

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR LEVEL AIR
TANGKI REAKTOR KARTINI
BERBASIS SENSOR HC-SR04
DAN MIKROKONTROLER ESP32**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh derajat Sarjana S-1
Program Studi Fisika



Diajukan oleh:

Muhammad Akbar Fitrianto

21106020029

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

YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1628/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun Alat Pengukur Level AirTangki Reaktor Kartini Berbasis Sensor HC-SR04 dan Mikrokontroler ESP32

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMMAD AKBAR FITRIANTO
Nomor Induk Mahasiswa : 21106020029
Telah diujikan pada : Kamis, 23 Juli 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

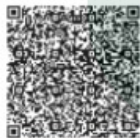
TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 6a6289a7942a5

Ketua Sidang

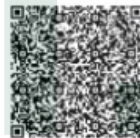
Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED



Valid ID: 6a61aa1560e9b

Penguji I

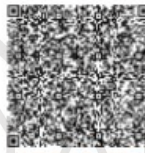
Ade Kumiawan, M.Si., Ph.D.
SIGNED



Valid ID: 6a61aa806637c

Penguji II

Cecilia Yanuarief, M.Si.
SIGNED



Valid ID: 6a7000d439887

Yogyakarta, 23 Juli 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dni. Hj. Khumil Wardati, M.Si.
SIGNED

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Akbar Fitrianto

NIM : 21106020029

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pengukur Level Air Tangki Reaktor Kartini Berbasis Sensor HC-SR04 dan Mikrokontroler ESP32” adalah hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diujikan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 14 Juli 2026

Penulis



Muhammad Akbar Fitrianto
NIM. 21106020029

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

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 : Muhammad Akbar Fitrianto
NIM : 21106020029
Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Pengukur Level Air Tangki Reaktor Kartini Berbasis Sensor HC-SR04 dan Mikrokontroler ESP32

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.

Pembimbing II

Ikhsan Shobari, S.T., M.Eng.
NIP.19730808 199803 1 005

Yogyakarta, 13 Juli 2026

Pembimbing I

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc
NIP.19780510 200501 1 003

HALAMAN MOTTO

“Awali dengan bismillah, akhiri dengan hamdalah”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk:

Allah SWT.

Diri saya sendiri

Kedua orang tua penulis Bapak Saparjimin dan Ibu Lestari

Kakak Ika Pitaloka Sari

Fisika 2021

Study club instrumentasi

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Ahamdulillah, puja dan puji syukur kepada Allah SWT berkat rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul. “Rancang Bangun Alat Pengukur Level Air Tangki Reaktor Kartini Berbasis Sensor HC-SR04 dan Mikrokontroler ESP32” 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, dan kakak penulis. Terimakasih atas kasih sayang dan doa yang diberikan
2. Bapak Prof. H. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. 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 Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
5. Bapak Dr. R. Mohammad Subekti, sebagai Direktur Pengelolaan Fasilitas Ketenaganukliran yang telah memberikan ijin kegiatan Skripsi di Direktorat Pengelolaan Fasilitas Ketenaganukliran KSE Babarsari Yogyakarta.
6. Bapak Umar Sahiful Hidayat, M.Eng., selaku Koordinator Pelaksana Fungsi Reaktor Kartini, yang telah memberikan ijin pelaksanaan Skripsi di Reaktor Kartini.
7. Bapak Mahrus Salam, S.Si., M.Eng., selaku Manager Keselamatan, Argo Satrio Wicaksono, M.Eng., sebagai PJ Operasi, Bapak Tri Nugroho H S., S.T., M.Eng., sebagai PJ Perawatan, yang telah mengijinkan pemakaian fasilitas dan peralatan yang diperlukan serta digunakan selama Skripsi di Reaktor Kartini.

8. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik Program Studi Fisika Angkatan 2021 sekaligus pembimbing I dalam skripsi yang senantiasa memberikan pengarahan dalam pelaksanaan sampai penyusunan skripsi ini selesai.
9. Bapak Ikhsan Shobari, ST., M.Eng. selaku pembimbing II dalam skripsi yang senantiasa memberikan arahan teknis serta menjadi motivasi bagi penulis untuk terus mengembangkan diri.
10. Bapak Ade Kurniawan, M.Si., Ph.D. serta Bapak Cecilia Yanuarief, M.Si. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan saran dan masukan terhadap penyempurnaan skripsi ini.
11. Seluruh Dosen Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan motivasi yang sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini.
12. Saudara/saudari, Akmal Nur Sya'ban, Annas Mukhlisin dan M. Zaenal Arifin, Achmad Yogi Mustajab yang senantiasa menjadi rekan diskusi, berbagi, pemikiran, serta partner penelitian yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.
13. Seluruh teman seperjuangan Fisika Angkatan 2021 yang telah kebersamai selama menjalani proses perkuliahan serta memberikan pengalaman dan dukungan dalam setiap proses perkembangan penulis selama berada di lingkungan kampus.
14. Seluruh pihak yang telah memberikan, doa, bantuan, dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, sehingga skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun serta harapan penulis skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 14 Juli 2026



Penulis

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR LEVEL AIR TANGKI
REAKTOR KARTINI BERBASIS SENSOR HC-SR04 DAN
MIKROKONTROLER ESP32**

