

PERANCANGAN SISTEM AUTOMASI PADA PENGEMASAN SUSU DALAM BOTOL DENGAN *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)* OMRON CP1E TERHADAP PURWARUPA *FILLING BOTTLE AND CAPPING MACHINE*

Fatoni Gea Airlangga^{*)}, Aris Triwiyatno, and Sumardi

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: fatoni.airlangga@gmail.com

Abstrak

Permintaan susu tumbuh sangat cepat, yang meningkat 14,01% selama periode antara tahun 2002 dan 2007, sedangkan untuk produksi susu di Indonesia hanya tumbuh sebesar 2%. Hal itu membuat kurang efisien sehingga membutuhkan alat yang dapat meningkatkan produktivitas pengisian dan pengemasan susu pada botol agar dapat membuat produksi susu lebih efisien. Pada penelitian tugas akhir ini dirancang suatu sistem otomatisasi filling and capping bottle dengan PLC CP1E sistem dibagi menjadi 3 macam, filling sistem, peletakan tutup botol, dan penyegelan tutup botol. Dari hasil pengujian sistem filling diperoleh suatu sistem yang dapat melakukan pengisian susu pada botol dengan presentase 100% dengan rata-rata volume susu yang terisi 100 ml untuk mode manual dan 300 ml untuk mode otomatis. Untuk sistem peletakan tutup botol, dan penyegelan tutup botol sudah dapat berjalan dengan baik hal ini dapat dilihat dari presentase plant saat melakukan pengujian sebesar 99% dan 99%.

Kata kunci : Susu, Filling and capping bottle , PLC

Abstract

The demand for milk grew very fast, which increased 14.01% over the period between 2002 and 2007, while for milk production grew only 2% in Indonesia. That made it less efficient. So it required a tool that could improve the productivity of filling and packaging of milk in the bottle in order to make milk production more efficient. This thesis was designed an automation system of filling and capping bottle with a PLC CP1E system which was divided into three kinds, filling systems, laying the bottle cap, and sealing the bottle cap. Based on the result of the test was obtained filling system that the system could manufacture the filling bottles with milk on a percentage 100% with an average volume of milk charged 100 ml for manual mode and 300 ml for automation mode. For laying systems lids and sealing cap could already run well. This could be seen on the percentage of plant while doing testing by 99% and 99%.

Keywords: Milk, filling and capping bottle, PLC

1. Pendahuluan

Dampak dari perkembangan sistem kendali dirasakan oleh seluruh industri salah satunya ialah industri susu. Susu merupakan salah satu bahan pangan yang sangat penting bagi kebutuhan gizi untuk masyarakat terutama untuk kalangan anak-anak. Saat ini kesadaran masyarakat akan mengkonsumsi susu sangatlah tinggi, sehingga banyak pelaku ekonomi yang memanfaatkan susu sebagai komoditas ekonomi yang mempunyai nilai yang tinggi. Permintaan susu tumbuh sangat cepat, yang meningkat 14,01% selama periode antara tahun 2002 dan 2007, sedangkan untuk produksi susu di Indonesia hanya tumbuh

sebesar 2% [1]. Hal ini membuat tidak keseimbangan dalam memenuhi kebutuhan susu untuk masyarakat yang tiap tahunnya tumbuh cukup pesat.

Dalam industri kecil, sistem *filling* botol masih dioperasikan secara manual [2]. Pengoperasian secara manual membuat sistem kurang efisien sehingga membutuhkan alat yang dapat meningkatkan produktivitas pengisian dan pengemasan susu pada botol agar dapat membuat produksi susu lebih efisien. Beberapa mekanisme *filling and capping bottle* yang pernah digunakan dalam penelitian sebelumnya adalah "*Programmable Logic Controller (PLC) based automatic bottle filling*" [3]. Pada

sistem ini menggunakan PLC vendor Delta PLC untuk pengontrolan pengisian botol dan pengisian ini berbasis conveyor yang digerakan oleh motor DC sebagai pemutar sabuk conveyor.

