

Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Respon Detektor Isian Gas Pada *Surveymeter* Berbasis IoT

Chandra Kusuma

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang

Diah Rahayu Ningtias

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang

Jl. Kolonel Warsito Sugiarto KM 2,5 Gunungpati Semarang 50222

Korespondensi penulis: diahrayahuningtias@stikessemarang.ac.id

Abstract. A *surveymeter* is a measuring instrument that functions to detect radiation exposure doses, which uses a Geiger Muller gas filled detector with the initial unit of sievert converted to microsievert ($\mu\text{Sv}/\text{hour}$). In this research, we fabricated an IoT-based *surveymeter* and tested the response of the gas fill detector used to changes in exposure factors. Before collecting data, it is mandatory to set parameters on the control panel to determine the radiation exposure dose to be measured. Measurements are carried out on a mobile X-Ray with parameter settings including tube voltage (kV), tube current (mA), and exposure time (s). From the results of research that the Geiger Muller gas filled detector responds to the radiation exposure dose that has been determined on the control panel and fired by mobile X-Ray, the results detected by the detector will be displayed in the application in the form of Counts Per Minute (CPM), $\mu\text{Sv}/\text{h}$, + /- and data can be stored in the database. The higher the tube current value given, the smaller the radiation dose value obtained. In other words, the gas fill detector responds with a dose value that is directly proportional to the X-ray tube voltage value and inversely proportional to the X-ray tube current value.

Keywords: *Surveymeter*, Geiger Muller Detector, Exposure Factor, Radiation Exposure Dose, Database.

Abstrak. *Surveymeter* merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mendeteksi dosis paparan radiasi, yang menggunakan detektor isian gas *Geiger muller* dengan satuan awal *sievert* dikonversikan menjadi *microsievert* ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$). Pada penelitian ini melakukan fabrikasi *surveymeter* berbasis IoT dan melakukan uji respon detektor isian gas yang digunakan terhadap perubahan faktor eksposi. Sebelum melakukan pengambilan data wajib dilakukan *setting* parameter pada panel kontrol untuk mengetahui dosis paparan radiasi yang akan diukur, pengukuran dilakukan pada *mobile X-Ray* dengan *setting* parameter meliputi tegangan tabung (kV), arus tabung (mA), dan waktu paparan (s). Dari hasil penelitian bahwa detektor isian gas *Geiger muller* merespon adanya dosis paparan radiasi yang sudah ditetapkan pada panel kontrol dan ditembakkan oleh *mobile X-Ray*, hasil yang dideteksi oleh detektor akan tertampilkan di aplikasi berupa Cacah Per Menit (CPM), $\mu\text{Sv}/\text{h}$, + /- dan data dapat disimpan dalam *database*. semakin tinggi nilai arus tabung yang diberikan, didapatkan nilai dosis radiasi yang semakin kecil. Dengan kata lain, detektor isian gas memberikan respon nilai dosis berbanding lurus terhadap nilai tegangan tabung sinar X dan berbanding terbalik terhadap nilai arus tabung sinar X.

Kata kunci: *Surveymeter*, Detektor *Geiger Muller*, Faktor Eksposi, Dosis Paparan Radiasi, Database.

LATAR BELAKANG

Surveymeter merupakan alat ukur yang dapat memberikan informasi laju dosis radiasi pada suatu area secara langsung. Nilai yang terukur pada *surveymeter* adalah intensitas radiasi, secara elektronik nilai intensitas tersebut dikonversikan menjadi skala laju dosis. Semua jenis detektor yang dapat memberikan hasil secara langsung, seperti detektor isian gas, sintilasi dan semikonduktor, dapat digunakan sebagai *surveymeter*. Dari segi praktis dan ekonomis, detektor isian gas *Geiger muller* yang paling banyak digunakan (Jaya et al., 2020).

Distribusi dosis di lingkungan sekitar sumber sinar-X dipengaruhi oleh ketebalan bahan pelindung, dengan standar yang disarankan untuk pekerja adalah 10 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$, sedangkan untuk lingkungan sekitar 0,5 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Nilai dosis ekuivalen ini didapatkan dari variasi faktor paparan yang diberikan oleh tabung sinar-X (Bonczyk et al., 2022). Dosis paparan radiasi dan dosis efektif memiliki satuan yang sama dengan dosis serap. Dosis paparan radiasi atau nilai batas dosis ekuivalen bagi pengguna umum berbeda dengan yang dianjurkan bagi pekerja radiasi (Cho et al., 2020).

Dosis ekuivalen yang dihasilkan oleh radiografi dipengaruhi tiga faktor penting yang disebut sebagai faktor eksposi. Faktor tersebut adalah faktor yang mengatur tegangan tabung (kV) yang merepresentasikan daya tembus energi foton dalam tabung sinar-X, arus tabung (mA) yang menunjukkan kuantitas foton yang dihasilkan, waktu eksposi (s) yang merepresentasikan lamanya pemaparan (Anggara, 2020).

