

Uji Akurasi Tegangan Tinggi Alat *Rontgen Radiography Mobile*

Wadianto¹, Azis Muslim²
Email : wadianto_anto@yahoo.com

^{1,2}Jurusan Teknik Elektromedik, Politeknik Kesehatan Kemenkes Jakarta II

ABSTRAK

Alat Rontgen merupakan salah satu alat imaging diagnostic (pencitraan diagnostik) yang berfungsi untuk pemeriksaan pada organ tubuh dengan memanfaatkan Sinar-X untuk mendapatkan citra organ tubuh dan kelainan yang dihasilkan pada film atau monitor. Akan tetapi, selain memberikan manfaat yang cukup besar, Sinar-X juga memberikan efek samping yang cukup besar dan juga berbahaya berupa rusaknya jaringan tubuh yang terpapar Sinar-X. Untuk melihat kualitas dari alat rontgen dapat dilakukan Uji Akurasi sebagai proses Quality Control. Tujuan uji akurasi pada alat rontgen dilakukan untuk memonitor kondisi parameter-parameter yang berhubungan dengan teknik pemeriksaan agar tetap konsisten sesuai kondisi yang diinginkan dan diperbolehkan sebagai program jaminan kualitas. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai penyimpangan tegangan tabung (kVp) masih dalam batas toleransi yang ditetapkan dalam PERKA BAPETEN No 9 tahun 2011. Metode yang dilakukan adalah dengan mengukur tegangan keluaran tabung menggunakan Detector Piranha 556 dan mengukur jarak antara tabung X-Ray ke detektor O-Ni 32 G-5019 dengan acuan pada PERKA BAPETEN No. 9 Tahun 2011. Hasil pengujian kemudian dianalisa sehingga di dapatkan kesimpulan performa dari alat tersebut apakah masih dalam kondisi baik atau tidak. Dari 30 alat rontgen radiography mobile di rumah sakit di Jakarta maka 2 diantaranya melebihi ambang batas yang diperbolehkan oleh PERKA BAPETEN No. 9 Tahun 2011.

Kata Kunci : *alat rontgen, PERKA BAPETEN No. 9 Tahun 2011. keakurasian.*

Pendahuluan

Mobile X Ray adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendiagnosa penyakit pada organ tubuh bagian dalam dengan bantuan sinar x dengan pembangkit tegangan tinggi. Mobile x-ray unit adalah jenis alat rontgen yang mampu bergerak dan mudah dipindahkan kemanapun karena memiliki roda dan tiang tabung yang bisa dilipat sehingga sangat mungkin bisa dimasukkan ke dalam lift untuk dipindahkan. Yang harus diutamakan dalam penggunaan alat rontgen mobile adalah perlindungan radiasi. Penggunaan alat rontgen mobile diperlukan hanya untuk pasien yang sama sekali tidak dapat dipindahkan dari ruang perawatan untuk melakukan foto rontgen.

Pada saat ini telah banyak rumah sakit dan klinik yang menggunakan alat rontgen

sebagai alat diagnose pada organ tubuh manusia sehingga menuntut alat rontgen untuk memiliki performa yang baik ketika dioperasikan oleh tenaga medis. Untuk melihat kualitas dari alat rontgen dapat dilakukan kelayakan alat rontgen yang telah banyak dikembangkan misalnya *Quality Control* pada alat rontgen. *Quality Control* dapat dilakukan pada saat alat akan diedarkan ke pasaran, atau setelah alat mengalami perbaikan atau minimal sekali dalam satu tahun.

Dengan melihat hal tersebut seperti di atas maka perlu dilakukannya *Quality Control* pada alat rontgen. Program tersebut dilakukan untuk memonitor kondisi parameter-parameter yang berhubungan dengan teknik pemeriksaan agar tetap konsisten sesuai kondisi yang diinginkan dan diperbolehkan. Program

jaminan kualitas ini dikenal dengan istilah *Quality Control* (QC). Jaminan kualitas ini untuk mengetahui apakah keluaran tegangan alat rontgen X yang telah diuji masih dalam batas toleransi yang diberikan berdasarkan PERKA (Peraturan Kepala) BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) No. 9 Tahun 2011 ? dan di titik manakah penyimpangan terbesar paling banyak terjadi ?.

Pelaksanaan program QC yang teratur di setiap rumah sakit dan klinik memungkinkan kita untuk menjamin alat dapat berfungsi dengan baik dan dapat mengetahui sedini mungkin penyimpangan pada alat. Pada umumnya *Quality Control* dilakukan dengan menggunakan alat standar pengujian alat rontgen. Hasil pengujian kemudian dianalisa sehingga di dapatkan kesimpulan performa dari alat tersebut apakah masih dalam kondisi baik atau tidak.

Kajian Pustaka Sejarah Penemuan.

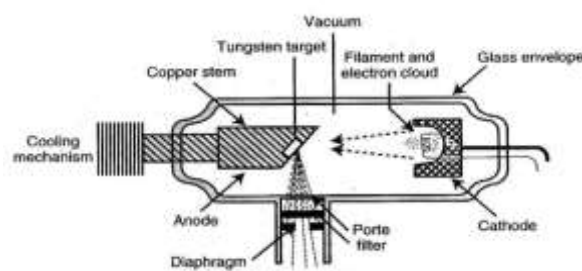
Sinar-X pertama kali ditemukan pada 8 November tahun 1895 oleh Wilhelm Conrad Rontgen yang secara tidak sengaja lewat percobaan tentang sinar katoda. Saat mengadakan percobaan dengan aliran arus listrik dan tabung gelas yang dikosongkan sebagian (tabung sinar katode), Dia mengamati nyala hijau pada tabung yang sebelumnya menarik perhatian Crookes. Roentgen selanjutnya mencoba menutup tabung itu dengan kertas hitam dengan harapan agar tidak ada cahaya tampak yang dapat lewat. Namun setelah ditutup ternyata masih ada sesuatu yang dapat lewat berupa cahaya yang berpendar pada layar yang terbuat dari barium platino cyanida yang kebetulan berada di dekatnya. Jika sumber listrik dipadamkan, maka cahaya pendar pun hilang.

