

PERANCANGAN SISTEM OTOMATISASI BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)* OMRON CPM1A PADA *PROTOTYPE* ALAT PENGOLAH SUSU MURNI MENJADI SUSU PASTEURISASI ANEKA RASA

Rendi Afrino^{*)}, Aris Triwiyatno, and Sumardi

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

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

Abstrak

Pada era sekarang, teknologi semakin berkembang, tidak terkecuali pada bidang usaha minuman. Salah satu usaha yang terus bersaing adalah usaha susu aneka rasa. Sebagian besar sistem pengolahan pada usaha susu aneka rasa masih menggunakan cara manual dengan campur tangan manusia, sehingga dibutuhkan teknologi automasi seperti penerapan PLC pada proses pengolahan susu tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem otomatisasi berbasis PLC Omron CPM1A pada *prototype* alat pengolah susu murni menjadi susu pasteurisasi aneka rasa. Proses pengolahan susu dimulai dari proses *heating*, proses *mixing*, dan proses *cooling*. Proses tersebut dinamakan proses pasteurisasi dan pada penelitian ini menggunakan metode pasteurisasi *High Temperature Short Time (HTST)*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu susu dijaga tetap pada suhu 70,17°C - 73,87°C selama 15 detik menggunakan kontroler *on-off* selama proses *heating*. Hasil pengujian *Heat Exchanger (HE)* menunjukkan bahwa suhu susu saat proses *cooling* yang menggunakan air dingin bersuhu 26,8°C mengalami penurunan suhu dari 69,83°C hingga 38,63°C.

Kata kunci : otomasi industri susu, PLC Omron CPM1A, heat exchanger (HE), metode pasteurisasi HTST, sistem kontrol on-off.

Abstract

In the current era, technology is growing, even in beverage business field. One of the beverage business that continue to compete is various flavors of milk business. Most of milk processing system on various flavors of milk business still use manual method with human intervention, so that we require automation technology such as PLC application for milk processing system. The purpose of this research is to design automation system using PLC Omron CPM1A on the prototype of cow milk processing system into pasteurized milk with various flavors. The milk processing starts from heating process, mixing process, and cooling process. That process are called pasteurization process and in this study, we are using High Temperature Short Time (HTST) pasteurization method. The test result shows that the milk temperature is maintained at 70,17°C - 73,87°C for 15 seconds using on-off controller during heating process. The test result of Heat Exchanger (HE) shows that the milk temperature decreases from 69,83°C to 38,63°C during the cooling process which uses cold water with a temperature of 26,8°C.

Keywords : Dairy industry automation, PLC Omron CPM1A, Heat Exchanger (HE), HTST pasteurization method, On-Off control system.

1. Pendahuluan

Tidak dapat dipungkiri bahwa dewasa ini tak bisa lagi tolak kehadiran era digitalisasi termasuk dalam dunia Industri. Salah satu usaha yang terus bersaing adalah usaha susu aneka rasa. Negara Indonesia termasuk penghasil susu yang besar, dengan populasi sapi yang besar karena kondisi alam yang mendukung. Namun, kebutuhan susu olahan di Indonesia baru bisa dipenuhi dari dalam negeri sebesar 32%, sisanya sebesar 68% masih harus diimpor [1] dan sebagian besar sistem

pengolahan usaha susu aneka rasa masih menggunakan campur tangan manusia. Oleh karena itu diperlukan teknologi automasi seperti penggunaan PLC.

Pada penelitian sebelumnya telah dicoba otomatisasi proses *mixing* pada susu pasteurisasi menggunakan PLC [2]. Proses pasteurisasi yang dilakukan menggunakan kontrol *on-off* saat proses pemanasan. Metode pasteurisasi yang digunakan adalah *High Temperature Short Time (HTST)*, dimana susu dipanaskan pada suhu 75°C dalam waktu kurang lebih 15 detik. Pada penelitian lainnya juga

dibahas mengenai pengaruh metode pasteurisasi HTST terhadap *Listeria monocytogenes* pada penyimpanan refrigerator [3]. Variasi suhu yang digunakan untuk mendeteksi bakteri *L. monocytogenes* adalah 75°C, 80°C, 85°C, 90°C, dan 95°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada suhu 90°C dan 95°C tidak terdapat bakteri *L. monocytogenes*. Pada metode pasteurisasi HTST tersebut, juga diteliti mengenai pengaruh penurunan suhu pasteurisasi terhadap pertumbuhan bakteri selama penyimpanan di refrigerator [4]. Suhu yang digunakan adalah 79,4°C dan 76,1°C dan pengambilan data dilakukan pada hari ke-7, ke-14, dan ke-21 selama penyimpanan di refrigerator pada suhu 6°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah bakteri pada hari ke-21 pada suhu 76,1°C lebih sedikit daripada suhu 79,4°C.