Secara kuantitatif, dosis radiasi sinar-X dipengaruhi oleh pengaturan arus tabung (mA). Arus tabung menentukan banyaknya jumlah elektron yang dihasilkan untuk menembus bahan. Semakin tinggi arus tabung yang digunakan maka intensitas sinar-X pun akan ikut meningkat, sebaliknya semakin rendah arus tabung yang digunakan maka akan semakin rendah pula intensitas sinar-X yang dihasilkan. Selain itu, pengaturan waktu paparan (s) juga mempengaruhi peningkatan dosis radiasi yang dihasilkan. Semakin lama waktu yang digunakan untuk eksposi akan menyebabkan penyebaran elektron dari tabung tidak dapat dikendalikan sehingga nilai dosis radiasi di sekitar menjadi meningkat (Utami et al., 2021).

Pengendalian nilai dosis radiasi dapat dilakukan menggunakan alat *surveymeter*, yaitu dengan membaca intensitas dosis ekuivalen yang dipaparkan oleh *mobile X-Ray*, dengan mengatur parameter yang ada di panel kontrol (Japeri et al., 2020). *Surveymeter* dosis radiasi sinar-X dapat menggunakan detektor isian gas, silikon, maupun semikonduktor sebagai media pembaca hasilnya dan memiliki keunggulan serta kelemahan. Salah satu detektor yang memiliki Tingkat akurasi tinggi adalah jenis detektor isian gas, yaitu *Geiger muller* (GM) (Hilyana, 2017). Penghitung GM memiliki rentang respons laju dosis yang sempit, dan rentang

pengukuran efektif kira-kira tiga kali lipat. Biasanya, petugas proteksi radiasi perlu membawa *surveymeter* berisi detektor laju dosis mendekati target. Metodologi ini sangat berbahaya dan tidak nyaman. Oleh karena itu, *surveymeter* tidak dapat menyelesaikan misi yang diperlukan dengan baik, seperti pengoperasian tanpa pengawasan dan pengukuran online secara real time (Wang et al., 2018).

Tidak semua instalasi radiologi memiliki alat ukur dosis ekuivalen, hal ini mengakibatkan kegiatan proteksi radiasi menjadi terhambat sehingga dapat membahayakan sekitar. Maka dari itu, diperlukan alat ukur dosis ekuivalen yang terjangkau dan mampu memberikan respon akurat ketika dilakukan kegiatan proteksi radiasi. Alat ukur dosis yang ada saat ini masih kurang aman dikarenakan saat pengambilan data petugas proteksi radiasi harus tetap berada di dalam ruangan *X-Ray* (Rokhmat & Roni Cahya, 2023). Sehingga pada penelitian ini penulis membuat alat *surveymeter* digital berbasis IoT dengan penyimpanan data menggunakan jenis detektor isian gas yaitu GM. Pada alat ini dapat digunakan untuk membantu petugas proteksi radiasi dalam pengambilan data tanpa perlu berada di dalam ruangan *X-Ray*, sehingga mengurangi efek radiasi pada petugas dan dapat dipantau secara jarak jauh melalui sistem IoT. Alat yang digunakan sudah memiliki fitur penyimpanan data yang memudahkan mengetahui hasil dosis ekuivalen secara langsung. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan uji respon pada detektor GM terhadap perubahan faktor eksposi yang diberikan. Dalam penentuan faktor eksposi yang optimal bertujuan untuk mendapatkan nilai dosis serendah mungkin untuk keselamatan baik petugas proteksi radiasi maupun pasien (Ningtias et al., 2022).

KAJIAN TEORITIS

A. Faktor Eksposi

Faktor eksposi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dan menentukan kualitas dan kuantitas dari penyinaran radiasi sinar-X yang diperlukan dalam pembuatan citra radiografi. Faktor eksposi terdiri dari 3 parameter yaitu tegangan tabung (kV), arus (mA) dan waktu eksposi (s). Tegangan tabung merupakan beda potensial yang diberikan antara anoda dan katoda dalam tabung sinar-X. Tegangan ini akan menentukan kualitas sinar-X dan daya tembus dari sinar-X. Waktu eksposi (s) merupakan waktu yang menentukan lamanya berkas sinar-X yang dipaparkan pada objek yang diekspos. Waktu penyinaran dibuat sesingkat mungkin untuk menghindari ketidaktajaman akibat pergerakan (*unsharpness movement*). Arus tabung dengan satuan miliamper (mA) merupakan besarnya arus listrik antara anoda dan katoda. Arus tabung merupakan faktor yang menentukan jumlah atau kuantitas sinar-X yang dipancarkan oleh tabung sinar-X (Faradina Pratiwi et al., 2023).

