

**PENGEMBANGAN SISTEM KENDALI POMPA
SEKUNDER REAKTOR KARTINI
BERBASIS *Programmable Logic Controller S7-1200***

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh:
Namira Tsabita Fii Silmi Kaafah
20106020022

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2024



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-868/Un.02/DST/PP.00.9/06/2024

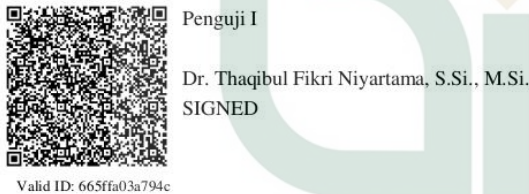
Tugas Akhir dengan judul : Pengembangan Sistem Kendali Pompa Sekunder Reaktor Kartini Berbasis Programmable Logic Controller S7-1200

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NAMIRA TSABITA FII SILMI KAAFAH
Nomor Induk Mahasiswa : 20106020022
Telah diujikan pada : Rabu, 29 Mei 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR





SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Namira Tsabita Fii Silmi Kaafah
NIM : 20106020022
Judul Skripsi : Pengembangan Sistem Kendali Pompa Sekunder Reaktor Kartini Berbasis *Programmable Logic Controller S7-1200*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 17 Mei 2024

Pembimbing II

Frida Agung Rakhmadi M.Sc
NIP. 197805102005011003

Pembimbing I

Iksan Shobari M.Eng
NIP. 197308081998031005

MOTTO

*Never be afraid to try something new because life gets boring when you stay
within the limits of what you already know*



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk:

Allah SWT.

Diri saya sendiri

Kedua orang tua penulis Bapak Salis Dharmasasmita dan Ibu Sri Marmi

Abang Jihad Abdurahman Fauzi

Naima Qolbi Khoirihi Ahsani

Fisika 2020

Study Club Fisika Instrumentasi

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, puja dan puji syukur kepada Allah SWT berkat rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGEMBANGAN SISTEM KENDALI POMPA SEKUNDER REAKTOR KARTINI BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER S7-1200*” dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, semoga kita mendapatkan syafaatnya.

Penulisan skripsi ini merupakan bentuk tanggung jawab penulis untuk menyelesaikan studi yang merupakan salah satu syarat kelulusan. Penulis berharap tulisan ini dapat membawa manfaat dan keberkahan terhadap berbagai macam pihak. Dalam penyusunan serta pelaksanaan tugas akhir ini penulis telah mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Salis Dharmasasmita dan Ibu Sri Marmi. Kedua saudara penulis, Abang Jihad dan Naima. Terimakasih telah menemani penulis dalam keadaan keluarga saat senang maupun susah. Terima kasih atas kasih sayang dan doa yang diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

4. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Bapak Ikhsan Sobari, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing pertama dalam penelitian tugas akhir ini, terima kasih banyak atas waktu dan kesabaran yang diberikan dalam memberikan bimbingan, nasehat, serta motivasi yang tiada henti.
6. Bapak Frida Agung rakhmadi, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing kedua dalam penulisan skripsi ini.
7. Bapak Zulfikar Elran Bhagaskara S.ST., terimakasih telah memberi ilmu dan masukan selama penulisan skripsi.
8. Teman-teman terdekat penulis: Anya, Nanda, Intan, Tari, Nahda, Anjaly, dan Sadewa.
9. Teman-teman Fisika 2020.
10. *Study Club* Fisika Instrumentasi.
11. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PENGEMBANGAN SISTEM KENDALI POMPA SEKUNDER REAKTOR KARTINI BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER* S7-1200

Namira Tsabita Fii Silmi Kaafah
20106020022

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini yaitu dengan membuat sistem keamanan pompa sekunder yang berupa sistem *interlock*. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengintegrasikan sistem kendali pompa sekunder dengan sistem kendali Reaktor Kartini dan menguji kinerja dari sistem tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan empat tahapan, yaitu studi literatur, pembuatan program *interlock* sistem kendali pompa sekunder, pengintegrasian sistem kendali pompa sekunder dengan sistem kendali Reaktor Kartini, serta pengujian dari sistem tersebut. Program *interlock* dilengkapi dengan antarmuka indikator pompa sekunder yang dibuat menggunakan perangkat lunak TIA Portal dan LabVIEW. Antarmuka indikator pompa sekunder dibuat menggunakan relai dan PLC S7-1200. Sistem kendali pompa sekunder yang telah dikembangkan diintegrasikan dengan sistem kendali Reaktor Kartini. Pengujian sistem meliputi pengujian fungsionalitas sistem kendali pompa sekunder dan sistem *interlock* tiga pompa. Sistem telah berhasil dibuat dan diintegrasikan. Sistem yang telah dibuat juga telah berhasil diuji fungsionalitasnya dengan nilai persentase 100% untuk sistem kendali pompa sekunder dan sistem *interlock* tiga pompa.

