

## RANCANGAN ALAT MONITORING RADIASI SEBAGAI PENUNJANG SAFETY PERALATAN X-RAY DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU

Samuel Glennarwan Rizky Sitorus<sup>1</sup>, M. Amril Siregar<sup>2</sup>, Dedy Mahyuda<sup>3</sup>  
[samuelsitorus223@gmail.com](mailto:samuelsitorus223@gmail.com)<sup>1</sup>, [muhammadamril2017@gmail.com](mailto:muhammadamril2017@gmail.com)<sup>2</sup>,  
[dedymahyuda.ap2@gmail.com](mailto:dedymahyuda.ap2@gmail.com)<sup>3</sup>  
Politeknik Penerbangan Medan

### ABSTRAK

Bandara Internasional Kualanamu memiliki Peralataan Keamanan Penerbangan yang salah satunya adalah mesin x-ray. Peralataan ini beroperasi dengan memancarkan sinar-x untuk mendeteksi barang tanpa harus mengeluarkan isinya, namun paparan radiasi mesin x-ray ini dapat berdampak buruk bagi kesehatan pekerja apabila terjadi kebocoran pada mesin x-ray dan terpapar langsung secara terus menerus melewati ambang batas normal. Tujuan penelitian untuk memantau tingkat besaran radiasi secara realtime dan memberikan peringatan jika dosis radiasi melebihi 1mSv yang dimonitoring oleh operator Avsec melalui metode pemograman platform telegram agar dapat memberikan respon yang cepat dan efektif dalam mengatasi masalah tersebut. Metode penelitian ini menggunakan penelitian dan pengembangan untuk mengembangkan suatu produk yang sudah ada, dengan melakukan pengujian dan analisis data terhadap teknisi dan operator x-ray. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat monitoring radiasi yang dirancang mampu bekerja dengan baik dan dapat mendeteksi perubahan besaran dosis radiasi dengan akurat. Dengan implementasi alat ini dapat memberikan informasi deteksi dini terhadap besaran paparan radiasi 1mSv dan dapat digunakan di Bandara Internasional Kualanamu sebagai penunjang keselamatan teknisi x-ray dan operator Avsec yang sedang bertugas, serta diperlukan pengujian lebih mendalam oleh pihak regulasi terkait dalam hal ini Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) agar alat ini bisa diimplementasikan di Bandar Udara.

**Kata Kunci** : Monitoring Radiasi, Besaran Dosis Radiasi, Peralataan X-Ray, Keamanan, Bandara, Kualanamu.

### ABSTRACT

*Kualanamu International Airport has Aviation Security Equipment, one of which is an x-ray machine. This equipment operates by emitting x-rays to detect goods without having to remove the contents, but exposure to the radiation of this x-ray machine can adversely affect the health of workers if there is a leak in the x-ray machine and direct exposure continuously exceeds the normal threshold. The purpose of the research is to monitor the level of radiation magnitude in realtime and provide a warning if the radiation dose exceeds 1mSv monitored by the Avsec operator through the telegram platform programming method in order to provide a fast and effective response to the problem. This research method uses research and development to develop an existing product, by testing and analyzing data on technicians and x-ray operators. The results showed that the designed radiation monitoring tool is able to work properly and can detect changes in the amount of radiation dose accurately. With the implementation of this tool can provide early detection information on the amount of 1mSv radiation exposure and can be used at Kualanamu International Airport as a safety support for x-ray technicians and Avsec operators on duty, and more in-depth testing is needed by the relevant regulatory parties in this case the National Nuclear Energy Agency (BATAN) so that this tool can be implemented at the Airport.*