Secara matematis, nilai dosis radiasi dipengaruhi oleh factor eksposi. Hal ini dapat dilihat melalui persamaan berikut ini (Fachrully Septiano et al., 2023):

$$D \text{ (mR)} = \frac{P \text{ mAs (kV)}^2}{r^2}$$

Dimana:

- D = Dosis paparan dalam mR
- P = Faktor mesin sina-X (P = 15)
- mA = Arus tabung
- kV = Potensial tabung
- r = Jarak dari sumber (dalam cm)

Berdasarkan persamaan tersebut, dapat dilihat bahwa nilai dosis paparan yang diekspos diterima oleh detektor GM yang di konversikan dari mR menjadi μSv adalah 1 mR sama dengan 87 μSv .

B. Dosis Ekuivalen

Nilai batas dosis untuk lingkungan eksak *International Atomic Energy Agency* (IAEA) tidak lebih dari 1 $\mu\text{Sv/jam}$ pada jarak 1 m dari sumber radiasi (Hounsou et al., 2020). Dosis paparan radiasi dan dosis efektif memiliki satuan yang sama dengan dosis serap. Dosis paparan radiasi atau nilai batas dosis ekuivalen bagi pengguna umum berbeda dengan yang dianjurkan bagi pekerja radiasi. Pada penelitian ini, nilai batas dosis ekuivalen standar untuk pengguna umum pada kulit adalah 50 mSv/tahun, yaitu sebesar 5,707 $\mu\text{Sv/jam}$ (Bonczyk et al., 2022).

Ilmu proteksi radiasi biasa dikenal dengan istilah ALARA “*As Low As Reasonably Achievable*” merupakan konsep yang digunakan untuk pengurangan dosis dalam proteksi radiasi. ALARA adalah persyaratan untuk paparan pekerja yang dapat dibenarkan, dibatasi, dan dikendalikan melalui proses optimasi yang dapat menyeimbangkan potensi bahaya dari paparan terhadap manfaat bagi masyarakat. Menurut ICRP No. 26 tahun 1977, untk menciptakan proteksi radiasi dan terciptanya keselamatan dan kesehatan bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan, maka asas-asas proteksi radiasi meliputi Justifikasi atau Pembenaran, Optimasi, Pembatasan Dosis Perorangan. Proteksi radiasi di dasarkan pada prinsip Proteksi Radiasi yaitu Pengaturan Jarak, Pengaturan Waktu (Sari et al., 2023).

C. Detektor Isian Gas

Detektor berisi gas dapat digunakan untuk mendeteksi paparan radiasi sinar-X. Dalam penggunaannya menggunakan sistem pencacah *Geiger muller* (GM). Elektron dipercepat di anoda dalam tabung vakum, menghasilkan ionisasi sekunder. Keakuratan nilai yang dihasilkan

dipengaruhi oleh pencacah dimensi geometrik, ionisasi awal di katoda, tegangan operasi, temperatur dan tekanan gas. Efisiensi detektor GM adalah sekitar 0,5 hingga 1,5%. Detektor penghitung GM dapat menggunakan struktur mikro untuk meningkatkan nilai efisiensi sebesar 4%. Dengan begitu, detektor ini dapat digunakan untuk kegiatan proteksi radiasi (Fachrully Septiano et al., 2023).

Detektor *Geiger muller* adalah alat untuk mendeteksi radiasi berdasarkan pasangan ion yang dibentuk di dalam tabung yang berisi gas. Detektor isian gas terdiri dari sebuah tabung ber dinding logam yang diisi dengan gas dan mempunyai kawat di tengahnya. Dinding tabung merangkap sebagai katoda sedang kawat sebagai anoda (Hilyana, 2017).

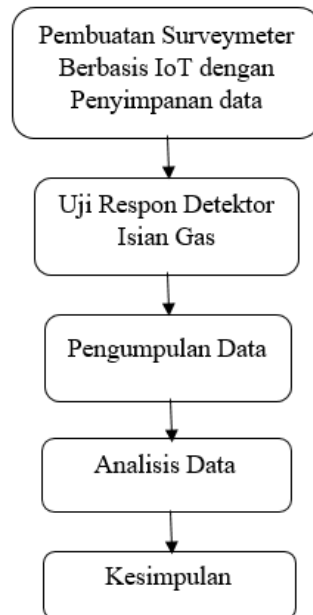
D. *Surveymeter* IoT

Surveymeter IoT adalah alat kalibrator yang digunakan untuk mengukur tingkat paparan radiasi di lingkungan dengan cara dapat dipantau jarak jauh. Alat ini dapat mengidentifikasi sumber radiasi potensial, mengukur intensitas radiasi, dan memberikan informasi penting tentang tingkat paparan radiasi yang mungkin dialami oleh manusia dan benda di sekitarnya (Fachrully Septiano et al., 2023).

