

PERANCANGAN SISTEM PENGANTONGAN SEMEN CURAH 1 TON BEBASIS PLC S7-300 DAN TIA PORTAL V15

¹Agus Arifianto, ²Pressa Perdana S.S., ³Rini Puji Astutik
^{1, 2, 3} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik
agus.agusarifianto@gmail.com¹, pressa_elits@yahoo.com², astutik_rpa@umg.ac.id³

ABSTRACT - With the growing demand for the bulk cement market, it is necessary to add bulk cement bagging facilities or increase the capacity of installed equipment supported by reliable electrical, instrumentation and automation systems. Programmable Logic Controller (PLC) and automation were chosen because they are able to accommodate complex, concise, easy to develop algorithms and/or customization through programming languages. By connecting sensors and adding Human Machine Interface (HMI) and Operator Station in form of Personal Computer (PC) which is integrated through Tolly Integrated Automation (TIA) Portal, it is able to increase the accuracy of weighing, filing process, and increase its capacity 36,22% Ton per Day (TPD) higher than installed system.

Keywords - study, electricity, basic engineering design, pocket, PLC, Step 7, TIA Portal.

ABSTRAK - Dengan adanya pertumbuhan permintaan pasar semen curah, diperlukan penambahan fasilitas pengantongan semen curah atau meningkatkan kapasitas peralatan terpasang, serta ditunjang dengan sistem kelistrikan, instrumentasi dan otomatisasi yang handal. *Programmable Logic Controller* (PLC) dan otomatisasi dipilih karena mampu mengakomodasi program yang kompleks, ringkas, mudah serta dapat dilakukan pengembangan algoritma dan/atau penyesuaian melalui bahasa pemrograman. Dengan menghubungkan sensor dan menambahkan Human Machine Interface (HMI) serta Operator Station berupa Personal Computer (PC) yang diintegrasikan melalui Totally Integrated Automation (TIA) Portal, mampu meningkatkan akurasi penimbangan, pengisian, serta peningkatan kapasitas lebih tinggi 36,22% Ton Per Day (TPD) dibandingkan dengan sistem pengantongan yang telah terpasang.

Kata kunci : studi, kajian, kelistrikan, basic engineering design, kantong, PLC, Step 7, TIA Portal.

I. PENDAHULUAN

Semakin kompleks proses yang harus ditangani semakin penting penggunaan PLC untuk mempermudah proses-proses tersebut [1]. PLC memberikan kemudahan-kemudahan dengan berbagai fasilitas yang melekat di dalamnya. Pada proses penimbangan secara manual terdapat

beberapa kelemahan yaitu human error, kurang presisinya penimbangan dan pengisian yang lama [2]. Proses pengantongan semen curah menjadi salah satu perhatian ketika pertumbuhan permintaan pasar meningkat, sesuai dengan tabel 1 berikut:

Tabel 1. Tren kenaikan pemakaian

Sum of	Quantity	Column Labels	2019	2020	2021	Grand Total
Row Labels						
SIG-TUBAN			21.000	18.000	30.000	69.000
Grand Total			21.000	18.000	30.000	69.000

Dengan memperhatikan kondisi yang ada saat ini, serta memperhatikan potensi peningkatan performa dan akurasi proses penimbangan pada pengantongan, maka diperlukan sebuah sistem baru atau pengembangan dari sistem yang telah diimplementasikan pada kondisi saat ini.

Dengan mempertimbangkan kelemahan komponen elektromekanik yang memiliki kotak kontak mudah aus karena panas/terbakar karena hubung singkat, perangkat elektromekanik ini juga memerlukan biaya yang besar saat instalasi, pemeliharaan, dan modifikasi. Untuk menangani hal tersebut maka diperlukan suatu studi, desain dan rekayasa dalam membangun sistem pengantongan kemasan besar, disesuaikan dengan rencana kebutuhan dan target kapasitas dengan menggunakan PLC sebagai sistem kendali.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode

Penulis mempelajari dan melakukan proses benchmarking pada peralatan yang telah dipasang, untuk dilakukan studi untuk peningkatan performa peralatan, baik pada sistem otomatisasi, instrumentasi, serta akurasi yang telah dipasang, atau dapat digunakan untuk instalasi peralatan baru.

B. Data awal peralatan



Gambar 2.1 Proses pengisian peralatan terpasang

Pada gambar 2.1 kondisi yang terjadi adalah sebagai berikut:

- a. Pemasangan kantong curah sulit
- b. Proses pengisian berdebu
- c. Ada idle time
- d. Tidak akurat (manual)

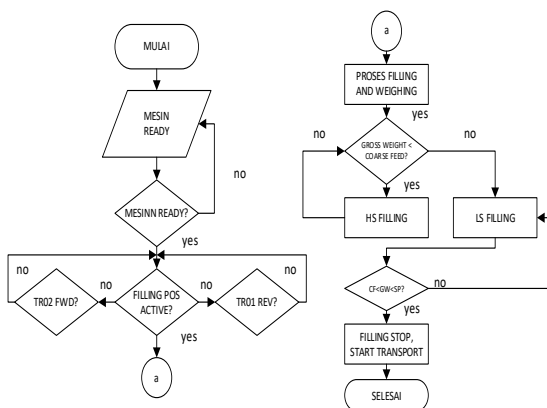
Tabel 2. Durasi pengisian

NO	Proses Operasi	Deskripsi	Durasi (s)
1	Preparation	Persiapan kantong untuk proses pengisian	36
2	Hanging period	Kantong naik Pengisian	105
3	Release kantong	Kantong turun Release bag holder	40
4	Transport	Kantong menuju ke corner position	15
TOTAL			196