Roentgen menyimpulkan bahwa ada sinar-sinar tidak tampak yang mampu

menerobos kertas hitam tersebut dan segera menyadari bahwa sejenis sinar yang tidak kelihatan telah muncul dari dalam tabung sinar katoda Ia merumuskan teori bahwa saat sinar katode (elektron) menembus dinding gelas tabung, beberapa radiasi yang tak diketahui terbentuk yang melintasi ruangan, menembus bahan kimia, dan menyebabkan fluoresensi. Pengamatan lebih lanjut mengungkapkan bahwa kertas, kayu, dan aluminium, di antara bahan lain, transparan pada bentuk baru radiasi ini. Ia menemukan bahwa itu memengaruhi plat fotografi, dan tidak secara nyata menunjukkan beberapa sifat cahaya, seperti refraksi. Dalam pandangan pada sifat tak pasti itu, ia menyebut fenomena radiasi “ X “. Karena sebelumnya tidak pernah dikenal, maka sinar ini diberi nama sinar-X. Namun untuk menghargai jasa beliau dalam penemuan ini maka seringkali sinar-X itu dinamai juga sinar Roentgen atau kita sering menyebutnya sinar Rontgen (*Suryaningrat Widodo; 2004*)

Proses Terjadinya Sinar-X

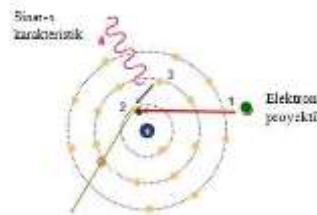
Pada prinsipnya sinar-x merupakan hasil konversi energy kinetic (KE) yang diubah kedalam radiasi elektromagnetik. Produksi sinar-X dihasilkan dalam suatu tabung berisi suatu perlengkapan yang diperlukan untuk menghasilkan sinar-X yaitu sumber electron bebas (katoda), bahan penghenti atau sasaran (anoda) dan ruang hampa. Katoda mengalami thermionic emison (terbentuknya awan electron akibat katoda dipanasi dengan tegangan tertentu yang menyebabkan terkumpulnya electron-elektron bebas). Sedangkan anoda bermuatan positif, berfungsi sebagai target electron. Pada Gambar 1. dan 2. dijelaskan electron-elektron bebas. Foton energy tinggi dihasilkan dipancarkan oleh tabung sinar-x. foton energy tersebut diserap oleh electron atom. Electron ini dipercepat dan dipaksa untuk meninggalkan atom.



Gambar : 1.

Lubang yang diciptakan didalam struktur electron dipenuhi dari electron energy yang lebih tinggi. Timbul perbedaan energy antara

posisi electron pergi dan posisi electron mengisi. Kejadian ini disebut X-Ray *fluorescence*.



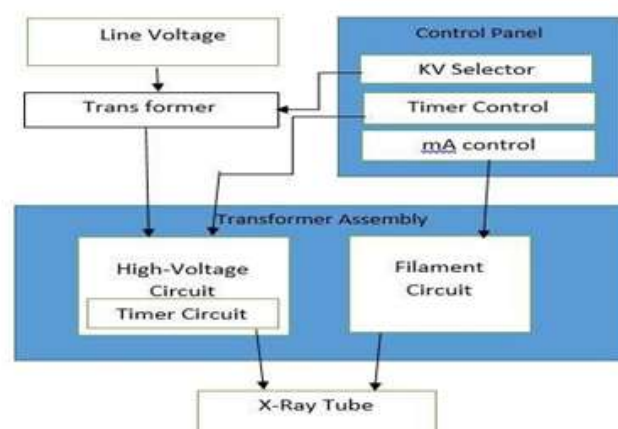
Gambar : 2.

Lintasan electron suatu atom disebut lintasan K-, L- dan M-. ketika memenuhi suatu lubang didalam lintasan K menciptakan K-Radiation. Electron yang memenuhi suatu lubang di dalam lintasan L menciptakan L-Radiation dan seterusnya. Hanya pada lintasan K dan L (L-Radiation dan K-Radiation) yang efektif dalam proses ini sebab pada energy K-Radiation dan L-Radiation yang dapat dideteksi dengan detector yang standart. Electron-elektron yang dipercepat bergerak menumbuk target. Sekitar 99% energy kinetic dikonversi menjadi panas lewat proses benturan tersebut dan sekitar 0,5%-1% energy kinetic diubah menjadi sinar-x atau sinar Rontgen (bremsstrahlung). Energy foton X-Ray yang dihasilkan sebanding dengan energy kinetic electron yang hilang (F. Jaundrell-Thomson, 1970)

Prinsip Kerja Unit Rontgen

Untuk membangkitkan sinar-x diperlukan generator yang memodifikasi arus dan tegangan untuk diberikan pada tabung sinar-x sehingga mampu menghasilkan berkas sinar-x dengan tegangan puncak (kVp) dan arus tabung (mA) yang diinginkan.

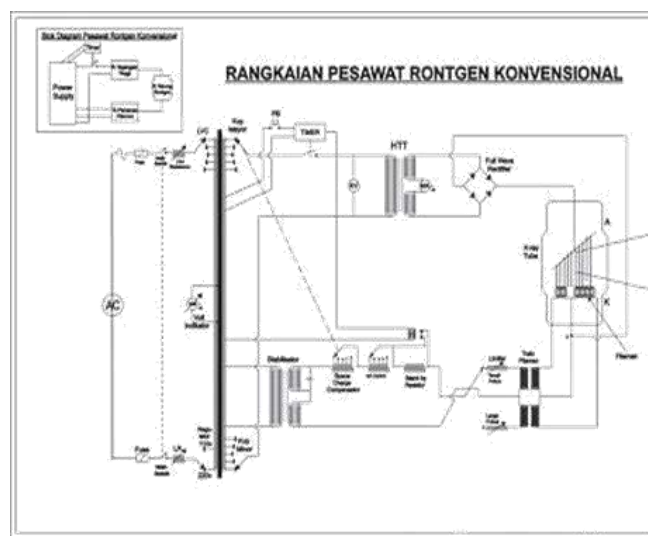
Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian yang lalu bahwa proses pembangkitan sinar-x terjadi karena elektron-elektron yang berkumpul karena adanya *thermionic emission* pada katoda sehingga membentuk awan elektron dan dipercepat oleh beda potensial tegangan listrik dengan nilai tertentu yang diberikan pada anoda dan katoda. Berdasarkan proses tersebut maka komponen utama pada pembangkit sinar-x adalah kontrol panel dan tangki transformator. Kontrol panel berfungsi untuk pemilihan faktor teknik untuk pemakaian model radiography atau fluoroskophy dan inialisasi expose radiografi. Tangki transformator berisi transformator tegangan tinggi, penyearah dan tiga sirkuit utama : sirkuit tegangan tinggi (high tension circuit), sirkuit filament (filament circuit), dan sirkuit pewaktu (timer cicuit) yang mencatu tabung sinar-x dengan energy yang mampu menghasilkan berkas sinar-x, meliputi tegangan yang diinginkan, arus dan jangka waktu penyinaran (*exposure*) (Shimadzu Corporation, _____)



Gambar 3 : Komponen-komponen Generator X-Ray

Adapun blok diagram unit X-Ray secara lengkap terdiri dari :

1. Tegangan jala-jala (PLN), dapat berupa tegangan 1 fasa atau tiga fasa
2. Sirkuit self holding relay, yang berfungsi untuk menyambungkan dan memutuskan tegangan jala-jala ke Autotrafo.
3. Autotrafo sebagai catu daya keseluruhan sirkuit.
4. Sirkuit Pewaktu (timer), penyambung dan pemutus dari Autotrafo menuju trafo tegangan tinggi.
5. Trafo Tegangan Tinggi (HTT), sebagai input Anoda X-Ray tube.
6. Sirkuit mA meter, sebagai pengukur arus tabung.
7. Sirkuit Penyearah Gelombang Penuh untuk tegangan DC Tabung X-ray.
8. Sirkuit Filamen, terdiri dari voltage stabilisator, space charge compensator, mA control, stand by resistor, mA limiter, dan trafo filamen.
9. Tabung X-Ray.