Dari hasil penelitian Fachrully Septiano *surveymeter* IoT telah berhasil membaca dosis paparan radiasi sinar-X namun masih memiliki nilai yang berbeda dengan perangkat yang terstandarisasinya. Hal ini dapat disebabkan adanya perbedaan waktu respon mencacah antara detektor isian gas dan detektor yang digunakan pada *surveymeter* yang terstandarisasi (Fachrully Septiano et al., 2023).

METODE PENELITIAN

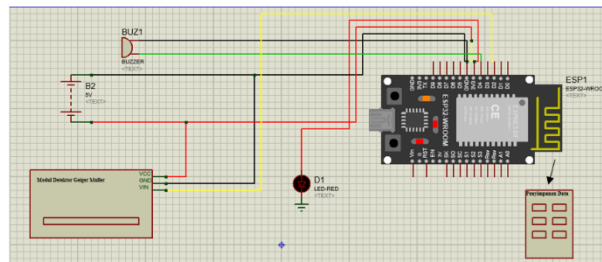
Pada penelitian ini pengambilan data dosis radiasi dilakukan di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang dengan menggunakan pesawat mobile *X-Ray Merk Mednif* type SF100BY. Langkah penelitian diawali dengan pembuatan *surveymeter* berbasis IoT dengan penyimpanan data, uji respon detektor isian gas, pengumpulan data, analisis data dan kesimpulan. Yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchat Penelitian

Pada penelitian ini penulis membuat alat *surveymeter* digital berbasis IoT dengan penyimpanan data, alat *surveymeter* digital berbasis IoT dengan penyimpanan data ini menggunakan mikrokontroler ESP 32 sebagai *programming* dan sumber IoT. ESP 32 ini digunakan untuk sebagai pengatur input Detektor *Geiger muller*, Detektor *Geiger muller* sendiri merupakan detektor isian gas yang berfungsi untuk mendeteksi dosis radiasi pada *mobile X-Ray*. Nilai yang dihasilkan detektor akan ditampilkan di IoT yang berupa aplikasi, aplikasi tersebut menggunakan *platform* MIT. Setelah hasil tertampil di IoT, hasil tersebut akan disimpan di penyimpanan data yang berupa *database*.

A. Pembuatan Hardware



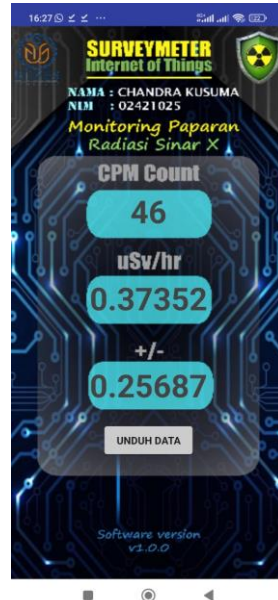
Gambar 2. Wiring Alat

Pada *wiring* diatas penulis menggunakan komponen ESP 32 adalah Mikrokontroler *System-on-Chip* ESP-32 mendukung Wi-Fi 802.11 b/g/n, konsumsi mode ganda & jarak transmisi jauh (20m) Bluetooth 4.2, dan berbagai periferal. Komponen 8266A, pada dasarnya adalah prosesor dua inti yang dapat memiliki *clock* hingga 240 MHz. Selain itu, ia memiliki memori flash 4MB, peningkatan jumlah pin GPIO dari 17 menjadi 36, dan tambahan 16 pin saluran PWM. Prosesor ini terdiri dari total dua inti pusat (prosesor Extensa LX6, dibuat dengan teknologi 40 nm). Inti CPU individual dapat dimanipulasi. Data dan instruksi dapat disimpan dalam SRAM on-chip sebesar 520 KB. Misalnya, modul SOC ESP32-Wrover memiliki flash SPI eksternal sebesar 4 MB dan tambahan PSRAM SPI sebesar 8 MB untuk digunakan dalam aplikasi khusus (RAM Pseudo-statis) (Babalola et al., 2022). Detektor *Geiger muller* merupakan detektor yang mendeteksi dosis radiasi pada *X-Ray*. Spesifikasi detektor *geiger muller*, diameter parameter teknis: $10\pm 0.5\text{mm}$, panjang Total: $90\pm 2\text{mm}$, tegangan awal: $< 350\text{V}$, tegangan operasi yang disarankan: 380V , panjang plato Minimum: 80V , lereng plato maksimum: $10\%/80\text{V}$, tegangan operasi ekstrim: 550V , tingkat penghitungan maksimum: 25 kali / mnt. *Battery* merupakan komponen yang merubah energi kimia yang disimpan menjadi sumber tegangan, spesifikasi Kapasitas : 1100mah, tegangan Constant Tiap Cell : 3.7 Volt, tegangan Maksimal Tiap Cell : 4.2 Volt, tegangan Constant Total : 11.1 Volt, tegangan Maksimal Total : 12.6 Volt, dimensi : P 7.4 x L 3.4 x T 1.7 CM, berat : 86 Gram, C Point Discharge : 25C, C Point Charge : 5C, konektor : T Plug (Kho, 2022). *Buzzer* merupakan komponen yang dapat merubah sinyal listrik menjadi sinyal suara (Hidayatullah, 2020). LED (*Light Emmiting Diode*) merupakan komponen elektronika yang dapat merubah sinyal listrik menjadi cahaya (Dickson, 2020).

