

**UJI AKURASI TEGANGAN TABUNG (kV) PADA
PESAWAT KONVENTSIONAL DI INSTALASI
RADIOLOGI RSUD PROF.M.YAMIN SH**

Karya Tulis Ilmiah

Diajukan ke Program Studi D III Radiologi Fakultas Vokasi
Universitas Baiturrahmah Padang sebagai Pemenuhan Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Ahli Madya Kesehatan (Radiologi)



DISUSUN OLEH:
DEVI MUTIA TRINANDA
2110070140017

**PROGRAM STUDI D III RADIOLOGI
FAKULTAS VOKASI
UNIVERSITAS BAITURRAHMAH
PADANG
2025**



FAKULTAS VOKASI Universitas Baiturrahmah

Jl. Raya By Pass KM. 15 Air Pasah Koto Tengah - Padang,
Sumatera Barat Indonesia 25158
(0751) 463529
dekanat@fv.unbrah.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa saya bersedia menjadi dosen pembimbing Karya Tulis Ilmiah (KTI) atas nama mahasiswa

Nama : Devi Mutia Trinanda

NPM : 2210070140017

Judul : 'Uji Akurasi Tegangan Tabung (kv) pada pesawat konvensional
Di Instalasi Radiologi RSUD Prof. M. Yamin, SH'

Demikian surat pernyataan saya buat dengan sebenarnya, dan dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.

Padang,

Yang membuat pernyataan

Cicillia Artitin, Amd Rad, S.Si, M.Biomed

Mengetahui,
Fakultas Vokasi
Universitas Baiturrahmah

Dekan

Ketua Prodi DIII Radiologi

Oktavia Puspita Sari, Dipl.Rad.S.Si.M.Kes

Oktavia Puspita Sari, Dipl.Rad.S.Si.M.Kes

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan

1. Karya Tulis saya, Tugas akhir berupa KTI dengan judul “ Uji Akurasi Tegangan Tabung (kV) Pada Pesawat Konvensional” adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya Tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada daftar Pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan didalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karna Karya Tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 21 November 2025

Yang membuat pernyataan

Devi Mutia Trinanda

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirahim, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan KTI ini tepat waktu. Perjalanan panjang ini tidak akan berarti tanpa kehadiran orang-orang yang selalu mendukungku. Untuk itu, dengan penuh syukur, karya ini kupersembahkan kepada :

1. Ayahanda tersayang Adriansyah, terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan, tak kenal lelah untuk selalu mendoakan yang terbaik dalam memperjuangkan masa depan dan kebahagiaan putrinya.
2. Ibunda ku yang ku sayangi, ibu Dardanelly yang selalu menjadi penyemangat penulis dan menjadi sandaran terkuat dari kerasnya dunia, terimakasih sudah meyakinkan disetiap keraguan, dan terimakasih atas doa yang selalu diberikan kepada penulis tanpa henti, semoga ibu dan ayah selalu sehat dan diberikan umur panjang agar bisa melihat pencapaian kedepannya
3. Terimakasih teruntuk abangku Aldrian Febriansyah S.T dan kakak ku Elvina Adiyanti S.Pd, terimakasih sudah menjadi panutan penulis dan dukungan selama ini.
4. Terimakasih kepada dosen-dosen tercinta yang dengan tulus membagikan ilmu dan pengalaman. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam perjalanan ini.
5. Kepada seseorang yang datang dihidupku, Hasnul Fikri S.Kom terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan karya tulis ini, baik tenaga, maupun waktu yang sudah diberikan kepada penulis.
6. Kepada sahabatku yang ku temui dikampus ini, Elsa Arya Liviani. Terimakasih sudah menjadi pendengar yang baik, terimakasih atas kebaikan kebaikan yang telah aku terima.
7. Terakhir, persembahan ini aku tujukan untuk diriku yang dulu diremehkan. Inilah bukti bahwa kemampuan tidak ditentukan oleh pendapat orang lain, melainkan oleh tekad untuk terus bangkit dan membuktikan .Untuk diri ku sendiri, Devi Mutia Trinanda terimakasih atas segala usaha dan semangatnya sehingga tidak pernah menyerah dalam mengerjakan karya tulis ini. Terimakasih pada hati yang masih tetap tegar dan ikhlas menjalaninya, saya bangga pada diri saya.

Padang, 21 November 2025

Devi Mutia Trinanda

**RADIOLOGY DEPARTMENT
VOKASI FACULTY
BAITURRAHMAH UNIVERSITY
The Scientific Paper, 2025**

DEVI MUTIA TRINANDA

**ACCURACY TEST OF TUBE VOLTAGE (kV) ON CONVECTION X-RAY
UNIT AT THE RADIOLOGY INSTALLATION OF RSUD PROF. M. YAMIN
SH**

vii + 55 pages + 3 table + 8 attachments

ABSTRACT

Quality and safety of radiodiagnostic services are the most important factors because they can pose dangers to staff, patients, and the environment. To ensure these, quality control activities are carried out. One of the tests performed is the accuracy test of the X-ray tube voltage in X-ray machines. The purpose is to determine whether the results of the tube voltage test on conventional X-ray machines are still within the tolerance limits for operation, based on the voltage compliance tolerance limits set by BAPETEN Regulation No. 15 Article 41 paragraph (1) of 2014.

The type of research used is quantitative experimental, where the researcher conducted an experiment by measuring the tube voltage at variations of 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp, 81 kVp, and 90 kVp with a current of 200 mA and exposure time of 0.1 seconds, kept constant at the radiology installation of RSUD Prof. M. Yamin SH using a Raysafe measuring device. Each measurement was performed three times, and the average value was taken.

The results showed measured voltages of 50.00 kVp, 59.53 kVp, 69.07 kVp, 81.33 kVp, and 91.43 kVp with deviations of 0%, 0.78%, 1.33%, 0.41%, and 1.59%, respectively. The average deviation value of 0.82% is still within the tolerance limit of less than 10%, according to BAPETEN Regulation No. 15 of 2014. Based on these results, it can be concluded that the conventional X-ray machine at RSUD Prof. M. Yamin SH is still suitable for use; however, periodic compliance testing is highly recommended to maintain performance reliability and radiation safety.

Keywords: Accuracy Test, Tube Voltage (kV), Raysafe

**PROGRAM STUDI DIII RADIOLOGI
FAKULTAS VOKASI
UNIVERSITAS BAITURRAHMAH
Karya Tulis Ilmiah, 2025**

Devi Mutia Trinanda

UJI AKURASI TEGANGAN TABUNG (kV) PADA PESAWAT KONVENSIONAL DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD PROF. M. YAMIN SH

vii + 55 halaman + 3 tabel + 8 lampiran

INTISARI

Kualitas dan keselamatan pelayanan radiodiagnostik merupakan faktor terpenting karena akan menimbulkan bahaya bagi petugas, pasien dan lingkungan. Untuk menjaminnya yaitu dengan melakukan kegiatan kendali mutu. Salah satu yang diuji adalah uji akurasi tegangan tabung sinar-X pada pesawat sinar X. Uji ini penting dilakukan karena penyimpangan tegangan tabung dapat mempengaruhi kontras dan radiasi yang diterima oleh pasien Tujuannya untuk mengetahui hasil uji tegangan tabung Sinar-X pada pesawat konvensional apakah pesawat konvensional masih dalam batas toleransi untuk beroperasi berdasarkan batas toleransi uji kesesuaian tegangan tabung pesawat Sinar-X yang ditetapkan oleh Bapaten No 15 Pasal 41 ayat (1) Tahun 2014.

Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitaif eksperimen di instalasi radiologi RSUD Prof. M. Yamin SH dengan menggunakan alat ukur *Raysafe* dimana peneliti melakukan eksperimen dengan melakukan pengukuran tegangan tabung pada variasi 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp, 81 kVp, dan 90 kVp dengan arus 200 mA dan waktu 0,1 detik yang dijaga tetap konstan dengan menggunakan alat ukur *Raysafe*. Setiap pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dan diambil nilai rata-ratanya.

Hasil penelitian menunjukkan nilai tegangan terukur sebesar 50,00 kVp, 59,53 kVp, 69,07 kVp, 81,33 kVp, dan 91,43 kVp dengan deviasi masing-masing 0%, 0,78%, 1,33%, 0,41%, dan 1,59%. Nilai rata-rata penyimpangan sebesar 0,82% masih berada dalam batas toleransi <10% sesuai dengan Peraturan BAPETEN No. 15 Tahun 2014. Berdasarkan hasil ini dapat disimpulkan bahwa pesawat sinar-X konvensional di RSUD Prof. M. Yamin SH masih layak digunakan

Kata Kunci : Uji Akurasi, Tegangan Tabung (kV), Raysafe

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadirat Allah SWT yang atas berkat-Nya dan karunia-Nya yang senantiasa memberikan kesehatan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah yang berjudul “Uji Akurasi Tegangan Tabung (kV) Pada Pesawat Konvensional di Radiologi RSUD Prof. M.Yamin SH”

Dalam menyusun Karya Tulis Ilmiah ini tentunya banyak kekurangan, baik dalam penulisan maupun isinya, namun segala peran pembimbing, bantuan dan arahan serta berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini. Pada kesempatan ini penulis ingin ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Oktavia Puspita Sari, Dipl.Rad, S.Si, M.Kes selaku Dekan Fakultas Vokasi dan selaku ketua prodi DIII Radiologi Universitas Baiturrahmah Padang.
2. Ibu Cicilia Artitin Amd.Rad, S.Si,M.Biomed. selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaganya untuk membimbing penulis dalam penyusunan proposal karya tulis ilmiah ini.
3. Staf Dosen Prodi DIII Radiologi yang telah memberikan ilmu selama pendidikan penulis.
4. Teman-teman ATRO angkatan 2022 telah memberikan semangat serta dukungan selama duduk dibangku perkuliahan kampus yang kita cintai ini.
5. Terimakasih yang tulus penulis sampaikan kepada ibu dan ayah, yang senantiasa memberikan semangat,doa dan dukungan tanpa henti. Terimakasih telah selalu percaya bahwa penulis mampu melewati setiap proses dan tantangan, dukungan secara moral maupun material yang telah diberikan menjadi kekuatan besar yang tidak tergantikan dalam perjalanan ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan karya tulis ilmiah ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya tulis ilmiah ini. Akhir kata kepada Allah SWT kita berserah diri, semoga karya tulis ilmiah ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Padang,25 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTISARI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan	4
1.4 Manfaat Penulisan	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sinar-X	6
2.2 Sifat – Sifat Sinar-X	6
2.2.1 Jenis – Jenis Sinar X.....	7
2.2.2 Komponen Produksi Sinar -X	9
2.3 Proses Terjadinya Sinar -X	11
2.4 Faktor Ekspansi	12
2.4.1 Tegangan Tabung (kV)	12
2.4.2 Arus Tabung.....	13
2.4.3 Waktu Eksposi	14
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Tegangan Tabung.....	14
2.5.1 <i>Generator</i>	14
2.5.2 <i>Transformator</i>	16
2.6 Kualitas Gambaran Radiografi	16
2.6.1 <i>Spatial Resolution</i>	17
2.6.2 <i>Density Resolution</i>	17
2.6.3 <i>Noise</i>	17
2.6.4 <i>Artefact</i>	18
2.7 Jaminan Mutu.....	19
2.8 Kendali Mutu.....	19
2.8.1 Uji Kesesuaian.....	19
2.8.2 Uji Tegangan Tabung	20
2.9 Alat Ukur Radiasi	21
2.10 Raysafe	23
2.11 Kerangka Teori	24
2.12 Kerangka Konsep	25
BAB III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian.....	26
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan	26
3.4 Langkah- langkah penelitian	28
3.5 Diagram penelitian	30

3.6 Variabel Penelitian.....	31
3.7 Metode Pengumpulan Data	31
3.8 Teknik Pengolahan Data.....	32
3.9 Analisis Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil Penelitian	36
4.2 Pembahasan.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembentukan Sinar-X <i>Bremsstrahlung</i>	7
Gambar 2.2 Pembentukan Sinar-X Karakteristik.....	9
Gambar 2.3 Proses Terjadinya Sinar-X.....	12
Gambar 2.4 <i>Generator</i>	25
Gambar 2.5 Unfors Raysafe.....	25
Gambar 2.6 Kerangka Teori	24
Gambar 2.7 Kerangka Konsep	27
Gambar 3.1 Pesawat Sinar-X	28
Gambar 3.2 <i>Control panel</i>	29
Gambar 3.3 Waterpass.....	29
Gambar 3.4 Alat Ukur Raysafe	29

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran tegangan tabung	36
Tabel 4. 2 Hasil persentase (%) penyimpangan tegangan tabung	38
Tabel 4. 3 Hasil batas toleransi tegangan tabung.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penegakkan diagnosa membutuhkan *imejing* atau penggambaran organ-organ tubuh yang mengalami kelainan *fisiologis* maupun *patologis*. Oleh karena itu diperlukan suatu media untuk menggambarkan keadaan organ yang mengalami kelainan. Penemuan Sinar-X pada tahun 1895 oleh Wilhelm Conrad Rontgen, sinar-x merupakan salah satu penemuan di bidang fisika yang memberikan perubahan mendasar dalam bidang kedokteran yaitu dengan memanfaatkan kemampuan daya tembus sinar-x yang tinggi (Yufita, and Safitri)

Sinar-X sangat dipengaruhi oleh nilai tegangan tabung yang diatur pada control panel, tegangan tabung tersebut berpengaruh terhadap keluaran Sinar-X dan merupakan faktor utama yang mempengaruhi daya tembus Sinar-X yang keluar. Tegangan tabung yang dikeluarkan oleh pesawat Sinar-X sama dengan tegangan yang diatur pada *control panel*. Menurut Perka Bapaten No. 9 Tahun 2011 Kendali mutu merupakan aktivitas operasional yang digunakan untuk memenuhi kegiatan yang dilakukan sebagai upaya dalam mengendalikan mutu. Kegiatan kendali mutu sangat penting dilakukan untuk pesawat Sinar-X, salah satunya adalah tegangan tabung, tegangan tabung *x-ray* memiliki efek yang signifikan pada kontras gambar, densitas, dan dosis pasien. Uji Tegangan Tabung adalah uji untuk menentukan dan memastikan tepat atau tidaknya keakuratan tegangan tabung yang diatur pada *control panel* (Kemenkes,2009)

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Asri Indah A. dkk. (2016) berjudul “Pengujian Akurasi kVp dan *Linearitas* pada Pesawat Sinar-X di Laboratorium Prodi D-III Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Purwokerto” Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui apakah akurasi tegangan tabung (kVp) dan *linearitas* kuat arus (mAs) masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan sesuai dengan KMK RI No. 1250/Menkes/SK/XII/2009. Pengujian dilakukan pada lima variasi tegangan, yaitu 50 kV, 60 kV, 70 kV, 81kV, dan 90 kV.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi tegangan tabung memiliki deviasi antara 0,78% hingga 2,5%, dan nilai linearitas mAs masih berada di bawah $\pm 0,1$. Temuan tersebut menjadi bukti nyata bahwa meskipun alat masih berfungsi dengan baik, tetap dibutuhkan uji akurasi secara berkala. Hal ini sejalan dengan prinsip kendali mutu yang menjadi salah satu komponen penting dalam jaminan mutu pelayanan radiologi.

