

Modifikasi Autoclave Hansin Hs-85e Berbasis Programmable Logic Control (PLC) (Programmable Logic Controller)

Slamet Budi Utomo, Tribowo Indrato, Moch. Prastawa Assalim T.P.
Jurusan Teknik Elektromedik Poloteknik Kesehatan Kemenkes, Surabaya
Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia
slametvanjava@gmail.com, tribowo.tem81@gmail.com, mpatp77@gmail.com

Abstrak—Autoclave merupakan peralatan yang berfungsi untuk sterilisasi berbagai peralatan medis. Autoclave sangat vital penggunaannya mengingat pentingnya alat sebagai bagian dari produksi utama sebuah rumah sakit. Autoclave jenis gravity displacement ini memanfaatkan keringanan uap air panas yang dipindahkan berdasarkan gravitasi. Suhu yang ditentukan sebesar 121°C dan 132°C dengan waktu yang digunakan sesuai kebutuhan sterilisasi. Pembuatan alat modifikasi ini menggunakan programmable logic control (PLC)– Siemens S7-200 sebagai pengontrol utama seluruh rangkaian. Hasil suhu dan waktu akan ditampilkan pada *human machine interface* (HMI). Berdasarkan pengukuran suhu terhadap thermocouple tusuk didapat nilai pembacaan display pada setting suhu 121°C selama 15 menit memiliki error sebesar -0,003%, pada setting suhu 132°C selama 15 menit memiliki error sebesar -0,003%. Sedangkan pengukuran suhu terhadap kalibrator (data logger) didapat nilai pembacaan display pada setting suhu 133°C selama 15 menit memiliki error sebesar 0,004%. Secara keseluruhan dari kinerja sistem dan berdasarkan hasil kalibrasi yang telah dilakukan menyatakan bahwa alat modifikasi ini layak pakai dan sesuai untuk digunakan pada proses sterilisasi.

Kata kunci—Autoclave; Suhu; PLC; HMI

I. PENDAHULUAN

Autoclave merupakan peralatan untuk mensterilkan berbagai macam alat dan bahan menggunakan uap air panas bertekanan tinggi. *Autoclave* pada umumnya digunakan untuk mensterilkan alat atau bahan pada suhu 121 °C sampai 134 °C dengan tekanan yang digunakan 15 Psi atau sekitar 2 Atm selama kurang lebih 45 menit waktu pemanasan dan 15 menit untuk proses sterilisasi[1].

Autoclave jenis *gravity displacement* memanfaatkan keringanan uap air daripada udara. Uap panas dipindah berdasarkan gravitasi dan masuk kedalam *chamber autoclave* sehingga udara tertekan kebawah hingga seluruh bagian *autoclave* dipenuhi uap kemudian suhu akan meningkat dan terjadi sterilisasi. Proses sterilisasi *autoclave* memiliki hubungan parameter tekanan, suhu dan waktu untuk membunuh endospora yaitu sel resisten yang diproduksi oleh bakteri, sel ini tahan terhadap pemanasan, kekeringan, dan antibiotik. Berikut tabel hubungan tekanan, suhu dan waktu pada sterilisasi autoclave[2].

Saat ini penggunaan alat *autoclave* pada rumah sakit merupakan hal yang vital mengingat pentingnya alat sebagai bagian alat produksi utama dalam sebuah rumah sakit salah satunya pada Rumah Sakit Onkologi Surabaya, penulis menemukan alat *autoclave* yang bekerja secara manual, sehingga banyak kelemahan dalam perawatannya, hal ini tentu akan menyita banyak tenaga dan waktu bagi pengguna. Selain itu pada alat tersebut mengalami kerusakan pada heater, belum

terdapat *safety* pada *door lock* dan pada saat *overheat* pada *chamber* ataupun *steam generator*, selain itu tidak adanya pengontrol level air sehingga pengguna harus terus memantau kondisi air setiap saat. Dalam penelitian sebelumnya alat *autoclave* hanya sebatas memodifikasi dengan menggunakan mikrokontroler yang cenderung tidak tahan lama sehingga daya tahan alat menjadi kurang optimal, sehingga digunakanlah kontrol PLC dimana PLC dioptimalkan untuk tugas – tugas pengontrolan dan pengoperasian yang sesuai dengan alat modifikasi ini [3]

Berdasarkan hasil identifikasi masalah diatas, maka penulis akan merencanakan alat autoclave yang semula manual menjadi otomatis dengan sistem kontrol yang tahan lama berupa PLC dengan membuat “Modifikasi *Autoclave* Hansin HS-85E berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*)”.

II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

A. Percobaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan objek langsung dari alat hasil modifikasi yang dilakukan dengan pengukuran suhu 121 °C dan 132 °C selama 15 menit menggunakan pembanding dan dengan kalibrasi.

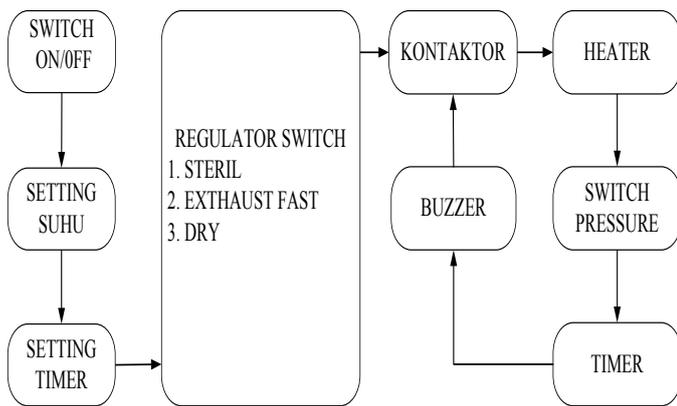
1) Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan pembandingan *thermocouple* tusuk yang diletakkan pada *chamber* dan *generator steam*. Komponen yang digunakan menggunakan PLC Siemens S7-200 sebagai rangkaian kontrol utama, *limit switch*, *look door safety*, sensor PT-100 3 wire, rangkaian *water level control*, rangkaian *water pump*, dan tampilan kontrol HMI *weinview*.

