

## Acceptance Test Of Diagnostic X-Ray Merk GE Type XR 6000 In Radiodiagnostic And Radiotherapy Department Laboratory Of Health Polytechnic Of Semarang

Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Merk GE Type XR 6000 di Laboratorium Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang

M. Irwan Katili  
Andrey Nino kurniawan  
Nanang Sulaksono

*Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang  
Jl. Tirta agung, Pedalangan, Semarang, Banyumanik, Semarang*

*E-mail: [irwan.katili@yahoo.com](mailto:irwan.katili@yahoo.com)*

### Abstract

The purpose of this study is to test the X-ray equipment GE Type XR 6000 in in JTRR Laboratory of Health Polytechnic in Semarang the and analyze the test results. It is a quantitative measurement of some components including Collimator, X-ray tube and generator. The instruments used for the measurement were Piranha test tool, TOR ABC as well as the water passes. The measurement result for light is 281.67 lux, deviation for collimator  $\Delta X + \Delta Y$  is 1.8% and a deviation of 1.5 degrees. For the measurement of tube leakage is still below the leak amounted to 1 mGy / h. The accuracy of all tubes is less than 5% (diff kVp). Tube current output is still appropriate with the setting. The linearity coefficient results in mAs linearity testing is less than 0.1. The CV value of reproducibility is 0.05. While the value of the measured HVL is already greater than 2.3 mmAl at 80 kVp. In conclusion, the results of the measurements of X-rays equipment Ge Type XR 6000 in JTRR Laboratory of Health Polytechnic of Semarang is still within the acceptance for use.

**Key Words:** *Acceptance Testing, X-rays equipment Ge Type XR 6000, JTRR Laboratory*

### Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk melakukan pengujian dan menganalisis hasil ujinya. Metode yang digunakan adalah pengukuran secara kuantitatif terhadap beberapa komponen yang meliputi, Kolimator, Tabung sinar-X dan Generator. Alat yang digunakan untuk pengukuran berupa meteran, *Piranha test tool*, *TOR ABC* serta *water pass*. Hasil pengukuran untuk cahaya lampu adalah 281,67 lux, untuk kolimator berupa penyimpangan  $\Delta X + \Delta Y$  sebesar 1,8% dan deviasi sebesar 1,5 derajat, untuk pengukuran kebocoran tabung masih di bawah nilai *kebocoran sebesar 1 mGy/jam*. hasil pengukuran akurasi tabung diperoleh semuanya kurang dari 5 % (kVp diff), keluaran untuk arus tabung masih sesuai dengan pengaturannya, Hasil koefisien linearitas pada pengujian mAs linearity kurang dari 0,1, nilai CV yang diterima lebih kecil sama dengan 0,05 untuk reproduksibilitas. sedangkan nilai HVL terukur sudah lebih besar dari 2,3 mmAl pada 80 kVp. Sebagai kesimpulan hasil pengukuran bahwa Pesawat Sinar-X Merk Ge Type XR 6000 di JTRR Poltekkes Semarang masih dalam batas penerimaan untuk digunakan.

**Kata kunci:** *Uji Kesesuaian, Pesawat Sinar-X Merk Ge Type XR 6000, Laboratorium JTRR Poltekkes Semarang*

## 1. Pendahuluan

Penerapan QA dalam setiap prosedur radiografi diharapkan mampu memberi manfaat dalam penanganan pasien, memastikan agar setiap radiograf yang dihasilkan mempunyai nilai informasi diagnostik yang akurat, serta memberi kemungkinan minimal terhadap dosis radiasi dan efisiensi biaya pemeriksaan. Sedangkan penerapan program QC sebagai bagian dari program QA radiologi dilakukan dengan tujuan untuk mendukung program QA yakni dalam aspek pengendalian parameter performa (kinerja) fisis pesawat atau peralatan pendukung lainnya melalui *p e n g u j i a n - p e n g u j i a n* dan pendokumentasian data secara rutin dan periodik oleh internal bagian radiologi yaitu 3 bulan, 6 bulan, atau 1 tahun sekali. Pengujian dilakukan 6 bulan sekali untuk upaya preventif menjaga mutu atau juga harus dilakukan secepatnya pada alat yang baru dipasang dan setelah alat diservis karena dapat mempengaruhi kualitas radiograf dan keluaran radiasi dari peralatan radiografi tersebut.