Pada penelitian yang berkaitan dengan Heat Exchanger (HE) telah dicoba mengenai karakteristik perpindahan panas pada double pipe heat exchanger antara tipe aliran searah (parallelflow) dan tipe aliran berlawanan arah (counterflow) [5]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tipe counterflow memiliki nilai effectiveness dan NTU yang lebih baik daripada tipe parallelflow.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem otomatisasi berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Omron CPM1A pada prototype alat pengolah susu murni menjadi susu pasteurisasi aneka rasa. Metode pasteurisasi yang digunakan adalah metode pasteurisasi High Temperature Short Time (HTST).

2. Metode

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan alat pengolah susu, rangkaian sensor suhu LM35 menggunakan IC komparator LM393, perancangan pada PLC, serta perancangan heat exchanger.

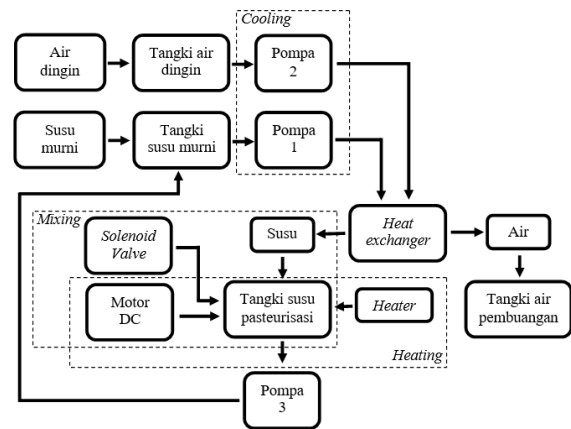
2.1.1. Perancangan alat pengolah susu

Pada alat pengolah susu terjadi 3 proses utama saat melakukan pasteurisasi susu, dimulai dari proses heating, proses mixing, dan proses cooling. Proses tersebut dinamakan dengan proses pasteurisasi. Blok diagram sistem pengolah susu dapat dilihat pada Gambar 1.

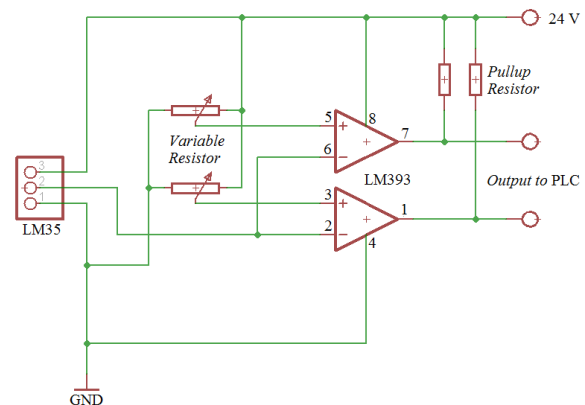
2.1.2. Rangkaian sensor suhu LM35 dan IC komparator LM393

Pada proses heating, aktuator yang digunakan adalah heater yang akan aktif untuk memanaskan susu. Saat suhu mencapai 75°C, heater akan mati dan saat suhu turun hingga di bawah 71,7°C, heater akan kembali aktif. Proses tersebut berulang secara terus-menerus selama 15 detik. Sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu LM35 yang memiliki output berupa sinyal analog [6], sehingga untuk memperoleh output yang berupa logika 0

dan logika 1, maka dibutuhkan rangkaian IC komparator LM393 [7] seperti yang terlihat seperti pada Gambar 2.



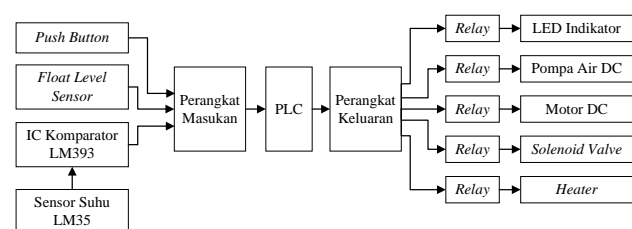
Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pengolah Susu