Kata Kunci : Pompa Sekunder, antarmuka, PLC, *Interlock*.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DEVELOPMENT OF KARTINI REACTOR SECONDARY PUMP CONTROL SYSTEM BASED ON PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER S7-1200

Namira Tsabita Fii Silmi Kaafah
20106020022

ABSTRACT

This research aims to develop the Kartini Reactor secondary pump control system by creating a secondary pump safety system in the form of an interlock system. This research also aims to integrate the secondary pump control system with the Kartini Reactor control system and test the performance of the system. This research was conducted in four stages, namely literature study, making a secondary pump control system interlock program, integrating the secondary pump control system with the Kartini Reactor control system, and testing the system. The interlock program is equipped with a secondary pump indicator interface made using TIA Portal and LabVIEW software. The secondary pump indicator interface is made using a relay and an S7-1200 PLC. The developed secondary pump control system is integrated with the Kartini Reactor control system. System testing includes testing the functionality of the secondary pump control system and the three-pump interlock system. The system has been successfully built and integrated. The system has also been successfully tested for functionality with a percentage value of 100% for the secondary pump control system and the three-pump interlock system.

Key word : Secondary Pump, Interface, PLC, Interlock.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN/ BEBAS PLAGIAS	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Batasan Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Studi Pustaka.....	11
2.2 Landasan Teori	15
2.2.1 Reaktor Kartini.....	15
2.2.2 Sistem Instrumentasi dan Kendali Reaktor.....	18
2.2.3 Pompa Sekunder	20
2.2.4 <i>Interlock</i>	22
2.2.5 <i>Graphic User Interface</i> (GUI).....	23
2.2.6 Relai	24
2.2.7 <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC)	26
2.2.8 PLC Siemens S7-1200	27
2.2.9 <i>OLE for Process Control</i> (OPC).....	32

2.2.10 LabVIEW.....	33
2.2.11 Uji Keberhasilan Sistem	36
2.2.12 Wawasan Islam Tentang Pengendalian.....	37
BAB III METODE PENELITIAN	39
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	39
3.1.1 Waktu Penelitian	39
3.1.2 Tempat Penelitian	39
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	40
3.2.1 Alat Penelitian.....	40
3.2.2 Bahan Penelitian	40
3.3 Prosedur Penelitian	41
3.3.1 Studi literatur.....	43
3.3.2 Pembuatan Program <i>Interlock</i> Sistem Kendali Pompa Sekunder Berbasis PLC S7-1200	44
3.3.3 Pengintegrasian Sistem Kendali Pompa Sekunder Dengan Sistem Kendali Reaktor Kartini.....	55
3.3.4 Pengujian Sistem.....	57
3.4 Pembahasan Hasil.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Hasil Penelitian.....	60
4.1.1 Hasil Pembuatan Program <i>Interlock</i>	60
4.1.2 Hasil Integrasi Program Sistem Kendali Pompa Sekunder Dengan Sistem Kendali Reaktor Kartini.....	62
4.1.3 Hasil Pengujian Sistem	64
4.2 Pembahasan	65
4.2.1 Pembahasan Hasil Pembuatan Program <i>Interlock</i>	65
4.2.2 Pembahasan Hasil Integrasi Sistem Kendali Pompa Sekunder dengan Sistem Kendali Reaktor Kartini	68
4.2.3 Pembahasan Hasil Pengujian Sistem Kendali Pompa Sekunder Berbasis PLC S7-1200.....	71
4.2.4 Integrasi-Interkoneksi	75
BAB V KESIMPULAN.....	77
5.1 Kesimpulan	77

5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	83
Lampiran 1: Pembuatan Program <i>Interlock</i> Sistem Kendali Pompa Sekunder PLC S7-1200	83
1. Pembuatan Rangkaian Indikator.....	83
2. Pembuatan Program Blok Indikator	84
3. Pembuatan Program Antarmuka Indikator.....	87
4. Menghubungkan Program Blok dan Antarmuka Indikator.....	87
5. Membuat Desain Program <i>Interlock</i>	88
Lampiran 2: Pengintegrasian Sistem Kendali Pompa Sekunder Dengan Sistem Kendali Reaktor Kartini	89
Lampiran 3: Pengujian Sistem.....	90
1. Proses Pengambilan Data	90
2. Pengolahan Data Uji Kesesuaian.....	90