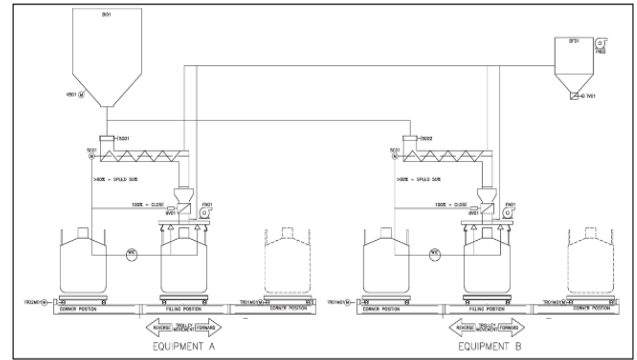
Durasi total pengantongan adalah 196 second (s) untuk satu cycle proses pengisian kantong curah 1 ton.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan sistem pengantongan



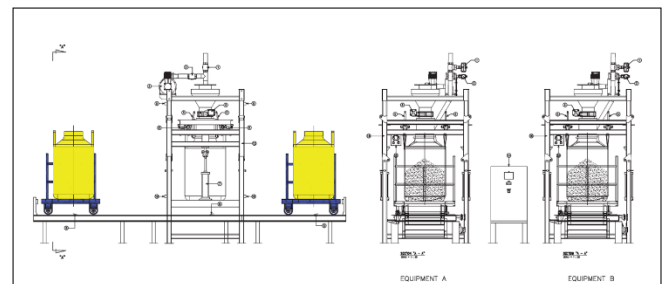
Gambar 3.1 Diagram alir perancangan sistem pengantongan



Gambar 3.2 Flow sheet diagram

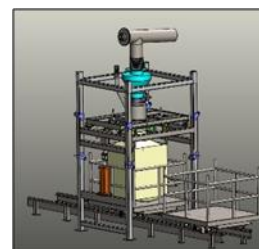
Pada gambar 3.1 merupakan alur proses secara umum untuk sistem pengantongan menggunakan dua trolley pada masing-masing mesin.

Diagram alur material atau flow sheet diagram dapat dilihat pada gambar 3.2 dimana terdapat satu sistem pengantongan dengan dua trolley yang terhubung kepada satu bin melalui masing-masing *screw conveyor*, dan *dedusting* atau *bag filter* untuk mengurangi timbulnya debu pada saat proses pengisian material.



Gambar 3.3 Equipment lay out

Gambar 3.3 merupakan desain tata letak peralatan dari penterjemahan diagram alir (*flow sheet*), sedangkan gambar 3.4 adalah visualisasi equipment lay out untuk satu mesin dengan dua trolley. Desain visual ini typical atau serupa untuk mesin dua dan diposisikan berdampingan.



No	Deskripsi
1	Bag Filter Solenoid Valve
2	Inflator Fan Solenoid Valve
3	Inflator Fan (additional)
4	Butterfly Valve
5	Bag Hanger Solenoid Actuator
6	Load Cell
7	Lifting Pneumatic Actuator
8	Proximity Switch trolley position
9	Proximity Switch Lifting Position Up
10	Proximity Switch Lifting Position Down
11	Motor Trolley Mesin 1 (TR01 & TR02)
12	Motor Trolley Mesin 2 (TR03 & TR04)
13	Bagging Machine Frame
14	Sub Control Panel
15	Local Push Button

Gambar 3.4 Equipment lay out (ISO)

Konsep desain sistem pengantongan secara otomatis, metode operasi auto dan local, dengan mengaplikasikan sistem

kontrol berbasis PLC S7-300 dan TIA Portal V15 untuk tampilan kendali pada HMI.

Pada umumnya, terdapat 5 (lima) komponen utama yang menyusun suatu PLC. Semua komponen tersebut harus ada untuk menjalankan suatu PLC secara normal^[3]. Komponen tersebut adalah Central processing unit (CPU), Memory, Power Supply, Unit Programmer, I/O Module.

Dalam pembuatan program PLC, penulis menggunakan Ladder Diagram (LAD), dan Function Block Diagram (FBD)

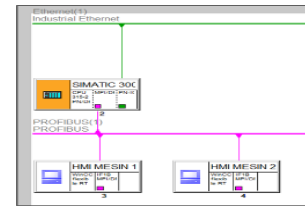
A ladder diagram is a representation in diagram form of the control job using symbols according to DIN 19 239 that are also commonly used in the USA. It is very similar to a conventional wiring diagram, however, it takes into account viewing on a computer screen and shows the individual lines horizontally rather than vertically^[4].

Ladder Diagram merupakan representasi dalam bentuk diagram kontrol pekerjaan menggunakan simbol sesuai dengan standar DIN 19239 yang juga sangat umum digunakan di Amerika Serikat. Ini sangat mirip dengan diagram pengkabelan konvensional, namun perlu memperhitungkan tampilan di layar komputer dan menunjukkan garis individual secara horizontal, bukan secara vertikal^[4].

Screw conveyor dan trolley digerakkan oleh motor induksi 3 fasa. Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar^[5].

Konsep desain mekanikal pengisian menggunakan screw conveyor dengan kapasitas 60 Ton per Hour (TPH), auto high speed (100%), low speed (80%) dan stop adalah kantong dalam kondisi free hanging untuk memastikan kantong dapat terisi baik (straight), dengan penimbangan auto off ketika set point tercapai.

