

RANCANG BANGUN MESIN INKUBASI YOGURT DRINK BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Dody Gunawan Sinaga¹, Iwan Sumirat², Fithri Muliawati³

Mahasiswa Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn
Khalidun Bogor
Jl. KH Sholeh Iskandar km 2, Bogor, Kode Pos 16162
email: dodygsinaga@gmail.com

Abstract

Pada pengolahan produk yogurt, dibutuhkan proses pemberian bakteri dan inkubasi. Dalam industri pengolahan yogurt berskala besar, masih ada yang mengandalkan tenaga manusia untuk mengontrol mesin saat proses inkubasi yang memiliki kemungkinan kesalahan dalam pengoperasian. Kesalahan ini dapat dihindari dengan menggunakan mesin inkubasi. Sistem kontrol mesin inkubasi berbasis Programmable Logic Controller ini disertai dengan sensor pH dan temperatur. Sistem ini dapat melakukan perhitungan waktu, pengukuran suhu, tingkat keasamaan serta memonitor nilai ukur secara otomatis. Mesin inkubasi berbasis berfungsi sebagai pusat kordinasi perhitungan waktu dalam proses fermentasi yogurt. Programmable Logic Controller menghubungkan satu komponen dengan komponen lain dan dikontrol secara otomatis. Inputnya bersumber dari alat pengukur sensor suhu, water level sensor dan sensor pH. Dan outputnya digunakan sebagai pengerak motor pompa transfer, motor agitator dan valve secara otomatis. Sehingga pompa transfer, motor agitator dan valve akan bergerak sesuai waktu yang diinginkan. Penelitian ini menghasilkan waktu tetap proses inkubasi sebanyak 10,713 jam, dengan kapasitas yogurt yang dihasilkan 5 liter setiap satu siklus proses inkubasinya. Mesin ini mempermudah pembuatan yogurt drink dan mencegah kegagalan dalam pembuatan yogurt secara konvensional/manual. Hal ini dikarenakan mesin ini dilengkapi dengan temperatur kontrol dan sensor pH untuk perhitungan dalam proses inkubasi dari awal pembuatan sampai yogurt selesai dibuat

Keywords: Mesin Inkubasi, Programmable Logic Controller, Temperatur Kontrol, Sensor pH, Yogurt.

I. LATAR BELAKANG

Yogurt merupakan hasil fermentasi susu oleh bakteri asam laktat yang dengan rasa yang khas, tekstur semi padat dan halus, kompak serta rasa asam yang segar. Metode pembuatan yogurt bervariasi, tetapi umumnya fermentasi yogurt dimulai dengan penambahan kultur starter yang merupakan campuran bakteri pembentukan asam yaitu *Lactobacillus* dan *Streptococcus thermophilus* pada susu yang telah dipanaskan [1]. Kandungan gizi yogurt lebih baik dibandingkan dengan susu segar, karena terjadi peningkatan kualitas zat makanan dan sudah lama kondisi terurai yang sebabkan yogurt lebih mudah dicerna dan diserap oleh saluran pencernaan [2]. Guna memperpanjang daya simpan serta meningkatkan nilai ekonomi susu, maka diperlukan teknik penanganan dan pengolahan. Upaya pengolahan susu yang prospektif adalah dengan melakukan fermentasi pada susu segar [3].

Industri rumahan masih menggunakan cara konvensional/manual untuk pengolahan yogurt. Pembuatan yogurt dengan mesin inkubasi berbasis Programmable Logic Controller (PLC) berbantuan sensor pH dan sensor temperatur pada saat ini masih belum banyak digunakan.

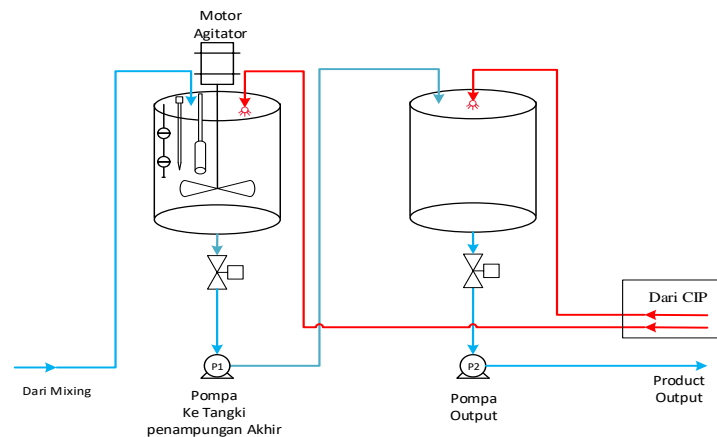
Pengelolaan yogurt dengan kapasitas besar membutuhkan sistem otomatisasi dalam proses inkubasi atau fermentasi supaya dapat hemat waktu, tenaga yang dikeluarkan. Sistem kontrol mesin inkubasi berbasis PLC berbantuan sensor pH dan sensor temperatur sangat diperlukan untuk membantu pekerjaan manusia dalam pembuatan yogurt untuk menghitung waktu, pengukuran suhu, tingkat keasamaan serta memonitor nilai ukur.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem Mesin Inkubasi *Yogurt Drink*