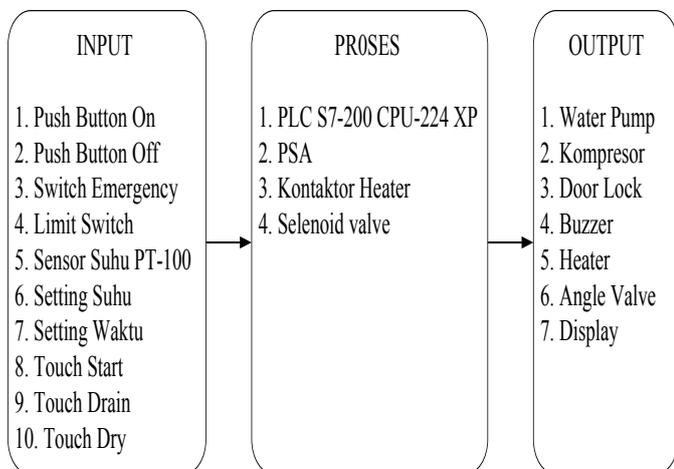
2) Percobaan

Pada penelitian ini peneliti menggunakan pengukuran langsung dengan menggunakan *thermocouple* tusuk yang terletak pada *chamber* dan *generator steam* melalui tampilan *display* HMI. Pengukuran suhu dengan pembandingan dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada suhu 121 °C dan 132 °C selama 15 menit. Serta pengukuran terhadap kalibrator (data logger) pada suhu 133 °C dengan waktu 15 menit.