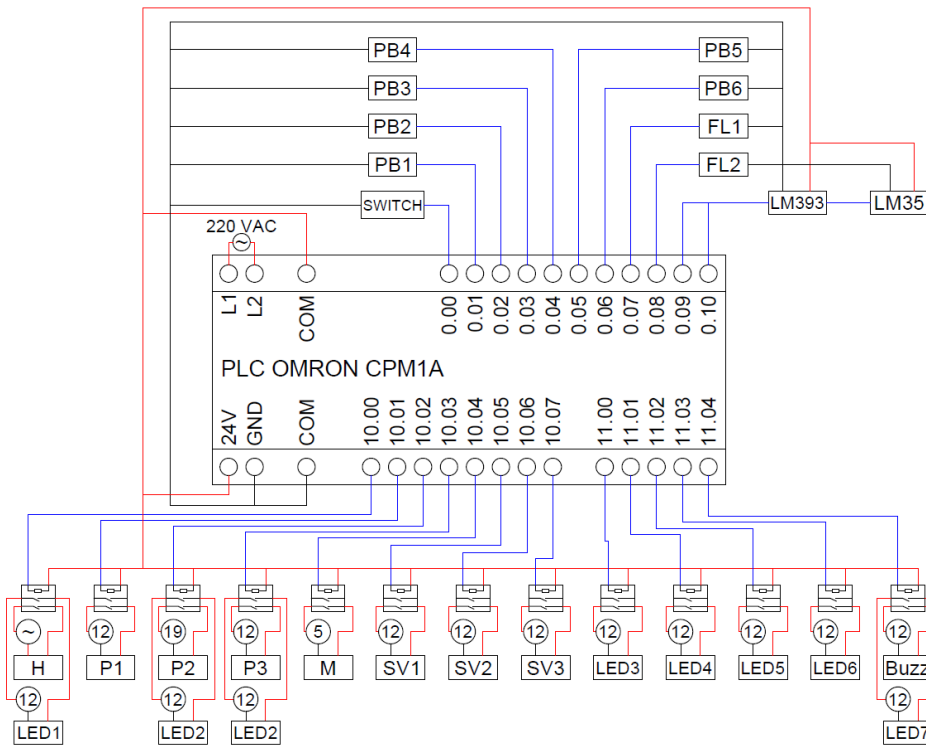
Gambar 2. Rangkaian Sensor Suhu LM35 dan IC Komparator LM393

2.1.3. Perancangan pada PLC

Tipe PLC yang digunakan adalah PLC Omron CPM1A. Gambar 3 merupakan blok diagram sistem kontrol pada alat pengolah susu, dapat dilihat bahwa semua aktuator yang digunakan dioperasikan oleh relay. Gambar 4 merupakan wiring diagram pada PLC. Penjelasan Gambar 4 dapat dilihat secara lebih lengkap pada Tabel 1.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Kontrol



Gambar 4. Rangkaian Input/Output pada PLC

Tabel 1. Address Input dan Output pada PLC

Channel	Address	Keterangan
Channel Input 0	0.00	Switch mode AUTO atau MAN
	0.01	Push button heating (MAN)
	0.02	Push button cooling (MAN)
	0.03	Push button rasa jeruk (AUTO) Push button mixing jeruk (MAN)
	0.04	Push button rasa melon (AUTO) Push button mixing melon (MAN)
	0.05	Push button start (AUTO)
	0.06	Push button stop (AUTO/MAN)
	0.07	Float level sensor pada tangki susu murni
	0.08	Float level sensor pada tangki susu pasteurisasi
	0.09	Sensor suhu untuk suhu 71,7°C
Channel Output 10	0.10	Sensor suhu untuk suhu 75°C
	10.00	Heater + LED indikator heater
	10.01	Pompa air 1
	10.02	Pompa air 2 + LED cooling
	10.03	Pompa air 3 + LED cooling
	10.04	Motor DC
	10.05	Solenoid valve rasa jeruk
Channel Output 11	10.06	Solenoid valve rasa melon
	10.07	Solenoid valve gula cair
	11.00	LED heating
	11.01	LED mixing
	11.02	LED rasa jeruk
	11.03	LED rasa melon
	11.04	Alarm + LED alarm

2.1.4. Perancangan heat exchanger

Perancangan *heat exchanger* dilakukan dengan cara menentukan panjang yang dibutuhkan untuk memperoleh suhu keluaran *heat exchanger* sesuai dengan yang diinginkan menggunakan beberapa persamaan yang berkaitan dengan termodinamika sebagai berikut [8].