1) Perancangan bentuk fisis mesin inkubasi

Rancangan bentuk fisis terdiri dari Perancangan desain sistem, fisis rangka mesin, komponen elektronik (PLC, *temperature sensor*, sensor pH, *water level sensor*, *power supply* dll.), dan pengawatan (*wiring*).



Gambar 1. Rancangan bentuk fisis keseluruhan sistem mesin inkubasi yogurt drink

2) Perakitan Fisis Rangka Mesin Inkubasi Yogurt Drink

Perakitan bagian-bagian dari fisis mesin inkubasi, yaitu (i) pembuatan rangka untuk penempatan tangki yang terbuat dari besi dan pembuatan tempat untuk dudukan pompa (ii) pompa, solenoid valve dan selang untuk jalur transfer cairan (iii) pembuatan dudukan motor agitator, water level sensor, sensor pH dan sensor suhu penempatan pada tutup tangki (iv) dan panel kontrol yang terbuat dari kayu dengan lapisan akrilik dan panel control pH berbahan plastik.

3) Blok Diagram Rangkaian input-output mesin inkubasi

Diagram blok prototipe sistem mesin inkubasi yogurt drink berbasis PLC (*Programable Logic Controller*) memiliki tiga unsur utama, yaitu input (masukan), proses, dan output (keluaran).

- Sebagai piranti inputan ke PLC, digunakan sensor water level control (WLC) dan sensor suhu (Thermocouple), sensor pH yang dihubungkan ke PLC, dan push button sebagai inputan pengontrol pompa air dan agitator yang diatur dari PLC.
- Aurdino dan temperatur kontrol membantu konversi dari nilai analog menjadi digital. PLC digunakan sebagai pengendali inputan dan outputan system.
- Piranti keluaran dari PLC menggunakan penggerak relay motor pengaduk, relay pompa

air, solenoid valve dan alarm indikator yang digunakan sebagai alat visualisasi dalam proses.

B. Perangkaian Temperatur kontrol

Temperature control REX-C100FK02-VDA, dirancang dengan sambungan sensor suhu tipe-k, dalam instalasi nya menggunakan dua buah kabel, sensor ini memiliki tipe waterproof sehingga sensor ini dapat digunakan sebagai alat ukur dan kontrol pemanas air.

C. Perancangan sensor pH

1) Perancangan pH meter

pH meter terdiri dari sebuah elektroda (probe pengukur) terhubung ke pH signal conversion board yang digunakan untuk mengukur pH larutan dihubungkan ke Arduino untuk memproses nilai pH yang telah dikonversi dan keluaran aurdino digunakan untuk menggerakkan relay 5V relay difungsi untuk pemutus dan penghubung inputan PLC

2) Perancangan Sistem *Software Arduino*

Perancangan sistem dibuat dan diupload menggunakan software Arduino. Penulisan kode program dilakukan untuk memberikan instruksi-instruksi mengunkan bahasa pemrograman C yang bertujuan untuk menjalankan sistem agar dapat berkerja sesuai kode program yang telah diisikan kedalam sebuah Arduino.

D. Perancangan Sistem Inkubasi *Yogurt Drink*

1) Pemograman *Arduino*

Kode program dilakukan untuk konversi nilai pH menjadi tegangan 0-5VDC dan nilai tegangan analog 0-5VDC dikonversi menjadi signal digital. Sebelum sensor Aurdino digunakan perlu dilakukan kalibrasi. Pengukuran pH yang sudah dikalibrasi diterima oleh Arduino dan diproses perintah atau kode program Arduino harus dibuat dahulu untuk dapat proses input dan output sensor pH sesuai keinginan. Output dari arduino Signal digital digunakan sebagai inputan ke PLC.

2) Pemograman PLC dengan Aplikasi GX Work 2

Pemograman PLC Mitsubishi menggunakan bahasa pemrograman diagram ledder yang diberi nama GX Work 2. Perangkat lunak ini digunakan khusus untuk memprogram PLC merk Mitsubishi.