Uji kesesuaian untuk pesawat Sinar-X termasuk pengujian akurasi tegangan tabung harus dilakukan secara berkala paling sedikit 1 kali dalam 2 tahun (Bapaten No. 2 pasal 34 ayat 1 tahun 2018) dan batas toleransi uji tegangan tabung Sinar-X yaitu $< 10\%$ (Bapaten No 15 Pasal 41 ayat (1) Tahun 2014)

Setelah penulis melakukan observasi terdapat pasien dari bulan Januari sampai Maret sejumlah 2.185 dengan rata-rata setiap bulan 700 pasien, salah satu pertimbangan untuk menentukan untuk frekuensi pengujian yang efesien adalah berdasarkan usia alat, banyak nya pasien dan frekuensi penggunaan alat. Uji kesesuaian tegangan tabung di Rumah Sakit Umum Daerah Prof.H.Muhammad Yamin,SH terakhir kali dilakukan pada tahun 2022 dengan hasil tegangan lolos uji

Maka dari itu penulis akan mengavaluasi jumlah tegangan tabung yang diatur pada *control panel* pada pesawat Sinar-X . Pada penelitian ini seluruh kV yang digunakan mulai dari kV minimum sampai dengan kenaikan 10 Kv yang meliputi 50kV, 60 kV, 70 kV, 81kV, 90kV sesuai dengan Pedoman Uji Kesesuaian dari BAPATEN. Penelitian uji tegangan tabung ini dilakukan dengan variasi nilai kV, kuat arus yaitu 200 mA dan waktu 0,1 *second*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengatahui jumlah keluaran kVp yang diatur pada *control panel* sesuai dengan tegangan tabung (kVp) yang keluar dari tabung pesawat sinar X yang berjudul “Uji Akurasi Tegangan Tabung (kV) Pada Pesawat Konvensional maksimum, penelitian ini menggunakan 5 macam variasi dengan di Instalasi Radiologi RSUD Prof.H.Muhammad Yamin,SH”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dapat di identifikasi adalah:

1. Bagaimana hasil uji tegangan tabung Sinar-X pada pesawat *konvensional* di Rumah Sakit Daerah Prof. M. Yamin SH
2. Apakah pesawat konvensional di Rumah Sakit Daerah Prof. M. Yamin SH masih dalam batas toleransi uji kesesuaian tegangan tabung pesawat konvensional yang ditetapkan oleh Bapaten No 15 Pasal 41 ayat (1) Tahun 2014

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan di lakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil uji tegangan tabung Sinar-X pada pesawat konvensional di Rumah Sakit Daerah Prof.H.Muhammad Yamin,SH

2. Untuk mengetahui apakah pesawat konvensional di Rumah Sakit Daerah Prof.H.Muhammad Yamin,SH masih dalam batas toleransi untuk beroperasi berdasarkan batas toleransi uji kesesuaian tegangan tabung pesawat Sinar-X yang ditetapkan oleh Bapaten No 15 Pasal 41 ayat (1) Tahun 2014

1.4 Manfaat Penelitian

Dari latar belakang diatas manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Aspek teoritis

Untuk menambah bahan ajar di Universitas Baiturrahmah tentang pengukuran tegangan tabung pesawat konvensional.

2. Aspek praktis

Memperkaya wawasan peneliti dan para mahasiswa Program Studi DIII Radiologi khususnya tentang *output* tegangan tabung.

1.5 Sistematika penulisan

Dalam penulisan proposal ini peneliti menguraikan permasalahan dalam beberapa bab yang terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN : Di dalam bab ini berisikan tentang latar belakang yang merupakan alasan pemilihan judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat menelitian dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA : Dalam bab ini berisi uraian tentang dasar – dasar teori yang relevan dengan judul seperti penjelasan Sinar-X , Jaminan mutu,kendali mutu , faktor eksposi , uji kesesuaian tegangan tabung, kerangka teori, kerangka konsep.

BAB III METODE PENELITIAN : Bab ini menguraikan tentang jenis penelitian , tempat dan waktu penelitian , alat dan bahan yang digunakan saat penelitian, langkah- langkah penelitian, diagram alur proses penelitian, pengolahan data, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN : Dalam bab ini, peneliti menguraikan tentang hasil dari penelitian yang dilakukan beserta pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN : Dalam bab ini menguraikan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sinar-X

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik, mirip dengan gelombang radio, panas, cahaya dan sinar *ultraviolet*, tetapi gelombangnya sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen, dengan panjang gelombang yang bervariasi dan tidak terlihat. Perbedaan antara Sinar-X dan sinar elektromagnetik lainnya terletak pada panjang gelombangnya. Panjang gelombang Sinar-X adalah 1 / 10.000 cm dari panjang gelombang cahaya, karena panjang gelombangnya yang sangat pendek, Sinar-X dapat menembus benda (Rasad, 2005).

2.2 Sifat – Sifat Sinar-X

Menurut (Rasad 2005) , Sifat-sifat Sinar-X antara lain :

Mempunyai panjang gelombang (λ) yang sangat pendek yaitu antara 10^{-13} sampai dengan 10^{-10} m, mempunyai energi yang panjang yaitu 10^4 sampai dengan 10^5 eV sehingga Sinar-X mempunyai daya tembus yang besar, mengalami atenuasi (perlemahan) intensitas setelah mengenai bahan, tidak terlihat, tidak terasa dan tidak berbau, dapat memendarkan beberapa jenis bahan tertentu (biasanya posfor), Tidak berpengaruh terhadap medan magnet maupun medan listrik, dapat menghitamkan *emulsi* film, mempunyai efek terhadap sel-sel hidup, efek ini bisa bersifat negatif tapi ada juga yang bersifat positif, apabila mengenai suatu bahan atau materi akan terjadi tiga hal. Yaitu: dipantulkan, diserap dan diteruskan.

2.2.1 Jenis-jenis Sinar-X

a. Sinar-X Bremsstrahlung

Elektron-elektron yang terlepas dari katoda tidak seluruhnya menabrak atau terjadi tumbukan dengan elektron-elektron pada anoda. Sebagian elektron yang bergerak dengan kecepatan tinggi dari katoda menuju anoda, tiba-tiba terjadi proses penggereman pada anoda akibat adanya potensial atom sehingga energi kinetik elektron berkurang dan terjadi perubahan energi dengan melepaskan foton Sinar-X. Peristiwa ini merupakan peristiwa Sinar-X *Bremstrahlung*. Peristiwa ini menghasilkan Sinar-X dengan proses yang berbeda dengan terjadinya Sinar-X karakteristik, Sinar-X *Bremstrahlung* terjadi akibat penggereman elektron. Saat berkas elektron menabrak target sebagian besar energi elektron tersebut hilang dalam bentuk panas, sebagian energi lainnya hilang untuk memproduksi sinar-x, namun ada pula kemungkinan semua energi *kinetic elektron* tersebut diubah menjadi foton Sinar-X, yang disebut dengan Sinar-X *bremsstrahlung* (Jeffreg, Papp.2019)