- Persamaan bilangan Prandtl

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} \quad (1)$$

- Persamaan bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (2)$$

- Persamaan bilangan Nusselt

$$Nu = \frac{h D}{k} \quad (3)$$

- Persamaan Dittus-Boelter

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^x \quad (4)$$

dimana $x=0,4$ untuk fluida yang menyerap panas dan $x=0,3$ untuk fluida yang memberikan panas.

- Persamaan laju aliran massa

$$\dot{m} = \rho A v \quad (5)$$

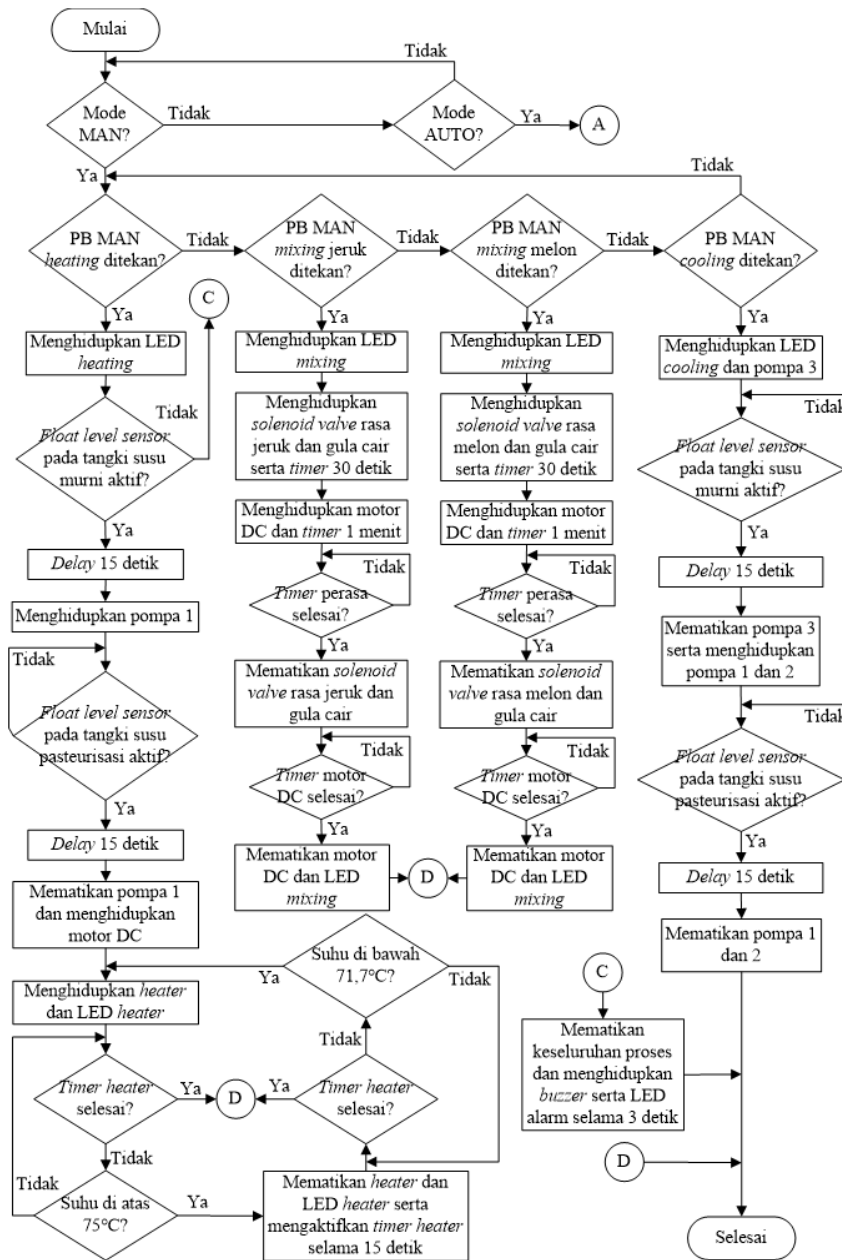
- Persamaan perpindahan panas

$$Q = U A \Delta T_{in} = m c \Delta T \quad (6)$$

Berikut keterangan dari persamaan-persamaan tersebut.