Penelitian lainnya yang dijadikan acuan ialah "Perancangan Sistem Pengemasan virgin coconut oil (VCO) menggunakan PLC pada Perangkat Keras Konveyor" [4]. Pada sistem tersebut menggunakan PLC vendor Omron seri CPM1A sistem ini melakukan pengisian dan pengemasan botol pada perangkat conveyor sebagai penggerak botol. Selain itu, penelitian lainnya adalah "Automatic Filling Management System for Industries" [5]. Pengontrolan sistem pada penelitian Automatic Filling Management System for Industries menggunakan PLC MICROLOGIX 100 sebagai pengendalian utama, dan sudah terintegrasi dengan SCADA. Pengontrolan sistem pada penelitian Automatic Filling Management System for Industries menggunakan PLC MICROLOGIX 100 sebagai pengendalian utama, dan sudah terintegrasi dengan SCADA. Penelitian "Perancangan Sistem Pengisian, Pengaturan Tutup dan Otomatisasi pada Mesin Pengisian dan Penutupan Botol" [6] menggunakan PLC Siemens S7-200 CPU 214 dan program yang digunakan STEP 7 Micro/WIN 32.

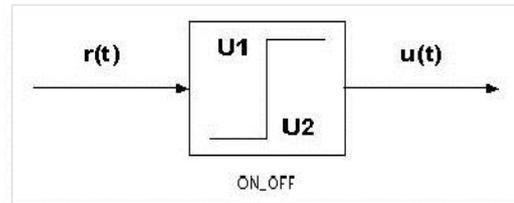
Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah merancang otomatisasi dengan menggunakan PLC pada sebuah prototipe filling bottle and capping botol yang dapat melakukan proses automasi pengemasan susu pada botol polyethylene terephthalate (PET) bervolume 100 ml dan melakukan penghitungan jumlah susu yang sudah dikemas dalam botol PET bervolume 100 ml.

2. Metode

2.1. Kontroller On-Off

Pada sistem kontrol dua posisi, elemen penggerak hanya mempunyai dua posisi yang tetap. Kontrol on-off ini banyak digunakan di industri karena murah, mudah, dan sederhana. Sinyal kontrol akan tetap pada satu keadaan dan akan berubah ke keadaan lainnya bergantung pada nilai error positif atau negatif [7]. Controller dua posisi pada umumnya dijumpai pada komponen elektrik seperti relay, solenoid valve, dan komponen pneumatic seperti silinder. Gambar 1 menjelaskan diagram blok pada aksi kontrol dengan metode $u(t)$ = sinyal kontrol on-off.

$$u(t) = \begin{cases} U1, & e(t) > 0 \\ U2, & e(t) < 0 \end{cases} \quad (1)$$



Gambar 1 Diagram blok on-off [7].

Pada diagram blok Gambar 1 menunjukkan $u1$ dan $u2$ ialah kondisi 1 dan kondisi 2 yang akan dikontrol dengan menggunakan metode kontrol on-off. Dengan $r(t)$ ialah sinyal masukan dari sensor dan $u(t)$ sebagai sinyal keluaran yang diberikan kepada aktuator sebagai feedback dari controller.

2.2 Programmable Logic Controller (PLC)

PLC adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relay yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional [8]. Hal ini dikarenakan sistem kontrol proses konvensional memiliki beberapa kelemahan antara lain :

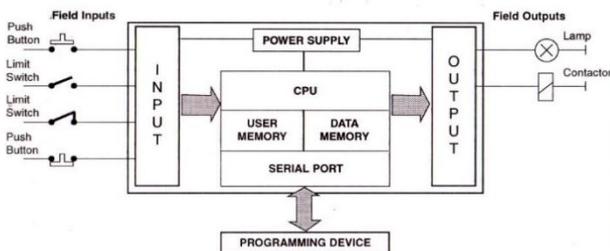
- Perlu kerja keras saat dilakukan pengkabelan.
- Rumit ketika dilakukan penggantian dan/atau perubahan.
- Kesulitan saat dilakukan pelacakan kesalahan.
- Membutuhkan biaya yang cukup besar
- Saat terjadi masalah, waktu tunggu untuk maintenance tidak menentu dan biasanya lama.