Gambar 4 : wiring diagram basic unit alat rontgen
(F. Jaundrell-Thomson, 1970)

Quality Control

Quality Control (QC) merupakan program yang dilakukan untuk memonitor kondisi parameter - parameter yang berhubungan dengan teknik pemeriksaan dengan menggunakan peralatan sinar-X agar tetap konsisten sesuai dengan kondisi yang diinginkan, aman dan diperbolehkan. Pelaksanaan program *quality control* yang teratur pada unit radiologi di setiap rumah sakit memungkinkan kita untuk menjamin alat rontgen dapat berfungsi dengan baik dan dapat mengetahui sedini mungkin distorsi atau penyimpangan alat dapat teridentifikasi yang menyebabkan perubahan penurunan kinerja alat. Data-data yang dihasilkan dari pelaksanaan program *quality control* dapat digunakan untuk mengambil langkah koreksi secepatnya sebelum terjadi penurunan kualitas citra. Selain berkaitan dengan pembentukan citra, kinerja peralatan yang baik, juga akan

mengurangi pengulangan (retake) pemeriksaan.

Program *Quality Control* dilakukan dengan melakukan pengujian fungsi alat rontgen (compliance test). Adapun aspeknya meliputi :

1. Tegangan Tabung
Nilai tegangan tabung (kVp) adalah nilai yang selalu dipilih oleh operator radiologi (radiografer) untuk setiap pemeriksaan. Nilai tegangan tabung yang kita pilih menentukan besarnya energi dan daya tembus sinar-X, oleh sebab itu generator sinar-X harus terkalibrasi dengan baik. Metode pengukuran nilai tegangan tabung sinar-X dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu invasive dan non-invasive *measurement*.
2. Linieritas paparan arus tabung sinar-X
Linieritas pemaparan (*exposure linearity*) adalah kemampuan alat radiografi untuk menghasilkan keluaran radiasi yang konstan dari berbagai macam kombinasi

atus tabung sinar-X (mA) dan waktu paparan sinar-X. Linieritas paparan harus dalam toleransi $\pm 10\%$ untuk masing-masing pasangan waktu paparan dengan mA yang telah ditentukan. Linieritas paparan diukur dengan dosimeter radiasi yang presisi untuk mengukur intensitas radiasi dengan berbagai macam pasangan nilai waktu paparan dan mA. Nilai arus tabung sinar-X berpengaruh terhadap nilai intensitas sinar-X. Intensitas sinar-X pada hasil citra foto rontgen mempengaruhi nilai kehitaman pada film (densitas). Selain berpengaruh terhadap nilai intensitas sinar-X yang keluar dari tabung, nilai arus tabung yang dipilih juga sangat berpengaruh terhadap terimaan dosis radiasi pasien.

3. Ketepatan waktu paparan Sinar - X

Waktu paparan merupakan nilai yang harus dipilih operator radiologi (radiografer) untuk setiap pemeriksaan. Parameter ini akan menentukan dosis radiasi pasien dan densitas optik dari gambar yang dihasilkan. Metode pengukuran waktu paparan : *Spinning Top* untuk generator satu fasa dan 3 fasa/frekuensi tinggi.

Kalibrasi waktu paparan sebaiknya dapat dilakukan 1 tahun sekali (minimal) atau saat ada penggantian komponen pada pembangkitan sinar-X. toleransi waktu paparan terukur harus dalam batas $\pm 10\%$ dari nilai yang tampil pada display untuk waktu paparan lebih besar dari 10 ms.

4. Kebocoran radiasi tabung Sinar - X

Pemeriksaan kebocoran radiasi tabung Sinar - X ini untuk menentukan area dan nilai kebocoran radiasi yang terjadi pada rumah tabung sinar-X. Uji kebocoran ini juga perlu dikerjakan jika telah dilakukan perawatan atau perbaikan terhadap rumah tabung sinar-X.

Pengujian dilakukan, dengan prosedur setelah *warm up* alat sinar-X dilakukan dan posisi *shutter* kolimator dalam keadaan tertutup. Posisikan *Ionization Chamber*

sebagaimana gambar di atas guna pengukuran nilai paparan radiasi. Melakukan eksposi dengan pengaturan tegangan tabung ± 10 kVp dari kVp maksimum yang ada pada pesawat dengan pengaturan arus tabung dan waktu eksposi (second) pada ± 50 mAs.

5. Kalibrasi pembentuk luas lapangan penyinaran.

Pemeriksaan pembentuk lapangan penyinaran (kolimasi) tabung sinar-X dapat dilakukan untuk menentukan : ketelitian arah berkas sinar X dengan berkas cahaya, pusat berkas sinar X dengan pusat berkas cahaya, dan kalibrasi ukuran lapangan. Ketiganya dapat diperiksa secara simultan dengan menggunakan film. Bila pada film, cahaya penunjukan lapangan tidak sesuai dengan lapangan sinar X, pergeseran sekitar 0.5 cm masih dalam batas toleransi. Ketidak sesuaian penunjuk lapangan dengan ukuran berkas sinar X mengakibatkan kesalahan pada pembuatan radiografi, citra organ yang dimaksud dapat terpotong sedangkan kemungkinan citra organ yang tidak diharapkan dapat tampak pada film.

Untuk menghindari kesalahan, pada umumnya pemeriksaan menggunakan lapangan radiasi maksimum, yang efeknya meningkatkan dosis yang diterima pasien.

6. Keluaran radiasi

Pengukuran keluaran radiasi ini dengan mengatur luas lapangan penyinaran sesuai luas detektor pada alat pen dosimeter yakni 2 x 2 cm. Atur faktor eksposi (kVp, mA, s) dan *focus film distance* (FFD) yang lazim digunakan pada pemeriksaan radiologi. Lakukan dua tahap pengujian yaitu memilih mA dan s yang berbeda, namun menghasilkan mAs yang sama. Ulangi pengukuran sebanyak 5 (lima) kali.

Berikut daftar data uji teknis *quality control* (QC) alat sinar-X berdasarkan PERKA BAPETEN No. 9 Tahun 2011.

