Data hasil pengujian rangkaian *limit switch sensor*

Rangkaian <i>Limit Switch</i>	Kondisi <i>Limit Switch</i>		Tegangan Output (V)	
	Open	Close	Open	Close
LS – 1 (I0.5)	high	low	24,52	0,00
LS – 2 (I0.6)	high	low	23,90	0,00
LS – 3 (I0.7)	high	low	23,92	0,00
LS – 4 (I0.8)	high	low	24,52	0,00

Data hasil pengujian pada Tabel 3 menunjukkan bahwa *limit switch* tersebut memberikan nilai “Low” jika saklar tertutup dan akan memberikan nilai “High” jika saklar terbuka. Hal ini dikarenakan pin yang digunakan adalah pin NO yang terhubung ke input PLC di mana dalam perancangan *ladder diagram*, saklar NO digantikan dengan kontak NC. Ketika kondisi *limit switch* tertekan, maka kontak NC akan berubah menjadi NO sehingga arus yang mengalir ke *output (coil)* akan terputus dan motor penggerak *elevator* yang terhubung ke *output* akan berhenti berputar. Kondisi tersebut membuktikan bahwa rangkaian *limit switch* sudah dapat bekerja.

3.2 Pengujian *Photoelectric Sensor*

Tujuan pengujian pada *output* rangkaian *Photoelectric sensor* adalah untuk mengamati perubahan tegangan yang dikeluarkan *sensor* pada kondisi terhalang dan tidak terhalang.

Tabel 4. Data hasil pengujian rangkaian *Photoelectric Sensor*

Rangkaian <i>Photoelectric</i>	Kondisi <i>Photoelectric</i>		Tegangan Output <i>Photoelectric</i> (V)	
	Terhalang	Tidak Terhalang	Terhalang	Tidak Terhalang
<i>Photoelectric 1</i> (dadu)	Low	High	0,04	24,46
<i>Photoelectric 2</i> (box)	Low	High	0,05	24,47

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 4, terlihat bahwa *photoelectric sensor* akan memberikan nilai “High” ketika cahaya infra merah yang dipancarkan *sensor* tidak terhalang oleh objek dan akan memberikan nilai “Low” ketika kondisi *sensor* terhalang objek. Hal ini dikarenakan *photoelectric sensor* yang digunakan bersifat *reflective* sehingga

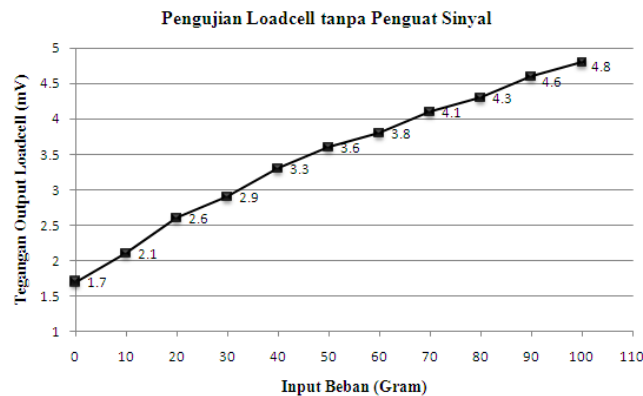
sesuai dengan karakteristik dari *sensor* yang menggunakan reflektor, dimana jika pancaran sinar dari *sensor* terhalang objek, maka output *sensor* akan berlogika *Low* dan jika pancaran sinar dari *sensor* tidak terhalang objek, maka output *sensor* akan berlogika *High*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rangkaian *photoelectric sensor* sudah dapat bekerja.