Cara kerja, tegangan input sebesar 8,4V diperoleh dari sumber daya baterai, lalu dialirkan ke ESP 32 untuk memberikan daya kepada semua komponen. Saat kondisi ini terjadi, lampu LED akan menyala dan *buzzer* akan berbunyi apabila perangkat terhubung ke jaringan Wi-Fi. ESP 32 kemudian akan mengalirkan tegangan ke detektor *Geiger muller*. Setelah mengalami paparan radiasi, detektor akan mengukur dosis radiasi yang kemudian akan

ditampilkan dalam aplikasi. Data tersebut akan disimpan dalam *database* dan dapat diakses melalui perangkat seluler atau laptop.

B. Pembuatan Software



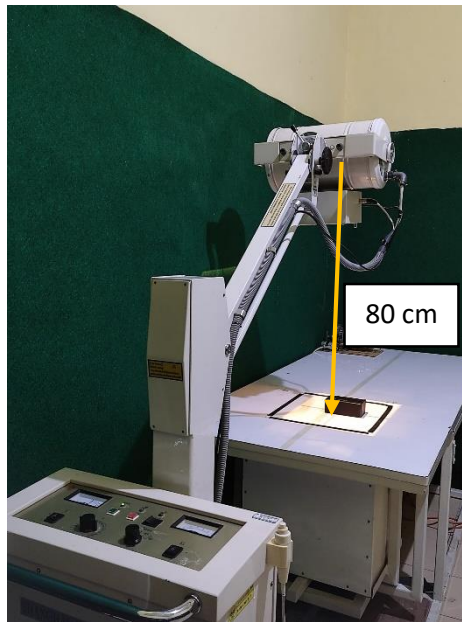
Gambar 3. Tampilan IoT

Setelah *hardware* selesai dibuat, selanjutnya dilakukan perancangan software yaitu berupa aplikasi android menggunakan MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). MIT merupakan sebuah *tools* untuk membuat aplikasi android dalam bentuk pemrograman visual yang memungkinkan semua orang bahkan anak-anak untuk membangun aplikasi pada *smartphone* (Ketty Siti Salamah et al., 2020). Di dalam aplikasi tertampil parameter CPM (Cacah Per Menit) *Count* yaitu perhitungan dalam 1 menit (Saputra & Oktavia, 2020), satuan $\mu\text{Sv}/\text{H}$ yaitu satuan standar internasional yang menggunakan dosis ekuivalen yang mencerminkan efek biologis dari radiasi, +/- sebagai nilai *error*.

C. Uji Respon Detektor Isian Gas

Dalam proses mengambil data menggunakan alat yang saya buat, langkah awal adalah menyiapkan dan mengaktifkan *mobile X-Ray*. Selanjutnya, meletakkan alat *surveymeter* di atas meja pasien dengan jarak 80cm dari tabung anoda katoda ke detektor. Setelah itu, atur parameter pada panel kontrol *mobile X-Ray*, termasuk kV, mA, dan s. Nilai parameter tegangan tabung yang dipakai adalah 70kV, 75kV, dan 80kV. Untuk parameter arus tabung, menggunakan variasi nilai 16 mA, 32 mA, 63 mA, dan 100 mA. Sedangkan untuk parameter waktu paparan, digunakan nilai 0.1 s, 0.2 s, 0.3 s, 0.4 s, dan 0.5 s. Setelah parameter diatur, proses ekspos dilakukan menggunakan *remote mobile X-Ray*, dan detektor isian gas akan

mendeteksi dosis radiasi. Hasil detektor akan ditampilkan melalui aplikasi IoT, dan data yang terlihat dalam aplikasi dapat disimpan ke dalam bentuk *database*.