- C_p = Panas spesifik fluida ($J/kg.K$)
- μ = Viskositas dinamik fluida ($Pa.s$ atau $N.s/m^2$)
- k = Konduktivitas termal fluida ($W/m.K$)
- ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)
- v = Kecepatan aliran fluida (m/s)
- D = Diameter dari luas penampang (m)
- h = Koefisien pindah panas ($W/m^2.K$)
- \dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)
- A = Luas penampang fluida (m^2)
- Q = Kalor (J)

- U = Koefisien pindah panas menyeluruh (W/K)
- ΔT_{in} = Logarithmic Mean Temperature Difference (K)



Gambar 5. Flowchart Proses Pengolahan Mode MAN

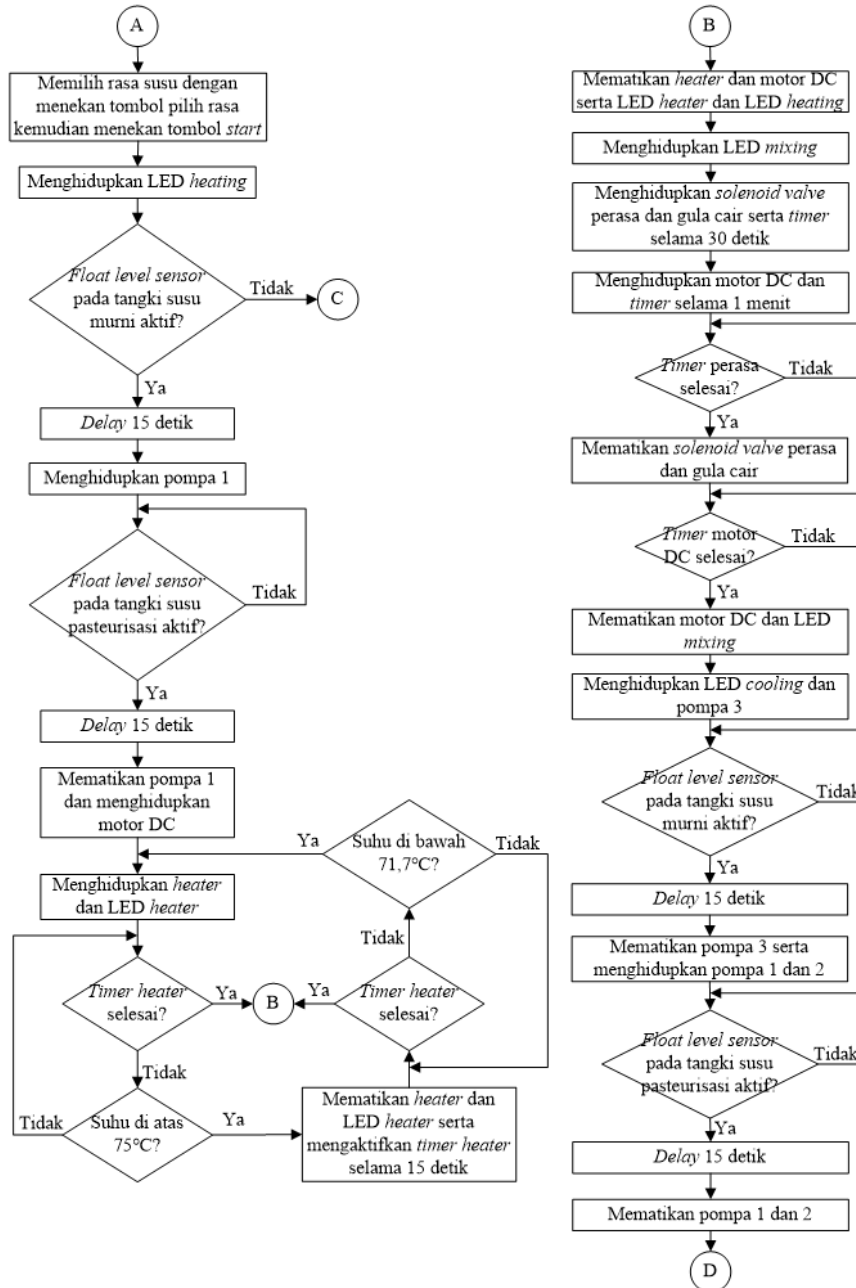
2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak terdiri dari perancangan flowchart untuk proses pengolahan. Flowchart proses pengolahan terdiri dari 2 bagian, yaitu untuk mode AUTO dan mode MAN. Flowchart mode MAN ditunjukkan pada Gambar 5 dan flowchart mode AUTO ditunjukkan pada Gambar 6. Proses pengolahan terdiri dari 3 bagian utama, yaitu proses heating, proses mixing, dan proses cooling. Proses pengolahan dimulai dengan menekan tombol pilih rasa susu pada panel box dan dilanjutkan

dengan menekan tombol start. Sistem akan langsung masuk ke proses heating. Pada proses ini, pompa 1 akan aktif terlebih dahulu untuk membawa susu dari tangki susu murni menuju tangki susu pasteurisasi. Setelah itu motor DC dan heater akan aktif dan ketika suhu susu telah mencapai 75°C, heater akan mati dan saat suhu turun hingga di bawah 71,7°C, heater akan kembali aktif. Proses tersebut berulang secara terus-menerus selama 15 detik. Setelah itu dilanjutkan dengan proses mixing.