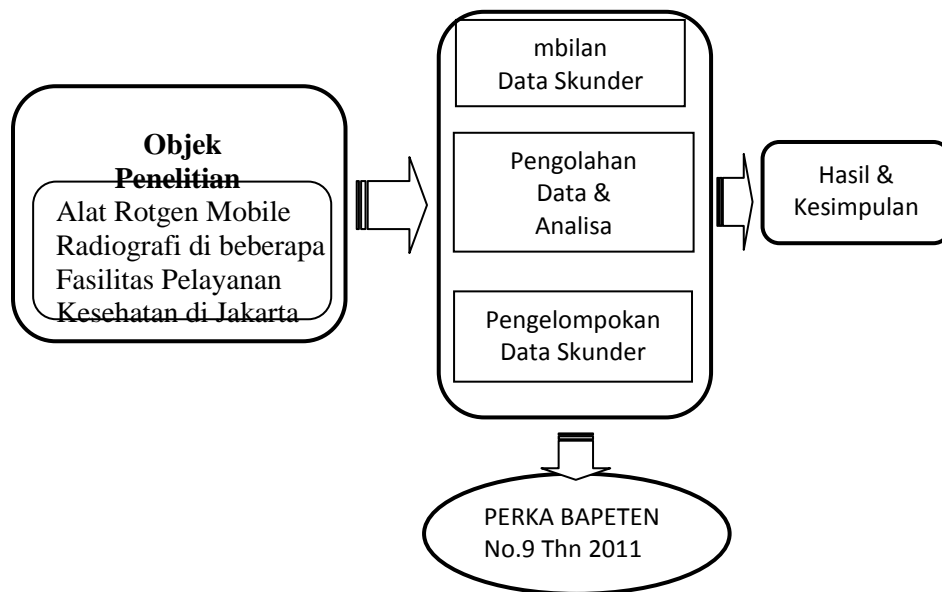
Kolimasi Berkas Cahaya		
a. Iluminasi	Illum = ... lux	Illum \geq 100 lux
b. Selisih lap. kolimasi dengan sinar-X (Δ)	$\Delta = \dots$ mm (... % SID)	$\Sigma \Delta_{(sb. x \text{ atau } y)} \leq 2\% \text{ SID}$; $\Sigma \Delta_{\text{total}} \leq 3\% \text{ SID}$
Generator dan Tabung Sinar-X		
a. Akurasi tegangan	$e = \dots$ %	$e \leq \pm 10\%$
b. Akurasi waktu penyinaran		
- $t = 100$ ms	$e = \dots$ ms (... %)	$e \leq \pm 10\%$
- $t < 100$ ms (2 pulsa)	$e = \dots$ pulsa (... ms)	$e \leq \pm 1$ pulsa (10 ms)
- $t < 100$ ms (HF atau lainnya)	$e = \dots$ ms (... % + ...)	$e \leq \pm (10\% + 1)$ ms
c. Linearitas keluaran radiasi	CL = ...	CL $\leq 0,1$
d. Reprodusibilitas		
-keluaran radiasi	CV = ...	CV $\leq 0,05$
-tegangan	CV = ...	CV $\leq 0,05$
-waktu penyinaran	CV = ...	CV $\leq 0,05$
e. Kualitas berkas sinar-X (HVL)	HVL = ... mm Al (pada 80 kVp)	HVL $\geq 2,3$ mmAl (80 kVp)
f. Kebocoran wadah tabung	L = ... mGy dalam 1 jam	L ≤ 1 mGy dalam 1 jam
Kendali Paparan Otomatis (AEC)		
untuk AEC meja atau tegak:		
- timer darurat (sinyal audio/display)	berhenti darurat setelah ... mAs / ... s	≤ 600 mAs / 6 s
- densitas standar & uniformitas :		
• variasi OD film, mAs konstan	rentang OD =	rentang (maks.& min.) $\leq \pm 0,1$ OD rata-rata
• variasi mAs, OD konstan	rentang mAs =	rentang (maks.& min.) $\leq \pm 0,2$ mAs rata-rata
- penjejukan:		
• ketebalan pasien (kVp konstan)	rentang OD =	rentang (maks.& min.) $\leq \pm 0,1$ OD rata-rata
• kVp (tebal konstan)	rentang OD =	rentang (maks.& min.) $\leq \pm 0,15$ OD rata-rata
• kombinasi tebal dan kVp	rentang OD =	rentang (maks.& min.) $\leq \pm 0,2$ OD rata-rata
- waktu respon minimum:		
• 1 pulsa	$t_{\text{respon}} = \dots$ ms	$t_{\text{respon}} \leq 20$ ms
• 3 pulsa atau HF	$t_{\text{respon}} = \dots$ ms	$t_{\text{respon}} \leq 1-3$ ms
Informasi Dosis Pasien		
ESD_{udara} Thoraks/Chest PA:		
- dengan fantom (mAs sesuai AEC), <i>hanya bila setting manual tidak pernah digunakan.</i>	ESD udara = ... mGy	• ESD udara = ... mGy (survey) • BSS 115, IAEA, 1996: ESD udara = 0,4 mGy, <i>untuk speed screen-film 200</i>
- tanpa fantom (mAs klinis rutin)	ESD udara = ... mGy	

Tabel. 2.1 Batas toleransi uji kesesuaian pesawat Sinar-X.

Metode Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan tentang metodologi penelitian, yang didalamnya Konsep penelitian :

terdapat uraian mengenai konsep penelitian, alat dan bahan, metode pengumpulan data, metode analisis data, dan kesimpulan awal.



Gambar 5 : Bagan Alir Penelitian

Gambar 5, diatas merupakan konsep penelitian yang digunakan, langkah pertama yang dilakukan penulis adalah mengumpulkan dan mengelompokkan data hasil uji kesesuaian alat rontgen mobile unit sebanyak 31 alat, dimana tiap alat diambil 1 sampel pengukuran pada setiap titiknya yaitu pada titik 50 KV, 60 KV, 70 KV, 80 KV, dan 90 KV. Setelah itu penulis menglompokkan data hasil penyimpangannya berdasarkan titik setting yang kemudian diambil rata-ratanya untuk dibandingkan pada tiap titik setting dan standar yang ditetapkan oleh BAPETEN.

Obyek Penelitian

Sample yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder hasil uji kesesuaian Pesawat Rontgen Mobile Unit dari

PT. SIP dan Instansi BF yang telah dilakukan di beberapa Rumah sakit, Puskesmas, dan Klinik yang ada di wilayah Jakarta Barat dan Jakarta Pusat.

1. Unit Pesawat Rontgen Mobile dan bagian-bagiannya :
 - a. Tube Head.
 - b. Kolimator.
 - c. Tube stand.
 - d. Hand Switch.
 - e. Control Panel.
 - f. Pegangan Kemudi.
 - g. Transformator Tegangan Tinggi.
 - h. Box.
 - i. Roda.



Gambar 6 : Unit Pesawat Rontgen Mobil.