3.3 Pengujian Load cell Sensor

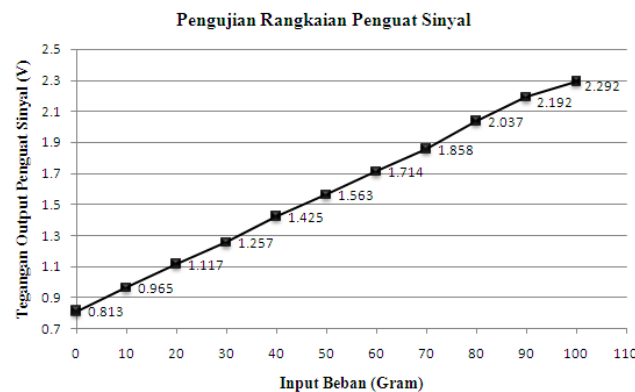
Pada pengujian rangkaian *load cell sensor*, dilakukan dua pengujian. Yang pertama adalah pengujian tegangan *output* dari *load cell sensor* sebelum dikuatkan dan setelah mengalami penguatan dengan rangkaian pengkondisi sinyal.

Tabel 5. Hasil pengujian karakteristik *sensor load cell* dan rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan komponen amplifier INA125P

No.	Input Beban (Gram)	Tegangan output <i>loadcell</i> sebelum dikuatkan (mV)	Tegangan output pengkondisi sinyal (Volt)
1.	0	1,7	0,813
2.	10	2,1	0,965
3.	20	2,6	1,117
4.	30	2,9	1,257
5.	40	3,3	1,425
6.	50	3,6	1,563
7.	60	3,8	1,714
8.	70	4,1	1,858
9.	80	4,3	2,037
10.	90	4,6	2,192
11.	100	4,8	2,292



Gambar 8. Grafik hubungan antara tegangan *output sensor load cell* tanpa penguat sinyal terhadap input beban



Gambar 9. Grafik hubungan antara tegangan *output sensor load cell* dengan penguat sinyal terhadap input beban

3.4 Pengujian Rangkaian *Driver* Motor DC

Tujuan dari pengujian rangkaian *driver* motor DC ini adalah untuk mengetahui arah putaran motor DC yang terdapat pada *elevator* yang fungsinya untuk pergerakan naik atau turunnya *kereta elevator*.

Tabel 6. Data hasil pengujian rangkaian *driver* Motor DC

Enable	Input		Kondisi Motor DC
	Input 1 (R3)	Input 2 (R4)	
0	0	0	Tidak berputar
	0	1	Tidak berputar
	1	0	Tidak berputar
1	0	1	Berputar ke kanan
	1	0	Berputar ke kiri

Dari hasil pengujian pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa rangkaian *driver* yang digunakan tidak akan aktif apabila *pin enable* (*pin 1*) diberi logika 0 (*low*) dan hanya akan aktif apabila *pin enable* diberi input berlogika 1 (*high*). Bila input 1 diberi logika 0 dan Input 2 diberi logika 1, maka motor DC akan berputar ke arah kanan dan berlaku untuk sebaliknya, motor DC akan berputar ke arah kiri jika input 1 diberi logika 1 dan input 2 berlogika 0. Hal tersebut menunjukkan bahwa rangkaian *driver* dari motor DC menggunakan IC L293D sudah dapat bekerja.

3.5 Pengujian Kecepatan Putar Motor Penggerak *Konveyor* dan *Elevator*

Tujuan dari pengujian subsistem ini adalah selain untuk mengetahui berapa kecepatan pergerakan dari masing-masing *plant simulator*, juga bertujuan untuk mengetahui sinkronisasi kerja sistem secara terintegrasi.

Tabel 7. Kecepatan motor penggerak *konveyor* pembawa box

No.	Waktu putaran (s)	Tanpa Beban		Dengan Beban (Box)	
		rpm	m/min	rpm	m/min
1.	5	28,6	2,80	28,1	2,78
2.	5	27,6	2,77	28,3	2,75
3.	5	28,0	2,75	27,7	2,68
4.	5	27,9	2,84	28,0	2,74
5.	5	28,4	2,77	28,6	2,73
6.	5	28,7	2,80	28,4	2,79
7.	5	28,6	2,82	28,0	2,80
8.	5	28,4	2,76	28,2	2,77
9.	5	27,7	2,83	27,9	2,81
10.	5	28,3	2,78	28,5	2,76
Nilai Rata-rata		28,22	2,792	28,17	2,761