Program Kendali Mutu (QCP) x-ray imejing diagnostik lebih berkonsentrasi pada aspek instrumentasi imejing dan peralatan. Dengan demikian maka aktivitas QC dapat dimuai dari evaluasi secara rutin dari fasilitas pemroses gambar kemudian dilanjutkan pada pesawat sinar-x yang digunakan untuk memproduksi gambar (Papp, 1998 dan Bushong, 2001). Beberapa laporan dan hasil *p e n e l i t i a n t e r h a d u l u* juga merekomendasikan bahwa untuk mengawasi suatu Program Kendali Mutu (QCP) pada fasilitas x-ray imejing diagnostik, kiranya perlu dikerjakan terlebih dahulu dengan penuh dedikasi tentang analisa pengulangan-penolakan film atau lebih dikenal dengan istilah *Repeat-Reject Film Analysis (RRAP)* pada suatu fasilitas pelayanan radiodiagnostik. Dilaporkan pula bahwa RRAP adalah sebagai "*tool*" untuk mengevaluasi kinerja dari implementasi QAP pada suatu

departemen radiologi dan informasi dari hasil analisa ini dapat dijadikan indikator keberhasilan Program Jaminan Mutu/Kendali Mutu dan peralatan x-ray imejing diagnostik (NCRP Report No:99, 1995).

Ada 3 langkah (3-step) yang diperlukan untuk suatu Program Kendali Mutu (QCP), yakni: Langkah Pertama adalah uji Penerimaan (Acceptance Testing) ; Langkah kedua Pemantauan Kinerja Rutin (Routine Performance monitoring) ; Langkah III Perbaikan (Maintenance) Pengujian yang pertama kali dilakukan adalah *Acceptance Testing* yang meliputi pengujian terhadap tabung kolimasi : iluminasi lampu kolimator, berkas cahaya kolimasi, kesamaan berkas cahaya kolimasi ; pengujian terhadap tabung pesawat sinar-x : kebocoran rumah tabung, tegangan tabung, waktu eksposi ; pengujian terhadap generator pesawat sinar-x terdiri dari output radiasi, reproduktibilitas, half value layer ; pengujian terhadap automatic exposure control: kendali paparan/densitas standar, penjejakan ketebalan pasien dan kilovoltage, waktu tanggap minimum.

Uji penerimaan atau *Acceptance Testing* bertujuan untuk memverifikasi kepatuhan seperti spesifikasi pembelian, untuk menentukan masalah sistem potensial utama sebelum penggunaan klinis, untuk menetapkan *baseline* data untuk kegiatan *Quality Assurance* yang akan datang dan tes sistem kinerja. Supaya memenuhi tujuan tersebut dibutuhkan tes yang dilakukan menggunakan tes instrumentasi yang benar, prosedur yang tepat untuk memandu tes dan hasil dokumentasi yang benar (KMK Nomor 1250/Menkes/XII/2009).

Ada beberapa pesawat Sinar-X baru yang ditempatkan di Laboratorium Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi. Salah satu diantaranya Pesawat *GE Type XR 6000*, jenis pesawat ini nantinya akan digunakan praktek oleh mahasiswa dikarenakan pesawat yang ada selama ini sudah sering rusak.

Pada saat ini Peralatan tersebut belum dilakukan pengujian sedangkan kebutuhan pemakaian sudah mendesak. Merupakan waktu yang tepat untuk melakukan pengujian penerimaan bagi pesawat tersebut sebelum mulai digunakan oleh mahasiswa maupun dosen Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Semarang. Pada kesempatan ini peneliti mengajukan usulan untuk melakukan pengujian penerimaan pada pesawat Sinar-X merk *GE Type XR 6000*.

## 2. Metode

Deskripsi objek penelitian: Laboratorium Radiografi di Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Polirteknik Kesehatan Semarang digunakan untuk praktek mahasiswa dan penelitian Dosen. Ruangan Laboratorium ini dilengkapi pesawat Sinar-X. salah satunya adalah pesawat sinar-X merk GE model XR6000.

Penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian observasional dengan pendekatan kuantitatif (pengukuran), dengan lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Semarang, waktu pengumpulan data penelitian dimulai pada tanggal 1 juni 2013 s.d 30 September 2013 dengan obyek penelitian adalah pesawat Sinar-X merk GE Type XR6000

Variabel penelitian adalah hasil ukur dari pesawat sinar-X pada tabung sinar-X, kolimator dan generator. Variable bebasnya pada uji penerimaan pesawat sinar-X, variable terikat pada hasil uji penerimaan pesawat sinar-X, variable terkontrol pada uji kolimator ( faktor eksposi dan Focus Film Distance (FFD), uji kebocoran tabung (faktor eksposi), uji HVL (faktor eksposi dan Focus Film Distance (FFD), uji output radiasi (luas penyinaran).

Dalam hal ini penulis melakukan prosedur pengujian pada pesawat Sinar-X merk GE Type XR 6000 adalah dengan cara kolimator dan beam alignment, uji kebocoran rumah tabung, uji output radiasi dan uji HVL.

Pengolahan dan Analisa Data pada penelitian ini dilakukan deskriptif analitik

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Hasil

Pengujian Iluminasi lampu kolimator dilakukan pada kolimator dengan cara menyalakan lampu kolimator kemudian pada lapangan lampu tersebut terdapat empat kuadran, bahwa hasil pengukuran menunjukkan pada setiap kuadran hasilnya berbeda meskipun digunakan waktu yang sama. Nilai cahaya lampu tertinggi berada pada kuadran II sebesar 291,44 lux dan terendah pada kuadran IV yaitu sebesar 273,84 lux. Berdasarkan hasil keseluruhan bahwa nilai cahaya lampu bias diterima karena lebih dari 100 lux.

Pengujian kolimator pesawat sinar-X Model XR 6000 digunakan seperangkat alat Uji TOR ABC. Faktor eksposi digunakan 40 kV dan 12,5 mAs, dengan menempatkan kaset di bawah lapangan penyinaran, berdasarkan hasil pengujian Kolimator bahwa diperoleh penyimpangan lapangan penyinaran.

Hasil pengukuran pada batas tepi lapangan sinar X dan lapangan cahaya tampak diperoleh penyimpangan X1 ke dalam 4 mm, X2 ke luar sebesar 12 mm, Y1 sebesar 0 dan Y2 ke luar sebesar 10 mm.

Besarnya penyimpangan dapat dihitung dengan penjumlahan masing-masing sumbu X dan Y yang disajikan dapat diketahui bahwa penyimpangan terhadap sumbu X sebesar 0,8% dan sumbu y sebesar 1% dari FFD, batas penerimaan yang diperbolehkan adalah 2% dari FFD. Untuk penyimpangan  $\Delta X + \Delta Y$  sebesar 1,8% dari FFD, batas penerimaan yang diperbolehkan adalah 3% dari FFD. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian masih dalam batas penerimaan, beam alignment pada pesawat Sinar-X XR 6000 terdapat pergeseran pusat annulus. Hal ini terjadi deviasi sebesar 1,5 derajat dari posisi normalnya, oleh karena Detail dari Central Circular hanya menyentuh annulus. Hasil ini tidak melebihi 3 derajat sehingga Beam Alignment masih diterima (sesuai rekomendasi dari NCRP).

Tabung Sinar-X dilakukan pengujian dengan empat kali pengukuran. Eksposi dilakukan diberikan sebesar 120 kv dan 100 mAs, dari hasil yang didapat bahwa pengukuran pada keempat sisi masih ada kebocoran radiasi meskipun sangat kecil sekali yang terbaca oleh detector yaitu posisi probe Tegak Lurus di bawah tabung sebesar 0,006798, posisi probe Tegak Lurus dengan Katoda sebesar 0,001155, posisi probe Tegak Lurus dengan Anoda sebesar 0,0003565, posisi probe Tegak lurus di depan tabung sebesar 0,001617. Batas toleransi suatu tabung sinar-X sesuai dengan rekomendasi Perka Bapeten No 9 tahun 2011 yaitu sebuah tabung sinar-X dikatakan dapat diterima jika tidak mengalami kebocoran sebesar 1 mGy/jam.

Pengujian Tegangan Tabung pada pesawat sinar-X Merk GE Model XR 6000 dilakukan dengan beberapa variasi nilai kV dengan menggunakan arus tabung dan waktu yang tetap, terdapat perbedaan antara pengaturan nilai kV dengan keluaran menunjukkan nilai yang lebih besar dari pada pengaturan, namun berdasarkan nilai deviasi bahwa hasil pengukuran diperoleh semuanya kurang dari 5 % sehingga akurasi tabung masih bisa diterima.