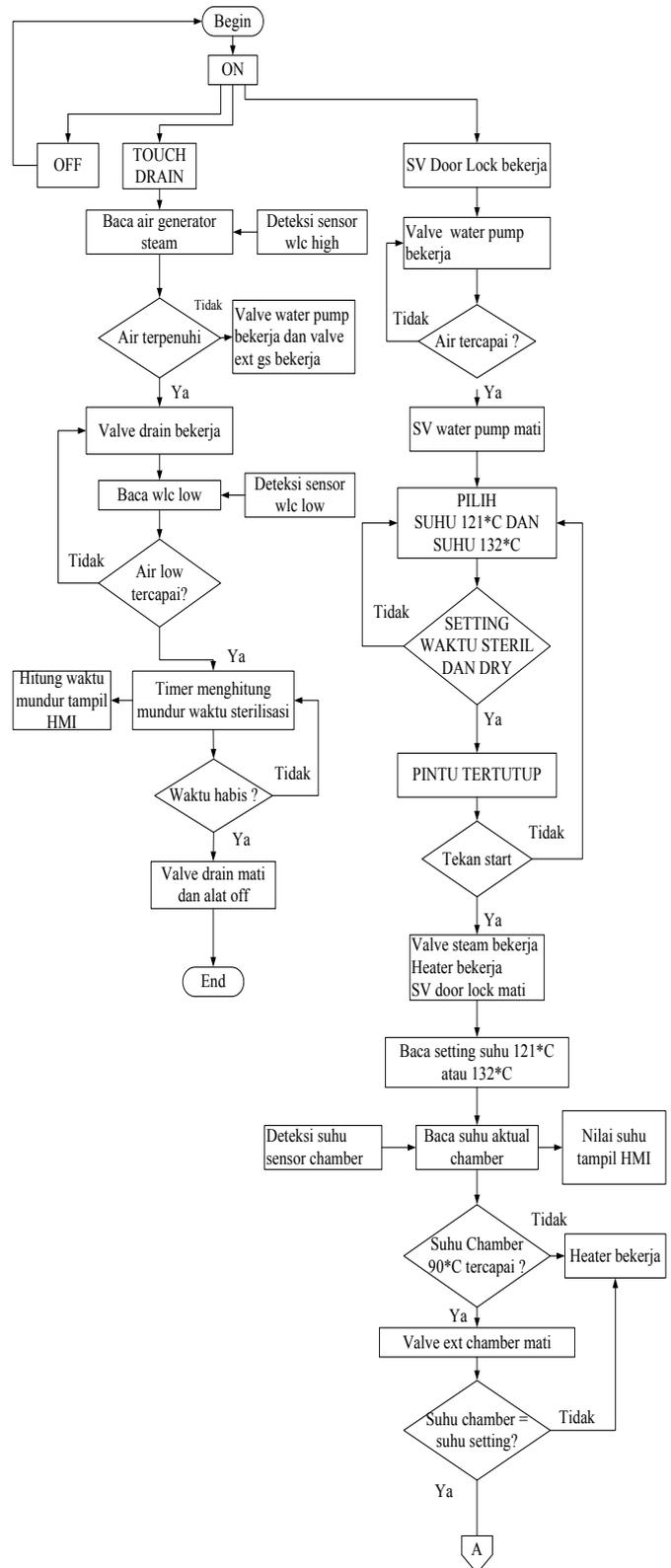
B. Diagram Blok



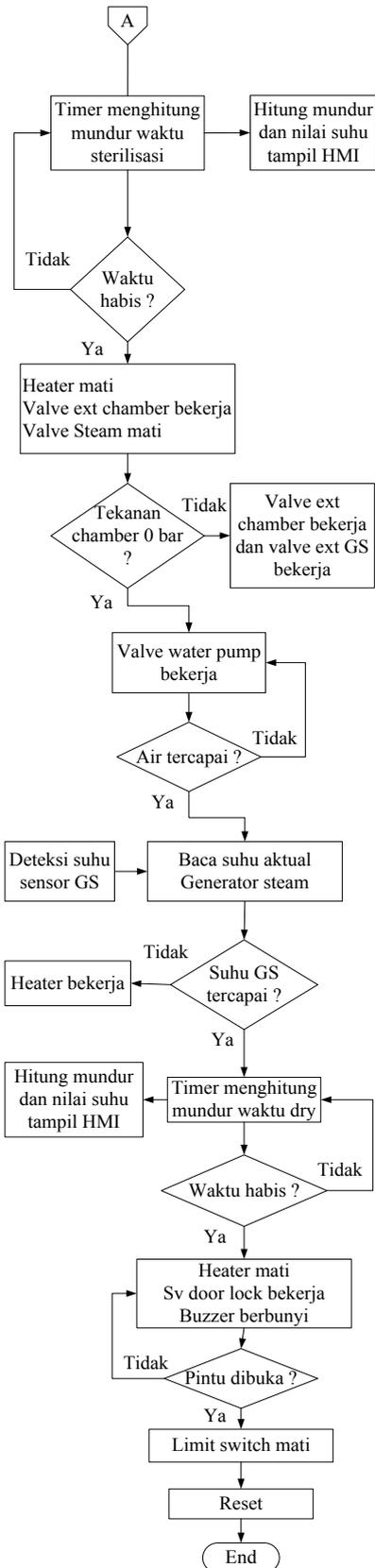
Gambar 1. Diagram sebelum modifikasi.



Gambar 2. Diagram sesudah modifikasi

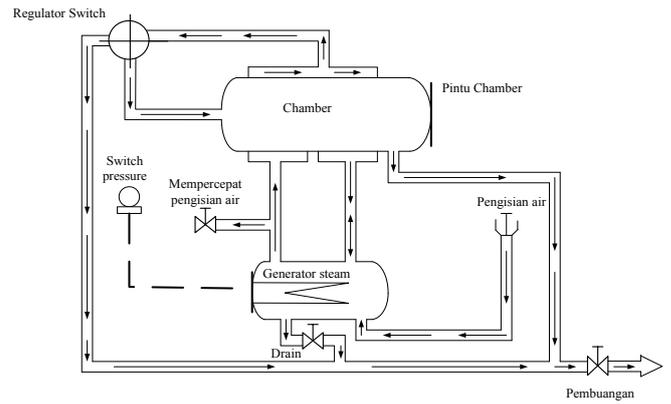


Gambar 3. Diagram alir proses.

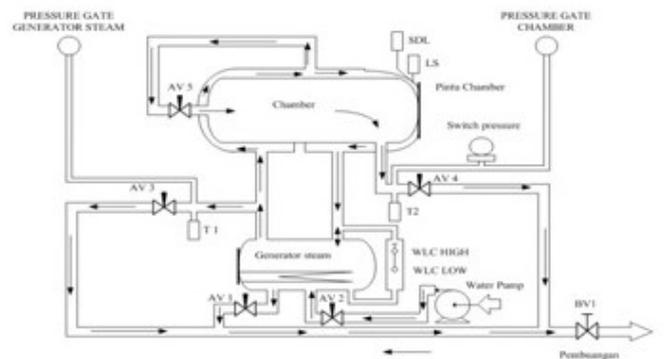


Gambar 4. Diagram Alir Proses.

C. Sistem Mekanik



Gambar 5. Sistem Mekanik Sebelum Modifikasi.

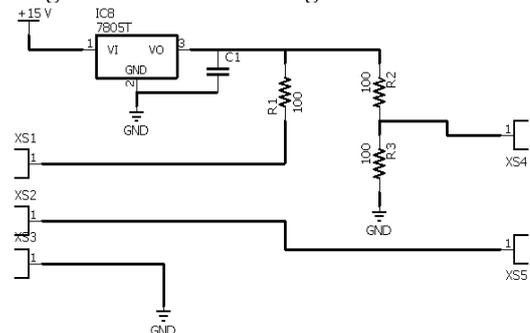


Gambar 6. Sistem Mekanik Setelah Modifikasi.

D. Rangkaian

Terdiri dari rangkaian pengondisi sinyal sensor PT 100 rangkaian tersebut terdiri dari rangkaian jembatan *wheatstone*, rangkaian instrument, rangkaian differential, rangkaian inverting, rangkaian komparator, dan rangkaian TTL (wiring diagram)

1) Rangkaian Wheatstone Bridge.

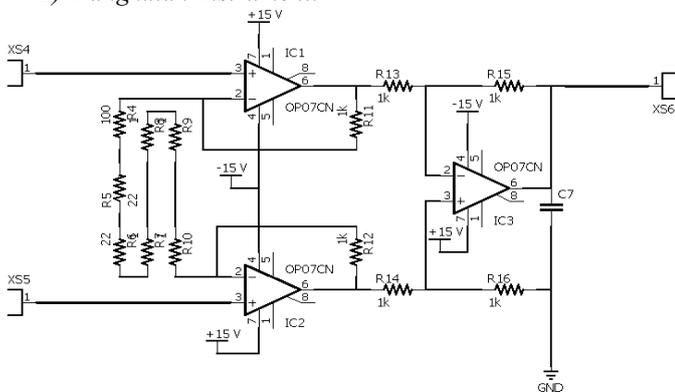


Gambar 7. Rangkaian Wheatstone bridge.

Tegangan *input* sensor PT-100 menggunakan tegangan 5 volt DC dan resistor 100 ohm dengan toleransi 1%. Dari rangkaian diatas dapat dihitung nilai tegangan XS4 dan XS5 dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{XS4-5} = \left(\frac{R_{PT}-100}{R1+R_{PT}-100} - \frac{R3}{R2+R3} \right) \times VCC. \quad (1)$$

2) Rangkaian Instrument.



