

**RANCANG BANGUN *DIGITAL PANEL SURVEY*
METER UNTUK MEMONITOR TEGANGAN, ARUS,
DAN WAKTU PENYINARAN SINAR-X PADA
RADIOGRAFI DI PT MADEENA KARYA INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh :

Muhamad Faqih Ulinuha

18106020020

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2023

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-1423/Un.02/DST/PP.00.9/06/2023

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun Digital Panel Survey Meter untuk Memonitor Tegangan, Arus, dan Waktu Penyinaran Sinar-X pada Radiografi di PT Madeena Karya Indonesia

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMAD FAQIH ULINUHA
Nomor Induk Mahasiswa : 18106020020
Telah diujikan pada : Senin, 29 Mei 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

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

Valid ID: 6476d819e807b



Penguji I

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si
SIGNED

Valid ID: 6480139d9d237



Penguji II

Andi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 647ea9ca6949d



Yogyakarta, 29 Mei 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6481860c44de4

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Faqih Ulinuha
NIM : 18106020020
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun *Digital Panel Survey Meter* untuk Memonitor Tegangan, Arus, dan Waktu Penyinaran Sinar-X pada Radiografi di PT Madeena Karya Indonesia” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan 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, 18 Mei 2023

Penulis



Muhamad Faqih Ulinuha
18106020020

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Peretujuan 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 : MUHAMAD FAQIH ULINUHA
NIM : 18106020020
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN *DIGITAL PANEL SURVEY METER* UNTUK MEMONITOR TEGANGAN, ARUS, DAN WAKTU PENYINARAN SINAR-X PADA RADIOGRAFI DI PT MADEENA KARYA INDONESIA

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 2023

Pembimbing

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc
NIP. 19780510200501 1 003

**RANCANG BANGUN *DIGITAL PANEL SURVEY METER* UNTUK
MEMONITOR TEGANGAN, ARUS, DAN WAKTU PENYINARAN
SINAR-X PADA RADIOGRAFI
DI PT MADEENA KARYA INDONESIA**

**Muhamad Faqih Ulinuha
18106020020**

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji DPSM (*Digital Panel Survey Meter*) untuk memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X pada alat radiografi. Penelitian ini dilakukan mulai dari perancangan, pembuatan, dan pengujian DPSM. Perancangan DPSM dilakukan dengan membuat desain perangkat lunak menggunakan CorelDraw, serta membuat desain perangkat keras menggunakan aplikasi EasyEDA dan Thinkercad. Tahapan pembuatan dilakukan dengan membuat perangkat keras dan perangkat lunak DPSM. Pembuatan perangkat keras meliputi perakitan komponen, pembuatan *casing*, dan pemasangan perangkat keras pada panel kontrol radiografi. Perangkat lunak yang dibuat terdiri dari perangkat lunak DPSM berbasis LCD ILLI9486 dan berbasis GUI. Pengujian DPSM dilakukan dengan mencari nilai akurasi dan presisi *reproducibility* DPSM parameter tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X. Parameter tegangan dan waktu penyinaran sinar-X dibandingkan dengan alat ukur Raysafe X2, sedangkan untuk parameter arus dibandingkan dengan Multimeter Zotex ZTX. DPSM telah berhasil dirancang, dibuat, dan diuji dengan didapatkan nilai akurasi sebesar 99,53 % untuk parameter tegangan, 98,05 % untuk parameter arus, dan 99,62 % untuk parameter waktu penyinaran sinar-X. Adapun nilai presisi *reproducibility* yang didapatkan sebesar 100 % untuk parameter tegangan, 98,06 % untuk parameter arus, dan 99,62 % untuk parameter waktu penyinaran. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa DPSM mampu memberikan pengukuran yang akurat dan konsisten, serta telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI ISO 17025 dan PERKA BAPETEN No. 2 tahun 2020. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam bidang radiologi, terutama dalam *monitoring* tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X untuk keamanan kerja radiasi.

Kata Kunci: DPSM, Radiografi, Tegangan, Arus, Waktu penyinaran sinar-X.

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF DIGITAL PANEL SURVEY METER
FOR MONITORING VOLTAGE, CURRENT, AND X-RAY EXPOSURE
TIME IN RADIOGRAPHY AT PT MADEENA KARYA INDONESIA.**