**Keywords:** Radiation monitoring, radiation dose size, X-ray equipment, security airport, Kualanamu.

## PENDAHULUAN

Keselamatan radiasi tertuang dalam PP No 33 Tahun 2007 Tentang Keselamatan Radiasi Pengion Dan Keamanan Sumber Radioaktif dan PERKA BAPETEN (Peraturan Kepala Badan Pengawasan Tenaga Nuklir) Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Dalam PP no 33 menyatakan bahwa pada penggunaan peralatan radiografi harus memenuhi persyaratan proteksi radiasi yang meliputi perizinan, persyaratan manajemen, persyaratan proteksi radiasi, dan verifikasi keselamatan. Limitasi Nilai Batas Dosis (NBD) pertahun yang diperkenankan adalah 20 mSv bagi pekerja radiasi di Bandar Udara. Di Bandara Kualanamu alat proteksi atau penunjang safety yang digunakan ialah pena dosimeter, dimana alat ini biasanya diletakan di saku para teknisi x-ray untuk mengukur besaran dosis radiasi yang mengenai tubuh para teknisi selama melakukan pemeliharaan maupun perbaikan mesin x-ray, hasil dari besaran dosis radiasi yang mengenai tubuh akan di kirimkan ke Badan Pengawasan Tenaga Nuklir (BAPETAN) pertahun untuk mencatat dan memantau berapa besaran yang di terima oleh pekerja selama setahun. Maka untuk mengetahui jumlah paparan radiasi yang diterima oleh teknisi harus menunggu hasil dari pihak BAPETAN yang di akumulasikan dalam 1 tahun.

Peralataan elektronika di Bandar Udara ialah mesin x-ray, mesin ini digunakan untuk mendeteksi secara visual semua barang bawaan penumpang dan cargo pesawat udara. X-ray mendeteksi barang bawaan tanpa harus mengeluarkan isinya menggunakan pancaran sinar-x. Sinar-x akan menembus barang yang berada dalam terowongan sebagai bagian dari proses pemeriksaan. Barang yang berada di dalam terowongan tersebut akan memantulkan sinar yang dipancarkan oleh x-ray generator. Sinar yang dipancarkan akan mengenai detektor – detektor yang ada pada dua sisi terowongan. Sinar-x yang berbentuk kipas akan menembus objek yang berada di atas sabuk conveyor, setelah itu potongan dan sinyal gambar yang diterima oleh detektor kemudian akan dikumpulkan dan membentuk sebuah pixel pada layar monitor.

Dampak negatif bagi kesehatan pekerja yang ditimbulkan dari paparan radiasi sinar-x menurut Okano T dan white SC dalam Niluh Ringga (2016) adalah dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu efek deterministik dan efek stokastik. Efek deterministik didasarkan pada kematian sel dan memiliki hubungan dengan dosis ambang sedangkan efek stokastik adalah efek yang timbul tanpa dipengaruhi besar dosis paparan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Maghfirotul Iffah (2018) di Bandara Internasional Ngurah Rai Denpasar dilakukan analisis pengukuran paparan radiasi yang diterima pekerja selama 20 menit berada di daerah mesin x-ray bagasi yang berukuran besar dengan posisi berdiri diperoleh dosis paparan radiasi sebesar 0,04 uSv/20 menit pada jarak 1,5 m dari sumber radiasi. Pengukuran tersebut dilakukan dengan menggunakan alat dosimeter saku digital yang mampu mendeteksi radiasi sinar-x dan gamma.

Pada penelitian Azam (2007) melakukan penelitian dan pengembangan terhadap detektor radiasi hanya menggunakan sensor geiger muller untuk mendeteksi adanya radiasi terdeteksi. Penelitian Muhammad Fajar dan Kumala (2022) juga melakukan pengembangan terhadap detektor radiasi pada pengolahan Limbah B3 Rumah sakit menggunakan sensor geiger muller, dimana hasil dari pengolahan tersebut dapat mendeteksi radiasi selama 15 detik namun hasil deteksi tidak terekam pada alat deteksi radiasi. Begitu juga dengan penelitian dan pengembangan habib (2016) dimana sistem deteksi radiasi menggunakan mikrokontroler atmega 328 dan modul sim 800 global yang dimonitoring oleh website.

Latar belakang diatas merupakan alasan penulis membuat suatu rancangan dan pengembangan alat detektor radiasi untuk memonitoring pada petugas dan operator sebagai

deteksi dini kebocoran radiasi pada operator dan teknisi melalui platform telegram, sehingga dapat langsung mengantisipasi kebocoran dan memungkinkan pemantauan yang kontinyu terhadap tingkat radiasi di sekitar peralatan x-ray. Pengembangan ini memberikan sinyal potensi paparan yang melewati ambang batas 1mSv berdasarkan regulasi BATAN No 4 tahun 2013.