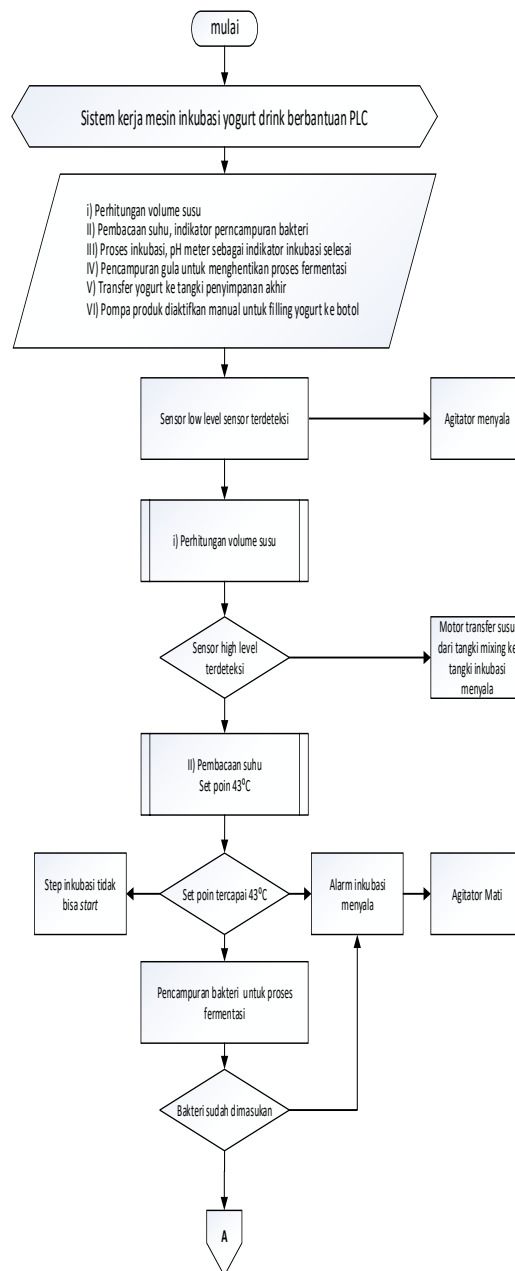
E. *Flow Chart* Sistem Kerja Kontrol Mesin Inkubasi

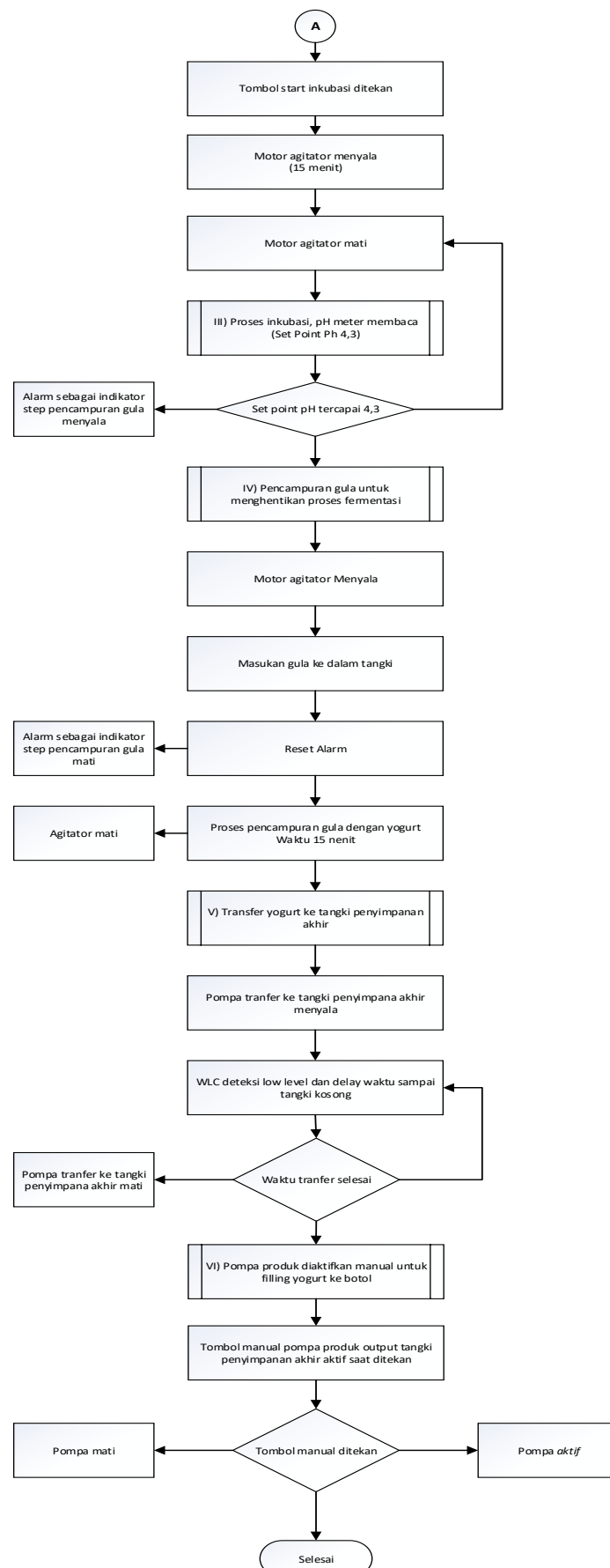
Mesin Inkubasi Berbasis PLC dengan berbantuan sensor pH dan sensor temperatur, dan sensor level. dirancang sebagai sistem pengelolaan susu fermentasi, khususnya digunakan untuk fermentasi *yogurt drink*. *Flow chart* ditunjukkan pada gambar 2.