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Reaktor Kartini	18
Gambar 2. 2 Pompa sekunder Reaktor Kartini.....	21
Gambar 2. 3 Relai omron MY4NJ.....	26
Gambar 2. 4 PLC S7-1200.....	28
Gambar 2. 5 Tampilan utama TIA Portal	29
Gambar 2. 6 Tampilan Utama OPC.....	33
Gambar 2. 7 Tampilan utama labVIEW.....	34
Gambar 3. 1 Tahapan penelitian	42
Gambar 3. 2 Diagram blok sistem yang sudah ada dan yang dibuat.....	44
Gambar 3. 3 IP address PLC S7-1200.....	47
Gambar 3. 4 IP protokol komputer.....	48
Gambar 3. 5 Tampilan upload program.....	49
Gambar 3. 6 Menu controls pada LabVIEW.....	50
Gambar 3. 7 Tampilan pembuatan tag pada OPC	51
Gambar 3. 8 Tampilan membuat library pada LabVIEW	52
Gambar 4. 1 Hasil skema program antarmuka sistem kendali pompa sekunder yang dilengkapi indikator dan sistem interlock	61
Gambar 4.2 Hasil desain program blok sistem kendali pompa sekunder dan indikator	61
Gambar 4.3 Hasil desain program blok interlock pada sistem kendali pompa sekunder	62
Gambar 4.4 Hasil program antarmuka sistem kendali pompa sekunder terintegrasi	63
Gambar 4.5 Hasil program blok sistem kendali pompa sekunder terintegrasi	63
Gambar 4.6 Hasil program interlock sistem kendali pompa sekunder terintegrasi	64
Gambar Lampiran 1 wiring sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini ..	83
Gambar Lampiran 2 Pembuatan rangkaian indikator.....	83
Gambar Lampiran 3 Hasil paralel rangkaian indikator.....	84
Gambar Lampiran 4 Pembuatan program blok indicator	84
Gambar Lampiran 5 Pembuatan program antarmuka indikator	87
Gambar Lampiran 6 Menghubungkan program blok dan antarmuka indikator	87
Gambar Lampiran 7 Tag server pada OPC.....	88
Gambar Lampiran 8 Membuat program interlock	88
Gambar Lampiran 9 Pengintegrasian sistem kendali pompa sekunder dengan sistem kendali reaktor kartini	89
Gambar Lampiran 10 Proses Pengambilan Data	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi pustaka	14
Tabel 3. 1 Waktu penelitian.....	39
Tabel 3. 2 Perangkat keras dan lunak	40
Tabel 3. 3 Bahan.....	40
Tabel 3. 4 Hasil uji coba keberhasilan program indikator.....	52
Tabel 3. 5 Hasil uji desain program <i>interlock</i>	54
Tabel 3. 6 Hasil uji keberhasilan sistem kendali ON dan OFF tiga pompa dan dua cooling tower.....	57
Tabel 3. 7 Hasil uji keberhasilan <i>interlock</i>	58
Tabel 3. 8 Hasil pengolahan data uji keberhasilan	58
Tabel 4. 1 Persentase hasil uji keberhasilan simulasi interlock.....	62
Tabel 4. 2 Persentase keberhasilan	64
Tabel lampiran 1 Hasil program blok sistem kendali pompa sekunder dan indikator	85
Tabel lampiran 2 Keberhasilan sistem kendali ON dan OFF tiga pompa dan dua cooling tower.....	90
Tabel lampiran 3 Keberhasilan <i>interlock</i>	91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu sumber energi yang bebas dari karbon adalah energi nuklir. Energi nuklir adalah energi yang dihasilkan dari reaksi nuklir. Reaksi nuklir yaitu reaksi yang melibatkan inti atom dan dihasilkan dari reaksi fisi atau pembelahan inti dalam reaktor. Reaktor nuklir merupakan tempat reaksi nuklir berantai dibuat, diatur dan dijaga keberlangsungan reaktor dengan laju yang tetap (Nurdin & Nurhayati, 2019).

Saat ini Indonesia telah memanfaatkan tenaga nuklir di berbagai bidang, antara lain bidang kesehatan, industri, dan penelitian. Kelembagaan yang bertugas untuk mengelola ketenaganukliran adalah Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) khususnya pada kelembagaan Direktorat Pengelolaan Fasilitas Ketenaganukliran (DPFK). Dalam pemanfaatan nuklir di reaktor riset sampai saat ini, DPFK memiliki tiga fasilitas reaktor riset nuklir yaitu Reaktor Kartini di Yogyakarta, reaktor Triga 2000 di Bandung dan reaktor serbaguna GA. Siwabessy (RGS-GAS) di Serpong (BAPETEN, 2016).

Reaktor Kartini berada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang diresmikan oleh Presiden RI pada tanggal 1 Maret (Suhaemi dkk, 2003). Reaktor Kartini dirancang dan dibangun oleh tenaga ahli dari Indonesia pada tahun 1976, dan mulai beroperasi pada tahun 1979 dengan daya awal 50 kW. Reaktor Kartini digunakan untuk penelitian, pelatihan, dan pendidikan karena reaktor ini merupakan reaktor tipe TRIGA (*Training, Research and Isotop Production from General Atomic*) dengan daya yang kecil sehingga aman untuk penelitian baik

pengendalian ataupun proses untuk memproduksi isotop melalui aktivasi neutron (Rosyid dkk, 2013). Telah banyak penelitian dan praktikum yang dilakukan di Reaktor Kartini oleh pelajar dan mahasiswa di pulau Jawa.