## **METODOLOGI**

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) untuk mengembangkan alat ukur dosis radiasi berbasis mikrokontroler dengan pemantauan melalui platform Telegram. Tujuan utama penelitian adalah memvalidasi dan mengembangkan produk alat ukur ini sebagai penunjang keselamatan bagi operator Avsec.

Langkah-langkah penelitian meliputi beberapa tahap penting. Pertama, potensi dan masalah diidentifikasi, di mana potensi terletak pada pengembangan alat pengukur dosis radiasi yang efektif dan efisien, sedangkan masalah adalah keterbatasan alat pengukur dosis radiasi yang ada saat ini. Pengumpulan informasi dilakukan dengan mempelajari literatur terkait dan berkonsultasi dengan teknisi x-ray serta operator Avsec. Desain produk mencakup alat pengukur dosis radiasi yang menggabungkan sensor Geiger Muller dengan mikrokontroler, dan hasilnya ditampilkan melalui platform Telegram.

Setelah desain divalidasi oleh pakar dan perbaikan dilakukan berdasarkan umpan balik, alat diuji coba untuk menilai kinerjanya dalam membaca dan menampilkan dosis radiasi. Penelitian dilakukan di Bandara Internasional Kualanamu dengan mesin x-ray SKD Rapiscan 628DV. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling untuk menguji kinerja alat.

Instrumen penelitian meliputi adaptor sebagai sumber tegangan DC, dan teknik pengumpulan data mencakup pemasangan sensor di berbagai lokasi, pengoperasian mesin x-ray, serta pencatatan hasil dosis radiasi yang ditampilkan di platform Telegram. Teknik analisis data meliputi deskripsi produk, hasil uji validasi oleh teknisi x-ray dan operator Avsec, serta tabel hasil uji coba alat yang menunjukkan dosis radiasi pada berbagai titik lokasi di sekitar mesin x-ray.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perancangan merupakan proses yang dilakukan terhadap alat, mulai dari rancangan kerja rangkaian hingga hasil jadi yang akan difungsikan. Perancangan dan pembuatan alat merupakan bagian terpenting dari seluruh pembuatan Proyek Akhir ini. Pada prinsipnya perancangan dan sistematika yang baik akan memberikan kemudahan – kemudahan dalam proses pembuatan alat. Pada rancangan Detektor radiation berbasis telegram ini menggunakan deteksi radiasi, serta menambahkan node-MCU untuk bisa menampilkan data radiasi pada telegram. Dengan teori dasar yang telah dijelaskan pada bab II dan perencanaan pada bab III maka pada bab IV ini akan dijadikan acuan dalam penjelasan cara kerja rancangan detektor radiation berbasis telegram.

### **Perancangan Perangkat keras**

Tahap – tahap yang dilakukan dalam proses perancangan alat meliputi :

1. Adapun tahapan awal yang dilakukan dalam perakitan hardware diantaranya proses pembuatan rancangan detektor radiasi. Melakukan desain rancangan pemasangan sensor pada mikrokontroler.
2. Tahapan selanjutnya adalah melakukan pemasangan sumber DC sebesar 5 v menggunakan adaptor.

3. Pemasangan LM 2596 step down lalu menghubungkan pin ground dengan mikrokontroler Esp 32 Devkit dan LCD dan menghubungkan pin tegangan 5V dengan mikrokontroler Esp 32 Devkit dan LCD.
4. Pemasangan sensor Geiger counter dan menghubungkan pin Vin sensor dengan mikrokontroler Esp 32 Devkit seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Rancangan Alat

5. Selanjutnya pemasangan Liquid Crystal Display (LCD) dengan menghubungkan pin SCA dan SCL dengan pin Esp 32 Devkit.
6. Setelah semua rangkaian telah dirakit dan dipasang, selanjutnya rangkaian dihubungkan dengan laptop menggunakan USB Type-B untuk kemudian diprogram melalui Arduino IDE. Pada penelitian ini dilengkapi dengan fitur Monitoring jarak jauh yang dapat dipantau melalui jaringan internet, cukup memasukan username bot channel yang telah di sediakan.