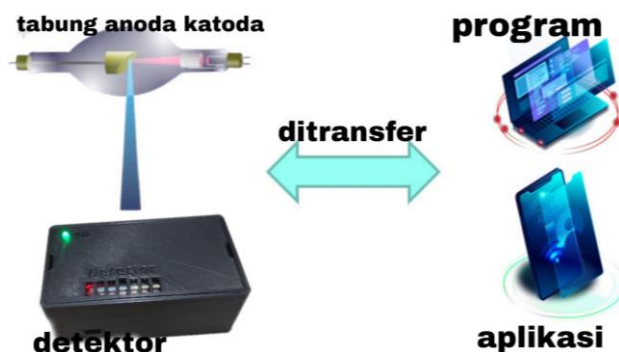


Gambar 4. Pengambilan Data

Pada Gambar 4 menunjukkan skema pengambilan data di laboratorium Fisika UNNES yang diatur jaraknya dari tabung anoda katoda ke detektor isian gas, kemudian jarak *Focus Film Distance* (FFD) yang digunakan yaitu 80 cm.

D. Skema Penggunaan *Surveymeter* Berbasis IoT

Dibawah ini menunjukkan skema penggunaan *surveymeter* berbasis IoT pada Gambar 5.

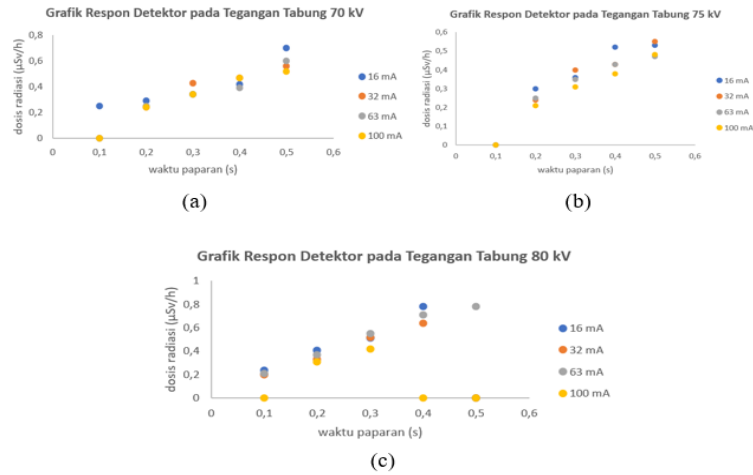


Gambar 5. Skema penggunaan *surveymeter* Iot

Pada saat *mobile X-Ray* diekspos maka tabung anoda katoda memancarkan sinar-X, paparan sinar-X akan dideteksi oleh detektor *Geiger muller* setelah detektor menangkap paparan dosis radiasi akan ditransferkan ke aplikasi IoT berupa hasil nilai dosis paparan radiasi, nilai tersebut dapat disimpan dan dibaca melalui penyimpanan data yang berupa *database*.

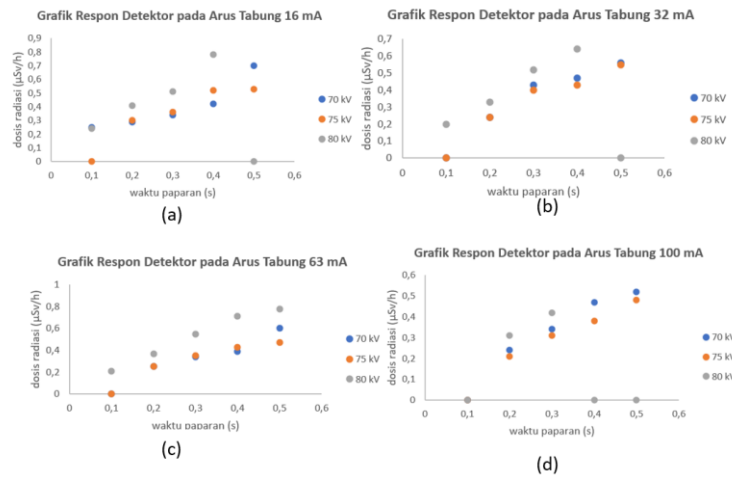
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar dibawah ini menunjukkan bahwa hasil uji respon pada *surveymeter* digital berbasis IoT dengan penyimpanan data yang digunakan. Hasil pengukuran dosis radiasi dengan *surveymeter* yang ditunjukkan pada Gambar di bawah ini



Gambar 6. Grafik respon detektor pada (a) tegangan tabung 70 kV, (b) tegangan tabung 75 kV, dan (c) tegangan tabung 80 kV