Muhamad Faqih Ulinuha
18106020020

ABSTRACT

This research aimed to design, manufacture, and test a DPSM (Digital Panel Survey Meter) to monitor X-ray voltage, current, and exposure time on radiographic equipment. This research has been starting with the design, manufacture, and testing of DPSM. DPSM design has been done by making software designs using CorelDraw and hardware designs using EasyEDA and Thinkercad applications. The manufacturing stage has been done by making DPSM hardware and software. Hardware manufacturing includes component assembly, casing manufacturing, and hardware installation on the radiographic control panel. The software created consists of ILLI9486 LCD-based DPSM software and GUI-based. DPSM testing has been done by looking for the accuracy and reproducibility precision of the DPSM parameters of X-ray voltage, current, and exposure time. The X-ray voltage and exposure time parameters were compared with the Raysafe X2 meter, while the current parameters were compared with the Zotex ZTX Multimeter. DPSM has been successfully designed, manufactured, and tested with an accuracy value of 99.53% for the X-ray voltage parameter, 98.05% for the X-ray current parameter, and 99.62% for the X-ray exposure time parameter. The reproducibility precision values obtained were 100% for the X-ray voltage parameter, 98.06% for the X-ray current parameter, and 99.62% for the X-ray exposure time parameter. The test results indicate that DPSM can provide accurate and consistent measurements and has met the standards set by SNI ISO 17025 and PERKA BAPETEN No. 2 of 2020. The results of this study are expected to positively contribute to radiology, especially in monitoring the voltage, current, and time of X-ray irradiation for radiation work safety.

Keywords: DPSM, Radiography, Voltage, Current, X-ray Exposure Time.

HALAMAN MOTTO

“Puncak prestasi adalah kerendahan hati”

-Prie GS-



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan untuk :

Allah SWT.

Ibu Siti Wahidatun dan Bapak Tuter Supangat

Adik Zidni Alfaridzi dan Fadhil Munif

Mbah Biyung dan Mbah Kakung

Keluarga Besar Faqih

Sahabat Fisika 2018

SC Fisika Instrumentasi

Prodi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "RANCANG BANGUN *DIGITAL PANEL SURVEY METER* UNTUK MEMONITOR TEGANGAN, ARUS, DAN WAKTU PENYINARAN SINAR-X PADA RADIOGRAFI DI PT MADEENA KARYA INDONESIA" dengan baik dan lancar. Tidak lupa *shalawat* serta salam semoga tetap tercurahkan kepada beliau, baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kita mendapatkan syafaatnya di *yaumul qiyamah* kelak. Amin.

Penyusunan skripsi ini merupakan suatu bentuk kewajiban bagi penulis untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan serta untuk mendapatkan gelar sarjana. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang terkait demi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan. 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. Ibu, Bapak, dan Adik, serta keluarga yang selalu memberikan do'a.
2. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Suka
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 Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

5. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
7. Seluruh Dosen Fisika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bimbingan beserta ilmunya.
8. Prof. Gede Bayu Suparta selaku pembimbing lapangan dan yang telah membantu memberikan ide serta ilmu yang diberikan untuk penelitian ini.
9. Mas Rochan Rifa'i, mas Widi Mahardi, mas Adi, dan mas Witnadi yang telah membantu dalam hal teknis pada penelitian ini.
10. Teman-teman seperjuangan Ahmad cs, Rabin The Byn, Wahyu, Kiki, Luky, Marko, Aji, Wahyu, Kiki, Imel, Meta dll.
11. Mba Farahdina yang selalu membantu memastikan kesehatan mental penulis.
12. Teman-teman Prodi Fisika angkatan 2018 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam serangkaian proses penulisan skripsi.

Selain ucapan terima kasih, penulis juga memohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan baik dari sistematika penyusunan, isi, hingga proses yang telah dilaporkan ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, bagi penulis pribadi maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, 20 Mei 2023



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Studi Pustaka.....	8
2.2 Landasan Teori.....	11
2.2.1 Sinar-X	11
2.2.1.1 Sinar-X <i>Bremsstrahlung</i>	13
2.2.1.2 Sinar-X Karakteristik.....	14
2.2.2 Radiografi sinar-X.....	15
2.2.3 Faktor Paparan Sinar-X	19
2.2.3.1 Tegangan sinar-X (kV).....	20
2.2.3.2 Arus filamen (mA).....	20
2.2.3.3 Waktu penyinaran (s).....	20
2.2.4 Arduino Uno.....	21

2.2.5 Arduino Mega2560.....	22
2.2.6 Sensor ZMPT101B.....	24
2.2.7 Sensor INA219.....	25
2.2.8 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) ILLI9486.....	26
2.2.9 GUI (<i>Graphical User Interface</i>).....	28
2.2.10 Raysafe X2.....	32
2.2.11 Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2022.....	33
2.2.12 Fungsi Transfer.....	34
2.2.13 Akurasi.....	36
2.2.14 Presisi.....	37
2.2.15 Wawasan Islam tentang Kesehatan.....	38
BAB III METODE PENELITIAN.....	41
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	41
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	41
3.2.1 Alat penelitian.....	41
3.2.2 Bahan penelitian.....	42
3.3 Prosedur Penelitian.....	43
3.3.1 Perancangan DPSM.....	44
3.3.1.1 Persiapan alat perancangan DPSM.....	44
3.3.1.2 Pembuatan desain perangkat keras DPSM.....	44
3.3.1.3 Pembuatan desain perangkat lunak DPSM.....	47
3.3.2 Karakterisasi Sensor Tegangan ZMPT101B.....	47
3.3.2.1 Persiapan alat karakterisasi sensor tegangan ZMPT101B.....	47
3.3.2.2 Pengambilan data karakterisasi sensor ZMPT101B.....	48
3.3.2.3 Pengolahan data karakterisasi sensor ZMPT101B.....	49
3.3.3 Pembuatan DPSM.....	49
3.3.3.1 Persiapan alat dan bahan pembuatan DPSM.....	50
3.3.3.2 Pembuatan perangkat keras DPSM.....	50
3.3.3.3 Pembuatan perangkat lunak DPSM.....	51
3.3.4 Pengujian DPSM.....	55