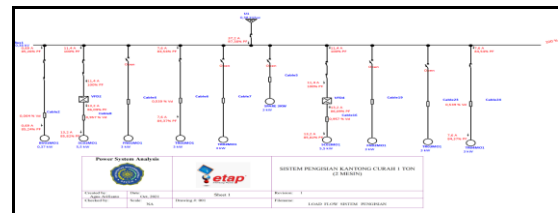
Bag holder akan release secara otomatis ketika pengisian selesai dan kantong berada pada lower position. Penggunaan dua set trolley bertujuan untuk mengurangi idle time ketika proses loading kantong terisi ke atas truck yang dilakukan dengan hoist crane existing



Gambar 3.5 PLC dan HMI

B. Pengujian load flow analysis

Pengujian diagram garis tunggal atau single line diagram dilakukan dengan mensimulasikan melalui Electrical Transient Analysis Program (ETAP), dengan method of solution Adaptive Newton-Raphson Method, precision of solution 0.0001000. Maka didapatkan bahwa ketika kedua mesin berjalan bersamaan, dengan konfigurasi sesuai gambar 4.1 , maka didapatkan bahwa full load ampere (fla) pada breaker utama sebesar 37,2 A dengan power factor (pf) 97,38%.



Gambar 3.6 Pengujian Diagram garis Tunggal (Single Line Diagram)

Sehingga secara garis besar, pemilihan spesifikasi kabel, ukuran kabel dan peralatan dinyatakan aman ketika beroperasi secara normal, sesuai dengan data hasil pengujian.

Tabel 3. Data hasil analisa studi aliran beban pada ETAP

LOAD FLOW REPORT														
Bus ID	Voltage			Generation			Load			Load Flow			XPR	
	kV	%Mag	Ang	MW	MVar	MVA	MW	MVar	ID	MW	MVar	Ang		%PF
*Bus1	0.380	100.000	0.0	0.024	0.006	0.031	0.000	0.000	Bus1	0.000	0.000	0.7	85.3	
									Bus9	0.004	0.003	7.6	84.5	
									Bus29	0.004	0.003	7.6	84.5	
									VFD1	0.008	0.000	13.4	100.0	
									VFD4	0.008	0.000	13.4	100.0	
Bus3	0.380	99.996	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus1	0.000	0.000	0.7	85.2		
Bus9	0.380	99.981	0.2	0.000	0.000	0.004	0.003	Bus1	-0.004	-0.003	7.6	84.4		
Bus12	0.380	99.943	0.3	0.000	0.000	0.007	0.004	Bus29	-0.007	-0.004	13.2	85.8		
Bus20	0.380	99.943	0.3	0.000	0.000	0.007	0.004	Bus27	-0.007	-0.004	13.2	85.8		
Bus29	0.380	99.981	0.2	0.000	0.000	0.004	0.003	Bus1	-0.004	-0.003	7.6	84.4		
*Bus27	0.380	100.000	0.0	0.008	0.004	0.000	0.000	Bus29	0.008	0.004	13.2	86.1		
*Bus28	0.380	100.000	0.0	0.008	0.004	0.000	0.000	Bus12	0.008	0.004	13.2	86.1		
*VFD2	0.380	100.000	0.0	0.008	0.004	0.000	0.000	Bus29	0.008	0.004	13.2	86.1		
*VFD4	0.380	100.000	0.0	0.008	0.004	0.000	0.000	Bus27	0.008	0.004	13.2	86.1		

C. Pengujian program PLC

Pengujian dilakukan pada setiap function block dalam program yang telah disusun pada PLC Simatic S7-300, sesuai dengan tabel 4 yang disusun berdasarkan fungsi masing-masing sub rutin/function (FC) sehingga

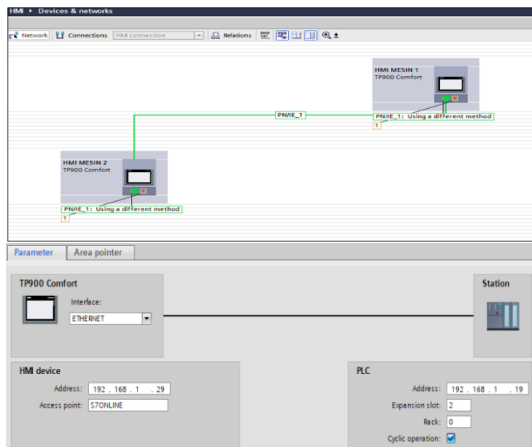
memudahkan ketika proses trouble shooting, perubahan dan pengembangan pada masa yang akan datang.