F. Pengujian

Pengujian peralatan dilakukan dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini:

- 1) Lakukan pengecekan dan kalibrasi pada sensor pH dan sensor suhu
- 2) Persiapkan mesin inkubasi yogurt drink yang telah di buat sebelumnya dan laptop.
- 3) Hubungkan power utama untuk menghidupkan mesin.
- 4) Upload program ke PLC yang telah di buat sebelumnya.
- 5) Setelah di upload, maka untuk memulai pengujian switch saklar di on kan
- 6) Setelah mengaktifkan mode Run maka kita bisa memulai pengujian pada mesin inkubasi tersebut.
- 7) Mesin inkubasi dapat diuji jika mendapat input cairan dari mesin pemanas dan pengaduk.





Gambar 2. Flow chart sistem mesin inkubasi yogurt drink

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perolehan Bentuk Fisis Rancang Bangun Mesin inkubasi *Yogurt Drink*

Rancang bangun yang sudah dibuat, direalisasikan menjadi mesin inkubasi yogurt drink berbasis PLC dengan beberapa komponen yang terhubung, Sistem monitoring suhu, kadar pH dan pengaturan volume susu untuk inkubasi yogurt drink dengan berbantuan PLC sebagai pengendali utama step dan waktu produksi. Sistem yang telah dibuat ditempatkan pada kerangka besi yang telah didesain untuk tangki dan pompa.

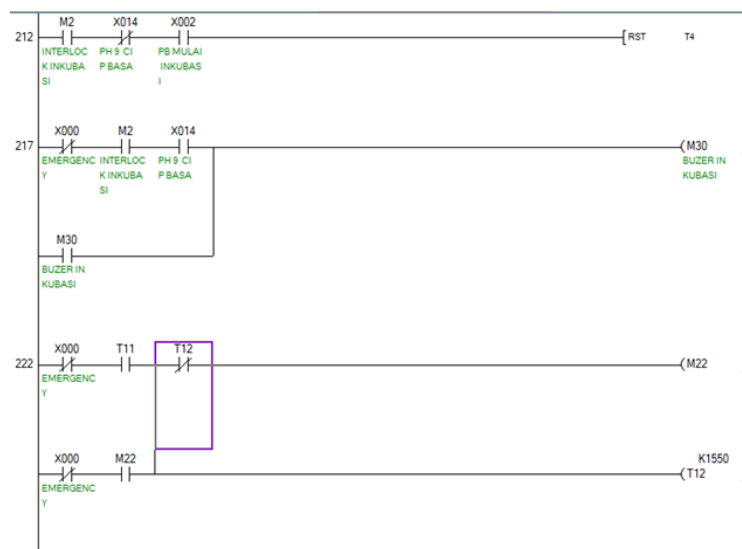
Komponen utama maupun pendukung terdiri dari sensor, selenoid valve, dan tangki penampungan air. Terdapat juga jalur selang air yang sudah tersambung untuk penerimaan susu dari tangki pengaduk ke tangki inkubasi. Hasil Komponen listrik lain yang digunakan sebagai pengontrol dan safety komponen listrik terdapat pada panel listrik



Gambar 3. Tampilan bentuk fisis mesin inkubasi yogurt drink

B. Hasil Akhir Program Kendali Mesin Inkubasi Yogurt Drink

Program ladder diagram mesin pengaduk dan pemanas susu untuk yogurt drink yang di compile ke dalam PLC untuk menjalankan mesin *mixing yogurt*, seperti yang di tunjukan pada Gambar 4.