Instrumen Alat Ukur

- a. Alat yang digunakan dalam pengukuran tegangan keluaran tabung adalah Multimeter Piranha 556, seperti pada gambar 7 dibawah ini :



Gambar 7 : RTI/Piranha 556

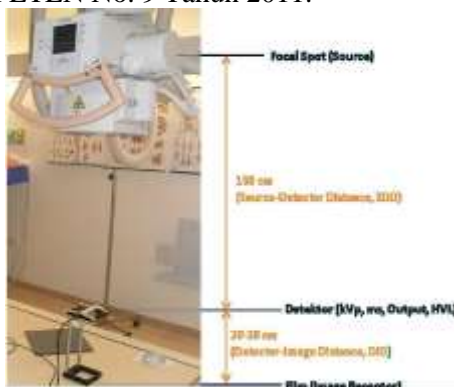
- b. Alat yang digunakan untuk mengukur jarak antara dari tabung ke detector adalah O-Ni 32G-5019, seperti gambar 8 dibawah ini :



Gambar 8 : O-Ni 32G-5019

Metode pengumpulan data

Pada penelitian ini, metode pengumpulan data yang dilakukan oleh penulis adalah data sekunder dan dokumentasi. Penulis menggunakan metode data sekunder dengan mengumpulkan data-data uji kesesuaian (pengukuran tegangan tabung) Alat Rontgen Mobile Unit yang telah melakukan uji kesesuaian di beberapa Rumah Sakit, Puskesmas, dan Klinik yang ada di wilayah Jakarta Barat dan Jakarta Pusat pada bulan Januari sampai Desember 2014. Sedangkan metode dokumentasi digunakan penulis sebagai penunjang untuk melengkapi data. Pengukuran beracuan pada PERKA BAPETEN No. 9 Tahun 2011.



Gambar 9 : Posisi Pengambilan Data

Gambar 9 diatas merupakan posisi pengambilan data yang dibenarkan sesuai dengan PANDUAN PRAKTI UJI BAGI INSPEKTUR yang dikeluarkan oleh BAPETEN. Dengan catatan apabila tidak ada stand khusus untuk meninggikan detector, dengan SDD tetap pada 100 cm, maka posisi detector dapat diletakkan dilantai atau meja dengan alas lembar Pb-karet untuk konsistensi hamburan balik kecuali detector solid tertentu semisal unfors yang telah dilengkapi dengan lapisan Pb dibelakangnya ini dilakukan agar hamburan balik tidak ikut terukur.

Mengukur Penyimpangan Tegangan (kVp)

1. Setting Faktor Teknis Penyinaran
 - a. Steting mAs fix pada sekitar 20 mAs (misal: 200 mA, 0,1 s) agar intensitas berkas cukup tinggi, untuk pesawat lama sekitar 10 mAs (100 mA/0,1 s).
 - b. Untuk pesawat baru: seting kVp bervariasi mulai dari 50 s/d 120 kVp (kenaikan ± 10 kVp, sesuai panel kendali), masing-masing dilakukan 1x penyinaran, tetapi khusus pada 70 atau 80 kVp dilakukan 3x penyinaran untuk sekaligus uji reproduksibilitas (kedapat-ulangan) kVp dan s dan uji kualitas berkas sinar-X (HVL).
 - c. Untuk pesawat lama: seting kVp bervariasi mulai dari 40 s/d 80 kVp dan 3x penyinaran dapat dilakukan pada 60 kVp atau kVp yang paling rutin dilakukan (biasanya untuk prosedur penyinaran Thoraks PA).
2. Catat hasil ukur kVp dan output yang terbaca di elektrometer pada tiap penyinaran, khusus pada 3x penyinaran catat juga hasil ukur s dan HVL.

Pengolahan Data dan Analisis

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis data kuantitatif. Dimana cara penafsiran dan pengambilan kesimpulan berdasarkan pengumpulan data sekunder yang telah dilakukan oleh PT. SIP dan Instansi BF sebelumnya melalui pengukuran dan penganalisisan yang dilakukan berdasarkan prosedur dan membandingkannya dengan standar yang tercantum dalam PERKA BAPETEN No. 9 Tahun 2011. Langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengelompokan data

Yaitu mengelompokkan data yang telah diambil hanya pada uji keluaran tegangan tabung berdasarkan titik setting yang ada dari 31 alat.

2. Penafsiran dan verifikasi data
Setelah data dikelompokkan berdasarkan titik setting, data-data tersebut dihitung persentase penyimpangan yang terjadi untuk menjawab rumusan masalah yang ada.
3. Perhitungan untuk menjawab rumusan masalah berdasarkan PERKA BAPETEN No. 9 Tahun 2011.

Setelah data dihitung besar penyimpangannya, data tersebut dibandingkan pada toleransi yang telah diberikan Bapeten untuk mengetahui apakah alat dalam kondisi baik atau tidak. Yang kemudian data juga dibandingkan berdasarkan titik setting pada tiap alat.

Hasil dan Pembahasan

Menjabarkan tentang hasil dan analisa (data sekunder) dari pengukuran tegangan tinggi (KV) alat Rontgen Radiography *mobile* di beberapa rumah sakit, klinik, dan puskesmas di wilayah Jakarta pusat dan Jakarta Barat dengan berbagai merek dan usia yang telah dilakukan oleh PT. SIP dan Instansi BF. Setelah data sekunder diambil (KV), data tersebut akan dianalisa dan dikelompokkan berdasarkan nilai penyimpangan dan rata-rata nilai penyimpangan pada beberapa titik seting

dengan mengacu pada PERKA BAPETEN NO.9 TAHUN 2011.

Hasil Pengamatan Pengukuran (KV) Alat Sinar-X

Analisa Data

Setelah data didapat, data dihitung sesuai dengan rumus dan berupa tabel untuk menentukan tingkat akurasi dan penyimpangannya antara lima titik pengukuran. Berikut langkah – langkahnya :

Nilai Persentasi Penyimpangan :

$$\% \text{ error} = x \ 100\%$$

Nilai Persentasi Akurasi :

$$\% \text{ akurasi} = 100\% - \% \text{ error}$$

Nilai Rata-rata Penyimpangan dan Akurasi :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Pada Tabel 1 dibawah kita dapat melihat seluruh hasil pengukuran Tegangan (kVp). Adapun nilai rata-rata persentasi penyimpangan dan rata-rata persentasi akurasi alat hanya diambil dari 29 alat dari 31 alat secara keseluruhan, ini dilakukan karena nilai hasil pengukuran tegangan 2 dari 31 alat tersebut (yang diberi tanda merah) sudah melebihi batas ambang yang diperbolehkan, oleh karenanya penulis tidak mengambil data tersebut.