Tabel 4. List object program pengantongan

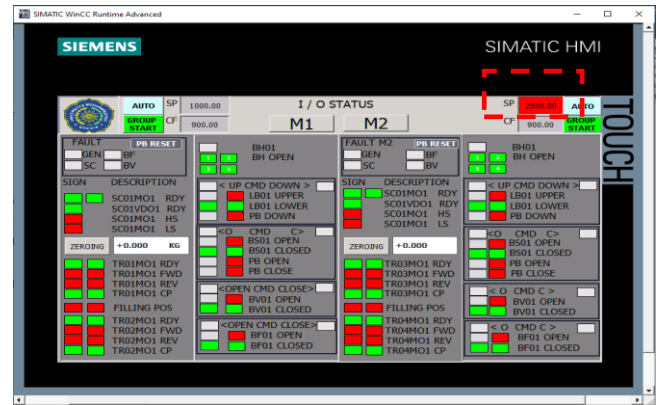
Object name	Symbolic name	Object name	Symbolic name
System data	---	FC42	M2_BAG LIFTING
OB1		FC52	M2_BV DAN BF
OB35	CYC_INT2	FC62	M2_SCREW CONVEYOR
OB32	CYC_INT5	FC72	M2_BAG SPOUT
OB40	HW_INT0	FC82	M2_BAG HANGER
OB82	I/O_FLT1	FC92	M2_FAULT
OB86	RACK_FLT	FC105	
OB87	COMM_FAULT	FC106	
OB100	COMPLETE RESTART	FC201	INT==>S5Time_100
OB121	PROG_ERR	FC202	INT==>S5Time_100 (M2)
OB122	MOD_ERR	FC311	Fc Execute command
FB45	SIWA_U	DB1	M1_Input Output
FC1	M1_WEIGHING CONVERTER	DB2	M1_HMI
FC2	M1_CONVERTER	DB8	M1_DB VECTOR
FC3	M1_TROLLEY	DB9	M1_DB SCALE
FC4	M1_BAG LIFTING	DB10	M2_INPUT OUTPUT
FC5	M1_BV DAN BF	DB20	M2_HMI
FC6	M1_SCREW CONVEYOR	DB80	M2_DB VECTOR
FC7	M1_BAG SPOUT	DB90	M2_DB SCALE
FC8	M1_BAG HANGER	DB600	DB_SIWA_U_FB45
FC9	M1_FAULT	UDT9	UDT_F_DB_SIWA_U
FC10		M1_VAT	M1_VAT
FC12	M2_WEIGHING CONVERTER	M2_VAT	M2_VAT
FC22	M2_CONVERTER	SFB52	RDREC
FC32	M2_TROLLEY	SFB53	WRREC

D. Pengujian program HMI

Pada pengujian HMI TP900 Comfort, dilakukan melalui TIA Portal V15. Proses awal yang dilakukan adalah pemeriksaan koneksi interface, HMI tags table, serta pengujian elements, control graphics untuk masing-masing proses. Di dalam pengujian program HMI, dapat dinyatakan sesuai dengan desain apabila pada pengujian sebelumnya, yaitu program PLC telah sesuai dan pembuatan HMI juga sesuai dengan I/O pada PLC melalui interface yang telah disiapkan sebelumnya sehingga tidak terjadi error ketika proses compiling dan pengujian masing-masing subrutin atau function.



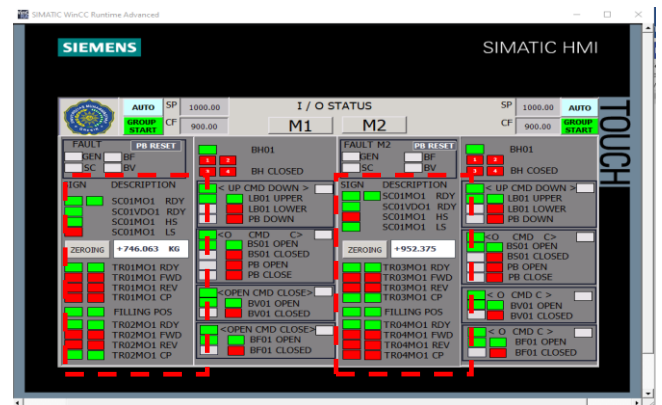
Gambar 3.7 Device Network HMI M1 dan M2



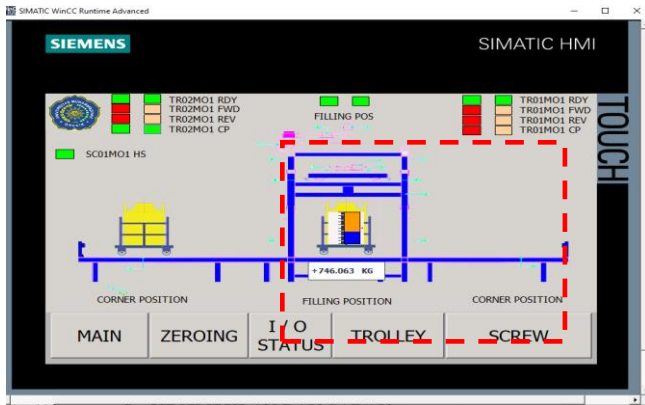
Gambar 3.8 Tampilan awal HMI

Pada kondisi seperti yang terlihat pada gambar 3.8 dapat kita lihat bahwa pada Mesin 2 (M2) set point yang dimasukkan adalah lebih besar dari beban yang mampu diterima oleh load cell (2.000 kg) termasuk dead load, sehingga ada indikasi warna merah untuk menyesuaikan kembali set point tersebut.