Berdasarkan Gambar 6 (a), (b), dan (c), dapat diketahui bahwa detektor isian gas merespon adanya dosis paparan radiasi yang dihasilkan pada perubahan faktor eksposi. Pada tegangan tabung 70 kV, dengan variasi arus tabung 16 mA, 32 mA, 63 mA, 100 mA, serta variasi waktu paparan 0,1 s, 0,2 s, 0,3 s, 0,4 s, 0,5 didapatkan hasil yang menunjukkan pola linier pada kurvanya. Dimana hasil uji respon detektor untuk tegangan tabung 70 kV, 75 kV, dan 80 kV yang didapatkan adalah semakin lama waktu paparan radiasi yang diberikan maka semakin tinggi dosis radiasi sinar X. Akan tetapi pada *setting* arus tabung 100 mA, untuk waktu paparan 0,1 s/d 0,3 s didapatkan hasil yang linier namun pada setting waktu paparan 0,4 s/d 0,5 s tidak terdapat respon pada detektor sehingga nilainya nol. Sementara pada variasi arus tabung, semakin tinggi arus tabung yang diberikan didapatkan nilai dosis radiasi yang semakin kecil. Dengan kata lain, nilai dosis berbanding terbalik dengan arus tabung yang diberikan dan berbanding lurus dengan tegangan tabung yang diberikan (Diah, Rahayu Ningtias et al., 2023).



Gambar 7. Grafik respon detektor pada (a) arus tabung 16 mA, (b) arus tabung 32 mA, (c) arus tabung 63 mA, dan (d) arus tabung 100 mA

Berdasarkan Gambar 7 (a), (b), (c), dan (d) dapat diketahui bahwa detektor isian gas merespon adanya dosis paparan radiasi yang dihasilkan pada perubahan faktor eksposi. Pada arus tabung 16 mA, dengan variasi tegangan tabung 70 kV, 75 kV, 80kV, serta variasi waktu paparan 0,1 s, 0,2 s, 0,3 s, 0,4 s, 0,5 didapatkan hasil yang menunjukkan pola linier pada kurvanya. Dimana hasil uji respon detektor untuk arus tabung 16 mA, 32 mA, 63 mA, dan 100 mA yang didapatkan adalah semakin lama waktu paparan radiasi yang diberikan maka semakin tinggi dosis radiasi sinar-X. Akan tetapi pada *setting* tegangan tabung 80 kV, untuk waktu paparan 0,1 s/d 0,3 s didapatkan hasil yang linier namun pada setting waktu paparan 0,4 s/d 0,5 s tidak terdapat respon pada detektor sehingga nilainya nol. Sementara pada variasi tegangan tabung, semakin tinggi tegangan tabung yang diberikan didapatkan nilai dosis radiasi yang semakin kecil. Dengan kata lain, nilai dosis berbanding terbalik dengan tegangan tabung yang diberikan dan berbanding lurus dengan arus tabung yang diberikan (Diah, Rahayu Ningtias et al., 2023).

KESIMPULAN DAN SARAN

Surveymeter digital berbasis IoT dengan penyimpanan data yang telah berhasil dibuat pada penelitian ini menggunakan detektor isian gas sebagai sensor dosis radiasi dari *mobile X-Ray*. Pada penelitian ini detektor isian gas telah dapat merespon perubahan faktor eksposi (kV, mA, dan s) yang diberikan dan menampilkan nilai dosis radiasi (μSv) yang ditransferkan ke ESP 32 lalu hasil dapat dilihat melalui aplikasi MIT pada android secara *realtime*. Hasil pengambilan data *surveymeter* digital berbasis IoT dengan penyimpanan data disimpan dalam *database* dan dapat diakses melalui *smartphone* ataupun laptop. Semakin tinggi nilai tegangan

tabung yang diberikan, didapatkan nilai dosis radiasi yang semakin tinggi pula, namun pada parameter arus tabung didapatkan hasil yang berbeda. Yaitu semakin tinggi nilai arus tabung yang diberikan, didapatkan nilai dosis radiasi yang semakin kecil. Dengan kata lain, detektor isian gas memberikan respon nilai dosis berbanding lurus terhadap nilai tegangan tabung sinar X dan berbanding terbalik terhadap nilai arus tabung sinar X.