Nilai Hasil Terukur (kvp)																																	
Setting	RS. A	RS. B	RS. C	RS. D	RS. E	RS. F	RS. G	RS. H	RS. I	RS. J	RS. K	RS. L	RS. M	RS. N	RS. O	RS. P	RS. Q	RS. R	RS. S	RS. T	RS. U	RS. V	RS. W	RS. X	RS. Y	RS. Z	RS. ZA	RS. ZB	RS. ZC	RS. ZD	RS. ZE	N. RATA2	
Setting	RS. A	RS. B	RS. C	RS. D	RS. E	RS. F	RS. G	RS. H	RS. I	RS. J	RS. K	RS. L	RS. M	RS. N	RS. O	RS. P	RS. Q	RS. R	RS. S	RS. T	RS. U	RS. V	RS. W	RS. X	RS. Y	RS. Z	RS. ZA	RS. ZB	RS. ZC	RS. ZD	RS. ZE <td>N. RATA2</td>	N. RATA2	
tegangan(kvp)	50	48.89	53.94	50.98	48.41	48.9	52.38	48.41	50.82	48.45	39.22	52.35	48.82	48.6	54.95	49.87	49.76	49.04	52.86	50.06	47.99	50.14	49.61	49.93	50.04	46.97	50.78	48.58	48.35	49.45	50.94	49.27097	
60	59.11	64.9	59.67	58.3	59.79	47.1	60.38	59.15	59.5	58.3	39.17	60.52	58.35	57.59	63.6	59.24	59.13	58.09	62.62	58.73	58.49	59.97	60.31	57.91	60.06	56.88	59.97	58.25	58.09	59.8	61.88	58.54355	
70	68.82	75.51	69.81	67.45	69.19	54.63	70.7	69.01	69.74	67.52	44.17	70.48	68.01	67.58	74.54	69.17	69.24	67.68	72.4	69.1	68.2	70.53	70.31	68.74	69.88	65.43	70.09	68.44	68.12	69.63	71.99	68.26161	
80	78.63	86.62	80.4	76.75	79.8	62.53	80.8	78.64	80.36	77.68	48.89	80.75	77.79	75.4	82.03	79.57	79.9	77.37	82.4	79.56	78.15	80.23	80.69	79.43	80.67	76.37	81.3	78.45	77.84	79.84	82.49	78.10742	
90	88.6	97.18	90.35	86.48	90.21	70.59	89.39	88.99	90.04	86.94	53.59	89.09	87.87	83.69	87.88	88.57	89.79	87.52	91.52	88.78	88.47	90.46	91.87	89.03	90.65	85.42	91.85	88.7	88.01	90.17	92.81	87.56484	
Nilai Hasil penyimpangan (%)																																	
Setting	RS. A	RS. B	RS. C	RS. D	RS. E	RS. F	RS. G	RS. H	RS. I	RS. J	RS. K	RS. L	RS. M	RS. N	RS. O	RS. P	RS. Q	RS. R	RS. S	RS. T	RS. U	RS. V	RS. W	RS. X	RS. Y	RS. Z	RS. ZA	RS. ZB	RS. ZC	RS. ZD	RS. ZE	N. RATA2	
Setting	RS. A	RS. B	RS. C	RS. D	RS. E	RS. F	RS. G	RS. H	RS. I	RS. J	RS. K	RS. L	RS. M	RS. N	RS. O	RS. P	RS. Q	RS. R	RS. S	RS. T	RS. U	RS. V	RS. W	RS. X	RS. Y	RS. Z	RS. ZA	RS. ZB	RS. ZC	RS. ZD	RS. ZE <td>N. RATA2</td>	N. RATA2	
tegangan(kvp)	50	2.22	7.88	1.96	3.17	2.2	24.19	4.76	3.18	1.64	3.11	21.56	4.7	2.36	3.88	3.64	0.26	0.48	3.85	5.72	0.13	4.16	0.28	0.79	0.15	0.07	6.06	1.56	2.83	3.31	1.1	1.88	2.666552
60	1.48	8.17	0.55	2.83	0.34	21.5	0.63	1.42	0.83	2.84	34.72	0.18	2.75	4.02	6	1.27	1.44	3.18	4.37	2.12	2.52	0.06	0.52	3.49	0.1	5.2	0.05	2.91	3.19	0.33	3.13	2.273103	
70	1.69	8.01	0.27	3.63	1.16	21.96	1	1.41	0.37	3.4	39.67	0.69	2.84	3.46	0.61	1.19	1.09	0.85	3.43	1.79	2.57	0.26	0.44	1.8	0.17	6.53	0.13	2.23	2.68	0.53	2.84	1.967931	
80	1.79	8.28	0.74	4.06	0.26	21.83	0.25	1.7	0.79	4.1	38.89	0.31	2.76	5.75	1.17	0.54	1.36	3.29	3	0.55	2.31	0.29	0.87	1.94	0.09	5.79	0.37	1.94	2.7	0.19	3.11	2.07931	
90	1.56	7.98	0.39	3.91	0.24	21.57	0.67	1.12	0.04	3.4	40.46	1.01	2.37	7.01	2.36	1.59	0.23	2.76	1.69	1.35	1.7	0.51	2.08	1.07	0.72	5.09	2.06	1.44	2.21	0.19	3.12	2.064483	
Nilai Akurasi (%)																																	
setting	RS. A	RS. B	RS. C	RS. D	RS. E	RS. F	RS. G	RS. H	RS. I	RS. J	RS. K	RS. L	RS. M	RS. N	RS. O	RS. P	RS. Q	RS. R	RS. S	RS. T	RS. U	RS. V	RS. W	RS. X	RS. Y	RS. Z	RS. ZA	RS. ZB	RS. ZC	RS. ZD	RS. ZE	N. RATA2	
setting	RS. A	RS. B	RS. C	RS. D	RS. E	RS. F	RS. G	RS. H	RS. I	RS. J	RS. K	RS. L	RS. M	RS. N	RS. O	RS. P	RS. Q	RS. R	RS. S	RS. T	RS. U	RS. V	RS. W	RS. X	RS. Y	RS. Z	RS. ZA	RS. ZB	RS. ZC	RS. ZD	RS. ZE <td>N. RATA2</td>	N. RATA2	
tegangan(kvp)	50	97.78	92.12	98.04	96.83	97.8	75.81	95.24	96.82	98.36	96.89	78.44	95.3	97.64	96.12	96.36	99.74	99.52	96.15	94.28	99.87	95.84	99.72	99.21	99.85	99.93	93.94	98.44	97.17	96.69	98.9	98.12	97.33345
60	98.52	91.83	99.45	97.17	99.66	78.5	99.37	98.58	99.17	97.16	65.28	99.82	97.25	95.98	94	98.73	98.56	96.82	95.63	97.88	97.48	99.94	99.48	96.51	99.9	94.8	99.95	97.09	96.81	99.67	96.87	97.7269	
70	98.31	91.99	99.73	96.37	98.84	78.04	99	98.59	99.63	96.6	60.33	99.31	97.16	96.54	99.39	98.81	98.91	99.15	96.57	98.21	97.43	99.74	99.56	98.2	99.83	93.47	98.67	97.77	97.32	99.47	97.16	98.03207	
80	98.21	91.72	99.26	95.94	99.74	78.17	99.75	98.3	99.21	95.9	61.11	99.69	97.24	94.25	98.83	99.46	98.64	96.71	97	99.45	97.69	99.71	99.13	98.06	99.91	94.21	99.63	98.06	97.3	99.81	96.89	97.93069	
90	98.44	92.02	99.61	96.09	99.76	78.43	99.33	98.88	99.96	96.6	59.54	98.99	97.63	92.99	97.64	98.41	99.77	97.24	98.31	98.65	98.3	99.49	97.92	98.93	99.28	94.91	97.94	98.56	97.79	99.81	96.88	97.93552	