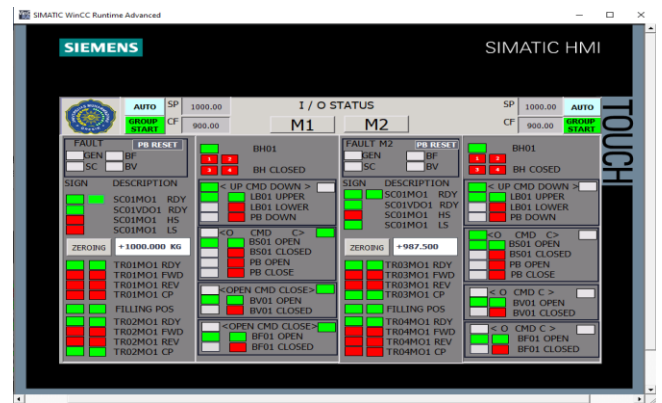
Proses selanjutnya adalah masing-masing trolley Mesin 1 (M1) dan Mesin 2 (M2) dapat dipilih untuk menuju ke filling position (independent atau tidak saling mempengaruhi antara M1 dan M2)



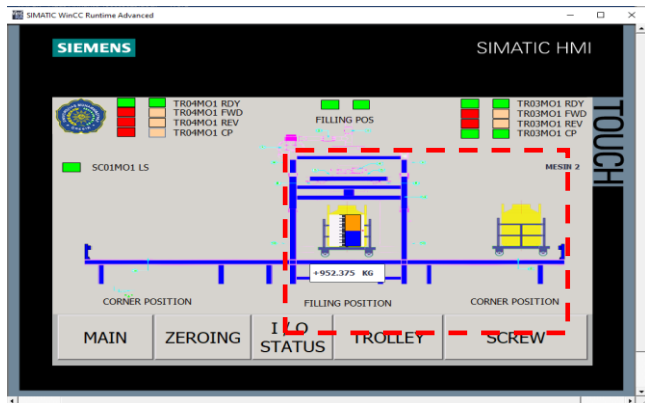
Gambar 3.9 Monitor HMI Mesin 1 dan Mesin 2



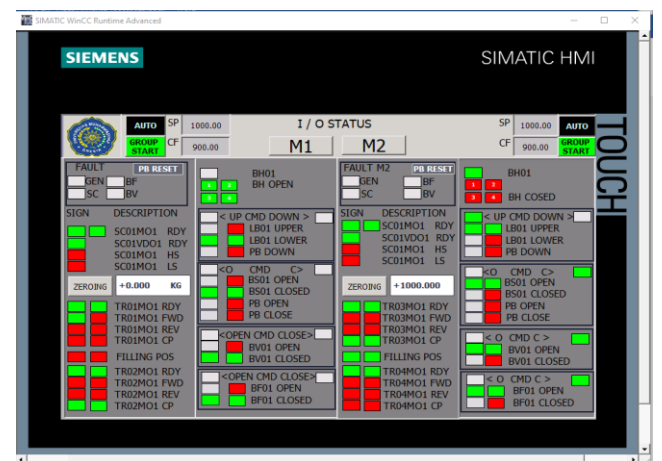
Gambar 3.10 Monitor HMI Mesin 1 (Trolley)



Gambar 3.12 Set point trolley 01 tercapai



Gambar 3.11 Monitor Trolley HMI Mesin 2



Gambar 3.13 Proses pengisian trolley 01 selesai

Pada gambar 3.9 proses pengisian sedang berlangsung, dimana pada Mesin 1 Trolley 01 (TR01), dalam kondisi High speed karena gross weight < coarse feed, sedangkan pada Mesin 2 trolley 04 (TR04) dalam kondisi Low Speed disebabkan gross weight > coarse feed.

Proses pengisian high speed dan low speed akan berlangsung sebagai berikut:

- Kapasitas (C) : 60TPH = 60.000kg/jam = 16,67kg/s (1)
- Set point coarse feed (CF) : 900 kg (2)
- Low speed >900kg = 100 kg (3)
- Low speed = 80% High speed (4)

$$t(\text{high speed}) = \frac{(2)}{(1)} = \frac{900\text{kg}}{16,67\text{ kg/s}} = 54\text{ s} \quad (5)$$

$$t(\text{low speed}) = \frac{(3)}{(1) \times (4)} = \frac{100\text{kg}}{(16,67 \times 80\%)\text{kg/s}} = 7,5\text{ s} \quad (6)$$

Proses pengisian mulai dari 0 kg sampai dengan mencapai coarse feed (900 kg) adalah 54 detik, dan akan mencapai set point 1.000 kg dengan durasi 7,5 detik. Sehingga total durasi yang dibutuhkan untuk proses pengisian membutuhkan waktu 61,5 detik.

Pada gambar 3.12, ketika set point pengisian tercapai, maka screw conveyor akan berhenti, diikuti dengan command close pada Bag filter valve, Butterfly valve, dan Bag Spout secara berurutan, baru kemudian akan diikuti dengan command bag lifter down dan open bag hanger.

Pada gambar 3.13 mesin 1 trolley 01 sedang dalam proses menuju ke corner position untuk proses transport ke atas truck, sehingga filling position dalam kondisi tidak aktif. Pada kondisi seperti ini untuk mengurangi idle time maka trolley 02 dapat diproses untuk melanjutkan pengisian kantong berikutnya. Disisi lain trolley 04 pada mesin 2 telah selesai proses pengisian dan akan melanjutkan proses serupa dengan trolley 01, sedangkan trolley 03 pada mesin 2 dapat memulai prosesnya ketika filling position pada mesin 2 tidak aktif.

E. Pengambilan data dan analisa

Tabel 5. Durasi pengantongan semen

NO	Proses Operasi	Deskripsi	Durasi (s)
1	Preparation	Persiapan kantong untuk proses pengisian	20
2	Hanging period	Kantong naik Pengisian	85
3	Release kantong	Kantong turun Release bag holder	10
4	Transport	Kantong menuju ke corner position	10
TOTAL			125

Durasi pengantongan pada tabel 5 untuk 1 unit mesin berdasarkan pada kondisi sebagai berikut:

1. Single bag spout
2. 3 operator/shift
3. SC kapasitas 60TPH
4. Double trolley
5. Lifting equipment (Hoist crane)

Terjadi penurunan durasi sebesar 71 detik atau 36,22% lebih cepat dibandingkan dengan durasi pada tabel 2.