Muhammad Akbar Fitrianto

21106020029

INTISARI

Reaktor Kartini merupakan reaktor riset yang memerlukan pemantauan level air tangki secara akurat guna mencegah risiko *overheat*, *meltdown*, maupun kebocoran radiasi. Sistem pemantauan yang ada saat ini hanya aktif ketika reaktor beroperasi dan hanya dapat diakses melalui ruang kendali, sehingga kurang fleksibel untuk pemantauan secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan merancang, membuat, dan menguji alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32. Perancangan alat dilakukan dengan cara membuat rancangan perangkat keras dan perangkat lunak menggunakan *software EasyEDA*, *SketchUP*, dan *Visual Paradigm*. Pembuatan alat dilakukan dengan cara merakit perangkat keras dan membuat perangkat lunak menggunakan *software Arduino IDE* (versi 2.3.4). Pengujian alat dilakukan dengan cara mengambil data level air pada tangki Reaktor Kartini menggunakan alat yang sudah dibuat lalu mengolah data tersebut supaya didapat akurasi dan presisi keterulangannya. Hasil rancangan mencakup desain skema rangkaian, desain PCB, desain wadah, dan *Flowchart* pemrograman pada perangkat lunak yang ditanam pada alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini. Hasil pembuatan berupa subsistem perangkat keras alat yang terdiri dari sub subsistem dua sensor HC-SR04, mikrokontroler ESP32, modul MCP4725, TFT ILI9488, dan komunikasi RS485. Subsistem tersebut terintegrasi melalui subsistem perangkat lunak berupa kode pemrograman yang terdiri dari beberapa sub subsistem, mulai dari pembacaan sensor HC-SR04, pengolahan data menggunakan metode rata-rata berjalan lalu mengubahnya menjadi tegangan, penampilan data pada komunikasi RS485 dan LCD TFT ILI9488, hingga pengiriman data ke platform *IoT Google Drive* melalui koneksi *Wi-Fi*. Hasil pengujian menunjukkan akurasi alat sebesar 98,29%, dan presisi keterulangannya sebesar 99,87%. Berdasarkan hasil tersebut, alat pengukur level air tangki Reaktor

Kartini berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32 telah berhasil dirancang, dibuat, dan diuji.

Kata kunci: level air, HC-SR04, ESP32, *IoT Google Drive*, rata-rata berjalan



**DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WATER LEVEL MEASURING
DEVICE FOR THE KARTINI REACTOR TANK BASED ON HC-SR04
SENSOR AND ESP32 MICROCONTROLLER**

Muhammad Akbar Fitrianto

21106020029

ABSTRACT

Kartini Reactor is a research reactor that requires accurate monitoring of the tank water level to prevent the risk of overheating, meltdown, and radiation leakage. The existing monitoring system is only active while the reactor is operating and can only be accessed from the control room, making it insufficiently flexible for real-time monitoring. This research aims to design, build, and test a water level measurement device for the Kartini Reactor tank based on the HC-SR04 sensor and the ESP32 microcontroller. The device design was carried out by creating the hardware and software design using EasyEDA, SketchUp, and Visual Paradigm software. The device construction was carried out by assembling the hardware and developing the software using Arduino IDE (version 2.3.4) software. The device testing was carried out by collecting water level data on the Kartini Reactor tank using the constructed device, then processing the data to obtain the accuracy and repeatability precision of the device. The design results include a circuit schematic design, a PCB design, a housing design, and a programming flowchart for the software embedded in the water level measurement device. The construction results consist of a hardware subsystem comprising the sub-subsystems of two HC-SR04 sensors, an ESP32 microcontroller, an MCP4725 module, an ILI9488 TFT display, and RS485 communication. This subsystem is integrated through a software subsystem in the form of program code consisting of several sub-subsystems, ranging from HC-SR04 sensor reading, data processing using the moving average method followed by conversion into voltage, data display via RS485 communication and the ILI9488 TFT LCD, to data transmission to the IoT Google Drive platform via a Wi-Fi connection. The test results show that the device achieves an accuracy of 98.29% and a repeatability precision of 99.87%. Based on these results, the water level measurement device for the Kartini Reactor tank based on the HC-SR04 sensor and the ESP32 microcontroller has been successfully designed, built, and tested.

Keywords: water level, HC-SR04, ESP32, IoT Google Drive, moving average

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	8
1.3. Tujuan Penelitian.....	8
1.4. Batasan Penelitian.....	9
1.5. Manfaat Penelitian.....	9
BAB II.....	11
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Studi Pustaka.....	11
2.2 Landasan Teori.....	18
2.2.1 Reaktor Kartini.....	18
2.2.2 Level Air.....	19
2.2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	20
2.2.4 ESP32.....	22
2.2.5 Modul MCP4725.....	23