Pengujian arus tabung (mA) dilakukan dengan menggunakan kV yang tetap yaitu 80 kv dan s yang tetap yaitu 125 mS dengan variasi mA, bahwa dengan menggunakan mA yang bervariasi dan waktu eksposi yang tetap maka diperoleh hasil perkalian mAs sesuai dengan pengaturan arus tabung (mA) dan waktu (mS). Hal ini berarti keluaran untuk arus tabung masih sesuai dengan pengaturannya. Bahwa dengan menggunakan s yang bervariasi dan kV yang tetap maka diperoleh selisih waktu terbesar adalah 9,6000% dan selisih waktu terkecil 0,0938%. Hal ini masih dalam batas penerimaan karena masih dibawah 10%.

Pada pengujian mAs Linieritas digunakan pengaturan kV sebesar 80 kv dan penggunaan nilai mAs yang bervariasi, diperoleh nilai Exposure yang makin besar

pada penggunaan waktu yang makin besar dengan nilai mA yang tetap, sedangkan dengan waktu yang tetap dan variasi mA maka diperoleh Exposure (mGy) yang makin besar pada penggunaan mA yang makin besar. Sehingga dapat dikatakan arus tabung ini masih bisa diterima, dari hasil yang didapat diketahui nilai  $X_{max}$  nya adalah 55,89 dan nilai X min adalah 49,36. Sehingga kita dapat menghitung nilai koefisien linieritasnya menggunakan rumus

Hasil koefisien linearitas pada pengujian mAs linearity pada Pesawat Sinar-X Merk GE Model XR 6000 di laboratorium JTRR Semarang sebesar 0,06 artinya pesawat Sinar-X Merk GE Model XR 6000 dapat diterima karena koefisien linearitasnya kurang dari 0,1. Dapat diketahui pada kolom paparan mempunyai nilai yang selalu mengalami kenaikan dengan bertambahnya nilai mAs yang diatur akan tetapi pada kolom paparan per mAs cenderung menghasilkan nilai yang konstan, dapat dilihat hubungan antara kenaikan mAs dengan nilai paparan per mAs cenderung konstan. Nilai paparan per mAs tidak mengalami kenaikan maupun penurunan yang signifikan walaupun nilai mAs dinaikkan, dapat diketahui hubungan antara kenaikan mAs dengan paparan. Dari grafik yang dihasilkan mengalami kenaikan yang artinya dengan bertambahnya nilai mAs maka akan bertambah pula nilai paparan radiasinya. Nilai paparan radiasi berbanding lurus dengan nilai mAs.

Pengujian reproduksibilitas dilakukan terhadap besaran tegangan dan besaran waktu eksposi, untuk reproduksibilitas kVp dilakukan dengan interval 10 tegangan mulai dari 40 kVp sampai 100 kVp pada mAs 10, masing-masing eksposi dilakukan sebanyak 3 kali, nilai CV yang diterima lebih kecil sama dengan 0,05 (NCRP). Berarti pada tabel 10 dapat disimpulkan bahwa reproduksibilitas kV masih diterima. Karena nilai CV maksimal yang didapat dari variasi 40-100 adalah 0,003, nilai CV yang diterima lebih kecil sama dengan 0,05 (NCRP). Berarti

dapat disimpulkan bahwa reproduksibilitas timer masih diterima. Karena nilai CV maximal yang didapat dari variasi 40-100 adalah 0,0143.

Pengujian HVL dilakukan dengan pengaturan eksposi variasi kV 60 sampai kV 100 dan mA 200 S 125.0. dari hasil yang didapat diketahui bahwa pada kV 60 diperoleh 2,32, dan kV 80 diperoleh 3,21 sedangkan nilai HVL terukur sudah lebih besar dari 2,3 mmAl pada 80 kVp hal ini sesuai dengan rekomendasi Perka Bapeten No 9 tahun 2011

### **Pembahasan**

Uji kesesuaian pesawat sinar x dilakukan sebelum digunakan untuk mengetahui keakuratan dari pesawat tersebut. pada pesawat Pesawat Sinar-X Merk GE Model XR 6000 belum didapatkan data terdokumen, menurut KMK N0.1250/MENKES/SK/XII/2009 perlu mempersiapkan data awal (baseline data) uji QC melalui surey awal performa bagi setiap fasilitas pesawat sinar-x termasuk asesoris pendukung lainnya. Ada 3 langkah (3-step) yang diperlukan untuk suatu Program Kendali Mutu (QCP), yakni: Langkah Pertama adalah uji Penerimaan (Acceptance Testing) ; Langkah kedua Pemantauan Kinerja Rutin (Routine Performance monitoring) ; Langkah III Perbaikan (Maintenance) (Perka Bapeten No 9 tahun 2011).