Reaktor Kartini dengan kolam terbuka dan berpendingin air ringan yang dapat bekerja pada daya nominal 250 kW dan saat ini beroperasi dalam keadaan *steady state* dengan daya 100 kW yang terdiri dari bagian-bagian utama dan penunjang agar Reaktor Kartini dapat dikendalikan serta terjaga kestabilannya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari Sistem Teras Reaktor, Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) Reaktor, Sistem Pendingin, dan Sistem Bantu. Setiap bagian-bagian dari reaktor tersebut memiliki fungsi dan peran masing-masing (Suyanto dkk, 2007). Ketika reaktor beroperasi, terjadinya reaksi fisi pada reaktor yang mengakibatkan kenaikan suhu air pada reaktor, batang reaktor juga dinaikkan oleh operator hingga pada daya maksimal 100 kW, untuk itu sistem bantu reaktor perlu diaktifkan yang diantaranya adalah sistem pendingin primer, pendingin sekunder, *blower*, sistem keselamatan, dan sistem utama sistem instrumentasi dan kendali.

Reaktor Kartini tidak memanfaatkan panas yang dihasilkan dari pengoperasian reaktor. Panas yang dihasilkan dari pengoperasian reaktor dipindahkan ke lingkungan menggunakan mekanisme sistem penukar panas. Sistem pemindahan panas terdiri dari sistem pompa primer dan sistem pompa sekunder. Pompa primer dan pompa sekunder dioperasikan untuk memindahkan panas dari dalam reaktor melalui penukar panas. Oleh karena itu, sistem pendingin sekunder harus dinyalakan sebelum reaktor beroperasi. Sistem pendingin primer Reaktor Kartini menggunakan dua pompa yang dioperasikan secara bergantian,

pompa-pompa tersebut telah terhubung dengan alat penukar panas (*heat exchanger*), selanjutnya akan disebut sebagai alat penukar panas dengan jenis yang berbeda. Pompa pendingin primer pertama terhubung dengan alat penukar panas jenis *shell* dan *tube* sedangkan untuk pompa primer kedua terhubung dengan alat penukar panas jenis *plat*. Selain dari dua jenis pompa primer terdapat juga pompa *demin* untuk menyalurkan air pada proses pengolahan air pada sistem *demineralizer*. Panas dari sistem pendingin primer didinginkan pada sistem alat penukar panas. Pada sistem ini panas selanjutnya dipindahkan ke lingkungan melalui sistem pendingin sekunder menggunakan air pendingin yang diisap pompa dari *cooling tower*. Aliran air pendingin sekunder dialirkan menuju alat penukar panas, selanjutnya panas dari sistem pendingin primer dikembalikan ke menara pendingin melalui modul pendingin (Fauzan dan Pardi, 2017).

Sistem pompa sekunder yang merupakan salah satu alat pendukung penting di Reaktor Kartini berfungsi untuk mengambil panas peluruhan dari sistem pendingin primer dan melepaskan ke lingkungan melalui menara pendingin (*cooling tower*). Sistem pompa sekunder ini terdiri dari dua menara pendingin (*cooling tower*) dua alat penukar panas (*shell and tube* dan *plat*), tiga buah pompa sekunder di mana pompa pertama dan kedua dihubungkan dengan alat penukar panas *shell and tube* dan pompa ketiga dihubungkan ke alat penukar panas *plat* (Suyanto dkk, 2007). Sistem pompa sekunder akan terus bekerja pada saat reaktor beroperasi untuk membuang panas sisa operasi reaktor. Dalam pengoperasian pompa sekunder dibutuhkan SIK.

SIK reaktor merupakan perangkat alat pada bidang reaktor nuklir sebagai perangkat proteksi dan kendali untuk *me-monitoring* parameter keselamatan dan parameter proses baik dalam keadaan reaktor *shut down*, *start*, atau operasi reaktor pada daya tetap (Yusuf dkk, 2010). Terdapat banyak SIK pada bagian-bagian sistem yang membutuhkan instrumentasi kendali, salah satunya adalah sistem pompa primer dan sekunder.

Pembuatan sistem kendali ini merupakan terapan dari anjuran ajaran agama Islam tentang melakukan segala sesuatu secara terencana dan teratur agar tujuan dapat dicapai dengan efektif, efisien dan produktif. Berikut merupakan kutipan hadits An-Nawawi (1987:17) yang diriwayatkan dari Ya'la tentang mengatur atau mengendalikan sesuatu hal agar menjadi lebih baik:

إِنَّ اللَّهَ كَتَبَ لِأَحْسَانَا عَلَى كُلِّ شَيْءٍ

Artinya: “*Sesungguhnya mewajibkan kepada kita untuk berlaku ihsan dalam segala sesuatu.*” (HR. Bukhari) (Maskun, 2022)

Berdasarkan hadits tersebut dalam Islam pengawasan atau dalam kata lain manajemen memberikan jalan yang benar bagi suatu hal yang tidak benar. Manajemen dalam hal ini berarti mengatur dan mengelola sesuatu hal agar menjadi lebih baik. Salah satu hal yang dapat dibuat untuk mengatur dan mengelola adalah sistem kendali pompa pendingin agar dapat bekerja secara efektif dan efisien.