2.2.6	LCD TFT ILI9488.....	25
2.2.7	Komunikasi RS485.....	25
2.2.8	Arduino IDE.....	27
2.2.9	<i>IoT (Internet of Things)</i>	28
2.2.10	<i>IoT Google Drive</i>	30
2.2.11	Metode Rata-rata Berjalan.....	31
2.2.12	Akurasi.....	32
2.2.13	Presisi.....	33
BAB III	.....	35
METODE PENELITIAN	.....	35
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	.....	35
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	.....	35
3.2.1	Alat Penelitian.....	35
3.2.2	Bahan Penelitian.....	36
3.3 Prosedur Penelitian	.....	37
3.3.1	Perancangan Alat.....	38
3.3.2	Pembuatan Alat.....	41
3.3.3	Kalibrasi Alat.....	45
3.3.4	Pengujian Alat.....	47
3.4 Sistematika Pembahasan Hasil Penelitian	.....	49
3.4.1	Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat.....	49
3.4.2	Pembahasan Hasil Pengujian Alat.....	50
BAB IV	.....	51
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	51
4.1 Hasil Penelitian	.....	51
4.1.1	Hasil perancangan Alat.....	51
4.1.2	Hasil Pembuatan Alat.....	54
4.1.3	Hasil Pengujian Alat.....	55
4.2 Pembahasan	.....	57

4.2.1	Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat.....	57
4.2.2	Pembahasan Hasil Pengujian Alat.....	70
BAB V	.....	73
PENUTUP	.....	73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	.....	76
LAMPIRAN	.....	79
1.	Lampiran Perancangan Alat	79
1.1.	Lampiran Perancangan Skema Rangkaian.....	79
1.2.	Lampiran Perancangan Desain PCB.....	79
1.3.	Lampiran Perancangan Desain Casing.....	80
1.4.	Lampiran Perancangan Perangkat Lunak.....	81
2.	Lempira Pembuatan Alat	82
2.1	Lampiran Persiapan Alat dan Bahan.....	82
2.2	Lampiran Perakitan Perangkat Keras.....	82
2.3	Lampiran Pembuatan Perangkat Lunak.....	83
2.4	Kode pemrograman.....	83
3.	Lampiran Pengujian Alat	90
3.1	Lampiran Kalibrasi alat.....	90
3.2	Lampiran Pengambilan Data.....	90
3.3	Lampiran Hasil Pengambilan Data.....	94
3.4	Lampiran Pengolahan Data.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor ultrasonik HC-SR04 (Morgan, 2014).....	21
Gambar 2.2 Prinsip kerja Sensor HC-SR04 (Fraden, 2016).....	21
Gambar 2.3 ESP32 (ardutech.com, 2020).....	23
Gambar 2.1 MCP4725 (Microchip Technology, 2009).....	24
Gambar 2.5 TFT ILI 9488 (ILITEK, 2021).....	25
Gambar 2.2 Modul Max485 (Maxim Integrated Products, 2014).....	26
Gambar 3.1 Diagram blok alat pengukur level air yang dibuat.....	38
Gambar 4.1 Hasil skema rangkaian.....	52
Gambar 4.2 Hasil desain PCB.....	52
Gambar 4.3 Hasil desain wadah.....	53
Gambar 4.4 Flowchart pemrograman pada perangkat lunak yang ditanam pada alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini.....	53
Gambar 4.5 Hasil perakitan perangkat keras.....	54
Gambar 4.6 Hasil pembuatan perangkat lunak.....	55
Gambar Lampiran 1.1 Perancangan skema rangkaian.....	79
Gambar Lampiran 1.2 Hasil perancangan skema rangkaian.....	79
Gambar Lampiran 1.3 Perancangan desain PCB.....	79
Gambar Lampiran 1.4 Hasil perancangan desain PCB.....	80
Gambar Lampiran 1.5 Perancangan casing alat.....	80
Gambar Lampiran 1.6 Perancangan casing alat.....	81
Gambar Lampiran 1.7 Flowchart hasil perancangan perangkat lunak.....	81
Gambar Lampiran 2.1 persiapan alat dan bahan.....	82
Gambar Lampiran 2.2 Proses perakitan perangkat keras.....	82
Gambar Lampiran 2.3 Hasil perakitan perangkat keras.....	83
Gambar Lampiran 2.4 Pembuatan Kode Pemograman.....	83
Gambar Lampiran 3.1 Pemasangan alat.....	90
Gambar Lampiran 3.2 Letak alat.....	91
Gambar Lampiran 3.3 Tampilan pada LCD TFT ILI9488.....	91
Gambar Lampiran 3.4 Tampilan dashboard data lama-baru.....	92
Gambar Lampiran 3.5 Tampilan dashboard data baru-lama + grafik 50 data terbaru.....	92
Gambar Lampiran 3.6 Tampilan dashboard grafik data keseluruhan.....	93
Gambar Lampiran 3.7 Tampilan dashboard data real-time.....	93
Gambar Lampiran 3.8 Tampilan pada komunikasi RS485.....	94
Gambar Lampiran 3.9 Pengolahan data.....	97
Gambar Lampiran 3.10 Grafik hubungan antara alat pembanding dengan alat yang dibuat.....	99

Gambar Lampiran 3.11 Grafik hubungan antara alat pembanding dengan alat yang dibuat
ditambahkan dengan faktor koreksi.....99