Gambar 8. Rangkaian Instrument.

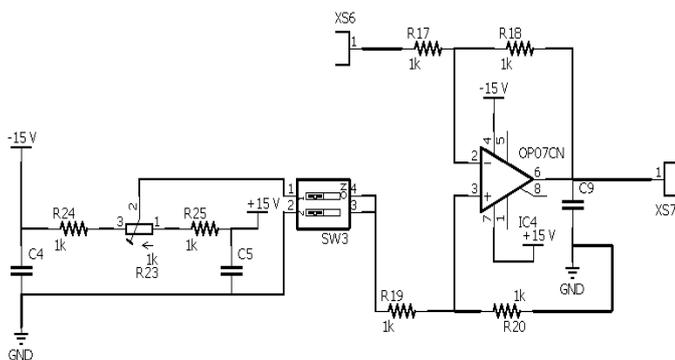
Rangkaian instrumentasi berfungsi untuk mendapatkan satu tegangan output dari selisih 2 input tegangan. Dengan syarat nilai $R11 = R12$, $R13 = R14$, $R15 = R16$, dan $R_{gain} = R33 + R34 + R35 + R36 + R37 + R38 + R39$. Untuk mendapatkan nilai output dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{XS6} = \left(\left(1 + \left(\frac{2R11}{R_{gain}} \right) \right) \frac{R15}{R13} \right) \times V_{XS4-5}. \quad (2)$$

Keterangan :

- R11 = 1K ohm.
- R13 = 1K ohm.
- R15 = 1K ohm.
- R_{gain} = 148 ohm.

3) Rangkaian Differential Amplifier.

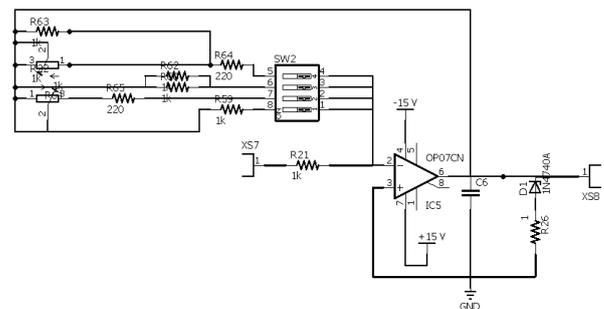


Gambar 9. Differential amplifier

Pada rangkaian *differential amplifier* berfungsi sebagai rangkaian pengurangan dan berfungsi sebagai adjust yang bertujuan untuk mengatur nilai output dari rangkaian *instrumentation amplifier* agar sesuai dengan nilai suhu yang sebenarnya. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka nilai $R17 = R19$ dan $R18 = R20$. Dalam rangkaian *differential* nilai *output* dapat diketahui dengan cara memasukkan rumus sebagai berikut :

$$V_{XS7} = \frac{R18}{R17} \times (V_{DIP} - V_{XS6}). \quad (3)$$

4) Rangkaian Inverting.

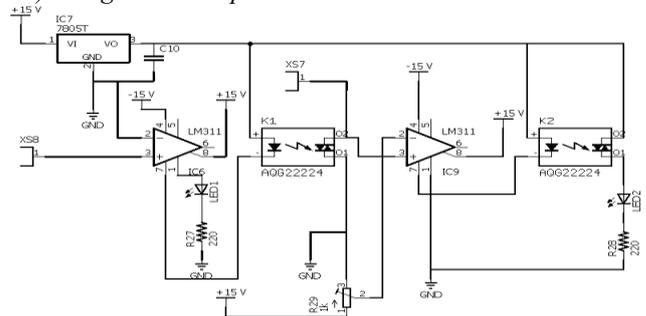


Gambar 10. Rangkaian Inverting.

Pada rangkaian inverting berfungsi sebagai penguatan akhir dan pembalik fasa, karena *output* dari V_{XS7} berupa tegangan negatif. Dioda zener sebagai pembatas tegangan *output* sebesar 10 volt, agar batasan ADC pada PLC sesuai dengan range yang dibutuhkan yaitu 0 sampai 10 VDC. Sehingga didapat nilai *output* dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{XS8} = - \frac{RDIP}{R21} \times V_{XS7}. \quad (4)$$

5) Rangkaian Komparator.