3.3.4.1	Persiapan alat pengujian	55
3.3.4.2	Pengambilan data.....	55
3.3.4.3	Pengolahan data	60
3.4	Pembahasan Hasil Penelitian	61
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1	Hasil Penelitian	62
4.1.1	Hasil Perancangan DPSM	62
4.1.2	Hasil Karakterisasi Sensor ZMPT101B	64
4.1.3	Hasil Pembuatan DPSM	65
4.1.3.1	Hasil pembuatan perangkat keras DPSM	65
4.1.3.2	Hasil pembuatan perangkat lunak DPSM.....	67
4.1.4	Hasil Pengujian DPSM.....	68
4.2	Pembahasan.....	68
4.2.1	Pembahasan Hasil Karakterisasi Sensor Tegangan ZMPT101B.....	68
4.2.2	Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan DPSM.....	70
4.2.3	Pembahasan Hasil Pengujian DPSM.....	74
4.3	Integrasi-Interkoneksi	76
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN.....		87
CURRICULUM VITAE.....		157

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Macam-macam <i>Tkinter widget</i>	29
Tabel 2.2 Nilai lolos uji alat ukur tegangan dan waktu penyinaran sinar-X.....	34
Tabel 3.1 Daftar alat perancangan DPSM.....	41
Tabel 3.2 Daftar alat karakterisasi sensor ZMPT101B	42
Tabel 3.3 Daftar alat pembuatan DPSM	42
Tabel 3.4 Daftar alat pengujian DPSM	42
Tabel 3.5 Daftar bahan pembuatan DPSM.....	43
Tabel 3.6 Data karakterisasi sensor tegangan ZMPT101B dengan variasi arus 16 mA	48
Tabel 3.7 Data karakterisasi sensor tegangan ZMPT101B dengan variasi arus 32 mA	49
Tabel 3.8 Data karakterisasi sensor tegangan ZMPT101B dengan variasi arus 63 mA	49
Tabel 3.9 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 16 mA dan waktu penyinaran 0,2 detik	56
Tabel 3.10 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 16 mA dan waktu penyinaran 0,32 detik	56
Tabel 3.11 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 16 mA dan waktu penyinaran 0,5 detik.....	56
Tabel 3.12 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 32 mA dan waktu penyinaran 0,2 detik	57
Tabel 3.13 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 32 mA dan waktu penyinaran 0,32 detik.....	57
Tabel 3.14 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 32 mA dan waktu penyinaran 0,5 detik.....	57
Tabel 3.15 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 63 mA dan waktu penyinaran 0,2 detik	57
Tabel 3.16 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 63 mA dan waktu penyinaran 0,32 detik.....	58