Sistem kendali pompa primer telah dirancang dan dibuat pada penelitian yang dilakukan oleh Bhagaskara dan Susanto (2020) yaitu pengembangan perangkat kendali jarak jauh sistem pendingin primer Reaktor Kartini. Pada penelitian tersebut dirancang dan dibuat sistem kendali pompa primer secara jarak jauh yang berbasis

PLC S7-1200 dengan antarmuka pada halaman web untuk memberikan perintah ke PLC, karena adanya pengembangan sistem kendali primer ini menjadikan kendali pengoperasian sistem pendingin primer dapat dilakukan di RKU (Ruang Kendali Utama) Reaktor Kartini.

Saat ini salah satu cara untuk mengendalikan pompa sekunder yaitu secara jarak jauh menggunakan sistem kendali pompa sekunder yang berbasis PLC S7-1200 yang telah dibuat pada penelitian kerja praktik, namun sistem kendali tersebut belum dapat digunakan secara optimal karena masih harus menggunakan aplikasi program sistem kendali yang tidak mudah digunakan dan juga belum terdapat pada komputer ruang sistem kendali Reaktor Kartini, sedangkan seluruh sistem instrumentasi sistem kendali seharusnya sudah dapat diakses melalui komputer ruang kendali utama Reaktor Kartini. Oleh karena itu, perlu adanya pengintegrasian program sistem kendali pompa sekunder dengan sistem kendali Reaktor Kartini agar dapat dengan mudah mengendalikan pompa sekunder.

Penelitian ini mengembangkan sistem kendali pompa sekunder berbasis PLC S7-1200 dengan mengintegrasikan sistem kendali pompa sekunder yang telah dibuat dengan sistem kendali Reaktor Kartini menggunakan perancangan dan pembuatan program antarmuka berbasis *Graphical User Interface* (GUI) selanjutnya disebut singkatan GUI, agar dapat dikendalikan jarak jauh. Antarmuka program yang dibuat dikhususkan untuk mematikan dan menghidupkan tiga pompa sekunder dan dua *cooling tower* yang diintegrasikan pada sistem kendali Reaktor Kartini.

Programmable logic controller (PLC) merupakan alat kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi mesin. PLC menggunakan teknologi memori yang dapat diprogram untuk mengontrol mesin ataupun suatu proses di mana PLC tersebut menggunakan teknologi memori yang dapat menyimpan instruksi-instruksi seperti logika, urutan, perwaktuan, dan pencacahan. Pada penelitian ini, PLC digunakan sebagai pengolah data memori yang berisi instruksi-instruksi untuk mengendalikan pompa sekunder Reaktor Kartini secara jarak jauh. PLC merk Siemens tipe S7-1200 merupakan PLC seri terbaru yang mudah untuk diprogram dan digunakan pada sistem windows 2010 ataupun 2011, selain itu untuk memprogram PLC S7-1200 dapat menggunakan aplikasi yang dikeluarkan oleh Siemens yaitu TIA Portal versi terbaru yang memiliki fitur lengkap untuk mempermudah memprogram PLC. PLC S7-1200 juga memiliki fitur lengkap yang mudah untuk dikembangkan dan suku cadangnya mudah didapat. Untuk membuat antarmuka program sistem kendali berbasis PLC tersebut dapat menggunakan aplikasi LabVIEW dengan antarmuka yang dibuat berbasis GUI.

GUI merupakan antarmuka manusia dengan komputer atau dapat didefinisikan sebagai salah satu cara manusia berinteraksi dengan komputer. Penelitian yang dilakukan Zulkefli dkk (2015) membuat GUI untuk mengendalikan robot jarak jauh tanpa kabel, GUI tersebut dibuat menggunakan *Microsoft Visual Basic* karena fokus pada pengembangan aplikasi *Windows* dan lebih mudah untuk membuat aplikasi *windows* sebab pemrogramannya berorientasi objek yang hanya memerlukan program sederhana. Penelitian yang dilakukan Bhavanam dkk (2015) juga menggunakan GUI untuk sistem kendali volume tangki minyak dengan dua

pompa, GUI yang dibuat juga menggunakan bahasa antarmuka *Visual Basic* karena program tersebut selalu menampilkan sesuatu di layar yang dapat berinteraksi langsung dengan pengguna untuk menyelesaikan suatu instruksi. Berdasarkan informasi tersebut pada penelitian ini menggunakan GUI menggunakan aplikasi LabVIEW untuk membuat program antarmuka sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini dan program antarmuka tersebut diintegrasikan dengan program sistem kendali pompa sekunder menggunakan aplikasi *OPC Client*. Selain itu dalam sistem pompa sekunder perlu adanya pengembangan di bagian keselamatan pengoperasian pompa sekunder karena saat ini belum terdapat sistem yang dapat mengurangi resiko kerusakan pada pompa sekunder. Untuk itu pada penelitian kali ini juga dibuat fitur *interlock* pada sistem kendali pompa sekunder untuk meningkatkan keselamatan pada saat pengoperasian pompa sekunder.