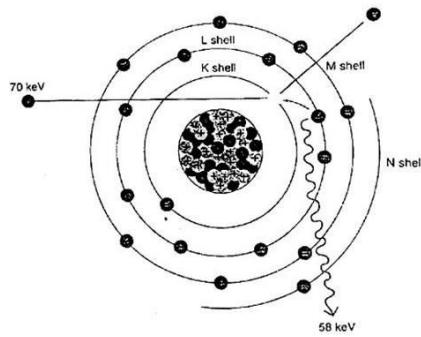


Gambar 2.1 Pembentukan Sinar-X *Bremsstrahlung*

(Lestari, 2019)

b. Sinar-X Karakteristik

Pada generator Sinar-X , saat *filament* katoda dipanaskan menyebabkan *filament* berpiciar sehingga elektron-elektron bergerak dari atom-atom *filamen* dan lepas dari katoda. Elektron-elektron dari katoda akan lepas dan bergerak dengan kecepatan tinggi menuju anoda. Elektron yang ditembakkan dari katoda ini memiliki energi berupa energi kinetik. Selanjutnya pada anoda, elektron yang ditembakkan dari katoda menumbuk elektron lain dianoda sehingga energi kinetik elektron dari katoda berubah dan memberikan energi kinetik pada elektron anoda sehingga *elektrontereksiasi* terlepas dari lintasan orbitnya. Saat elektron 6 kembali dalam keadaan dasar atau setimbang,terjadi perubahan energi.Perubahan energi ini ternyata mampu menghasilkan foton dengan frekuensi yang tinggi, peristiwa ini menghasilkan foton Sinar-X yang dikenal sebagai Sinar-X karakteristik, Sinar-X karakteristik elektron berinteraksi dengan elektron pada atom target. Elektron pada Atom target akan terionisasi kekosongan pada kulit elektron tersebut akan diisi oleh elektron pada kulit luar. Transisi elektron dari kulit terluar menuju kekosongan pada kulit lebih dalam akan mengemisikan foton yang disebut Sinar-X karakteristik. Sinar-X karakteristik memiliki *spektrum* energi *diskrit* (Trikasjono et al., 2019).



Gambar 2.2 Proses pembentukan Sinar-X karakteristik

2.2.2 Komponen Produksi Sinar-X

1. Rumah tabung atau *tube housing*

Tabung Sinar-X dipasang didalam tabung yang memberikan dukungan struktural yang diperlukan, ruang antara rumah tabung yang kosong diisi dengan oli pendingin untuk menghasilkan panas dari permukaan tabung Sinar-X akibat panas dari *anod*. Rumah tabung juga berguna untuk perisai radiasi untuk mencegah radiasi apapun kecuali radiasi *primer*. (Dance et al,2014)

2. Tabung Gelas Hampa Udara atau *Glass Envelope*

Merupakan sebuah tabung yang terbuat dari gelas atau *pyrex* yang tahan panas dan hampa udara. Didalam tabung gelas hampa udara ini terdapat dua elektron yaitu katoda sebagai kutup negatif dan anoda sebagai kutub positif

3. Katoda

Katoda sebagai kutub negatif, susunan dari *filamen* dan *focus cup*. tabung Sinar-X yang menggunakan dua *focal spot* biasanya menggunakan dua filamen terpisah (*Dance et al,2014*)

a. Filamen

Pada filamen akan terjadi pembentukan ion negatif atau elektron apabila dipanaskan pada temperatur tertentu tergantung jenis bahan dasar pembuatan filamen

b. *Focusing cup*

Focusing cup melekat pada filamen, yang terbuat dari bahan nikel yang bermuatan negatif yang cukup rendah. *Focusing cup* berfungsi mengarahkan awan elektron lebih terarah menuju target

4. Anoda

Anoda adalah target berbahan logam seperti tungsten yang memiliki titik lebur dan atom yang tinggi (*Bushbreg,2012*) Anoda sendiri dibagi atas 2 bagian, yaitu :

a. Anoda diam

Anoda diam pada umumnya terbuat dari bahan tungsten atau campuran antara tungsean dan tembaga. Anoda diam sudah sejak lama ditinggalkan karena jenis anoda putar lebih cepat rusak karena tumbukannya hanya pada satu titik saja, akibatnya anoda akan cepat aus/ bopeng (*Bushberg, 2012*)

b. Anoda putar

Pada anoda putar bagian depannya terdapat target yang berfungsi sebagai tempat terjadinya tumbukan elektron dari filamen. Kemiringan target berkisaran antara 7 derajat sampai 15 derajat (Bushbreg,2012)

5. Penyaring (*Filter*)

Penyaring berfungsi untuk mendapatkan keragaman berkas Sinar-X yang bersifat *heterogen* akibat intensitas berkas energi yang berbeda. Berkas energi Sinar-X yang mempunyai panjang gelombang, maka tidak akan mampu menembus objek dan sampai ke film, hanya saja akan memperbesar jumlah dosis yang diterima pasien, Bahan filter umum lainnya termasuk tembaga dan plastik

6. Kolimator

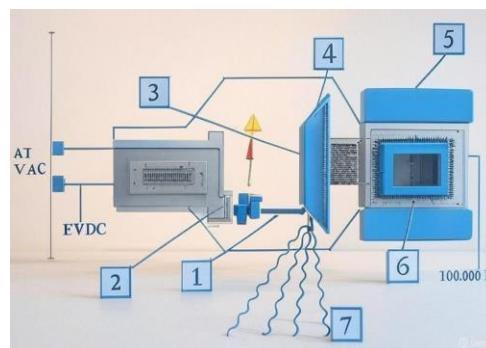
Kolimator merupakan salah satu bagian dari pesawat Sinar-X yang memiliki fungsi untuk pengaturan besarnya ukuran lapangan radiasi. Kolimator memiliki beberapa komponen, yaitu : lampu kolimator , plat timbal pembentuk lapangan, meteran untuk mengukur jarak dari fokus ke *detector/film*, tombol untuk menghidupkan lampu kolimator, dan filter alumunium.

2.3 Proses Terjadinya Sinar-X

Proses terjadinya Sinar-X menurut (Rasad,2005) adalah sebagai berikut:

Katoda (filamen) dipanaskan (lebih dari 2000°C) sampai menyala dengan mengalirkan listrik yang berasal dari transformator, Karena panas, elektron-

elektron dari katode (filamen) terlepas. Sewaktu dihubungkan dengan transformator tegangan tinggi, elektron-elektron akan dipercepat gerakannya menuju anoda dan dipusatkan ke alat pemusat (focusing cup) ' Filamen dibuat relatif negatif terhadap sasaran (target) dengan memilih potensial tinggi. Awan-awan elektron mendadak dihentikan pada sasaran (target) sehingga terbentuk panas ($>99\%$) dan sinar X



Gambar 2.3 Proses terjadinya Sinar-X
(Indrati, et al 2017)

2.4. Faktor Eksposi

Faktor eksposi adalah faktor yang mempengaruhi kualitas dari Sinar-X untuk mendapatkan hasil gambaran yang optimal. Pada kualitas Sinar-X mengambarkan bagaimana berkas Sinar-X memiliki daya tembus yang tinggi, sedangkan kuantitas Sinar-X menunjukkan jumlah foton dalam Sinar-X untuk memproduksi Sinar-X yang berkualitas sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor , yaitu : Arus tabung,tegangan tabung dan waktu (Bushberg,2012)

2.4.1 Tegangan Tabung (kV)

Tegangan tabung berpengaruh terhadap kuantitas Sinar-X . Perubahan kuantitas Sinar-X setara dengan perubahan kVp kuadrat,apabila

kVp meningkat dua kalinya, maka intensitas Sinar-X akan naik dengan faktor kelipatan empat. Tegangan tabung berpengaruh terhadap kuantitas Sinar-X. Dikatakan demikian karena setiap kenaikan kVp akan menghasilkan emisi Sinar-X dengan energi yang lebih tinggi sehingga efektifitas Sinar-X dan menyebabkan Sinar-X memiliki daya tembus yang lebih tinggi pula. (Bushong, 2017).