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rincian waktu penelitian.....	35
Tabel 3.2 Alat perancangan.....	36
Tabel 3.3 Alat Pembuatan.....	36
Tabel 3.4 Alat Pengujian.....	36
Tabel 3.5 Bahan pembuatan.....	37
Tabel 3.6 Bahan pengujian.....	37
Tabel 3.7 Data hasil pengukuran level air tangki Reaktor Kartini.....	48
Tabel 4. 1 Hasil penghitungan akurasi.....	56
Tabel 4. 2 Hasil penghitungan pesisi keterulangan.....	57
Tabel Lampiran 3.1 Data kalibrasi sensor HC-SR04.....	90
Tabel Lampiran 3.2 Data kalibrasi ketinggian.....	90
Tabel Lampiran 3.3 Format data pada serial komunikasi RS485.....	94
Tabel Lampiran 3.4 Data untuk akurasi.....	94
Tabel Lampiran 3.5 Data untuk presisi keterulangan.....	96



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Reaktor nuklir adalah perangkat kompleks yang dirancang untuk memungkinkan terjadinya reaksi berantai nuklir secara berkelanjutan, menggunakan unsur seperti uranium, thorium, atau plutonium. Proses reaksi berantai ini melepaskan energi dalam bentuk radiasi yang tidak hanya mempertahankan keberlangsungan reaksi, tetapi juga dapat menyebabkan transmutasi atom (perubahan karakteristik inti atom) di sekitarnya, termasuk bahan bakar nuklir itu sendiri. Energi panas yang dihasilkan dari proses ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan (Susati, 2023). Berdasarkan cara pemanfaatan energi dan produk yang dihasilkannya, reaktor nuklir dapat dibedakan menjadi beberapa jenis dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda-beda.

Pengoperasian reaktor nuklir akan menghasilkan dua produk yang sangat penting, yaitu neutron dan energi panas. Reaktor nuklir yang memanfaatkan energi panasnya, baik untuk listrik maupun untuk industri, disebut reaktor daya. Penggunaan reaktor daya biasanya digunakan dalam instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Reaktor yang memanfaatkan fluks neutron dan membuang energi panasnya disebut reaktor penelitian. Reaktor penelitian memanfaatkan neutron untuk berbagai bidang penelitian, produksi radioisotop, dan keperluan industri. Pada umumnya reaktor penelitian memiliki fluks neutron yang tinggi, tetapi daya yang relatif rendah, berkisar dari orde Watt (W) hingga beberapa Mega Watt (MW) (Kuntoro dkk., 2023). Saat ini, reaktor penelitian sudah banyak

digunakan diberbagai negara khususnya indonesia.

Saat ini Indonesia telah memanfaatkan tenaga nuklir di beberpa bidang, antara lain bidang kesehatan, industri, dan penelitian. Indonesia memiliki tiga fasilitas reaktor nuklir yang dikelola oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) melalui Direktorat Pengelolaan Fasilitas Ketenaganukliran (DPFK), yaitu Reaktor Kartini di Yogyakarta, Reaktor Triga 2000 di Bandung, dan Reaktor Serbaguna GA. Siwabessy (RSG-GAS) di Serpong (Suhaemi dkk., 2003).. Ketiga reaktor ini berperan penting dalam berbagai kegiatan litbang (penelitian dan pengembangan), produksi radioisotop, pelatihan SDM, serta mendukung kebutuhan teknologi nuklir nasional (BAPETEN, 2016). Salah satu dari ketiga reaktor riset tersebut yang memiliki peran penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan pelatihan sumber daya manusia adalah Reaktor Kartini.

Reaktor Kartini termasuk jenis reaktor TRIGA (*Training, Research, and Isotopes from General Atomics*) yang berdaya rendah, dan saat ini memiliki daya operasi sebesar 100 kW, dengan daya maksimal 250 kW. Karena karakteristiknya yang aman dan stabil, reaktor ini digunakan untuk keperluan penelitian, pelatihan, dan pendidikan, seperti pengendalian proses reaktor maupun produksi isotop melalui aktivasi neutron (Rosyid dkk., 2013). Fasilitas ini dilengkapi dengan beberapa komponen utama, antara lain kolam reaktor, tangki utama, sistem pendingin, dan sistem instrumen pengaman. Tangki reaktor yang berisi air berfungsi sebagai moderator, pendingin, sekaligus pelindung radiasi bagi lingkungan sekitar. Hingga saat ini Reaktor Kartini telah dimanfaatkan secara luas oleh pelajar dan mahasiswa, khususnya di Pulau Jawa sebagai sarana praktikum dan

penelitian. Mengingat besarnya peran dan fungsi strategis Reaktor Kartini tersebut, menjaga keandalan dan keselamatan setiap komponen reaktor, terutama sistem tangki dan pendinginnya, menjadi aspek yang tidak dapat diabaikan.

Keamanan Reaktor Kartini khususnya pada bagian tangki reaktor menjadi perhatian utama karena kebocoran atau kekurangan air dapat membahayakan keselamatan operasional. Oleh karena itu pemantauan tingkat air (*water level*) menjadi hal yang sangat krusial untuk mencegah kondisi berbahaya seperti peningkatan suhu berlebih (*overheat*) atau kerusakan elemen bahan bakar. Tangki Reaktor Kartini sendiri telah dilengkapi dengan sistem keamanan yang baik karena menggunakan sensor berkualitas tinggi guna menjaga keselamatan serta mencegah potensi bahaya yang tidak diinginkan. Prinsip kehati-hatian dan upaya menjaga keselamatan ini sejalan dengan nilai-nilai yang diajarkan dalam Al-Qur'an surah Al-Baqarah ayat 195 yang memerintahkan umat manusia untuk menjaga diri dari bahaya serta mencegah hal-hal yang dapat merugikan kehidupan.

وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ

"Dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan" (Kemenag RI, 2019).

Kutipan ayat di atas mengandung pesan ajakan untuk tidak membahayakan diri sendiri atau menjatuhkan diri ke dalam kebinasaan serta menekankan pentingnya penerapan sikap preventif dalam setiap aktivitas manusia (Katsir, 2018). Prinsip ini sangat relevan diterapkan dalam berbagai bidang terutama yang memiliki risiko tinggi seperti pengoperasian sistem nuklir. Faktor kehati-hatian dan keselamatan menjadi hal utama yang harus diperhatikan untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang dapat membahayakan jiwa maupun lingkungan.

Sejalan dengan prinsip kehati-hatian dan pencegahan yang ditekankan dalam kutipan ayat tersebut, aspek keselamatan dalam pengoperasian reaktor nuklir harus dijaga secara menyeluruh termasuk dalam sistem pemantauan air pada tangki reaktor. Sistem keamanan pada tangki Reaktor Kartini saat ini sudah cukup baik karena menggunakan sensor dengan akurasi tinggi. Namun, sensor tersebut hanya aktif saat reaktor beroperasi dan hanya dapat diakses melalui ruang kendali sehingga kurang fleksibel untuk pemantauan secara *real-time*. Padahal sistem yang fleksibel sangat krusial dalam memantau level air pada tangki reaktor. Jika level air terlalu rendah maka proses pendinginan inti reaktor tidak akan optimal dan dapat memicu risiko *meltdown*, *overheat*, serta kebocoran radiasi. Sebaliknya level air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan peningkatan tekanan yang berpotensi merusak sistem mekanis reaktor. Nilai level air tangki harus dijaga agar tidak lebih rendah 20 cm dari bibir tangki. Apabila berkurang, air tangki reaktor diisi kembali hingga kurang-lebih 10 cm dari bibir tangki (PSTA, 2019). Oleh karena itu diperlukan sistem pengukuran level air yang akurat, *real-time*, dan fleksibel. Untuk mengatasi keterbatasan sistem pemantauan yang ada saat ini, pemanfaatan teknologi modern menjadi salah satu solusi yang potensial.

Dalam era modern ini teknologi sensor dan mikrokontroler telah banyak digunakan untuk berbagai keperluan pemantauan dan pengendalian. Salah satu sensor yang umum digunakan untuk mengukur jarak atau level air adalah sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ini bekerja dengan menggunakan gelombang ultrasonik untuk menentukan jarak antara sensor dan objek terdekat dalam jalurnya. Sensor ini mudah diperoleh karena harganya terjangkau dan pemrogramannya

relatif sederhana. Cara kerja sensor ini adalah dengan mengirimkan gelombang ultrasonik pada frekuensi tertentu, kemudian mendeteksi pantulan gelombang tersebut dari objek yang diukur. Waktu antara pengiriman gelombang suara dan penerimaan pantulannya dicatat oleh sensor (Morgan, 2014). Pada penelitian ini sensor ultrasonik akan mengirimkan gelombang suara berfrekuensi tinggi dan mengukur waktu pantulnya dari permukaan air untuk menghitung jarak. Keunggulannya adalah biaya yang rendah dan kemudahan integrasi dengan mikrokontroler.

Untuk mendukung kinerja sensor ultrasonik dalam sistem pemantauan level air, diperlukan mikrokontroler yang memiliki kemampuan pemrosesan cepat dan konektivitas tinggi. ESP32 merupakan sebuah modul mikrokontroler dengan fitur mode ganda, yakni *Wi-Fi* dan Bluetooth, yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam membuat berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis *IoT* (*Internet of Things*). Kemampuan konektivitas nirkabel ini memungkinkan ESP32 berkomunikasi dengan berbagai perangkat lain secara langsung, baik untuk mengirimkan data ke server, mengendalikan aktuator, maupun menerima perintah dari perangkat mobile. Kapasitas pemrosesannya yang cukup tinggi dan dilengkapi dengan arsitektur dual core Xtensa LX6 dan clock speed hingga 240 MHz menjadikannya mampu menangani pembacaan data sensor secara *real-time* dengan stabil. Selain itu, modul ini juga mendukung pengolahan sinyal analog maupun digital melalui pin ADC (*Analog Digital Converter*) dan DAC (*Digital Analog Converter*), sehingga sangat fleksibel untuk berbagai kebutuhan aplikasi monitoring. ESP32 dapat diprogram untuk menyimpan data secara lokal maupun

mengirimkannya langsung ke layanan cloud seperti *Google Spreadsheet*, *Thingspeak*, atau *Blynk* untuk dianalisis lebih lanjut sehingga sangat mendukung sistem otomasi dan kendali berbasis *IoT* (Espressif Systems, 2024).

