

## PENELUSURAN DAN IDENTIFIKASI KERUSAKAN

### PESAWAT SINAR-X MEDIK DI STTN-BATAN

Sujatno<sup>1</sup>, Ana Maisyarotun Nasitoh<sup>2</sup>, Zaenal Abidin<sup>3</sup>

1) STTN-BATAN, Jl. Babarsari Po. Box 6101 YKBB Jogjakarta

2) Mahasiswa STTN-BATAN, 3) Dosen STTN-BATAN

E-mail : ontayus1@Yahoo.com

#### ABSTRAK

**PENELUSURAN DAN IDENTIFIKASI KERUSAKAN PESAWAT SINAR-X MEDIK DI STTN - BATAN.** Telah dilakukan penelusuran dan identifikasi perangkat pesawat sinar-X medik di STTN yang mengalami kerusakan. Penelusuran dilakukan untuk mencari penyebab kerusakan, lokasi kerusakan dan komponen yang mengalami kerusakan. Sehingga dapat diidentifikasi dan jika terjadi kerusakan komponen dapat segera dicarikan suku cadangnya. Pesawat sinar-X medik digunakan sebagai sarana pembelajaran teori maupun praktikum mahasiswa. Kerusakan pesawat sinar-X akan mengganggu jalannya pengajaran praktikum. Untuk itu pesawat ini akan segera diperbaiki dengan menggunakan selain penelusuran dan identifikasi menggunakan metode deteksi, serta melokalisir kerusakan yaitu secara sequensial maupun non sequensial. Dengan pendekatan beberapa metode diharapkan dapat mengetahui letak dan bagian kerusakan pesawat sinar-X, sehingga dapat mengidentifikasi dan mendata komponen yang harus diganti. Dari hasil identifikasi dan pengujian menunjukkan bahwa pesawat sinar-X memerlukan perbaikan pada rumah tabung serta pergantian insert tabung.

Kata kunci: medik, kerusakan, pesawat sinar-X, metode

#### ABSTRACT

*TROUBLES AND IDENTIFICATION OF AIRCRAFT DAMAGE IN MEDICAL X-RAY STTN - BATAN.* Has conducted a search and identification of aircraft devices in the medical X-ray STTN damaged. The search is conducted to find the cause of the malfunction, the location of the damage and damaged components. So it can be identified and if the component failure can be immediately looked for the spare parts. Aircraft medical X-rays are used as a learning tool teori and practicum students. X-ray damage to aircraft to disrupt the teaching practicum. For that this plane will be remedied by using other than search and identification using detection methods, as well as localize the damage that sequentially and non-sequentially. With the approach of some of the methods are expected to know the location and part plane X-ray damage, so as to identify and record the components that must be replaced. From the results of the identification and testing showed that the plane X-ray tube requires improvements on the house and turn the insert tube.

*Key words: medical, damage, machine X-ray, method*

## PENDAHULUAN

Pesawat sinar-X telah dikembangkan di berbagai Negara termasuk Indonesia melalui Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir. Hasil rekayasa selanjutnya dilakukan uji klinis di Rumah Sakit. Setelah beberapa tahun di rumah sakit yaitu sejak 1998 hingga 2006, pesawat sinar-X mengalami kerusakan terutama pada bagian tabungnya. Saat ini, ketiga pesawat sinar-X ditempatkan di STTN (Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir). Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai kelayakan dari tiga pesawat sinar-X, dilakukan perbaikan pada bagian tabung dengan mengganti tabung insert. Namun dalam pemakaian pesawat sinar-X sering tidak mengikuti prosedur pengoperasian, lingkungan alat yang tidak sesuai dan kurangnya perawatan, sehingga pesawat sinar-X saat ini kembali mengalami kerusakan. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan penelitian analisis kerusakan pesawat sinar-X medik STTN-BATAN Analisis dilakukan untuk mengetahui kerusakan yang terjadi dan tindakan lanjutan untuk menangani kerusakan tersebut, sehingga pesawat sinar-X dapat digunakan kembali untuk sarana pembelajaran mahasiswa STTN. Analisis kerusakan dilakukan pada kolimator, tabung sinar-X, kabel tegangan tinggi untuk mendeteksi kerusakan, melokalisir kerusakan, dan menentukan metode perbaikan.