Tabel 3.17 Data pengujian DPSM parameter tegangan dengan arus 16 mA dan waktu penyinaran 0,5 detik	58
Tabel 3.18 Data pengujian DPSM parameter arus dengan waktu penyinaran 0,2 detik dan tegangan dari 50-85 kV	58
Tabel 3.19 Data pengujian DPSM parameter arus dengan waktu penyinaran 0,32 detik dan tegangan dari 50-85 kV	59
Tabel 3.20 Data pengujian DPSM parameter arus dengan waktu penyinaran 0,5 detik dan tegangan dari 50-85 kV	59
Tabel 3.21 Data pengujian DPSM parameter waktu penyinaran dengan arus 16 mA dan tegangan dari 50-85 kV	59
Tabel 3.22 Data pengujian DPSM parameter waktu penyinaran dengan arus 32 mA dan tegangan dari 50-85 kV	60
Tabel 3.23 Data pengujian DPSM parameter waktu penyinaran dengan arus 63 mA dan tegangan dari 50-85 kV	60
Tabel 4.1 Fungsi transfer hubungan tegangan keluaran sensor ZMPT101B (V) terhadap tegangan masukan sinar-X (kV).....	65
Tabel 4.2 Akurasi DPSM	68
Tabel 4.3 Presisi <i>reproducibility</i> DPSM	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema tabung sinar-X (Bushberg dkk., 2020).....	11
Gambar 2.2 Spektrum sinar-X (Bushberg dkk., 2020).....	12
Gambar 2.3 Proses terjadinya sinar-X <i>bermsstrahlung</i> (Bushberg dkk., 2020)..	14
Gambar 2.4 Spektrum sinar-X karakteristik (Bushberg dkk., 2020).....	15
Gambar 2.5 Diagram blok Generator pembangkit sinar-X	16
Gambar 2.6 Prinsip radiografi konvensional (Susilo dkk., 2014)	18
Gambar 2.7 Prinsip radiografi digital (Susilo dkk., 2014)	18
Gambar 2.8 Arduino uno (Adriansyah & Hidyatama, 2013)	21
Gambar 2.9 Arduino Mega2560 (Kusumo & Azis, 2021)	23
Gambar 2.10 sensor ZMPT101B (Mara, 2018).....	24
Gambar 2.11 Sensor INA219 (Pangestu & Ansa, 2020).....	25
Gambar 2.12 LCD ILLI9486.....	27
Gambar 2.13 Tampilan jendela utama GUI <i>Tkinter</i>	30
Gambar 2.14 Jendela untuk memasukkan data	32
Gambar 2.15 Jendela dengan data teks yang ditampilkan.....	32
Gambar 2.16 Raysafe X2 (Rani, 2020)	33
Gambar 3.1 Diagram alir prosedur penelitian	43
Gambar 3.2 Diagram blok DPSM	45
Gambar 3.3 Diagram alir perangkat lunak berbasis LCD ILLI9486.....	52
Gambar 3.4 Diagram alir perangkat lunak DPSM berbasis GUI	54
Gambar 4.1 Desain perangkat lunak DPSM berbasis LCD ILLI9486	62
Gambar 4.2 Desain perangkat lunak DPSM berbasis GUI	63
Gambar 4.3 Skema rangkaian DPSM.....	63
Gambar 4.4 Desain <i>casing</i> DPSM.....	64
Gambar 4.5 Grafik hubungan dengan tegangan keluaran sensor ZMPT101B (V) terhadap tegangan masukan sinar-X (kV) variasi arus 16, 32, dan 63 mA.....	65
Gambar 4.6 Hasil pembuatan <i>casing</i>	66
Gambar 4.7 Hasil perakitan komponen	66

Gambar 4.8 Hasil pemasangan komponen pada panel kontrol 66
Gambar 4.9 Perangkat lunak DPSM berbasis LCD ILLI9486..... 67
Gambar 4.10 Perangkat lunak DPSM berbasis GUI 67



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelayanan kesehatan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi umum kesehatan masyarakat Indonesia. Pernyataan tersebut berdasarkan pada teori Hendrik L. Blum yang menyatakan bahwa derajat kesehatan ditentukan oleh 40% faktor lingkungan, 30% faktor perilaku, 20% faktor pelayanan kesehatan, dan 10% faktor genetika (keturunan) (Junita, 2021). Untuk itu, perlu adanya bidang-bidang yang dapat menunjang optimalisasi pelayanan kesehatan, salah satunya yaitu bidang pemeriksaan untuk membantu diagnosa suatu penyakit. Contohnya adalah alat radiografi sinar-X yang dapat memeriksa suatu penyakit dengan memanfaatkan sinar-X yang hasilnya berupa citra radiografi. Penggunaan radiografi berperan penting dalam menentukan diagnosa maupun evaluasi hasil perawatan yang dilakukan.

Radiografi yang optimal diperlukan agar dapat menghasilkan citra radiografi yang memberikan informasi semaksimal mungkin. Kualitas citra radiografi ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya yaitu faktor paparan sinar-X. Faktor paparan sinar-X adalah faktor yang mempengaruhi penyinaran radiasi sinar-X yang diperlukan dalam pembuatan citra radiografi. Faktor paparan sinar-X terdiri dari tegangan, arus dan waktu penyinaran sinar-X (Sparzinanda dkk., 2017). Pengaturan faktor paparan sinar-X yang baik yaitu menggunakan prinsip ALARA (*as Low as Reasonably Achievable*), dimana prinsip tersebut menerapkan pemberian dosis sekecil-kecilnya yaitu

menghilangkan dosis yang tidak perlu atau berlebihan dan hasil citra yang didapatkan dapat terbaca dengan baik yaitu terlihat jelas perbedaan antar organ yang digambarkan (Azam, 2009). Pemberian dosis yang tepat akan meningkatkan keselamatan radiasi bagi pasien dan pekerja radiasi. Hal tersebut sesuai dengan peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir nomor 4 tahun 2020 Pasal 1 ayat (2) tentang keselamatan radiasi pada penggunaan pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional (Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia, 2020).

Islam telah mengajarkan untuk menjaga keselamatan bagi kaumnya. Hal tersebut tertuang dalam al-Quran surah al-Baqarah ayat 195. Berikut merupakan kutipan tentang ayat yang berkaitan dengan perintah tersebut.