Tabel 6. Data load cell dan actual weight

mA	kg	int	vdc	mA	kg	int	vdc
4,00	0	0	0	7,04	380	6080	5
4,16	20,00	320	0,24	7,20	400,00	6400	4,80
4,32	40,00	640	0,48	7,36	420,00	6720	5,04
4,48	60,00	960	0,72	7,52	440,00	7040	5,28
4,64	80,00	1280	0,96	7,68	460,00	7360	5,52
4,80	100,00	1600	1,20	7,84	480,00	7680	5,76
4,96	120,00	1920	1,44	8,00	500,00	8000	6,00
5,12	140,00	2240	1,68	8,16	520,00	8320	6,24
5,28	160,00	2560	1,92	8,32	540,00	8640	6,48
5,44	180,00	2880	2,16	8,48	560,00	8960	6,72
5,60	200,00	3200	2,40	8,64	580,00	9280	6,96
5,76	220,00	3520	2,64	8,80	600,00	9600	7,20
5,92	240,00	3840	2,88	8,96	620,00	9920	7,44
6,08	260,00	4160	3,12	9,12	640,00	10240	7,68
6,24	280,00	4480	3,36	9,28	660,00	10560	7,92
6,40	300,00	4800	3,60	9,44	680,00	10880	8,16
6,56	320,00	5120	3,84	9,60	700,00	11200	8,40
6,72	340,00	5440	4,08	9,76	720,00	11520	8,64
6,88	360,00	5760	4,32	9,92	740,00	11840	8,88
7,04	380,00	6080	4,56	10,08	760,00	12160	9,12

Tabel 6. Data load cell dan actual weight (lanjutan)

mA	kg	int	vdc	mA	kg	int	vdc
7,20	400,00	6.400,00	4,80	13,60	1.200,00	19.200,00	14,40
7,36	420,00	6.720,00	5,04	13,76	1.220,00	19.520,00	14,64
7,52	440,00	7.040,00	5,28	13,92	1.240,00	19.840,00	14,88
7,68	460,00	7.360,00	5,52	14,08	1.260,00	20.160,00	15,12
7,84	480,00	7.680,00	5,76	14,24	1.280,00	20.480,00	15,36
8,00	500,00	8.000,00	6,00	14,40	1.300,00	20.800,00	15,60
8,16	520,00	8.320,00	6,24	14,56	1.320,00	21.120,00	15,84
8,32	540,00	8.640,00	6,48	14,72	1.340,00	21.440,00	16,08
8,48	560,00	8.960,00	6,72	14,88	1.360,00	21.760,00	16,32
8,64	580,00	9.280,00	6,96	15,04	1.380,00	22.080,00	16,56
8,80	600,00	9.600,00	7,20	15,20	1.400,00	22.400,00	16,80
8,96	620,00	9.920,00	7,44	15,36	1.420,00	22.720,00	17,04
9,12	640,00	10.240,00	7,68	15,52	1.440,00	23.040,00	17,28
9,28	660,00	10.560,00	7,92	15,68	1.460,00	23.360,00	17,52
9,44	680,00	10.880,00	8,16	15,84	1.480,00	23.680,00	17,76
9,60	700,00	11.200,00	8,40	16,00	1.500,00	24.000,00	18,00
9,76	720,00	11.520,00	8,64	16,16	1.520,00	24.320,00	18,24
9,92	740,00	11.840,00	8,88	16,32	1.540,00	24.640,00	18,48
10,08	760,00	12.160,00	9,12	16,48	1.560,00	24.960,00	18,72
10,24	780,00	12.480,00	9,36	16,64	1.580,00	25.280,00	18,96
10,40	800,00	12.800,00	9,60	16,80	1.600,00	25.600,00	19,20
10,56	820,00	13.120,00	9,84	16,96	1.620,00	25.920,00	19,44
10,72	840,00	13.440,00	10,08	17,12	1.640,00	26.240,00	19,68
10,88	860,00	13.760,00	10,32	17,28	1.660,00	26.560,00	19,92
11,04	880,00	14.080,00	10,56	17,44	1.680,00	26.880,00	20,16
11,20	900,00	14.400,00	10,80	17,60	1.700,00	27.200,00	20,40
11,36	920,00	14.720,00	11,04	17,76	1.720,00	27.520,00	20,64
11,52	940,00	15.040,00	11,28	17,92	1.740,00	27.840,00	20,88
11,68	960,00	15.360,00	11,52	18,08	1.760,00	28.160,00	21,12
11,84	980,00	15.680,00	11,76	18,24	1.780,00	28.480,00	21,36
12,00	1.000,00	16.000,00	12,00	18,40	1.800,00	28.800,00	21,60
12,16	1.020,00	16320	12,24	18,56	1.820,00	29120	21,84
12,32	1.040,00	16640	12,48	18,72	1.840,00	29440	22,08
12,48	1.060,00	16960	12,72	18,88	1.860,00	29760	22,32
12,64	1.080,00	17280	12,96	19,04	1.880,00	30080	22,56
12,80	1.100,00	17600	13,20	19,20	1.900,00	30400	22,80
12,96	1.120,00	17920	13,44	19,36	1.920,00	30720	23,04
13,12	1.140,00	18240	13,68	19,52	1.940,00	31040	23,28
13,28	1.160,00	18560	13,92	19,68	1.960,00	31360	23,52
13,44	1.180,00	18880	14,16	19,84	1.980,00	31680	23,76
13,60	1.200,00	19200	14,40	20,00	2.000,00	32000	24,00