Program ladder diagram logic control merupakan perintah untuk menjalankan mesin inkubasi yogurt drink otomatis. Pengoperasian mesin dengan pemilihan selector pada posisi produksi dan push button *start* dan *reset* mesin inkubasi dapat dioperasikan. Lampu indikator aktif saat proses pertama dimana temperatur tercapai di set point 43°C. Saat proses inkubasi selesai, pH tercapai set point 4,2. Tahap akhir lampu indikator aktif saat proses pencampuran gula selesai dan dilanjutkan oleh proses pencampuran rasa, setelah itu lampu indicator akan kembali aktif saat inkubasi kembali diulang. Daftar kontak input dan output yang di gunakan pada sistem mesin mixing dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar kontak input dan output PLC

I/ O PLC	KETERANGAN
X0	Emergency
X2	ON proses inkubasi
X5	Wlc atas inkubasi
X6	Wlc bawah inkubasi
X12	Triger tempratur inkubasi
X17	PH inkubasi
X20	Manual pompa buangan susu
X021	Selector Produksi inkubasi
X26	Stop inkubasi
Y1	Agitator inkubasi
Y4	Pompa buangan
Y6	Pompa 3 transfer inkubasi
Y27	Buzzer
Com 0	+24 v
S/S	0 V
Com 6	+24 v
L PLC	fasa
N PLC	netral

C. Hasil Pengujian Alat Ukur Temperatur Kontrol dan Sensor pH

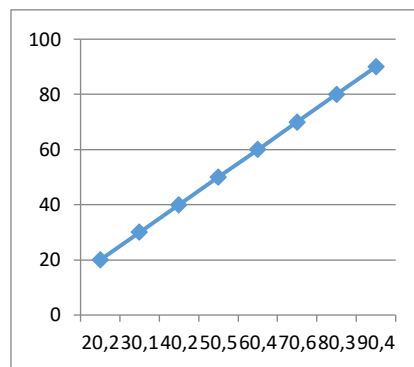
1) Hasil pengujian tempratur kontrol REX-C100FK02-VDA

Hasil pengujian tempratur kontrol REX-C100FK02-VDA Sebelum dilakukan pengujian produksi dengan susu untuk pembuatan yogurt dengan alat ukur digital temperature EBRO TFN 530 yang telah terkalibrasi SYSCAL dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil perhitungan rata-rata selisih pengukuran suhu standar dan suhu alat ukur adalah $0,3375^{\circ}\text{C}$ dan tingkat error 0,3%. Grafik diagram garis perbandingan nilai pengukuran alat standar dan alat ukur, seperti ditunjukkan Gambar 5.

Tabel 2. Hasil perhitungan rata-rata selisih pengukuran suhu

Pengujian sensor suhu tipe-K			
No	Tempratur kontrol REX-C100FK02-VDA ($^{\circ}\text{C}$)	<i>digital</i> <i>tempera</i> <i>ture</i> EBRO TFN 530 ($^{\circ}\text{C}$)	Selisih
1	20	20,2	0,2
2	30	30,1	0,1
3	40	40,2	0,2
4	50	50,5	0,5
5	60	60,4	0,4
6	70	70,6	0,6
7	80	80,3	0,3
8	90	90,4	0,4
Rata-rata			0,3375
% Error			0,3%



Gambar 5. Pengukuran alat standar dan alat ukur

Berdasarkan Gambar 5, hasil perhitungan pengukuran suhu berada pada posisi linear dan sesuai setiap kenaikannya. Maka dari itu dapat dikatakan tempratur kontrol REX-C100FK02-VDA dalam kondisi baik dan dapat digunakan untuk produksi yogurt drink pada mesin inkubasi yogurt drink berbasis PLC.

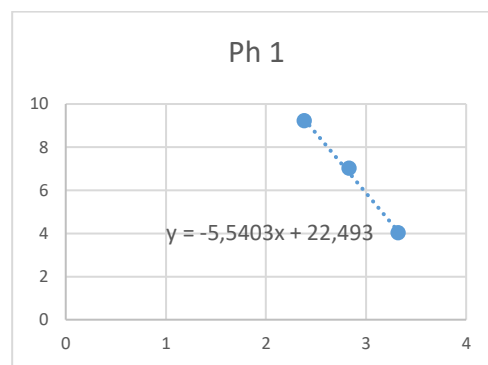
2) Hasil pengukuran kinerja sistem sensor pH

Hasil pengukuran kinerja system sensor pH diperoleh dari perbandingan, sensor *pH meter kit* tipe electrode E201-C BNC dengan cairan standar pH. Nilai pH standar yang digunakan diantaranya, pH 4.01, pH 7.00, dan pH 9.21. Hasil perbandingan awal didapatkan nilai antara sensor *pH meter kit* tipe electrode E201-C BNC dengan cairan standar pH, yaitu pada Tabel 3.