DAFTAR REFERENSI

- Anggara, A. D. (2020). Pengaruh Faktor Eksposi Digital Radiography (DR) Terhadap Nilai Kontras Pada Citra Phantom Sebagai Organ Tiruan. *Jurnal Fisika*, 10(2). <https://doi.org/10.15294/jf.v10i2.25513>
- Babalola, T. E., Babalola, A. D., & Olokun, M. S. (2022). Development of an ESP-32 Mikrokontroller Based Weather Reporting Device. *Journal of Engineering Research and Reports*. <https://doi.org/10.9734/jerr/2022/v22i1117577>
- Bonczyk, M., Grygier, A., & Skubacz, K. (2022). “Quantum Pendants” - the measurement of exposure to enhanced natural radioactivity. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.111212>
- Cho, Y. I., Shin, S. H., & Kim, J. H. (2020). Dose assessment and shielding analysis of the working environments for non-destructive testing. *Journal of Instrumentation*, 15(6). <https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/06/P06012>
- Diah, Rahayu Ningtias; Muhammad, R., Bayu, W., Josepa ND, S., & Rodhotul, M. (2023). IDENTIFIKASI PAPARAN RADIASI X-RAY UNTUK KESELAMATAN RADIASI MENGGUNAKAN RANDOM FOREST CLASSIFICATION. 8, 1–13.
- Dickson, K. (2020). *Pengertian LED (Light Emitting Diode) dan Cara Kerjanya*No Title. 2020.
- Fachrully Septiano, A., Rahayu Ningias, D., Susilo, S., Maulana, I., & Anggraeny, C. (2023). Pengembangan Surveymeter Radiasi Berbasis Arduino Internet of Things (IoT) Sebagai Penunjang Keselamatan Radiasi. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir*, 3(2), 59–64. <https://doi.org/10.53862/jupeten.v3i2.010>
- Faradina Pratiwi, R., Sundari Pulungan, E., & Andini, D. (2023). PENGARUH FAKTOR EKSPOSI TERHADAP KUALITAS CITRA RADIOGRAFI PADA PEMERIKSAAN THORAX. *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)*, 6(1). <https://doi.org/10.55451/jri.v6i1.173>
- Hidayatullah, S. S. (2020). Pengertian Buzzer Elektronika Beserta Fungsi Dan Prinsip Kerjanya. In *Belajaronline.Net*.
- Hilyana, F. S. (2017). Penentuan Tegangan Operasional Pada Detektor Geiger Muller Dengan Perbedaan Jari-Jari Window Detektor. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 8(1), 393–398. <https://doi.org/10.24176/simet.v8i1.897>

- Hounsou, F. T. M., Sina, H., Avocefohou, A. S., Aina, P., Gbaguidi, A. B., Amoussou-Guenou, K. M., & Baba-Moussa, L. (2020). Radiological Quality and Dangerousness of Ferrous and Non-ferrous Metals Waste in Cotonou (Benin). *Asian Journal of Environment & Ecology*. <https://doi.org/10.9734/ajee/2020/v12i230154>
- Japeri, J., Saifi, S., Persadha, G., & Zaini, M. (2020). Calculation Of Radiation Dosage Value In Patients Based On Android Application. *Jurnal Kajian Ilmiah Kesehatan Dan Teknologi*, 2(2). <https://doi.org/10.52674/jkikt.v2i2.31>
- Jaya, G. W., Sutanto, H., Hidayanto, E., & Saraswati, G. P. (2020). Progressive Physics Journal. *Progressive Physics Journal*, 1(2017), 15–19.
- Ketty Siti Salamah, Trie Maya Kadarina, & Zendi Iklima. (2020). Pengenalan Mit Inventor Untuk Siswa/I Di Wilayah Kembangan Utara. *Jurnal Abdi Masyarakat (JAM)*, 5–9.
- Kho, D. (2022). *Pengertian Baterai dan Jenis-jenisnya*. Teknikelektronika.Com.
- Ningtias, D. R., Wahyudi, B., & Harsoyo, I. T. (2022). *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering) Comparative Test of the Effect of X-Ray Tube Current Analysis and Exposure Time on CR (Computed Radiography) Image Quality*. 6(July), 267–275.
- Rokhmat, A. R. S. S. R. P. H., & Roni Cahya, C. F. D. I. (2023). *KOMPARASI PERFORMA MONITOR RADIASI GAMMA DALAM PEMANTAUAN RADIASI REAL-TIME Rokhmat*. 29(2), 71–86.
- Saputra, R. D., & Oktavia, V. Y. (2020). *Pengukuran Cacah Radiasi Nuklir dengan menggunakan Geigen Muller di Laboratorium Fisika Modern Universitas Negeri Malang*. 5.
- Sari, O. P., Mareta, S., & Nisa, C. (2023). *ANALISA KARAKTERISTIK MAHASISWA DIII RADIOLOGI TERHADAP PENGETAHUAN PROTEKSI RADIASI PADA IMPLEMENTASI KESELAMATAN KERJA SAAT PRAKTIKUM/MAGANG*. 4, 6889–6895.
- Utami, N. W. M. S., Ni Nyoman, R., & I Putu Eka, J. (2021). Pengaruh Kombinasi Arus Tabung Sinar-X dan Waktu Eksposi Terhadap Contrast to Noise Ratio (CNR) dengan menggunakan Computed Radiography. *BULETIN FISIKA*, 23(1). <https://doi.org/10.24843/bf.2022.v23.i01.p04>
- Wang, P., Tang, X. Bin, Gong, P., Huang, X., Wen, L. S., Han, Z. Y., & He, J. P. (2018). Design of a portable dose rate detector based on a double Geiger–Mueller counter. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 879(September 2016), 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2017.07.061>