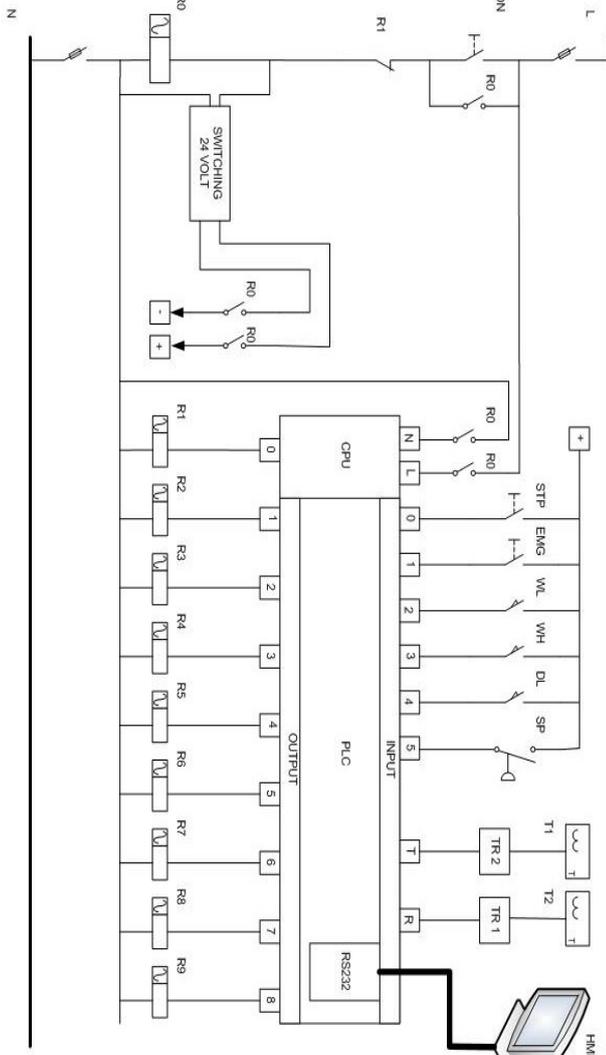


Gambar 11. Rangkaian Komparator

Pada rangkaian komparator ini berfungsi untuk membandingkan dua nilai input yaitu nilai *output high* dan *low*. Pada rangkaian komparator menggunakan IC op-amp LM311 yang didalamnya terdapat transistor NPN sebagai driver output

IC. SSR berfungsi sebagai driver lampu LED untuk indikator output PSA bila *over high temperature* dan *low temperature*.

6) Rangkaian Elektrik.



Gambar 12. Diagram Rangkaian Elektrik

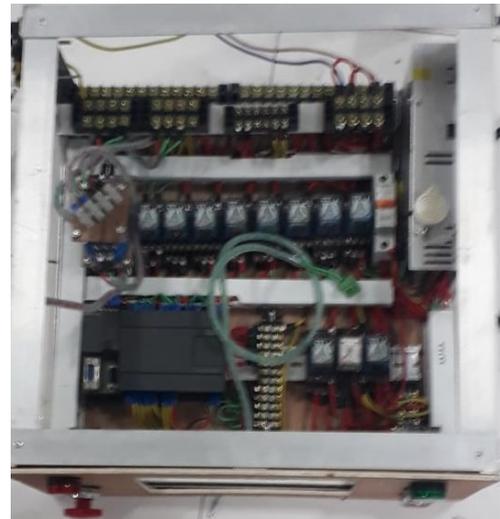
Rangkaian *electric* ini menggunakan modul PLC Siemens s7-200 CPU 224XP. Display yang digunakan ialah HMI Weinview dengan ukuran 7 inch, menggunakan relay 220 Volt. Tegangan supply yang dibutuhkan sebesar 24 Volt.

III. HASIL

Pada penelitian telah dilakukan pengukuran suhu dengan pembandingan thermocouple tusuk yang ada pada *autoclave* serta dilakukan kalibrasi dengan data logger. Hasil suhu didapat dari data pada display HMI *autoclave*. Pengambilan data pada ruang *chamber* dengan setting suhu 121°C dan 132°C tanpa menggunakan sistem kontrol Drying dengan setting waktu untuk proses sterilisasi selama 15 menit.



Gambar 13. Pengukuran menggunakan bimetal thermometer



Gambar 14. Disain PLC dan Relay

A. Hasil Modifikasi Autoclave Hansin HS-85E



Gambar 15. Hasil Modifikasi tampak depan



Gambar 16. Hasil Modifikasi tampak belakang



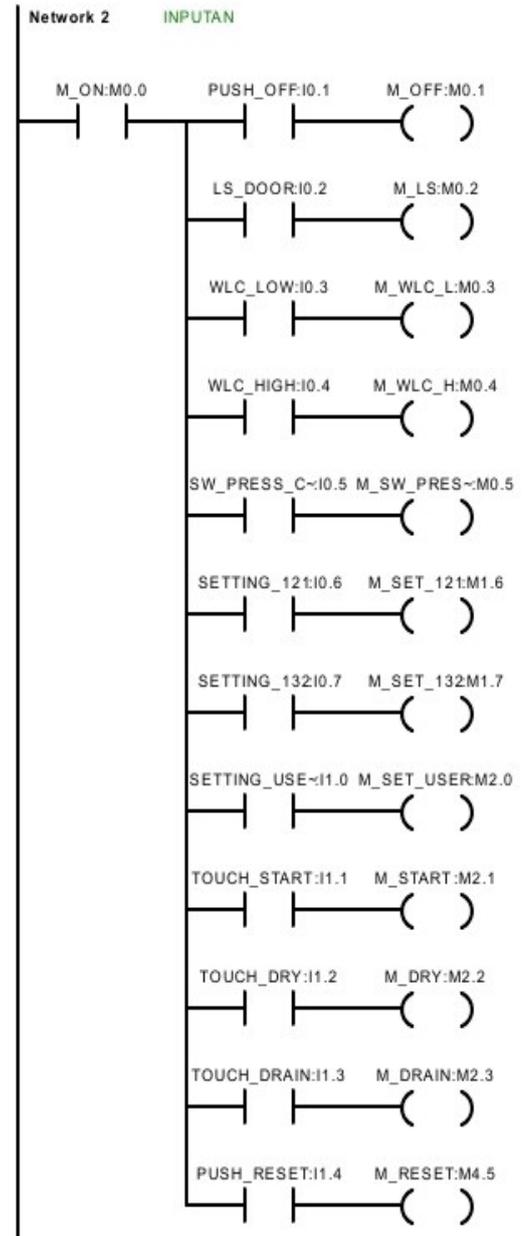
Gambar 17. Hasil penempatan water level control



Gambar 18. Hasil penempatan door lock pada pintu autoclave

1) Hasil Program Ladder PLC Siemens S7 – 200

Program PLC Siemens S7-200 menggunakan bahasa ladder dengan menggunakan software Step7-Micro/WIN.^[4]