Tabel 1 Kalibrasi sensor pH

Ph 1	Nilai v
4,01	3,32
7	2,83
9,21	2,38

Berdasarkan data tabel 3 diatas, untuk hasilkan konversi nilai tegangan menjadi nilai pH, digunakan perhitungan regresi linear dimana metode statistika ini dapat mengukur korelasi antara variabel tetap (nilai pH) dan variabel bebas (tegangan), nilai linear bisa dihitung di excel maupun matlab dan dapat ditampilkan grafik sensor pH seperti Gambar 6. Didapatkan hasil kalibrasi sensor *pH meter kit* tipe electrode E201-C BNC yang sudah terkalibrasi dan sudah dapat digunakan pada mesin inkubasi yogurt drink untuk pengujian dengan susu pada proses inkubasi yogurt.



Gambar 6 Grafik sensor pH

3) Hasil pengujian Mesin inkubasi yogurt drink berbasis PLC dengan susu

Pengujian ini dilakukan 2 kali dengan susu murni sebagai acuan, untuk susu sebanyak 4 liter dan suhu yang diperlukan untuk proses penurunan suhu dari 43 °C untuk yang di gunakan yaitu 43 °C, Waktu fermentasi lebih dari 8 jam dan pH kurang dari 4,2 hasil pengujian suhu, waktu dan pH. Sebelum dilakukan pengujian dengan susu dilakukan pengujian alat terlebih dahulu. Dari pengujian penurunan temperatur dengan suhu awal 60°C dengan target sampai 43°C. Data hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil dari pengujian penurunan suhu awal sebelum proses inkubasi

Tahapan Proses penurunan suhu	Nilai suhu derajat celcius (°C)	Waktu Menit (m)
Suhu dari Mixing	60-> 51 °C	3 m
Suhu di tangki culturing	51-> 43°C	110 m
Total penurunan suhu	17°C	113 m
Rata-rata per 1°Celcius	60->43 °C	6.647 m

Dari Tabel 4 dapat dijelaskan bahwa dibutuhkan waktu selama 113 menit untuk proses penurunan suhu dari 60°C sampai 43°C dengan rata-rata penurunan suhu 6.647 menit per satu derajat celcius. Proses awal penurunan suhu terjadi secara drastis yaitu saat susu dikirim dari mesin pengaduk dan pemanas menuju tangki inkubasi terjadi penurunan suhu 9°C selama kurun waktu 3 menit. Proses selanjutnya adalah penurunan suhu susu saat berada di dalam tangki inkubasi, penurunan suhu terjadi secara bertahap.

4) Pengujian waktu penurunan tempratur saat proses inkubasi

Hasil dari pengujian waktu penurunan tempratur saat proses inkubasi, dengan suhu awal 43°C dengan suhu ruang pada pengujian di malam hari kota bogor sekitar 25-28°C ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengujian penurunan suhu saat proses inkubasi

Penurunan suhu pada proses inkubasi	Nilai suhu derajat celcius (°C)	Waktu Menit (m)
Total penurunan suhu di tangki culturing	43-> 28°C	499,8 m
Rata-rata per 1°Celcius	43-> 28°C	33,32 m

Berdasarkan Tabel 4.5 dari hasil pengujian penurunan suhu saat proses inkubasi dapat dijelaskan bahwa total penurunan suhu saat proses inkubasi *yogurt drink* di dalam tangki inkubasi. Proses dimulai dari suhu 43°C sampai 28°C terjadi dalam kurun waktu 499,8 menit atau 8,33 jam dengan rata-rata waktu penurunan suhu 33,32 menit per 1°C. Setelah proses inkubasi ini selesai, dapat dikatakan pembuatan yogurt dengan tekstur kental dari bahan baku susu murni berhasil dilakukan. Tahap selanjutnya adalah pembuatan yogurt drink dari yogurt yang sudah berhasil di inkubasi dengan cara dicampurkan gula dan pencampuran rasa (*flavour*) pada yogurt, Seperti data Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6 Proses pencampuran gula dan pencampuran rasa (*flavour*) pada yogurt

Penurunan suhu pada proses inkubasi	Nilai suhu derajat celcius (°C)	Waktu Menit (m)
Total penurunan suhu di tangki culturing	43-> 28°C	499,8 m
Rata-rata per 1°Celcius	43-> 28°C	33,3 m

Berdasarkan data Tabel 6, dibutuhkan total waktu 30 menit untuk proses pencampuran gula dan rasa. Proses pencampuran gula dilakukan untuk menghentikan proses pertumbuhan bakteri dan memberikan rasa manis pada yogurt. Proses pencampuran rasa dilakukan untuk memberi varian rasa pada yogurt drink yang sudah berhasil dibuat. Proses total pembuatan yogurt dari awal sampai akhir, seperti pada Tabel 7.