Agar data hasil pembacaan sensor memiliki kualitas yang andal sebelum dimanfaatkan lebih lanjut, diperlukan pengolahan data awal yang mampu meminimalkan gangguan pembacaan sensor. Metode rata-rata berjalan (*moving average*) adalah salah satu teknik statistik sederhana namun efektif yang digunakan untuk meratakan fluktuasi data jangka pendek dan menyoroti pola atau tren jangka panjang dalam suatu deret waktu. Prinsip dasarnya adalah dengan menghitung rata-rata dari sejumlah nilai data yang berdekatan secara berurutan, sehingga variasi acak atau noise dapat dikurangi tanpa menghilangkan struktur utama data. Dalam konteks sistem pengukuran level air menggunakan sensor ultrasonik, metode ini berfungsi untuk menyaring gangguan atau ketidakstabilan pembacaan akibat interferensi lingkungan, pantulan gelombang, atau ketidakteraturan sinyal. Dengan menyaring data melalui rata-rata berjalan, sistem menjadi lebih stabil dalam menampilkan informasi level air yang akurat, yang sangat penting dalam aplikasi monitoring yang membutuhkan reliabilitas tinggi, seperti pada pengawasan tangki reaktor. Selain itu, metode ini juga relatif ringan secara komputasi, sehingga sangat sesuai diterapkan pada perangkat mikrokontroler seperti ESP32 dalam sistem tertanam berbasis *IoT* (Hyndman, 2014).

Data level air yang telah diolah menggunakan metode rata-rata berjalan tersebut selanjutnya dimanfaatkan tidak hanya untuk kebutuhan pemantauan lokal, tetapi juga dikonversi menjadi sinyal analog pada rentang 0–5 V melalui modul

konverter digital-ke-analog MCP4725, sehingga keluaran alat dapat diintegrasikan langsung dengan peralatan instrumentasi lain di Reaktor Kartini, seperti PLC (Programmable Logic Controller) atau modul akuisisi data. Selain itu, alat juga dilengkapi dengan LCD TFT ILI9488 sebagai tampilan lokal dari data yang telah didapat dan diolah, juga terdapat modul komunikasi UART to RS485 yang memungkinkan data tersebut dikirimkan menuju ruang kendali reaktor, sehingga informasi level air tetap dapat dipantau meskipun operator tidak berada tepat di lokasi tangki.

Untuk mendukung kebutuhan pemantauan jarak jauh secara lebih luas, diperlukan platform penyimpanan *cloud* yang andal dan mudah diakses. Integrasi *IoT (Internet of Things)* melalui platform *Google Drive* memungkinkan penyimpanan data secara daring (*online*), sehingga proses monitoring tidak lagi terbatas secara lokal, tetapi dapat dilakukan dari jarak jauh melalui perangkat yang terhubung ke internet. Keunggulan utama dari pemanfaatan *Google Drive* adalah kemudahan dalam mengakses, menyimpan, serta membagikan data secara *real-time* tanpa memerlukan infrastruktur server tersendiri. Selain itu, layanan ini bersifat gratis, dan telah terintegrasi dengan berbagai aplikasi Google lainnya, seperti *Google Spreadsheet*, yang memungkinkan visualisasi data secara langsung dalam bentuk tabel maupun grafik. Dengan demikian, penggunaan *Google Drive* sebagai media penyimpanan data menjadikan sistem pemantauan lebih fleksibel, efisien, dan berbasis *cloud system*, yang sangat mendukung pengembangan aplikasi monitoring modern berbasis *IoT* (Katre dan Giri, 2014).

Setelah metode pengolahan data ditetapkan untuk menjamin kualitas hasil pengukuran, langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem secara menyeluruh. Sebelum alat ini dikembangkan, sangat penting dilakukan tahap perancangan yang matang. Perancangan ini bertujuan memberikan gambaran konsep perangkat yang akan dibuat agar proses pembuatannya lebih efektif dan efisien. Setelah alat berhasil dibuat, pengujian menjadi langkah krusial yang harus dilakukan guna memastikan bahwa alat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi akurasi pembacaan dan presisi pembacaan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana hasil rancangan alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32?
2. Bagaimana hasil pembuatan alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32?
3. Bagaimana hasil pengujian alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini yang telah dibuat berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka ditetapkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Merancang alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32.

2. Membuat alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32.
3. Menguji alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini yang telah dibuat berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32.

1.4 Batasan Penelitian

Pada implementasi tujuan penelitian tersebut, maka diperlukan batasan penelitian dengan maksud agar penelitian dapat fokus terhadap tujuan. Berikut ini merupakan batasan penelitian yang akan dilakukan:

1. Perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan membuat alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis sensor HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32 yaitu EasyEDA, SketchUP, Visual Paradigm, dan Arduino IDE (versi 2.3.4).
2. Variabel pengujian yaitu akurasi dan presisi keterulangan.
3. Variabel jarak pengukuran level air yang dapat dideteksi oleh sensor ultrasonik HC-SR04 dibatasi pada rentang 0–100 cm, sesuai dengan batas maksimal yang ditetapkan pada kode program.
4. Penelitian ini menggunakan dua sensor ultrasonik HC-SR04 yang dipasang sejajar (bersebelahan) pada titik pengukuran yang sama.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini memiliki beberapa manfaat di antaranya:

1. Membantu memantau ketinggian air pada tangki Reaktor Kartini secara *real-time* melalui perangkat digital.
2. Menambah tingkat keamanan pada tangki Reaktor Kartini.