Berdasarkan gambar diatas, sistem kerja alat yaitu: mengukur radiasi yang dipancarkan mesin x-ray kemudian ditampilkan nilainya pada LCD dan pada Platform Telegram dan membunyikan alarm buzzer penanda batas radiasi telah melebihi batas maksimal toleransi

### Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 2 Perancangan Arduino IDE

Pada instalasi perangkat mikrokontroler Arduino uno dan sensor diperlukan perangkat lunak Arduino IDE. Aplikasi seperti pada gambar 4.2 dapat dilihat pada website resmi Arduino IDE. Software Arduino yang menyediakan semua aplikasi bawaan mikrokontroler Arduino tersebut, pada penelitian ini dilakukan pembuatan alat rancangan detektor radiasi berbasis platform telegram melalui tahapan – tahapan untuk sensor dan mikrokontroler Arduino agar dapat bekerja.

Tahap awal yang dilakukan dalam pembuatan software pada Arduino yaitu memasukan coding pada mikrokontroler untuk mendapatkan fungsi dan perangkat keras yang diinginkan kemudian memasukan library ArduinoJson, LiquidCrystal\_I2C, dan CTBot pada Arduino IDE.

## Pembuatan platform telegram



Gambar 3 Pembuatan Bot Telegram

Pada penelitian ini untuk dapat melakukan monitor jarak jauh menggunakan detektor radiasi maka diperlukan aplikasi telegram seperti pada gambar 4.3 untuk dapat membuat bot telegram sebagai output pengiriman besaran dosis radiasi. Dalam pemrograman telegram monitoring radiasi ada beberapa langkah – langkah yang perlu dilakukan adalah :

1. Membuat bot Telegram menggunakan BotFather.
2. Mendapatkan Chat ID untuk bot Telegram yang akan kita gunakan.
3. Melakukan konfigurasi ESP32 untuk mengirimkan data ke Telegram menggunakan bot.
4. Selanjutnya melakukan pengujian bot Telegram dengan memonitoring output melalui platform telegram.

Dengan mengikuti langkah – langkah ini, kita dapat mengatur sistem pemantauan radiasi berbasis telegram menggunakan ESP32. Bot Telegram ini akan mengirimkan data radiasi secara berkala atau berdasarkan kondisi codingan tertentu langsung ke perangkat pengguna.

### Cara pengoperasian alat

Adapun tahapan – tahapan untuk mengoperasikan alat monitoring radiasi adalah sebagai berikut :

1. Langkah pertama, menyalakan detektor radiasi dengan menggunakan adaptor 5v sehingga modul mendapatkan tegangan Direct Current (DC)
2. Selanjutnya, memastikan detektor telah aktif ditandai dengan LED yang menyala.
3. Kemudian membuka aplikasi arduino IDE yang telah di coding kemudian mengklik tanda centang untuk mengverifikasi apakah codingannya dapat berjalan atau error.
4. Apabila coding tidak bermasalah seperti pada gambar 4.4 selanjutnya klik tanda panah untuk mengupload coding ke board Esp32 DEV Module yang telah terhubungan menggunakan kabel.

```
yaya.yaa|Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
yaya.yaa
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "CTBot.h"
CTBot myBot;
//
//String ssid = "Smart Scale" ; // WIFI SSID
//String pass = " " ; // WIFI PASSWORD
//String token = "6779200020:AAH37h5Nf80Ke10_nhK_NrLHV5WEM3LRmW";

String ssid = "Smart Scale" ; // WIFI SSID
String pass = "udahlupa"; // WIFI PASSWORD
String token = "7137751699:AAghFadLm-E2BcRMew1K_8KilleEoJ6kzXA";

#define CHAT_ID -1002243933041

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

#define PINTIC 27
#define TICFACTOR 0.05 // factor between number of tics/second --> mR/hr
```

Gambar 4 Mengupload codingan ke Board Esp 32

5. Selanjutnya mengaktifkan akses jaringan yang akan digunakan, sehingga saat detektor sudah terhubung dengan ESP32 maka jaringan internet dapat digunakan dan sudah terkoneksi.
6. Berikutnya membuka platform telegram dan membuka bot telegram monitoring radiasi

untuk memantau besaran dosis seperti pada gambar 5



Gambar 5 Bot Telegram

7. Langkah terakhir yaitu letakan alat detektor disekitar mesin x-ray dan mengarahkan sensor pada mesin x-ray.
8. Kemudian sensor akan membaca besaran radiasi dan nilai radiasi yang melewati ambang batas, lalu hasilnya dapat dilihat pada layar LCD dan Platform bot telegram monitoring radiasi.