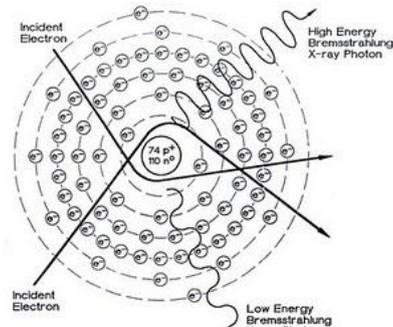
## TEORI

### Sinar-X

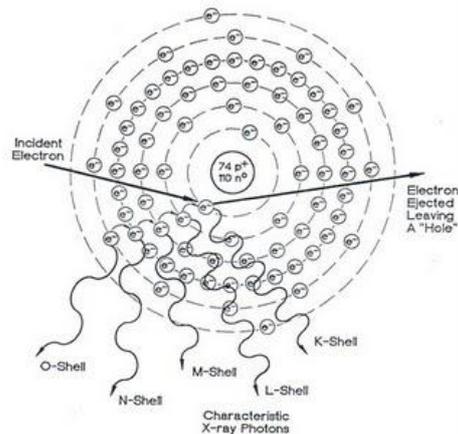
Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek pada spektrum elektromagnetik. Dikarenakan oleh panjang gelombang yang pendek, sinar-X dapat menembus bahan yang dilaluinya

Secara fisika sinar-X dibagi menjadi dua berdasarkan proses pembentukannya yaitu sinar-X karakteristik dan sinar-X *bremstrahlung*. Sinar-X karakteristik dihasilkan pada proses transisi elektron dari kulit atom yang lebih luar ke kulit atom yang lebih dalam. Tingkat energi yang dilepaskan tergantung dari jenis unsurnya. Spektrum yang dihasilkan berupa spektrum energi tunggal (diskrit). Sedangkan sinar-X *bremstrahlung*

terjadi karena adanya elektron yang mendekati atom target (anoda) dan berinteraksi dengan atom bahan anoda, tepatnya dengan elektron luar atom tersebut. Elektron mengalami perlambatan sehingga mengeluarkan radiasi. Spektrum radiasi yang dihasilkan bersifat kontinu [12].



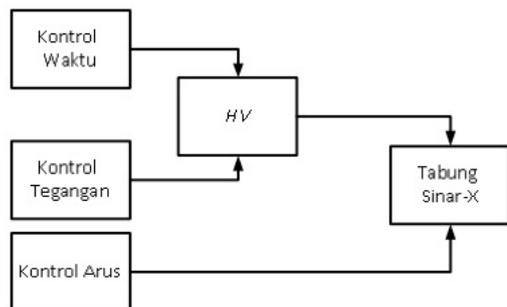
Gambar 1. Sinar-X *Bremstrahlung*[1]



Gambar 2. Sinar-X karakteristik[1]

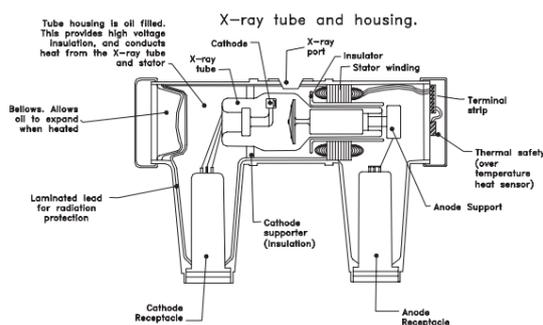
### Pesawat Sinar-X

Pesawat sinar-X adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menggunakan sinar-X[2]. Bagian-bagian pesawat sinar-X terdiri dari tabung sinar-X, sumber tegangan tinggi (HV), dan unit pengatur. Bagian pesawat sinar-X dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagian Utama Pesawat Sinar-X [3]

Tabung sinar-X berisi filamen yang juga sebagai katoda dan berisi anoda. Filamen terbuat dari tungsten, sedangkan anoda terbuat dari logam anoda (Cu, Fe atau Ni). Anoda biasanya dibuat berputar supaya permukaannya tidak cepat rusak yang disebabkan tumbukan elektron. Tabung sinar-X dan bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tabung sinar-X dan housing[4]

Pross terbentuknya sinar-X di dalam tabung sinar-X adalah sebagai berikut<sup>[5]</sup>:

1. Pelepasan elektron ketika filament dialiri arus listrik yang cukup besar.
2. Percepatan elektron yang disebabkan oleh beda potensial yang tinggi antara katoda dan anoda.
3. Arus elektron dipusatkan ke target (anoda) dan berhenti seketika saat menumbuk target.
4. Energi kinetis elektron berubah menjadi panas dan sinar-X

### Pemeliharaan Instrumentasi

Pemeliharaan atau sering disebut *maintenance* merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk menjaga kerja dari suatu peralatan atau sistem agar peralatan atau sistem

tersebut dapat bekerja atau beroperasi sesuai dengan yang diharapkan.