وَأَنْفِقُوا فِي سَبِيلِ اللَّهِ وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ وَأَحْسِنُوا إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُحْسِنِينَ

Artinya : “Berinfaklah di jalan Allah, janganlah jerumuskan dirimu ke dalam kebinasaan, dan berbuat baiklah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik.” (Tim Penyempurnaan Terjemahan Al-Qur’an, 2019)

Ayat tersebut mewajibkan bagi setiap muslim untuk menjaga keselamatan dirinya baik berupa bahan (*substance*) maupun dalam bentuk kegiatan (*activity*) (Zastrow, 2020). Dalam konteks penggunaan radiografi sinar-X sebagai alat diagnostik, diwajibkan untuk mengutamakan keselamatan radiasi bagi pasien dan pekerja radiasi yaitu dengan mencegah segala tindakan yang dapat membahayakan keselamatan radiasi. Pencegahan tersebut merupakan tindakan berbuat kebaikan (*hasanah*) sesuai dengan perintah penutup pada ayat tersebut.

Melihat betapa pentingnya faktor paparan sinar-X terhadap hasil yang diberikan oleh alat radiografi, maka perlu dilakukan *monitoring* faktor paparan sinar-X. *Monitoring* bertujuan untuk memastikan penentuan faktor paparan sinar-X dilakukan dengan tepat. Di Indonesia sendiri kebanyakan radiografi yang digunakan adalah radiografi konvensional, dimana *monitoring* faktor paparan sinar-X yang dilakukan masih menggunakan panel monitor berbasis analog (Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia, 2020). Kelemahan panel monitor analog adalah sulit dalam pembacaan, sering terjadi kesalahan paralaks, dan respons lambat. Hal tersebut dapat berdampak terhadap penjaminan pemberian dosis paparan radiasi sinar-X yang tepat.

Beberapa rumah sakit di Indonesia telah menggunakan radiografi sinar-X digital, dimana *monitoring* faktor paparan sinar-X yang dilakukan berbasis digital. Kelebihan dari *monitoring* pada radiografi digital ini adalah mudah dalam pembacaan, kemungkinan kecil terjadi kesalahan paralaks, dan respons cepat. Data faktor paparan sinar-X tersebut dapat dilihat pada citra yang dihasilkan. Namun, radiografi sinar-X digital di Indonesia masih tergolong sedikit, dikarenakan harganya yang jauh lebih mahal dari pada radiografi konvensional (Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia, 2020).

Untuk mengatasi masalah di atas, maka perlu adanya inovasi pengembangan *monitoring* faktor paparan sinar-X berbasis analog menjadi digital pada radiografi konvensional. Penelitian rancang bangun DPSM (*Digital Panel Survey Meter*) untuk memonitor faktor paparan sinar-X dengan parameter

tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X menggunakan sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus INA219, dan fungsi pewaktu Arduino Uno merupakan salah satu inovasi yang dapat dikembangkan. Data dari pembacaan sensor tersebut ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) ILLI9486 dan perangkat lunak yang dibuat menggunakan Python sebagai penampil data dalam bentuk informasi grafis tampilan GUI (*Graphical user interface*).

Sebelum dilakukan pembuatan DPSM, perlu dilakukan perancangan DPSM terlebih dahulu. Perancangan DPSM dilakukan dengan tujuan untuk memberikan gambaran tentang bagaimana DPSM dibuat, sehingga proses pembuatan DPSM selanjutnya akan lebih mudah dan efisien. Selain itu, perancangan DPSM juga melibatkan pertimbangan tentang kemudahan pemeliharaan dan perbaikan sistem di masa depan. Hal ini mencakup desain sistem yang modular, dokumentasi yang baik, dan penempatan komponen yang memudahkan pemeliharaan serta perbaikan saat diperlukan.

Setelah sistem dirancang, selanjutnya adalah melakukan karakterisasi terhadap sensor tegangan ZMPT101B. Karakterisasi ini bertujuan untuk memperoleh fungsi transfer dari sensor tersebut. Fungsi transfer tersebut memiliki manfaat penting dalam konversi sinyal yang dihasilkan oleh sensor, sehingga mampu mengukur tegangan sinar-X secara akurat. Dengan memanfaatkan fungsi transfer tersebut, sinyal keluaran sensor ZMPT101B dapat diubah dan disesuaikan sedemikian rupa sehingga menjadi respons yang dapat diinterpretasikan secara langsung sebagai besaran tegangan sinar-X yang diukur. Dengan demikian, manfaat dari fungsi transfer ini adalah memfasilitasi

proses konversi sinyal sensor ZMPT101B, sehingga dapat memberikan informasi yang relevan dan berguna dalam pengukuran kuantitatif tegangan sinar-X. Selain itu, dapat pula mengetahui sensitivitas dan *zero offset* dari sensor tegangan ZMPT101B.

Setelah dilakukan perancangan, karakterisasi sensor ZMPT101B, dan pembuatan DPSM, maka perlu dilakukan pengujian DPSM. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem yang telah dibuat. Jika kinerja sistem tersebut kurang baik, maka dilakukan penyempurnaan pada sistem tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, masalah pada penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Bagaimana rancang bangun DPSM untuk memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X?
2. Bagaimana karakter sensor tegangan ZMPT101B.
3. Bagaimana kinerja DPSM untuk memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut.