Dalam melaksanakan Perka tersebut maka dilakukan pengujian kesesuaian pada pesawat sinar x Merk GE Model XR 6000 di laboratorium Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Semarang yang meliputi pengujian terhadap Kolimator: iluminasi lampu kolimator, berkas cahaya kolimasi, kesamaan berkas cahaya kolimasi ; pengujian terhadap tabung pesawat sinar-x: kebocoran rumah tabung, tegangan tabung, waktu eksposi ; pengujian terhadap generator pesawat sinar-x terdiri dari output radiasi, reproduktibilitas, half value layer. Berdasarkan hasil pengujian dapat diterima sesuai dengan Perka Bapeten No 9 tahun 2011, KMK 1250 tahun 2009 dan

NCRP bahwa pesawat tersebut bisa diterima namun hasil yang diperoleh tidak mendekati nilai sebenarnya, karenakan alat tersebut sudah dipergunakan kurang lebih setahun yang lalu dengan volume penggunaan yang cukup tinggi.

Uji penerimaan yang telah dilakukan meliputi pengujian terhadap tabung kolimasi yang meliputi uji iluminasi lampu kolimator Nilai cahaya lampu tertinggi berada pada kuadran II sebesar 291,44 lux dan terendah pada kuadran IV yaitu sebesar 273,84 lux, berdasarkan hasil uji iluminasi lampu kolimator mendekati nilai limit sehingga perlu dilakukan perbaikan. Berdasarkan hasil keseluruhan bahwa nilai cahaya lampu bias diterima karena lebih dari 100 lux.

Pada kesesuaian kolimator bahwa penyimpangan terhadap sumbu X sebesar 0,8% dan sumbu y sebesar 1% dari FFD, batas penerimaan yang diperbolehkan adalah 2% dari FFD. Untuk penyimpangan  $\Delta X + \Delta Y$  sebesar 1,8% dari FFD, batas penerimaan yang diperbolehkan adalah 3% dari FFD. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian masih dalam batas penerimaan.

Hasil Pengujian Nilai Kebocoran tabung Sinar-X berdasarkan hasil pengukuran pada keempat sisi masih ada kebocoran radiasi meskipun sangat kecil sekali yang terbaca oleh detector sebesar 0,006798 mGy/s. Batas toleransi suatu tabung sinar-X sesuai dengan rekomendasi Perka Bapeten No 9 tahun 2011 yaitu sebuah tabung sinar-X dikatakan dapat diterima jika tidak mengalami kebocoran sebesar 1 mGy/jam.

Pada pengukuran akurasi tegangan sinar x terdapat perbedaan antara pengaturan nilai kV dengan keluaran menunjukkan nilai yang lebih besar dari pada pengaturan, namun berdasarkan nilai deviasi bahwa hasil pengukuran diperoleh semuanya kurang dari 5 % sehingga akurasi tabung masih bisa diterima.

Pengujian akurasi Arus tabung bahwa dengan menggunakan mA yang bervariasi dan waktu eksposi yang tetap maka diperoleh hasil perkalian mAs sesuai

dengan pengaturan arus tabung (mA) dan waktu (mS). Hal ini berarti keluaran untuk arus tabung masih sesuai dengan pengaturannya.

Pengujian akurasi waktu tabung dengan menggunakan s yang bervariasi dan kV yang tetap maka diperoleh selisih waktu terbesar adalah 9,6000% dan selisih waktu terkecil 0,0938%. Hal ini masih dalam batas penerimaan karena masih dibawah 10%.

Pengujian mAs Linieritas diperoleh nilai Exposure yang makin besar pada penggunaan waktu yang makin besar dengan nilai mA yang tetap, sedangkan dengan waktu yang tetap dan variasi mA maka diperoleh Exposure (mGy) yang makin besar pada penggunaan mA yang makin besar. Sehingga dapat dikatakan arus tabung ini masih bisa diterima.