2.4.2 Arus Tabung (mA)

Arus tabung disebutkan dengan satuan miliAmper (mA). Yaitu besarnya arus listrik antara anoda dan katoda. Arus tabung yang menentukan jumlah atau kuantitas Sinar-X. Elektron yang akan menumbuk anoda, dihasilkan di katoda tepatnya di filamen. Filamen ini akan menghasilkan elektron jika dipanaskan, pemanasan filamen bisa terjadi apabila tabung diberi arus listrik. Semakin besar arus yang di berikan tabung, maka akan semakin banyak elektron yang dihasilkan oleh filamen (Bushong, 2017).

2.4.3 Waktu eksposi (S)

Waktu eksposi disebutkan dalam detik atau milidetik. Yaitu lamanya berkas Sinar-X dipaparkan pada organ yang diperiksa. Waktu penyinaran ini berbeda-beda, sesuai dengan objek yang diperiksa. Waktu paparan menentukan panjangnya waktu di arus tabung yang diikuti dari aliran katoda ke anoda. Waktu paparan yang lebih lama, maka kuantitas elektron yang lebih besar akan mengalir dari katoda ke anoda dan kuantitas produksi Sinar-X yang lebih besar. (Bushong, 2017).

2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Tegangan Tabung

Faktor faktor yang mempengaruhi tegangan tabung terdiri atas *generator* dan *transformator*.

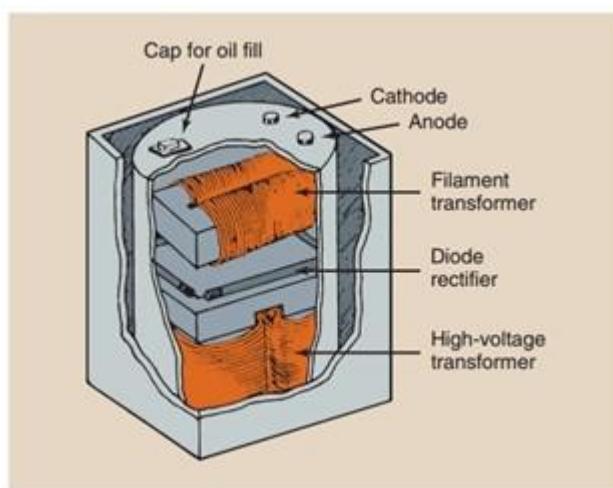
2.5.1 *Generator*

Generator Sinar-X adalah peralatan yang menyuplai energi untuk tabung Sinar-X . *Generator* Sinar-X berfungsi untuk mengatur parameter paparan radiasi, yaitu tegangan tinggi (kV), arus tabung (mA) dan waktu paparan (s) yang berpengaruh pada *image contrast*, *image brightness* dan dosis pasien. (Bushong, 2017).

Untuk memberikan perbedaan potensial yang cukup (kVp) untuk memungkinkan produksi Sinar-X , *generator* diperlukan untuk mengubah tegangan rendah (*volt*) menjadi tegangan tinggi (*kilovolt*). Tiga tipe dasar *generator* Sinar-X tersedia: fase tunggal, tiga fase, dan frekuensi tinggi. Setiap *generator* menghasilkan bentuk gelombang tegangan yang berbeda. Bentuk gelombang ini merupakan cerminan dari konsistensi tegangan yang disuplai ke tabung Sinar-X selama paparan Sinar-X . Istilah riak tegangan menggambarkan bentuk gelombang tegangan dalam hal seberapa besar tegangan bervariasi selama produksi Sinar-X . Untuk pembangkitan satu fasa, tegangan bervariasi dari puncak ke nilai nol. Riak tegangan untuk generator satu fasa dikatakan 100% karena terdapat variasi total pada bentuk gelombang tegangan, dari tegangan puncak sampai tegangan nol. Untuk generator tiga fase, riak tegangan adalah 13% untuk 6 pulsa dan 4% untuk 12 pulsa. *Generator* frekuensi tinggi menghasilkan riak tegangan kurang

dari 1%. Tegangan yang digunakan dalam tabung Sinar-X adalah yang paling konsisten dengan generator frekuensi tinggi. Semakin konsisten tegangan yang diterapkan pada tabung Sinar-X selama pemaparan, semakin besar kuantitas dan tingkat energi (kualitas) berkas Sinar-X . (Fauber, 2013).

Generator frekuensi tinggi sekarang menjadi pilihan paling mutakhir untuk sistem Sinar-X *diagnostik*. Namanya menjelaskan fungsinya, di mana bentuk gelombang bolak-balik *frekuensi* tinggi (hingga 50.000 Hz) digunakan untuk konversi yang efisien dari tegangan rendah ke tinggi dengan *transformator step-up*. Perbaikan dan perataan tegangan selanjutnya menghasilkan tegangan keluaran yang hampir *konstan*. Frekuensi operasional *generator* bervariasi, tergantung pada pengaturan *eksposur* (kV, mA, dan waktu), karakteristik pengisian / pengosongan *kapasitor* tegangan tinggi pada tabung Sinar-X , dan karakteristik frekuensi-ke-tegangan dari transformator (Bushberg et al., 2003)



Gambar 2. 1 Generator
Sumber (Bushong, 2013)

2.5.2 *Transformator*

Tegangan tabung Sinar-X disediakan oleh *transformator* tegangan tinggi yang merupakan *step-up* yang memiliki banyak lilitan pada belitan *sekunder* dan relatif lebih sedikit lilitan pada belitan *primer*. Karena *transformator* ini memungkinkan untuk menghasilkan tegangan yang berkisar hingga 150 kV. Satu-satunya cara untuk menerapkan agar kV pada tabung Sinar-X dapat divariasikan adalah dengan memfariasikan tegangan input pada tegangan tinggi *transformator* .

Transformator tegangan tinggi merupakan *trafo step up*, yaitu tegangan *sekunder* lebih tinggi daripada tegangan *primer* karena jumlah lilitan *sekunder* lebih banyak dari jumlah lilitan *primer*. Rasio jumlah lilitan *sekunder* dengan jumlah lilitan *primer* disebut rasio belitan. Kenaikan tegangan sebanding dengan rasio belitan, menurut hukum *transformator*. Juga, arus berkurang secara proporsional (Bushong, 2017)

Transformator tegangan tinggi digunakan untuk mengubah tegangan yang disuplai ke belitan primernya, menjadi tegangan tinggi yang diperlukan untuk memberi energi pada tabung Sinar-X untuk produksi radiasi X. Dalam unit Sinar-X diagnostik berdaya tinggi modern rata-rata, *transformator* tegangan tinggi akan menghasilkan 120-150 *kilovolt* (nilai puncak) dan arus hingga 1.000 *miliampere* untuk tabung Sinar-X .