Pemeliharaan korektif merupakan segala tindakan untuk mengembalikan peralatan ke kondisi alat dapat berfungsi secara optimum. Hal ini dapat berupa reparasi pada rangkaian elektronik atau bagian mekanik serta adaptasi peralatan terhadap keadaan lingkungan<sup>[10]</sup>. Dalam melakukan kegiatan pemeliharaan perbaikan terdapat tiga tahap yang dilalui dalam mencari kerusakan dan mereparasi, yaitu: Deteksi kerusakan (*fault detection*). Setelah memperoleh laporan kerusakan alat yang disampaikan oleh operator, kemudian dilakukan uji fungsi alat untuk mengkonfirmasi adanya kerusakan dan memberi informasi dalam diagnosa kerusakan. Melokalisir kerusakan (*fault location*). Pengambilan keputusan untuk menentukan bagian kerusakan memerlukan pemeriksaan ulang pada hasil-hasil pengukuran sebelumnya. Dalam menentukan kerusakan terdapat metode yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan.

### METODE PENELITIAN

Untuk melakukan analisis pesawat sinar-X yang berada di STTN-BATAN diperlukan peralatan berupa multimeter, kunci pass, obeng, tang, dan power supply.

### Langkah Penelitian

1. Memersiapkan alat dan bahan
2. Memastikan daya dan alat dalam keadaan mati.
3. Memeriksa sambungan kabel, lampu, dan timer kolimator dengan memberi catu tegangan dan mengukur tahanan kabel.
4. Melakukan pengujian pada housing tabung secara visual dan memeriksa filamen.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Deteksi kerusakan dilakukan dengan metode observasi yang dilanjutkan dengan pengujian-pengujian yang sesuai untuk

memastikan bagian alat yang didiagnosa mengalami kerusakan. Dalam pelaksanaan pengujian diperlukan dokumentasi penyebab kerusakan, jenis pemeriksaan yang dilakukan dan hasil pengujian sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengujian selanjutnya.

Observasi dilakukan ketika kerusakan terjadi dengan mengamati adanya kesalahan operator (*human error*), bau terbakar pada alat atau adanya suara yang tidak biasa dan dari mana asalnya. Pemeriksaan teknis yang digunakan serta pengamatan secara visual pada alat seperti sisa terbakar pada ujung kabel tegangan tinggi dapat membantu dan memudahkan dalam melokalisir kerusakan. Pengujian dilakukan dengan mengacu pada buku petunjuk pengoperasian alat dan literatur terkait yang dapat memberikan penjelasan bagian-bagian alat serta perawatannya.

Melokalisir kerusakan dapat dilakukan menggunakan metode non sequential dengan melakukan analisa teoritis pada penyebab kerusakan dan akibatnya, namun hasil pada metode ini kurang kuat sehingga diperlukan pengujian menggunakan metode sequential untuk memastikan bagian alat yang mengalami kerusakan. Pengujian dengan metode sequential non sistematis yaitu pengujian secara acak, pengujian dapat dilakukan berulang kali pada bagian yang sama sehingga jenis pengujian ini kurang efisien. Pengujian dengan metode sequential sistematis berdasarkan keandalan alat memerlukan data-data unjuk kerja alat dalam penentuan kerusakan sedangkan alat yang diuji tidak dilengkapi dengan data keandalan sehingga metode ini sulit dilakukan. Pengujian berdasarkan struktur fungsi alat dapat dilakukan dengan melakukan pengujian pada bagian-bagian alat secara berurutan yang mendekati pusat kerusakan sehingga pengujian dapat menghemat waktu.

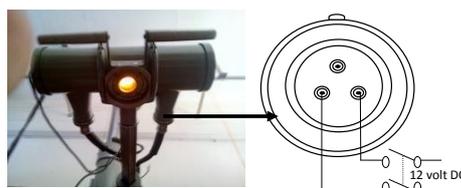
Lokalisir kerusakan dilakukan dengan melakukan pengujian pada bagian pesawat sinar-X menggunakan metode sequential sistematis dilakukan berdasarkan fungsi struktur dari alat. Lokalisir melalui pengujian yang dilakukan sedekat mungkin ke pusat kerusakan. Selain itu juga digunakan metode sequential sistematis berdasarkan pada struktur mekanik dari peralatan. Pemilihan metode lokalisir kerusakan didasarkan pada cara yang lebih cepat dalam menentukan lokasi kerusakan.