Sistem kontrol konvensional pada dunia industri telah digantikan oleh sistem kontrol modern, seperti PLC dan DCS. Penggunaan PLC memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sistem kontrol konvensional antara lain [8]:

- Jika dibandingkan dengan sistem kontrol proses konvensional, jumlah kabel yang dibutuhkan dapat berkurang sampai 80 %.
- PLC mengkonsumsi daya yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem kontrol proses konvensional (berbasis relay).
- Fungsi diagnosis pada sebuah PLC dapat melakukan pendeteksian kesalahan secara mudah dan cepat.
- Perubahan pada urutan operasional pada suatu proses atau aplikasi dapat dilakukan dengan mudah.
- Lebih hemat biaya jika dibandingkan dengan sistem konvensional.

2.2.1 Prinsip Kerja PLC

PLC merupakan sistem mikrokontroler yang khusus digunakan pada industri, dikarenakan kehandalan dan kemudahan dalam pengoperasian. Penggunaan khusus pada industri artinya perangkat lunak dan perangkat keras pada PLC diadaptasikan untuk keperluan aplikasi dalam dunia industri, yang membutuhkan standar pengoperasian pada dunia industri. Secara umumnya sebuah PLC memiliki diagram blok yang terdiri dari *input*, *ouput* dan lain-lainnya seperti hal yang pada Gambar 2 [9].

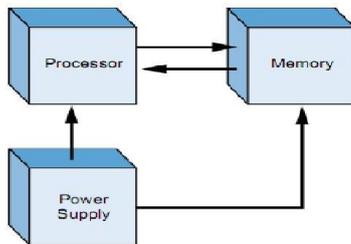


Gambar 2 Diagram Blok PLC [9].

CPU pada PLC berfungsi sebagai pengatur semua proses yang terjadi di PLC. Adapun tiga komponen utama penyusun CPU ialah [9] :

- Prosesor
- Memori
- Power Supply

Interaksi antar tiga komponen utama penyusun CPU pada PLC dapat di gambarkan sepeti pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Blok CPU pada PLC [9].

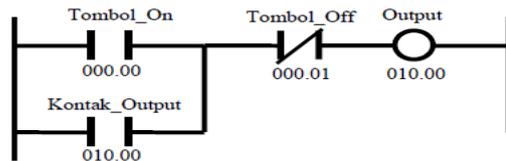
Operasi PLC pada dasarnya relatif sederhana yaitu peralatan luar yang digunakan sebagai *input* atau *ouput* dikoneksikan dengan modul *input* dan *ouput* pada PLC, sedangkan peralatan itu dapat berupa sensor-sensor seperti *limit switch*, *push button*, motor *selonoid*, dan lain-lain.

2.2.2 Pemrograman PLC

Dalam pembuatan suatu program pada PLC, ada beberapa cara untuk menyusun program tersebut. Hal ini tergantung pada tipe PLC yang digunakan dan secara umum cara yang digunakan adalah sebagai berikut [8].

- Diagram Tangga (*Ladder diagram*)

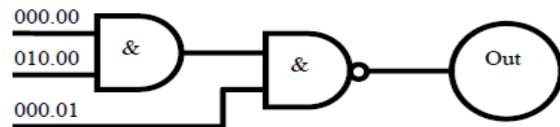
Sebuah diagram tangga atau *ladder diagram* terdiri dari sebuah garis menurun ke bawah pada sisi kiri dengan garis-garis bercabang ke kanan. Garis yang ada di sebelah sisi kiri disebut palang bis (*bus bar*) sedangkan garis-garis cabang (*the branching lines*) adalah baris intruksi atau anak tangga. Gambar 4 menunjukkan contoh diagram *ladder*.



Gambar 4 Contoh program diagram *ladder* [8].

- *Function Chart*

Simbol yang dapat digunakan dalam *function chart* berupa simbol-simbol gerbang logika. Gambar 5 memperlihatkan contoh *function chart*.



Gambar 5 Contoh program *function chart* [8].

- *Statement List*

Pada *statement list*, baris instruksi diberi nomor secara berurutan dan beraturan untuk setiap instruksinya. Tabel 1 Menunjukkan contoh *statement list* [8].

Tabel 1 *Statement list* [8].