Pengujian Reproduksi kVp berdasarkan nilai CV yang diterima lebih kecil sama dengan 0,05 (NCRP). Berarti dapat disimpulkan bahwa reproduksibilitas kV masih diterima. Karena nilai CV maksimal yang didapat dari variasi 40-100 adalah 0,003.

Pengujian timer reproducibility berdasarkan nilai CV yang diterima lebih kecil sama dengan 0,05 (NCRP). Berarti dapat disimpulkan bahwa reproduksibilitas timer masih diterima. Karena nilai CV maksimal yang didapat dari variasi 40-100 adalah 0,0143.

Hasil Pengujian HVL dapat diketahui bahwa pada kV 60 diperoleh 2,32 dan kV 80 diperoleh 3,21 sedangkan nilai HVL terukur sudah lebih besar dari 2,3 mmAl pada 80 kVp hal ini sesuai dengan rekomendasi Perka Bapeten No 9 tahun 2011.

#### 4. Simpulan dan Saran

##### Simpulan

Uji penerimaan dilakukan pada tiga komponen penting pesawat sinar-X yang meliputi pengujian terhadap tabung kolimasi : iluminasi lampu kolimator mengacu pada *Piranha & QA Browser Reference Manual*, kesesuaian kolimator dan *beam alignment* mengacu pada *TOR ABC user manual*; pengujian terhadap tabung

pesawat sinar-x : kebocoran rumah tabung, akurasi tegangan tabung, akurasi waktu eksposi ; pengujian terhadap generator pesawat sinar-x terdiri dari linearitas mAs, reproduksibilitas kVp dan waktu eksposi, dan *half value layer (HVL)* , semua mengacu pada *Piranha & QABrowser Reference Manual*.

Pesawat sinar-X Merk GE Model XR 6000 di laboratorium JTRR Semarang dapat diterima pada parameter pengujian iluminasi lampu kolimator (281,67 lx), kesesuaian kolimasi ( $\Delta_x = 0,8\%$ ,  $\Delta_y = 0,10\%$ ,  $\Delta_x + \Delta_y = 1,8\%$ ), uji *beam alignment* ( $1,5^\circ$ ), uji kebocoran tabung (0,006798mGy/s, sisi tegak lurus tabung), uji akurasi tegangan (perbedaan terbesar 2% dan perbedaan terkecil 1,1%), uji akurasi waktu eksposi (perbedaan terbesar 9,6% dan perbedaan terkecil 0,09%), uji mAs linearity (0,06), uji reproduksibilitas kVp (CV terbesar 0,003 dan CV terkecil 0,0007), uji reproduksibilitas waktu eksposi (CV terbesar 0,0143 dan CV terkecil 0,0003) dan uji HVL (2,37 mm Al).

Pesawat sinar-X Merk GE Model XR 6000 dinyatakan layak dapat digunakan.

##### Saran

Sebaiknya pengujian kesesuaian pesawat Pesawat sinar-X Merk GE Model XR 6000 di laboratorium JTRR Semarang dilakukan pada awal sebelum pesawat digunakan operasional. Adanya hasil yang terdokumentasi pada setiap pengujian. Pengujian dilakukan sesuai dengan periode waktu uji. Perlu dilakukan perbaikan *beam alignment* pada pesawat sinar-X Merk GE Model XR 6000.

#### 5. Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan atas kesempatan yang diberikan untuk mendapatkan Dana Risbinakes DIPA Poltekkes Kemenkes Semarang sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

## 6. Daftar Pustaka

- Bushong, S. C. 2001. Radiologic Science for Technologist: Physic, Biology and Protection, Seventh Edition. Toronto : Mosby Co.Gray, Joel E. 1983. Quality Control in Diagnostic Imaging : A Quality Control Cook book. Maryland : Aspen Publisers Inc.
- Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01-P/Ka-BAPETEN/I-03 Tahun 2003. Tentang Pedoman Dosis Pasien Radiodiagnostik.
- National Council on Radiation Protection and Measurements Report No:99, 1995. Quality assurance for diagnostic imaging equipment: recommendations of the National Council on Radiation Protection and Meaeurements.
- Papp, Jeffrey. 2006. Quality Manajement in The Imaging Science. St. Louis : Mosby Inc.
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir. Nomor 9 Tahun 2011. Tantang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.
- Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01-P/Ka-BAPETEN/I-03 Tahun 2003. Tentang Pedoman Dosis Pasien Radiodiagnostik.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009. Tentang Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Radiodiagnostik.