Tabel 7 Proses total pembuatan yogurt dari awal sampai akhir

Tahapan Proses	Waktu Menit (m)
Total penurunan suhu	113 m
Total penurunan pH saat inkubasi	499,8 m
Total waktu pencampuran gula dan rasa (<i>flavor</i>)	30 m
Total waktu	642,8 m

Berdasarkan data Tabel 7, waktu yang dibutuhkan untuk proses inkubasi yogurt drink adalah 642,8 menit atau sama dengan 10,713 jam. Tahapan proses dimulai dari penurunan suhu untuk proses penampuran bakteri di set point 43°C. Tahapan selanjutnya adalah proses penurunan pH dengan set point 4,2 saat inkubasi yogurt berlangsung. Proses selanjutnya yaitu proses pencampuran gula dan rasa (*flavor*) masing-masing selama 15 menit dan diakhiri dengan proses pengiriman susu ke tangka penyimpanan proses pemindahan yogurt ke botol atau wadah yang dilakukan oleh pompa output yang bisa dilakukan dengan secara otomatis dengan tombol push botton yang tersedia dengan mode manual supaya pengisian bisa di atur secara dinamis sesuai kebutuhan atau tempat yang tersedia. Berdasarkan pengujian yang telah dijelaskan dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan yogurt dikatakan berhasil dengan susu murni, gula dan perasa sebagai bahan bakunya.

IV. KESIMPULAN

Secara keseluruhan sistem deteksi ini sudah berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diinginkan namun masih terdapat beberapa kekurangan. Mengacu pada hasil dan bahasan, maka dapat ditarik simpulan seperti berikut:

- Rancang bangun ini hasilkan mesin inkubasi yogurt drink berbasis PLC.
- Hasilkan program ladder mesin inkubasi yogurt drink berbasis PLC, gunakan software GX-WORK2.
- Penelitian ini menghasilkan waktu tetap proses inkubasi dengan waktu 642,8 menit atau sama dengan 10,713 jam, dengan kapasitas yogurt yang dihasilkan 5 liter setiap satu siklus proses inkubasinya. Mesin ini permudah pembuatan yogurt drink dan mencegah kegagalan dalam pembuatan yogurt secara konvensional dikarenakan mesin ini dilengkapi dengan tempratur kontrol dan sensor pH untuk perhitungan dalam proses inkubasi dari awal pembuatan sampai yogurt selesai dibuat.

V. REFERENCES

- [1] H. C. Aprilia, "Pengaruh Penambahan Sari Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) Pada Pembuatan Yogurt Drink Ditinjau Dari Nilai Ph, Tingkat Sineresis Dan Nilai Aktivitas Air", Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya, (2018).

- [2] Widodo W. dan I.K. Laily. 2003. Pengolahan pasca panen susu menjadi yogurt di perusahaan sapi perah mulya jati. *Jurnal Dedikasi* 1 (1): 112-119.
- [3] Manab. A. 2008. Kajian sifat fisik yogurt selama penyimpanan pada suhu 4°C. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak* 3 (1): 52-58.
- [4] Z. Bashori, S. Sumardi, dan I. Setiawan. (2013). Pengendalian Temperature Pada Plant Sederhana Electric Furnace Berbasis Sensor Thermocouple Dengan Metode Kontrol Pid. di: *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, Vol. 2, No. 1, halm. 1-8. [Online]. Tersedia di: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/download/2058/2147>.
- [5] Tamime, A.Y. dan R.K. Robinson. 1999. *Yogurt: Science and Technology*. 2nd Edition. Woodhead Publishing. Cambridge.
- [6] Vedomuthu, E.R. 2006. *Starter Cultures for Yogurt and Fermented Milks*. Blackwell Publishing. Oxford.
- [7] Rahman, A., F. Srikandi, P.R Winiati, Suliantari dan C.C. Nurwitri. 1992. *Teknologi Fermentasi Susu*. Bogor. Penerbit Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [8] Winarno, 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [9] AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Benjamin Franklin Station. Washington DC. Badan Standarisasi Nasional. 1992. *Yogurt SNI 01-2981-1992*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [10] I.N Agiska1, E.S Budi, dan H.K. Safitri (2021, Mei), “Sistem Kendali PI Menggunakan PLC CP1H dan HMI pada Aplikasi Miniplant Pemanas Air”, di *Jurnal Elkolind* Vol. 8, No. 1, halm. 230. [Online]. Tersedia di: http://elkolind.polinema.ac.id/index.php/elkolind/article/download/266/pdf_1.
- [11] H. Hariyadi, M. Kamil, & P. Ananda, (2020). “Sistem Pengecekan pH Air Otomatis Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis Arduino Pada Sumur Bor”. *Rang Teknik Journal*, Vol. 3, No. 2, halm, 340-346. [Online]. Tersedia di: <http://jurnal.umsb.ac.id/index.php/rangteknikjournal/article/viewFile/1930/1609>.
- [12] Sumarkantini, (2018). “evaluasi kalibrasi transduser rtd pt100 dan termokopel type k”. *Jurnal of Electrical Power, Instrumentation and Control*, Vol. 1, No. 2, halm. 3-4. [Online]. Tersedia di: <http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit/article/download/1328/1292>.
- [13] Chamma, Bukry. (2015). *Perancangan Alat Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535*. Medan: Universitas Sumatera Utara. [Online]. hlm. 1-7. Tersedia: <https://docplayer.info/49688355-Perancangan-alat-pengisi-baterai-lead-acid-berbasis-mikrokontroler-tmega-8535.html>.
- [14] H. Hariyadi, M. Kamil, & P. Ananda, (2020). “Sistem Pengecekan pH Air O Widodo, Soeparno dan E. Wahyuni. 2002. Bioenkapsulasi Probiotik (*Lactobacillus casei*) dengan Pollard dan Tepung Terigu serta Pengaruhnya Terhadap Viabilitas dan Laju Pengasaman. *Jurnal Teknologi Indonesia Pangan* 14 (2): 98-106. otomatis Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis Arduino Pada Sumur Bor”. *Rang Teknik Journal*, Vol. 3, No. 2, halm, 340-346. [Online]. Tersedia di: <http://jurnal.umsb.ac.id/index.php/RANGTEKNIKJOURNAL/article/viewFile/1930/1609>.
- [15] Biswas, Abdur Rahim, dan Raffaele Giaffreda. (2014, Maret). *IoT and cloud convergence: Opportunities and challenges*. Dipresentasikan pada IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT). [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2014.6803194>.