Interlock merupakan sistem keselamatan yang dapat diterapkan pada suatu peralatan yang memerlukan penanganan khusus yang berhubungan dengan sistem operasi untuk meminimalisir resiko kesalahan yang mungkin terjadi. Parameter keselamatan pada sistem *interlock* biasanya berupa parameter yang dapat dilihat, parameter yang dapat didengar maupun parameter listrik. Beberapa standar keselamatan juga membahas tentang keamanan yang saling berhubungan dan kendali yang saling berhubungan pada peralatan industri seperti, standar ISO 14119: 2013 yang membahas tentang keselamatan pada mesin khususnya hubungan antara perangkat *interlocking* dengan keselamatan. Pada penelitian yang dilakukan Afham dkk (2018) membuat rancang bangun sistem *interlock* pada *irradiator* merah putih berbasis LabVIEW, penelitian tersebut membuat *interlock* berbasis

LabVIEW untuk membantu operator dalam operasi irradiator dalam melakukan proses perbaikan jika terdapat kegagalan sistem. Penelitian yang dilakukan oleh Saputra dkk (2015) juga membuat sistem *interlock* untuk alat kontrol operasional pompa air yang menyuplai dua rumah berdekatan agar jika salah satu rumah menghidupkan pompa maka rumah yang lainnya tidak bisa menghidupkan pompa. Berdasarkan informasi di atas maka dibuat sistem *interlock* untuk melengkapi keamanan sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti pada penelitian ini. Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana hasil program *interlock* pada sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini berbasis PLC S7-1200?
2. Bagaimana hasil dari mengintegrasikan sistem kendali pompa sekunder dengan sistem kendali Reaktor Kartini?
3. Bagaimana kinerja sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini berbasis PLC S7-1200?

Dengan dirumuskannya masalah penelitian ini, maka masalah pada uraian latar belakang dapat menjadi terfokus sebagaimana telah dirumuskan di atas. Dengan demikian tujuan penelitian dapat disusun.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, maka dapat disusun tujuan penelitian untuk mengatasi permasalahan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat program *interlock* pada sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini berbasis PLC S7-1200.
2. Mengintegrasikan sistem kendali pompa sekunder dengan sistem kendali Reaktor Kartini.
3. Menguji hasil integrasi sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini berbasis PLC S7-1200 dengan sistem kendali Reaktor Kartini.

1.4 Batasan Penelitian

Dalam merealisasikan tujuan penelitian, penelitian perlu diberi batasan agar penelitian dapat terfokus pada permasalahan yang telah dirumuskan. Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan program *interlock* menggunakan aplikasi LabVIEW.
2. Program *interlock* yang dibuat memanfaatkan parameter debit air pada tiga pompa.
3. Parameter uji meliputi kesesuaian fungsionalitas sistem.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memperoleh manfaat. Manfaat yang diharapkan tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Terdapat fitur keamanan pada sistem kendali pompa sekunder berbasis PLC S7-1200 Reaktor Kartini.
2. Sistem kendali pompa sekunder dapat dikendalikan melalui ruang kendali utama Reaktor.
3. Hasil pengujian dari sistem dapat digunakan untuk mengetahui kinerja dari sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini.

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk penelitian, pengembangan integrasi sistem dan perangkat lain.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk membuat program *interlock* untuk sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini, mengintegrasikan sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini dengan sistem kendali Reaktor Kartini, dan menguji hasil integrasi sistem tersebut. Program *interlock* yang dibuat untuk sistem kendali tiga pompa sekunder. Sistem kendali pompa sekunder diintegrasikan dengan sistem kendali Reaktor Kartini yang terdapat pada komputer ruang kendali utama Reaktor Kartini. Sistem yang telah terintegrasi kemudian diuji kesesuaian fungsionalitasnya. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasannya maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Program *interlock* pada sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini berbasis PLC S7-1200 telah berhasil dibuat. Hasil dari pembuatan program yaitu berupa desain program blok *interlock* untuk tiga pompa sekunder Reaktor Kartini pada perangkat lunak LabVIEW.
2. Sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini berbasis PLC S7-1200 telah berhasil terintegrasi dengan sistem kendali Reaktor Kartini. Hasil dari integrasi tersebut berupa program antarmuka sistem kendali pompa sekunder yang telah digabungkan dengan sistem kendali Reaktor Kartini.

3. Sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini berbasis PLC S7-1200 yang terintegrasi telah berhasil diuji. Hasil pengujian menunjukkan sistem yang telah dibuat memiliki tingkat kesesuaian fungsionalitas sistem yang sangat baik karena memiliki persentase kesesuaian fungsionalitas sistem sebesar 100%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan pada sistem maupun dalam proses pembuatannya. Dengan demikian disarankan melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Menambahkan parameter suhu untuk sistem *interlock* pompa sekunder Reaktor Kartini. Hal ini disarankan karena menurut laporan analisis keselamatan Reaktor Kartini parameter lain yang perlu diperhatikan adalah parameter suhu air dari pompa yang masuk menuju alat penukar panas.
2. Melakukan penyesuaian alamat *internet protocol* pada PLC dan perangkat komputer yang digunakan untuk antarmuka sistem kendali pompa sekunder sebelum menggunakannya. Hal ini disarankan karena komunikasi PLC dan perangkat komputer menggunakan jenis komunikasi *local area network* di mana perlukan penyesuaian pada alamat internet protokol *network* yang digunakan agar PLC dan perangkat yang terhubung dapat melakukan transfer data.
3. Menambahkan sistem kendali untuk perpindahan antara pompa satu, dua, dan tiga, serta pada perpindahan satu dan dua motor *cooling tower*. Hal ini disarankan karena untuk memindahkan antara pompa dan *cooling tower* masih dilakukan secara manual pada panel utama sistem kendali pompa sekunder.

Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk pengembangan sistem kendali pompa sekunder Reaktor Kartini.

4. Penambahan sistem *monitoring* pada pompa sekunder yaitu arus dan tegangan pada pompa sekunder. Hal ini disarankan karena sistem *monitoring* arus dan tegangan pada pompa sekunder hanya dapat dilihat pada panel utama sistem kendali pompa sekunder. Dengan demikian, perlu adanya pengembangan sistem *monitoring* arus dan tegangan untuk pompa sekunder.

DAFTAR PUSTAKA

- Alasanda, R.H., dan Julian, E. S. 2018. Prototipe Sistem Keamanan Pintu dan Gerbang Rumah Berbasis Android. *JETri*, **Vol.15 No. 2 Februari 2018** :171-186.
- Afham, A., Muhtadan, dan Suntoro, A. 2018. Rancang Bangun Simulator Sistem Interlock Pada Iradiator Merah Putih Berbasis LabVIEW. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, **Vol.12 No.1** : hal 7–15.
- Ardisasmita, S., Syarip, dan Setiawan, W. 1999. Pengujian Masalah Komputer Tahun 2000 pada Operasi Reaktor Kartini. *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah P3TM-BATAN*, **Vol.1 No.1** : hal 302–309.
- Artha, M.R. 2019. *Sistem Kendali Untuk Efisiensi Berbasis IOT Menggunakan Modul WIFI Modul Node MCU ESP32 Pada Gedung Pendidikan Jurusan Teknik Elektro*. (Tugas Akhir), Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- BAPETEN. 2016. Rencana Kontinjensi Reaktor Kartini Tahun 2016.
- Bailey, D. L., Humm, J.L., Pkropek, A. T., dan Aswegen, A. V. 2014. *Nuclear Medicine Physics: A Handbook For Teachers and Students*. International Atomic Energy Agency.
- Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2019. Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Kartini.
- Bhagaskara, Z. E., dan Susanto, T. N. H. 2020. Pengembangan Perangkat Kendali Jarak Jauh Sistem Pendingin Primer Reaktor Kartini. *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir Bulletin of Nuclear Reactor Management*, **Vol.17 No.2** : hal 11–21.
- Bhavanam, N., Jalil, Q., dan Ali, M. 2015. *GUI Of Control System On The Level Of Oil Tank By Two Pumps Using V. Basic. International Journal of Scientific & Technology Research*, **Vol.4 No.10** : hal 349–353.
- Duderstadt, J. J., dan Hamilton, L. J. 1976. *Nuclear Reactor Analysis* (J. Wiley & inc SONS, Eds.). Library of Congress.
- Elvianti, I. L., dan Susanti. 2014. Makalah Fisika Reaktor Psta-Batan Yogyakarta.
- Fauzan, R. B., dan Pardi. 2017. Evaluasi Pengoperasian Pompa Sistem Pendingin Sekunder Untuk Menunjang Operasi Reaktor Rsg-Gas. *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir*, **Vol.1 No.14** : hal 40–46.
- Gusman, R., Sujarwono, Suherkiman, H., dan Sunarko. 2018. Perancangan Modifikasi Sistem Instrumentasi Dan Kendali Pada Sistem Iradiasi Rabbit Hidrolik Reaktor Rsg-Gas Berbasis Opc Server Dan Labview. *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir*, **Vol. 15 No.2** : hal 1–13.