1. Merancang DPSM untuk memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X.
2. Melakukan karakterisasi sensor tegangan ZMPT101B.

3. Membuat DPSM untuk memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X.
4. Menguji DPSM untuk memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada hal-hal berikut.

1. Sensor tegangan yang digunakan yaitu ZMPT101B.
2. Sensor arus yang digunakan yaitu INA219.
3. Karakterisasi sensor tegangan ZMPTB101 dilakukan pada tegangan 50 - 85 kV.
4. Pengujian DPSM untuk parameter tegangan tabung sinar-X dilakukan pada tegangan 50 - 85 kV.
5. Pengujian DPSM untuk parameter arus dilakukan pada arus 16, 32, dan 63 mA.
6. Pengujian DPSM untuk parameter waktu penyinaran sinar-X dilakukan pada durasi 0,20, 0,32, dan 0,50 detik.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat, antara lain:

1. Membantu pekerja radiasi untuk menentukan faktor paparan sinar-X yang tepat.
2. Memberikan jaminan penggunaan dosis radiasi sinar-X yang tepat.

3. Meningkatkan keselamatan radiasi bagi pasien, pekerja radiasi, dan masyarakat sesuai dengan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 tahun 2020 Pasal 1 ayat (2).
4. Memberikan pilihan pengembangan *monitoring* faktor paparan sinar-X berbasis digital yang lebih terjangkau.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan membuahkan hasil yang dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. DPSM untuk memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X telah berhasil dirancang dan dibuat dengan hasil berupa perangkat lunak dan perangkat keras DPSM. Perangkat lunak DPSM terdiri dari perangkat lunak berbasis LCD ILLI9486 dan perangkat lunak berbasis GUI. Perangkat keras DPSM terdiri dari subsistem energi, sensor, mikrokontroler, dan penampil data.
2. Sensor tegangan ZMPT101B telah berhasil dikarakterisasi dan didapatkan fungsi transfer hubungan tegangan keluaran sensor ZMPT101B (V) terhadap tegangan masukan sinar-X (kV) variasi arus 16, 32, dan 63 mA. Adapun fungsi transfernya adalah $V_{out} = 0,0305V_{in} + 0,5555$ untuk variasi arus 16 mA, $V_{out} = 0,0319V_{in} + 0,5326$ untuk variasi arus 32 mA, dan $V_{out} = 0,0361V_{in} + 0,3235$ untuk variasi arus 63 mA.
3. DPSM telah berhasil melewati pengujian untuk memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X, dengan terpenuhinya persyaratan yang ditetapkan dalam SNI ISO 17025 dan peraturan BAPETEN nomor 2 tahun 2020. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai akurasi DPSM parameter tegangan sebesar 99,53 %, parameter arus sebesar 98,05 %, dan parameter waktu penyinaran sinar-X sebesar 99,62 %. Adapun nilai presisi

reproducibility DPSM yang didapatkan sebesar 100 % untuk parameter tegangan, 98,06 % untuk parameter arus, dan 99,62 % untuk parameter waktu penyinaran sinar-X.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa kekurangan yang masih perlu diperbaiki untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya. Berikut beberapa catatan peneliti berkaitan dengan saran terhadap penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.

1. DPSM dapat menampilkan data tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X dengan baik melalui LCD ILLI9486 yang terpasang pada panel kontrol radiografi. Namun, ukuran LCD ILLI9486 masih tergolong kecil yaitu 3,5 inch, sehingga perlu usaha agar tulisan terlihat jelas dengan melakukan *monitoring* dalam jarak dekat. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan menggunakan LCD dengan ukuran yang lebih besar, minimal 10 inch supaya terlihat jelas.
2. Perangkat lunak DPSM berbasis GUI dapat memonitor tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X dengan baik melalui komputer. Namun, perangkat lunak DPSM berbasis GUI masih berdiri sendiri, belum tersinkronisasi dengan perangkat lunak bawaan radiografi, sehingga kurang efektif. Oleh karena itu, perlu pengembangan perangkat lunak DPSM yang disinkronisasi dengan perangkat lunak bawaan radiografi.
3. Data tegangan, arus, dan waktu penyinaran sinar-X dapat disimpan melalui perangkat lunak DPSM berbasis GUI. Namun, data yang disimpan masih