Pengujian kolimator dilakukan dengan memeriksa tahanan kabel listrik yang menuju kolimator menggunakan multimeter yang diatur pada Ohmmeter. Selain itu pemeriksaan juga dilakukan pada timer dan lampu kolimator dengan memberi catu daya tegangan dc 12 volt untuk mengetahui kondisinya. Hasil pengujian kolimator diperoleh data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Kolimator

No.	Item uji fungsi	Keterangan
1.	Sambungan kabel listrik	Tidak putus Menggunakan Ohmmeter untuk mengetahui tahanan pada kabel
2.	Lampu kolimator	ON (12 volt) Menggunakan power supply DC 12 volt

Dari data di atas, dapat diketahui bahwa kabel listrik yang menuju kolimator memiliki resistansi yang sangat rendah yaitu nol. Selain itu, lampu kolimator masih menyala ketika diberi catu daya sebesar 12 volt DC dan timer masih berfungsi normal. Pengujian selanjutnya dilakukan pada tabung sinar-X dilakukan pada housing tabung secara visual, kabel listrik motor anoda, dan kondisi filamen. Pengujian anoda dilakukan dengan mengukur tahanan dari kabel listrik yang menuju anoda dan kondisi filamen menggunakan multimeter yang diatur pada Ohmmeter serta mengamati nyala filamen ketika diberi catu daya sebesar 12 volt pada filamen seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian filamen tabung sinar-X

Data hasil pengujian seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian filamen

No.	Filamen	Nyala Filamen	Gambar
1.	Hubung	Nyala	

Dari hasil pengujian, filamen memiliki resistansi rendah dan masih menyala sehingga dapat disimpulkan bahwa filamen tidak putus. Pengujian housing tabung tidak terlihat adanya kebocoran namun pada meja radiografi terdapat sisa-sisa oli yang telah mengering.

Setelah pengujian filamen, kolimator dilepas untuk memeriksa kondisi tabung insert. Hasil pengujian kebocoran pendingin dan tabung insert dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Oli pendingin di dalam tabung



Gambar 7. Tabung insert terisi oli pendingin

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tabung mengalami kebocoran pada tabung dan tabung insert memiliki celah sehingga oli pendingin dapat masuk ke dalamnya.

Setelah dilakukan pengujian pada kolimator, tabung sinar-X, dan sambungan kabel tegangan tinggi diperoleh hasil bahwa kolimator dan kabel tegangan tinggi tidak mengalami kerusakan. Sedangkan pada tabung menunjukkan tanda-tanda adanya kerusakan. Kerusakan tersebut adalah indikasi kebocoran pada housing dan adanya celah pada tabung insert.

Setelah ditentukan lokasi kerusakan, tahap selanjutnya yang harus dilakukan adalah Analisis kerusakan. Analisis kerusakan dilakukan pada penyebab kerusakan, akibat kerusakan dan metode perbaikan kerusakan.

Panas tinggi yang dihasilkan di dalam tabung sinar-X memerlukan pendinginan dari oli untuk mencegah resiko kerusakan tabung.

Namun dalam kenyataannya, housing tabung mengalami kebocoran sehingga oli berkurang dan pendinginan tidak optimal.

Kebocoran housing menandakan adanya celah-celah yang mengakibatkan masuknya udara pada tabung. Interaksi udara dan tegangan tinggi dapat memicu terjadinya percikan bunga api di dalam tabung. Tabung yang terisi udara menjadi tidak stabil (*gassy*) dan mengindikasikan kegagalan parameter penembakan, yaitu arus dan tegangan tinggi. Ketidakstabilan akan terjadi ketika dilakukan penembakan dengan kV tinggi setelah tabung digunakan dengan kV sedang atau rendah dalam waktu yang lama. Selain itu ketidakstabilan tabung sinar-X dapat mengakibatkan arus mA pada tabung melebihi nilai penembakan yang sebenarnya.

Tabung insert terisi oleh oli pendingin. Hal ini menunjukkan bahwa tabung insert mengalami kerusakan karena karena masuknya pendingin juga menandakan udara dapat masuk ke dalam tabung. Udara yang masuk ke dalam tabung dapat menyebabkan konsleting di dalamnya karena anoda dan katoda berada dalam satu sambungan.