2.6 Kualitas Gambaran Radiografi

Kualitas citra radiologi adalah ketetapan representasi anatomi pasien pada citra radiografi. Gambar yang berkualitas tinggi diperlukan agar ahli radiologi

dapat membuat diagnosis yang akurat, untuk menghasilkan gambar berkualitas tinggi, radiografer menerapkan pengetahuan tentang tiga katagori kualitas radiografi utama yang saling terkait, yaitu faktor film,faktor geometrik, dan faktor subjek. Masing-masing faktor tersebut mempengaruhi kualitas citra radiografi dan masing-masing berada di bawah kendali ahli teknologi radiologi. Karakteristik paling penting dari kualitas citra radiografi adalah resolusi *spasial*,resolusi kontras,*noise*, dan artefak (Bushong,2013)

2.6.1 *Spatial Resolution*

Resolusi spasial gambar digital terkait dengan ukuran *pixels* dan *matriks* gambar. Ukuran IP yang berbeda memiliki ukuran *pixel* yang berbeda. (Seeram,2019)

2.6.2 *Density Resolution*

Resolusi kerapatan gambar digital terhubung ke dalam bit yang merupakan kisaran tingkat abu abu per *pixel*. Gambar dengan sedikit kedalaman dari 8 akan memiliki 256 nuansa abu-abu per *pixel* . didalam umum, semakin besar kedalaman bit,semakin baik resolusi kerapatan (Seram,2019)

2.6.3 *Noise*

Noise pada citra hasil radiografi digital Sinar-X yang terutama adalah *derau kuantum* (*Quantum Noise*). *Derau kuantum* muncul sebagai akibat kurangnya foton yang dihasilkan oleh sumber Sinar-X . *Derau kuantum* ini dapat dikurangi dengan memperbanyak jumlah foton, dengan kata lain memperbesar tingkat radiasi Sinar-X . *Noise* berbanding terbalik dengan

kuadrat tingkat kecerahan (*exposure*) pada layar penerima citra. Tingkat derau dan dosis radiasi memberikan efek yang harus dipertimbangkan dengan bijak sesuai dengan tujuan pencitraan radiografi sinarX.

2.6.4 *Artifact*

Artifak adalah filter dalam gambar yang menutupi atau meniru fitur klinis oleh karena itu, artefak dapat mengganggu ahli radiologi dan bahkan dapat mengakibatkan diagnostik yang tidak akurat untuk CR, itu penting bahwa ahli radiologi dan teknologi tidak dapat hanya mengidentifikasi artefak tetapi juga memahami bagaimana mereka muncul dan bagaimana mereka dapat dikurangi atau dihapus dari gambar. Umumnya artefak CR muncul dari proses akuisisi gambar (Seeram,2019).

2.7 Jaminan Mutu (*Quality Assurance*)

Jaminan mutu (*Quality Assurance/QA*) di bidang radiodiagnostik merupakan suatu sistem manajemen menyeluruh yang bertujuan menjamin bahwa pelayanan radiologi dapat memberikan informasi diagnostik yang optimal dengan paparan radiasi serendah mungkin (prinsip ALARA) serta biaya yang efisien. Program QA dalam radiologi tidak hanya mencakup aspek teknis peralatan, tetapi juga aspek prosedural, manajemen sumber daya, serta kompetensi tenaga kesehatan. Di dalam QA terdapat *Quality Control* (QC) yang merupakan kegiatan teknis rutin untuk memastikan kinerja pesawat sinar-X tetap sesuai standar. QC dilakukan melalui serangkaian pengukuran fisika dan uji kesesuaian peralatan. Menurut IAEA (2011)

2.8 Kendali Mutu (*Quality Control*)

Quality Control pada pesawat sinar-x dilakukan untuk mengetahui kualitas dari pesawat sinar-x ,BAPETEN No. 15 Tahun 2014 mengatur bahwa setiap pesawat sinar-X radiologi diagnostik wajib menjalani uji kesesuaian secara berkala untuk menjamin keselamatan pasien dan tenaga kerja. Uji ini meliputi akurasi kVp, akurasi waktu eksposi, linearitas mA, HVL, kesesuaian kolimator, dan parameter lainnya. Regulasi ini merupakan bentuk QA nasional yang wajib dilaksanakan di fasilitas radiologi.

2.8.1 Uji Kesesuaian

Uji Kesesuaian (*Compliance Testing*) adalah uji untuk memastikan bahwa pesawat Sinar-X memenuhi persyaratan keselamatan radiasi dan memberikan informasi diagnosis atau pelaksanaan radiologi yang tepat dan akurat. Uji kesesuaian merupakan dasar dari suatu program jaminan mutu radiologi diagnostik yang mencakup sebagian tes program jaminan mutu, khususnya parameter yang menyangkut keselamatan radiasi. Uji kesesuaian (*compliance test*) meliputi program jaminan kualitas dan kendali mutu (QA/QC). Diantara program QA dan QC yang berpengaruh pada kualitas citra dan dosis pasien yaitu fungsi pesawat Sinar-X radiodiagnostik. Tujuan pengujian fungsi pesawat Sinar-X yaitu menjamin bahwa setiap parameter penyinaran pada pesawat teruji akurasi kinerja atau fungsinya sesuai dengan spesifikasi alat dan bila terjadi penyimpangan harus berada dalam nilai batas toleransi yang ditentukan (sari ayu wita, 2017)

2.8.2 Uji Tegangan Tabung

Menurut Bapaten No 15 Tahun 2014 Pasal 41 ayat (1) batas toleransi uji tegangan tabung Sinar-X yaitu $<10\%$ apabila tegangan yang dikeluarkan oleh pusat Sinar-X konvensional tidak sesuai dengan tegangan tabung yang diatur pada panel kontrol maka akan mengakibatkan perubahan kualitas Sinar-X yang keluar dari tabung Sinar-X, sehingga akan mempengaruhi daya tembus Sinar-X, radiasi hambur, densitas gambar pada pesawat Sinar-X. Langkah-langkah pengujian tegangan tabung Sinar-X menurut Pedoman uji teknik kesesuaian dari Bapaten :

Persiapan alat-alat; Pesawat Sinar-X, alat penunjang waterpass dan kamera. Atur tabung Sinar-X sehingga posisi berkas radiasi jatuh tegak lurus terhadap meja pasien atau dinding bucky stand. Pindahkan filter tambahan bila ada. Jika tidak dapat dipindahkan, catat kondisi ini. Atur kVp meter dan titik fokus pada jarak 100 cm. Atur luas lapangan kolimasi (disarankan 25 cm x 25 cm). Letakkan detektor pada meja pasien dan pastikan dalam posisi tegak lurus menghadap tabung dengan menggunakan waterpass. Tentukan Kondisi eksposi, mA dan s atau mAs tetap, pada 20 mAs (atau waktu eksposi pada 0,1). Lakukan 1 kali eksposi pada setiap variasi nilai kVp sesuai penggunaan kVp secara klinis dengan kenaikan 10 kVp, dan memperhatikan rating tabung dari pesawat yang di uji. Lakukan langkah paling sedikit 3 (tiga) variasi nilai kVp lalu catat hasil pengujian dan masukkan kerumus untuk mendapatkan hasil nilai error

$$Error = \frac{kV set - kV ukur}{kV set} \times 100\%$$

Keterangan :

kV set = Tegangan pada control panel

kV ukur = Tegangan yang terukur pada detektor

2.9 Alat ukur radiasi

Alat ukur radiasi adalah suatu susunan peralatan yang digunakan untuk mengukur kuantitas, energi, atau dosis radiasi. Nilai atau hasil pengukuran ini selalu berupa parameter-parameter seperti paparan dalam *rontgen*(Indrati dkk, 2017) Alat ukur radiasi dibagi menjadi dua , yaitu:

1. Alat ukur pasif

Alat ukur pasif adalah detektor yang pembacaan pengukuran hasilnya tidak dapat dibaca langsung melainkan harus melalui proses terlebih dahulu, Contohnya Film *badgge* dan TLD *badge*.