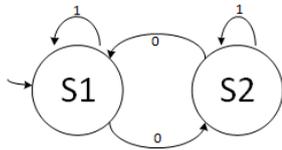
Alamat	Singkatan instruksi sistem PLC	Instruksi sistem PLC
000.00	LD	LOAD
010.00	OR	OR
000.01	AND NOT	AND NOT
010.00	OUT	OUPUT

2.3 Diagram Keadaan (*Statechart*)

Statechart adalah salah satu varian *state diagram* yang diusulkan oleh David Harel sekitar tahun 1983. *Statechart* pada awalnya digunakan sebagai “bahasa” atau media komunikasi antar *engineer* dengan latar belakang ilmu yang berbeda pada perusahaan pesawat terbang. Dalam perkembangan selanjutnya, *statechart* banyak diadopsi sebagai basis perancangan sistem-sistem *embedded* yang lebih luas [10].

Dengan menggunakan *statechart*, akan lebih mudah mengkomunikasikan aplikasi yang sedang dibangun dengan pihak lain (hal ini disebabkan *statechart* bersifat intuitif, mudah dipahami oleh “orang awam” sekalipun). Transformasi *statechart* kedalam realisasi bahasa program (*coding*) relatif mudah untuk dilakukan, yaitu hanya menggunakan statemen-statementen semacam *switch case* atau *if-else*.

Gambar 6 memperlihatkan contoh diagram keadaan yang sederhana. Diagram tersebut memiliki dua buah keadaan, yaitu *state S1* dan *state S2*. Jika sistem tersebut berada dalam keadaan *state S1* dan terjadi masukan 0 maka sistem akan bertransisi menuju *state S2*. Sebaliknya, jika sistem ada dalam *state S2* kemudian terjadi masukan 0 maka sistem akan menuju *state S1*. Secara praktis, perancangan berbasis *state* ini juga membutuhkan masukan awal (inisial) yang berfungsi memicu sistem menuju salah satu *state* yang dikehendaki.



Gambar 6 Contoh diagram keadaan sederhana [10].

3 Hasil dan Analisa

3.1 Pengujian Panel Box

Panel button digunakan pada sistem untuk menyalakan, mematikan, memilih mode yang akan digunakan oleh *user* serta sebagai tombol untuk melanjutkan proses. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan kaki *push button* ke blok *input* PLC. Pada kaki 1 *panel button* dihubungkan ke alamat *input* PLC dengan *com* VCC PLC (+24VDC) dan kaki 2 *panel button* dihubungkan ke VCC PLC GROUND (-0VDC).

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada terminal *input*. Pada saat *push button* di tekan tegangan rata-rata yang terukur yaitu 0,01V pada masing-masing pengujian dan lampu indikator pada PLC menyala sehingga sistem bersifat *active low*. Pada saat *push button* di lepas tegangan rata-rata yang terukur di terminal *input* pada pengujian yaitu 23,6 V lampu indikator pada PLC mati.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor.

Panel Button	Tegangan (V)		Indikator PLC	
	Tidak Ditekan	Ditekan	Tidak Ditekan	Ditekan
Emergency Stop	23,6	0,00	Mati	Menyala

<i>Push button</i> Start	24,1	0,02	Mati	Menyala
<i>Automation</i> Toogle	24,1	0,02	Mati	Menyala
<i>Manual</i> Toogle	23,8	0,01	Mati	Menyala

3.2 Pengujian Sensor

Proximity swicth pada *plant filling and capping bottle* digunakan sebagai sensor posisi untuk mengetahui dimana posisi botol berada, sedangkan *float sensor* digunakan sebagai *level sensor detector* pada *filling tank*, dan *limit switch* digunakan untuk melakukan penghitungan jumlah bottol untuk mode otomatis.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor.