## Pembahasan Hasil Penelitian

### 1. Tujuan Pengujian Rancangan

Tujuan dilakukan pengujian rancangan adalah untuk dapat mengetahui kinerja peralatan dan juga hubungan antara hardware dan software sebagai program yang berjalan baik. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat dan sistem monitoring sudah sesuai dengan yang diinginkan atau sebaliknya. Dengan pengujian yang dilakukan mulai dari pengujian sensor Geiger Counter, dan dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor pada Arduino IDE serta pembacaan pada Telegram.

### 2. Hasil Pengujian Hardware

Pengujian Hardware dilaksanakan di Bandara Kualanamu menggunakan mesin x-ray SKD merk Rapiscan 628DV pada tanggal 27 juni 2024 dan 3 juli 2024. Pengujian ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung. Berikut tahapan yang dilakukan pada pengujian sensor geiger tube :

1. Objek yang akan dipindai oleh mesin x-ray adalah sebuah tas sandang dan barang bawaan lainnya seperti gambar 4.6, dimana memasukan barang ke mesin x-ray untuk dilakukannya pendeteksian



Gambar 6 Pendeteksian barang

2. Kemudian dilakukannya pengujian sensor alat monitoring radiasi dengan meletakkan detektor dimana Operator standby dan teknisi sering melakukan pemeliharaan maupun perbaikan.
3. Pada gambar 4.7 dilakukan Pengujian ke-1 dimana sensor diletakan disekitar operator Avsec yang sedang melakukan monitoring pengecekan barang untuk mendeteksi

besaran radiasi yang berada dalam jangkauan monitoring visual oleh Operator.



Gambar 7 Pengujian pertama diletakan di dekat Operator



Gambar 8 pengujian kedua di samping generator



Gambar 9 pengujian ketiga diatas mesin x-ray

4. Pada gambar 8 dan 9 dilakukan Pengujian ke-2 dan ke-3 dimana sensor diletakan disekitar mesin x-ray dimana teknisi melakukan pemeliharaan dan perbaikan. pengujian dilakukan agar mengatisipasi paparan radiasi yang mengenai teknisi x-ray.
5. Pada gambar 4.10 dilakukan Pengujian ke-4 dimana Sensor diletakan didekat tirai pelindung timbal tempat pemasukan barang dan pengambilan barang hasil dari proses pendeteksian oleh mesin x-ray.



Gambar 10 pengujian keempat di samping tirai pelindung

Tabel 1 Dosis radiasi dalam waktu tertentu

No	Lokasi	1 jam	4 jam	8 jam	12 jam
1.	Pengujian 1	0,07 $\mu$ Sv	0,28 $\mu$ Sv	0,56 $\mu$ Sv	0,86 $\mu$ Sv
2.	Pengujian 2	0,09 $\mu$ Sv	0,36 $\mu$ Sv	0,72 $\mu$ Sv	1,08 $\mu$ Sv
3.	Pengujian 3	0,06 $\mu$ Sv	0,24 $\mu$ Sv	0,48 $\mu$ Sv	0,72 $\mu$ Sv
4.	Pengujian 4	2,06 $\mu$ Sv	8,24 $\mu$ Sv	16,48 $\mu$ Sv	24,72 $\mu$ Sv

Pada saat pengujian dan pengukuran terjadi perbedaan hasil berdasarkan letak titik lokasi pengukuran terhadap mesin x-ray yang dilakukan, terdapat perbedaan dari nilai besaran dosis radiasi. Dari hasil yang ditunjukkan pada tabel diatas menunjukkan bahwa sensor radiasi geiger tube dapat menunjukkan nilai radiasi yang cukup akurat. Besaran dosis radiasi per tahun pada tiap lokasi Operator Avsec dan teknisi x-ray dalam waktu shift jam kerja 1 hari = 12 jam dan 1 bulan = 15 hari adalah :