Proses *mixing* dimulai dengan aktifnya motor DC sebagai pengaduk dan terbukanya *solenoid valve* pada tangki gula cair dan salah satu tangki perasa sesuai dengan rasa yang dipilih di awal proses. *Solenoid valve* diatur oleh *timer*

selama 30 detik dan motor DC diatur oleh *timer* selama 1 menit. Setelah 1 menit, proses *mixing* selesai dan dilanjutkan dengan proses *cooling*.



Gambar 6. Flowchart Proses Pengolahan Mode AUTO

Sebelum melakukan proses *cooling*, pompa 3 akan aktif untuk memindahkan susu dari tangki susu pasteurisasi menuju tangki susu murni karena proses *cooling* menggunakan *heat exchanger*. Pompa 3 akan mati ketika *float level sensor* pada tangki susu murni aktif. Dengan matinya pompa 3, maka proses *cooling* dimulai dengan mengaktifkan pompa 1 untuk memompa susu dan pompa 2 untuk memompa air dingin secara bersamaan menuju *heat exchanger*. Proses *cooling* selesai apabila *float level*

sensor pada tangki susu pasteurisasi aktif. Dengan berakhirnya proses *cooling*, maka keseluruhan sistem akan berhenti dan kembali ke keadaan awal sebelum memilih rasa susu.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Sensor

Sensor yang digunakan terdiri dari 6 buah *push button* (PB) dan 2 buah *float level sensor*. Masing-Masing memiliki fungsi yang berbeda-beda. PB dipasang pada *panel box* sistem dan *float level sensor* dipasang pada tangki susu murni dan tangki susu pasteurisasi. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kedua jenis sensor yang digunakan dan dapat dilihat bahwa sensor yang digunakan bersifat *active low*, dimana aktif ketika berlogika 0 atau tegangannya 0,01 V dan tidak aktif ketika berlogika 1 atau tegangannya 23,4 V. Hal ini sudah sesuai dengan *datasheet* PLC Omron CPM1A yaitu saat tegangan *input* ke alamat PLC di bawah 5 V maka akan *active low* jika *com input* pada PLC disambungkan ke *com (+)* dan akan mati ketika tegangan *input* diatas 14,4 V [9].

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor

Input	Keadaan	Tegangan (V)	LED Indikator PLC
PB MAN heating	PB Ditekan	0,01	Menyala
	PB Dilepas	23,5	Mati
PB MAN cooling	PB Ditekan	0,01	Menyala
	PB Dilepas	23,4	Mati
PB Start	PB Ditekan	0,01	Menyala
	PB Dilepas	23,4	Mati
PB Stop	PB Ditekan	0,01	Menyala
	PB Dilepas	23,4	Mati
PB Rasa Jeruk	PB Ditekan	0,01	Menyala
	PB Dilepas	23,4	Mati
PB Rasa Melon	PB Ditekan	0,01	Menyala
	PB Dilepas	23,4	Mati
Float level sensor pada tangki susu murni	Tangki susu kosong	0,01	Menyala
	Tangki susu penuh	23,5	Mati
Float level sensor pada tangki susu pasteurisasi	Tangki susu kosong	0,01	Menyala
	Tangki susu penuh	23,5	Mati

3.2. Pengujian LM35

Pada penelitian ini, sensor suhu LM35 digunakan untuk mendeteksi suhu susu saat proses *heating* sedang berlangsung. *Output* dari sensor suhu LM35 yang dibutuhkan hanyalah untuk mengaktifkan PLC saat suhu *set point* telah tercapai, sehingga digunakan IC komparator LM393. Pengujian sensor suhu LM35 dilakukan dengan mengukur tegangan pada kaki 1, 2, dan 3 pada IC komparator LM393 sesaat setelah suhu susu mencapai 71,7°C dan pada kaki 5, 6, dan 7 pada IC komparator LM393 sesaat setelah suhu susu mencapai 75°C.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35 setelah Mencapai Suhu 71,7°C

Peng-ujian	Inverting Input LM393 (mV)	Non-inverting Input LM393 (mV)	Output LM393 (V)	LED Indikator PLC
1	727	715	14,1	Menyala
2	731	712	14,12	Menyala
3	729	713	13,6	Menyala