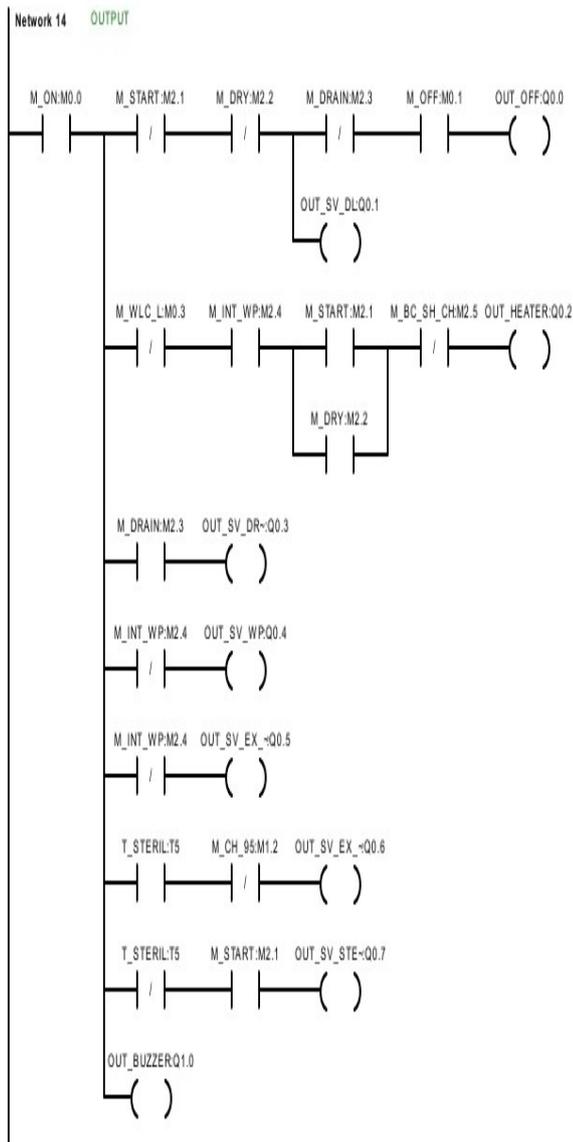


Gambar 19. Ladder Input PLC

Program PLC ini menggunakan bahasa *ladder* yaitu berupa simbol NO dan NC. Untuk menggunakan *input* pada PLC simbol NO diberi alamat *input* seperti contoh I0.1 yang berarti input nomer 1, dan inputan PLC mulai dari 0 sampai 7. Pada

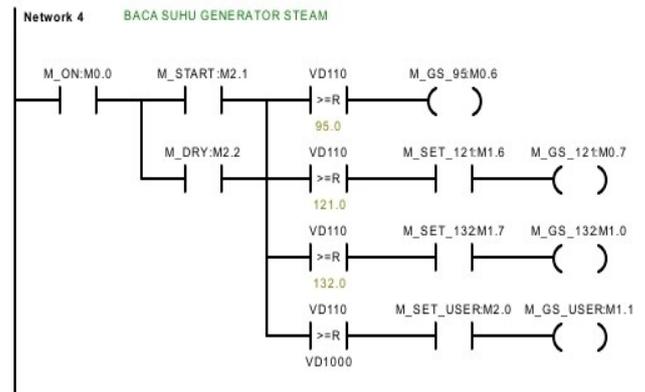
program diatas ketika M0.0 aktif yang merupakan dari kontak *relay* R0 sehingga membuat I0.1 sampai I0.7 dan I1.0 sampai I1.4 dapat diaktifkan. Ketika pintu *chamber* tertutup maka *limit switch* tertekan dan I0.2 aktif maka koil M0.2 akan aktif sehingga dapat menjalankan proses. Ketika proses pengisian air pada *generator steam* akan menyentuh WLC *low* pada kondisi air kurang dan menyentuh WLC *high* pada kondisi air terpenuhi sehingga I0.3 dan I0.4 aktif maka koil M0.3 dan M0.4 akan aktif sehingga dapat menjalankan proses selanjutnya.

interlock water pump aktif, dan tombol *start* steril diaktifkan maka Q0.2 akan menyala.

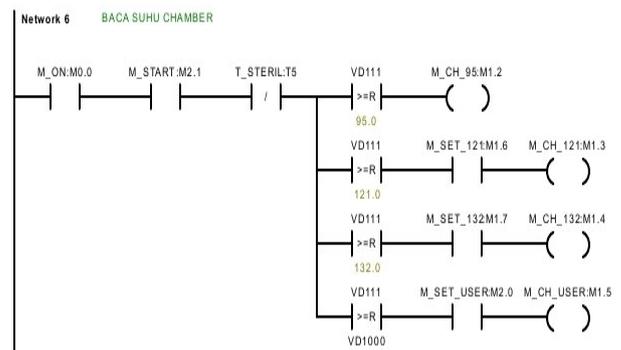


Gambar 20. Ladder Output PLC

Pada saat Input PLC aktif maka akan menjalankan proses yang berupa output coil internal dan external PLC. Dari gambar diatas dapat dijelaskan bila alat dinyalakan maka kontak M0.0 aktif sehingga *door lock* membuka dengan Q0.1 aktif, *heater* akan menyala bila WLC *low* tercapai, kontak

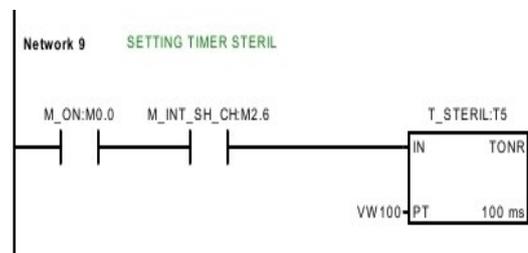


Gambar 21. Ladder setting suhu generator steam



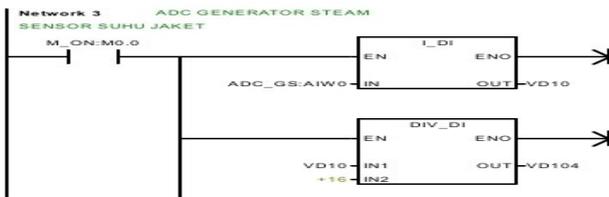
Gambar 22. Ladder setting suhu chamber

Pada rangkaian diatas untuk memilih settingan sebagai batasan suhu generator steam dan *chamber* ketika proses steril berlangsung. Pada saat M0.0 dan M2.1 aktif maka M0.7;M1.0;M1.1;M1.3;M1.4;M1.5 akan siap aktif bila suhu yang dipilih tercapai.