Tabel 1 : Rata-rata nilai pengukuran, Rata-rata Nilai persentasi penyimpangan, dan Rata-rata Nilai Persentasi Akurasi dari 29 alat.

Pembahasan

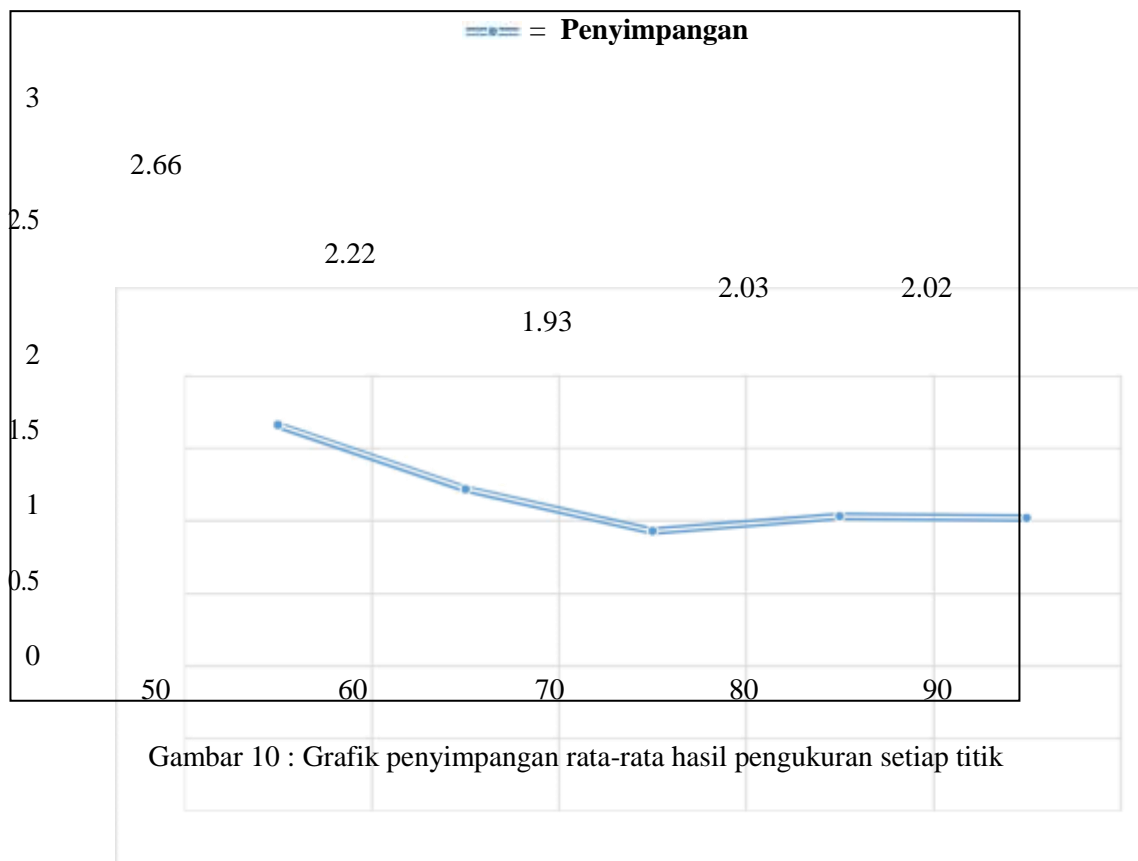
Analisa Nilai Rata-rata Penyimpangan dan Nilai Rata-rata Akurasi.

Nilai tegangan tabung (KV) alat rotgen merupakan faktor penting yang menentukan daya tembus sinar-X (penetration power) dan nilai kontras radiografi dalam pemeriksaan radiografi. Kesalahan penentuan atau pemilihan tegangan (KV) akan membuat

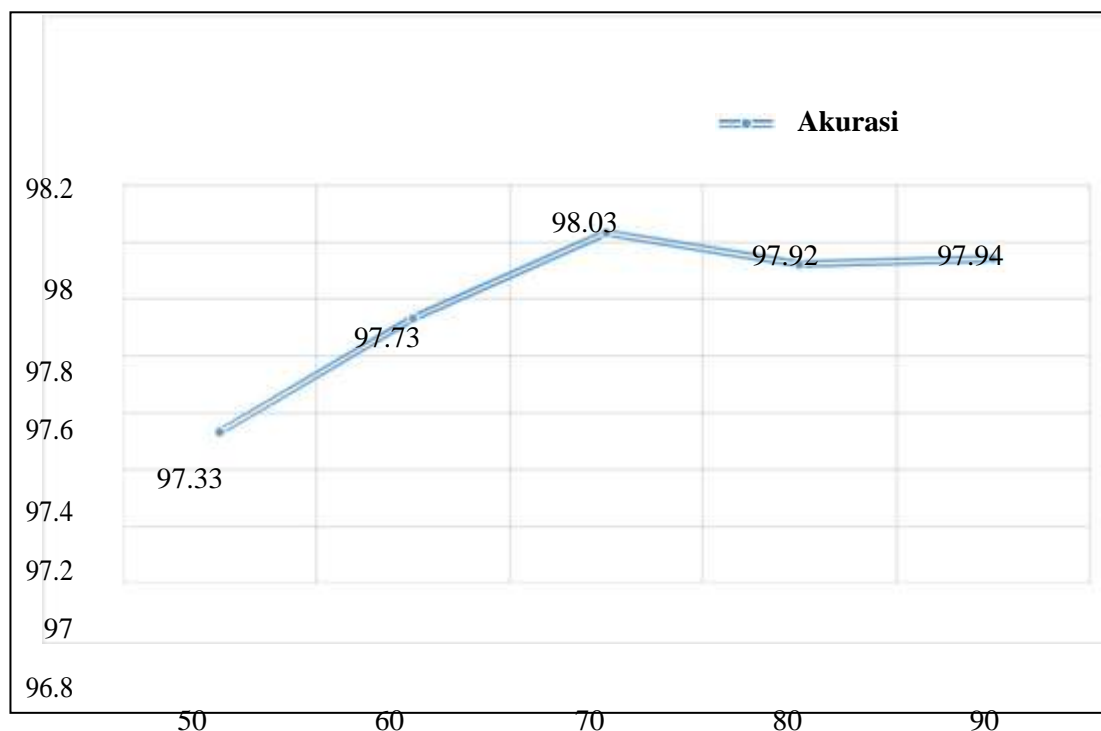
kesalahan dalam pembuatan citra radiografi. Salah satu faktor yang menentukan kesalahan penentuan tegangan dalam pemeriksaan radiografi adalah tingkat keluaran tegangan tabung yang tidak sesuai dengan sistem penyetingan pada meja kontrol sehingga performa kinerja alat atau alat rotgen dikatakan tidak baik.