- Kaafah, N. T. F. S. 2023. Laporan Kerja Praktik Program Kendali Pompa Sekunder Berbasis Programmable Logic Controller S7-1200. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Kafil, F. R. 2013. Programmable Logic Controller (Dasar) [B.1.1.1.71.3] Edisi I Tahun 2013.
- Kusumo, H. Reaktor Nuklir Non-Daya Jenis Triga. 2016. Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Liming, W., Noraini, C. P., Abdullah, R., Wanbrahman, W, N., dan Tee, M. 2016. Exploring Functional and Non-fungcional Requirements of Social Media On Knowledge Sharing. *J.Theor. Appl. Inf. Technol*, **Vol.93 No.2** : Hal 595-605.
- Maskun. 2022. Fungsi Manajemen Controlling dalam Prespektif Al Qur'an dan Hadits. *Akademika*, **Vol.16 No.1** : hal 29–38.
- Mulyadi, W. H. 2019. Perancangan Sistem Kendali Unit Reaktor 15MT Pada Industri Kimia Berbasis PLC SCADA. *Prosiding Semunar Nasional Teknik Elektro*, **Vol.4** : hal 404-415.
- Nasional Instrumentation. 1998. Function and VI Reference Manual.
- Nuha, M. R. 2019. Pengelolaan Dana Bank Wakaf Mikro Di Lembaga Keuangan Mikro Syariah Amanah Makmur Sejahtera Kota Kediri Ditinjau dari Manajemen Syariah. (Tugas Akhir), Institut Agama Islam Negeri Kediri.
- Nuridin, R., dan Nurhayati. 2019. Pemahaman Ulama Aceh Mengenai Energi Nuklir. *Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, **Vol.1 No.1** : hal 37–41.
- Omron. 2016. Miniature Power Relays Data Sheet.
- Rosyid, M., Hdayat, N., dan Jumari. 2013. Simulator Reaktor Kartini Sebagai Alat Peraga Operasi Reaktor Penelitian Tipe Triga Mark II. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, **Vol.7 No.2** : hal 164–170.
- Saleh, M., dan Haryanti, M. 2017. Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay. *Jurnal Teknologi Elektro*, Universitas Mercu Buana, **Vol.8 No.3** : hal 181–186.
- Saminto, dan Santosa, B. 2006. Model Simulasi Sistem Interlock Mesin Berkas Elektron Ptapb-Batan Berbasis Labview. *Prosiding PPI-PDIPTN 2006 Pustek Akselerator Dan Proses Bahan - BATAN*, **Vol.1 No.1** : hal 153–163.
- Sangaji, dan Supriyati, C. 2014. Perancangan Program PLC Siemens S7-200 Untuk Kontrol Mesin Vertical Boring Proyek PT. Boma Bisma Indra. (Tesis), Universitas Dinamika STIKOM Surabaya.
- Saputra, T., Hafidz Sy, M., Fajrian Akbar, M., Syah, B., dan Sebastian, Y. 2015. Rancang Bangun Alat Kontrol Operasional Pompa Air pada Dua Pemakai Skala Rumah Tangga. *TekTan Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*, **Vol.7 No.2** : hal 77–144.

- SIEMENS. 2012. *S7-1200 Programmable controller System Manual*.
- Siemens. 2017. *SIMATIC STEP 7 Basic V13 SP2 System Manual*.
- Suhaemi, T., Djen Dj, D., Johnny, K., dan Setyono, S. 2003. Evaluasi Keselamatan An Reaktor Kartini Ditinjau Dari Desain Sistem Instrumentasi. *Prosiding Presentasi Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir VIII*, **Vol.1 No.1** : hal 49–60.
- Suherkiman, H dan Sujarwono. 2015. Digitalisasi Hasil Pengukuran Fluks Neutron di RPS Reaktor RGS-GAS Berbasis PLC S7-300 dan LabVIEW 2014. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir*, hal 156-163.
- Sunaryo, R. G., Sriyono, dan Lestari, D. E. 2007. *Water Chemistry Surveillance For Multi Purpose Reactor 30 MW GA Siwabessy, Indonesia. International Conference on Research Reactors: Safe Management and Effective Utilization*, **Vol.1 No.1**.
- Suyamto, Sudiono, dan Prasetiyo, E. E. 2007. Rancang Bangun Sistem Penampil Digital Laju Alir Air Pendingin Sekunder Reaktor Kartini Menggunakan *Paddlewheel Flosensors MK 515*. *Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*, **Volume 1** : hal 135–145.
- Syarip. 2019. *Pengenalan Kinetika dan Pengendalian Reaktor Nuklir*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Wicahyaningtyas, M. 2022. *Controlling Dalam Perspektif Al Qur'an Dan Al Hadits*. *Al-Idaroh: Jurnal Studi Manajemen Pendidikan Islam*, **Vol.6 No.1** : 30–47.
- Yusuf, S., Subhan, M., Sobari, I., dan Budihardjono, S. 2010. Desain Dasar Perangkat Sistem Instrumentasi Dan Kendali Reaktor Riset Sr4. *Prima*, **Vol.7 No.14** : hal 477–481.
- Zulkefli, M. H., Mohd Annuar, K. A., Johari, S. H., Mohamad Sapiee, M. R., dan Ahmad, S. 2015. *Graphical User Interface (GUI) Controlled Mobile Robot. Journal of Advanced Research in Computing and Applications ISSN*, **Vol.1 No.1** : hal 43–50.