Pada tabel 6 dapat diketahui bahwa pada saat load cell dalam kondisi tanpa beban (0 kg) maka output pada amplifier adalah 4mA, bilangan integer adalah 0, demikian pula tegangan eksitasi yang dihasilkan juga 0Vdc. Kondisi ini akan berubah secara linear sesuai pembebanan pada tabel 6. Proses scaling integer pada pembebanan dikonversi menjadi bilangan real sebagai output gross weight untuk ditampilkan pada panel HMI sebagai monitoring sekaligus kontrol terhadap proses pengisian.

Konversi bilangan analog menjadi bilangan real pada dasarnya adalah perubahan bilangan integer yang besar datanya 1 word menjadi real dengan data sebesar 2 word. Hal ini dibutuhkan karena bilangan real bisa menampilkan angka (-) minus, (+) plus, desimal atau koma, sehingga linearitas penimbangan dapat dimonitor dengan baik.

Tabel 7. Pengujian sistem dengan metode black box

Skenario Pengujian	Kasus Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
SET POINT				
	>2000 kg	flashing merah	flashing merah	Normal
	<2000 kg	Tidak ada flashing	Tidak ada flashing	Normal
COARSE FEED				
	> Set Point	flashing merah	flashing merah	Normal
	<Set Point	Tidak ada flashing	Tidak ada flashing	Normal
TROLLEY (TO FILLING POSITION)				
Trolley ready	TR01 Ready signal aktif	Indikator TR01 RDY menyala hijau	Menyala hijau	Normal
Trolley berada pada corner position	TR01 Corner Position aktif	Indikator TR01 CP menyala hijau	Menyala hijau	Normal

Tabel 7. Pengujian sistem dengan metode black box (lanjutan)

Skenario Pengujian	Kasus Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Trolley ready		Indikator TR01 RDY menyala hijau	Menyala hijau	Normal
Trolley berada pada corner position	TR02 Ready signal aktif TR02 Corner Position aktif	Indikator TR01 CP menyala hijau	Menyala hijau	Normal
FILLING POSITION				
TR01 DAN TR02 berada pada corner position	TR01 FWD	TR01 FWD tidak aktif	tidak aktif	Normal
	TR01 REV (Filling position)	TR01 Rev aktif menuju Filling position	menuju filling position	Normal
	TR02 FWD (Filling position)	TR02 FWD menuju filling position	menuju filling position	Normal
	TR02 REV	TR02 REV tidak aktif	tidak aktif	Normal
Filling position (ditempati TR01)	TR02 FWD	TR02 FWD tidak aktif	tidak aktif	Normal
Filling position (ditempati TR02)	TR01 REV	TR01 REV tidak aktif	tidak aktif	Normal
BAG HANGER				
Bag Hanger 1, 2, 3, 4	Posisi Open	Indikator menyala hijau, Text BH Open	menyala hijau, Text BH Open	Normal
Trolley berada pada filling position	Signal Command Bag hanger aktif	Indikator berwarna hijau	menyala hijau	normal
	Bag Hanger 1, 2, 3, 4 closed	Indikator menyala merah, Text BH Close	menyala merah	normal
BAG LIFTING				
Signal lower position aktif	LB lower aktif	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
BH Closed	CMD LB Up	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	LB Upper aktif	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
BAG SPOUT				
Signal BS Closed aktif	BS Closed aktif	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
Bag Lifting Upper Position	CMD BS Open	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	BS Open aktif	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
BUTTERFLY VALVE				
Signal BV Closed aktif	BV Closed aktif	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
Bag Spout open position	CMD BV Open	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	BV Open aktif	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
BAG FILTER VALVE				
Signal BF Closed aktif	BF Closed aktif	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
Bag Spout open position	CMD BF Open	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	BF Open aktif	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
SCREW CONVEYOR dan WEIGHING				
SC01M01 dan SC01VD01 Ready	SC ready position	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
BH open, LB upper position, BS open, BV open	CMD High Speed	Indikator berwarna hijau, flashing	Indikator berwarna hijau, flashing	normal
	CMD Low Speed	indikator berwarna merah	Indikator berwarna merah	normal
BH open, LB upper position, BS open, BV open, Actual weight < Coarse feed	CMD High Speed	Indikator berwarna hijau, flashing	Indikator berwarna hijau, flashing	normal
	CMD Low Speed	indikator berwarna merah	Indikator berwarna merah	normal
BH open, LB upper position, BS open, BV open, Coarse feed < Actual weight -SP	CMD High Speed	indikator berwarna merah	Indikator berwarna merah	normal
	CMD Low Speed	Indikator berwarna hijau, flashing	Indikator berwarna hijau, flashing	normal
BH open, LB upper position, BS open, BV open, Coarse feed < Actual weight = SP	CMD High Speed off	indikator berwarna merah	Indikator berwarna merah	normal
	CMD Low Speed off	indikator berwarna merah	Indikator berwarna merah	normal
CMD BS Close aktif	CMD BS Close aktif	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	CMD BV Close aktif	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
CMD BF close aktif	CMD BF close aktif	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	BS CLOSE POSITION	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
CMD BV Close aktif	BV CLOSE POSITION	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
CMD BF close aktif	BF CLOSE POSITION	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
BS, BF, BV CLOSE POSITION	CMD LB DOWN aktif	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	CMD LB LOWER Position	Indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
BH OPEN POSITION	BH 1, 2, 3, 4 OPEN	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	TROLLEY (TO CORNER POSITION)			
BH (1, 2, 3, 4) OPEN, LB LOWER POSITION, BS CLOSED, BV CLOSED, BF CLOSED, FILLING POSITION AKTIF	TR01 FROM FILLING POSITION TO CORNER POSITION (TR02 ON CORNER POSITION)	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	TR01 CORNER POSITION AKTIF	TR01 STOP,Indikator TR01 CP menyala hijau	TR01 STOP,Indikator TR01 CP menyala hijau	normal
TR02 FROM FILLING POSITION TO CORNER POSITION (TR01 ON CORNER POSITION)	TR02 CORNER POSITION AKTIF	indikator berwarna hijau	Indikator berwarna hijau	normal
	TR02 STOP,Indikator TR02 CP menyala hijau	TR02 STOP,Indikator TR02 CP menyala hijau	TR02 STOP,Indikator TR02 CP menyala hijau	normal