Sensor	Tegangan		Indikator PLC	
	Aktif	Mati	Aktif	Mati
<i>Proximity sensor 1</i>	6,61	23,8	Menyala	Mati
<i>Proximity sensor 2</i>	8,32	24,1	Menyala	Mati
<i>Limit switch 1</i>	0,02	23,6	Menyala	Mati
<i>Float Sensor</i>	0,01	24,0 3	Menyala	Mati

Pada saat *Proximity swicth* mendeksi botol (aktif) mempunyai nilai tegangan rata-rata 7,465 V atau bersifat *active low*, untuk *float sensor* saat mendeksi bahwa volume air pada *filling tank* sudah penuh mempunyai nilai tegangan ialah 0.01 V. Pada bagian terakhir ialah uji coba pada *limit switch*, *limit switch* digunakan untuk mendeteksi botol memiliki nilai tegangan 0.02 V.

Penjelasan nilai tegangan pada sensor dirangkum pada Tabel 3 berisikan hasil pengukuran tegangan pada sensor. Dari keseluruhan pengujian *input* berupa sensor bahwa sistem *input* memiliki sifat *active low*, hal ini sudah sesuai dengan perancangan wiringing COM, pada PLC pin COM dihubungkan dengan VCC +24VDC sehingga memiliki sifat *active low*

3.3 Pengujian Aktuator

Dalam Pengujian aktuator dilakukan dua buah pengujian tegangan. Pengujian pada tegangan aktuator dan pengujian tegangan pada kaki koil *relay*. Sistem membutuhkan dua buah nilai tegangan yang berbeda untuk mengaktifkan aktuator yaitu 12 dan 24 volt sedangkan tegangan keluaran dari *ouput* PLC CP1E ialah 24 VDC. Pengujian aktuator digunakan untuk mengetahui bahwa aktuator yang digunakan apakah berjalan atau tidak, pengujiananya dengan mengecek nilai besar tegangan yang dialirkan ke aktuator. Pada pengujian aktuator dilakukan pengujian tegangan pada koil *relay* OMRON seri LY2N. Koil *relay* Omron akan diakrifkan oleh keluaran PLC, sehingga pada Tabel 4

menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada koil *relay* memiliki rata-rata sebesar 23,77 volt.

Tabel 4. Hasil Pengujian Aktuator.

Aktuator	Tegangan (v)	Kondisi Aktuator Tegangan (v)	
		Aktif	Idle
Motor power window	23,89	11,89	0,00
Seloid valve 2/2	23,67	11,69	0,00
Motor DC	24,03	11,84	0,00
Pompa	23,78	11,82	0,00
Seloid valve 5/2 (1)	23,87	11,59	0,00
Seloid valve 5/2 (2)	23,83	11,65	0,00
Seloid valve 5/2 (3)	23,6	23,7	0,00
Seloid valve 5/2 (4)	23,5	23,3	0,00

3.4 Filling Process dengan controller On-off dan Tanpa Controller On-Off

Proses pengujian yang dilakukan untuk proses *filling* tanpa controller *on-off* diuji hingga susu pada tangki pada *filling tank* tidak tersisa. Dari hasil pengujian tersebut diambil 7 buah data seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Filling Tanpa controller.

Tinggi Permukaan susu dari ketinggian maksimal tangki (cm)	Volume Botol Terisi (ml)	Set Point Volume Botol (ml)
6	100	100
7	95	100
9,5	88	100
11	85	100
13	80	100
19	75	100
24	50	100

Terjadi error dikarenakan adanya variasi pada volume botol yang terisi pada saat sistem *filling* tidak diberikan controller, pada data pertama di Tabel 5 diperoleh volume susu pada botol yang sudah sesuai dengan set point, tetapi setelah dilakukan pengujian secara terus menerus volume susu yang terisi pada botol makin berkurang. Penurunan volume paling rendah terjadi pada saat tinggi permukaan susu berada pada 24 cm dari ketinggian tangki.

Tabel 6 Hasil Pengujian Filling dengan controller.

Tinggi Permukaan susu dari ketinggian maksimal tangki (cm)	Volume Botol Terisi (ml)	Set Point Volume Botol (ml)
6	100	100
6	100	100
6	100	100
6	100	100
6	100	100
6	100	100
6	100	100

Sistem *filling* dengan controller seperti pada Tabel 6 memiliki kestabilan dalam pengisian volume pada percobaan pertama diperoleh besar volume susu pada botol terisi 100 ml, hingga pada akhir percobaan volume susu tetap stabil di angka 100 ml, sehingga tidak terjadi *error* pada volume susu. Kestabilan volume susu ini dipengaruhi oleh tinggi permukaan susu dijaga stabil di angka 6 cm dari ketinggian maksimal *filling tank*.