Tabel 8. Kecepatan motor penggerak *konveyor* pembawa dadu

No.	Waktu putaran (s)	Tanpa Beban		Dengan Beban (Dadu)	
		rpm	m/min	rpm	m/min
1.	3	87,2	8,24	86,9	8,12
2.	3	86,4	8,19	86,3	8,06
3.	3	86,1	8,05	85,9	8,03
4.	3	78,2	7,89	88,6	7,87
5.	3	89,5	8,70	88,7	8,54
6.	3	88,4	8,56	79,1	8,45
7.	3	88,6	8,47	88,0	8,30
8.	3	90,2	8,89	88,9	8,60
9.	3	89,3	8,65	88,3	8,56
10.	3	86,8	8,13	86,7	8,10
Nilai Rata-rata		87,07	8,377	86,74	8,263

Hasil pengujian pada Tabel 7 dan Tabel 8, menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang terlalu besar antara pengujian tanpa beban dan dengan beban. Hal ini dikarenakan beban yang ada di atas *konveyor* yaitu dadu dan box memiliki berat yang masih dalam ukuran gram sehingga ukuran berat tersebut tidak cukup berpengaruh terhadap pembebanan torka motor. Sedangkan kecepatan pergerakan dari masing-masing *konveyor* memiliki perbedaan yang cukup besar. Hal tersebut dipengaruhi oleh penggunaan *gear* pada motor, dimana *gear* yang digunakan pada *konveyor* box lebih banyak sehingga kecepatan pergerakan *konveyor* box lebih lambat dibandingkan dengan *konveyor* dadu.

Tabel 9. Kecepatan motor penggerak kereta elevator

No.	Tanpa Beban				Dengan Beban			
	Kabin Naik		Kabin Turun		Beban Minimum		Beban Maksimum	
	rpm	m/min	rpm	m/min	rpm	m/min	rpm	m/min
1.	110,9	11,14	121,4	12,13	108,3	10,81	107,6	10,75
2.	111,1	11,16	122,0	12,17	107,9	10,85	107,5	10,71
3.	111,0	11,18	121,7	12,11	108,4	10,86	106,5	10,73
4.	111,3	11,10	121,6	12,19	108,6	10,85	107,1	10,71
5.	111,1	11,12	121,3	12,16	108,4	10,83	106,7	10,72
6.	110,8	11,10	122,1	12,18	108,4	10,79	107,3	10,74
7.	111,0	11,09	121,7	12,22	108,1	10,85	107,6	10,73
8.	111,1	11,17	120,9	12,20	108,9	10,83	107,5	10,77
9.	111,2	11,15	122,0	12,18	108,5	10,83	107,7	10,75
10.	111,4	11,12	121,2	12,16	108,6	10,83	107,0	10,76
x	111,09	11,133	121,59	12,17	108,41	10,833	107,25	10,737

* x = nilai rata-rata

Dari hasil pengujian pada Tabel 9, didapat perbedaan nilai yang tidak terlalu besar antara pengujian tanpa beban dan dengan beban. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu beban yang diberikan beratnya masih dalam ukuran gram sehingga tidak terlalu besar pengaruhnya terhadap pembebanan torka pada motor. Faktor lain yaitu adanya gaya gravitasi bumi yang mempengaruhi kecepatan putar motor ketika kabin bergerak naik atau turun.

3.6 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian fungsional sistem secara keseluruhan diperlukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang telah direalisasikan. Pengujian fungsional sistem dilakukan dengan cara mengintegrasikan perangkat keras (*hardware*) dengan perangkat lunak (*software*). Pengujian ini dilakukan dengan mengamati setiap pergerakan barang dimulai dari proses pengepakan barang menggunakan *plant simulator konveyor* hingga pengangkutan barang secara vertikal menggunakan *elevator* barang dari satu lantai ke lantai yang lainnya.