SATU CYCLE PROSES SELESAI

IV. KESIMPULAN

- 1) PLC S7-300 memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengolah data-data digital maupun analog, demikian pula ketika proses konversi tipe data integer menjadi real sehingga linearitas load cell dapat ditampilkan dengan baik.
- 2) Dengan proses otomatisasi pengisian dan penimbangan maka didapatkan hasil yang dapat dipertanggungjawabkan serta mampu mengurangi kelebihan pengisian dibandingkan dengan proses manual.
- 3) Double trolley mampu meningkatkan kapasitas pengisian hingga 36,22%, dengan mengoptimalkan masing-masing proses maka hasil yang didapat akan lebih tinggi, dan secara tidak langsung akan mengurangi durasi sandar kapal pengangkut semen untuk tujuan luar pulau.
- 4) Dengan menggunakan HMI untuk dua mesin, maka fleksibilitas proses pengantongan dapat dicapai, sehingga apabila terdapat gangguan pada HMI salah satu mesin, maka dapat ditunjang dari mesin lainnya dengan tetap memperhatikan SOP dan safety yang berlaku.
- 5) Perlu diadakan penelitian lanjutan terkait rancangan sistem pengisian kantong dengan kapasitas atau basis yang berbeda.
- 6) Dengan menggunakan motor multispeed dapat meminimalisasi pemakaian vfd, namun perlu di perhitungan lebih lanjut terkait interchangeability.
- 7) Perlu dibuat HMI dengan tampilan yang lebih mudah untuk dipahami dan dilengkapi dengan animasi masing-masing komponen peralatan sesuai dengan tampilan fisik pada proses yang sedang berlangsung.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] SON, Lovely; Rinaldi, Septia. 2013. "Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengantongan Material Otomatis Berbasis PLC Omron CPM 1A". *Teknika* Vol.20.1 (2013).
- [2] Zariatini, Dede Lia. "Rancang Bangun Simulator Sistem Pengepakan Produk Berbasis Programmable Logic Control." *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 10.2 (2016).
- [3] Hatmojo, Yuwono Indro. 2015. "Programmable Logic Controller (PLC)". Universitas Negeri Yogyakarta. *Daerah Istimewa Yogyakarta*.
- [4] Kaftan, Jürgen. 2011. *PLC Basic Course with SIMATIC S7. First editon. Vogel Industrie Medien GmbH & Co. KG. Germany*.

- [5] Sartono, Joni. 2013. "Motor Listrik 3 Fasa". Institut Sains & Teknologi AKPRIND. Yogyakarta.
- [6] Subyarti, Septi, Syahrul Fahri Tri Yoga, and Syufrijal Syufrijal. "Prototipe Sistem Pengisian Bubuk (Granule) Menggunakan Sensor Berat Berbasis PLC (Programable Logic Controller)." *AUTOCRACY: Jurnal Otomasi, Kendali, dan Aplikasi Industri* 4.01 (2017): 10-19.
- [7] Tanojo, Damaris. 2015. "Kontrol Modular Production System Berbasis PLC Siemens S7-300 Dengan Menggunakan HMI Touch Panel". *Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya Vol.4 No.1* (2015).
- [8] Teknikelektro. Pengertian Proximity Sensor (Sensor Jarak) dan Jenis-Jenis Proximity Sensor. (<https://teknikelektronika.com/pengertian-proximity-sensor-sensor-jarak-jenis-jenis-sensor-proximity/> diakses pada 5 Mei 2021)
- [9] The Project Definition. 2015. (<https://www.theprojectdefinition.com/equipment-list/> diakses pada 07 Juli 2021)
- [10] Omazaki. Pentingnya Diagram Satu Garis. 2001. (<https://www.omazaki.co.id/pentingnya-single-line-diagram-sld/> diakses pada 7 Juli 2021)
- [11] FLSmidth. 2016. "Consumer List Limestone Crushing and Transport". FLSMidth, Copenhagen.
- [12] Schade. 2013. LV Motor List 3 Phase Belt Conveyor Limestone Clay Mix and Limestone Correction Transport" Schade, Germany.
- [13] Mustofa, Ali. 2018. "Pengolahan Sinyal Digital". UB Press. Malang