2. Alat ukur aktif

Alat ukur yang dapat menunjukan secara langsung hasil pengukuran radiasi yang diterima. Contohnya yaitu *survey* meter dan dosimeter saku. Jenis Dektor yang sering digunakan dalam peralatan alat ukur radiasi ini dapat dikategorikan menjadi :

a. Detektor isisan gas

Interaksi semua partikel radiasi dengan gas adalah proses ionisasi dan menimbulkan *ion* positif dan elektron, untuk memisahkan kedua jenis partikel yang berlainan tersebut digunakan medan listrik yang

ditimbulkan oleh dua buah listrik negatif. Prinsip ionisasi gas oleh partikel radiasi dapat digunakan untuk mengembangkan detektor radiasi. Detektor dengan prinsip *ionisasi* gas ini disebut detektor isian gas (Inrati dkk, 2017)

b. Detektor *sintilasi*

Detektor *sintilasi* juga banyak digunakan, khususnya untuk radiasi gamma, karena mempunyai efisian yang tinggi, sinilasi merupakan suatu bahan padat, cair maupun gas yang akan menghasilkan percikan cahaya bila dikenai radiasi *pengion*. Percikan cahaya ini sangat lemah sehingga harus diperkuat terlebih dahulu dan diubah menjadi pulsa listrik, sebelum diproses lebih lanjut. Alat yang digunakan untuk keperluan tersebut adalah tabung *photomultiplier* (Indrati dkk, 2017).

c. Detektor Semi *Kondukter*

Detektor semikonduktor dapat dipandang sebagai detektor kamar *ionisasi* dimana medium gas diganti dengan zat padat yang bersifat semikonduktor. Detektor ini mempunyai keunggulan yaitu efisien dibanding dengan detektor isian gas, karena dibuat dari zat padat, serta mempunyai resolusi yang lebih baik dari pada detektor sinilasi karena proses konversi energi radiasi menjadi pulsa listrik pada detektor sintilasi mempunyai dua tahap yaitu bahan *sinilator* dan tabung *photomultiplier* (Indrati dkk, 2017)

2.10 *Unfors Raysafe Xi*

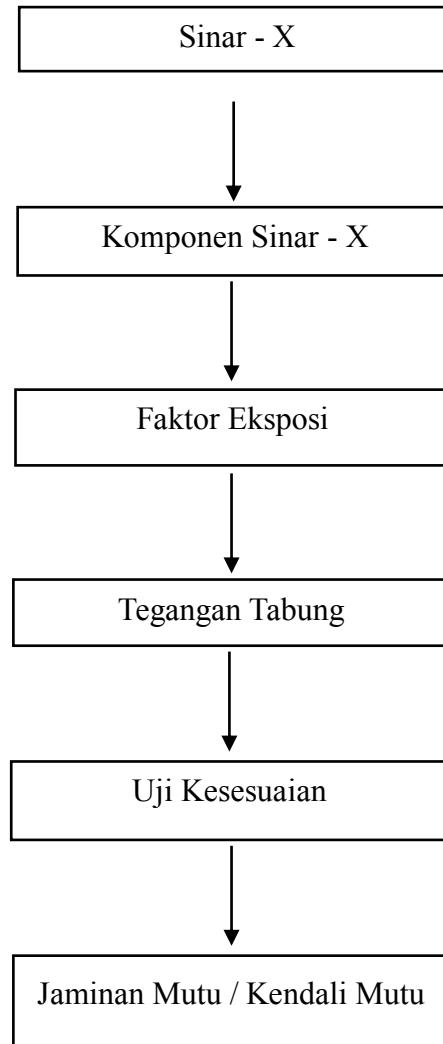
Unfors raysafe xi adalah sistem komprehensif yang menawarkan berbagai detektor untuk melakukan pengukuran multiparameter pada semua modalitas sinar-X. Sistem ini terdiri dari unit dasar dan beberapa detektor yang bersertifikat. Detektor R/F digunakan sehubungan dengan unit dasar. Detektor R/F adalah detektor gelombang yang kecil, ringan, dan portabel yang bisa mengukur kVp, dosis, waktu, HWL, penyaringan total, dan bentuk gelombang secara bersamaan (Martem et al., 2015).

Secara otomatis unit dasar *Raysafe xi* mengidentifikasi detektor yang terhubung dan menampilkan pengaturan dan parameter yang tersedia untuk detektor itu. Data dikirim pada port serial dan *raysafe xi view*, program yang disertakan dengan *Raysafe xi* menunjukkan data numerik serta bentuk gelombang pada PC (Raysafe, 2018).



Gambar 2. 4 *Unfors Raysafe*

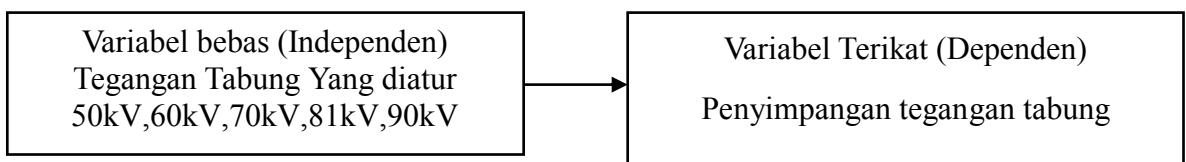
2.11 Kerangkat Teori



Gambar 2. 6 Kerangka teori

2.12 Kerangka Konsep

Kerangka konsep merupakan suatu uraian tentang hubungan atau kaitan antara konsep-konsep yang ingin diamati atau diukur melalui penelitian yang telah dilakukan. Sebuah kerangka konsep harus dapat memperlihatkan hubungan antara variabel-variabel yang akan diteliti (Notoadmodjo,2012)



Gambar 2.7 Kerangka Konsep

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang di gunakan adalah kuantitaif eksperimen dimana peneliti melakukan eksperimen langsung untuk melakukan uji akurasi tegangan tabung.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di RSUD Prof. M.YAMIN SH Pariaman pada 1 Agustus 2025

3.3 Alat dan Bahan

Instrument penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pesawat Sinar-X



Gambar 3.1 Pesawat Sinar-X

Merk : Siemens
Tipe : *Multixfusion*
Nomor Seri : 870361755
kV Maximum : 150
mAs Maximum : 550