3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem instrumentasi berbasis *IoT* untuk fasilitas nuklir.
4. Menyediakan data historis level air yang tersimpan secara otomatis, sehingga dapat digunakan untuk keperluan analisis tren dan evaluasi jangka panjang.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian tentang rancang bangun alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor HC-SR04 telah berhasil dilakukan. Kesimpulan penelitian ini dijabarkan berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan sebagai berikut.

- 1) Alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor HC-SR04 telah berhasil dirancang. Rancangan mencakup desain skema rangkaian, desain PCB, desain wadah, dan *Flowchart* pemrograman pada perangkat lunak yang ditanam pada alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini.
- 2) Alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor HC-SR04 telah berhasil dibuat. subsistem perangkat keras alat yang terdiri dari sub subsistem dua sensor HC-SR04, mikrokontroler ESP32, modul MCP4725, TFT ILI9488, dan komunikasi RS485. Subsistem tersebut terintegrasi melalui subsistem perangkat lunak berupa kode pemrograman yang terdiri dari beberapa sub subsistem, mulai dari pembacaan sensor HC-SR04, pengolahan data menggunakan metode rata-rata berjalan lalu mengubahnya menjadi tegangan, penampilan data pada komunikasi RS485 dan LCD TFT ILI9488, hingga pengiriman data ke platform *IoT Google Drive* melalui koneksi *Wi-Fi*.

- 3) Alat pengukur level air tangki Reaktor Kartini berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor HC-SR04 yang telah dibuat berhasil diuji. Akurasi alat sebesar 98,29%, dan presisi keterulangannya sebesar 99,87%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut sebagai berikut.

- 1) Perlu dilakukan kalibrasi ulang terhadap nilai koreksi (OFFSET_CM) pada kode program agar sesuai dengan posisi pemasangan sensor HC-SR04 yang digunakan saat pengambilan data, mengingat nilai OFFSET_CM yang ada saat ini masih mengacu pada posisi kalibrasi sebelum sensor dipindahkan, sehingga selisih sistematis terhadap alat pembanding dapat diminimalkan dan faktor koreksi tidak perlu ditambahkan pada pengolahan data.
- 2) Perlu dirancangudukan sensor (*sensor mount*) yang dapat diatur ketinggiannya secara mekanis, sehingga posisi sensor HC-SR04 dapat disesuaikan kembali ke titik kalibrasi awal setiap kali alat dipasang atau dilepas dari tangki Reaktor Kartini.
- 3) Perlu digunakan *power bank* dengan kualitas yang lebih baik, mengingat *power bank* yang digunakan pada alat saat ini masih berupa *power bank* tanpa merek, yang menyebabkan alat tidak dapat dinyalakan ketika *power bank* sedang diisi daya.
- 4) Penggunaan sensor ultrasonik tambahan dengan resolusi yang lebih tinggi atau penambahan metode kalibrasi otomatis dapat dipertimbangkan untuk

penelitian selanjutnya guna meningkatkan akurasi pengukuran tanpa mengurangi tingkat presisi yang telah dicapai pada penelitian ini.

- 5) Penggunaan catu daya berupa panel surya dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya agar sumber tegangan alat lebih stabil.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, W. E. F., Yuana, H., dan Puspitasari, W. D. 2023. Rancang Bangun Alat Monitor Ketinggian Air Berbasis *Internet of Things (IoT)* Menggunakan ESP32 dan Framework Blynk. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*. 7(5):2911-2917.
- Arkundato, A. 2018. Pengukuran dan Ketidakpastian. *Modul Fisika*. 3(1):1-35.
- Badan Standarisasi Nasional. 2024. *Akurasi (kebenaran dan presisi) metode dan hasil pengukuran — Bagian 1: Prinsip umum dan definisi. RSNI3 ISO 5725-1:2023 RSNI*. Jakarta: BSN.
- Banzi, M., dan Shiloh, M. 2015. *Make: Getting Started with Arduino* (3rd ed). San Francisco: Maker Media, Inc.
- BAPETEN. 2016. *Rencana Kontinjensi Reaktor Kartini Tahun 2016*. Jakarta: Badan Pengawas Tenaga Nuklir.
- Cytron Technologies. 2013. *Product User's Manual - HC-SR04 Ultrasonic Sensor*. Johor: Cytron Technologies Sdn. Bhd.
- Djalilov, A., Sharipov, K., Rustamov, S., Ergashev, B., dan Khasanov, S. 2023. Study on automatic water level detection process using ultrasonic sensor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1142:012020.
- Espressif Systems. 2024. *ESP32 Series Datasheet (Version 5.0)*. Shanghai: Espressif Systems (Shanghai) Co., Ltd.
- Faridah, D. N., Erawan, D., Sutriah, K., Hadi, A., dan Budiantari, F. 2018. *Implementasi SNI ISO/IEC 17025:2017 - Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Febrianto, A. 2022. Utilizing *Google Drive* as a Personal Digital Library. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Komunikasi (JTIK)*. 13(2):56-66.
- Fraden, J. 2016. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications* (5th ed). Cham: Springer International Publishing.
- Harmono, H. D. 2020. Validasi metode analisis logam merkuri (hg) terlarut pada air permukaan dengan automatic mercury analyzer. *Indonesian Journal of Laboratory*. 2(3):11-16.