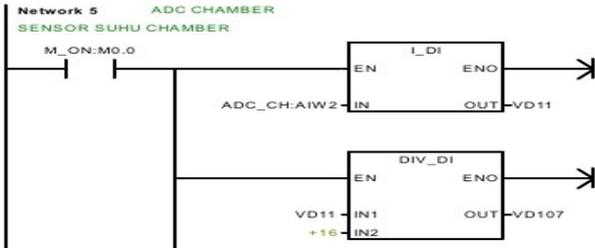


Gambar 23. Ladder timer steril

Pada rangkaian timer PLC dengan inisialisasi PT digunakan untuk settingan besar timer yang data berupa WORD dengan tipe data 32 bit *unsigned*. Pada rangkaian diatas diberi inisialisasi VW100 yang pada komunikasi dengan HMI diberi inisialisasi yang sama yaitu VW100.



Gambar 24. Ladder ADC generator steam

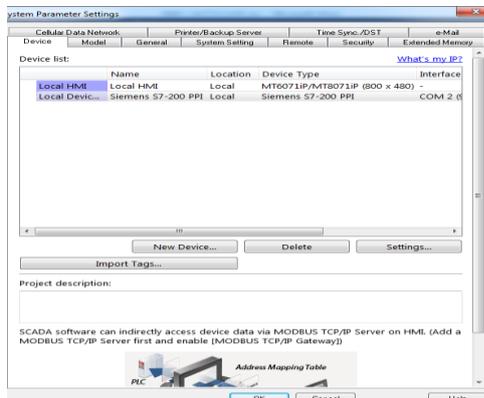


Gambar 25. Ladder ADC chamber

Rangkaian ADC pada PLC menggunakan inputan dengan range tegangan sebesar 0 sampai 10 volt DC. Inisialisasi pada PLC yaitu AIW0 dan AIW2 yang memiliki pengertian Analog Input Word, jadi nilai tegangan yang masuk pada ADC PLC dirubah menjadi nilai 32 BIT yang sebesar 0 sampai 32.000. Dari nilai AIW dikonversikan ke bentuk *double interger* sehingga nilai koma dapat ditampilkan ke HMI.

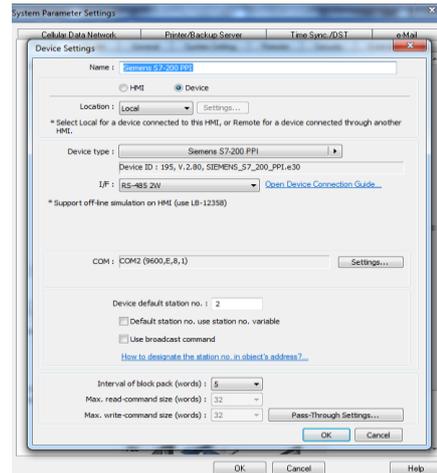
2) Hasil Program HMI

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sebuah interface atau tampilan penghubung antara manusia dengan mesin. HMI juga merupakan user interface dan sistem kontrol untuk manufaktur.^[5]



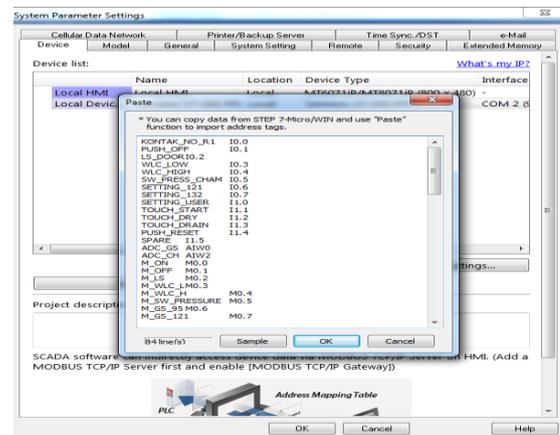
Gambar 26. Setting HMI

Sebelum memulai program HMI harus *setting* tipe perangkat keras yang akan digunakan yaitu pada PLC dan HMI untuk mensinkronkan program.



Gambar 27. Komunikasi HMI dengan PLC

Agar HMI dan PLC dapat melakukan komunikasi maka setelah setting tipe perangkat keras yang digunakan kemudian setting interface kabel yang digunakan dalam berkomunikasi yaitu RS-485 2W. Dan setting komunikasi HMI dengan *computer* atau laptop dengan komunikasi LAN supaya HMI dapat diupload maupun download.