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada kaki 1, 2, dan 3 pada IC LM393 setelah suhu mencapai 71,7°C. Tegangan *output* LM35 pada *inverting input* LM393 lebih besar dari tegangan *non-inverting input* LM393, sehingga tegangan *output* LM393 akan mengarah ke 0 V, namun tegangan yang terukur rata-rata sebesar 13,94 V dikarenakan terdapat *pullup resistor* pada bagian *output* dan LED indikator pada PLC menyala.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35 setelah Mencapai Suhu 75°C

Peng-ujian	Inverting Input LM393 (mV)	Non-inverting Input LM393 (mV)	Output LM393 (V)	LED Indikator PLC
1	770	756	13,12	Menyala
2	762	757	14,1	Menyala
3	766	753	13,2	Menyala

Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada kaki 5, 6, dan 7 pada IC LM393 setelah suhu mencapai 75°C. Tegangan *output* LM35 pada *inverting input* LM393 lebih besar dari tegangan *non-inverting input* LM393, sehingga tegangan *output* LM393 akan mengarah ke 0 V, namun tegangan yang terukur rata-rata sebesar 13,47 V dikarenakan terdapat *pullup resistor* pada bagian *output* dan LED indikator pada PLC menyala.

3.3. Pengujian Aktuator

Aktuator yang digunakan terdiri dari *solenoid valve* (SV), motor DC, *buzzer*, dan pompa air DC. SV berfungsi sebagai pembuka atau penutup aliran fluida pada sistem. Terdapat 3 buah SV dan menggunakan *supply* 12 V. Motor DC berfungsi sebagai pengaduk saat proses *mixing* berlangsung dan menggunakan *supply* 5 V yang diperoleh dari *supply* 12 V. *Buzzer* berfungsi sebagai sistem alarm dan menggunakan *supply* 12 V. Pompa air DC berfungsi untuk memompa fluida menuju *heat exchanger*. Terdapat 3 buah pompa air DC pada sistem, yaitu:

1. Pompa 1 : Pompa susu menuju HE
2. Pompa 2 : Pompa air dingin menuju HE
3. Pompa 3 : Pompa susu menuju tangki susu murni

Pompa 1 dan pompa 3 menggunakan *supply* 12 V sedangkan pompa 2 menggunakan *supply* 19 V.

Tabel 5. Hasil Pengujian Aktuator

Output	Keadaan	Tegangan Output (V)	LED Indikator PLC
SV tangki rasa jeruk	Relay aktif	10,4	Menyala
	Relay mati	0,00	Mati
SV tangki rasa melon	Relay aktif	7,8	Menyala
	Relay mati	0,00	Mati
SV tangki gula cair	Relay aktif	8,2	Menyala
	Relay mati	0,00	Mati
Motor DC	Relay aktif	4,91	Menyala
	Relay mati	0,00	Mati
Buzzer	Relay aktif	11,29	Menyala
	Relay mati	0,00	Mati

Pompa 1	Relay aktif	10,88	Menyala
	Relay mati	0,00	Mati
Pompa 2	Relay aktif	19,3	Menyala
	Relay mati	0,00	Mati
Pompa 3	Relay aktif	10,93	Menyala
	Relay mati	0,00	Mati

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian aktuator yang berupa SV, motor DC, dan pompa air DC. Semua aktuator dioperasikan oleh *relay* karena menggunakan *supply* yang berbeda-beda. Diperoleh bahwa SV aktif saat tegangannya 7,8 V – 10,4 V. Tegangan motor DC yang terukur saat aktif adalah 4,91 V. Tegangan *buzzer* yang terukur saat aktif adalah 11,29 V. Tegangan pompa 1 dan pompa 3 yang terukur saat aktif adalah 10,88 V dan 10,93 V serta pompa 2 adalah 19,3 V. Dalam kondisi mati, tegangan dari semua aktuator adalah 0 V.

3.4. Pengujian Heat Exchanger

Heat exchanger (HE) pada sistem ini digunakan untuk proses *cooling*. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian HE saat proses *cooling*. Suhu air dingin sekitar 26,8°C dapat mendinginkan susu dari suhu 69,83°C hingga 38,63°C. Berdasarkan metode pasteurisasi, hasil pengujian sudah sesuai dengan teori karena susu didinginkan kembali hingga di bawah 50°C.

