

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Pesawat sinar-X telah menjadi salah satu alat diagnostik utama dalam bidang radiologi, dengan kemampuannya untuk memberikan citra internal tubuh. Penggunaan pesawat sinar-X mempermudah diagnosa berbagai kondisi medis, mulai dari cedera tulang hingga deteksi penyakit paru-paru. Namun, penggunaan teknologi ini tidak lepas dari risiko radiasi yang dapat mempengaruhi kesehatan pasien jika dosisnya tidak terkontrol dengan baik.

Salah satu tantangan utama dalam penggunaan pesawat sinar-X adalah memastikan dosis radiasi yang diterima pasien berada dalam batas aman. Estimasi dosis serap sering kali dilakukan secara manual atau menggunakan perangkat mahal, yang tidak hanya menambah biaya operasional tetapi juga meningkatkan risiko kesalahan manusia. Walaupun pesawat sinar-X konvensional saat ini telah menggunakan sistem kontrol untuk membatasi keluaran dosis yang dipaparkan ke pasien, namun tidak dilengkapi fitur otomatisasi untuk menghitung dosis serap secara langsung pada setiap prosedur.

Sistem kontrol pada pesawat sinar-X konvensional dilakukan secara manual dengan mengontrol tegangan tabung (kV), arus tabung (mA) dan waktu paparan (s) ditampilkan dalam nilai satuan perkalian *milliampere second* (mAs) yang bisa mencapai 600 mAs (Fisika dkk, 1996). Padahal, untuk pemeriksaan radiografi menurut The *WHO Manual of Diagnostic Imaging Radiographic Technique and Projections*, pemberian arus tabung dan waktu hanya mencapai 40 mAs sampai dengan 50 mAs, sedangkan untuk pengoperasian pesawat Sinar-x harus mengikuti standar keselamatan berkisar 1 mAs sampai 15 mAs. Oleh karena itu, peralatan Sinar-x yang digunakan untuk kesehatan bisa menghasilkan radiasi yang sangat berlebih dan dapat membahayakan jika waktu eksposi yang diberikan kepada pasien lebih lama (Sandstrom, 2011).

Penggunaan sistem kontrol manual untuk menentukan waktu dan intensitas eksposur dapat berpotensi pada kesalahan operator dalam menentukan parameter

eksposur yang tepat, sehingga meningkatkan risiko pengulangan pemeriksaan dan peningkatan dosis radiasi kumulatif yang diterima pasien. Menurut data yang diperoleh dilaporkan bahwa terjadinya *reject* atau penolakan film sebesar 60 % disebabkan karena adanya kesalahan memilih faktor eksposi pada tabung Sinar-x. Selain itu, pengulangan pengambilan foto berdampak pada biaya operasional yang lebih tinggi (Suyatno dkk, 2010).

Pengembangan sistim kontrol pada pesawat sinar-X telah dilakukan, seperti sistem pengendali parameter tegangan, arus, dan waktu pada pesawat sinar-X *mobile* tipe IX 7-02 menggunakan *personal computer* dan mikrokontroler AT89S51. Sistem ini mengubah kontrol konvensional menjadi tampilan digital dengan motor stepper untuk mengatur tegangan tabung (kV) dan pengaturan waktu paparan dari 0,1 hingga 1 detik. Namun, kelemahan utamanya adalah pengaturan faktor eksposur yang masih berdasarkan pengalaman pekerja radiasi, sehingga berpotensi menyebabkan bias dan kelebihan beban pada generator sinar-X (Miftahul Ilmi, 2023).

Pengembangan sistim kontrol pada pesawat sinar-X telah melahirkan generasi terbaru dengan menggunakan AEC (*Automatic Exposure Control*). Namun belum memiliki tampilan dosis yang dapat diatur pada kontrol panel (Suyatno dkk, 2010). Sehingga estimasi dosis yang dipaparkan tidak terlihat secara langsung pada monitor.

Penelitian lebih lanjut menghasilkan sistem kontrol eksposur otomatis berbasis Android menggunakan aplikasi Ecorad yang dikembangkan dari *Siemens Point System*. Sistem ini mengadopsi rumus perhitungan faktor eksposur untuk memastikan dosis radiasi pada reseptor berada dalam kisaran aman, yaitu 0,5 mR hingga 1,5 mR. Dengan generator *single tank low frequency*, sistem ini mampu mengatur tegangan (kV), arus tabung (mA), dan waktu (s) secara akurat menggunakan pendekatan yang telah diterapkan sejak tahun 1957. Meski memberikan hasil yang lebih presisi, kelemahan utama penelitian ini adalah belum mampu menampilkan nilai estimasi dosis secara langsung dalam satuan mikrogrey ( $\mu\text{Gy}$ ), yang penting untuk memberikan informasi dosis radiasi yang lebih komprehensif kepada operator dan pasien (Sukwono, 2021).