Pengukuran Tegangan (KV)	Penyimpangan Rata-rata Tegangan (%)	Akurasi Rata-rata Tegangan (%)	Ambang Batas Penyimpangan (%)	Kesimpulan
50	2.66	97.33	$\leq \pm 10$	Baik
60	2.22	97.73		Baik
70	1.93	98.03		Baik
80	2.03	97.92		Baik
90	2.02	97.94		Baik

Tabel 2 : Tabel rata-rata penyimpangan setiap titik pengukuran



Gambar 10 : Grafik penyimpangan rata-rata hasil pengukuran setiap titik



Gambar 11 : Grafik Akurasi Rata-rata hasil pengukuran setiap titik

Dari Gambar 10 grafik. Rentang nilai setting tegangan berkisar 50-90 KV. Nilai rata-rata penyimpangan tertinggi sebesar 2,66%, pada setting tegangan 50 KV dengan tingkat keakurasian sebesar 97,33%, dan penyimpangan terendah sebesar 1,93 % pada setting tegangan 70 KV dengan tingkat keakurasian 98,03%. Nilai tersebut masih dalam batas toleransi berdasarkan standart yang ditetapkan oleh BAPETEN dalam PERKA BAPETEN NO. 9 Tahun 2011. Dengan demikian kondisi pengaturan nilai tegangan (KV) pesawat sinar-X tersebut masih dalam kondisi baik. Walaupun

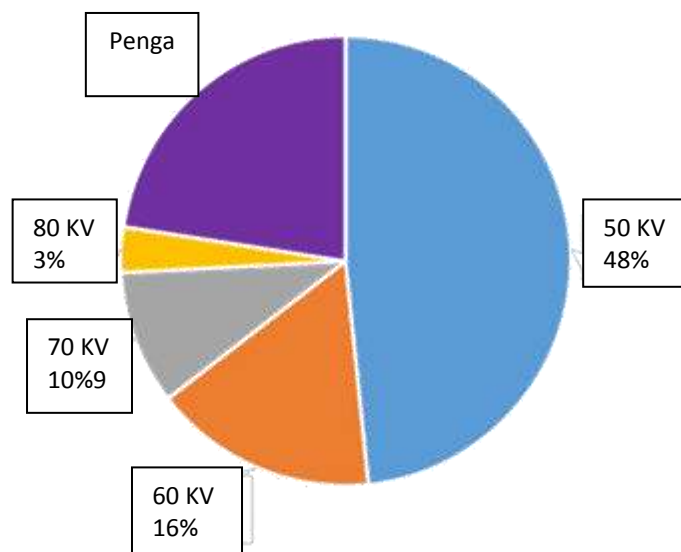
penyimpangannya masih dalam batas toleransi yang diberikan, tentunya mempunyai efek energy sinar-X yang keluar dari tabung (kurang atau lebih dari titik setting). Penyimpangan energy sinar-X tersebut tentunya mempengaruhi kualitas daya tembus sinar-X terhadap objek.

Analisa Penyimpangan Tertinggi Berdasarkan Banyaknya Alat

Setelah penulis mendapatkan nilai penyimpangan dari seluruh alat yang dijadikan objek penelitian, penulis mengelompokkan kembali berdasarkan penyimpangan tertinggi dari tiap titik setting dari alat.

Setting Tegangan (KV)	Banyaknya Alat
50	15
60	5
70	3
80	1
90	7

Tabel 3 : Banyaknya alat berdasarkan titik penyimpangan tertinggi



Gambar 12 : Grafik hubungan antara banyaknya alat berdasarkan titik penyimpangan tegangan (KV).

Pada gambar 12, grafik diatas menunjukkan bahwa titik penyimpangan tegangan (KV) tertinggi paling banyak terjadi pada titik setting 50 KV dengan persentase sebanyak 48 % dari 31 alat. Ini terjadi disebabkan karena pesawat rontgen radiography mobile paling sering digunakan untuk pemeriksaan thorax dan extrimitas atas yang membutuhkan setting tegangan (KV) sebesar 40-65 KV.

Kesimpulan

Setelah melakukan pendataan dan pengolahan data sekunder hasil uji kesesuaian alat rontgen radiography mobile di beberapa rumah sakit dan klinik yang ada di Jakarta Pusat dan Jakarta Barat dimana hasilnya telah ditampilkan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat memberikan kesimpulan bahwa :

1. Dari 30 alat Rontgen Radiography Mobile yang dianalisis 2 diantara dikatakan tidak baik karena telah melebihi batas ambang yang diperbolehkan dengan merujuk peraturan yang dikeluarkan oleh BAPETEN pada PERKA BAPETEN NO 9 TAHUN 2011 yaitu $\pm 10\%$.
2. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan penyimpangan tertinggi lebih banyak

terjadi pada setting 50 KV yaitu sebanyak 15 alat dari 30 alat yang dianalisa (48 % dari populasi), kemudian pada titik setting 90 dengan persentase 23%, 60 dengan persentase 16 % , 70 dengan persentase 10 % , dan 80 dengan persentase 3%.

Daftar Pustaka

- Hoxter Erwin A., 1982. *“Practical Radiography” 11th Edition*, Germany, Siemens Aktiengesellschaft Heyden & Son Ltd.
- PERKA BAPETEN NO. 9 Tahun 2011, Tentang Uji Kesesuaian.
- Shimadzu Corporation _____ *“Cordless Mobile X-Ray System MC125L-50, Installation Manual*. Kyoto Japan.
- Suryaningrat, Widodo, 02 Desember 2004 *“Wilhem Conrad Rontgen, Penemu Sinar-X Tanpa Sengaja”*, Dalam, Suplemen Pikiran Rakyat Khusus Iptek, “Cakrawala” .
- Thompson – Jaundrell F, Ashworth,W,J, 1970. *Oxford, “X-Ray Physics and Equipment”*, Second Edition. Blackwell Scientific Publications Oxford and Edinburg.