- Hyndman, R. J. 2014. *Forecasting: Principles & Practice (UWA Course Notes)*. Perth: University of Western Australia.
- Hyndman, R. J., dan Athanasopoulos, G. 2014. *Forecasting: Principles and Practice*. OTexts.com. Diakses 20 September 2025, dari <https://www.situsamc.com/>.
- ILITEK. 2021. ILI9488 Specification. 320(38). <https://www.displayfuture.com/Display/datasheet/controller/ILI9488.pdf>
- ITU. 2012. *Recommendation ITU-T Y.2060: Overview of the Internet of Things*. Geneva: International Telecommunication Union.
- Jatnika, H., Rifai, M. F., Purwanto, Y. S., dan Karmila, S. 2021. *Internet of Things (IoT): Mikrokontroler Pendeteksi Udara dan Air*. Garut: CV. Aksara Global Akademia.
- Katre, S. R., dan Giri, J. 2014. Data Logging on *Google Drive Spreadsheet*. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology (IJRDET)*. 2(2):21-23.
- Kementerian Agama Republik Indonesia. 2019. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia.
- Kuntoro, I., Pinem, S., & M. Sembiring, T. 2023. Pengenalan Ilmu Fisika dalam Operasi Reaktor Nuklir. Dalam BRIN
- Maxim Integrated, I. 2018. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. Datasheet DS18B20, 92, 1–27. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/58557/DALLAS/DS18B20.html>
- Microchip Technology. 2009. MCP-4725 Datasheet. 1–50.
- Monk, S. 2016. *Programming Arduino: Getting Started with Sketches* (2nd ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Morgan, E. J. 2014. *HC-SR04 Ultrasonic Sensor*. Technical Report.
- Muliadi, Imran, A., dan Rasul, M. 2020. Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik*. 17(2).
- Patil, M., Bondar, P., Vyawahare, T., dan Patil, S. 2021. *IOT Based Water Level Monitoring*. *International Journal of Advance Scientific Research & Engineering Trends*. 5(12).

- Pradana, R. W., Pratiwi, G. F., dan Arifin, T. N. 2024. Rancang Bangun Sistem Pemantau Ketinggian Air Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik (HC-SR04) Berbasis Arduino UNO Dengan Antarmuka Komputer Berbasis Microsoft Visual Basic 6.0. *Jurnal Teknik dan Science (JTS)*. 3(1):13-24.
- Pusat Sains dan Teknologi Akselerator. 2019. *Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Kartini (No. Dokumen: LAK 001.MRN.00 03/STA 4)*. Yogyakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Rosyid, M., Hidayat, N., dan Jumari. 2013. Simulator Reaktor Kartini Sebagai Alat Peraga Operasi Reaktor Penelitian Tipe Triga Mark II. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*. 7(2):164–170.
- Suhaemi, T., Djen Dj, D., Johnny, K., dan Setyono, S. 2003. Evaluasi Keselamatan Reaktor Kartini Ditinjau Dari Desain Sistem Instrumentasi. *Prosiding Presentasi Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir VIII*. 1(1):49–60.
- Sunandar, A. 2023. *Tafsir Surat Al-Baqarah Ayat 195: Maksud Menginfakkan Harta di Jalan Allah*. Diakses 9 Mei 2025, dari <https://nu.or.id/tafsir/tafsir-surat-al-baqarah-ayat-195-maksud-menginfakkan-harta-di-jalan-allah-Fr9Ss>.
- Suprianto, S., Hafiz, I., Faisal, H., dan Harefa, H. M. 2019. Validasi Metode Penentuan Tabelt Allopurinol Menggunakan Spektrofotometri Ultraviolet dalam Larutan Asam. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 22(2):29-37.
- Susdarwono, E. T. 2021. Reaksi Fisi dan Reaksi Fusi dalam Mekanisme Bom Atom dan Senjata Termonuklir. *VEKTOR: Jurnal Pendidikan IPA*. 2(1):1-12.
- Susiati, H., Sriyana., Bahari, M. S., Fepriadi., Birmano, M. D., Priambodo, D., dan Anggoro, Y. D. 2023. *Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Indonesia (Upaya Berkelanjutan Menuju Net Zero Emission)*. Widiawaty, M. A., dan Dede, M (Eds). Yogyakarta: UN SMA Press.
- Ulfiati, R., Purnami, T., dan Karina, R. M. 2017. Faktor Yang Mempengaruhi Presisi Dan Akurasi Data Hasil Uji Dalam Menentukan Kompetensi Laboratorium. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*. 51(1):49-63.
- Wahyono, P. I., dan Hidayat, U. S. *TRIGA Kartini Reactor for Education and Training*. Yogyakarta: Center for Accelerator Science and Technology, National Nuclear Energy Agency of Indonesia.
- Zin, M. F. M., Kamal, F. Z., Ismail, S. I., Noh, K. S. S. K. M., dan Kassim, A. H. 2023. Development of dam controller technology water level and alert system using Arduino UNO. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 31(3):1342-1349.