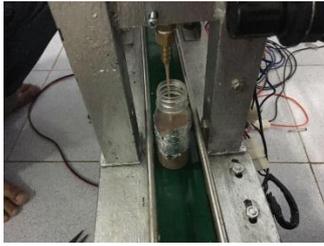
3.5 Pengujian Sistem Keseluruhan Mode Manual

Secara umum sistem akan membuat mode manual selalu berjalan jika operator tidak memilih mode otomatis. Pada mode manual ini sistem hanya memproses 1 buah botol setiap kalinya, mulai dari *filling process*, peletakan tutup botol dan penyegelan tutup botol.



Gambar 7 Botol Dideteksi pada Filling stations.

Pada Gambar 7 botol berada pada *filling station* dengan cara dideteksi oleh *proximity switch* yang dilingkari warna merah, setelah botol terdeteksi maka *conveyor* akan segeranya berhenti di posisi *filling station* berada. Saat botol sudah berhenti tepat di *filling station*, lalu *selonoid valve* akan menyala dan mengalirkan susu menuju botol.



Gambar 8 Botol Sedang Diisi.

Setelah botol diisi dengan susu, selanjutnya botol akan dibawa oleh conveyor pada bagian peletakan tutup botol dan dibagian akhir botol akan di segel seperti pada gambar 9.



Gambar 9 Botol Dideteksi pada Capping Stations.

Selama 5 kali di lakukan percobaan dengan pilihan mode menggunakan mode manual mulai dari *filling* hingga proses akhir *capping* dari keseluruhan sistem dilakukan secara berurutan, maka dapat kita ambil presentasi sistem keseluruhan pada mode manual seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian sistem pada mode manual.

Filling Process /100ml	Peletakan tutup botol	Penyegelan tutup botol
/100 ml	1	1

Untuk mengetahui efisiensi *plant* saat mode manual dapat kita hitung dengan menggunakan persamaan 2.

$$Ef_{\text{manual}} = \left[\left(\frac{V}{100} \right) * 33,3\% \right] + [B1 * 33,3\%] + [B2 * 3,33\%] \quad (2)$$

Dimana :

- Ef = Efisiensi *plant* pada 1 kali iterasi (%)
- V = Volume susu yang diisi oleh botol (ml)
- B1 = nilai variabel kesuksesan *plant* dalam meletakan tutup botol ,(1[jika berhasil] / 0 [jika tidak berhasil])

- B2 = nilai variabel kesuksesan *plant* dalam menyegel tutup botol ,(1[jika berhasil] / 0 [jika tidak berhasil])

Dari pehitungan diatas maka akan diperoleh hasil dari perhitungan berupa Ef (Efisiensi *plant*) sebagai berikut.

Tabel 8 Data hasil pehitungan Ef (Efisiensi *plant*).

Iterasi	Ef (Efisiensi <i>plant</i>) %
1	99,99%
2	99,99%
3	99,99%
4	99,99%
5	99,99%
Rata-rata	99,99%

Dari Tabel 8 bahwa *plant* saat menggunakan mode manual memiliki efisiensi *plant* dengan melaksanakan sistem secara keseluruhan sebesar 99%.

3.6 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Pada Mode Otomatis

Pada pengujian mode otomatis dilakukan dengan menggunakan 3 buah botol secara bergiliran dan tidak bisa dilakukan secara serempak ataupun bersamaan. Pengujian dengan menggunakan mode otomatis pada *plant* diperoleh data mulai dari *filling process*, peletakan tutup botol, dan penyegelan tutup botol seperti pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil pengujian sistem pada mode otomatis.