Berdasarkan permasalahan di atas maka peneliti membuat Prototipe pesawat sinar-X dengan estimasi dosis berbasis android. Pengaturan faktor kV dan mAs yang dihasilkan diharapkan mampu memperkecil konsumsi listrik dan menurunkan dosis radiasi dengan memanfaatkan tabung sinar-X menggunakan spesifikasi *single tank low frequency* dan kemampuan arus tabung HTT (*high tension transformer*) sebesar 10 mA, waktu eksposi 0,1 sekon dan variasi tegangan tabung sebesar 45 kV, 50 kV dan 60 kV.

Pemilihan ini dilandasi pada observasi beberapa trafo tegangan tinggi yang ada pada mesin berkas elektron (MBE) untuk pengolahan lateks buatan PT APB (300 kV, 20 mA), peralatan sinar-X untuk industri buatan Philips (60 kV, 90 mA), sinar-X untuk medis yang ada di STTN buatan China (100 kV, 50 mA) dan perancangan trafo tegangan tinggi untuk catu daya pemercepat elektron pada tabung sinar-x radiografi dengan spesifikasi yang dihasilkan 220V/250 kV, 8,5 KVA, 1 fasa, 50 Hz (Susial et al, 2014). Transformator yang digunakan pada penelitian ini memanfaatkan Transformer dari pesawat *Dental X-Ray* yang sudah tidak terpakai namun masih dalam keadaan yang layak digunakan.

## II.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan Prototipe pesawat sinar-X menggunakan *single tank low frequency*.
2. Mengimplementasikan sistem perhitungan estimasi dosis berbasis Android yang mengoptimalkan pengaturan faktor eksposur, yaitu milliampere-second (mAs) dan tegangan tabung (kV), secara akurat dan efisien.
3. Menampilkan nilai estimasi dosis radiasi yang dipaparkan dalam satuan mikrogray ( $\mu\text{Gy}$ ) melalui perangkat tablet.

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini yaitu :

1. Efisiensi biaya operasional: Mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan pesawat sinar-X dengan memanfaatkan tabung sinar-X berfrekuensi rendah (*low frequency*).

2. Meningkatkan akurasi diagnostik: Menghindari pengulangan pengambilan gambar radiografi karena operator telah mengetahui nilai dosis radiasi yang dipaparkan secara *real-time*.
3. Keamanan radiasi: Melindungi pekerja radiasi dan pasien dari paparan berlebih dengan menampilkan estimasi dosis yang dipaparkan secara langsung pada perangkat tablet.
4. Kemudahan Pelaporan: Memberikan kemudahan dalam pelaporan dosis radiasi bagi fisikawan medis, sehingga mempermudah pengawasan dan pemenuhan regulasi terkait radiasi medis.

### I.3 Ruang Lingkup

Adapun Ruang lingkup dan batasan pada penelitian ini meliputi:

1. Jenis generator yang digunakan: Penelitian ini menggunakan generator *single tank low frequency* dan arus tabung maksimal 10 mA (*miliampere*).
2. Fokus pada estimasi dosis: Sistem hanya dirancang untuk menghitung estimasi dosis serap berdasarkan tegangan (kV), arus tabung (mA), dan waktu eksposur (s), Dengan menampilkan estimasi dosis pada android dari data yang diambil menggunakan kV Meter merk *Flux type Raysafe* s.n. Penelitian ini tidak mencakup pengujian klinis pada pasien atau validasi medis yang mendalam terhadap dampak radiasi.
3. Platform pengembangan: Sistem berbasis Android dirancang untuk menampilkan hasil estimasi dosis secara *real-time*. Pengontrolan faktor eksposi tegangan keluaran tabung sinar-X yang dikontrol oleh Arduino Nano dan ESP32.
4. Lingkup Pengujian: Pengujian sistem hanya dilakukan menggunakan prototipe, dengan simulasi pengukuran dosis pada phantom standar radiologi, bukan pada tubuh manusia. Pengujian meliputi uji reproduksibilitas tegangan puncak (Tegangan tabung/kVp) serta akurasi tegangan (Tegangan tabung/ kVp) keluaran dosis menggunakan metode uji kesesuaian yang digunakan oleh BAPETEN

berupa Lembar Kerja *Soft File* No.F.B.0101/2020. Citra yang dihasilkan hanya untuk mengetahui hasil pengeluaran pesawat Sinar-X yang ditampilkan menggunakan *Computed Radiography* Merek Fuji.

5. Standar Keamanan Radiasi: Penghitungan dosis didasarkan pada standar internasional dan lokal yang berlaku, seperti rekomendasi dari BAPETEN dan ICRP. Namun, validasi terhadap regulasi regional lainnya tidak dilakukan.