dalam format teks dengan *extension file* yaitu *.txt*, sehingga data tersebut perlu dicatat ulang atau dikonversi oleh petugas radiografi ke dalam format standar yang digunakan oleh medis. Oleh karena itu, perlu pengembangan agar data dapat disimpan secara langsung dalam format yang biasa digunakan untuk perekaman data-data medis yaitu dalam format DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) dengan *extension file* yaitu *.dcm*.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, Kusnadi, H., & Utomo, L. 2020. Sistem Monitoring Output Solar Panel Menggunakan LabView. *EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)*, **Vol. 3 No. 1 2020**: 1–6. <https://doi.org/10.32493/epic.v3i1.3796>
- Adjie, P., & Ardi, A. 2020. *Sistem Penghemat Daya Penggunaan Pompa Air Pada Tanaman Hidroponik* (Diploma) Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. <http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/101/>
- Adriansyah, A., & Hidayatama, O. 2013. Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino Atmega 328P. *Jurnal Teknologi Elektro*, **Vol. 4 No. 3 2013**. <https://doi.org/10.22441/jte.v4i3.753>
- Anugrah, I. 2018. *Pengukur Daya Listrik Menggunakan Sensor Arus Acs712-05a Dan Sensor Tegangan Zmpt101b* (Thesis D3), Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. <https://eprints.uny.ac.id/60197/>
- Akhadi, M. 2006. Analisis unsur kelumit melalui Pancaran sinar-x karakteristik. *Jurnal Iptek Ilmiah*. Teknologi Keselamatan dan Metodologi Radiasi Batan.
- Baskoro, F., Bahtiar, M., Haryudo, S. I., Agung, A. I., & Hermawan, A. C. 2021. Pembuatan Prototype Penstabil Tegangan Untuk Mengatasi Gangguan *Over-Under Voltage* Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, **Vol. 10 No. 1 2021**: 119–126. <https://doi.org/10.26740/jte.v10n1.p119-126>
- Beiser, A. 2003. *Concepts of Modern Physics* (6 ed.). McGraw-Hill.
- Bushberg, J. T., J. Anthony, S., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. 2020. *The Essential Physics of Medical Imaging* (Fourth, International edition). Wolters Kluwer Health.
- BSN. 2018. *Implementasi SNI ISO/IEC 17025:2017*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Eisberg, R. 1967. *Fundamentals of Modern Physics*. John Wiley & Sons, Inc.
- El-Zastrow, N. 2020. Menjaga Keselamatan Diri Lebih Penting Dari Ritual Ibadah. *FIN UNUSIA*. <https://fin.unusia.ac.id/menjaga-keselamatan-diri-lebih-penting-dari-ritual-ibadah/>

- Erwanto, D., K, D. A. W., & Sugiarto, T. 2020. Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis *Internet Of Things*. *Multitek Indonesia*, **Vol. 14 No. 1 2020**. <https://doi.org/10.24269/mtkind.v14i1.2195>
- Fauziyah, S. 2019. *Pengembangan Phantom dan Pengujiannya pada Sistem Radiografi Digital* (Thesis) Universitas Gadjah Mada. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/179502>
- Fraden, J. 2016. *Handbook of Modern Sensors*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19303-8>
- Halmshaw, R. 1995. *Industrial Radiology: Theory and practice* (Vol. 1). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0551-4>
- Harsiti, Muttaqin, Z., & Srihartini, E. 2022. Penerapan Metode Regresi Linier Sederhana Untuk Prediksi Persediaan Obat Jenis Tablet. *JSiI (Jurnal Sistem Informasi)*, **Vol. 9 No.1 2022**: 12-16. <https://doi.org/10.30656/jsii.v9i1.4426>
- Nurfaika, 2022. *Materi HL BLUM Faktor yang Mempengaruhi Derajat Kesehatan dan Contohnya*". [Skripsi, Unversitas Islam Negeri Alaudin Makassar]. <https://osf.io/sfu5a/>
- Lestari, Sri. 2019. Teknik Radiografi Medis. Magelang: Inti Medika Pustaka
- Kepala Badan Pengawas Tenaga Nulir Republik Indonesia. 2020. *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir No 4 Tahun 2020 Tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Bapeten. <https://jdih.bapeten.go.id/id/>
- Kurniastuti, I., & Andini, A. 2018. Perancangan Program Penentuan Histogram Citra Dengan Graphical User Interface (GUI). *Applied Technology and Computing Science Journal*, **Vol. 1 No. 1 2018**. <https://doi.org/10.33086/atcsj.v1i1.4>
- Kusumo, B., & Azis, N. 2021. Rancang Bangun Alat Penyiram Sayuran Hidroponik Menggunakan Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, **Vol. 5 No. 1 2021**. <https://doi.org/10.30865/mib.v5i1.2584>
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. 2009. *Kesehatan Dalam Perspektif Al-Qur'an* (1 ed.). Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Deprtemen Agama RI.
- Liusmar, S. M., & Mukhaiyar, R. 2020. Perancangan Sistem Otomasi Penggunaan Barcode Scanner Pada Trolley Berbasis Arduino Mega 2560. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, **Vol. 8 No. 2 2020**, Article 2. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v8i2.109161>