Filling Process /300ml	Peletakan tutup botol (3 kali uji)	Penyegelan tutup botol (3 kali uji)
300	3	3
300	3	3
300	3	3
300	3	3
300	3	3

Untuk mengetahui efisiensi *plant* saat mode auto dapat kita hitung dengan menggunakan persamaan 3.

$$Ef_{\text{auto}} = \left[\left(\frac{V}{300} \right) * 33,3\% \right] + [B1 * 11,1\%] + [B2 * 1,11\%] \quad (3)$$

Dimana :

- Ef = Efisiensi *plant* pada 1 kali iterasi (%)
- V = Volume susu yang diisi oleh 3 buah botol (ml)
- B1 = Nilai variabel kesuksesan *plant* dalam meletakan tutup botol (0-3).
- B2 = Nilai variabel kesuksesan *plant* dalam menyegel tutup botol (0-3).

Dari perhitungan diatas maka akan diperoleh data Ef (Efisiensi *plant*) pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Ef (Efisiensi *plant*) mode otomatis.

Iterasi	Ef (Efisiensi <i>plant</i>) %
1	99,99 %
2	99,99 %
3	99,99 %
4	99,99 %
5	99,99 %
Rata-rata	99,99 %

Plant saat menggunakan mode otomatis memiliki efisiensi *plant* dengan melaksanakan sistem secara keseluruhan sebesar 99,99 % seperti pada Tabel 9.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian perangkat lunak, perangkat keras, dan keseluruhan sistem maka didapatkan kesimpulan bahwa Efisiensi *plant* pada mode manual memiliki nilai rata-rata 99,99% sedangkan untuk mode otomatis memiliki presentase sebesar 99,99%. Kontrol level yang dilakukan dengan metode kontrol *on-off* pada *filling Tank* dengan menggunakan timer sebagai pemicunya diperoleh hasil volume susu dengan rata-rata sebesar 100 ml pada 7 kali, sedangkan untuk pengisian susu tanpa menggunakan kontrol *on-off* diperoleh hasil volume rata-rata sebesar dan, Perbedaan rata-rata volume 81,85 ml dengan 7 kali pengambilan data. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan ketinggian permukaan susu pada *filling tank* sehingga beda ketinggian permukaan tersebut dapat mempengaruhi laju debit susu yang disalurkan oleh *selonoid valve*, selain perbedaan tinggi permukaan susu hal lain yang mempengaruhi perbedaan pengisian volume susu pada botol dikarenakan adanya gaya gravitasi yang mempengaruhi laju aliran susu.

Referensi

- [1] M. Farid, "Pengembangan Susu Segar Dalam Negeri Untuk Pemenuhan Kebutuhan Susu Nasional", Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan, vol. 5, no. 5, pg 196-221, Desember, 2011
- [2] S. UJANG, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Konveyor Penghitung Barang Menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) Omron Tipe CPM1A 20 CDR", S.T., Thesis, Undergraduate Universitas Gunadarma, 2011
- [3] J. Patel, "PLC (Programmable Logic Controller) Based Automatic Bottle Filling", International Journal of Engineering Research and General Science, vol. 3, no. 3, pp. 136-144, 2015.
- [4] F. A. M. A. Ramadhan, "PERANCANGAN SISTEM PENGEMASAN VIRGIN COCONUT OIL (VCO) MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) PADA PERANGKAT KERAS KONVEYOR," *Transient*, vol. 2, no. 17, pp. 53-58, 2015.
- [5] H. Ahuja, A. Singh, S. Tandon, S. Srivastava, and S. Pal, "Automatic Filling Management System for Industries", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, vol. 4, no. 1, pp. 241-244, 2014.
- [6] R. E. Wibowo, "Perancangan Sistem Pengisian , Pengaturan Tutup dan Ottomatisasi pada mesin pengisian dan penutupan botol", S.T. Thesis. Surabaya, Undergraduate Institut Teknologi Sepuluh November, 2007.
- [7] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, Fifth. New Jersey: Prentice Hall, 2010.
- [8] L. A. Bryan and E. A. Bryan, *PROGRAMMABLE CONTROLLERS THEORY AND IMPLEMENTATION*, Second edi. Marietta, Georgia 30067, Industrial Text Company, 1997.
- [9] I. Setiawan, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER dan TEKNIK PERANCANGAN SISTEM KONTROL, Andi Publisher, 2006.
- [10] D. Harel, *The Science of Computing: Exploring the Nature and Power of Algorithms*. Addison-Wesley, 1989.