Tabel 10. Data hasil pengujian sistem terintegrasi

No.	Berat Barang (gram)	Jarak antar dadu (cm)	Waktu rata-rata proses pengepakan (s)	Berat rata-rata barang yang disortir (gram)	Penempatan Barang			
					Lt-1	Lt-2	Lt-3	Lt-4
1.		1	2,124	87,55	-	J	-	-
		2	2,950	87,55	-	J	-	-
2.		1	2,105	97,95	-	-	J	-
		2	2,928	97,95	-	-	J	-
3.		1	2,044	104,28	-	-	-	J
		2	2,926	104,28	-	-	-	J

Data hasil pengujian pada Tabel 10 memperlihatkan bahwa untuk pergerakan naik *kereta elevator* dipengaruhi oleh input beban yang diterima *load cell* sehingga PLC akan membaca data berat barang yang terukur oleh *load cell* dan segera menempatkan barang tersebut ke lantai sesuai dengan beratnya. Jika berat barang akan diindikasikan dengan bunyi dari *buzzer*. Sedangkan untuk pergerakan turun *kereta elevator* dipengaruhi oleh kondisi

photoelectric sensor yang ada di *konveyor box* ketika terhalang oleh *box*. Dengan demikian program *ladder diagram* yang dirancang untuk sistem pengepakan dan penyortiran barang dengan mengintegrasikan *plant konveyor* dan *elevator* sudah sesuai.

4.KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan, implementasi dan pengujian terhadap sistem pengepakan dan penyortiran barang yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Program *ladder diagram* yang dirancang berhasil membangun kerja sistem yang diinginkan yaitu sistem mampu melakukan proses pengepakan dan penyortiran barang secara otomatis.
2. Berat rata-rata barang yang disortir sebesar 87,55 gram untuk *range* $0 < x \leq 90$ gram, 97,95 gram untuk *range* berat barang $90 < x \leq 100$ gram, dan 104,28 gram untuk berat barang $x > 100$ gram, sehingga data tersebut menunjukkan bahwa barang yang disortir sudah sesuai dengan pengelompokkan dan penempatannya.
3. Data hasil pengujian sistem secara terintegrasi menjelaskan bahwa jarak benda terhadap sensor mempengaruhi efisiensi waktu dalam proses produksi dengan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk proses pengepakan mendekati 2 detik ketika jarak antar dadu sejauh 1 cm, dan mendekati 3 detik ketika jarak antar dadu sejauh 2 cm.
4. Buzzer dapat berbunyi ketika berat barang yang disortir lebih dari 100 gram.

4.2 Saran

Oleh karena masih besar peluang dalam pengembangan sistem ini, maka ada beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai referensi untuk pengembangan sistem lebih lanjut. Saran-saran tersebut adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan modul *Pulse Width Modulation* (PWM) sangat disarankan dalam pengendalian kecepatan putar Motor DC.
2. Keakurasian sensor *Load cell* yang digunakan dalam perancangan alat ini masih terdapat ketidakstabilan dalam pembacaan data input beban sehingga perlu adanya penambahan rangkaian filter untuk meningkatkan kemampuan *sensor* tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- Schneider Electric.(2006). *Twido Programmable Controllers Programming Guide V1.0.*,
Schneider Electric, French.
- Setiawan, Iwan. (2006). *Programmable Logic Controller dan Teknik Perancangan Sistem
Kontrol*, Yogyakarta: ANDI.
- Bolton, William. (2004). *Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar*, Jakarta :
Erlangga.
- Burr Brown. (1988). Datasheet Instrumentation Amplifier INA125, Burr Brown.U.S.A.,
Februari.
- Schneider Electric. (2012). Product Datasheet Characteristics PLC Twido
TWDLMDA20DTK type Modular, 8 Oktober.
- Omron. (2013). Datasheet Limit Switch Omron SS-5GL2T, Omron, U.S.A.
- Texas Instruments. (2005). Datasheet L293D, Texas Instruments Incorporated.
- Sanil. (2009). Datasheet Sanil SB-32WS, Sanil Sensor Product Catalogue, May.