- Malliawang, Y. 2020. *Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno* [Skripsi] Universitas Hasanuddin. <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/1718/>
- Monda, H. T., Feriyonika, F., & Rudati, P. S. 2018. Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, **Vol 9 2018**: 28–31. <https://doi.org/10.35313/irwns.v9i0.1037>
- Morris, A. S. 2001. *Measurement and Instrumentation Principles* (3rd Edition). Butterworth-Heinemann.
- Morris, A. S., & Langari, R. (Ed.). 2016. Appendix 4—Using Mathematical Tables. Dalam *Measurement and Instrumentation (Second Edition)* (hlm. 693–695). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800884-3.15004-X>
- Morris, A. S., & Langari, R. 2021. Chapter 2—Instrument types and performance characteristics. Dalam A. S. Morris & R. Langari (Ed.), *Measurement and Instrumentation (Third Edition)* (hlm. 11–43). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817141-7.00002-5>
- Novelia, T. 2021. *Uji Kesesuaian Kinerja Generator dan Tabung Pesawat Sinar-X Merek Siemens Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas* [Diploma, Universitas Andalas]. <http://scholar.unand.ac.id/95060/>
- Pangesti, S. W. 2020. Uji Efisiensi Celah (Shutter) Kolimator Pesawat Sinar-X Diagnostik di Instalasi Radiologi Rsud Arifin Achmad Provinsi Riau. [Skripsi] Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Awal Bros Pekanbaru
- Pratama, Y. P. 2015. *Aplikasi Sensor Photodiode Sebagai Input Penggerak Motor Pada Coconut Milk Auto Machine* [Thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya]. <http://eprints.polsri.ac.id/1796/>
- Putra, D. A., & Mukhaiyar, R. 2020. Monitoring Daya Listrik Secara Real Time. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, **Vol. 8 No. 2 2020**. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v8i2.109138>
- Quinn, R. 1980. *Radiography in Modern Industry* (Subsequent edition). Eastman Kodak Co.
- Rahayu, A., & Harmadi, H. 2020. Rancang Bangun Alat Ukur Konsentrasi Logam Berat Timbal Berbasis Sensor Serat Optik Evanescent dengan Cladding Kitosan. *Jurnal Fisika Unand*, **Vol. 9 No. 1**. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.1.17-23.2020>

- Rani, R. 2020. *Uji Akurasi Alat Ukur Radiasi Pada Kasus Kebocoran Tabung Pesawat Mobile X-Ray Di BPFK Makassar*. [Thesis, Universitas Hasanudin]. <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/3079/>
- Rismawan, E., Sulistiyanti, S., & Trisanto, A. 2012. Rancang Bangun Prototype Penjemur Pakaian Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, **Vol. 1 No. 1 2012**: 49–57.
- Riyanto. 2017. *Validasi & Verifikasi Metode Uji* (4 ed.). Deepublish.
- Rizki, I. 2010. Pengukuran Spektrum Sinar-X dan Karakteristik Detektor CdTe. [Skripsi, Progam Studi Fisika Universitas Indonesia]
- Seeram, E. 2019. *Digital Radiography: Physical Principles and Quality Control*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3244-9>
- Serway, R. A., Moses, C. J., & Moyer, C. A. 2004. *Modern Physics* (Third Edition). Cengage Learning.
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., & Sompie, S. R. U. A. 2016. Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, **Vol. 5 No. 3 2016**. <https://doi.org/10.35793/jtek.5.3.2016.11999>
- Sparzinanda, E., Nehru, N., & Nurhidayah, N. 2017. Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Kualitas Citra Radiografi. *Journal Online of Physics*, **Vol. 3 No. 1 2017**: 14-22. <https://doi.org/10.22437/jop.v3i1.4428>
- Subagyo, L. A., & Suprianto, B. 2017. Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, **Vol. 6 No. 3 2017**. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/16/article/view/21224>
- Sudarsih, K., Suraningsih, N., & Puspita, M. I. 2018. Pengujian Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Mobile Unit Merek Siemens Di Instalasi Radiologi RSUD K.R.M.T Wongsonegoro Semarang. *Journal of Health (JoH)*, **Vol. 5 No. 2 2018**. <https://doi.org/10.30590/vol5-no2-p67-71>
- Susilo, S., Supriyadi, S., Sutikno, S., Sunarno, S., & Setiawan, R. 2014. Rancang Bangun Sistem Pencitraan Radiografi Digital Untuk Pengembangan Laboratorium 1) Fisika Medik Unnes. *Saintekno: Jurnal Sains Dan Teknologi*, **Vol. 12 No. 1 2014**. <https://doi.org/10.15294/saintekno.v12i1.5427>
- Tim Penyempurnaan Terjemahan Al-Qur'an. 2019. *Al-Qur'an dan Terjemahannya Edisi Penyempurnaan 2019, Juz 1-10* (1 ed.). Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama.

Tim Penyempurnaan Terjemahan Al-Qur'an. 2019. *Al-Qur'an dan Terjemahannya Edisi Penyempurnaan 2019, Juz 11-20* (1 ed.). Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama.

Yudha, P. 2019. Implementasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino. *Jurnal Einstein*.
<https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/einsten/article/view/12002>