Tabel 6. Hasil Pengujian Heat Exchanger Proses Cooling

Pengujian	Suhu Air Sebelum Masuk HE (°C)	Suhu Susu Sebelum Masuk HE (°C)	Suhu Susu Setelah Keluar HE (°C)
1	27,1	69,5	38,5
2	26,5	70,1	38,7
3	26,8	69,9	38,7
Rata-rata	26,8	69,83	38,63

3.5. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan meliputi pengujian sistem yang dimulai dari proses *heating* hingga proses *cooling*. Proses pengolahan diawali dengan memilih rasa susu. Gambar 7 menunjukkan kondisi *panel box* saat pemilihan rasa susu.



Gambar 7. Kondisi Panel Box Saat Memilih Rasa Susu

Setelah memilih rasa susu, dilanjutkan dengan menekan tombol *start* sehingga tampilan pada *panel box* seperti pada Gambar 8 dimana proses *heating* berjalan.



Gambar 8. Kondisi Panel Box Saat Proses Heating

Apabila tangki susu murni masih kosong saat menjalankan proses *heating*, maka *buzzer* dan LED indikator alarm aktif seperti yang terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kondisi Panel Box Sistem Alarm Aktif

Setelah proses *heating*, proses selanjutnya adalah proses *mixing*, dimana terjadi pencampuran perasa sesuai dengan rasa yang dipilih di awal proses dan gula cair pada tangki susu pasteurisasi dan kondisi *panel box* yang terlihat seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Kondisi Panel Box Saat Proses Mixing

Proses terakhir yang terjadi adalah proses *cooling* dengan kondisi *panel box* seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Kondisi *Panel Box* Saat Proses *Cooling*

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem otomatisasi pada *prototype* alat pengolah susu murni menjadi susu pasteurisasi aneka rasa berhasil dirancang dengan menggunakan PLC Omron CPM1A. Suhu susu saat proses *heating* dijaga tetap pada suhu $70,17^{\circ}\text{C}$ - $73,87^{\circ}\text{C}$ selama 15 detik dan pada pengujian *heat exchanger* (HE), suhu susu hasil proses *cooling* adalah $38,63^{\circ}\text{C}$. Hal ini sudah sesuai dengan metode pasteurisasi *High Temperature Short Time* (HTST) dimana susu dipanaskan pada suhu $71,7^{\circ}\text{C}$ - 75°C dalam waktu yang singkat dan didinginkan kembali di bawah suhu 50°C . Terdapat *error* pada suhu $70,17^{\circ}\text{C}$ dan $71,7^{\circ}\text{C}$ sebesar $1,53^{\circ}\text{C}$ dikarenakan tempat pembacaan suhu pada alat ukur tidak pada satu tempat dengan pembacaan suhu pada sensor LM35, dimana suhu yang terbaca pada sensor LM35 adalah $72,9^{\circ}\text{C}$. Pada sistem ini masih terdapat beberapa kekurangan, seperti belum terdapat sistem yang dapat melakukan pembersihan alat pengolah susu secara otomatis setelah digunakan, sehingga dapat dikembangkan lebih luas.

Referensi

- [1]. A. Sudono dan R. Rosdiana, *Beternak Sapi Perah Secara Intensif*. Jakarta, Indonesia: Agromedia Pustaka, 2005.
- [2]. I. Kustanti, "Otomatisasi Proses *Mixing* Pada Susu Pasteurisasi", Laporan Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, 2012.
- [3]. S. Sabil, "Pasteurisasi High Temperature Short Time (HTST) Susu terhadap *Listeria monocytogenes* pada Penyimpanan Refrigerator", Laporan Tugas Akhir, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2015.
- [4]. N. Martin, M. Ranieri, M. Wiedmann, dan K. Boor, "Reduction of pasteurization temperature leads to lower bacterial outgrowth in pasteurized fluid milk during refrigerated storage: a case study", *Journal of dairy science*, vol. 95, hal. 471-5, 2012.
- [5]. M. Ma'a, "Karakteristik Perpindahan Panas pada Double Pipe Heat Exchanger, perbandingan aliran parallel dan counter flow", *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. I, no. 2, hal. 161-168, Okt. 2013.
- [6]. Datasheet Sensor Suhu LM35, Tersedia: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8866/NSC/LM35.html>.
- [7]. Datasheet IC Komparator LM393, Tersedia: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/3068/MOTOROLA/LM393.html>.
- [8]. R. Perry dan D. Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, vol. 1, page 697-711, 2008.
- [9]. Datasheet PLC Omron CPM1A, Tersedia: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/527189/OMRON/CPM1A-40CDR-A-V1.html>.