- Pengujian 1 :  $0,86 \mu\text{Sv} * 15 \text{ hari} * 12 \text{ bulan} = 154,8 \mu\text{Sv}$
- Pengujian 2 :  $1,08 \mu\text{Sv} * 15 \text{ hari} * 12 \text{ bulan} = 194,4 \mu\text{Sv}$
- Pengujian 3 :  $0,72 \mu\text{Sv} * 15 \text{ hari} * 12 \text{ bulan} = 129,6 \mu\text{Sv}$
- Pengujian 4 :  $24,72 \mu\text{Sv} * 15 \text{ hari} * 12 \text{ bulan} = 4.449,6 \mu\text{Sv}$

Berdasarkan data analisis diatas maka hasil pengujian besaran radiasi pertahun pada setiap lokasi untuk pengujian 1, 2, dan 3 dalam ambang batas aman (safety) sedangkan pada pengujian 4 dimana sensor didekatkan pada tirai pelindung timbal yang dimana untuk meredam radiasi besarnya sudah melewati ambang batas aman (berbahaya) dimana bahwasanya operator, teknisi maupun orang awam tidak boleh berada dekat tirai pelindung timbal saat mesin x-ray dalam keadaan menyala (ON). Ambang batas aman untuk dosis radiasi tidak melebihi 1mSv pertahun.

### Hasil Pengujian Software

Program ini mengambil dari board Esp32 Dev module dan library ArduinoJson, LiquidCrystal\_I2C, dan CTBot pada Software aplikasi Arduino IDE dimana dilakukan pengujian alat dengan platform telegram, pertama alat akan dihubungkan ke internet melalui komponen esp 32, kemudian dapat terhubung ke platform telegram dan menerima data besaran radiasi yang ditangkap oleh sensor.

Monitoring yang dilakukan melalui platform telegram ini dapat mempermudah dan meningkatkan perlindungan dari paparan radiasi sinar-x, dimana rekapan hasil paparan besaran dosis radiasi pada platform telegram dapat digunakan sebagai peringatan seperti pada gambar 11 sehingga terhindar dari paparan radiasi yang berlebihan dari mesin x-ray.



Gambar 11 Monitoring Radiasi

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil rancang bangun alat monitoring radiasi sebagai penunjang safety peralatan x-ray berbasis platform telegram di Bandara Internasional Kualanamu adalah sebagai berikut:

1. Proses cara kerja alat monitoring radiasi sebagai penunjang safety mesin x-ray di bandara kualanamu yaitu menggunakan alat pena dosimeter dimana hasil dari besaran dosis radiasi yang mengenai tubuh akan di kirimkan ke Badan Pengawasan Tenaga Nuklir (BAPETAN) pertahun untuk mencatat dan memantau berapa besaran yang di terima oleh pekerja selama setahun. Maka untuk mengetahui jumlah paparan radiasi yang diterima oleh teknisi harus menunggu hasil dari pihak BAPETAN yang di akumulasikan dalam 1 tahun.
2. Dari hasil rancangan penelitian dan pengembangan serta penelitian alat monitoring radiasi sebagai penunjang safety peralatan x-ray berbasis platform telegram, berhasil dilakukan, sensor detektor berhasil menangkap besaran dosis radiasi mesin x-ray dan meneruskan data ke platform telegram dengan baik, hasil pengujian pendeteksian yang dilakukan pada mesin x-ray Bandara Internasional Kualanamu sebesar 0,09 uSv per hari masih dalam ambang batas aman dan tidak ada kebocoran radiasi sinar x-ray yang berlebihan.
3. Dari Pengujian dihasilkan besaran dosis radiasi yang terdeteksi oleh sensor akan dikirimkan secara realtime ke grup telegram

## Saran

Saran berdasarkan analisis dan kesimpulan diatas, dan juga sebagai bahan pertimbangan bagi pihak kampus nantinya dalam usaha meningkatkan kualitas produk yang telah dirancang, saran yang ingin disampaikan sebagai berikut :