2. *Control panel* Pesawat Sinar-X

Merk : Siemens



Gambar 3. 2 *Control panel*

3. Waterpass

Merk : Krisbow



Gambar 3.3 Waterpass

4. Alat Ukur Radiasi

1. Alat Ukur Radiasi *Raysafe*

Spesifikasi Alat Ukur

Nama Detektor : X2 R/F

Nomor Seri Detektor : 251638

Nama Base Unit : X2 Base Unit

Nomor Seri Base Unit : 252899



Gambar 3. 4 Alat ukur *Raysafe*

3.4 Langkah -langkah penelitian

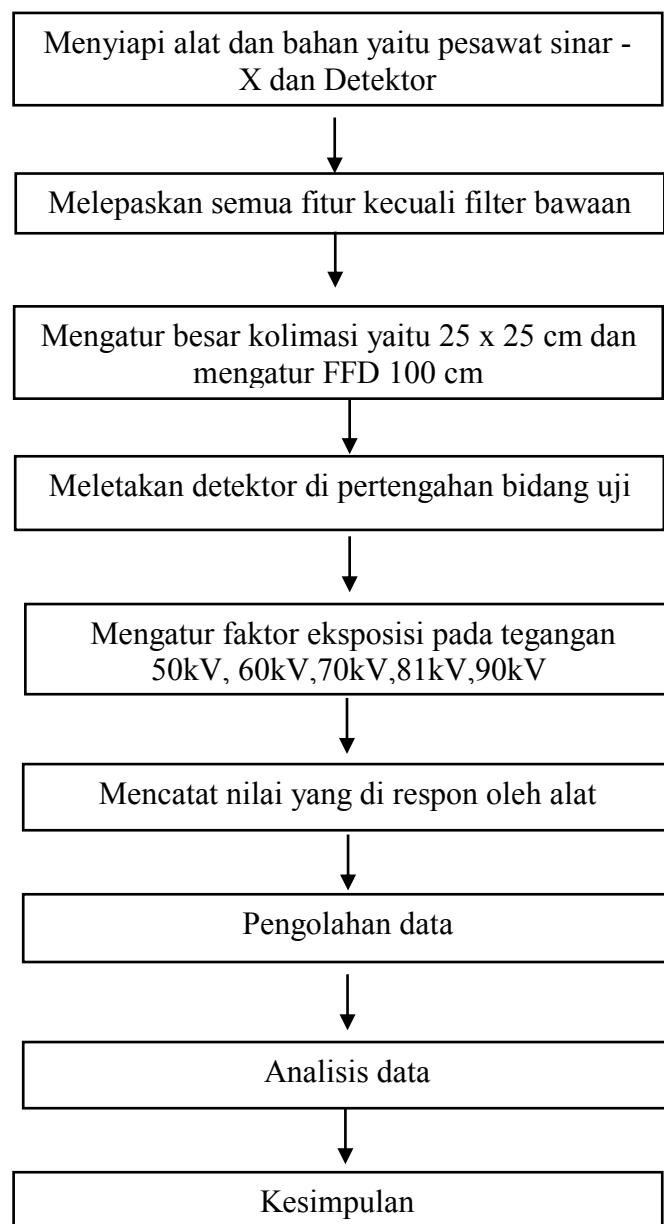
Langkah- langkah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan, seperti Pesawat Konvensional, alat ukur Raysafe dan waterpass
2. Melepaskan semua filter yang berupa tambahan, kecuali yang memang telah ditetapkan oleh pabrik
3. Mengatur besar kolimasi yaitu yaitu 25 x 25 cm, dan mengatur FFD 100cm
4. Meletakkan alat ukur raysafe diatas meja pemeriksaan pada titik tengah bidang uji

5. Mengatur alat ukur raysafe diatas meja pemeriksaan pada titik tengah bidang uji
6. Mengatur faktor eksposi pada *control panel* menggunakan tegangan tabung dimulai dari 50kV 60kV, 70kV, 81kV, 90kV dengan arus tabung yang sama yaitu 20 mAs
7. Kemudian lakukan ekspos, dan setiap tegangan tabung dilakukan tiga kali ekspos.
8. Setelah selesai ekspos, catat / foto nilai yang didapatkan pada alat
9. Melakukan pengumpulan data dan pengolahan data
10. Dilakukan perhitungan selisih tegangan tabung yang diatur di *control panel* dengan nilai rata rata keluaran tegangan tabung, kemudian untuk menghitung selisih tegangan didapatkan dengan mengurangi nilai tegangan tabung yang dimasukan *control panel*. Dengan nilai rata rata keluaran tegangan tabung, setelah itu masukan ke rumus kV set dikurang kV ukur dibagi kV set dikali 100%.
11. Lalu data tersebut disajikan dalam tabel.
12. Setelah itu membandingkan hasil dengan batas toleransi yang telah ditetapkan standar BAPATEN. Batas standar toleransi $< 10\%$, jika nilai deviasi lebih dari 10% maka tegangan dinyatakan tidak sesuai.

3.5 Diagram Alur Penelitian

Diagram penelitian adalah sebuah jenis diagram yang mewakili logaritme, alur kerja atau proses yang menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol grafis, dan urutanya di hubungkan dengan panah digunakan untuk menganalisi, mendesain mendokumentasi atau memanajemen sebuah proses atau program diberbagai bidang



Gambar 3.3 Diagram Penelitian

3.6 Variabel Penelitian

Adapun variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Menurut Sugiono (2019) Variabel bebas atau *indendependen* adalah variabel yang sebab atau mempengaruhi variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian yaitu uji tegangan tabung menggunakan Kv 50kV,60kV,70kV,81kV,90kV.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat atau *dependent* merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat dari awal variabel bebas (Sugiono,2019). Variabel terikat pada penelitian ini yaitu penyimpangan nilai tegangan tabung.

3.7 Metode Pengumpulan Data

Metode yang di gunakan dalam pengumpulan data penelitian ini adalah:

1. Studi kepustakaan

Studi kepustakaan ini dimaksudkan sebagai upaya untuk mengumpulkan data mengenai materi-materi dan konsep-konsep yang berhubungan dengan penelitian dari berbagai literatur baik berupa buku, jurnal penelitian atau literatur lainnya yang relevan.

2. Observasi

Peneliti langsung terjun ke lapangan untuk melihat bagaimana keadaan atau kondisi dari ruang radiologi khususnya kondisi dari pesawat Sinar-X .

3. Dokumentasi

Metode ini merupakan suatu cara yang dilakukan untuk `penyimpanan data-data yang kita lihat secara langsung di lapangan sebagai keperluan data penelitian.

4. *Eksperimen*

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan metode eksperimen atau percobaan terhadap uji tegangan tabung, kemudian mengukur pengaruh percobaan tersebut pada uji kesesuaian pesawat Sinar-X .

3.8 Teknik Pengolahan Data

Hasil dari penelitian ini berupa nilai mutlak yang direspon oleh alat pada saat dilakukan *eksposure*. Setelah di dapatkan hasil dari alat, maka dilanjutkan dengan menghitung nilai persentase penyimpangan tegangan tabung pada pesawat konvensional dan menghitung nilai rata-rata deviasinya. Berikut persamaan untuk menghitung nilai persentase *deviasi* tegangan tabung dengan rumus:

1. Hitung Rata-rata hasil pengukuran tegangan tabung :

$$KV = \frac{kV1 + kV2 + kV3}{3}$$

Keterangan :

KV = Rata-rata hasil pengukuran tegangan tabung.

$KV 1, kV2, kV3$ = Hasil pembacaan kV dari alat ukur

2. Hitung Selisih Tegangan

$$\mathbf{KV} = \mathbf{kV-set}$$

Keterangan :

KV set = Tegangan tabung yang diatur control panel

KV = Hasil Rata-rata pengukuran

3. Hitung hasil Error

$$\mathbf{Error} = \frac{kV\ set - kV\ ukur}{kV\ set} \times 100\%$$

Keterangan :

kV set = Tegangan pada control panel

kV ukur = Tegangan yang terukur pada detektor

3.10 Analisis Data

Dari hasil penelitian, nilai pengukuran *output* kV yang di input dan yang dibaca oleh alat ukur RaySafe di dapat persentase penyimpangan kemudian dibandingkan dengan batas tolorensi uji kesesuaian pesawat Sinar-X yang sesuai dengan Bapaten No 15 Tahun 2014 Pasal 41 ayat (1) batas toleransi uji tegangan tabung Sinar-X yaitu <10% apabila tegangan yang dikeluarkan oleh pusat Sinar-X konvensional tidak sesuai dengan tegangan tabung apabila terjadi penyimpangan maka pesawat harus dilakukan perbaikan demi keselamatan pesawat Sinar-X dan keselamatan petugas terhadap besarnya bahaya paparan radiasi