- [16] U. S. Khair, (2020), “Alat Pendeteksi Ketinggian Air Dan Keran Otomatis Menggunakan Water Level Sensor Berbasis Arduino Uno. *Wahana*”, di *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UISU*, Vol. 9, No. 1, halm 9-15. [Online]. Tersedia di: <https://www.jurnal.uisu.ac.id/index.php/wahana/article/download/2632/1755>.
- [17] A. Riyanto dan M.Syafrullah. “Pemantauan Suhu Pada Sistem Pemanas Air Menggunakan Temperatur Kontrol Dengan Metode PID Ziegler Nichols Berbasis Web”, Skripsi, Program Studi Magister Ilmu Komputer, Program Pascasarjana, Universitas Budi Luhur, (2018).
- [18] Y. Rahmanto, A. Rifaini, S. Samsugi, & S. D. Riskiono, (2020). “Sistem Monitoring pH Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO”. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, Vol. 1, No. 1, halm 23-28. [Online]. Tersedia di: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/jtst/article/viewFile/711/469>.
- [19] U. Khair, (2020), “Alat Pendeteksi Ketinggian Air Dan Keran Otomatis Menggunakan Water Level Sensor Berbasis Arduino Uno”. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UISU*, halm 9-15, 9(1). [Online]. Tersedia di: <https://www.mendeley.com/reference-manager/library/all-references>.
- [20] Ihsanto, E., & Hidayat, S. (2014). Rancang bangun sistem pengukuran pH meter dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno. *Jurnal teknologi elektro*, 5(3), 142372. [Online]. Tersedia di: <https://www.neliti.com/publications/142372/rancang-bangun-sistem-pengukuran-ph-meter-dengan-menggunakan-mikrokontroler-ard>.
- [21] How to use a PH probe and sensor. Diakses tanggal 7 juli 2022 [Online]. Tersedia: <https://cdn.awsli.com.br/969/969921/arquivos/ph-sensor-ph-4502c.pdf>//tanpa penulis.
- [22] Kho, D., Teknik Elektronika Pengertian Relay dan Fungsinya. (2020). Diakses tanggal 7 juli 2022 [Online]. Tersedia: <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay>.
- [23] Muliawati, F., & Wahyudi, R. (2014) penerapan plc mitsubishi fx2n-series sebagai pengganti seltime-1000 untuk kontrol timer proses produksi ban pada mesin tire curing press”. *Juteks vol 1*, no 1 [Online]. Tersedia di: <http://dx.doi.org/10.32832/juteks.v1i1.742>.
- [24] Widayan, Nur., S. (Januari 2018) instrumentasi, tutorial instalasi. [Online]. Tersedia di: <https://www.catataninstrumatika.com/2018/01/sensor-suhuthermocouple.html>