1. Rancangan alat monitoring radiasi sebagai penunjang safety peralatan x-ray berbasis platform telegram ini diharapkan butuh pengujian Ilmiah lebih mendalam oleh pihak regulasi terkait dalam hal ini BATAN (Badan Tenaga Nuklir Nasional) agar alat deteksi radiasi dapat diimplementasikan di Bandar Udara.
2. Rancangan alat monitoring radiasi sebagai penunjang safety peralatan x-ray berbasis platform telegram ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk meningkatkan inovasi terbaru terkait safety di Bandar Udara.
3. Perlu dilakukan penambahan user yang memantau hasil kinerja dari detektor radiasi melalui grup telegram.
4. Dalam pengujian yang dilakukan oleh penulis dilakukan dalam 1 hari sehingga perlu dilakukan pengujian lebih mendalam dalam kurun waktu 1 bulan agar melihat keakuratan rata-rata besaran dosis radiasi yang keluar dari mesin x-ray.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. (2000). Dasar-Dasar Proteksi Radiasi.
- Aung Myat Maw, D. T. (2017). Arduino Based Geiger Muller Counter with SMS Alert System. *Jurnal Internasional Sains dan Penelitian (IJSR)*, 940-943.
- Ayub, G. A. (2021). Analisa Penggunaan Mesin X-Ray Sebagai Security System Di Bandara Internasional Husein Sastranegara. *JE-Unisla*, 6(2), 1-5.
- Devira Ramady, G. Y. (2020). Rancang Bangun Model Simulasi Sistem Pendeteksi Dan Pembuangan Asap Rokok Otomatis Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, VI-2.
- Dinanda, L. I. (2020). Efek Paparan Radiasi Dari Mesin X-Ray Dan Metal Detektor Terhadap Kesehatan Petugas Pengamanan Lembaga Pemasarakatan. *Journal Of Correctional Issues*, 17-20.
- Fajar, M. S. (2022). Pemanfaatan Modul Geiger-Muller Untuk Mendeteksi Radiasi Pada Pengolahan Imbah B3 Rumah Sakit. *Jurnal Eltek*,.
- Fernández-Álvarez, P., & Rodríguez, R. J. (2022). Extraction and analysis of retrievable memory artifacts from Windows Telegram Desktop application. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 40. doi: 10.1016/j.fsidi.2022.301342
- Iffah, M., Adiatmika, I. P. G., Adyana, I. W. B., Sutjana, I. D. P., Muliarta, I. M., & Swamardika, I. B. A. (2018). Kombinasi Penambahan Shielding Timbal Mesin Fluoroscopy Bagasi Dan Pengaturan Jarak Pekerja Terhadap Sumber Radiasi Menurunkan Paparan Radiasi Sinar X Dan Kelelahan Mata Pada Pekerja Screening Di Bandara Internasional X. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, 4(1), 317993.
- Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia. (2013). *Proteksi Dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir*. Jakarta: Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia.
- Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia. (2020). *Keselamatan Radiasi Dalam Produksi Radioisotop Untuk*. Jakarta: Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia.
- Mayerni, A. A. (2013). Dampak Radiasi Terhadap Kesehatan Pekerja Radiasi Di Rsud Arifin Achmad, Rs Santa Maria Dan Rs Awal Bros Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 117-120.
- Nova, A. N. (2020). Respon Energi Dan Kalibrasi Spektrometer Sinar-X Dengan Detektor CDTE Terhadap Sumber Radiasi Terstandar. Universitas Udayana.
- Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara. 2014. Nomor : KP. 241 Tahun 2014 (2014). *Pedoman Pengoperasian, Pemeliharaan Dan Pelaporan Fasilitas Keamanan Penerbangan*. Direktur Jendral Perhubungan Udara
- S, Suryadi. (2013). Modul Percobaan Interfacing Port Parallel Dengan Liquid Crystall Display 2 Line X 16 Character Yang Didukung Bahasa Pemrograman Borland Delphi 7.0. *Sistem Informasi & Telematika (Telekomunikasi , Multimedia & Informatika)*, 4.
- Samsun, E. P. (2023). Mengenal Alat Ukur Radiasi. 20-31.
- Subekti, S., & Najamuddin, I. (2017). Evaluasi Pengembangan Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) Sebagai Badan Layanan Umum pada Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. *Warta Penelitian Perhubungan*, 29(2), 165-178.
- Sukmadinata, Nana Syaodih. (2008). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Wahyudi, M. EFEK PAPARAN RADIASI DARI MESIN X-RAY DAN METAL DETEKTOR TERHADAP KESEHATAN PETUGAS PENGAMANAN LEMBAGA PEMASYARAKATAN.
- Woroprobosari, N. R. (2016). Efek Stokastik Radiasi Sinar-X Dental Pada Ibu Hamil Dan Janin. *ODONTO Dent J*, 3.