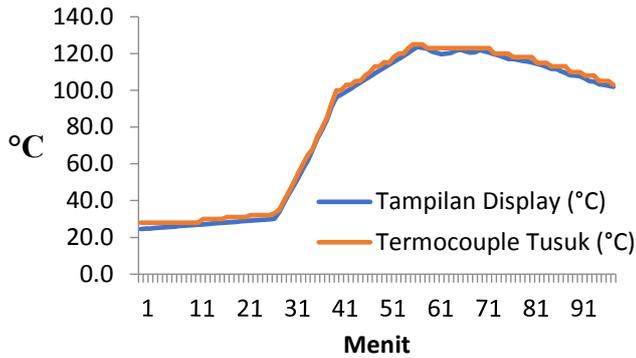


Gambar 28. Sinkron komunikasi HMI dengan PLC

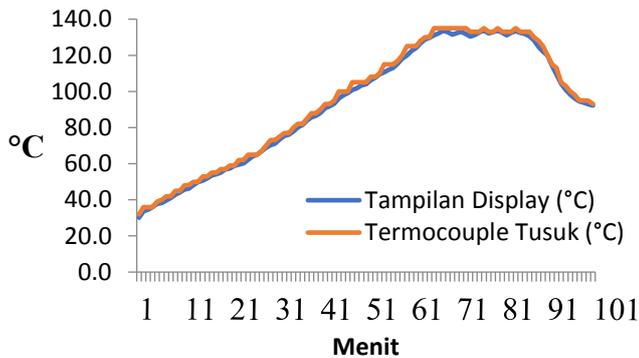
Setelah semua setting tipe dan *interface* perangkat keras selesai maka dapat disinkronkan antara HMI dan PLC dengan cara inisialisasi symbol PLC pada gambar 6.5 di copy kedalam inisialisasi symbol HMI.

3) Hasil Pengukuran

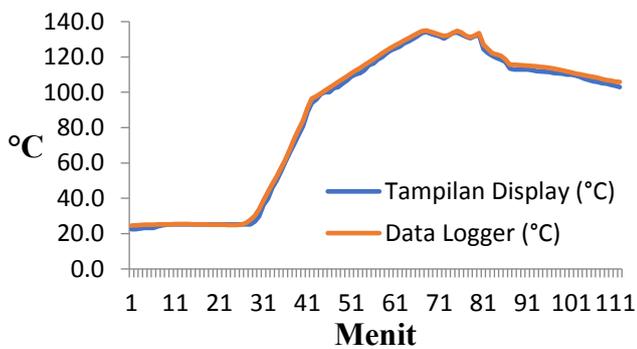
Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan pembanding suhu thermocouple tusuk, didapat grafik hasil proses sterilisasi selama 15 menit pada suhu 121°C dan 132 °C sebagai berikut.



Gambar 29. Grafik pengukuran suhu 121°C



Gambar 30. Grafik Pengukuran suhu 132 °C



Gambar 31. Grafik pengukuran suhu 133 °C

TABLE I. ERROR PENGUKURAN

Data	Rata-Rata (°C)	Suhu Setting (°C)	Error (%)
Display	121.4	121	-0.003
Display	132.4	132	-0.003
Display	132.4	133	0.004
Termocouple	123.4	121	-0.020
Termocouple	133.8	132	-0.014
Data Logger	133.23	133	-0.002

Dari grafik hasil pengambilan data di atas, dapat diketahui bahwa untuk mencapai titik setting 133oC dibutuhkan waktu sekitar 55 menit dan untuk mencapai titik setting 132oC dibutuhkan waktu sekitar 65 menit. Selama 15 menit waktu sterilisasi nilai suhu turun hingga ± 2 oC di bawah titik setting. Bahkan beberapa data menunjukkan bahwa suhu *chamber* mengalami kenaikan sebesar 2 oC di atas suhu setting.

4) Nilai Error dari pengukuran Autoclave

Nilai *error* didapat dari hasil pengukuran suhu berdasarkan data display pada autoclave, data *thermocouple*, serta data logger yang masing-masing dilakukan selama 15 menit. Kemudian dari data tersebut dihitung sehingga didapat nilai *error* seperti pada tabel 1 berikut ini.

IV. PEMBAHASAN

Modifikasi *autoclave* hansin HS-85 E dapat dikontrol dengan PLC Siemens S7-200 menggunakan program ladder. Selain itu alat modifikasi ini menggunakan tampilan HMI weinview yang secara langsung terhubung dengan internet menggunakan komunikasi LAN. Berdasarkan pengukuran suhu terhadap pengukuran *thermocouple* tusuk didapat nilai pembacaan *display* pada setting suhu 121°C selama 15 menit memiliki error sebesar -0,003%, pada setting suhu 132°C selama 15 menit memiliki error sebesar -0,003%. Sedangkan pengukuran suhu terhadap kalibrator (data logger) didapat nilai pembacaan *display* pada setting suhu 133°C selama 15 menit memiliki error sebesar 0,004%. Secara keseluruhan dari kinerja sistem dan berdasarkan hasil kalibrasi yang telah dilakukan menyatakan bahwa Modifikasi *Autoclave* Hansin HS-85E berbasis PLC layak pakai dan sesuai untuk digunakan pada proses sterilisasi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini digunakan untuk mengoptimalkan alat *autoclave* merk hansin HS-85 E yang masih bekerja manual dan terdapat kerusakan pada alat. Setelah dilakukan modifikasi dengan menggunakan control PLC Siemens S7 – 200 didapat kan hasil pengukuran suhu yang sesuai dengan sistem yang diinginkan, selain itu hasil dari pengukuran terhadap kalibrator (*data logger*) didapat kan hasil yang menyatakan bahwa alat autoclave HS-85E modifikasi menggunakan PLC layak pakai dan dapat digunakan dalam proses sterilisasi.

REFERENCES

- [1] M. Hendrati, "Prinsip Sterilisasi Menggunakan Autoclave," 2016. [Online]. Available: <https://biounsoed.ac.id/prinsip-sterilisasi-menggunakan-autoclave.html>. [Accessed: 15-Sep-2018].
- [2] J. A. Morello, P. A. Granato, and H. E. Mizer, "Laboratory Manual and Workbook in Microbiology." Mc-Graw Hill, New York, 2003.
- [3] W. Bolton, *Pemrograman Logic Controller (PLC), Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga, 2004.
- [4] Siemens, *Simatic S7-200 Programmable Logic Controller System Manual*. 2005.
- [5] Weintek, "HMI Weinview," 2017. [Online]. Available: <http://weintek.com/user-manual.html>.