Kerusakan terjadi karena suhu tinggi pada tabung insert. Panas yang berlebihan tidak dapat didinginkan secara optimal oleh pendingin karena minyak pendingin berkurang ataupun kurangnya pemanasan pada saat pengoperasian pesawat sinar-X ketika suhu lingkungan tabung insert yaitu oli pendingin masih rendah dan penembakan dilakukan, maka akan terjadi perbedaan suhu pada sistem (tabung insert) dan lingkungan (oli pendingin). Perbedaan suhu yang terlalu tinggi menyebabkan tabung insert mengalami kerusakan berupa pecahnya *glass* tabung.

Metode perbaikan pesawat sinar-X dapat berupa perbaikan dan penggantian. Dalam melakukan perbaikan perlu mempertimbangkan pilihan untuk memperbaiki sendiri atau mengembalikan alat ke pabrik.

Tindakan perbaikan ini dipilih berdasarkan kebijakan pemeliharaan yang telah ditetapkan oleh instansi terkait yaitu STTN-BATAN. Kebijakan pemeliharaan dibuat dengan pertimbangan waktu, tingkat keberhasilan unjuk kerja alat dan nilai ekonomis dari perbaikan itu sendiri.

Kerusakan pada housing tabung memerlukan perbaikan pada karet penahan

maupun kaca penahan pada focal spot agar tidak lagi terdapat celah-celah yang dapat mengakibatkan kebocoran pendingin dan masuknya udara ke dalam tabung. Perbaikan dilakukan dengan mengirim tabung ke supplier, metode perbaikan pada housing tabung dinilai lebih ekonomis dibandingkan melakukan penggantian housing. Selain itu perbaikan juga memiliki peluang keberhasilan tinggi, dan waktu perbaikan yang sesuai.

Tabung insert yang mengalami kerusakan tidak dapat dilakukan perbaikan sehingga memerlukan metode perbaikan berupa penggantian tabung. Penggantian dan pemasangan kembali tabung pada perbaikan ini tidak dapat dilakukan oleh instansi sehingga perbaikan akan dilakukan oleh supplier tabung.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian dan analisis kerusakan pesawat sinar-X data disimpulkan sebagai berikut:

1. Kolimator dan sambungan kabel tegangan tinggi dalam kondisi baik.
2. Kerusakan dapat dilokalisir menggunakan metode sequential sistematis.
3. Housing tabung mengalami kebocoran oli pendingin dan memerlukan perbaikan.
4. Tabung insert terisi oli pendingin dan memerlukan penggantian agar pesawat sinar-X dapat beroperasi kembali

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua pembimbing dan teman-teman mahasiswa yang telah membantu

## SARAN

1. Pemeliharaan pencegahan seperti perawatan rutin pada pesawat sinar-X
2. Perlu dilakukan untuk menjaga unjuk kerja pesawat sinar-X dan mencegah kerusakan.
3. Fasilitas ruangan pesawat sinar-X perlu dilakukan perbaikan agar mempermudah penggunaan pesawat sinar-X, seperti lampu ruangan.

4. Perlu diadakan logbook pemakaian pesawat sinar-X agar dapat diketahui rekap kondisi pesawat sinar-X selama penggunaan.
5. Pelatihan penggunaan dan perawatan rutin pesawat sinar-X perlu diadakan untuk operator maupun pengguna alat.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Aji, Adhitya Bayu. 2013. *Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X di Laboratorium X-Ray Medik STTN-BATAN Yogyakarta*. Tugas Akhir DIV STTN-BATAN. Yogyakarta
2. BAPAETEN. 2013. *Cara Kerja Pesawat Sinar-X*. Pelatihan Uji Kesesuaian Pesawat sinar-X Balai Diklat dan Pelatihan BAPETEN. Jakarta
3. Abidin, Zaenal, dkk. 2012. *Refurbishing Pesawat Sinar-X Diagnostik Eks. Litbang BATAN*. Prosiding Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
4. McClelland, Ian R. 2004. *X-ray Equipment Maintenance and Repairs Workbook for Radiographers and Radiological Technologists*. World Health Organization. Geneva
5. Prajitno. 2008. *Pemeliharaan Instrumentasi Nuklir*. Bahan ajar mata kuliah Pemeliharaan Instrumentasi Nuklir. Yogyakarta

## TANYA JAWAB

### Pertanyaan

Posisi oli pendingin terhadap tabung sinar X dimana? Sehingga bisa masuk ke tabung gelas sinar X

### Jawaban

Minyak pendingin/oli terletak di luar insert tabung karena fungsinya sebagai pendingin insert tersebut. Jika insert tabung pecah atau retak maka oli bisa masuk ke tabung gelas sinar X.